

Hydrogeologische Daten für die Nutzung des Untergrundes:

Auswertung der aktuellen Praxis von Datenaustausch, -aufbereitung und -verwendung anhand von Beispielprojekten

Erarbeitung Objektkatalog und logisches Datenmodell

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo)



SIMULTEC AG, KraftWerk1, Hardturmstr. 261, CH-8005 Zürich
Tel: 044 563 86 20, Fax: 044 563 86 29, Mail: info@simultec.ch, [https:// www.simultec.ch](https://www.simultec.ch)

Zürich, 17. Dezember 2025

Impressum

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Hydrologie, CH-3003 Bern
Bundesamt für Landestopografie (swisstopo), Bereich Landesgeologie, CH-3084 Wabern

Auftragnehmer:

Simultec AG
Hardturmstrasse 261
8005 Zürich

Autor/Autorin:

Manuela Gomez, MSc Umweltingenieurin
Philipp Krejci, Dr. phil. nat. Geologie
Christian Gmünder, Dipl. Bauingenieur, NDS Software-Ingenieur

Begleitung BAFU: Stefanie Wirth

Begleitung swisstopo (Landesgeologie): Stefan Volken, Daniel Traber

Hinweis:

Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo) verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Grundwasserdaten

Inhalt

Zusammenfassung.....	5
Motivation und Ziel	5
Auftrag und Produkte	5
Vorgehen	6
Teil A – Auswertung der aktuellen Praxis von Datenaustausch, -aufbereitung und -verwendung anhand von Beispielprojekten..	7
Ausgangslage	7
Ziel	7
Vorgehen	7
Auswertung Beispielprojekte	11
Hydrothermisches Grundwassermodell Rheintal.....	11
WasserZukunft Klettgau.....	14
Schutzzonenausscheidung: Grundwasserpumpwerk Gugel.....	17
Geothermische Exploration Montagny	19
Speicherprojekt ARTS Dübendorf Empa/Eawag	22
Lötschberg Basistunnel.....	25
Projekt GeoQuat - Pilotregion Birrfeld	27
Grundwassermodell ÖGP-Bitterfeld-Wolfen.....	30
Synthese	33
Teil B: Datenmodell	34
Zielsetzung und Entwicklung	34
Allgemeine Beschreibung.....	35
Teilbereich Bohrung.....	37
Teilbereich Grundwasservorkommen.....	40
Teilbereich Messung.....	46
Teilbereich Modell.....	49
Teilbereich Nutzung	55
Anhang.....	60
Anhang Teil A.1: Datentabellen Beispielprojekte	61
Anhang Teil A.2: Datenflussdiagramme Beispielprojekte.....	70
Anhang Teil B.1: Gesamtüberblick Datenmodell.....	80

Anhang Teil B.2: Attributtabelle Klassen und Codelisten	82
Teilbereich Bohrung	83
Teilbereich Grundwasservorkommen	88
Teilbereich Messung	94
Teilbereich Modell	98
Teilbereich Nutzung	104

Zusammenfassung

Motivation und Ziel

In der Schweiz hat der Nutzungsdruck auf den Untergrund in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. Neben dem klassischen Grundwasserschutz gewinnen unter anderem thermische Nutzungen (Wärme-/Kältenutzung und -speicherung), Tiefbau- und Infrastrukturprojekte, Rohstoffnutzung, raumplanerische Fragestellungen sowie Forschungsvorhaben an Bedeutung. Mit dieser Entwicklung steigt auch der Bedarf an verlässlichen, aktuellen und gut zugänglichen hydrogeologischen Daten: Grundwasserstände und -temperaturen, Chemie und Mikrobiologie des Grundwassers, Bohr- und Schichtdaten, Geometrie und Eigenschaften von Grundwasserleitern und Grundwasserstauern, Messstellen- und Nutzungsinformationen, Modellgrundlagen sowie abgeleitete Produkte wie Karten und Modelle.

In der Praxis liegen solche Informationen heute häufig verteilt vor: in kantonalen Fachapplikationen und Archiven, bei Bundesstellen, in Forschungseinrichtungen, bei Planungs- und Ingenieurbüros. Datenformate, Terminologien, Detaillierungsgrade, Qualität und Metadaten sind dabei nicht einheitlich. Dies erschwert den effizienten Datenaustausch, führt zu Mehrfacherhebungen und erhöht den Aufwand für Datenaufbereitung, Interpretation und Nachvollziehbarkeit. Zudem ist oft unklar, welche Akteure welche Daten in welchem Kontext liefern sollten, welche Schnittstellen (Daten-Interfaces) für den Austausch zweckmässig sind und wie Datenflüsse sowie Zuständigkeiten über Projekt- und Institutionsgrenzen hinweg organisiert werden können.

Vor diesem Hintergrund besteht ein gemeinsames Interesse von Bund, Kantonen, Privatwirtschaft und Forschung, Grundwasserdaten besser zu harmonisieren und ihre Inwertsetzung zu erhöhen. Standardisierte Strukturen und Austauschformate können die Zusammenarbeit stärken, den Zugang zu Daten erleichtern, die Wiederverwendung von Ergebnissen fördern und die Grundlage für koordinierte Schutz- und Nutzungsentscheide schaffen. Aus einer ersten bundesinternen Analyse zwischen dem Bundesamt für Umwelt, dem Bundesamt für Landestopografie swisstopo und dem Bundesamt für Energie resultierte die Auftragserteilung zur Realisierung des vorliegenden Berichts und logischen Datenmodells. Diese sollen den Entwicklungsprozess hin zur Etablierung von standardisierten Formaten für Grundwasserdaten massgeblich unterstützen und dabei in erster Linie als Kommunikations- und Diskussionsinstrument zwischen den Stakeholdern dienen. Dadurch kann sichtbar gemacht werden, wo heute in Projekten Daten entstehen, wie sie verarbeitet werden, welche Hindernisse auftreten und wo durch gemeinsame Festlegungen der Datenaustausch und damit die Zusammenarbeit verbessert werden können.

Auftrag und Produkte

Der Auftrag bestand darin, die aktuelle Praxis von Datenaustausch, -aufbereitung und -verwendung hydrogeologisch relevanter Daten anhand ausgewählter Beispielprojekte systematisch zu erfassen und auszuwerten. Darauf aufbauend sollte eine belastbare Diskussionsgrundlage für Stakeholder im Bereich Grundwasser und Hydrogeologie bereitgestellt werden, die eine abgestimmte Weiterentwicklung der Dateninfrastruktur unterstützt.

Zentrale Auftragsziele waren:

- projektübergreifende Herausforderungen und Hürden bei der Datenbeschaffung, -integration und -nutzung zu identifizieren;
- Optimierungsansätze zu skizzieren, insbesondere im Hinblick auf Standardisierung, Datenqualität, Metadaten, Zugänglichkeit und Nachvollziehbarkeit;
- einen Objektkatalog und ein logisches Datenmodell als gemeinsame Struktur- und Begriffsbasis abzuleiten.

Die resultierenden Produkte des Auftrags sind:

- Analyse von acht Beispielprojekten mit Datentabellen und Datenflussdiagrammen
- Logisches Datenmodell mit Attributtabellen und Wertelisten (Codelisten)
- Bericht inkl. Dokumentation Datenmodell

Das erarbeitete Datenmodell stellt kein definitives, abschliessend normiertes Produkt dar. Es liefert eine erste, konsistente Struktur und Sprache, mit der unterschiedliche Akteure ihre Anforderungen, Prioritäten und Randbedingungen gemeinsam diskutieren können. Die Ergebnisse sind als iterativ weiterzuentwickeln zu verstehen: Durch Austausch, Rückmeldungen und praktische Erprobung sollen Objektkatalog, Datenmodell und Schnittstellenkonzepte schrittweise verfeinert, erweitert und in geeignete Standards bzw. Implementierungen überführt werden.

Vorgehen

Der Auftrag wurde in zwei Teile (Teil A und Teil B) gegliedert. Teil A umfasst die Analyse der bestehenden Praxis im Umgang mit Grundwasserdaten anhand von acht Beispielprojekten. Dabei wurden Projekte aus verschiedenen Anwendungsbereichen und hydrogeologischen Situationen ausgewählt, um ein breites Spektrum abzudecken. Für jedes Beispielprojekt wurde systematisch erhoben, wie hydrogeologisch relevante Daten gewonnen, verarbeitet, genutzt und abgelegt werden. So konnten projektübergreifend wiederkehrende Hindernisse und Herausforderungen bei der Datenbeschaffung, -aufbereitung und -verwendung identifiziert werden.

Basierend auf den Ergebnissen aus Teil A wurde in Teil B ein Objektdatenkatalog sowie ein logisches Datenmodell für Grundwasserdaten entwickelt. Dieses Modell beschreibt die zentralen Datenobjekte und deren Attribute und Beziehungen in einem konsistenten, fachlich fundierten Rahmen. Bei der Modellierung wurden die Erkenntnisse aus Teil A berücksichtigt, um eine strukturierte und praxisorientierte Datenhaltung zu ermöglichen. Das resultierende logische Datenmodell dient als Grundlage für eine einheitliche Datenstruktur und kann als Referenzrahmen für künftige Harmonisierungsschritte, Implementierungen und Schnittstellendefinitionen herangezogen werden.

Teil A – Auswertung der aktuellen Praxis von Datenaustausch, -aufbereitung und -verwendung anhand von Beispielprojekten

Ausgangslage

In den letzten Jahrzehnten ist ein starker Anstieg der Nutzungsansprüche im Untergrund zu verzeichnen. Dies erfordert vermehrte Koordination zwischen den verschiedenen Schutz- und Nutzungsansprüchen. Entsprechend hat auch der Bedarf an Daten und Kenntnissen zum Grundwasser zugenommen. Eine nachhaltige Bewirtschaftung des Grundwassers resp. des Untergrundes sowie die Realisierung einzelner Projekte ist stark von der Verfügbarkeit von hydrogeologischen Daten und Kenntnissen abhängig.

Das Bundesamt für Umwelt, das Bundesamt für Landestopografie swisstopo und das Bundesamt für Energie möchten deshalb die Etablierung von standardisierten Formaten für Grundwasserdaten weiter vorantreiben. Einheitliche Formate sollen den Datenaustausch zwischen den verschiedenen Akteuren wie Behörden, Forschung und Privatwirtschaft erleichtern und fördern. So soll die Inwertsetzung der Daten erhöht werden.

Ziel

Anhand einer Auswahl von Beispielprojekten soll die gegenwärtige Verwendung und Haltung / Archivierung von Grundwasserdaten in der Praxis erfasst und ausgewertet werden. Basierend auf der Auswertung sollen projektübergreifende Herausforderungen und Hindernisse bei der Datenbeschaffung, -aufbereitung und -verwendung identifiziert und Optimierungsansätze zur Überwindung dieser Hürden skizziert werden. In den Folgeschritten sollen aus den erarbeiteten Resultaten ein logisches Datenmodell und schlussendlich einheitliche Strukturen für Grundwasserdaten abgeleitet werden, die den Bewirtschaftungsansprüchen von Grundwassersystemen gerecht wird.

Vorgehen

Anhand der Auswahl von Beispielprojekten wurde der heutige Stand der Datenbeschaffung, der Datenverwendung bzw. -aufbereitung und der Datenablage erhoben und die damit verbundenen Hindernisse und Herausforderungen identifiziert. Bei der Auswahl der Beispielprojekte wurde darauf geachtet, dass ein breites Spektrum an Nutzungsansprüchen im Untergrund abgedeckt wird. Es sollten nicht nur Projekte, die das Grundwasser direkt nutzen, sondern auch Projekte, für deren Realisierung Kenntnisse zu den Grundwasser- verhältnissen erforderlich sind, berücksichtigt werden. Zudem wurde mit der Auswahl der Beispielprojekte den verschiedenen Aspekten der Ressource Grundwasser (oberflächennah / tief, Lockergestein / Festgestein) Rechnung getragen. In Tabelle 1 sind die Beispielprojekte aufgelistet.

Tabelle 1: Beispielprojekte

Projekt Name	Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Hydrothermisches Grundwassermodell Rheintal	Thermische Grundwassermodellierung 3D stationär / instationär, Szenarien Betrachtung	Nachhaltige, integrale thermische Grundwasserbewirtschaftung, Ermittlung des thermischen Potenzials	Lockergestein oberflächennah
WasserZukunft Klettgau	Hydraulische Grundwassermodellierung 2D inkl. Bodenwasserhaushaltsmodell und Klimaszenarien	Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung im Kontext des Klimawandels	Lockergestein oberflächennah
Schutzzonen PW Gugel	Schutzzonenausscheidung inkl. Markierversuch	Grundwasserschutz / Trinkwasser	Lockergestein oberflächennah
Geothermische Exploration Montagny	Geothermische Exploration	Erschliessung einer geothermischen Ressource zur Wärmeerzeugung	Kalkstein im mittleren Malm in 1100 m Tiefe
Speicherprojekt ARTS	Forschungsprojekt	Geothermie Wärmespeicherung	Lockergestein und Fels, mitteltief
Lötschberg-Basistunnel	Tunnelbauprojekt (Untertagbau, Geotechnik)	Infrastrukturbau	tief
Projekt GeoQuat,- Pilotregion Birrfeld	3D-Modellierung der Quartärablagerung	Kies-/Sandgewinnung, Hydrogeologie, Baugrundklassen	Lockergestein oberflächennah
Ökologisches Grossprojekt Bitterfeld-Wolfen	Hydrogeologisches Strukturmodell, hydraulische Grundwassermodellierung 3D instationär inkl. Bodenwasserhaushaltsmodell	Altlastenmanagement, Abstrom- und Flurabsicherung	Lockergestein und Fels, oberflächennah bis mitteltief

Hydrogeologisch relevante Daten:

Als «hydrogeologisch relevant» werden in dieser Studie Daten bezeichnet, welche die Eigenschaften des Grundwassers, der Grundwasservorkommen sowie die hydrogeologischen Eigenschaften des Untergrundes erfassen und charakterisieren. Eine klare Abgrenzung zu anderen Domänen wie die Hydrologie, beispielsweise im Zusammenhang mit Grundwasserneubildung, ist an sich kaum möglich und ist nicht der Anspruch dieser Studie (s. Beispielprojekt WasserZukunft Klettgau).

Aus den zur Verfügung stehenden Projektunterlagen wurden für jedes Beispielprojekt die verwendeten hydrogeologisch relevanten Daten ermittelt und tabellarisch aufgelistet. Die Tabellen dienen als Grundlage für die Erstellung von Datenfluss-Diagrammen, welche den Weg der Daten von ihrer Entstehung, über die Aufarbeitung und Verwendung bis zur Aus-

wertung und Ablage darstellen sollen. Die Diagramme sind gegliedert nach Grundlagedaten, Zwischenprodukt, Endprodukt und abgeleiteten Produkten. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Identifizierung und Dokumentation der «Lessons Learnt» / Hürden, die bei der Datenbeschaffung, -aufbereitung und -verwendung angetroffen wurden. Für eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Beispielprojekten und eine effizientere Auswertung der Analyseergebnisse wurde sowohl für die Datentabellen als auch für das Datenfluss-Diagramme eine einheitliche Struktur angestrebt.

Die Tabelle umfasst folgende Spalten:

- Hydrogeologische Daten: 1 ja, 0 nein
- ID: Schlüssel des Datensatzes
- Kategorie: Grundlagedaten, Zwischenprodukt, Endprodukt, abgeleitete Produkte
- Parameter / Daten: Bezeichnung der Daten
- Gruppierung: Klassierung der Parameter / Daten
- Einheiten
- Zeitliche Auflösung: Angaben zu zeitlicher Frequenz der Messwerte und Messperiode
- Räumliche Auflösung: Örtliche Dichte / Beschreibung der Messpunkte
- Erhebungsart: statisch, dynamisch, Probenahme
- Quelle_Nr: welche Daten / Zwischenprodukte sind für die Erzeugung der Daten oder des Produkts verwendet worden (IDs, Komma getrennt)
- Quellen: Herkunft der Daten
- Erhebungsart: Bestand, erhoben, berechnet, geschätzt
- Datenformat: In welchem Format wurden die Daten geliefert / erhoben
- Messmethode: Messmethode der im Projekt erhobenen Daten
- Unsicherheiten: Unsicherheiten in der Messmethode
- Datenaufbereitung: Wie wurden die Daten im Projekt aufbereitet
- Erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte
- Datenablage: Wo und wie wurden die Daten abgelegt
- Hürden bei der Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung
- Auswirkungen auf den Projektverlauf: Welche Auswirkungen hatten die Hürden oder die Daten im Allgemeinen auf den Projektverlauf

Die Spalten ID, Kategorie, Parameter, Quelle_Nr und Quellen wurden anschliessend zur Herstellung eines Datenflussdiagramms verwendet. Die Datensätze wurden nach ihrer Kategorie eingefärbt. Für die Positionierung der Datensätze in der Grafik wurde eine Software entwickelt, welche die Überschneidungen der Grafikelemente minimiert. Die Software verwendet den Algorithmus des «simulated annealing». Für die Programmierung wurde ChatGPT zu Hilfe genommen. Als Output wurde eine Datei im Format graphml erzeugt. Diese wurde in das Programm *yEd – graph editor* von *yworks* importiert und anschliessend

als Graphikdatei exportiert. yEd enthält eine Vielzahl an Möglichkeiten Datenflussdiagramme darzustellen, u.a. in hierarchischer Form.

Im Rahmen des Speicherprojekts ARTS wurden zahlreiche hydrogeologische Grundlagedaten erhoben. Für eine bessere Lesbarkeit des Diagramms sowie im Hinblick auf das Ziel der Erarbeitung einer einheitlichen Datenstruktur wurde für dieses Projekt ein zusätzliches Datenflussdiagramm erstellt. Die Datensätze wurden hierfür zusätzlich zur Kategorie auch nach den Parameter- / Datenklassen (Tabellenspalte Gruppierung) strukturiert.

Auswertung Beispielprojekte

Hydrothermisches Grundwassermodell Rheintal

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Thermische Grundwassermodellierung 3D stationär und instationär, Szenarien Betrachtung	Nachhaltige, integrale thermische Grundwasserbewirtschaftung, Ermittlung des thermischen Potenzials	Lockergestein oberflächennah

Das 3-dimensionale hydrothermische Grundwassermodell soll dem Amt für Wasser und Energie (AWE) des Kantons St. Gallen als Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Bewilligungspraxis bei thermischen Grundwassernutzungen im Lockergestein-Grundwasserleiter des St. Galler Rheintals dienen. Eine Übernutzung des Grundwasserleiters soll langfristig verhindert und das aquatische Ökosystem und das Grundwasser geschützt werden. Zudem soll das Grundwassermodell und die aus Szenarienrechnungen gewonnenen Erkenntnisse als Hilfsmittel für die Energieplanung im Bereich Wärmeversorgung (Wärmeversorgungskonzepte) im Zusammenhang mit der angestrebten Umsetzung der Energie- und Klimapolitik zur Verfügung stehen.

Projektbeschreibung

Im St. Galler Rheintal gibt es eine Vielzahl von thermischen Wärme- und Kältenutzungen des Lockergestein-Grundwassers sowie Erdwärmesonden und weitere thermische Anlagen. Jährlich werden neue Anlagen bewilligt. Im Bewilligungsverfahren wird der Einfluss dieser Anlagen bisher einzeln betrachtet. Das AWE des Kantons St. Gallen hat Anfang 2021 angestrebt, die thermischen Nutzungen im St. Galler Rheintal integral zu betrachten. Zentrale Fragestellungen sind dabei, wie sich die heutigen bewilligten Anlagen und weitere menschliche Eingriffe auf die Grundwassertemperatur auswirken und wie gross das thermische Potenzial unter Berücksichtigung der Gewässerschutzgesetzgebung insgesamt ist. Der Fokus liegt dabei auf den Siedlungsgebieten. Die Beantwortung der Fragestellungen erfolgt mittels Erstellung und Verwendung eines hydrothermischen Grundwassermodells des St. Galler Rheintals. Das hydrothermische Modell baut auf dem im Zeitraum von 2007 bis 2022 erstellten und kontinuierlich überarbeiteten 2-dimensionalen Grundwasserströmungsmodell der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) auf.

Der Grundwasserleiter des St. Galler Rheintals erstreckt sich entlang des Rheins bzw. des Alten Rheins von Bad Ragaz bis Altenrhein am Bodensee über eine Länge von rund 70 km. Die Breite zwischen der hangseitigen Begrenzung des Grundwasserleiters und dem Rhein bzw. dem Alten Rhein variiert zwischen 100 – 5'900 m. Nur rund 19 % der Gesamtfläche (32 km²) sind gemäss Zonenplan besiedelt und stehen für vorliegendes Projekt für die thermische Nutzung zur Verfügung. Die einzelnen Gebiete des St. Galler Rheintals unterscheiden sich bezüglich Strömungsverhalten des Grundwassers zum Teil erheblich: Die Mächtigkeit nimmt in Strömungsrichtung von Süd (Mächtigkeiten von bis zu 80 m) nach Nord tendenziell ab. Entsprechend nimmt auch der Grundwasserdurchfluss ab. Die Schwankungen des Grundwasserspiegels sind vor allem vom Rheinwasserspiegel geprägt und haben einen typischen alpinen Charakter mit hohen Ständen im Frühling / Sommer und tiefen Ständen im

Winter. In Gebieten, wo keine grundwasserstabilisierenden Vorfluter vorhanden sind (z.B. Bad Ragaz), können die Schwankungen bis zu 3.5 m betragen

Konkrete Projektziele

Das Projekt umfasste folgende Projektziele:

- Ermittlung des Einflusses der heutigen bewilligten thermischen Anlagen (Wärme- und Kältenutzung durch Grundwasserentnahme und Erdwärmesonden) auf die Grundwassertemperatur des nutzbaren Lockergestein-Grundwasserleiters.
- Ermittlung des Einflusses weiterer menschlicher Eingriffe auf die Grundwassertemperatur des nutzbaren Lockergestein-Grundwasserleiters.
- Ermittlung des theoretischen Wärme- resp. Kältepotentials des nutzbaren Lockergestein-Grundwasserleiters (oberste 20 m) in den einzelnen Siedlungsgebieten unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben.

Endprodukte:

- 3-dimensionales hydrothermisches Grundwassermodell (Natürlicher Zustand, Ist-Zustand ohne thermische Nutzung, Ist-Zustand) (SPRING – Version 6.2).
- Bericht mit Abschätzung des Einflusses der heutigen bewilligten thermischen Anlagen sowie weiteren anthropogenen Eingriffen auf die Grundwassertemperatur.
- Abschätzung des potenziellen spezifischen Wärmeentzugs pro Teilfläche unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen. (Raster / shp-Datei).

Berücksichtigte Grundlagen

- [1] TK Consult AG (2023): «Thermische Grundwassernutzung des Lockergestein-Grundwasserleiters im St. Galler Rheintal». Technischer Bericht, mit Anhang

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

Zur Erarbeitung des numerischen 3-dimensionalen hydrothermischen Grundwassermodells waren insbesondere Daten zu thermischen Grundwassernutzungen, Grundwassertemperaturdaten sowie Daten zur thermischen Eigenschaft des Grundwasserleiters im St. Galler Rheintal notwendig. Das hydrothermische Modell baut auf dem bestehenden 2-dimensionalen Grundwasserströmungsmodell der IRKA auf. Die hydraulischen Parameter sowie die Geometrie des Grundwasserleiters wurden von diesem Strömungsmodell übernommen. Unter der Annahme einer homogenen vertikalen Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeit, wurde die horizontale Durchlässigkeitsverteilung in die Tiefe projiziert. Alle Daten, die zur Erstellung des Strömungsmodells verwendet wurden, werden in dieser Datenflussanalyse nicht berücksichtigt.

Im Rahmen dieses Projektes wurden keine neuen hydrogeologisch relevanten Daten erhoben.

Die im hydrothermischen Grundwassermodell verwendeten Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

Bei der Beschaffung der Daten zu den thermischen Anlagen sowie zu den Gebäudenutzungen und -beschaffenheit (Wärmeeintrag durch Gebäude) gab es Schwierigkeiten. Die für das Projekt wichtigen Informationen zum jährlichen Energieeintrag und Energieentzug (resp. Förderrate und Temperaturdifferenz) der einzelnen thermischen Anlagen sowie deren jahreszeitliche Auslastung fehlten grösstenteils. Es mussten vereinfachte Annahmen getroffen werden, um die instationären Förderraten und die Temperaturdifferenz zwischen Entnahme- und Rückgabewasser abzuleiten. Auch für die Abschätzung des Wärmeeintrags durch Gebäude mussten aufgrund von fehlenden Daten zu Nutzung, Art und Beschaffenheit der Gebäude grobe Annahmen getroffen werden. Diese Annahmen erhöhen die Unsicherheiten, mit welchen die Modellaussagen behaftet sind.

WasserZukunft Klettgau

Anwendungsbereich

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Hydraulische Grundwassermodellierung 2D inkl. Bodenwasserhaushaltsmodell und Klimaszenarien	Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung im Kontext des Klimawandels	Lockergestein oberflächennah

Beim Pilotprojekt Wasserzukunft Klettgau handelt es sich um ein Projekt zum Trink- und Brauchwassermanagement in einem Lockergesteinsgrundwasserleiter. Als Instrument wurde im Rahmen des Projekts ein Grundwasserströmungsmodell mit vorgelagertem Bodenwasserhaushaltsmodell und Niederschlags/Abfluss-Modell aufgebaut. Es wurden keine neuen Daten erhoben.

Projektbeschreibung

Im Zuge des Klimawandels sind für die Schweiz im Sommer vermehrt Trockenperioden zu erwarten. Dies beeinflusst sowohl die Wasserverfügbarkeit als auch den Wasserbedarf der Landwirtschaft. Diese wird sich an die ändernden Bedingungen anpassen müssen, denn vielerorts ist bereits heute mit Ertragsausfällen aufgrund von Trockenperioden zu rechnen. Im Kanton Schaffhausen gibt es bisher nur sehr beschränkte Möglichkeiten für landwirtschaftliche Bewässerungen: Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern sind grundsätzlich nur aus drei Gewässern möglich, Bewässerungen mit Grundwasser werden nicht bewilligt. Angesichts der zunehmend längeren Phasen von Sommertrockenheit stellt sich die Frage, ob es sinnvoll wäre, dass Landwirte zukünftig Grundwasser für die Bewässerung entnehmen dürften, und in welchem Umfang dies unter Einhaltung einer nachhaltigen Nutzung möglich wäre. Im Rahmen des hier beschriebenen Projekts wurden die Folgen einer Nutzung des Klettgauer Grundwasserleiters zu Bewässerungszwecken untersucht. Das Projekt ist Teil des Pilotprogramms *Anpassung an den Klimawandel*, welches der Bund zwischen 2019 und 2022 durchgeführt hat.

Konkrete Projektziele

Das Projekt umfasste verschiedene Projektziele:

- Mit einer numerischen Modellierung verschiedener Bewässerungsszenarien unter zukünftigen klimatischen Bedingungen soll untersucht werden, welche Auswirkungen eine potenzielle Bewässerung auf die Grundwasserressourcen im Klettgau ausübt.
- Anhand der Bewässerungsszenarien soll eine mögliche Anpassungsstrategie an den Klimawandel formuliert und die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Bodenqualität, Wasserqualität, Landschaft, Region sowie Naturschutz und Ökologie aufgezeigt werden.
- Es sollen Vorschläge zur erforderlichen Anpassung der Rechtsgrundlagen und der Konzessionen für die Bewässerung ausgearbeitet werden.
- Die aus der Modellierung des Klettgaus gewonnenen Erkenntnisse sollen auf den Rest des Kantons Schaffhausen übertragen werden.

Da hydrogeologische Daten vorwiegend für das Projektziel 1 benötigt wurden, beschränkt sich die vorliegende Datenflussanalyse auf dieses Projektziel.

Berücksichtigte Grundlagen

- [1] Dr. von Moos AG, Simultec AG, FiBL (2021): Pilotprojekt Wasserzukunft Klettgau: Konsequenzen einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecke. Modellierung Klima- und Entnahmeszenarien, Tiefbau Schaffhausen, Abteilung Gewässer und Materialabbau
- [2] Dr. von Moos AG, Simultec AG, FiBL (2021): Pilotprojekt Wasserzukunft Klettgau: Konsequenzen einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecke. Auswirkungsanalyse und Anpassungsstrategien, Tiefbau Schaffhausen, Abteilung Gewässer und Materialabbau
- [3] Dr. von Moos AG, Simultec AG, FiBL (2021): Pilotprojekt Wasserzukunft Klettgau: Konsequenzen einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecke. Transformationsanalyse, Tiefbau Schaffhausen, Abteilung Gewässer und Materialabbau
- [4] Tiefbau Schaffhausen, Abteilung Gewässer und Materialabbau (2022): Pilotprojekt Wasserzukunft Klettgau, Erläuterungsbericht
- [5] Gmünder C. et al (2023): Grundwasser zur Bewässerung, Wasserzukunft Klettgau. Aqua und Gas, No 7+8, 2023
- [6] Projektarchiv der Simultec AG

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

Zur Erarbeitung des numerischen Grundwasserströmungsmodells waren insbesondere Daten zur Geometrie und der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters im Klettgau notwendig. Da zur Beantwortung der Fragestellung vor allem eine möglichst genaue Quantifizierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag erforderlich war, mussten sehr viele Daten zu den klimatischen Bedingungen, der Bodenbeschaffenheit, der Oberflächenabflüsse und der landwirtschaftlichen Nutzung beschafft werden. Dabei handelt es sich nicht primär um hydrogeologische Daten. Mit der Verwendung im Bodenwasserhaushaltsmodell, welches die Randbedingung für das Grundwassermodell liefert, werden sie jedoch hydrogeologisch relevant.

Die im Modell verwendeten Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

Bei der Datenbeschaffung zu diesem Projekt gab es keine grossen Hürden, da der Kanton Schaffhausen einen grossen Teil der benötigten Daten vorgängig aufbereitet hat. Schwierigkeiten gab es bei den Bodendaten, da jede Gemeinde eine eigene Bodenkarte erstellt hat. Die für das Projekt wichtige Information zur Gründigkeit der Böden konnte nur aus dem Kommentarfeld der Erhebungen entnommen werden. Für die Bestimmung des höhenabhängigen

Niederschlags war das Messnetz der MeteoSchweiz nicht genügend fein, so dass eigentlich auf Daten der Meteomedia zurückgegriffen werden sollte. Da die Kosten für die Daten der Meteomedia mehrere Tausend Franken betragen hätten, wurde auf eine Beschaffung verzichtet.

Schutzzonenausscheidung: Grundwasserpumpwerk Gugel

Anwendungsbereich

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Schutzzonenausscheidung inkl. Markierversuch	Grundwasserschutz / Trinkwasser	Lockergestein oberflächennah

Die Ausscheidung von Schutzzonen richtet sich nach dem Gewässerschutzgesetz resp. der Gewässerschutzverordnung. Grundwasserschutzzonen dienen dazu, Trinkwasserfassungen und das Grundwasser unmittelbar vor seiner Nutzung als Trinkwasser vor Verunreinigung zu schützen. Sie sind um die im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen, deren Wasser den Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung entsprechen muss, auszuscheiden (Wegleitung Grundwasserschutz, BUWAL 2004). Für die Ausscheidung von Schutzzonen sind die Fliesswege und Fliesszeiten des Grundwassers zur Fassung hin zu bestimmen. Insbesondere sind Fliesszeiten von 10 Tagen für die Abgrenzung der Zone S2 entscheidend (Wegleitung Grundwasserschutzzonen bei Lockergesteinen, BAFU 2012). Das Festlegen der Ausdehnung erfolgt gutachterlich und orientiert sich an sämtlichen verfügbaren und erhobenen Daten und Unterlagen.

Projektbeschreibung

Das Trinkwasserpumpwerk Gugel (PW Gugel) steht in der Gemeinde Märstetten des Kantons Thurgau und wird vom Zweckverband Regionalwasserversorgung Mittelthurgau (RVM) betrieben. Das Pumpwerk besteht aus den zwei in den 1960-er Jahren erstellten Vertikalfilterbrunnen Gugel1 und Gugel2. Für die zwei Fassungen des PW Gugel bestehen seit 1992 privatrechtlich ausgeschiedene Schutzzonen. Im Rahmen der Konzessionserneuerung ist die Ausscheidung öffentlich-rechtlicher Schutzzonen mit entsprechendem Schutzzonenplan, Schutzzonenreglement und einem hydrogeologischen Bericht erforderlich. Im November 2020 wurde Dr. Roland Wyss GmbH durch die RVM mit der Schutzzonenausscheidung beauftragt.

Im Thurtal liegen über dem Felsgestein der Oberen Süsswassermolasse mehr als 150 m mächtige inter- und postglaziale Lockergesteinsschichten. Oberflächennah bilden abgelagerte, feinkörnige Seesedimente einen Grundwasserstauer. Darüber liegen im Projektgebiet rund 20 m mächtige vorwiegend kiesig-sandige Schichten, die einen ausgedehnten gut durchlässigen Grundwasserleiter bilden. Überdeckt wird der Grundwasserleiter von einer 1-2 m mächtigen Deckschicht aus siltig-sandigen Schwemmlagerungen von früheren Hochwasserereignissen. Die Grundwasserdynamik im Untersuchungsgebiet ist stark von der Abflusssdynamik der Thur geprägt.

Konkrete Projektziele

Das Projektziel ist die Ausscheidung der öffentlich-rechtlichen Schutzzonen für die Fassungen Gugel1 und Gugel2 gemäss dem generellen Vorgehen und den Anforderungen, wie sie in den entsprechenden Wegleitungen des BUWAL 2004 und BAFU 2012 beschrieben sind. Dazu gehört das Erarbeiten eines:

- hydrogeologischen Berichts, welcher die hydrogeologische Situation und Eigenschaften des Fassungseinzugsgebietes beschreibt, basierend auf den bestehenden und erhobenen Daten,
- Schutzzonenplans mit der Abgrenzung der Schutzzonen S1, S2 und S3,
- Schutzzonenreglements, welches die zum Schutz des Grundwassers und der Trinkwasserfassung erforderlichen Nutzungsbeschränkungen sowie die zu treffenden Massnahmen in den Schutzzonen festlegt.

Berücksichtigte Grundlagen für die Projektanalyse

- [1] Dr. Roland Wyss GmbH (2025): «Märstetten: Grundwasserpumpwerk Gugel, Schutzzonenausscheidung» hydrogeologischer Bericht mit Anhang

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

Im Rahmen der Schutzzonenausscheidung wurden die verfügbaren technischen Berichte zur Erstellung der Fassungen in den 1960-er Jahre (inkl. Bohrprofile, Pumpversuche), der Schutzzonenbericht aus den 1990-er Jahre und Altlastenuntersuchungen verschiedener KbS-Flächen im Projektgebiet (inkl. Bohrprofile, Grundwassermessstellen und Messdaten) sowie Datenreihen zu Grundwasserförderung, Grundwasserständen, Grundwasseranalysen (Mikrobiologie, Chemische Parameter, Spurenstoffe), Niederschlägen und Thur Abflüssen aus dem Archiv des Kantons zusammengetragen und ausgewertet.

Für den Grundwasserleiter zwischen Niederneunforn und Kradolf-Schönenberg besteht ein regionales Grundwassermodell, welches im Zeitraum von 2006 bis 2021 erstellt und im Rahmen verschiedener Fragestellungen überarbeitet wurde. Anhand des Pumpversuches der 1960-er Jahre und Leitfähigkeitsdaten der Jahre 2013 und 2014 wurde das Modell für das Untersuchungsgebiet validiert.

Für die Abgrenzung des Einzugsgebietes der Fassungen Gugel1 und Gugel2 und zur Bestimmung der Fliessgeschwindigkeiten wurde ein 2-monatiger Lastenpumpversuch mit 2 Stufen und ein Markierversuch mit 5 Tracern durchgeführt. Zur Vorbereitung (Festlegung der Tracereingabestelle) sowie zur Nachbildung der Versuchsergebnisse wurden Berechnungen mit dem Grundwasserströmungsmodell ausgeführt.

Die Ausscheidung der theoretischen Schutzzone S2 basiert auf den Fliesswegberechnungen mit dem Grundwassermodell (berechnete 10-Tages Isochronen) und den Resultaten aus dem Färbversuch.

Die im Projekt beschafften und erhobenen Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

Bei der Datenbeschaffung zu diesem Projekt sind keine grossen Hürden genannt worden. Die Daten zum Untergrund und den hydraulischen Eigenschaften mussten aus unterschiedlichen technischen Berichten zusammengetragen werden.

Geothermische Exploration Montagny

Anwendungsbereich

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Geothermische Exploration	Erschliessung einer geothermischen Ressource zur Wärmeerzeugung	Kalkstein im Malm in 1100 m Tiefe

Die Geothermie ist Teil der Energiestrategie des Bundes und des Kantons Waadt, sowie zahlreicher Schweizer Städte. Diese Strategie zielt einerseits darauf ab, die Treibhausgasemissionen deutlich zu senken, um das Netto-Null-Ziel 2050 zu erreichen, und andererseits den Anteil an erneuerbaren Energien in unserem Energiemix zu erhöhen. Im Jahr 2021 hat die Energiedirektion des Kantons Waadt ihre Studie zur Wärmeperspektive veröffentlicht, in der das hohe Geothermiefpotenzial im Kanton Waadt und in der Region um Yverdon-les-Bains betont wird.

Kurzer Projektbeschreibung

Das Projekt der geothermischen Doublette von Montagny zielte auf die Erschliessung und Nutzung eines hydrothermalen Reservoirs des Malm-Kalksteins (Kimmeridgium und Sequanium) im nördlichen Teil der regionalen Verwerfung von Pipechat-Chamblon-Chevressy („PCC-Verwerfungszone“) ab. Nach der Analyse der vorhandenen Bohrungen in Verbindung mit der Interpretation der 2D-Seismiklinien im betreffenden Gebiet sollte diese Einheit einen geklüfteten oder sogar verkarsteten Aquifer bilden. Das Reservoir sollte in einer Tiefe zwischen 880 und 1145 m UKT mit einer Gesamtmächtigkeit von bis zu 265 m anzutreffen sein. Die im Jahr 2022 und 2023 ausgeführte Bohrung (Montagny-2 inklusive Seitenast) hat die erwarteten Wasservorkommen jedoch nicht angetroffen. Infolgedessen wurde die ursprünglich geplante zweite Bohrung (Montagny-1) nicht ausgeführt.

Die gewonnenen Bohrdaten liefern wichtige neue Erkenntnisse über die regionalen geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten und ergänzen die bestehenden Datensätze.

Konkrete Projektziele

Das Projekt umfasste folgende Projektziele:

- Realisierung einer geothermischen Doublette (Montagny-1 und Montagny-2) für eine hydrothermale Nutzung im Gebiet Montagny-près-Yverdon: Erschliessung eines (vermuteten) Grundwasservorkommens im Kalkstein des Malms in rund 1000 m Tiefe mit einer Temperatur von rund 44-45 °C und einer ausreichenden Produktivität von mindestens 2.5 l/s/bar.
- Aktualisierung des geologischen Modells und des hydrogeologischen Konzeptmodells für das Untersuchungsgebiet Montagny-près-Yverdon.

Endprodukte:

- Zusätzlicher geologischer und hydrogeologischer Datensatz im Gebiet Montagny-près-Yverdon.
- Überarbeitetes und aktualisiertes geologisches Modell und hydrogeologisches Konzeptmodell für das Untersuchungsgebietes Montagny-près-Yverdon.

Berücksichtigte Grundlagen für die Projektanalyse

- [1] HYDRO-GEO environnement, MalmEnergie Naturelle SA (2023): «Doublet géothermique de Montagny: Etape-1 Rapport d'état des lieux / Contrat OFEN. Mise à jour des modèles géologique et hydrogéologique conceptuels», inklusive Anhänge 1-7

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

Als Ausgangslage für das Montagny-Doublette-Projekt diente das hydrogeologische Konzeptmodell, welches auf den wissenschaftlichen Veröffentlichungen von Muralt (1999) und Pronk (2008) basiert und in den technischen Berichten von ARConseils (2019), ALPGEO (2019), und ALPGEO und ARConseils (2019) detailliert beschrieben wird. Diese Autoren haben anhand zahlreicher Daten aus der Erdölprospektion in den 1970er Jahren (2D-seismische Linien, Bohrung Treycovagnes-1) und der Erschliessung von hydrologischen und hydrothermalen Ressourcen rund um die Stadt Yverdon-les-Bains (Bohrungen F4, F5, La Grève-1, Noréaz-1, Quellen von Cossaux und Moulinet etc.) günstige geologische und hydrogeologische Bedingungen in diesem Gebiet angedeutet. Im Jahr 2019 wurden zudem zwei 2D-Seismiklinien im Bereich der geplanten Bohrungen erfasst, um die Zielstruktur genauer zu analysieren.

Basierend auf dem bestehenden hydrogeologischen Konzeptmodell, dem bestehenden geologischen Modell und der Neuinterpretation der 2D-seismischen Linie durch HYDRO-GEO environnement (HGE) im Jahr 2022 wurde das definitive Bohrkonzzept mit Bohrstandort, Bohrrichtung und Probenahmekonzept für eine erste Bohrung (Montagny-2) erarbeitet und dem Kanton für die Bewilligung vorgelegt.

Ende 2022 wurde als erste Bohrung Montagny-2 ausgeführt (. Während der Bohrung wurden Bohrkleinproben gesammelt und lithologisch interpretiert. Bildgebende Untersuchungen im Bohrloch liefern strukturgeologische Daten (Schichtung, Strukturzonen und Orientierungen, Zerklüftung, Verkarstung). Mit der Durchführung und Auswertung von verschiedenen Tests im Bohrloch wurden Daten zur Bewertung der hydraulischen und thermischen Eigenschaften der Bohrung erhoben (Temperatur, geothermischer Gradient, (Wasser)druck, Durchfluss, Produktivität). Die Bohrung traf nicht auf die erwarteten transmissiven Störungszonen und Wasservorkommen. Deshalb wurde nach Interpretation der erhobenen Daten entschieden, aus der Bohrung einen Seitenast (side track) zu bohren (Montagny-2-ST), in der Hoffnung die Störungszone und ergiebige, wasserführende Schichten zu treffen. Auch für die Bohrung Montagny-2-ST wurden Bohrkleinproben gesammelt, bildgebende Aufnahmen der Bohrlochwand gemacht und hydraulische Test durchgeführt und ausgewertet. Aber auch diese Bohrung ist nicht auf eine gutdurchlässige, wasserführende Schicht gestossen. Auf die Ausführung der ursprünglich geplanten zweiten Bohrung (Montagny-1) wurde infolgedessen verzichtet.

Mit den erhobenen Daten und den daraus gewonnen Erkenntnissen über die lokale und regionale geologische und hydrogeologische Situation, wurde das geologische Modell und das hydrogeologische Konzeptmodell überarbeitet und aktualisiert. Darüber hinaus wurden Ausblicke und Empfehlungen formuliert, wie die geologischen (strukturellen) und hydrogeologischen Kenntnisse über das Gebiet von Montagny und somit die Erfolgchancen einer geothermischen Nutzung verbessert werden können. Sämtliche erhobenen Daten sind über data.geo.admin.ch zugänglich.

Die im Projekt verwendeten Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

Das geologische Modell und das hydrogeologischen Konzeptmodell, welche vorwiegend auf 2D-seismischen Linien und Bohrungen beruhen, sind mit bedeutenden Unsicherheiten behaftet. Eine dreidimensionale Kartografie des Untergrundes mittels einer 3D-Seismik Kampagne würde zusätzliche Daten liefern und zum besseren Verständnis der Strukturen (Lage, Richtung, Ausdehnung) im Untergrund beitragen.

Grosse Unsicherheiten bestehen auch bezüglich der hydraulischen Eigenschaften der Formationen um die angestrebte Verwerfungszone herum. Die Durchführung von Erkundungsbohrungen und hydraulischen Tests in Verbindung mit einer 3D-Seismik könnten zusätzliche wertvolle Daten liefern, um die Erfolgchancen einer geothermischen Nutzung zu verbessern.

Simultane Druckmessungen in den Bohrungen / Brunnen im Gebiet Montagny würden es erlauben, die Druckverteilung auf die verschiedenen Strukturblöcke genauer zu bestimmen. Zudem würde eine Überwachung des Druckes in Montagny-2-ST es ermöglichen, die Verbindung zur Grundwasserneubildung über dem Jura genauer zu bestimmen.

Speicherprojekt ARTS Dübendorf Empa/Eawag

Anwendungsbereich

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Forschungsprojekt	Geothermie, Wärmespeicherung	Lockergestein und Fels, mitteltief

Unterirdische saisonale Wärmespeicherung mittels Hochtemperatur-Erdsonden-Wärmespeicher. Zu den Energiequellen gehören beispielsweise Abwärme aus Kehrriichtverbrennungsanlagen oder aus Kühlanlagen sowie der im Sommer aufgefangene Energieüberschuss aus Solaranlagen.

Projektbeschreibung

Das Projekt ARTS (Aquifer Reaction to Thermal Storage) ist ein Forschungsprojekt, welches die Auswirkungen der geothermischen Wärmespeicherung im Untergrund auf die chemischen und biologischen Eigenschaften des Grundwassers untersucht. Im Zentrum der Studie steht der neu errichtete Hochtemperatur-Erdsonden-Wärmespeicher (HT-BTES) auf dem Gelände der Eawag bzw. Empa in Dübendorf. Dieser besteht aus 144 Erdsonden von je 100 m Tiefe. Die Anlage nutzt den Untergrund als Wärmetauscher, um je nach Jahreszeit Wärme zu speichern und zurückzugewinnen, wobei der Boden als thermische Batterie dient.

Um Auswirkungen der Temperaturänderungen (maximale Betriebstemperatur der Anlage bis zu 65°C) auf die Hydrogeochemie, die Mikrobiologie und das mikrobielle Verhalten, sowie auf die Zusammensetzung der im Untergrund lebenden Fauna zu erfassen, wurden drei Observationsbohrungen strategisch um die Anlage platziert. In diesen wird in einem ersten Schritt ein umfassendes Monitoring-Programm durchgeführt, das physikalische, hydrochemische und mikrobiologische Parameter erfasst.

Die gewonnenen Daten werden anschliessend für die Erstellung bzw. Kalibrierung eines numerischen Modells („Digital Twin“) verwendet, welches die gekoppelten thermo-hydro-bio-geochemischen Prozesse abbilden soll. Ziel ist es, fundierte Prognosen zum Langzeitverhalten des Aquifers zu erstellen und Optimierungsstrategien für den Anlagenbetrieb abzuleiten.

Konkrete Projektziele

- Den Einfluss der thermischen Belastung auf die Hydrogeochemie des Grundwasserleiters quantifizieren.
- Veränderungen im mikrobiellen Verhalten (Wachstumsraten, Respiration, Biofilmbildung) messen, die durch die Temperaturänderungen induziert werden.
- Ein numerisches Modell („Digital Twin“) erstellen, welches die thermo-hydro-bio-geochemischen Prozesse im Aquifer gekoppelt abbildet und für Langzeitprognosen genutzt werden kann.
- Zur Optimierung der Anlage beitragen und deren Vorteile in der CO₂-Bilanz hervorzuheben.

- Eine übertragbare Zusammenstellung der Resultate erstellen und Empfehlungen für die Definition von Richtlinien und Vorschriften für die zukünftige Implementierungen von HT-BTES-Anlagen liefern.

Berücksichtigte Grundlagen

- [1] J.Jiménez-Martínez, O.Schubert, A. Velásquez-Parra (2024): «ARTS Aquifer reaction to thermal storage», Interim report, Swiss Federal Office of Energy SFOE
- [2] J.Jiménez-Martínez, C. Moeck, L. Och, V. Gischig, A. Voegelin, R. Britt, M. Schirmer, R. Weber (2024): «Geology, hydrogeology and monitoring », Deliverable 1, Swiss Federal Office of Energy SFOE
- [3] N. Hartog, KWR Water Research Institute (2024): «1st year of ARTS project progress: Audit report», Memo
- [4] J.Jiménez-Martínez, A. Velásquez-Parra (2025): « Internal and open database », Deliverable 2, Swiss Federal Office of Energy SFOE
- [5] J.Jiménez-Martínez, A. Velásquez-Parra (2025): « Summary of first year of monitoring: Aquifer's characterization under undisturbed temperature conditions », Deliverable 3, Swiss Federal Office of Energy SFOE

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

- Daten aus Grundwassermodell
- Bohrdaten (Bestand und neu errichtet)
- Eigenschaften Untergrund (Hydrostratigraphie, Geohydraulik, geochemische Zusammensetzung)
- Grundwasserdynamik (Wasserstände, Gradienten)
- Grundwasserchemie (Zusammensetzung, pH, Alkalinität, Härte, gelöste Stoffe, Spurenelemente, Nährstoffe, usw.)
- Mikrobiologie (Gemeinschaften, DNA)

Die Daten werden zur Charakterisierung des IST-Zustands des Untergrunds bzw. des Grundwassers und zum Aufbau eines «Digital Twins» verwendet.

Die erhobenen und beschafften Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

- Fehlende Langzeitmessungen des Grundwasserstandes in der Nähe des Anlagestandorts. Daher Errichtung eigener Piezometer zur Bestimmung der Grundwasserdynamik.

- Komplexe Grundwasserverhältnisse. Daher Verwendung verschiedener Kombinationen von Piezometern zur Triangulation notwendig.
- Silt in Wasserproben führte teilweise zum Verstopfen der Filter bei der DNA-Beprobung. Daher wurden Versuche mit unterschiedlichen Porengrössen der Filter durchgeführt und das DNA-Extraktionsprotokoll angepasst.

Lötschberg Basistunnel

Anwendungsbereich

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Tunnelbauprojekt (Untertagbau, Geotechnik)	Infrastrukturbau	tief

Beim Lötschberg Basistunnel handelt es sich um ein Tunnelbauprojekt im geklüfteten und stellenweise im verkarsteten Gebirge. Die hydrogeologischen Fragestellungen betreffen daher die Kluftströmung und die Karstströmung im Hinblick auf den Wasseranfall im Tunnel. Das Projekt umfasst sowohl eine Datenerhebung und -auswertung im laufenden Vortrieb als auch eine nachträgliche numerische Modellierung.

Projektbeschreibung

Der rund 34.5 Kilometer lange Lötschberg-Basistunnel führt von Frutigen im Kandertal nach Raron im Rhonetal. Vom Nordportal bis unter dem Gasterental quert der Lötschberg-Basistunnel den ganzen helvetischen Deckenstapel inkl. der dazugehörigen Flyschseinheiten. Danach verbleibt er bis zum Südportal im Aar-Massiv samt seiner autochthonen Sedimenthülle. Es wurden zwei Röhren ausgebrochen. Für den Vortrieb kritisch war die Doldenhorn-Decke, da eine Verkarstung bis auf das Tunnelniveau mit entsprechenden grossen Wasserzutritten befürchtet wurde. Die Doldenhorndecke wurde auf einer Strecke von ca. 3 km durchfahren. Zur Vorerkundung wurden Vortriebspausen eingelegt, während denen Horizontalbohrungen von 200 – 300 m Länge abgeteuft wurden. In diesen Bohrungen wurden verschiedene Messungen und Versuche durchgeführt, welche als Entscheidungsgrundlage für den weiteren Vortrieb benötigt wurden.

Konkrete Projektziele

Vorauserkundung:

- Vorseilendes Erkennen von Karsterscheinungen während des Vortriebes
- Abschätzung der zu erwartenden Gebirgsfestigkeit
- Abschätzung des zu erwartenden Wasseranfalls
- Messung von Transmissivität und Speicherkoeffizient im lokalen Massstab

Grundwassermodell:

- Aufzeigen der Unterschiede in den Tunnelzuflüssen (Raum und Zeit) zum Scheiteltunnel und zum Basistunnel.
- Quantifizieren der Umweltauswirkungen des Scheitel- und Basistunnels im Karstabschnitt der Doldenhorndecke (z.B. bezgl. der Thermalquellen von Leukerbad).
- Verstehen der in den Erkundungsbohrungen gemessenen Druckhöhen.
- Die Bedeutung der Ergebnisse der Hydrotests aus den Explorationsbohrlöchern in Bezug auf die regionalen hydrodynamischen Systemeigenschaften und die langfristigen Tunnelzuflüsse erklären/verstehen.

Berücksichtigte Grundlagen

- [1] Pesendorfer M. (2006): Hydrogeologic Exploration and Tunneling in a Karstified and Fractured Limestone Aquifer (Lötschberg Base Tunnel, Switzerland). ETH Dissertation No. 16724
- [2] Ziegler H-J., Isler A. (2013): Lötschberg-Basistunnel – zusammenfassender Geologischer Bericht. Berichte der Landesgeologie

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

Bereits vor dem Baubeginn wurde ein erstes geologisches Modell basierend auf einzelnen Sondierbohrungen aufgebaut. Dieses diente für den Entscheid über die Machbarkeit und die Vortriebsart. Dieser Datensatz ist nicht Bestandteil der vorliegenden Auswertung.

Die in [1] beschriebenen Daten stammen grösstenteils von der geologischen Aufnahme des Vortriebsbereichs und der Tunnelbrust sowie von den regelmässig abgeteuften Vorausbohrungen. Im Vordergrund standen Daten, aus welchen eine mögliche Gefährdung des Tunnelvortriebs durch Wassereinbrüche abgeschätzt werden konnte. Aus diesen Daten wurde ein hydrogeologisches Modell erstellt.

Als Grundlage des numerischen Grundwasserströmungsmodells dienten geologische Karten und Schnitte. Die wichtigsten Randbedingungen waren der Grundwasserstand in der quartären Talfüllung, sowie die Grundwasserneubildung aus Niederschlag. Für die Bestimmung der Grundwasserneubildung wurden weitere Daten wie Niederschlag, Gletscherbedeckung, Geländeneigung, etc. beschafft, welche nicht primär als hydrogeologische Daten bezeichnet werden können. Mit der Verwendung im Niederschlag / Abfluss-Modell, welches die Randbedingung für das Grundwassermodell liefert, werden sie jedoch hydrogeologisch relevant. Für die Kalibrierung des Grundwassermodells wurden Wasserzuflüsse zu den verschiedenen Tunnelabschnitten verwendet.

Die erhobenen und beschafften Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

Die beim Bau des Lötschberg Basistunnels erhobenen Daten stammen vorwiegend aus Vorausbohrungen. Die Datenerhebung fand unter Zeitdruck statt, da nur während den Pausen zwischen den Vortriebsetappen Messungen vorgenommen werden konnten. Auf komplexe Versuche und Auswertungen musste deshalb verzichtet werden. Die Messresultate waren jedoch von grosser Bedeutung für verschiedene Entscheide zur nachfolgenden Vortriebsetappe und mussten daher verlässlich und schnell zur Verfügung stehen.

Projekt GeoQuat - Pilotregion Birrfeld

Anwendungsbereich

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
3D-Modellierung der quartären Lockergesteinsablagerungen	Kies-/Sandgewinnung, Hydrogeologie, Baugrundklassen	Lockergestein oberflächennah

Beim GeoQuat Projekt handelt es sich um ein Dateninfrastruktur-Projekt für quartäre Lockergesteinsdaten, welches swisstopo in Partnerschaft mit den Bundesämtern BAFU und BFE realisiert hat. Das Projekt umfasst sowohl eine Strukturierung, Harmonisierung und Auswertung bestehender Daten als auch eine nachträgliche 3D-Modellierung von quartären Lockergesteinsablagerungen für verschiedene Pilotregionen und unterschiedliche Untergrundnutzungen. Im Rahmen dieses Projekts wurden keine neuen hydrogeologischen Daten erhoben.

Projektbeschreibung

Bedeutende Teile der Schweiz sind mit quartären Lockergesteinen bedeckt, in welchen ein Grossteil der Untergrundnutzungen stattfindet. Für eine effiziente und nachhaltige Koordination und eine Verminderung von Fehlern mit weitreichenden Konsequenzen für die Nutzungsplanung im Untergrund ist es unerlässlich, die Beschaffenheit und den Aufbau der quartären Ablagerungen zu kennen. Seit rund zwei Jahrhunderten werden geologische Daten (Bohraufnahmen, Oberflächenkartierung, geologische Profilschnitte, geophysikalische Untersuchungen) erhoben. Die heterogene Struktur quartärer Lockergesteinsdaten sowie das Fehlen einer standardisierten Aufnahme, Erfassung und einer zentralen Verfügbarkeit von Daten verunmöglicht bis dato eine effiziente Datenhaltung und -analyse.

Aus diesem Grund hat sich das GeoQuat Projekt zum übergeordneten Ziel gesetzt ein Informationssystem über die quartären Lockergesteine in der Schweiz aufzubauen. Dieses soll durch die Entwicklung und technische Umsetzung eines Workflows erreicht werden. Dieser beinhaltet, wie Lockergesteinsdaten strukturiert erfasst, harmonisiert, analysiert und modelliert werden und daraus abgeleitete Produkte für die verschiedenen Bereiche der angewandten Geologie realisiert werden können. Der erarbeitete Workflow wird an vier unterschiedlichen Pilotregionen mit unterschiedlichen Nutzungsschwerpunkten getestet.

Eine der Regionen ist das Birrfeld im Kanton Aargau mit einer Ausdehnung von rund 82 km². In diesem Gebiet befindet sich das Wasserschloss, wo Aare, Reuss und Limmat zusammenfliessen. Hier liegt auch der Konfluenzbereich des Rhonegletschers, Reussgletschers und des Rheingletschers. Die geologische Situation ist gekennzeichnet durch einen komplexen quartärgeologischen Schichtaufbau, entstanden durch die zahlreichen Vorstösse und Rückzüge der Gletscher. Ein nachhaltiger Abbauplan der grossen Kies- und Sandvorkommen, der mehrschichtige Aufbau der Aquifere sowie auch der zunehmende Bedarf an geothermischer Energie in der Region erfordern gute Untergrundkenntnisse und erwecken das Interesse an Daten und Untersuchungen zum quartären Lockergesteinsaufbau.

Konkrete Projektziele

Das übergeordnete Ziel des GeoQuat Projekts beinhaltet den Aufbau eines Informationssystems über die quartären Lockergesteine der Schweiz. Die Erreichung des übergeordnet-

en Ziels erfordert die Realisierung mehrerer Teilziele. Die vorliegende Datenflussanalyse beschränkt sich auf folgende Teilziele:

- Erstellen eines standardisierten, harmonisierten Datensatzes aus den bestehenden Lockergesteinsdaten für die Pilotregion Birrfeld im Kanton Aargau.
- Realisierung von geologischen und parametrischen 3D-Modellen für die Pilotregion Birrfeld auf Basis des erstellten Datensatzes. Diese sollen durch die Veranschaulichung der (hydro-)geologischen Verhältnisse das Potenzial wie auch die Einschränkungen und Risiken der Lockergesteine hinsichtlich verschiedener Nutzungen aufzeigen.

Folgende Produkte wurden daraus abgeleitet:

- Abschätzung der Qualität und Quantität von Kies-/Sandressourcen
- Erstellung einer Grundwasservolumenkarte
- Erstellung einer Grundwasservulnerabilitäts-Karte
- Erstellen einer Baugrundklassen-Karte

Berücksichtigte Grundlagen

- [1] Bundesamt für Landestopografie swisstopo: «GeoQuat, Informationssystem quartäre Lockergesteine», Technischer Bericht mit Anhang

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

Zur Erarbeitung der geologischen und parametrischen 3D-Modelle für die Pilotregion Birrfeld waren insbesondere Bohrdaten, eine geologische Karte und mehrere Profilschnitte sowie Grundwasserstandsdaten resp. Grundwasserisohypsenkarten notwendig. Insgesamt wurden 1'579 bestehende Bohrungen schichtbasiert erfasst und nach Korngrösse klassiert. 550 Bohrungen sowie die geologische Karte und die Profilschnitte wurden lithographisch interpretiert. Zusätzlich sind für die parametrischen Modelle schichtbasierte Daten zu Untergrundeigenschaften (hydraulische Durchlässigkeit, Lagerungsdichte, Sand-/Kiesqualität) erforderlich. Im Rahmen dieses Projektes wurden keine neuen hydrogeologisch relevanten Daten erhoben.

Die für die Erstellung der 3D-Modelle und den daraus abgeleiteten Produkten verwendeten Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

3D-Modellierungen und räumliche Analysen sind nur möglich, wenn die dafür notwendigen Inputdateien einheitlich strukturiert und harmonisiert vorliegen. Die einheitliche lithostratigraphische Interpretation von bestehenden Bohrprofilen stellte sich als grosse und zeitintensive Herausforderung heraus. Eine strukturierte, möglichst komplette Primärdatenerfassung ist in Zukunft anzustreben.

Eine Automatisierung verschiedener Phasen des Workflows spart Zeit, macht Prozesse nachvollziehbarer und ermöglicht einfachere Aktualisierungen von 3D-Modellen und abgeleiteten Produkten.

Bei komplexen geologischen Verhältnissen, wie sie in der Pilotregion Birrfeld vorliegen, sind die verfügbaren Grundlagedaten nicht in allen Modellbereichen ausreichend vorhanden, um eine automatisierte Erstellung eines 3D-Geologiemodells in zufriedenstellender Qualität zu realisieren. In der Pilotregion Birrfeld erforderte dies manuelle Anpassungen (z.B. Erstellung virtueller Bohrungen, Profilschnitte), die aufwändig durch Experten mit guter Kenntnis der lokalen geologischen Verhältnisse zu erarbeiten sind.

Grundwassermodell ÖGP-Bitterfeld-Wolfen

Anwendungsbereich

Projekttyp	Nutzung / Anwendungsbereich	Hydrogeolog. Situation
Hydrogeologisches Strukturmodell, hydraulische Grundwassermodellierung 3D instationär inkl. Bodenwasserhaushaltsmodell	Altlastenmanagement, Abstrom- und Flurabstandsicherung	Lockergestein und Fels, oberflächennah bis mitteltief

Im Ökologischen Grossprojekt Bitterfeld-Wolfen (ÖGP) wird die Sicherung einer der komplexesten grossflächigen Grundwasser-Kontaminationen in Deutschland betrieben. Zur Bearbeitung der damit verbundenen Aufgaben wurde ein computergestütztes hydrogeologisches Modellsystem erarbeitet und angewendet. Da das Modellsystem in verschiedenen Aspekten nicht mehr den aktuellen Anforderungen zur Bearbeitung der Aufgaben entspricht, wurde ein Neuaufbau des Modellsystems in Auftrag gegeben. Das Modellsystem besteht aus drei Komponenten: einem hydrogeologischen Strukturmodell (HGSM), einem Bodenwasserhaushaltsmodell für die Berechnung der Grundwasserneubildung und einem numerischen Grundwasserströmungsmodell (HSTM).

Projektbeschreibung

Bitterfeld-Wolfen ist seit über hundert Jahren ein bedeutender Industriestandort. In den örtlichen Fabriken wurden vor allem Basischemikalien, zum Beispiel für die Farbenproduktion, auf der Grundlage von Chlor hergestellt. Es gab jedoch auch bedeutende technische Entwicklungen wie zum Beispiel Kunstfasern und Farbfilme. Treiber für die Ansiedlung der Industrie war die Braunkohle. Bis zur Wende wurden grosse Teile des vorhandenen Bitterfelder Flözkomplexes ausgebeutet. Es entstanden grosse Restlöcher, welche teilweise mit Abraum und Abfällen aus der Industrie aufgefüllt wurden. Die Restlöcher wurden im Betrieb mit einer Sumpfung trocken gehalten. Heute sind viele mit Grundwasser aufgefüllt. Mit dem Anstieg der Wasserstände in den Restlöchern ist auch der Grundwasserstand in der weiteren Umgebung angestiegen. Es bestand die Gefahr einer Flutung von Kellern, welche bisher über dem Grundwasserspiegel lagen. Zudem steigen chemische Belastungen, welche durch die Sumpfung in den tieferen Untergrund verlagert wurden, wieder auf. Im Untergrund der Betriebsareale verblieb ein erhebliches Potential an umweltgefährdenden Stoffen. 1992 einigten sich der Bund, die Treuhandanstalt und die Länder der ehemaligen DDR auf eine gemeinsame Finanzierung von ökologischen Altlastenprojekten. Eines davon ist das ÖGP. Mit diesem Projekt sollen die weitere Ausbreitung des bestehenden Grundwasserschadens verhindert und die Bewohner vor der Gefahr aufsteigender Kontaminationen geschützt werden.

Im ÖGP wird mit derzeit etwa 40 Brunnen hoch kontaminiertes Grundwasser gehoben, um die abstromigen Bereiche der Grundwasserleiter vor der weiteren Ausbreitung der Kontaminationen (LCKW, Chlorbenzole und andere) zu sichern. Das Grundwasser wird dabei unter anhaltend hohem organisatorischem, technischem und finanziellem Aufwand gefördert und aufbereitet. Es ist eine vollständige Sicherungswirkung zu gewährleisten. Zusätzlich zu den Abstromsicherungen wird im Projektgebiet in ähnlichem Umfang Grundwasser mittels Brun-

nen oder Drainagen gehoben, um ausreichende Flurabstände für tief liegende Gebäude und Anlagen zu erreichen.

Konkrete Projektziele

Das Projektziel umfasst die Erarbeitung eines Modellsystems, bestehend aus einem hydrogeologischen Strukturmodell, einem Bodenwasserhaushaltsmodell und einem numerischen Grundwasserströmungsmodell, welches als Werkzeug für folgende Fragestellungen genutzt werden soll:

- Unterstützung in der Planung, der Steuerung und der Kontrolle der Abstrom- und Flurabstandssicherungen.
- Positionierung und Dimensionierung von Messstellen, Brunnen, Drainagen und Dichtwänden.
- Prognosen zur Grundwasser- und Kontaminationsdynamik unter den gegebenen Randbedingungen oder bei temporär oder dauerhaften Änderungen der Randbedingungen (z.B. Bauwasserhaltungen, Veränderung von Gewässern, Sicherungs- und Sanierungsmassnahmen).
- Bereitstellen von Randbedingungen für die lokale Betrachtung von Fragestellungen in feiner aufgelösten Modelllupen.

Berücksichtigte Grundlagen

- [1] ÖGP Bitterfeld-Wolfen, Qualifizierung – d.h. Neuaufbau oder Weiterentwicklung –, Pflege und Anwendung des Grundwassermodells, sowie hydrogeologische Fachberatung, Einarbeitung und Datenübernahme; Simultec AG - TERRAnotion; 12. August 2024
- [2] ÖGP Bitterfeld-Wolfen, Hydrogeologisches Strukturmodell (HGSM2024 V12), Dokumentation; Simultec AG - TERRAnotion; 2. Mai 2025
- [3] ÖGP Bitterfeld-Wolfen, Numerisches Grundwasserströmungsmodell (HSTM), Dokumentation; Simultec AG - TERRAnotion; Bericht in Bearbeitung

Übersicht und Verwendung hydrogeologisch relevanter Daten

Im Rahmen des ÖGP wird eine GeoDIN-Datenbank geführt, welche folgende Grundlagedaten enthält:

- Bohrdaten und Schichtdaten
- Grundwasserstände
- Oberflächenwasserstände, Abflussmessungen
- Daten der Grundwasserbewirtschaftung (Fördermengen, Einleitungen, Drainagemengen)

Im ÖGP wurden diverse Gefährdungsabschätzungen von Deponien erarbeitet. Die Berichte können zusätzliche Bohrungen, geologische Profile, Verbreitungsgrenzen von Schichten oder Informationen zur Geohydraulik enthalten.

Da die Wasserbilanz im Projektgebiet massgeblich durch die Grundwasserneubildung aus Niederschlag beeinflusst wird, war eine möglichst gute Quantifizierung der Neubildung erforderlich. Es mussten viele Daten zu den klimatischen Bedingungen, der Landbedeckung, der Bodenbeschaffenheit und der landwirtschaftlichen Nutzung beschafft werden. Dabei handelt es sich nicht primär um hydrogeologische Daten. Mit der Verwendung im Bodenwasserhaushaltsmodell, welches die Randbedingung für das Grundwassermodell liefert, werden sie jedoch hydrogeologisch relevant.

Die im Modell verwendeten Daten sind in beiliegender Tabelle im Anhang A zusammengestellt. In Anhang B ist das daraus erstellte Datenfluss-Diagramm abgebildet.

Lessons Learnt / Hürden

Die Landesanstalt für Altlastenfreistellung von Sachsen-Anhalt (LAF) hat einen grossen Teil der benötigten Grundlagedaten beschafft und zur Verfügung gestellt. Die grössten Hürden lagen in der Interpretation resp. der Stratifizierung der Bohrungen in die im Projektgebiet vorliegenden hydrogeologischen Einheiten. In der Datenbank sind 4708 Bohrungen über einen Zeitraum von >100 Jahren abgelegt. Die Datenqualität der Schichtenverzeichnisse in Bezug auf Genauigkeit, Vollständigkeit, Konsistenz und Zuverlässigkeit ist nicht einheitlich. Je nach Bearbeiter, technischer Durchführung (z.B. Liner-, Spül- oder Schappenbohrung) und Verwendungszweck der Bohrung (z.B. Pegelbohrung, Kohleerkundung) variieren die Schichtenverzeichnisse zwischen feinaufgelösten, detaillierten Schichtbeschreibungen und über viele Meter zusammengefasste Schichten. Die Datenaufbereitung war entsprechend arbeitsintensiv und mit Unsicherheiten behaftet. Lagen ganze Gebiete mit Ungereimtheiten vor oder bei wiederkehrenden Auffälligkeiten stratifizierter Bohrungen wurde die Problematik mit lokalen Experten besprochen. Die Interpolation des Bohrdatensatzes in Leapfrog gestaltete sich als iterativer Prozess. Stellen mit ungewöhnlichen Höhendifferenzen in den Schichten wurden lokalisiert und die Bohrprofile an diesen Stellen überprüft. Nach Bereinigung der fehlerhaften Stellen wurden die Schichten neu interpoliert und erneut auf Auffälligkeiten geprüft. Für die Einbettung des hydrogeologischen Strukturmodells (HGSM) in das numerische Grundwasserströmungsmodell (HSTM) wurde eine eigene Software geschrieben. Die in Feflow und Leapfrog integrierten Verfahren zur Erzeugung eines 3D-Finite-Elemente-Netzes lieferten im vorliegenden Fall keine befriedigenden Resultate.

Synthese

Die Ergebnisse der Auswertungen der einzelnen Beispielprojekte wurden zusammengeführt. Folgende projektübergreifenden Hürden und Hindernisse wurden bei der Beschaffung, Aufbereitung und Verwendung von (hydro-)geologischen Daten identifiziert:

- Durch das Fehlen einer zentralen Verfügbarkeit von geologischen und hydrogeologischen Daten sind diese nur schwer zugänglich. Bohrdaten und Daten zu den in Bohrungen durchgeführten Messungen und Tests müssen oft aus verschiedenen Quellen und Formaten zusammengetragen werden.
- Die heterogene Struktur geologischer und hydrogeologischer Daten sowie das Fehlen einer standardisierten, strukturierten Aufnahme und Erfassung von Daten erschwert eine effiziente Datenhaltung, -aufbereitung und -analyse. Eine nachträgliche einheitliche Strukturierung und Harmonisierung von Primärdaten sind mit einem grossen Aufwand verbunden.
- Nutzungsdaten von Trink- und Brauchwasserfassungen und insbesondere von thermischen Fassungen sind nur lückenhaft vorhanden resp. verfügbar.
- Insbesondere ältere Daten sind nur analog verfügbar, was den Zeitaufwand bei der Datenbeschaffung und -aufbereitung erhöht.
- Unterschiedlich dichte Grundwassermessstellennetze und fehlende Datenreihen über längere Beobachtungszeiträume erfordern das Errichten von Messstellen und Einrichten von Datenloggern zur Erfassung der Grundwasserdynamik und können so Projekte verzögern.

Um den Datenaustausch und die Datenverwendung zu verbessern, werden folgende Optimierungsansätze vorgeschlagen:

- Eine einheitliche, strukturierte und möglichst komplette digitale Primärdatenerfassung, um eine zeitaufwändige Nacherfassung zu verhindern.
- Zentrale Verfügbarkeit (auf nationaler oder kantonaler Ebene) von geologischen und hydrogeologischen Daten mit Schnittstellen zu klimatischen und hydrologischen Daten.

Teil B: Datenmodell

Zielsetzung und Entwicklung

Basierend auf den Projektanalysen aus Teil A wurde ein umfassender Objektdatenkatalog sowie ein darauf aufbauendes Datenmodell entwickelt. Ziel war es, eine konsistente und strukturierte Grundlage für das zukünftige Management hydrogeologisch relevanter Daten zu schaffen. Das Datenmodell soll eine nutzungsorientierte Erfassung, Analyse und Anwendung dieser Daten ermöglichen und zugleich den effizienten Austausch zwischen unterschiedlichen Projekten und Akteuren unterstützen.

Die Entwicklung des Datenmodells erfolgte auf Basis von acht ausgewählten Beispielprojekten. Anhand dieser Projekte wurden die für hydrogeologische Fragestellungen relevanten Objekte und Parameter identifiziert und systematisch im Datenmodell abgebildet. Hierbei wurden sowohl fachliche Informationen zu den Objekten als auch deren räumliche (geometrische) und zeitliche Beschreibung berücksichtigt.

Ergänzend wurden bestehende Datenmodelle analysiert und, wo sinnvoll, in das erarbeitete Modell integriert oder adaptiert. Dazu zählen unter anderem das Datenbankmodell «boreholes.swissgeol» von swisstopo, die konzeptuellen Datenmodelle «Observations & Measurements» und «GWML 2» des Open Geospatial Consortium (OGC) sowie die minimalen Geodatenmodelle (MGDM) «Grundwasservorkommen» (ID 139.1) und «Grundwasseraustritte, -fassungen und -anreicherungsanlagen» (ID 141.1) des BAFU. Übernommene oder angepasste Strukturen und Attribute sind im Datenmodell entsprechend dokumentiert.

Das resultierende Datenmodell ist überwiegend als logisches Datenmodell ausgeprägt und deckt die für die Nutzung und das Management des Untergrunds relevanten Grundwasserdaten umfassend ab. Es ist so konzipiert, dass es als belastbare Grundlage für eine spätere technische Umsetzung, beispielsweise in Form einer Datenbank, dienen kann.

Die Entwicklung erfolgte iterativ und in engem Austausch mit dem Auftraggeber. Zur Validierung wurde das Datenmodell exemplarisch an zwei Projekten aus Teil A – dem Projekt «Hydrothermisches Grundwassermodell Rheintal» sowie dem Projekt «Geothermische Exploration Montagny» – angewendet. Die dort beschriebenen Daten und Anforderungen konnten mit dem entwickelten Datenmodell vollständig abgebildet werden.

Das Datenmodell wurde als UML-Klassendiagramm unter Verwendung der Software *Enterprise Architect* der Firma *Sparx Systems* modelliert. Die Klassen enthalten Primärschlüssel (PK) zur eindeutigen Identifikation der Datensätze. Fremdschlüssel (FK) werden eingesetzt, um die Beziehungen zwischen den Klassen gemäss dem Datenmodell abzubilden. In den UML-Klassendiagrammen sind einzelne Attribute mit Codelisten (Enumerationen) typisiert. Diese Enumerationen definieren die zulässigen Wertebereiche der Attribute und stellen eine konsistente und einheitliche Verwendung von Wertelisten im Datenmodell sicher. Der Name des jeweiligen Typs ist zur Kennzeichnung von Codelisten mit dem Präfix „CL“ versehen. Abbildung 1 fasst die im Datenmodell verwendeten Beziehungstypen zusammen. Assoziationen beschreiben fachliche Beziehungen zwischen Klassen, wobei die beteiligten Objekte unabhängig voneinander existieren können. Aggregationen stellen eine Teil-Ganzes-Beziehung dar, bei der die Teilobjekte auch

unabhängig vom übergeordneten Objekt existieren können. Kompositionen modellieren eine starke Teil-Ganzes-Beziehung, bei der die Teilobjekte nicht ohne das übergeordnete Objekt existieren und denselben Lebenszyklus besitzen. Vererbungen bilden eine Generalisierungs-Spezialisierungs-Beziehung ab, bei der Unterklassen Eigenschaften und Strukturen der Oberklasse übernehmen.

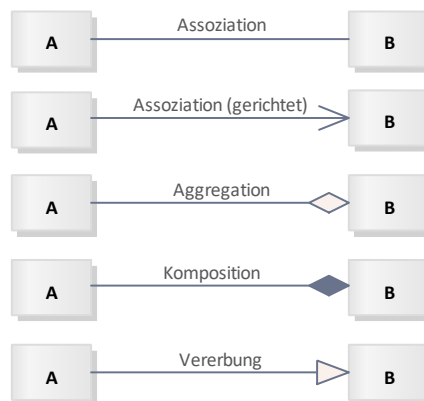


Abbildung 1: Übersicht der im Datenmodell verwendeten Beziehungstypen in UML (Assoziation, gerichtete Assoziation, Aggregation, Komposition und Vererbung).

Allgemeine Beschreibung

Das Datenmodell ist thematisch in fünf Teilbereiche gegliedert: «Bohrung», «Grundwasservorkommen», «Messung», «Modell» und «Nutzung». Diese Einteilung wurde bewusst gewählt, um die unterschiedlichen fachlichen Aspekte der Hydrogeologie klar zu strukturieren und eine übersichtliche sowie modulare Beschreibung der relevanten Daten zu ermöglichen. Das Datenmodell ist in den folgenden Unterkapiteln detailliert beschrieben. Eine Übersicht über das gesamte Datenmodell ist in Anhang Teil B.1: Gesamtüberblick Datenmodell zu finden. Die Attributtabellen der Klassen und Codelisten sind in Anhang Teil B.2: Attributtabellen Klassen und Codelisten bereitgestellt.

Der Teilbereich «Bohrung» bildet Untergrunderschliessungen in Form von Bohrungen ab und beschreibt deren räumliche Lage, geometrische Eigenschaften, technische Ausgestaltung sowie die zugehörige Dokumentation. Zusätzlich können geologische und hydrogeologische Informationen, die entlang einer Bohrung erhoben werden, strukturiert zugeordnet werden. Bohrungen bilden damit einen zentralen Bezugspunkt für zahlreiche weitere Daten des Datenmodells.

Der Teilbereich «Grundwasservorkommen» dient der Abbildung hydrogeologischer Einheiten, Grundwasservorkommen, hydrogeologischer Einzugsgebiete sowie relevanter Prozesse und Eigenschaften des Grundwassersystems. Er bildet die fachliche Grundlage für das Verständnis räumlicher Zusammenhänge und hydrogeologischer Wechselwirkungen und ermöglicht die Zuordnung von Mess- und Nutzungsdaten zu den entsprechenden hydrogeologischen Strukturen.

Der Teilbereich «Messung» umfasst alle Elemente zur Beschreibung von Messungen und Versuchen. Er bildet sowohl zeitliche als auch Messungen in Funktion der Tiefe ab und beschreibt Messobjekte, Messparameter, Messeinheiten, Methoden und eingesetzte Instru-

mente. Dadurch werden eine konsistente Erfassung und Auswertung von Messdaten bzw. Versuchen ermöglicht.

Der Teilbereich «Modell» beschreibt unter anderem konzeptuelle und numerische Modelle, deren Struktur, Parameter und Resultate. Er ermöglicht die systematische Verknüpfung von Daten der verschiedenen Teilbereiche mit Modellrechnungen und schafft damit eine Grundlage für Analyse, Simulation und Bewertung bzw. Interpretation unterschiedlicher Nutzungsszenarien oder Eingriffe ins Grundwasser.

Im Teilbereich «Nutzung» werden Grundwassernutzungs- und Anreicherungsanlagen sowie Infrastrukturbauten (z.B. Bauten im Untergrund), welche das Grundwassersystem beeinflussen, beschrieben. Dazu zählen unter anderem Brunnen, Drainagen und gefasste Quellen sowie ihre zugehörigen Nutzungs- und Entnahmedaten.

Punktförmige Objekte wie Bohrungen oder Messstellen werden im Datenmodell direkt über ihre räumlichen Koordinaten beschrieben. Für komplexere Geometrien wie Linien, Flächen oder Volumenkörper – beispielsweise geologische Strukturen oder Grundwasservorkommen – sieht das Datenmodell die Anbindung externer, georeferenzierter Dateien vor. Dies erfolgt über das Attribut «Pfad/URL», welches eine flexible Einbindung von Geodaten erlaubt, ohne das Modell auf ein bestimmtes Geometrieformat oder eine spezifische technische Umsetzung festzulegen.

Insgesamt ist das Datenmodell so konzipiert, dass es grundsätzlich alle hydrogeologischen Daten abdeckt, die für die Nutzung und das Management des Grundwassers relevant sind. Angesichts der fachlichen Vielfalt und der projektspezifischen Ausprägungen kann nicht in jedem Fall sichergestellt werden, dass alle möglichen Detailanforderungen vollständig erfasst sind. Die verwendeten Codelisten (Wertelisten der Attribute) wurden aus den Datentabellen der Beispielprojekte abgeleitet sowie aus anderen Datenmodellen übernommen. Sie wurden bei Bedarf ergänzt oder angepasst und stellen keinen abschliessenden Vorschlag dar. Zusätzliche Anforderungen lassen sich jedoch durch gezielte und überschaubare Erweiterungen oder Anpassungen des bestehenden Modells berücksichtigen. Dies kann unter anderem die Anpassung bzw. Homogenisierung von Codelisten, das Hinzufügen von weiteren benötigten Attributen zu einem Objekt oder die Erstellung von zusätzlichen Objekten/Klassen beinhalten. In diesem Sinne beschreibt dieser Bericht Version 1.0 des Datenmodells. Das Datenmodell ist zusätzlich in einer elektronischen Version im HTML-Format verfügbar.

Teilbereich Bohrung

Dieser Bereich des Datenmodells deckt den Teil "Bohrung" ab. Es werden Daten zu einer Bohrung erfasst, welche die Art der Bohrung und deren Ausbau beschreiben sowie die Verbindung zur Hydrogeologie bilden. Der hier beschriebene Aufbau mit der Kernklasse "Bohrung" und den 3 Unterklassen "Bohrabschnitt", "Ausbau" und "Schicht" sowie ihren jeweiligen Attributen ist an das Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo angelehnt, bzw. Teile der Struktur wurden übernommen. Über die Klasse "Messobjekte" werden die Verbindungen zu Messungen und Versuchen im Bohrloch gezogen. Über die Klasse "Schicht" wird die Verbindung zu Geologie und Hydrogeologie (Klasse Hydrogeologische Einheit) realisiert.

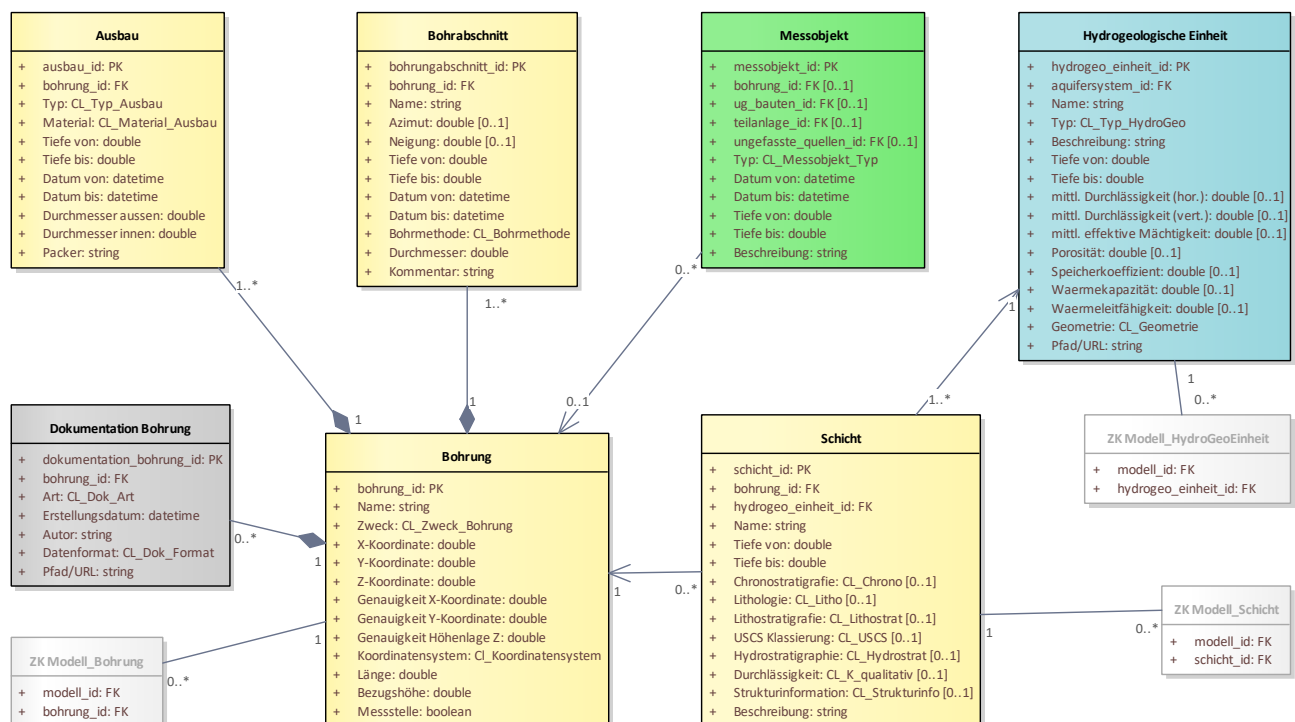


Abbildung 2: Überblick Teilbereich Bohrung

Klasse «Ausbau»

Die Klasse "Ausbau" beschreibt den Ausbau einer Bohrung. Eine Bohrung kann über die Tiefe unterschiedlich ausgebaut sein (und der Ausbau kann mit der Zeit ändern). Das Attribut «Typ» beschreibt die Art des Ausbauabschnitts (offen, Filterrohr, Vollrohr). Die Attribute «Tiefe_von» und «Tiefe_bis» begrenzen den Abschnitt im Bohrloch räumlich. Einer Bohrung können mehrere verschiedene Ausbau-Abschnitte zugeordnet werden. Die Angaben zum Bohrlochausbau liefern wichtige Informationen dazu, welche Bereiche im Untergrund für weiterführende Messungen und Versuche mit der Bohrung erschlossen werden. Ein Ausbau kann sich auf einen bestimmten Zeitraum beschränken (z.B. Packer). Die Codeliste für Typ_Ausbau und Material_Ausbau wurde vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen.

Klasse «Bohrabschnitt»

Die Klasse "Bohrabschnitt" beschreibt einzelne Abschnitte einer Bohrung. Hierbei kann es sich unter anderem um Abschnitte mit unterschiedlichen Bohrdurchmessern, Bohrmethoden oder Bohrwinkeln handeln.

Die Codeliste für Bohrmethode wurde vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen.

Klasse «Bohrung»

Die Klasse "Bohrung" enthält die relevanten Metadaten, um eine Bohrung zu beschreiben. Eine Bohrung kann aus verschiedenen Bohrabschnitten bestehen und unterschiedlich ausgebaut sein (siehe Unterklassen "Bohrabschnitt" und "Ausbau"). In einer Bohrung können beliebig viele Messungen unterschiedlicher Messgrößen mit unterschiedlichen Messmethoden auf unterschiedlichen Höhen durchgeführt werden. Daher sind der Bohrung eine beliebige Anzahl Messobjekte (verschiedene Arten von Proben und Zuständen in verschiedenen Tiefen) zugeordnet. Der Untergrundaufbau in einer Bohrung wird über die Subklasse "Schicht" beschrieben. Jeder Bohrung kann ein Dokument (Beschreibung, Bohrprofil, usw.) zugeordnet werden. Zudem können Bohrdaten, die einer Bohrung zugeordnet werden, in einem Modell verwendet werden.

Die Codeliste für Zweck der Bohrung wurde vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen und ergänzt.

Klasse «Dokumentation Bohrung»

Diese Klasse beschreibt die Dokumentation einer Bohrung.

Klasse «Hydrogeologische Einheit»

Die Klasse "hydrogeologische Einheit" wurde aus dem Datenmodell GroundWaterML2 des Open Geospatial Consortium übernommen und angepasst. Eine hydrogeologische Einheit (Leiter, Stauer oder Geringleiter) fasst beliebig viele aber mindestens eine geologische/lithologische Schicht mit ähnlichen Eigenschaften (z.B. der Durchlässigkeit) in einer Einheit zusammen. Sie wird definiert durch eine räumliche Ausdehnung mit Angaben zu Ober- und Unterkante der Einheit. Über die Klassen «Schicht» und «Bohrung» ist die hydrogeologische Einheit mit den Mess- und Versuchsdaten verbunden. Eine beliebige Kombination von hydrogeologischen Einheiten können ein Aquifersystem bilden.

Klasse «Messobjekt»

Diese Klasse beschreibt ein Messobjekt. Bei einem Messobjekt kann es sich um eine Probe (z.B. Wasser, Feststoff) aus einer gewissen Tiefe oder um einen Zustand (z.B. Grundwasserspiegel, Temperatur, bildgebende Aufnahmen) in einer gewissen Tiefe handeln. Messobjekte können einer Bohrung, einer Teilanlage (z.B. Brunnen) oder einem Einbau im Untergrund (z.B. Erdwärmesonde) zugeordnet werden. An einem Messobjekt kann eine beliebige Anzahl Messungen durchgeführt werden. Die Codeliste für das Attribut "Messobjekt_Typ" wurde vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen und ergänzt.

Klasse «Schicht»

Die Klasse "Schicht" beschreibt den Schichtaufbau in einer Bohrung. Einer Bohrung können beliebig viele Schichten zugeordnet werden. Über die Tiefenzuordnung kann aus mehreren Schichten einer Bohrung ein Bohrprofil erstellt werden. Mehrere Schichten können einer Hydrogeologischen Einheit (Stauer, Leiter, Geringleiter) zugeordnet werden.

Die Codelisten für Chronostratigraphie, Lithologie, Lithostratigraphie, USCS-Klassierung und Strukturinformation wurden vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen.

Klasse «ZK Modell_Bohrung»

Die Zwischenklasse "Modell_Bohrung" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Bohrungen und Nutzungsobjekten können Daten einer bestimmten Bohrung (z.B. Filterstrecke, Koordinaten) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell (Meta)-Daten von beliebig vielen verschiedenen Bohrungen (z.B. Tiefe Bohrung 1, Koordinaten Bohrung 2) verwenden.

Klasse «ZK Modell_HydroGeoEinheit»

Die Zwischenklasse "Modell_HydroGeoEinheit" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen hydrogeologischen Einheiten und Modellen. Zum Beispiel können Daten zu einer bestimmten hydrogeologischen Einheit (z.B. Durchlässigkeit) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell Daten aus beliebig vielen hydrogeologischen Einheiten verwenden.

»Klasse «ZK Modell_Schicht»

Die Zwischenklasse "Modell_Schicht" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen dem Schichten und Modellen. Zum Beispiel können Daten zu einer bestimmten Schicht (z.B. Lithologie) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell Daten aus beliebig vielen Schichten verwenden.

Teilbereich Grundwasservorkommen

Dieser Bereich des Datenmodells deckt den Teil "Grundwasservorkommen" ab, in welchem relevante Daten zur Beschreibung eines Grundwasservorkommens erfasst werden. Über die Klassen "Aquifersysteme" und "Hydrogeologische Einheit" wird die Beziehung eines Grundwasservorkommens zur Hydrogeologie bzw. Geologie beschrieben.

Grundwasservorkommen sind über ein hydrogeologisches Einzugsgebiet an natürliche und künstliche Bilanzkomponenten gebunden. Die Bilanzkomponenten beinhalten Wasser-, Wärme- und Stoffbilanzen. Die Bilanzkomponenten beschreiben zwar keine reinen hydrogeologischen Daten, sind aber relevant für zahlreiche hydrogeologische Fragestellungen. Daher wurden diese im Rahmen des Projekts in das Datenmodell aufgenommen. Die Bilanzkomponenten sind jeweils Teil eines eigenen Datenmodells. Aus diesem Grund werden hier auch keine Werte (z.B. Zeitreihen der GW-Neubildungsrate für eine bestimmte Fläche, oder Temperaturganglinie eines infiltrierenden Oberflächengewässers) für die Bilanzkomponenten definiert. Die Klassen der verschiedenen Bilanzkomponenten dienen als Platzhalter für die Anbindung an die weitergehenden Datenmodelle. Des Weiteren können Grundwasservorkommen durch unterschiedlichste Modelle (hydrogeologische Konzeptmodelle, parametrisierte Volumenmodelle, numerische Strömungs- und Transportmodelle) beschrieben werden. Im Datenmodell sind gefasste und ungefasste Quellen separat beschrieben. Gefasste Quellen werden als technische Anlage angesehen, für welche eine Schutzzone ausgeschieden werden kann/muss und somit an den planerischen Gewässerschutz geknüpft ist. Die gefassten Quellen, GW-Brunnen und Drainagen sind über die Klasse "GW-Teilanlagen" mit einem hydrogeologischen Einzugsgebiet verbunden.



Abbildung 3: Überblick Teilbereich Grundwasservorkommen

Klasse «Aquifersystem»

Die Klasse "Aquifersystem" ist aus dem Datenmodell GroundWaterML2 des Open Geospatial Consortium übernommen. Im einfachsten Fall besteht ein Aquifer aus einer hydrogeologischen Einheit, welche ein Leiter ist. Generell kann ein Aquifersystem aus beliebigen Kombinationen mehrerer hydrogeologischer Einheiten (Stauer, Leiter, Geringleiter) unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung bestehen. Des Weiteren können beliebig viele Grundwasservorkommen in einem Aquifersystem vorkommen.

Klasse «Austausch Oberflächengewässer»

Diese Klasse beschreibt den Austausch zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern. Der Austausch zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem von hydrologischen Bedingungen (Abflüsse, Wasserstände), der Bathymetrie, der Sohldurchlässigkeit eines Gewässers, der Vegetation und der Topografie, und ist zeitlich und örtlich variabel. In einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können beliebig viele Oberflächengewässer vorkommen.

Klasse «Baute im Untergrund»

Diese Klasse beschreibt Bauten im Untergrund. Hierbei kann es sich zum Beispiel um Tunnel, Werkleitungen oder auch Erdwärmesonden handeln. Bauten im Untergrund können in die Bilanz eines hydrogeologischen Einzugsgebiets einfließen. manchen Bauten können beliebig viele Messungen vorgenommen werden. Die Codeliste für die Art der Bauten ist provisorisch und nicht vollständig.

Klasse «Daten Austausch OW»

Diese Klasse beschreibt die nötigen Eingabedaten, um den Austausch zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern zu beschreiben. Die Klasse bildet die Grenze des Datenmodells und kann gegebenenfalls als Schnittstelle zu einem weiteren Datenmodell dienen, welches den Austausch zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern im Detail definiert.

Klasse «Daten Neubildung»

Diese Klasse beschreibt die nötigen Eingabedaten, um die Grundwasserneubildung in einem hydrogeologischen Einzugsgebiet zu beschreiben. Die Klasse bildet die Grenze des Datenmodells und kann gegebenenfalls als Schnittstelle zu einem weiteren Datenmodell dienen, welches die Grundwasserneubildung in einem hydrogeologischen Einzugsgebiet im Detail definiert.

Klasse «Daten Zu/Abfluss EZG»

Diese Klasse beschreibt die nötigen Eingabedaten, um Zu- und Abflüsse eines hydrogeologischen Einzugsgebiets zu beschreiben. Die Klasse bildet die Grenze des Datenmodells und kann gegebenenfalls als Schnittstelle zu einem weiteren Datenmodell dienen, welches die Zu- und Abflüsse eines hydrogeologischen Einzugsgebiets im Detail definiert.

Klasse «Grundwasservorkommen»

Die Klasse Grundwasservorkommen geht grösstenteils aus dem MGDM ID 139.1 "Grundwasservorkommen" des BAFU hervor. In dieser Klasse werden Eigenschaften und Geometrie eines Grundwasservorkommens beschrieben. Ein Grundwasservorkommen kann einem Aquifersystem und einem hydrogeologischen Einzugsgebiet zugeordnet werden. Die Codelisten zu Typ des Leiters, Druck, Mächtigkeit und Überlagerung sind aus dem MGDM "Grundwasservorkommen" entnommen und wurden teilweise ergänzt.

Klasse «GW-Neubildung»

Diese Klasse beschreibt die Grundwasserneubildung. Die Grundwasserneubildung hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem von meteorologischen Bedingungen, der Bodenbeschaffenheit, der Landnutzung, der Vegetation und der Topografie, und ist zeitlich und örtlich variabel. Zudem kann sie mit unterschiedlichen Methoden bestimmt werden. In einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können beliebig viele Flächen mit unterschiedlicher Grundwasserneubildung vorkommen.

Klasse «GW-Teilanlage»

Die Klasse "GW-Teilanlage" beschreibt die verschiedenen Arten von Teilanlagen (Brunnen, Drainagen und gefasste Quellen). Beliebige viele Teilanlagen können einer Grundwasseranlage zugewiesen werden. An Teilanlagen können beliebig viele Messungen vorgenommen werden (über die Zuordnung von Messobjekten). Des Weiteren kann eine Teilanlage in die Bilanz eines hydrogeologischen Einzugsgebiets einfließen. Einer Teilanlage können Dokumente (z.B. Beschreibung, Konzession) angehängt werden.

Klasse «Hydrogeologische Einheit»

Die Klasse "hydrogeologische Einheit" wurde aus dem Datenmodell GroundWaterML2 des Open Geospatial Consortium übernommen und angepasst. Eine hydrogeologische Einheit (Leiter, Stauer oder Geringleiter) fasst beliebig viele aber mindestens eine geologische/lithologische Schicht mit ähnlichen Eigenschaften (z.B. der Durchlässigkeit) in einer Einheit zusammen. Sie wird definiert durch eine räumliche Ausdehnung mit Angaben zu Ober- und Unterkante der Einheit. Über die Klassen «Schicht» und «Bohrung» ist die hydrogeologische Einheit mit den Mess- und Versuchsdaten verbunden. Eine beliebige Kombination von hydrogeologischen Einheiten können ein Aquifersystem bilden.

Klasse «hydrogeologisches Einzugsgebiet»

Diese Klasse beschreibt ein hydrogeologisches Einzugsgebiet. Dieses wird durch eine Geometrie definiert, welche die räumliche Ausdehnung beschreibt. In einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können mehrere Grundwasservorkommen liegen. Einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können die Bilanzkomponenten Grundwasserneubildung, Austausch Oberflächengewässer (Infiltration/Exfiltration), Zu- und Abflüsse an Rändern des Einzugsgebiets, ungefasste Quellen und genutzte Objekte (gefasste Quellen, Grundwasserbrunnen, Drainagen oder andere Bauten im Untergrund) zugeordnet werden.

Klasse «Messobjekt»

Diese Klasse beschreibt ein Messobjekt. Bei einem Messobjekt kann es sich um eine Probe (z.B. Wasser, Feststoff) aus einer gewissen Tiefe oder um einen Zustand (z.B. Grundwasserspiegel, Temperatur, bildgebende Aufnahmen) in einer gewissen Tiefe handeln. Messobjekte können einer Bohrung, einer Teilanlage (z.B. Brunnen) oder einem Einbau im Untergrund (z.B. Erdwärmesonde) zugeordnet werden. An einem Messobjekt kann eine beliebige Anzahl Messungen durchgeführt werden. Die Codeliste für das Attribut "Messobjekt_Typ" wurde vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen und ergänzt.

Klasse «ungefasste Quelle»

Diese Klasse beschreibt ungefasste Quellen. Die Attribute wurden vom MGDM ID 141.1 "Grundwasseraustritte, -fassungen und -anreicherungsanlagen" übernommen und ergänzt. In einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können beliebig viele ungefasste Quellen vorkommen.

Klasse «Zu/Abfluss hydrogeologisches EZG»

Diese Klasse beschreibt die Zu- und Abflüsse eines hydrogeologischen Einzugsgebiets. Die Zu- und Abflüsse hängen, je nach Art, von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem von meteorologischen Bedingungen, der Bodenbeschaffenheit, der Landnutzung, der Vegetation, der Topografie oder der geologischen bzw. hydrogeologischen Struktur, und sind zeitlich und örtlich variabel. In einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können beliebig viele unterschiedliche Zu- und Abflüsse vorhanden sein.

Klasse «ZK Modell_GWVorkommen»

Die Zwischenklasse "Modell_GWVorkommen" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Grundwasservorkommen und Modellen. Zum Beispiel können Daten eines bestimmten Grundwasservorkommens (oder auch das Grundwasservorkommen als Ganzes) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell mehrere Grundwasservorkommen beinhalten bzw. Daten aus mehreren Grundwasservorkommen nutzen.

Klasse «ZK Modell_Aquifersystem»

Die Zwischenklasse "Modell_Aquifersystem" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Aquifersystemen und Modellen. Zum Beispiel können Daten zu einem bestimmten Aquifersystem (z.B. Aufbau des Systems) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell Daten aus beliebig vielen Aquifersystemen verwenden.

Klasse «ZK Modell_HydroGeoEinheit»

Die Zwischenklasse "Modell_HydroGeoEinheit" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen hydrogeologischen Einheiten und Modellen. Zum Beispiel können Daten zu einer bestimmten hydrogeologischen Einheit (z.B. Durchlässigkeit) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell Daten aus beliebig vielen hydrogeologischen Einheiten verwenden.

Teilbereich Messung

Dieser Bereich des Datenmodells deckt den Teil "Messung" ab, in welchem die Daten einer Messung als Einzelmessung/Messreihe (direkt gemessen) oder als Teil eines Versuchs inklusive Auswertung (abgeleitet/interpretiert/berechnet) erfasst werden. Hierbei kann es sich unter anderem um Daten zu Grundwasserdynamik (z.B. Grundwasserstände), Grundwasserbeschaffenheit (z.B. Grundwassertemperatur, Konzentrationen von Spurenelementen), zur Untergrundbeschaffenheit (z.B. Mineralkomposition einer Feststoffprobe) und Geohydraulik (z.B. Durchlässigkeit, Porosität) handeln. Der hier beschriebene Aufbau mit den 9 Klassen und ihren jeweiligen Attributen ist grundsätzlich kompatibel mit dem Open Geospatial Consortium (OGC) Standard "Observations & Measurements". Über die Klasse "Messobjekte" sind Bohrungen, Brunnen, Quellen und weitere Bauten in den Untergrund, an welchen Messungen resp. Versuche und Auswertungen vorgenommen werden können, an Messungen gebunden. Messungen können als Eingabedaten in Modelle dienen. Die vorliegende Datenmodellstruktur dieses Teilbereichs wurde nicht auf geophysikalische Messkampagnen ausgelegt. Um Daten von geophysikalischen Messkampagnen zu beschreiben, muss dieser Teilbereich unter Umständen in einem weiteren Schritt angepasst werden oder um einen neuen Teilbereich erweitert werden. Die Interpretationen von geophysikalischen Messkampagnen können allerdings über die Klasse "Profilschnitt" ins Datenmodell aufgenommen werden.

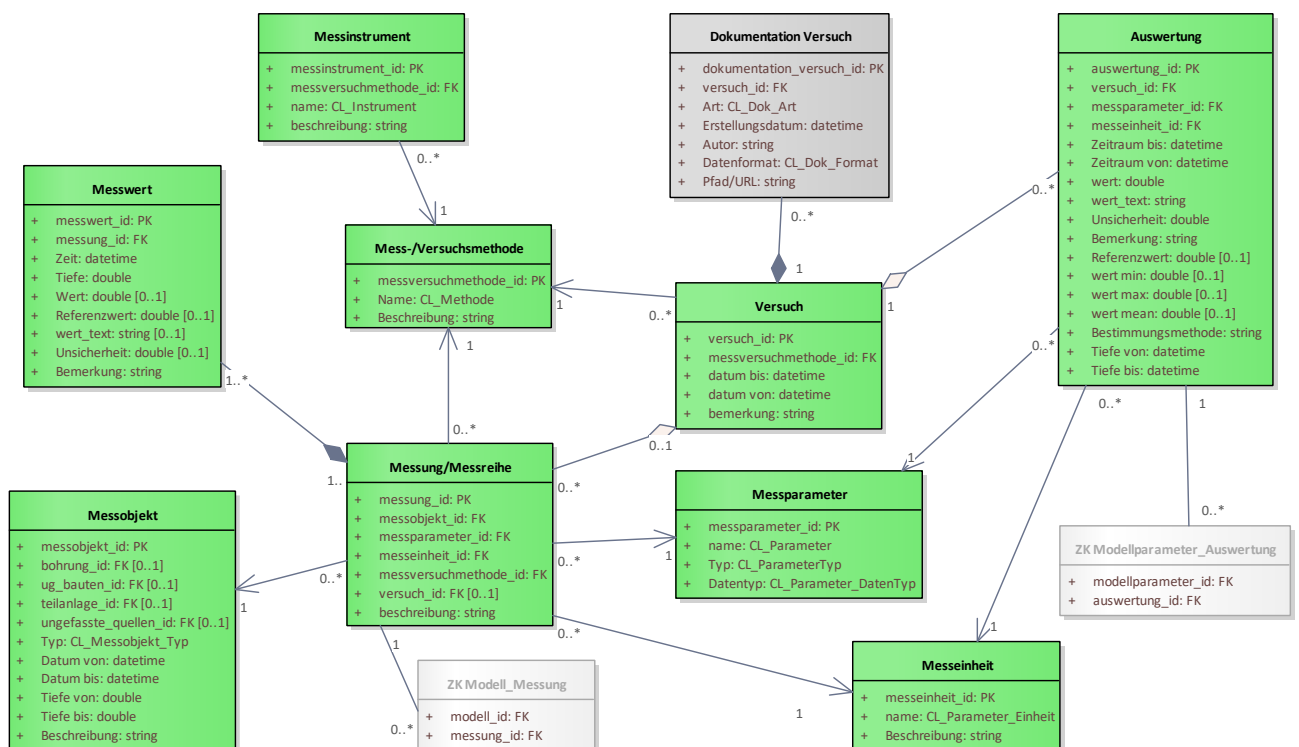


Abbildung 4: Überblick Teilbereich Messung

Klasse «Auswertung»

Diese Klasse beschreibt die Auswertung von Versuchen (z.B. Auswertung eines Pumpversuchs mit Berechnung der hydraulischen Durchlässigkeit). Die Auswertung eines Messparameters ist Teil eines Versuchs. Ein ausgewerteter Parameter kann als Modellparameter verwendet werden.

Klasse «Dokumentation Versuch»

Diese Klasse beschreibt die Dokumentation eines Versuchs.

Klasse «Messeinheit»

Diese Klasse beschreibt die Einheit eines Messparameters.

Klasse «Messinstrument»

Diese Klasse beschreibt die Messinstrumente, welche zu einer Messmethode gehören.

Klasse «Messobjekt»

Diese Klasse beschreibt ein Messobjekt. Bei einem Messobjekt kann es sich um eine Probe (z.B. Wasser, Feststoff) aus einer gewissen Tiefe oder um einen Zustand (z.B. Grundwasserspiegel, Temperatur, bildgebende Aufnahmen) in einer gewissen Tiefe handeln. Messobjekte können einer Bohrung, einer Teilanlage (z.B. Brunnen) oder einem Einbau im Untergrund (z.B. Erdwärmesonde) zugeordnet werden. An einem Messobjekt kann eine beliebige Anzahl Messungen durchgeführt werden. Die Codeliste für das Attribut "Messobjekt_Typ" wurde vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen und ergänzt.

Klasse «Messparameter»

Diese Klasse beschreibt die Parameter, welche gemessen werden. Zu jedem Parameter gehört eine Einheit (Klasse Messeinheit). Einem Messparameter können beliebig viele Messungen oder Auswertungen zugeordnet werden.

Klasse «Messung/Messreihe»

Die Klasse "Messung/Messreihe" beschreibt beliebig viele Messungen, welche einem Messobjekt zugeordnet sind. Diese Klasse ist der Dreh- und Angelpunkt des Bereichs Messung. Einer Messung ist ein Messparameter (Parameter, welcher gemessen wird, z.B. Temperatur) und eine Messmethode (Methode, mit welcher gemessen wurde, z.B. Grundwasserspiegelmessung mit Drucksonde) zugewiesen. Ein Messparameter ist ein direkt gemessener Parameter und wird getrennt von abgeleiteten/berechneten/interpretierten Werten (z.B. K-Wert aus Pumpversuch) behandelt. Eine Messung muss mindestens einen Messwert (numerischer Wert oder Text) besitzen und kann eine Auswertung bzw. Interpretation besitzen. Des Weiteren kann/können eine Messung oder mehrere Messungen Teil eines Versuchs sein.

Klasse «Messwert»

Die Klasse "Messwert" beschreibt die Werte einer Messung. Die Werte können als eine Einzelmessung (z.B. Feststoffprobe), als Zeitreihe (z.B. kontinuierliche Grundwasserspiegelmessung) oder als Messreihe über die Tiefe in einem Bohrloch (z.B. Fluid-Logging) vorliegen.

Klasse «Mess-/Versuchsmethode»

Diese Klasse beschreibt die Methode, mit welcher eine Messung oder ein Versuch durchgeführt wird. Jeder Mess-/Versuchsmethode kann ein Messinstrument (z.B. Temperatursonde) zugeordnet werden.

Klasse «Versuch»

Diese Klasse beschreibt einen Versuch. Einem Versuch wird eine Versuchsmethode (z.B. Pumpversuch) zugewiesen sowie ein Versuchszeitraum definiert («datum_von» und «datum_bis»). Einem Versuch können beliebig viele Messungen unterschiedlicher Parameter (z.B. Grundwasserstand und Förderrate) und/oder unterschiedlicher Messobjekte (z.B. in 3 unterschiedlichen Grundwassermessstellen) zugeordnet sein. Ein Versuch kann beliebig viele Auswertungen besitzen (z.B. hydraulische Durchlässigkeit nach Dupuit/Thiem). Jedem Versuch kann/können eines oder mehrere Dokumente (Beschreibung, Versuchsaufbau, usw.) zugeordnet werden.

Klasse «ZK Modell_Messung»

Die Zwischenklasse "Modell_Messung" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Messungen und Modellen. Zum Beispiel kann eine Grundwasserstandsmessung in beliebig vielen Strömungsmodellen genutzt werden und ein Modell kann auf beliebig viele Grundwasserstandsmessungen zurückgreifen.

Klasse «ZK Modellparameter_Auswertung»

Die Zwischenklasse "Modellparameter_Auswertung" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Versuchsauswertungen und Modellparametern. Ein in einem Versuch ausgewerteter Parameter (z.B. hydraulische Durchlässigkeit) kann in verschiedenen Modellen als Modellparameter verwendet werden und ein Modellparameter kann auf unterschiedliche Arten ausgewertet worden sein.

Teilbereich Modell

Dieser Bereich des Datenmodells deckt den Teil "Modell" ab, in welchem der Datenfluss zwischen verschiedenen Modellen und diversen Ein- und Ausgabeformaten beschrieben ist. Unter Modellen werden sowohl numerische Strömungs-, Stoff- und Wärmetransportmodelle als auch geologische und hydrogeologische (Volumen-)Modelle und Konzeptmodelle verstanden. Die unterschiedlichen Modelle benötigen eine Vielzahl unterschiedlicher Daten unterschiedlicher Herkunft. Über Zwischenklassen (viele zu viele Beziehungen) ist der Teilbereich "Modell" an den Teilbereich "Messung" (d.h. Messungen und Versuchsauswertungen) geknüpft. Somit können Daten aus Messungen (z.B. Wasserstand) oder Versuchen (z.B. K-Wert aus Pumpversuchen) in Modellen bzw. als Modellparameter verwendet werden. Des Weiteren wird mittels Zwischenklassen auch die Verbindung zu Profilschnitten, Kartenwerken und Literatur gemacht. Über die Zwischenklassen "Modell_Schicht", "Modell_HydroGeoEinheit", "Modell_Aquifersystem" wird der Teilbereich an den Untergrund geknüpft. Dadurch können relevante Informationen ausgetauscht (in beide Richtungen) und geologische oder hydrogeologische Modelle erstellt werden. Auf gleiche Art und Weise werden Grundwasservorkommen über die Zwischenklasse "Modell_GWVorkommen" mit einem Modell verbunden. Diese Verbindung ermöglicht die Erstellung von Strömungs- und Transportmodellen. Eine Verbindung zu Objektdaten (z.B. Metadaten einer Bohrung oder Nutzungsdaten einer Trinkwasserversorgung) wird über die Zwischenklassen "Modell_Bohrung", "Modell_GW-Teilanlage", "Modell_BauteUG" hergestellt.

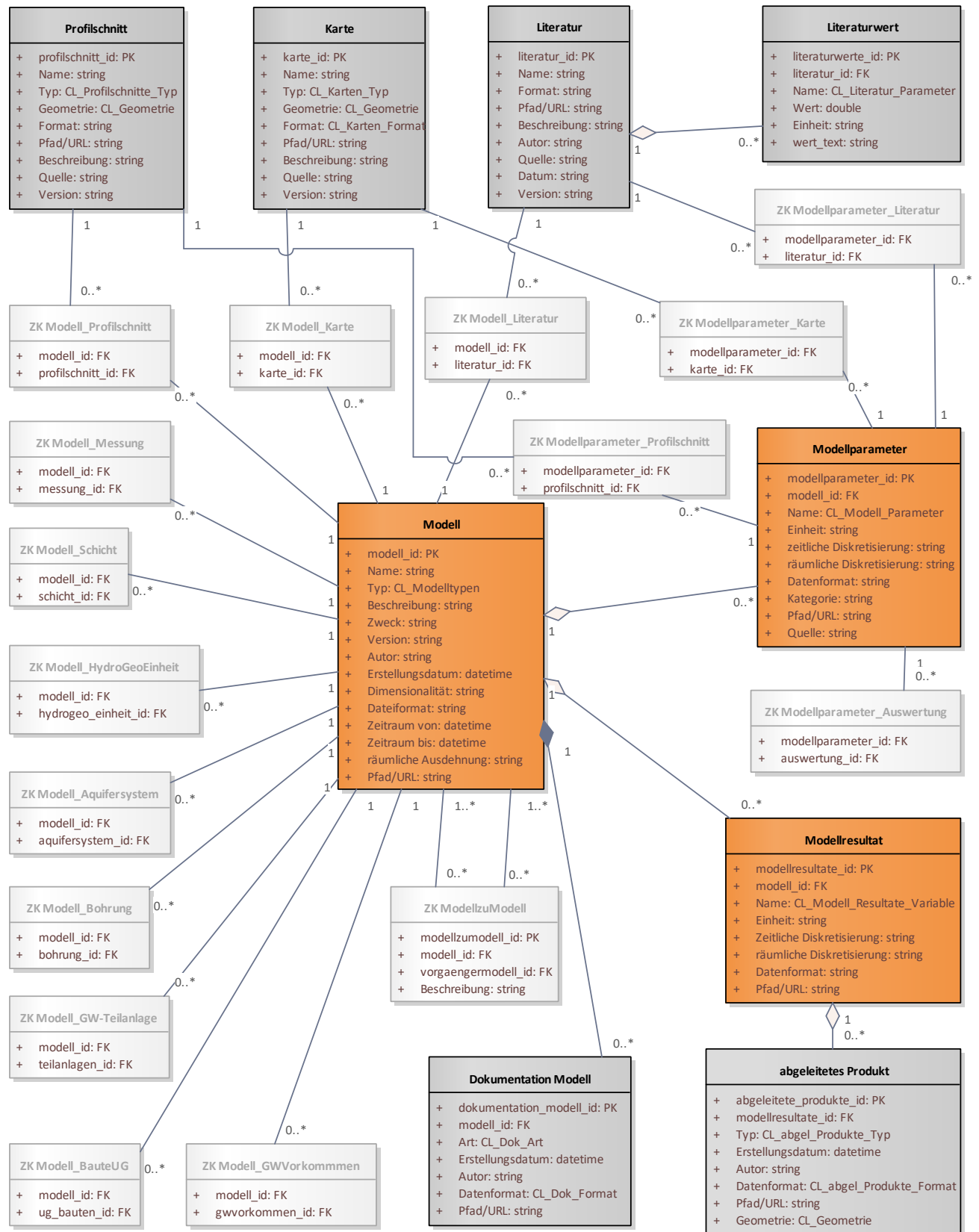


Abbildung 5: Überblick Teilbereich Modell

Klasse «abgeleitetes Produkt»

Diese Klasse beschreibt Produkte, welche aus den Modellresultaten abgeleitet werden können. Aus abgeleiteten Produkten können auch wieder Eingabedaten für weitere Modelle entstehen (z.B. Grundwasserisohypsenkarten).

Klasse «Dokumentation Modell»

Diese Klasse beschreibt die Dokumentation eines Modells.

Klasse «Karte»

Die Klasse "Karte" beschreibt Daten, welche als Kartenwerke vorliegen. Diese können als Grundlage für verschiedene Modelle dienen. Hierbei kann es sich um zum Beispiel geologische Karten, Grundwasserisohypsenkarten oder Karten zur Landnutzung handeln.

Klasse «Literatur»

Die Klasse "Literatur" beschreibt sämtliche Literatur (z.B. Sachbücher, Berichte, Normen), welche relevante Informationen beinhaltet. Jede Literatur kann Literaturwerte enthalten (Klasse "Literaturwert"). Zum Beispiel können der SIA-Norm 546 384/6 "Erdwärmesonden" Werte für die Wärmekapazität verschiedener Festgesteine entnommen werden.

Klasse «Literaturwert»

Die Klasse "Literaturwert" beschreibt die Parameter, welche zum Beispiel in einem Sachbuch zu finden sind.

Klasse «Modell»

Diese Klasse kann verschiedene Typen von Modellen beschreiben. Die Spanne reicht von einfachen Konzeptmodellen über geologische oder hydrogeologische Modelle bis hin zu gekoppelten Grundwasser Strömungsmodellen (Modelltypen). Ein Modell wird zusätzlich zum Modelltyp über die Ausdehnung, die Dimensionalität (2D, 3D) und den Modellzeitraum definiert. Einem Modell können beliebig viele Modellparameter zugeordnet werden. Ein Modell kann beliebig viele unterschiedliche Resultate haben. Eingabedaten ins Modell können unter anderem Informationen bzw. Daten zu Grundwasservorkommen, Aquiferen, geologischen Schichten, aber auch Nutzungsdaten umfassen. Des Weiteren fließen Daten aus Messungen, Karten, Profilschnitten und Literatur in ein Modell ein. Jedem Modell können mehrere Dokumente (z.B. Modellaufbau, Modellkalibrierung, hydrogeologischer Bericht) zugeordnet werden.

Klasse «Modellparameter»

Die Klasse "Modellparameter" beschreibt die Parameter, welche in einem Modell verwendet werden. Die Modellparameter sind über Zwischenklassen an Versuchsauswertungen, Karten, Literatur und Profilschnitte geknüpft. Das Attribut "Pfad/URL" gibt an, wo die Datei der Modellparameter (z.B. Porosität in Volumenelementen oder Sohlenhöhe eines Flusses auf Gitterknoten) abgelegt ist.

Klasse «Modellresultat»

Die Klasse "Modellresultat" beschreibt die Ergebnisse, welche aus einem Modell entnommen werden können. Aus den Modellresultaten können weitere Produkte, wie zum Beispiel Wasserbilanzen in einem Einzugsgebiet, abgeleitet werden (Klasse "abgeleitetes Produkt"). Das Attribut "Pfad/URL" gibt an, wo die Datei der Modellresultate (z.B. kalibrierte Durchlässigkeit in Volumenelementen oder Grundwasserstände auf Gitterknoten) abgelegt ist.

Klasse «Profilschnitt»

Die Klasse "Profilschnitt" beschreibt Daten, welche als zweidimensionale Profilschnitte vorliegen. Diese können als Grundlage für verschiedene Modelle dienen. Hierbei kann es sich zum Beispiel um geologische Schnitte aus der Interpolation von Bohrdaten oder Darstellungen von Resultaten aus geophysikalischen Untergrunderkundungen (Geoelektrik, Seismik, Georadar, Magnetik) handeln.

Klasse «ZK Modell_GWVorkommen»

Die Zwischenklasse "Modell_GWVorkommen" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Grundwasservorkommen und Modellen. Zum Beispiel können Daten eines bestimmten Grundwasservorkommens (oder auch das Grundwasservorkommen als Ganzes) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell mehrere Grundwasservorkommen beinhalten bzw. Daten aus mehreren Grundwasservorkommen nutzen.

Klasse «ZK Modell_Karte»

Die Zwischenklasse "Modell_Karte" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Karten und Modellen. Zum Beispiel kann eine Grundwasserisohypsenkarte in beliebig vielen Strömungsmodellen genutzt werden und ein Modell kann auf beliebig viele Isohypsenkarten zurückgreifen.

Klasse «ZK Modell_Literatur»

Die Zwischenklasse "Modell_Literatur" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Literatur und Modellen. Zum Beispiel kann eine im Sachbuch beschriebene numerische Methode in beliebig vielen Strömungsmodellen genutzt werden und ein Modell kann auf verschiedene numerische Methoden zurückgreifen.

Klasse «ZK Modell_Messung»

Die Zwischenklasse "Modell_Messung" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Messungen und Modellen. Zum Beispiel kann eine Grundwasserstandsmessung in beliebig vielen Strömungsmodellen genutzt werden und ein Modell kann auf beliebig viele Grundwasserstandsmessungen zurückgreifen.

Klasse «ZK Modell_Profilschnitt»

Die Zwischenklasse "Modell_Profilschnitt" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Profilschnitten und Modellen. Zum Beispiel kann ein geologischer Schnitt in beliebig vielen Strömungsmodellen genutzt werden und ein Modell kann auf beliebig viele verschiedene geologische Schnitte zurückgreifen.

Klasse «ZK Modell_BauteUG»

Die Zwischenklasse "Modell_BauteUG" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Bauten im Untergrund und Modellen. Zum Beispiel können Daten einer Erdwärmesonde (z.B. konzessionierte Leistung) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell (Meta)-Daten von beliebig vielen verschiedenen Bauten (z.B. Höhenlage Werkleitung, Koordinaten Erdwärmesonde) verwenden.

Klasse «ZK Modell_Aquifersystem»

Die Zwischenklasse "Modell_Aquifersystem" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Aquifersystemen und Modellen. Zum Beispiel können Daten zu einem bestimmten Aquifersystem (z.B. Aufbau des Systems) in beliebig vielen Modellen verwendet werden und ein Modell kann Daten aus beliebig vielen Aquifersystemen verwenden.

Klasse «ZK Modell_Bohrung»

Die Zwischenklasse "Modell_Bohrung" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Bohrungen und Nutzungsobjekten können Daten einer bestimmten Bohrung (z.B. Filterstrecke, Koordinaten) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell (Meta)-Daten von beliebig vielen verschiedenen Bohrungen (z.B. Tiefe Bohrung 1, Koordinaten Bohrung 2) verwenden.

Klasse «ZK Modell_GW-Teilanlage»

Die Zwischenklasse "Modell_GW-Teilanlage" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen GW-Teilanlagen und Modellen. Zum Beispiel können Daten einem bestimmten Brunnen (z.B. Filterstrecke) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell (Meta)-Daten von beliebig vielen verschiedenen Teilanlagen (z.B. Tiefe Brunnen, Höhenlage Drainage, mittlere Schüttung einer gefassten Quelle) verwenden.

Klasse «ZK Modell_HydroGeoEinheit»

Die Zwischenklasse "Modell_HydroGeoEinheit" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen hydrogeologischen Einheiten und Modellen. Zum Beispiel können Daten zu einer bestimmten hydrogeologischen Einheit (z.B. Durchlässigkeit) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell Daten aus beliebig vielen hydrogeologischen Einheiten verwenden.

Klasse «ZK Modell_Schicht»

Die Zwischenklasse "Modell_Schicht" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen den Schichten und Modellen. Zum Beispiel können Daten zu einer bestimmten Schicht (z.B. Lithologie) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell Daten aus beliebig vielen Schichten verwenden.

Klasse «ZK ModellzuModell»

Die Zwischenklasse "ModellzuModell" beschreibt die Beziehung eines Modells zu einem anderen Modell. Zum Beispiel kann ein Wärmetransportmodell auf einem hydrogeologischen Modell aufgebaut sein.

Klasse «ZK Modellparameter_Auswertung»

Die Zwischenklasse "Modellparameter_Auswertung" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Versuchsauswertungen und Modellparametern. Ein in einem Versuch ausgewerteter Parameter (z.B. hydraulische Durchlässigkeit) kann in verschiedenen Modellen als Modellparameter verwendet werden und ein Modellparameter kann auf unterschiedliche Arten ausgewertet worden sein.

Klasse «ZK Modellparameter_Karte»

Die Zwischenklasse "Modellparameter_Karte" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Karten und Modellparametern. Zum Beispiel kann eine Karte, welche die Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeit abbildet, in beliebig vielen Strömungsmodellen als Eingabe für Modellparameter genutzt werden und ein Modellparameter kann in beliebig vielen Karten dargestellt sein.

Klasse «ZK Modellparameter_Literatur»

Die Zwischenklasse "Modellparameter_Literatur" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Literatur und Modellparametern. Zum Beispiel kann ein Literaturwert (z.B. Durchlässigkeit) in beliebig vielen Strömungsmodellen als Modellparameter genutzt werden und ein Modellparameter kann auf beliebig viele unterschiedliche Literaturwerte zurückgreifen.

Klasse «ZK Modellparameter_Profilschnitt»

Die Zwischenklasse "Modellparameter_Profilschnitt" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Profilschnitten und Modellparametern. Zum Beispiel kann ein Profilschnitt, welcher die Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeit abbildet, in beliebig vielen Strömungsmodellen als Eingabe für Modellparameter genutzt werden und ein Modellparameter kann in beliebig vielen Profilschnitten dargestellt sein.

Teilbereich Nutzung

Dieser Bereich des Datenmodells deckt den Teil "Nutzung" ab, in welchem relevante Daten zur Beschreibung von Untergrund- und Grundwassernutzungen sowie des planerischen Gewässerschutzes erfasst werden. Über die Klasse "Messobjekte" sind Grundwasserbrunnen, Drainagen, gefasste Quellen und Bauten im Untergrund (z.B. Erdwärmesonden) an Messungen gebunden. Des Weiteren können diese als Bilanzkomponenten in einem hydrogeologischen Einzugsgebiet fungieren. Der detaillierte Ausbau von Brunnen, Drainagen und gefassten Quellen wird nicht über den Teilbereich "Bohrung" und die Klasse "Ausbau" beschrieben. Brunnen können einen komplexen Aufbau bzw. Ausbau besitzen, welcher aus Gründen der Einfachheit über das Attribut "Pfad/URL Dokumentation" einer Dokumentation zum Brunnenausbau zugeordnet ist. Es ist möglich, das Datenmodell in einem weiteren Schritt zu erweitern (Verfeinerung der Klasse "Bohrung" und korrekte Verknüpfung der Klasse "Teilanlage" mit der Klasse "Ausbau"), sodass der detaillierte Ausbau von Brunnen, Drainage und Quellen explizit im Datenmodell berücksichtigt wird.



Abbildung 6: Überblick Teilbereich Nutzung

Klasse «Baute im Untergrund»

Diese Klasse beschreibt Bauten im Untergrund. Hierbei kann es sich zum Beispiel um Tunnel, Werkleitungen oder auch Erdwärmesonden handeln. Bauten im Untergrund können in die Bilanz eines hydrogeologischen Einzugsgebiets einfließen. manchen Bauten können beliebig viele Messungen vorgenommen werden. Die Codeliste für die Art der Bauten ist provisorisch und nicht vollständig.

Klasse «Dokumentation Anlage»

Diese Klasse beschreibt die Dokumentation einer Anlage.

Klasse «Dokumentation Teilanlage»

Diese Klasse beschreibt die Dokumentation einer Teilanlage.

Klasse «GW-Anlage»

Diese Klasse beschreibt Anlagen zur Grundwassernutzung. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um eine Kombination von künstlicher Anreicherung des Grundwasserangebots mit (bis zu) mehreren Pumpbrunnen. Der Zweck der Nutzung wird über das Attribut «Nutzungszweck» definiert. Für jede Anlage können die Angaben zur Konzession erfasst werden. Jede Anlage kann aus beliebig vielen Teilanlagen (Brunnen, Drainagen, gefasste Quellen) bestehen. Einer Anlage kann eine Schutzzone zugeordnet sein (Klasse planerischer Gewässerschutz). Einer Anlage können Dokumente (z.B. Beschreibung, Konzession) angehängt werden.

Klasse «GW-Teilanlage»

Die Klasse "GW-Teilanlage" beschreibt die verschiedenen Arten von Teilanlagen (Brunnen, Drainagen und gefasste Quellen). Beliebige viele Teilanlagen können einer Grundwasseranlage zugewiesen werden. An Teilanlagen können beliebig viele Messungen vorgenommen werden (über die Zuordnung von Messobjekten). Des Weiteren kann eine Teilanlage in die Bilanz eines hydrogeologischen Einzugsgebiets einfließen. Einer Teilanlage können Dokumente (z.B. Beschreibung, Konzession) angehängt werden.

Klasse «GW-Brunnen»

Diese Klasse beschreibt Grundwasserbrunnen. Die Beschreibung beinhaltet unter anderem die Art des Brunnens, die Fördermethode, den Nutzungsstand, den Fassungsbereich, die Konzession und die Pumpleistung. Für komplexere Brunnenbauten ist ein Dokument mit detailliertem Aufbau zu hinterlegen. Die Verknüpfung/Verbindung mit einer eventuell vorhandenen Bohrung erfolgt über die Klasse "Messobjekt" oder über den Bohr- resp. Brunnenstandort. Die Attribute wurden vom MGDM ID 141.1 Grundwasseraustritte, -fassungen und -anreicherungsanlagen übernommen und ergänzt mit Attributen aus der Projektanalyse.

Klasse «Drainage»

Diese Klasse beschreibt Drainagen und fasst in einfacher Form die verschiedenen möglichen Arten von Grundwasserableitungen zusammen. Sie beinhaltet diejenigen linienhaften Elemente, an denen der unmittelbare Übertritt des Grundwassers aus dem Untergrund in die Fassungsanlage oder in ein Oberflächengewässer stattfindet. Für komplexere Drainagesysteme ist ein Dokument mit detailliertem Aufbau zu hinterlegen. Die Attribute wurden vom MGDM ID 141.1 Grundwasseraustritte, -fassungen und -anreicherungsanlagen abgeleitet.

Klasse «gefasste Quelle»

Diese Klasse beschreibt die gefassten Quellen. Die Attribute wurden vom MGDM ID 141.1 "Grundwasseraustritte, -fassungen und -anreicherungsanlagen" übernommen und ergänzt.

Klasse «hydrogeologisches Einzugsgebiet»

Diese Klasse beschreibt ein hydrogeologisches Einzugsgebiet. Dieses wird durch eine Geometrie definiert, welche die räumliche Ausdehnung beschreibt. In einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können mehrere Grundwasservorkommen liegen. Einem hydrogeologischen Einzugsgebiet können die Bilanzkomponenten Grundwasserneubildung, Austausch Oberflächengewässer (Infiltration/Exfiltration), Zu- und Abflüsse an Rändern des Einzugsgebiets, ungefasste Quellen und genutzte Objekte (gefasste Quellen, Grundwasserbrunnen, Drainagen oder andere Bauten im Untergrund) zugeordnet werden.

Klasse «Messobjekt»

Diese Klasse beschreibt ein Messobjekt. Bei einem Messobjekt kann es sich um eine Probe (z.B. Wasser, Feststoff) aus einer gewissen Tiefe oder um einen Zustand (z.B. Grundwasserspiegel, Temperatur, bildgebende Aufnahmen) in einer gewissen Tiefe handeln. Messobjekte können einer Bohrung, einer Teilanlage (z.B. Brunnen) oder einem Einbau im Untergrund (z.B. Erdwärmesonde) zugeordnet werden. An einem Messobjekt kann eine beliebige Anzahl Messungen durchgeführt werden. Die Codeliste für das Attribut "Messobjekt_Typ" wurde vom Datenmodell boreholes.swissgeol der swisstopo übernommen und ergänzt.

Klasse «planerischer Gewässerschutz»

Diese Klasse beschreibt den planerischen Gewässerschutz. Der planerische Gewässerschutz kann einer Grundwasseranlage zugeordnet werden. Zum Beispiel können eine oder mehrere Schutzzonen einer Grundwasseranlage zugeordnet sein. Des Weiteren existieren Beziehungen zu hydrogeologischen Einzugsgebieten und Grundwasservorkommen. Allerdings besteht die Schwierigkeit (Flächen können nicht eindeutig zugeordnet werden) diese Beziehungen klar zu definieren. Daher werden diese im vorliegenden Datenmodell nicht beschrieben und müssen in einem weiteren Schritt ausgearbeitet werden.

Klasse «ZK Modell_BauteUG»

Die Zwischenklasse "Modell_BauteUG" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen Bauten im Untergrund und Modellen. Zum Beispiel können Daten einer Erdwärmesonde (z.B. konzessionierte Leistung) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren kann ein Modell (Meta)-Daten von beliebig vielen verschiedenen Bauten (z.B. Höhenlage Werkleitung, Koordinaten Erdwärmesonde) verwenden.

Klasse «ZK Modell_GW-Teilanlage»

Die Zwischenklasse "Modell_GW-Teilanlage" beschreibt m:n (viele zu viele) Beziehungen zwischen GW-Teilanlagen und Modellen. Zum Beispiel können Daten einem bestimmten Brunnen (z.B. Filterstrecke) in beliebig vielen Modellen verwendet werden. Des Weiteren

kann ein Modell (Meta)-Daten von beliebig vielen verschiedenen Teilanlagen (z.B. Tiefe Brunnen, Höhenlage Drainage, mittlere Schüttung einer gefassten Quelle) verwenden.

Anhang

Inhalt

Anhang.....	60
Anhang Teil A.1: Datentabellen Beispielprojekte	61
Anhang Teil A.2: Datenflussdiagramme Beispielprojekte.....	70
Anhang Teil B.1: Gesamtüberblick Datenmodell.....	80
Anhang Teil B.2: Attributtabellen Klassen und Codelisten	82
Teilbereich Bohrung.....	83
Teilbereich Grundwasservorkommen.....	88
Teilbereich Messung.....	94
Teilbereich Modell.....	98
Teilbereich Nutzung	104

Anhang Teil A.1: Datentabellen Beispielprojekte

Tabelle 2: Hydrothermisches Grundwassermodell Rheintal

ID	Kategorie	Parameter/Daten	Gruppierung	Einheiten	zeitliche Auflösung	räumliche Auflösung	Erhebungsart: statistisch/dynamisch/ Probenahme	Quelle, Nr.	Quellen	Erhebungsart: Bestand, erhoben, berechnet, geschätzt	Datenformat	Messmethode (im Projekt erhobene Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte	Datenablage (bezogen auf Erdsystem, wo und wie)	Hürden bei Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung	Auswirkungen auf Projektablauf	
1	Grundlagedaten	Grundwasserströmungsmodell	Grundwasserdynamik		Tageswerte (2013-2017)	2D geseitigt, 475 km ² ,	dynamisch		TK Consult		SPRING Datei		abgeschätzte Unsicherheit bezüglich Lage des Grundwasserspiegels in Randbereichen ±1-5 m, in Talmitte ±0-25m	übernahme der hydraulischen Randbedingungen Exportieren der Modellparameter Exportieren der berechneten Grundwasserstände entlang des Randes des hydrothermischen Grundwassermodells	Randbedingungen: Flächenneubildung durch Niederschlag, Randzufluss, Brunnennutzungen der TW und BW (inkl. thermische Nutzungen), Ganglinie des GW-Stand entlang des Randes des hydrothermischen GW-Modells (Potsential Randbedingung), Parameter: k-Werte, Leakykoeffizienten, Speicherkoefizienten	Spring Daten in Fliesystem des Erhebers, bei Karten?			
2	Zwischenprodukt	Geländeoberkante	Topographie	m ue M.	konstant		statisch	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	Bestand				ungesättigter Bereich (GOK - mittlerer Wasserspiegel) wird in 2.5 m mächtige Schichten (mindestens 2 Schichten) unterteilt (parallel zu GOK).	Modellberkante, Modellschichten				
3	Zwischenprodukt	Grundwasserstand	Hydrostratigraphie	m ue M.	konstant		statisch	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet				gesättigter Bereich (mittlerer GWsp - Stauer) in 2.5m (0-10m) resp. 5m (10-50m) resp. 10m Schichten (50-100m) unterteilt (parallel zu mittlerem GWsp)	Modellunterkante, Modellschichten				
4	Zwischenprodukt	Mittlerer Grundwasserstand	Grundwasserdynamik	m ue M.	konstant		raumlich diskretisiert gemäss Rechennetz Strömungsmodell	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet		Modellwert, resultierend aus Kalibrierung des Strömungsmodells		ungesättigter Bereich (GOK - mittlerer Wasserspiegel) wird in 2.5 m mächtige Schichten (mindestens 2 Schichten) unterteilt (parallel zu GOK), gesättigter Bereich (mittlerer GWsp - Stauer) in 2.5m (0-10m) resp. 5m (10-50m) resp. 10m Schichten (50-100m) unterteilt (parallel zu mittlerem GWsp)	Schichthorizont zwischen gesättigtem und ungesättigtem Bereich, Modellschichten				
5	Zwischenprodukt	Modellschichten	Hydrostratigraphie		konstant			2,3,4		berechnet									
6	Zwischenprodukt	hydraulische Durchlässigkeit	Geohydraulik	m/s	konstant		2D-horizontale diskretisiert zonen?	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet		Modellwert, resultierend aus Kalibrierung des Strömungsmodells		horizontale k-Wert Verteilung wird in die Vertikale projiziert. Für die k-Werte in vertikale Richtung wird ein Anisotropiefaktor von 0.1 angenommen	3D k-Wert Verteilung			Unsicherheit bezüglich vertikaler Durchlässigkeitsverteilung ist gross	
7	Grundlagedaten	Anisotropiefaktor	Geohydraulik	-	konstant		statisch		Erfahrungswert	geschätzt									
8	Zwischenprodukt	hydraulische Durchlässigkeit	Geohydraulik	m/s	konstant		3D-Verteilung: horizontal diskretisiert, vertikal homogen	6,7		berechnet, geschätzt									
9	Zwischenprodukt	Speicherkoefizient	Geohydraulik	-	konstant		homogen		TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet				Modellwert, resultierend aus Kalibrierung des Strömungsmodells					
10	Zwischenprodukt	Flächen-Leakagekoeffizient	Geohydraulik	1/s	konstant		Zonierung	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet				Modellwert, resultierend aus Kalibrierung des Strömungsmodells					
11	Zwischenprodukt	Linien-Leakagekoeffizient	Geohydraulik	m/s	konstant		Zonierung	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet				Modellwert, resultierend aus Kalibrierung des Strömungsmodells					
12	Zwischenprodukt	Gewässernetz (DN10)	Hydrologie	-	konstant, periodisch aktualisiert		alle Gewässer mit mehr als 20 cm Breite sind abgebildet	1	AWE Kl. St.Gallen	berechnet	Vektor (shp)				Geometrie fuer Netgenerierung				
13	Zwischenprodukt	Wasserspiegel der Oberflächengewässer	Hydrologie	m ue M.	konstant und instationär			1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet									
14	Zwischenprodukt	Flächenhafte Neubildung aus Niederschlag	Grundwasserdynamik	mm/Tag?	Tageswerte			1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet									
15	Zwischenprodukt	Randzufluss	Grundwasserdynamik	?				1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet									
16	Zwischenprodukt	Standorte TW und BW	Grundwasser-Wärmennutzung	m / m	konstant		statisch	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	Bestand	Vektor (shp)				Geometrie fuer Netgenerierung, Zuordnung der Randbedingung				
17	Zwischenprodukt	effektive Fordestrate	Grundwasser-Wärmennutzung	m ³ /Tag	konstant und instationär		pro Trink- und Brauchwasserfassung (exklusiv thermische Nutzungen)	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	Bestand									
18	Zwischenprodukt	GW-Stand (Potsential Randbedingung)	Grundwasserdynamik	m ue M.	Tageswerte		berechnet	1	TK Consult, 2D Strömungsmodell	berechnet		Resultierend aus Kalibrierung des Strömungsmodells							
19	Grundlagedaten	Standorte GW-Messstelle	Metadaten Bohrung	m / m	konstant		statisch		Hydrometrie Kl. St. Gallen	Bestand									
20	Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserdynamik	m ue M.	Tagesmittelwerte		dynamisch		Hydrometrie Kl. St. Gallen	Bestand	td	Sonden in GW-Mat							
21	Grundlagedaten	Grundwasserstemperatur	Grundwasserbeschaffe rheil	°C	Tageswerte		dynamisch		Hydrometrie Kl. St. Gallen	Bestand	td	Sonden in GW-Mat	Messstelle unbekannt, Messstelle ist entscheidend fuer Amplitude und Phasenverschiebung der Temperaturangabe	Zeitreihe fuer Modellkalibrierung aufbereiten. Bildung der mittleren Temperatur fuer jede Grundwasseremessstelle um Temperatur der Rand- und Grundwasserzulaesse am Modellrand abzuschätzen	Zeitreihe fuer Modellkalibrierung, Temperatur Randbedingung fuer Modell (Rand- und Grundwasserzulaesse) Stationär	Ungleichmässige räumliche Verteilung der verfügbaren Messstellen	Wichtig fuer Modellkalibrierung, Fehlende Daten		
22	Grundlagedaten	Standorte GW-Messstelle	Metadaten Bohrung	m / m	konstant		statisch		IRR	Bestand	td	Sonden in GW-Mat	Messstelle unbekannt, Messstelle ist entscheidend fuer Amplitude und Phasenverschiebung der Temperaturangabe	Zeitreihe fuer Modellkalibrierung aufbereiten. Bildung der mittleren Temperatur fuer jede Grundwasseremessstelle um Temperatur der Rand- und Grundwasserzulaesse am Modellrand abzuschätzen	Zeitreihe fuer Modellkalibrierung, Temperatur Randbedingung fuer Modell (Rand- und Grundwasserzulaesse) Stationär	Ungleichmässige räumliche Verteilung der verfügbaren Messstellen, Messstelle unbekannt, Zeitliche Verlauf der Temperatur ist abhängig von der Messstelle	Wichtig fuer Modellkalibrierung, Fehlende Daten		
23	Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserdynamik	m ue M.	Tagesmittelwerte		dynamisch		IRR	Bestand	td	Sonden in GW-Mat							
24	Grundlagedaten	Van-Genuchten Parameter	Geohydraulik	$\theta_{sat} - \theta_{res}$, α , n , λ	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	geschätzt									
25	Grundlagedaten	Spezifische Wärme des Wassers	Grundwasserbeschaffe rheil	J/(kg·K)	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
26	Grundlagedaten	Spezifische Wärme der Matrix	Untergrundbeschaffenheit	J/(kg·K)	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
27	Grundlagedaten	Dichte des Wassers	Grundwasserbeschaffe rheil	kg/m ³	temperaturabhängig		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
28	Grundlagedaten	Dichte der Matrix	Untergrundbeschaffenheit	kg/m ³	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
29	Grundlagedaten	Wärmeleitfähigkeit des Wassers	Grundwasserbeschaffe rheil	W/(m·K)	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
30	Grundlagedaten	Wärmeleitfähigkeit der Matrix	Untergrundbeschaffenheit	W/(m·K)	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
31	Grundlagedaten	Longitudinale Dispersivität	Geohydraulik	m	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
32	Grundlagedaten	Transversale Dispersivität	Geohydraulik	m	konstant		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
33	Grundlagedaten	dynamische Fluidviskosität	Grundwasserbeschaffe rheil	kg/(m·s)	temperaturabhängig		homogen		Literaturwert SPRING	Bestand		-				Bericht / SPRING Datei	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
34	Grundlagedaten	Wasser Zonenplan	Landnutzung		konstant, periodisch aktualisiert		statisch		Kl. St. Gallen	Bestand	Vektor (shp)			Unterteilung und Klassierung der Modellfläche nach Grundnutzung	Auscheidung der Siedlungszone (Unerschungsgebiet) unterteilt in Industrie, Wohn- oder Geschäftszone, Klassen fuer Kuehlutzungen (Wohnen/Gewerbe und Industrie)	Keine Angaben zu Nutzungsart			
35	Grundlagedaten	untermirdische Gebäude (Antike Vermessung Ebene Einzelobjekte)	Landnutzung	-	konstant, periodisch aktualisiert		statisch		Kl. St. Gallen	Bestand	Vektor (shp)		keine Angaben zu Gebäude Tiefe und Beschaffenheit (Baujahr, Nutzung...)	In GIS etablieren der einzelnen Gebäudeflächen (Flächen >100m ² unterteilen), Flächenschwerpunkte bestimmen. Mit Konzentration und Literaturrewerten zu Wärmedurchgangskoeffizient, Dispersivität des Wärmetransport in Abhängigkeit der Polygonflächen, des mittleren Flurabstandes und Grundwassergradienten berechnen	Wärmeleitfähigkeit in Gebäudeschwerpunkt, abhängig von Polygonfläche, Flurabstand und Fliesgeschwindigkeit des GW (stationär)	Keine Angaben zu Beschaffenheit der Gebäude (Gebäude Unterkannte, Material, Baujahr, Nutzung...)	Beeinflusst Unsicherheit der Modellaussage, Unsicherheit bezüglich Wärmeertrag durch Gebäude, Gebäude Unterbrechung		
36	Grundlagedaten	Datensatz GDBAUZ (Haupfaktoren der beschiedenen und projektierten Gebäude)	Landnutzung	-	konstant, periodisch aktualisiert		statisch		Kl. St. Gallen	Bestand	Vektor (shp/shp)		keine Angaben zu Gebäude Tiefe und Beschaffenheit (Baujahr, Nutzung...)	In GIS etablieren der einzelnen Gebäudeflächen (Flächen >100m ² unterteilen), Flächenschwerpunkte bestimmen. Mit Konzentration und Literaturrewerten zu Wärmedurchgangskoeffizient, Dispersivität des Wärmetransport in Abhängigkeit der Polygonflächen, des mittleren Flurabstandes und Grundwassergradienten berechnen	Wärmeleitfähigkeit in Gebäudeschwerpunkt, abhängig von Polygonfläche, Flurabstand und Fliesgeschwindigkeit des GW (stationär)	Keine Angaben zu Beschaffenheit der Gebäude (Gebäude Unterkannte, Material, Baujahr...)	Beeinflusst Unsicherheit der Modellaussage, Unsicherheit bezüglich Wärmeertrag durch Gebäude, Gebäude Unterbrechung		
37	Zwischenprodukt	Wärmeeintragsleistung	Landnutzung	W	konstant		punktuell pro Gebäudeflächenschwerpunkt	35,36,37,4,2		berechnet	Vektor			Regionalisierung: aus Messreihen der 4 Stationen mittlere Ganglinie der Lufttemperatur berechnet. Ableitung der Ganglinie der Bodentemperatur aus Lufttemperatur mittels empirischer Formel	Geometrie fuer Netgenerierung, Inputdatei mit zeitlich konstanter Wärmeertragsleistung fuer jeden Gebäudeschwerpunkt (angesetzt 3 m UKT) Bodentemperatur 0.2 m UKT	Berechnung basiert auf Annahmen, dies erhöht Unsicherheit	keine Daten aus Feldmessungen vorhanden		
38	Grundlagedaten	Lufttemperatur 2m	Hydrologie	°C	Tagesmittel (2013-2017)		Punktmessung (4 Stationen)		Meteoschweiz	Bestand	td	Niederschlags-Klimamessstation				Inputdatei fuer hydrothermisches Grundwassermodell	Temperatur Randbedingung Gewässer instationär		
39	Zwischenprodukt	Bodentemperatur	Boden	°C	Tagesmittel (2013-2017)		0.2m UKT, homogen	39		berechnet									
40	Zwischenprodukt	Wasserstemperatur	Hydrologie	°C	Tagesmittel (2013-2017)		Punktmessungen (8 Messstationen)		Hydrometrie Kl. St. Gallen	Bestand									
41	Grundlagedaten	Wasserstemperatur	Hydrologie	°C	Tagesmittel (2013-2017)		Punktmessungen (2 Messstationen)		BÄFU	Bestand	td								
42	Zwischenprodukt	Grundwasserstemperatur	Grundwasserbeschaffe rheil	°C	konstant		Rand und Grundwasserzulaesse Zonierung/ Abschnitte	23,21		berechnet									
43	Grundlagedaten	Geothermische Wärmestromdichte	Untergrundbeschaffenheit	W/m ²	konstant		homogen		Literatur	Bestand									
44	Grundlagedaten	Standorte thermische Entnahme u. Rückgabe	Grundwasser-Wärmennutzung	m / m	konstant		500 Erdenwasserstandorte, 400 Rückgabestandorte	statisch	AWE Kl. St. Gallen	Bestand	td, shp				Umwandlung in andere Einheit?	Inputdatei fuer hydrothermisches Grundwassermodell auf unterster Modellschicht			
45	Grundlagedaten	effektive Fordestrate	Grundwasser-Wärmennutzung	m ³ /Jahr	wenn vorhanden nur Jahreswerte		punktuell pro thermischer Anlage	dynamisch	AWE Kl. St. Gallen	Bestand			keine Angaben						
46	Grundlagedaten	Konzessionsierte Jahresentnahme	Grundwasser-Wärmennutzung	m ³ /Jahr	konstant		punktuell pro thermischer Anlage	statisch	AWE Kl. St. Gallen	Bestand	tdmax								
47	Grundlagedaten	Konzessionsierte installierte thermische Leistung	Grundwasser-Wärmennutzung	kW	konstant		punktuell pro thermischer Anlage	statisch	AWE Kl. St. Gallen	Bestand	tdmax								
48	Grundlagedaten	Nutzungszeit	Grundwasser-Wärmennutzung	Klassen (Heizen, Kuehlen, beides)	konstant		punktuell pro thermischer Anlage	statisch	AWE Kl. St. Gallen	Bestand	tdmax								
49	Grundlagedaten	Leistung der einzelnen Brunnenstandorte	Grundwasser-Wärmennutzung	l/min	konstant		punktuell pro Entnahme-Rückgabestandort	statisch	AWE Kl. St. Gallen	Bestand	tdmax								
50	Zwischenprodukt	Anteil an Jahresentnahme pro Brunnenstandort einer thermischen Anlage	Grundwasser-Wärmennutzung	-	konstant		punktuell pro Entnahme-Rückgabestandort	50		geschätzt	tdmax								
51	Zwischenprodukt	Anteil an Kuehlnutzung pro Anlage	Grundwasser-Wärmennutzung	%	Jahreswerte (oder konstant)		punktuell pro thermischer Anlage	49,35		geschätzt	tdmax								
52	Zwischenprodukt	effektive jährliche Entnahme fuer Heizen und Kuehlen pro Anlage	Grundwasser-Wärmennutzung	m ³ /Jahr	Jahreswerte (oder konstant)		punktuell pro thermischer Anlage	52,46,47		geschätzt	tdmax								
53	Zwischenprodukt	effektive jährliche Entnahme fuer Heizen und Kuehlen pro therm. Entnahme-Rückgabestandort	Grundwasser-Wärmennutzung	m ³ /Jahr	Jahreswerte (oder konstant)		punktuell pro Entnahme-Rückgabestandort	51,53		geschätzt	tdmax								
54	Zwischenprodukt	Nutzungsart Thermische Anlage	Grundwasser-Wärmennutzung	-	konstant		punktuell pro thermischer Anlage	49,35		geschätzt	tdmax								
55	Zwischenprodukt	Lastenprofile thermische Nutzung pro Nutzungsart	Grundwasser-Wärmennutzung	-	Tageswerte		punktuell pro thermischer Anlage	55,59		berechnet									

Tabelle 3: WasserZukunft Klettgau

Hydrogeologische Daten	ID	Kategorie	Parameter/Daten	Gruppierung	Einheiten	zeitliche Auflösung	räumliche Auflösung	Erhebungsart: statisch/dynamisch/Probenahme	Quelle_Nr	Quellen	Erhebungsart: Bestanden/oben/berechnung/chret/geschaeft	Datenformat	Messmethode (im Projekt erhobene Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte	Datenablage (bezogen auf Endprodukt, wo und wie)	Hürden bei Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung	Auswirkungen auf Projektverlauf	
	1	1	Grundlagedaten	Felsoberfläche	Hydrostratigraphie	m ue M	konstant	Kanton Schaffhausen, 10m-Isopyken	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Vektor (shp)			Interpolation in Surfer-Programm, Verschneidung mit Topografie, Ergänzung mit Hilfs-Hoehenlinien und erneute Interpolation	Modellunterkarte	Filesystem		
	1	2	Grundlagedaten	Felsoberfläche	Hydrostratigraphie	m ue M	konstant	Hydrogeologische Karte Blatt Klettgau, 1:25'000, 10m-Isopyken	statisch		Geologisches Landesamt Baden-Wuerttemberg	Bestand	pdf			Digitalisierung in GIS, Interpolation in Surfer-Programm, Verschneidung mit Topografie, Ergänzung mit Hilfs-Hoehenlinien und erneute Interpolation	Modellunterkarte	Filesystem	Isopyken mussten aus pdf-Datei digitalisiert werden	Zeitbedarf
	1	3	Grundlagedaten	Geologische Karte	Hydrostratigraphie		konstant	Geologischer Atlas der Schweiz, Karten 1031, 1051, 1:25'000	statisch		swisstopo, Download	Bestand	Raster (tif)			Digitalisierung Malmkalke aus georeferenzierter Karte	Unterirdisches Einzugsgebiet Karst	online		
	1	4	Grundlagedaten	Geologische Karte	Hydrostratigraphie		konstant	GeoLa GK50, 1:50'000	statisch		Geoportal LGRB	Bestand	Raster (tif)			Digitalisierung Malmkalke aus georeferenzierter Karte	Unterirdisches Einzugsgebiet Karst	Filesystem		
	1	5	Grundlagedaten	Geologisches 3D-Modell	Hydrostratigraphie		konstant	Nordschweiz	statisch		Nagra	Bestand	VRML, shp			Abschätzung seitliche Abflüsse im Malmkalk	Filesystem			
	1	6	Grundlagedaten	Geologische Karte	Hydrostratigraphie		konstant	Klettgau, Talgebiet	statisch		Dr. von Moos AG	erhoben	Vektor (shp)	geologische Karte ergänzt mit Daten aus pers. Erfahrung Hansruedi Graf		Unterteilung in Kachein 500 x 500m	Verzerrung der Grundwasserneubildung	Filesystem	grosser Aufwand	Zeitbedarf, bis zum Vorliegen musste auf die Karte der Erdwaermesondeignung zurückgegriffen werden
	1	7	Grundlagedaten	Eignungskarte Erdwaermesonden	Hydrostratigraphie		konstant	Kanton Schaffhausen	statisch		Geoportal Schaffhausen	Bestand	WMS			Unterteilung in Kachein 500 x 500m	Verzerrung der Grundwasserneubildung	online		
	1	8	Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserndynamik	m ue M	konstant	1m-Grundwasserisopyken	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Vektor (shp)			Interpolation in FEFLOW	Ausgangswert des Grundwasserstandes, minimale Modellunterkarte	Filesystem		
	1	9	Grundlagedaten	Grundwasserkarte	Hydrostratigraphie		konstant	Begrenzung Grundwasserleiter	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Vektor (shp)			Abschneiden von Seitenteilen im GIS, lokale Anpassung	GIS-Layer Modellrand	Filesystem		
	0	10	Grundlagedaten	Hintergrundkarte	Topographie		konstant	Karte 1:25'000	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Raster (tif)			Kartendarstellungen		Filesystem		
	0	11	Grundlagedaten	Digitalis Hoehenmodell	Topographie	m ue M	konstant	0.5 m	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Raster (asc)			Zusammenfügen von Kachein, Interpolation auf Modellknoten in FEFLOW, Interpolation auf Gewässerpunkte, Bestimmung Hangneigung und Höhe im seitlichen Einzugsgebiet im 100m-Raster	Modelloberfläche, Wasserspiegel der Oberflächengewässer, Input fuer Abflussberechnung in den seitlichen Einzugsgebieten	Filesystem		
	0	12	Grundlagedaten	Digitalis Hoehenmodell	Topographie	m NN	konstant	1 m	statisch			Bestand	Raster (xyt)			Koordinatentransformation, Zusammenfügen von Teilstuecken, Interpolation auf Modellknoten in FEFLOW, Interpolation auf Gewässerpunkte, Bestimmung Hangneigung und Höhe im seitlichen Einzugsgebiet im 100m-Raster	Modelloberfläche, Wasserspiegel der Oberflächengewässer, Input fuer Abflussberechnung in den seitlichen Einzugsgebieten	Filesystem		
	0	13	Grundlagedaten	Klimadaten	Hydrologie	verschiedene	Stundenwerte	Stationen Schaffhausen, Traasadingen und Hallau	dynamisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	txt / xlsx			Bestimmung von Tageswerten, Inputdatei fuer Bodenwasserhaushaltsmodell	Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Oberflächenabfluss, Bewässerungsbedarf	Filesystem		
	1	14	Grundlagedaten	Durchlässigkeit	Geohydraulik	m/s	konstant	11 Standorte im Klettgau	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	pdf			Herauslesen aus den Pumpversuchsberichten	Anfangsverteilung der Modelldurchlässigkeit	Filesystem	grosser Aufwand, da nicht digital	Zeitbedarf
	1	15	Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserndynamik	m ue M	Monatswerte	13 Messstellen im Klettgau	dynamisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	txt / xlsx			Integration in Datenbank	Kalibrierungsdatensatz	Datenbank		
	1	16	Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserndynamik	m ue M	Tagesmittelwerte	1 Messstelle im Klettgau	dynamisch		Bundesamt fuer Umwelt	Bestand	txt / xlsx			Integration in Datenbank	Kalibrierungsdatensatz	Datenbank		
	1	17	Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserndynamik	m NN	Wochenwerte	2 Messstellen im Klettgau	dynamisch		LUBW, Download	Bestand	txt / xlsx			Hoehenrechnung, Integration in Datenbank	Kalibrierungsdatensatz	Datenbank		
	1	18	Grundlagedaten	Foerdermenge	Grundwasser-/Waermenutzung	m³	Monatssumme	Trink- und Brauchwasserfassungen Klettgau, Schweizer Teil	dynamisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	txt / xlsx			Integration in Datenbank, Randbedingungsdatei fuer FEFLOW	Modellrandbedingungen	Datenbank		
	1	19	Grundlagedaten	Foerdermenge	Grundwasser-/Waermenutzung	m³	Jahressumme	Trink- und Brauchwasserfassungen Klettgau, Deutscher Teil	dynamisch		Landratsamt Waldshut	Bestand	pdf			uebertag in eine Exceltabelle durch den Kanton Schaffhausen	Modellrandbedingungen	Datenbank		
	1	20	Grundlagedaten	Fassungsstandorte	Grundwasser-/Waermenutzung	m / m	konstant	Trink- und Brauchwasserfassungen Klettgau, Schweizer Teil	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	txt / xlsx			Integration in Datenbank, Randbedingungsdatei fuer FEFLOW	Modellrandbedingungen	Datenbank		
	1	21	Grundlagedaten	Fassungsstandorte	Grundwasser-/Waermenutzung	m / m	konstant	Trink- und Brauchwasserfassungen Klettgau, Deutscher Teil	statisch			Bestand	txt / xlsx			Integration in Datenbank, Randbedingungsdatei fuer FEFLOW	Modellrandbedingungen	Datenbank		
	0	22	Grundlagedaten	Gewässernetz	Hydrologie	m / m	konstant	Linien	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Vektor (shp)	DGM und Gewässernetz stimmen nicht ueberall ueberein		Neudigitalisierung im GIS unter Einbezug des DGM mit groeberer raemlicher Auflösung	Modellnetz	Filesystem	raemliche Auflösung zu fein fuer die Verwendung in Grundwassermodellen	
	0	23	Grundlagedaten	Gewässernetz	Hydrologie	m / m	konstant	Linien	statisch		LUBW, Download	Bestand	Vektor (shp)	DGM und Gewässernetz stimmen nicht ueberall ueberein		Koordinatentransformation, Neudigitalisierung im GIS unter Einbezug des DGM mit groeberer raemlicher Auflösung	Modellnetz	Filesystem	raemliche Auflösung zu fein fuer die Verwendung in Grundwassermodellen	
	0	24	Grundlagedaten	Einzugsgebiete	Hydrologie	m / m	konstant	Polygone	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Vektor (shp)					Filesystem		
	0	25	Grundlagedaten	Einzugsgebiete	Hydrologie	m / m	konstant	Polygone	statisch		LUBW, Download	Bestand	Vektor (shp)					Filesystem		
	1	26	Grundlagedaten	Stammdaten Grundwasseremessstellen	Metadaten Bohrung	m / m / m ue M	konstant	m	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Vektor (shp)			Integration in Datenbank	Kalibrierungsdatensatz	Datenbank		
	1	27	Grundlagedaten	Bohrprofile Grundwasseremessstellen	Untergrundbeschaffenheit		konstant		statisch		Dr. von Moos AG	Bestand	scan			Auslesen der in Pumpversuchen ermittelten Durchlaessigkeiten	Ausgangsdurchlaessigkeiten des Modells	Filesystem	nicht digital	
	1	28	Grundlagedaten	Stammdaten Grundwasseremessstellen	Metadaten Bohrung	m / m / m ue M	konstant	m	statisch		LUBW, Download	Bestand	pdf			Koordinatentransformation, Integration in Datenbank	Kalibrierungsdatensatz	Datenbank		
	0	29	Grundlagedaten	Abfluss	Hydrologie	m³/s	Tagesmittelwerte 2017-2019	3 Messstellen im Klettgau, Schweizer Teil	dynamisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	txt / xlsx				Kalibrierungsdatensatz	Filesystem		
	0	30	Grundlagedaten	Abfluss	Hydrologie	m³/s	Tagesmittelwerte 2008-2016	2 Messstellen im Klettgau, Schweizer Teil	dynamisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	pdf			Spaltenweise digitalisieren mit copypaste	Kalibrierungsdatensatz	Filesystem	hoher Aufwand	
	0	31	Grundlagedaten	Standard Abflussmessstellen	Hydrologie	m / m	konstant	3 Messstellen im Klettgau, Schweizer Teil	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	txt / xlsx				Kalibrierungsdatensatz	Filesystem		
	0	32	Grundlagedaten	Abfluss	Hydrologie	m³/s	Tagesmittelwerte 1999 - 2019	3 Messstellen im Klettgau, Deutscher Teil	dynamisch		LUBW	Bestand	txt / xlsx				Randbedingung Wutach, Kalibrierungsdatensatz	Filesystem		
	0	33	Grundlagedaten	Standard Abflussmessstellen	Hydrologie	m / m	konstant	3 Messstellen im Klettgau, Deutscher Teil	statisch		LUBW	Bestand	txt / xlsx			Koordinatentransformation	Kalibrierungsdatensatz	Filesystem		
	0	34	Grundlagedaten	Bodenkarten	Boden		konstant	Parzellenscharf, Abdeckung ca. 90%	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	Vektor (shp)			Zusammenfügen der Bodenkarten aller Gemeinden zur einer gemeinsamen Karte, Klassierung nach Bodentyp, Grundigkeit aus Bemerkungsfeld extrahieren, Klassierung nach Grundigkeit	Eingabedatei fuer Bodenwasserhaushaltsmodell	Filesystem	hoher Aufwand, da fuer Grundigkeit kein eigenes Feld existiert	
	0	35	Grundlagedaten	versiegelte Flaechen	Landnutzung	m / m	konstant	gesamtes Klettgau	statisch		Interkantonales Labor	Bestand	Vektor (shp)				Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	36	Grundlagedaten	Kulturmix	Landnutzung		konstant	Klettgau, Schweizer Teil, inkl. seitliche Einzugsbereiche	statisch		Kanton Schaffhausen	Bestand	txt / xlsx			Mitbildung Jahre 2014-2019, Zusammenfassung in		Filesystem		
	0	37	Grundlagedaten	Bewässerungsbedarf nach Fuhrer / Smith	Landnutzung	mm/a	Referenz und 3 Klimaszenarien	nach Kulturart	statisch		Agroscope, Download	Bestand	pdf			Zuordnung zu Kulturtyp im Klettgau	Vergleichsdatensatz fuer Bodenwasserhaushaltsmodell	Filesystem		
	0	38	Grundlagedaten	ko-Werte	Landnutzung		3 Stadien im Jahreszyklus	nach Kulturart	statisch		Hochschule Geisenheim, Download	Bestand	pdf			Integration in Software Bodenwasserhaushalt	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	39	Grundlagedaten	Bewässerungsdaten	Landnutzung		Monatlich	nach Kulturart	statisch		Amt fuer Landwirtschaft und Kultur, Kanton Bern, Download	Bestand	pdf				Vergleichsdatensatz fuer Bodenwasserhaushaltsmodell	Filesystem		
	0	40	Grundlagedaten	ko-Werte	Landnutzung		4 Stadien im Jahreszyklus	nach Kulturart	statisch		FAO, Download	Bestand	pdf			Angepasst fuer Schweizer Verhaeltnisse, Integration in Software Bodenwasserhaushalt	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	41	Grundlagedaten	Klimadaten	Hydrologie		Tagesummen, Tagesmittelwerte	2 Stationen im Klettgau, Schweizer Teil	dynamisch		Agrometeo, Download	Bestand	txt / xlsx			Inputdatei fuer Bodenwasserhaushaltsmodell	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	42	Grundlagedaten	Evapotranspiration Eto	Hydrologie	mm/a	Tagesumme	3 Stationen im Klettgau, Schweizer Teil	dynamisch		Meteoschweiz	Bestand	txt / xlsx				Vergleichsdatensatz fuer Bodenwasserhaushaltsmodell	Filesystem	Zeitbedarf und Kosten fuer Bestellung	
	0	43	Grundlagedaten	Niederschlag	Hydrologie	mm/a	Jahressumme 2011 - 2019	6 Stationen im Klettgau und seitlichem Einzugsgebiet	dynamisch		Meteomedia	Bestand	txt / xlsx			statistische Auswertung	Hoehenmodell des Niederschlages	Filesystem	Sehr hohe Kosten	Es konnten nur die Jahreswerte gekauft werden, da die Tageswerte nicht finanzierbar waren. Dies hat eine Ungenauigkeit im Hoehenmodell zur Folge
	0	44	Grundlagedaten	Nutzbarer Bodenspeicher	Boden	mm	konstant	nach Bodentyp	statisch		Agroscope, Download	Bestand	pdf			Integration in Software Bodenwasserhaushalt	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	45	Grundlagedaten	Wurzeltiefe	Landnutzung	mm	konstant	nach Kulturart	statisch		FAO, Download	Bestand	pdf			Angepasst fuer Schweizer Verhaeltnisse, Integration in Software Bodenwasserhaushalt	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	46	Grundlagedaten	Schwellwerte Trockenstress	Landnutzung		konstant	nach Kulturart	statisch		FAO, Download	Bestand	pdf			Angepasst fuer Schweizer Verhaeltnisse, Integration in Software Bodenwasserhaushalt	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	47	Grundlagedaten	Schwellwerte Bewässerungsbedarf	Landnutzung		konstant	nach Kulturart	statisch		FIBL, Ernaehrungswerte	Bestand	pdf			Integration in Software Bodenwasserhaushalt	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	0	48	Grundlagedaten	Klimamodelle CH2018	Hydrologie		Tageswerte 1981 - 2009	2 Stationen, 2 ausgewaehlte Klimamodelle	dynamisch		Meteoschweiz, Download	Bestand	txt / xlsx			Umformattierung, Inputdatei fuer Bodenwasserhaushaltsmodell	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	Filesystem		
	1	49	Zwischenprodukt	Modellrand	Hydrostratigraphie					9										
	1	50	Zwischenprodukt	Modellunterkarte	Hydrostratigraphie				1,2											
	1	51	Zwischenprodukt	Modelloberkarte	Hydrostratigraphie				11,12											
	1	52	Zwischenprodukt	Ausgangswert des Grundwasserstandes	Grundwasserndynamik					8										
	1	53	Zwischenprodukt	Ausgangswert der Modelldurchlässigkeit	Geohydraulik				14,27											
	0	54	Zwischenprodukt	Seitliche Einzugsgebiete	Hydrologie				22,23,24,25											
	0	55	Zwischenprodukt	Karsteinzugsgebiete	Hydrologie				34,5											
	1	56	Zwischenprodukt	Modellnetz	Hydrostratigraphie				20,21,22,23											
	1																			

Tabelle 4: Schutzzonenausscheidung: Grundwasserpumpwerk Gugel

ID	Kategorie	Parameter/Daten	Gruppierung	Einheiten	zeitliche Auflösung	räumliche Auflösung	Erhebungsart: statisch/dynamisch/PV oder andere	Quelle_Nr	Quellen	Erhebungsart: Bestand/Erhebungs- rechnerisch	Datenformat	Messmethode (im Projekt erhobene Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte	Datenablage (bezogen auf Endprodukt, wo und wie)	Huerden bei Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung	Auswirkungen auf Projektfortschritt	
0	1 Grundlagedaten	Ämtliche Vermessung	Landnutzung	-	konstant	Parzellen	statisch		ThurGIS KL Thurgau	Bestand	shp			Übernahme in GIS-Projekt					
0	2 Grundlagedaten	Kfz	Landnutzung	-	konstant		statisch		ThurGIS KL Thurgau	shp				Übernahme in GIS-Projekt					
0	3 Grundlagedaten	Gefahrenkarte	Landnutzung	-	konstant		statisch		ThurGIS KL Thurgau	shp				Übernahme in GIS-Projekt					
0	4 Grundlagedaten	Leitungs- und Strassenwassersektorkataster	Landnutzung	-	konstant		statisch		ThurGIS KL Thurgau	shp, scans				Übernahme in GIS-Projekt					
1	5 Grundlagedaten	Grundwasserkarte	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	Thurteil	statisch		ThurGIS KL Thurgau	Bestand	shp			Übernahme in GIS-Projekt					
1	6 Grundlagedaten	Bohrprofile	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	Brunnenstandort, bis in rund 20 m Tiefe	statisch		Buechi + Mueller AG 1988	Bestand	Beicht, Zeichnung			Interpretation	Lithostaltigraphie am Standort, UK Scholler, lokale geologische Struktur				
1	7 Grundlagedaten	Bohrprofile	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	Aufschlussbohrung	statisch		ThurGIS KL Thurgau	Bestand				Interpretation	Lithostaltigraphie am Standort, UK Scholler, lokale geologische Struktur				
1	8 Grundlagedaten	Bohrprofile	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	3 Bohrungen, bis in 13-24m Tiefe	statisch		CSD 2007	Bestand	Beicht			Interpretation	Lithostaltigraphie in Projektgebiet, Hinweise auf hydraulische Durchlässigkeit und praefertmentelle Flieswege, Standorte Messstellen				
1	9 Grundlagedaten	Bohrprofile	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	3 Bohrungen, bis in 9.2 - 10.2 m Tiefe	statisch		Meier + Partner AG 2011	Bestand	Beicht			Interpretation	Lithostaltigraphie in Projektgebiet, lokale geologische Struktur, Hinweise auf hydraulische Durchlässigkeit, Standorte Messstellen				
1	10 Grundlagedaten	Grundwasserstreuungsmodell (2020)	Grundwasserdynamik	-	Tageswerte (1995-2020)	20 70 km ²			Simultec AG	Bestand	fem Datei			Modellüberprüfung anhand PV 1964: Flusswegberechnungen	untere Begrenzung des Thurteilschoters (JK Scholler) im Unterzugsgebiet (lokale geologische Strukturen). Planung/Konzept Pump- und Faerbtversuch (Tracer Eingabestellen), Flieswege, Flieszeiten				
1	11 Zwischenprodukt	Flieswege	Grundwasserdynamik	-				10,15,16,20		berechnet	shp	modifizierten Verfahren der Flusswegberechnung nach Cordes & Kinzelbach			Darstellung der rückwärts gerechneten Flieswege				
1	12 Zwischenprodukt	Flieszeiten	Grundwasserdynamik	-	Tage			10,15,16,20		berechnet	shp	modifizierten Verfahren der Flusswegberechnung nach Cordes & Kinzelbach			10-Tages und 20-Tages Isochronen	Standorte fuer Tracer Einimpfstellen			
1	13 Zwischenprodukt	Grundwasserstauer	Hydrostratigraphie	m ue. M.	konstant	1 m isolinien, Ausdehnung Regionalmodell	statisch	10		geschätzt	shp				lokale geologische Rinnensstruktur				
1	14 Zwischenprodukt	lokale geologische Struktur	Hydrostratigraphie	-	konstant		statisch	6,7,8,13		Bestand	Beicht				geologisches Modell/Modellvorstellung				
1	15 Grundlagedaten	Feederkarte	Grundwasser-Wärmemenge	m ³ /Tag	1964	in Fassung Gugel1 und Gugel2			Buechi + Mueller AG 1988	Bestand	Beicht				Kontroll-Plausibilitätswerte				
1	16 Grundlagedaten	Grundwasserabsenkung	Grundwasserdynamik	m	? (1964)	Beobachtungs-Piezometer			Buechi + Mueller AG 1988	Bestand	Beicht				Kontroll-Plausibilitätswerte				
1	17 Grundlagedaten	Transmissivität	Geohydraulik	m ² /s	konstant				Buechi + Mueller AG 1988	Bestand	Beicht				Kontroll-Plausibilitätswerte				
1	18 Grundlagedaten	hydraulische Durchlässigkeit	Geohydraulik	m/s	konstant	Gebiets-k-Wert			Buechi + Mueller AG 1988	Bestand	Beicht				Kontroll-Plausibilitätswerte				
1	19 Grundlagedaten	Speicherkoefizient	Geohydraulik	-	konstant				Buechi + Mueller AG 1988	Bestand	Beicht				Kontroll-Plausibilitätswerte				
1	20 Grundlagedaten	Abstands-geschwindigkeit	Grundwasserdynamik	m/Tag	konstant				Buechi + Mueller AG 1988	Bestand	Beicht				Kontroll-Plausibilitätswerte				
1	21 Grundlagedaten	Standorte TV	Grundwasser-Wärmemenge	m / m	konstant	Fassungen Gugel1 und Gugel2	statisch		Trinkwasserversorger RVM	Bestand									
1	22 Grundlagedaten	konzeptionelle Jahresentnahme	Grundwasser-Wärmemenge	m ³ /Jahr	konstant	PW Gugel	statisch		Trinkwasserversorger RVM	Bestand									
1	23 Grundlagedaten	konzeptionelle Förderrate	Grundwasser-Wärmemenge	m ³ /Tag	konstant	PW Gugel	statisch		Trinkwasserversorger RVM	Bestand									
1	24 Zwischenprodukt	Förderregime Schutzzonenausscheidung	Grundwasser-Wärmemenge	m ³ /Tag	Tageswerte (über einen Monat)	in Fassung Gugel1 und Gugel2	geschätzt	23,22							Förderregime zur Schutzzonenausscheidung				
1	25 Grundlagedaten	effektive Förderrate	Grundwasser-Wärmemenge	m ³ /Tag	Tageswerte (1999-2020)	PW Gugel	dynamisch		Trinkwasserversorger RVM	Bestand	txt			bilden von Jahressummen, Monatssummen und Tagessummen, Ganglinien zeichnen, Trendanalyse					
1	26 Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserdynamik	-	m ue. M. 15 min (2017-2020)	in Fassung Gugel1 und Gugel2	dynamisch		Trinkwasserversorger RVM	Bestand	txt		Nachvermessung vom 3.1.2021 zeigen, dass Messwerte von Gugel 1 um 9 cm zu tief und Gugel 2 um 88 cm zu hoch aufgeschrieben wurden		Darstellen des Grundwasserstands in Funktion der Zeit	Grundwasserstandsganglinien			
1	27 Grundlagedaten	Grundwasserstemperatur	Grundwasserbeschaffenheit	°C	15 min (2018-2020)	in Fassung Gugel1 und Gugel2	dynamisch		Trinkwasserversorger RVM	Bestand	txt								
1	28 Grundlagedaten	el. Leitfähigkeit	Grundwasserbeschaffenheit	µS/cm	15 min (2018-2020)	in Fassung Gugel2	dynamisch		Trinkwasserversorger RVM	Bestand	txt								
1	29 Grundlagedaten	Mikrobiologie	Grundwasserbeschaffenheit	-	30-Tage (2009 - 2019)	in Fassung Gugel1 und Gugel2	Probenahme		AU KL TG	Bestand	xlsx				Trendanalyse, statistische Auswertung des Zeitraums 6.1.2009-12.12.2019 (Min. Max und Median); Vergleich mit den Anforderungen an Trinkwasserqualität (Grenzwertüberschreitungen)	Ausscheidung des Fassungs-einzugsgebietes, Identifikation von Anthropogenen Einflüssen und Verschmutzungsquellen		erhöhte Keimzahlen in Gugel2 erfordern ein Monitoring	
1	30 Grundlagedaten	Mineralische Bestandteile	Grundwasserbeschaffenheit	-	3-monatlich (2009 - 2019)	in Fassung Gugel1 und Gugel2	Probenahme		AU KL TG	Bestand	xlsx				Trendanalyse, statistische Auswertung des Zeitraums 6.1.2009-12.12.2019 (Min. Max und Median); Vergleich mit den Anforderungen an Trinkwasserqualität (Grenzwertüberschreitungen)	Ausscheidung des Fassungs-einzugsgebietes, Identifikation von Anthropogenen Einflüssen und Verschmutzungsquellen			
1	31 Grundlagedaten	Physiko-chemische Parameter	Grundwasserbeschaffenheit	-	3-monatlich (2009 - 2019)	in Fassung Gugel1 und Gugel2	Probenahme		AU KL TG	Bestand	xlsx				Trendanalyse, statistische Auswertung des Zeitraums 6.1.2009-12.12.2019 (Min. Max und Median); Vergleich mit den Anforderungen an Trinkwasserqualität (Grenzwertüberschreitungen)	Ausscheidung des Fassungs-einzugsgebietes, Identifikation von Anthropogenen Einflüssen und Verschmutzungsquellen			
1	32 Grundlagedaten	Summenparameter	Grundwasserbeschaffenheit	-	3-monatlich (2009 - 2019)	in Fassung Gugel1 und Gugel2	Probenahme		AU KL TG	Bestand	xlsx				Trendanalyse, statistische Auswertung des Zeitraums 6.1.2009-12.12.2019 (Min. Max und Median); Vergleich mit den Anforderungen an Trinkwasserqualität (Grenzwertüberschreitungen)	Ausscheidung des Fassungs-einzugsgebietes, Identifikation von Anthropogenen Einflüssen und Verschmutzungsquellen			
0	33 Grundlagedaten	Belastungsquelle fuer Keimzahlen und Nitrat	Landnutzung	-	konstant	in Fassung Gugel2	dynamisch		Unimo GmbH	bestand					Identifikation von Anthropogenen Einflüssen und Verschmutzungsquellen				
1	34 Grundlagedaten	Spurenstoffe	Grundwasserbeschaffenheit	-	3-monatlich 2017 - 2019	Fassung Gugel1	Probenahme		AU KL TG, NAQUA (BAFU)	bestand	xlsx				Trendanalyse, statistische Auswertung des Zeitraums 2017-2019. Vergleich mit den Anforderungen an Trinkwasserqualität/Gewässerschutzverordnung (Grenzwertüberschreitungen)	Ausscheidung des Fassungs-einzugsgebietes, Identifikation von Anthropogenen Einflüssen und Verschmutzungsquellen			
0	35 Grundlagedaten	Thurabfluss	Hydrologie	m ³ /s	1h (Mai - Juni 2021)	Abflussmessstelle Thur Halden	dynamisch		BAFU	bestand	txt				Einordnung der hydrologischen Situation während PV21 und Faerbtversuch				
0	36 Grundlagedaten	Niederschlag	Hydrologie	mm/Tag	1-Tag (Mai - Juni 2021)		dynamisch			bestand					Einordnung der hydrologischen/klimatischen Situation während PV21 und Faerbtversuch				
1	37 Zwischenprodukt	Förderregime Pumpversuch	Grundwasser-Wärmemenge	m ³ /Tag	Während 2 Monaten (Mai-Juni 2021) 2 Stufen	in Fassungen Gugel1 und Gugel2	dynamisch	21,22,23	Dr. Roland Wyss	erhoben		Lastenpumpversuch mit 2 Stufen während rund 2 Monaten, Grundwasserstands-messung in 5 Grundwassermessstellen plus Fassungen Gugel1 und Gugel2 mit Logger, el. Leitfähigkeit und Temperaturmessungen 3 GW-Messstellen plus Thur			Aufzeichnen der Förderrate in Funktion der Zeit				
1	38 Grundlagedaten	Standorte GW-Messstellen	Metadaten Bohrung	m / m	konstant	5 GW-Messstellen	statisch		CSD 2007, Meier + Partner AG 2011, AU Thurgau	Bestand		Lastenpumpversuch mit 2 Stufen während rund 2 Monaten, Grundwasserstands-messung in 5 Grundwassermessstellen plus Fassungen Gugel1 und Gugel2 mit Logger, el. Leitfähigkeit und Temperaturmessungen 3 GW-Messstellen plus Thur							
1	39 Grundlagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserdynamik	m ue. M.	kontinuierlich (Mai-Juni 2021)	in 5 Grundwassermessstellen	dynamisch	38	Dr. Roland Wyss / Unimo GmbH	erhoben		Datenlogger während Pumpversuch			Darstellen des Grundwasserstands in Funktion der Zeit. Trendbeurteilung (mit Hilfe einer unbefüllten Messstelle in der Nähe) Bestimmung Darstellung der Absenkung in Funktion der Zeit und Fördermenge. Anstieg in Funktion der Zeit, Auswertung nach Theis/Jacob und Hantush	Grundwasserstandsgänge in den 5 Messstellen und den beiden Fassungen, Transmissivität, hydraulische Durchlässigkeit, Speicherkoefizient (nutzbare Porosität), Streuungsrichtung			
1	40 Grundlagedaten	el. Leitfähigkeit	Grundwasserbeschaffenheit	µS/cm	kontinuierlich (Mai-Juni 2021)	3 Grundwassermessstellen, in Thur	dynamisch	38	Unimo GmbH	erhoben		Datenlogger während Pumpversuch			Darstellen der el. Leitfähigkeit in Funktion der Zeit.				
1	41 Grundlagedaten	Temperatur	Grundwasserbeschaffenheit	°C	kontinuierlich (Mai-Juni 2021)	4 Grundwassermessstellen, in Thur	dynamisch	38	Unimo GmbH	erhoben		Datenlogger während Pumpversuch			Darstellen der Temperatur in Funktion der Zeit.				
1	42 Zwischenprodukt	Transmissivität	Geohydraulik	m ² /s	konstant	5 Grundwassermessstellen, Fassung Gugel1 und Gugel2	dynamisch	39,38,37	Dr. Roland Wyss	berechnet		Auswertung Pumpversuch nach Theis/Jacob und Hantush			Mitbildung über alle 7 Messpunkte. Vergleich mit historischen Daten	mittlere Transmissivität			
1	43 Zwischenprodukt	hydraulische Durchlässigkeit	Geohydraulik	m/s	konstant	5 Grundwassermessstellen, Fassung Gugel1 und Gugel2	dynamisch	39,38,37	Dr. Roland Wyss	berechnet		Auswertung Pumpversuch nach Theis/Jacob und Hantush			Mitbildung über alle 7 Messpunkte. Vergleich mit historischen Daten	mittlere Durchlässigkeit (Gebietsdurchlässigkeit)			
1	44 Zwischenprodukt	Speicherkoefizient	Geohydraulik	-	konstant	5 Grundwassermessstellen, Fassung Gugel1 und Gugel2	dynamisch	39,38,37	Dr. Roland Wyss	berechnet		Auswertung Pumpversuch nach Theis/Jacob und Hantush			Mitbildung über alle 7 Messpunkte. Vergleich mit historischen Daten	mittlerer Speicherkoefizient			
0	45 Zwischenprodukt	Tracereingabestellen	-	m / m	konstant	5 Tracereingabestellen (Bagger-schilde)	statisch	11,12		erhoben		Impfzellen bestimmt mit Flusswegberechnung basierend auf Grundwasserströmungsmodell. Eingabe der Fluoreszenztracere (Uranin, Eosin, Sulfonhämoglobin B, Sulfonhämoglobin G Tropanol) 4 Tage nach Beginn des PV in Bagger-schilde 1-2 in unterer GW-Schicht, Eingabestelle an zu erwartender 10-Tagesgrenze (gemäss GW-Modell). Messen der Tracer in den Fassungen Gugel1 und Gugel2							
1	46 Grundlagedaten	Tracer-Konzentration	Grundwasserbeschaffenheit	ng/l (ppb)	1. Woche: 2 mal täglich, 2. Woche: 1 mal täglich, 3. Woche: 2-Tage, 4. Woche: 2 mal wöchentlich, 5.-13. Woche: 1 mal wöchentlich	in Fassungen Gugel1 und Gugel2	Probenahme	21	NanoTrace Technologies / Dr. Roland Wyss	erhoben		Tracerversuch: Messen der 5 Tracer in den Fassungen Gugel1 und Gugel2	+/-5%		Erstellen einer Durchgangskurve der Farbstoffe (Farbstoffkonzentration in Abhängigkeit der Zeit nach Eingabe) Abgrenzen des Einzugsbereichs/Strömungsrichtung aufgrund des Nicht-Eintrittens/Eintrittens der verschiedenen Tracer. Bestimmen der Eintrittszeit, und der Zeit des maximalen Konzentrationspeak (=dominierende Verweilzeit)	maximale und dominierende Abstands-geschwindigkeit	Fliesystem des Projekterfassers		
1	47 Zwischenprodukt	Zustromrichtung	Grundwasserdynamik	-				46,39		berechnet		Abgrenzen des Einzugsbereichs/Strömungsrichtung aufgrund des Nicht-Eintrittens/Eintrittens der verschiedenen Tracer					Fliesystem des Projekterfassers		
1	48 Zwischenprodukt	Maximale Abstands-geschwindigkeit	Grundwasserdynamik	m/Tag				46,45,21		berechnet		Zeit bis Eintritt des Tracer					Fliesystem des Projekterfassers		
1	49 Zwischenprodukt	Dominierende Abstands-geschwindigkeit	Grundwasserdynamik	m/Tag				46,45,21		berechnet		Zeit bis maximale Konzentration der verschiedenen Tracer					Fliesystem des Projekterfassers		
1	50 Grundlagedaten	Grundwasserstreuungsmodell (2021)	Grundwasserdynamik	-	Tageswerte (2011-2021)	20, 70 km ²			Simultec AG	Bestand	fem Datei				Nachkalibrierung des bestehenden Strömungsmodells (2021): Nachbildung der gemessenen Grundwasserstandsgänge während des PV und Nachbildung der Flieswege und Flieszeiten des Faerbtversuchs, Anpassen der lokalen k-Werte	Nachkalibriertes Strömungsmodell anhand PV 21 und Faerbtversuch mit angepasster Durchlässigkeitsverteilung			
1	51 Zwischenprodukt	Grundwasserstreuungsmodell (PV21)	Grundwasserdynamik	-	Tageswerte (2019-2021)	20, 70 km ²				berechnet	fem Datei	Nachbildung der gemessenen Grundwasserstandsgänge während des PV und Nachbildung der Flieswege und Flieszeiten des Faerbtversuchs, Anpassen der lokalen k-Werte			Flieswege und Flieszeiten fuer konzeptionierte Förderrate	Fliesystem des Projektmittelrassers			
1	52 Zwischenprodukt	Flieswege	Grundwasserdynamik	-				51,24	Simultec AG	berechnet	shp	modifizierten Verfahren der Flusswegberechnung nach Cordes & Kinzelbach			Darstellung der rückwärts gerechneten Flieswege				
1	53 Zwischenprodukt	Flieszeiten	Grundwasserdynamik	-	Tage			51,24	Simultec AG	berechnet	shp	modifizierten Verfahren der Flusswegberechnung nach Cordes & Kinzelbach			10-Tages und 20-Tages Isochronen	theoretische Abgrenzung des Schutzzone S2			
1	54 Endprodukt	Hydrogeologischer Bericht	-	-				5,14,17,18, 19,25,26,27, 28,29,30,31, 1,32,33,34, 35,36,42,43, 44,47,48,49, 52,53, 53,48,49,52, 1	Dr. Roland Wyss	txt						Kanton Thurgau, Fliesystem des Projekterfassers			
0	55 Endprodukt	Abgrenzung der Schutzzonen (S1, S2, S3)	-	-				3,1,2,4,29,30, 31,32,33, 34	Dr. Roland Wyss	geschätzt	shp,txt	Basierend auf der Flusswegberechnung mit dem Grundwassermodell und den Resultaten aus dem Faerbtversuch erfolgt die Abgrenzung S2 (mindestfließzeit bis zur Fassung beträgt 10 Tage)					Kanton Thurgau, Fliesystem des Projekterfassers		
0	56 Endprodukt	Gefahrenkataster, Konfliktplan	-	-					Dr. Roland Wyss	erhoben	txt						Kanton Thurgau, Fliesystem des Projekterfassers		

Tabelle 5: Geothermische Exploration Montagny

ID	Angabe	Parameter/Daten	Gruppierung	Erhalten	zeitliche Auflösung	räumliche Auflösung	Erhebungsort Messung/Instrument	Quelle, Nr.	Qualität	Erhebungsort Beobachtungsstelle	Datenumfang	Messmethode (im Projektionstabelle Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte	Datennutzen (bezogen auf Endprodukt, wo und wie)	Fluxdaten bei Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung	Auswirkungen auf Projektfortschritt
1	1	Grundgeol.	2D seismische Linie	Hydrostratigraphie	-	-	Erfolg der geplanten Bohrung	-	-	HQS	-	-	grösse Unsicherheit hinsichtlich des Vorhandenseins der Verwerfung Essert-1-Verwerfung Essert-Verwerfung scheint geklappt, was die Bruchzone, auf Höhe des angestrebten Reservoirs nach Süden verschoben	Neupreparation durch HQE im 2022	entsprechende Festlegung des Bohrstandortes, und Bruchrichtung Veränderung Richtung Südosten um ein kleinlich nachgewiesenen Bruchstrecke (jetzt durch Teil der Oberfläche des Massivs (der Seite))	-	-	Anpassung der ursprünglichen Bohrung Veränderung Richtung Südosten um ein kleinlich nachgewiesenen Bruchstrecke (jetzt durch Teil der Oberfläche des Massivs (der Seite))
1	2	Zwischenprodukt	Bohrung Trepanage-1	Hydrostratigraphie	-	konstant	GW-System Süd	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	3	Grundgeol.	Bohrung 14-F2	Hydrostratigraphie	-	konstant	GW-System Nord	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	4	Grundgeol.	Bohrung la Grave-1 (Alma), Nördl.1	Hydrostratigraphie	-	konstant	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	5	Grundgeol.	Wasserdruck	Grundwasserhydrologie	m	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	6	Grundgeol.	Wasserdruck	Grundwasserhydrologie	bar	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	7	Grundgeol.	Quellwasser	Grundwasserhydrologie	m	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	8	Grundgeol.	el. Leitfähigkeit	Grundwasserbeschaffenheit	µS/cm	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	9	Grundgeol.	Calcium Konzentration	Grundwasserbeschaffenheit	-	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	10	Grundgeol.	Magnesium Konzentration	Grundwasserbeschaffenheit	-	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	11	Grundgeol.	Natrium Konzentration	Grundwasserbeschaffenheit	-	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	12	Grundgeol.	Chlorid Konzentration	Grundwasserbeschaffenheit	-	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	13	Grundgeol.	Hydrogencarbonat Konzentration	Grundwasserbeschaffenheit	-	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	14	Grundgeol.	pH	Grundwasserbeschaffenheit	-	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	15	Grundgeol.	Trübung	Grundwasserbeschaffenheit	NTU	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	16	Grundgeol.	Temperatur	Grundwasserbeschaffenheit	°C	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	17	Grundgeol.	Konzentrations	Grundwasserbeschaffenheit	-	-	-	-	-	ALPGEO Geothermie 2019	Bestand	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	18	Grundgeol.	Grundwasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	°C	konstant	Profilbohrungen in 4 Bohrungen (pro Bohrung 5-10 Messpunkte unter 2000 -3000 m Tiefe)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	-	18 Hydro-Geo environment	Bestand, berechnet	Bericht/Journal	-	-	-	-	-	-
1	19	Zwischenprodukt	Geothermischer Gradient	Untergrundbeschaffenheit	°C/km	-	-	-	-	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	Bestand	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	20	Grundgeol.	initiales hydrogeologisches Konzept	Grundwasserhydrologie	-	konstant	3D	-	-	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	Bestand	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	21	Grundgeol.	initiales geologisches Modell	Hydrostratigraphie	-	konstant	3D	-	-	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	Bestand	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	22	Zwischenprodukt	initiales lithostratigraphisches Profil	Hydrostratigraphie	-	konstant	-	-	-	21 Hydro-Geo environment	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	23	Zwischenprodukt	Standard für Bohrung Montagny-2	Metadaten Bohrung	Koordinaten	konstant	Punkt	statisch	20, 21	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	24	Zwischenprodukt	Bohrung (Alma), Altkarte	Metadaten Bohrung	°C	konstant	-	statisch	20, 21	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	25	Zwischenprodukt	Analyse der Bohr- und Testergebnisse bei karstigen Bohrungen	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	Bohrung Montagny-2, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	20, 21	26 Hydro-Geo environment	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	26	Grundgeol.	Bohrungsdaten	Grundwasserbeschaffenheit	-	konstant	Bohrung Montagny-2, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	20, 21	26 Hydro-Geo environment	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	27	Zwischenprodukt	lithostratigraphisches Profil	Hydrostratigraphie	-	konstant	Bohrung Montagny-2, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	20, 21	26 Hydro-Geo environment	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	28	Grundgeol.	Temperatur	Grundwasserbeschaffenheit	°C	konstant	Bohrung Montagny-2, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	20, 21	26 Hydro-Geo environment	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	29	Grundgeol.	Wasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	bar	kontinuierlich während 10 m	an Bohrkopf Montagny-2	dynamisch	23	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	30	Grundgeol.	Wasserdruck (Nebenbohrung)	Grundwasserhydrologie	bar	kontinuierlich während 25 m	an Bohrkopf Montagny-2	dynamisch	29	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	31	Grundgeol.	(erweiterte) Durchfluss	Grundwasserhydrologie	l/min	kontinuierlich während rund 1 h	Bohrung Montagny-2 / Überbohrungen	dynamisch	23	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	32	Grundgeol.	Grundwasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	°C	konstant	Bohrung Montagny-2 / Überbohrungen	dynamisch	23	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	33	Grundgeol.	Durchfluss	Grundwasserhydrologie	l/min	kontinuierlich während rund 1 h	Bohrung Montagny-2 / Überbohrungen	dynamisch	31	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	34	Grundgeol.	Grundwasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	°C	kontinuierlich während rund 1 h	an Bohrkopf Montagny-2 an Oberfläche /	dynamisch	23	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	35	Grundgeol.	Injektionsrate / Injektionsleistung	Geohydrologie	l/min	während rund 6 h	Bohrung Montagny-2 offener Bohrkopf Abschnitt	dynamisch	33	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	36	Grundgeol.	Injektionsvolumen	Geohydrologie	-	während rund 6 h	Bohrung Montagny-2 offener Bohrkopf Abschnitt	dynamisch	33	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	37	Grundgeol.	Injektionsleistung	Geohydrologie	-	während rund 6 h	Bohrung Montagny-2 offener Bohrkopf Abschnitt	dynamisch	33	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	38	Grundgeol.	Erweiteter Durchfluss	Grundwasserhydrologie	l/min	kontinuierlich während rund 1 h	Bohrung Montagny-2 / Überbohrungen	dynamisch	36, 37, 38	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	39	Grundgeol.	Grundwasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	°C	kontinuierlich während rund 1 h	Bohrung Montagny-2 / Überbohrungen (nach Erleichterung)	dynamisch	36, 37, 38	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	40	Zwischenprodukt	Produktionsindex	Grundwasserhydrologie	l/min	konstant	in Bohrkopf Montagny-2	statisch	36, 38	-	berechnet	-	-	-	-	-	-	-
1	41	Grundgeol.	Grundwasserdruck (Temperaturprofil)	Grundwasserbeschaffenheit	°C	konstant	in Bohrkopf Montagny-2 kontinuierlich über gesamte Länge des offenen Bohrkopfabchnitts	räumlich dynamisch	23	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	42	Grundgeol.	Grundwasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	°C	2 Messungen mit 6 h Unterschied	in Bohrkopf Montagny-2 in 855 m UKT	statisch	23	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	43	Grundgeol.	Druck	Grundwasserhydrologie	bar	2 Messungen mit 6 h Unterschied	in Bohrkopf Montagny-2 in 855 m UKT	statisch	23	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	44	Zwischenprodukt	Synthese	-	-	-	-	statisch	43, 42, 41, 40, 39, 38, 37, 36, 35, 34, 33, 32, 31, 30, 29, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1	-	Bericht	-	-	-	-	-	-	
1	45	Zwischenprodukt	Bohrung	Metadaten Bohrung	-	konstant	Bohrung Montagny-2-ST	statisch	45, 44	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	46	Grundgeol.	Bohrungsdaten	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	Bohrung Montagny-2-ST, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	45, 44	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	47	Grundgeol.	Wasserdruck	Grundwasserhydrologie	m	konstant	Bohrung Montagny-2-ST, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	45, 44	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	48	Grundgeol.	Blühende Aufnahme der Bohrwand	Hydrostratigraphie	-	konstant	Bohrung Montagny-2-ST, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	45, 44	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	49	Grundgeol.	Grundwasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	°C	konstant	Bohrung Montagny-2-ST, also 2-5 m bis in eine Tiefe von 1100 m unter Terrain (Bohrung 1555 m)	Je nach statisch, räumlich dynamisch	45, 44	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	50	Zwischenprodukt	Bohrungsdaten	Hydrostratigraphie	-	konstant	Erfolg Bohrung Montagny-2-ST	statisch	48, 46	-	geschätzt	-	-	-	-	-	-	-
1	51	Zwischenprodukt	lithostratigraphisches Profil	Hydrostratigraphie	-	konstant	Horizontal: Punkt, Vertikal: klassiert bis in 1100 m	statisch	46, 47, 48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	52	Grundgeol.	Wasserdruck	Grundwasserhydrologie	bar	kontinuierlich während 30 m	Bohrung Montagny-2-ST	dynamisch	46	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	53	Grundgeol.	Durchfluss	Grundwasserhydrologie	l/min	kontinuierlich während rund 1 h	Bohrung Montagny-2-ST / Überbohrungen	dynamisch	46	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	54	Grundgeol.	Grundwasserdruck	Grundwasserbeschaffenheit	°C	kontinuierlich während rund 1 h	Bohrung Montagny-2-ST / Überbohrungen	dynamisch	46	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	55	Grundgeol.	el. Leitfähigkeit	Grundwasserbeschaffenheit	µS/cm	kontinuierlich während rund 1 h	Bohrung Montagny-2-ST / Überbohrungen	dynamisch	46	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	56	Grundgeol.	Injektionsrate	Geohydrologie	l/min	während rund 5 h	Bohrung Montagny-2 offener Bohrkopf Abschnitt	dynamisch	53	-	erhalten	Bericht	-	-	-	-	-	-
1	57	Grundgeol.	Injektionsvolum															

Tabelle 6: Speicherprojekt ARTS Dübendorf Empa/Eawag

Hydrogeolo- gische Daten	Kategorie	Parameter/Daten	Gruppierung	Einheiten	zeitliche Auflösung	räumliche Auflösung	Erhebungsart: statisch/dynamisch/Probenahme	Quelle_Nr	Quellen	Erhebungsart: Bestandteil/überbere- chnungsgeschwindigkeit	Datenformat	Messmethode (im Projekt erhobene Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte	Datenablage (bezogen auf Endprodukt, wo und wie)	Hürden bei Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung	Auswirkungen auf Projektbeitrag	
1	1	Grundagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserndynamik	m ue M	instationær	m/km, Einzugsgebiet Projekts/Standort	dynamisch		Simulter AQ, 3D- Stromungsmodell	Bestand	unbekannt		GW-Isotypen, Geschwindigkeit, Fließrichtung	Grundwasserfließrichtung				
1	2	Grundagedaten	Aufbau Untergrund	Hydrostratigraphie		konstant	m/km	statisch		Simulter AQ, 3D- Geotegiemodel	Bestand	unbekannt		Modellwert	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)				
1	3	Grundagedaten	Aufbau Untergrund	Hydrostratigraphie		konstant	Punktdaten, vertikale Linie, cm	Probenahme		Bohrprotok, Dr. U. Schall Geologie+Geophysik, 2015	Bestand	unbekannt			Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)				
1	4	Grundagedaten	Standorte Sondierungen	Metadaten Bohrung	m / m	konstant	Punktdaten	statisch		70 Berichte/Dokumente des AWEL	Bestand	unbekannt		Interpolation (Bayesian Kriging), GW-Isotypen, Geschwindigkeit, Fließrichtung, Interpolation (Bayesian Kriging), GW-Isotypen, Geschwindigkeit, Fließrichtung	Grundwasserfließrichtung		fehlende Langzeitmessungen in der Nahe, Erstellung Grundwasserstellen im Bereich der Anlage		
1	5	Grundagedaten	Grundwasserstand	Grundwasserndynamik	m ue M	stationær/instationær	Punktdaten 70 Sondierstandorte	Probenahme		70 Berichte/Dokumente des AWEL	Bestand	unbekannt			Grundwasserfließrichtung		fehlende Langzeitmessungen in der Nahe, Erstellung Grundwasserstellen im Bereich der Anlage		
1	6	Zwischenprodukt	Grundwasserfließrichtung	Grundwasserndynamik	*	saisonal	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	statisch	1,5,4		berechnet geschaltet			Abschätzung Lage/Standort aufgrund GW- Fließrichtung	Standort Bohrung				
1	7	Zwischenprodukt	Standort Bohrung	Metadaten Bohrung	m / m	konstant	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	statisch	6										
1	8	Zwischenprodukt	Tiefe Bohrungen	Metadaten Bohrung	m	konstant	m, Punktdaten	statisch	2,3,43		berechnet erhoben								
1	9	Grundagedaten	Oberkante Bohrung	Metadaten Bohrung	m ue M	konstant	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	statisch	7										
1	10	Grundagedaten	Wasserdruck	Grundwasserndynamik	bar	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	dynamisch	7		erhoben			Taucher	Zeitreihen	Grundwasserstand	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)		
1	11	Grundagedaten	elektrische Leitfähigkeit	Grundwasserbeschaffenheit	m S/cm	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	dynamisch	7		erhoben			Taucher	Zeitreihen	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)		
1	12	Grundagedaten	Messiefe	Metadaten Bohrung	m	konstant	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	statisch	7,39		erhoben			Taucher	Zeitreihen	Grundwasserstand	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)		
1	13	Grundagedaten	Grundwassertemperatur	Grundwasserbeschaffenheit	°C	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	dynamisch	7		erhoben			Taucher	Zeitreihen	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)		
0	14	Grundagedaten	Luftdruck	Hydrologie	bar	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer	dynamisch	7		erhoben			Taucher, an Oberfläche gemessen	Zeitreihen	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)		
0	15	Grundagedaten	Lufttemperatur	Hydrologie	°C	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer	dynamisch	7		erhoben			Taucher, an Oberfläche gemessen	Zeitreihen	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)		
0	16	Grundagedaten	Pumpenrate	Metadaten Bohrung	l/min	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer	dynamisch	7		erhoben			Durchflussmesser	Zeitreihen	Monitoring			
1	17	Zwischenprodukt	Grundwasserstand	Grundwasserndynamik	m ue M	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	dynamisch	9,10,12		berechnet			Interpolation nach Meek et al. 2018 und 2022, Bestimmung GW-Isotypen, Geschwindigkeit, Fließrichtung, Zeitreihenanalyse	Grundwasserfließrichtung, Grundwasserfließgeschwindigkeit, Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring				
1	18	Zwischenprodukt	Grundwasserfließrichtung	Grundwasserndynamik	*	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	dynamisch	17		berechnet			Interpolation nach Meek et al. 2018 und 2022, Bestimmung GW-Isotypen, Geschwindigkeit, Fließrichtung, Zeitreihenanalyse	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring		Komplexer Grundwassererhebungs- Daher verschiedene Kombinationen von Piezometern zur Triangulation verwendet.		
1	19	Zwischenprodukt	Grundwassergradient	Grundwasserndynamik	m/s	kontinuierlich, stündlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer und 4 Piezometer	dynamisch	17		berechnet			Interpolation nach Meek et al. 2018 und 2022, Bestimmung GW-Isotypen, Geschwindigkeit, Fließrichtung, Zeitreihenanalyse	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring				
1	20	Grundagedaten	gelöste Gase	Grundwasserbeschaffenheit	hPa, mol/L	kontinuierlich, oberer Aquifer alle 5min, in Süesswasserzelle 2- wöchentlich bzw. monatliche Messung	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer	dynamisch	7		erhoben			Zeitreihen fuer He, Ar, O ₂ , N ₂ , Kr, CH ₄ , CO ₂ , H ₂	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring				
1	21	Grundagedaten	pH	Untergrundbeschaffenheit		konstant	Proben alle 1m ueber eine Tiefe von 0-30m (OB1), Proben alle 2-3m ueber eine Tiefe von 0-20m (OB2, 2)	Probenahme	7		erhoben			trochsen (at 40°C fuer 10 Tage), zerstossen sieben (x 2 mm), pulversieren, Extraktion mit 10mM CaCl ₂	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)				
1	22	Grundagedaten	TIC und TOC	Untergrundbeschaffenheit	%	konstant	Proben alle 1m ueber eine Tiefe von 0-30m (OB1), Proben alle 2-3m ueber eine Tiefe von 0-20m (OB2, 2)	Probenahme	7		erhoben			trochsen (at 40°C fuer 10 Tage), zerstossen sieben (x 2 mm), pulversieren, Temperaturgeführte Verbrennung	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)				
1	23	Grundagedaten	Isotopische Elemente	Untergrundbeschaffenheit	µg/l	konstant	Proben alle 1m ueber eine Tiefe von 0-30m (OB1), Proben alle 2-3m ueber eine Tiefe von 0-20m (OB2, 2)	Probenahme	7		erhoben			trochsen (at 40°C fuer 10 Tage), zerstossen sieben (x 2 mm), pulversieren, Extraktion mit 10mM CaCl ₂	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)				
1	24	Grundagedaten	Haupt- und Spurenelemente	Untergrundbeschaffenheit	mg/kg	konstant	Proben alle 1m ueber eine Tiefe von 0-30m (OB1), Proben alle 2-3m ueber eine Tiefe von 0-20m (OB2, 2)	Probenahme	7		erhoben			trochsen (at 40°C fuer 10 Tage), zerstossen sieben (x 2 mm), pulversieren, Röntgen-Fluoreszenz-Spektroskopie (RF)	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)				
1	25	Grundagedaten	amorphe Eisen- und Aluminiumoxide	Untergrundbeschaffenheit	mg/kg	konstant	Proben alle 1m ueber eine Tiefe von 0-30m (OB1), Proben alle 2-3m ueber eine Tiefe von 0-20m (OB2, 2)	Probenahme	7		erhoben			trochsen (at 40°C fuer 10 Tage), zerstossen sieben (x 2 mm), pulversieren, Extraktion mit 0.2 M Oxidations- Durchflusszelle	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring				
1	26	Grundagedaten	pH	Grundwasserbeschaffenheit	-	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Durchflusszelle	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	27	Grundagedaten	elektrische Leitfähigkeit	Grundwasserbeschaffenheit	µS/cm	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Durchflusszelle	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	28	Grundagedaten	Alkalinität	Grundwasserbeschaffenheit	mmol/L	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Ionen-Chromatographie, ICP-MS/MS	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	29	Grundagedaten	Haerte	Grundwasserbeschaffenheit	mmol/L	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Ionen-Chromatographie, ICP-MS/MS	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	30	Grundagedaten	Konzentrationen Hauptionen	Grundwasserbeschaffenheit		periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Ionen-Chromatographie, ICP-MS/MS	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	31	Grundagedaten	Nachströfkonzentrationen	Grundwasserbeschaffenheit	µg/L, mg/L	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Ionen-Chromatographie, ICP-MS/MS	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	32	Grundagedaten	TIC und TOC	Grundwasserbeschaffenheit	mg/L	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			TOC Skalar Autanalyser	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	33	Grundagedaten	Haupt- und Spurenelemente	Grundwasserbeschaffenheit	µg/L	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Ionen-Chromatographie, ICP-MS/MS	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	34	Grundagedaten	gelöster Sauerstoff	Grundwasserbeschaffenheit	mg/L, mbar, %	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Durchflusszelle	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	35	Grundagedaten	Redoxpotential	Grundwasserbeschaffenheit	mV	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Durchflusszelle	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	36	Grundagedaten	mikrobielle Zellzaehlung	Grundwasserbeschaffenheit	Events/µL	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			Durchflusszelle	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	37	Grundagedaten	Bestimmung mikrobieller Gemeinschaften	Grundwasserbeschaffenheit	%	periodisch, wöchentlich, monatlich	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer, Entnahmestelle gefiltertes Wasser: 16 m OB1 und 20m OB2 und OB3 im oberen Aquifer, 70m in OB1 und OB2 in oberer Süesswasserzelle, Tiefenmessung zwischen 7- 20m, fuer OB3 zu einem Zeitpunkt	Probenahme	7		erhoben			16S-Sequenzierung, Amplicon-Sequenzierung, Filter: 0.22 µm,	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			
1	38	Grundagedaten	Umwelt-DNA	Grundwasserbeschaffenheit	ng/µL	konstant, 2-wöchentlich geplant	Punktdaten 3 Observierungsbohrbohrer	Probenahme	7		erhoben			in situ, Filter: 0.22 µm, 5L, wasser, DNA- Extraktionsprotokolle, Polymerase-Kettenreaktion (PCR) Versuche	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring	Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)	Silt in Wasserproben fuhrte teilweise zum Verstopfen der Filter, Versuch mit unterschiedlichen Porengrößen der Filter, Anpassung des DNA-Extraktionsprotokolls		
1	39	Grundagedaten	Geologischer Schichtaufbau und Lithologie	Hydrostratigraphie	m	konstant	2D- Laengprofil, Saeulen	statisch	7		erhoben			Aufnahme Bohrkerne, Fotodokumentation, Bohrlochgeophysik in Sandstein (Gamma-Ray, Kalibermessung (Caliper), optische Televuever (OPTV), akustischer Televuever (ATV) und Sonic- Log)	Erstellung Bohrprofile bzw. lithologische Saeulen, Identifikation durchbohrter Zonen	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)			
1	40	Grundagedaten	hydraulische Durchlaessigkeit	Geohydraulik	m/s	konstant	Bereich um Bohrloch	statisch	7		erhoben			Pumpensuch OB2.2 (Pumpenrate 7.5 l/min und 9 l/min und Grundwasserbenutzung)	Berechnung K-Wert nach Bouwer & Rice (1976)	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)			
0	41	Grundagedaten	maximale Betriebstemperatur	Grundwasser-Waermenutzung	°C	konstant	Bereich Standort Anlage				Bestand				Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)				
1	42	Grundagedaten	Temperatur	Grundwasser-Waermenutzung	°C	10min	alle 50cm	dynamisch			erhoben			Glasfaserleitung	Tiefenprofile, Zeitreihen	Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring			
1	43	Grundagedaten	Sondertiefe	Grundwasser-Waermenutzung	m	konstant	Punktdaten, 144 Sonden				Bestand					Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell), Monitoring			
1	44	Grundagedaten	Lage	Grundwasser-Waermenutzung	m / m	konstant	Punktdaten, 144 Sonden				Bestand					Charakterisierung 8T-Zustand, Erstellung "Digital Twin" (Modell)			
1	45	Zwischenprodukt	Charakterisierung 8T-Zustand	Grundwasserbeschaffenheit, Grundwasserndynamik					2,3,11,13,14,15,17,18,19,20,21,22,23,2 4,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36, 37,38,39,40,41,42,43,44		erhoben			Synthese, Aufbereitung und Interpretation der vorhanden und erhobenen Daten	Berichte, Deliverables				
1	46	Zwischenprodukt	Erstellung "Digital Twin" (Modell)	Grundwasserbeschaffenheit, Grundwasserndynamik					2,3,11,13,14,15,17,18,19,20,21,22,23,2 4,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36, 37,38,39,40,41,42,43,44		erhoben			Umwandlung Datenformat fuer direkte Eingabe/Vergleich mit Modell					
1	47	Zwischenprodukt	Monitoring	Grundwasserbeschaffenheit, Grundwasserndynamik					11,13,14,15,16,17,18,19,20,25,26,27,2 8,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,42		erhoben					Abgabe in internem Datenbank, Zugänglich ueber interaktive Darstellungsanwendung (Grafana Enterprise Stack)			

Tabelle 7: Lötschberg Basistunnel

ID	Kategorie	Parameter/Daten	Gruppierung	Einheiten	zeitliche Auflösung	räumliche Auflösung	Erhebungsart: statisch/dynamisch/Probenaufnahme	Quelle_Nr	Quellen	Erhebungsart: Bestands-/erhobene/rechnelgeschätzt	Datenformat	Messmethode (im Projekt erhobene Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte	Datenablage (bezogen auf Endprodukt, wo und wie)	Huerden bei Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung	Auswirkungen auf Projekterlauf
1	1	Grundlagedaten	hydraulic head (Formationswasserdruck)	Grundwasserdynamik	[bar]		63 Vorausbohrungen waehrend des Tunnelvortriebs von ca. 250 m Laenge	statisch				Piezelektrische Drucktransmitter am Bohrlochkopf	0.1 bar					Entscheid ueber Weiterfuehrung des Vortriebs, Abteufen weiterer Erkundungsbohrungen, Injektionen
1	2	Grundlagedaten	Wasserzufluss	Grundwasserdynamik	Uhrzeit, l/s	abhaengig vom Bohrfortschritt	Alle 3 m entlang der ca. 250 m langen Horizontalbohrungen (Gesamtzufluss ueber bereits gebohrte Staerke)	dynamisch		Bohrmeister		Kuebel und Stoppuhr	0.1 l/s bei 5 l/s, Zeit: 5 min	Differenz aktueller Zufluss - vorangehender Zufluss	Zufluss in jedem Bohrabschnitt von 3 m Laenge		Maximalzufluss begrenzt durch den offenen Ringraum durch Bohrmessel in die Bohrs laenge und den Druckverlust im Bohrgesteinge	
1	3	Zwischenprodukt	Transmissivitaet	Geohydraulik	[m ² /s]	1 s	Gesamte Bohrloechlaenge, Beeinflussung in Nachbarbohrung	statisch		2		open hole tests (Messung des Wasserdrucks bei konstantem Ausfluss aus dem Bohrloch, Wiederaufholung bei Schliessen des Ventils)	Ausfluss: 0.1 l/s bei 5 l/s, Druck 0.1 bar	Auswertung mit Software SAPHIR, log-log-Diagramm, Cooper & Jacob (Testbohrung und Nachbarbohrung, homogen, isotrop, gespannt senkrecht zur Bohrung) und weitere	Durchlaessigkeit k eines homogenen Ersatzmaterials, Quick Look Reports (schnell verfaegbare Berichte zur hydrogeologischen Situation waehrend es Vortriebs)		Es kann nur das ganze Bohrloch beprobt werden. Ventil erlaubt nur Tests mit Ausflessen zwischen 0.1 und 10 l/s. Bei mehreren durchlaessigen Strukturen in einem Bohrloch ist Zuordnung nicht moeglich.	Entscheid ueber Weiterfuehrung des Vortriebs, Drainagebohrungen, Abteufen weiterer Erkundungsbohrungen, Injektionen
1	4	Grundlagedaten	Transmissivitaet	Geohydraulik	[m ² /s]		Einzelne durchlaessige Struktur	statisch	1,2			Packer tests (Druck- und Temperatursensor im Packerabschnitt, Flowmeter am Bohrloch)			Vergleichswerte zur Kontrolle der open hole tests		Hohe Kosten, komplexe Auswertung, Zeitbedarf	Entscheid zur Durchfuehrung von open hole Tests
1	5	Zwischenprodukt	Storativity (kleinraeumig)	Geohydraulik	[-]			statisch	1,2					Auswertung mit Software SAPHIR, log-log-Diagramm, Cooper & Jacob (Testbohrung und Nachbarbohrung, homogen, isotrop, gespannt senkrecht zur Bohrung) und weitere		Tests ergeben nur zum Teil auswertbare Kurven, da verschiedene Effekte der Zustromum in Kuebeln nicht mit der Annahme homogener Verhaeltnisse erklart werden koennen.		
1	6	Grundlagedaten	Chemismus	Grundwasserbeschaffenheit			Alle 3 m entlang Vorausbohrungen	dynamisch				Messung der Truebung, Temperatur, Leitfaehigkeit			Quick Look Report			Entscheid ueber Weiterfuehrung des Vortriebs, Drainagebohrungen, Abteufen weiterer Erkundungsbohrungen, Injektionen
1	7	Endprodukt	Quick Look Report			Aushubetappe	Aushubetappe	statisch	1,2,3,6,8,9,10,11,12,13,14									
1	8	Grundlagedaten	geologische Aufnahme der Tunnelwand und Tunnelbrust	Hydrostratigraphie				statisch		Tunnelgeologie		Visuell		Kartierung				
1	9	Grundlagedaten	Wasserzufluss Tunnelwand und Tunnelbrust in der Abschlagslaenge	Grundwasserdynamik	[l/s]		Abschlagslaenge (10 m)	Probenaufnahme (statisch bezueglich Abschlagslaenge, dynamisch bezueglich Tunnelaenge)		Tunnelgeologie		Kuebel und Uhr	0.1 l/s bei 5 l/s				Diffuse Zufluesse werden nicht erfasst. Zufluesse finden vor allem aus Sprengbohrungen und Ankerbohrungen statt, welche nicht genau der Abschlagslaenge zugeordnet werden koennen.	
1	10	Grundlagedaten	Wasserzufluss in eine Vorausbohrung nach Abschluss Bohrarbeiten	Grundwasserdynamik	[l/s]		bei jeder Vorausbohrung (Abstaende ca. 100 m). Insgesamt pro Tunnelbohrung ca. 30 Bohrungen auf 3000 m Tunnelaenge	Probenaufnahme		Bohrmeister		Kuebel und Uhr	0.1 l/s bei 5 l/s				Zufluss wird durch parallel verlaufende zweite Tunnelbohrung beeinflusst.	
0	11	Zwischenprodukt	RQD (rock quality designation)	Untergrundbeschaffenheit	[%]		Bohrlochlaenge	Statisch		14 Tunnelgeologie		Massstab	10 cm - Grenze nicht immer eindeutig					RQD-Wert fliesst in die Schaeztung der Gebirgsfestigkeit ein (z.B. RMR nach Bieniawski)
1	12	Grundlagedaten	Kluftaufnahme (Fall-richtung / Fallwinkel) an der Tunnelsohle	Geohydraulik	[°]			statisch		Tunnelgeologie		Kluftkompass		Kartierung? Stereographische Projektion der Kluftrichtungen	Karte			
1	13	Grundlagedaten	Karte-Erkennung	Hydrostratigraphie			entlang der Horizontalbohrungen	statisch				Georadar-Messungen in einer Bohrung						
1	14	Grundlagedaten	Kluftaufnahme (Lage in Bohrung)	Geohydraulik			entlang der Horizontalbohrungen	statisch				Bohrkernauswertung					keine gerichtete Kerne, wasserfuehrende Strukturen sind nur in 20% der Faelle erkennbar. Zuordnung zu beobachteten Zufluessen nicht moeglich.	
1	15	Grundlagedaten	Quellschuetzung	Grundwasserdynamik	[l/s]	30 Tage	2 Quellen	dynamisch		Kellerhals und Isler		Bestand						
1	16	Grundlagedaten	Quellstandorte	Grundwasserdynamik		x / y		statisch		Kellerhals und Isler		Bestand						
1	17	Grundlagedaten	Grundwasserstand Quintner Kalk Tiefenbohrungen	Grundwasserdynamik	[m]	30 Tage, bzw 10 min	4 Tiefenbohrungen	dynamisch				Handmessung, bzw. Logger und Drucksensor		Spline Interpolation aus 30-Tages-Werten, Tagesmittelwert aus Loggerdaten				
1	18	Grundlagedaten	Grundwasserstand quartare Taefuellung	Grundwasserdynamik	[m]	10 min	1 Messstelle im Gasterental	dynamisch				Drucksensor, Datenlogger			Randbedingungen Grundwassermodell			
1	19	Grundlagedaten	Tunnelndrainage Scheiteltunnel	Grundwasserdynamik	[l/s]	30 Tage	gesamte Tunnelaenge	dynamisch		Haefeli et al., 7		Bestand	Handmessung					
1	20	Grundlagedaten	Wasserzufluss Basistunnel	Grundwasserdynamik	[l/s]	14 Tage	westliche Tunnelboehrue waehrend Vortrieb	dynamisch		Tunnelgeologie		erhoben						
1	21	Grundlagedaten	Wasserzufluss Basistunnel	Grundwasserdynamik	[l/s]		Sep 03 Abschnitte entlang beider Tunnelboehren	statisch		Tunnelgeologie		erhoben		Salzverduennung	20%			
1	22	Grundlagedaten	Messstellen Grundwasserstand	Grundwasserdynamik	m/lin/um ue. M.			statisch		24								
1	23	Grundlagedaten	Bohrprofile	Hydrostratigraphie	m		4 Tiefenbohrungen	statisch		Ingenieurgesellschaft Loetschberg Basistunnel		Bestand						
1	24	Grundlagedaten	Bohrlochausbau	Metadaten Bohrung	m/lin/um ue. M.		4 Tiefenbohrungen	statisch		Ingenieurgesellschaft Loetschberg Basistunnel		Bestand						
1	25	Zwischenprodukt	Kalibrierungsdatensatz	Grundwasserdynamik					19,22									
1	26	Zwischenprodukt	Validierungsdatensatz	Grundwasserdynamik					15,16,17,19,21,22									
1	27	Zwischenprodukt	Storativity (grossraeumig)	Geohydraulik	[-]			dynamisch	2,17	2,15	berechnet			Auswertung nach Jacob				
1	28	Grundlagedaten	Geologische Karte	Hydrostratigraphie														
1	29	Zwischenprodukt	geologische Schnitte	Hydrostratigraphie			Oberflaechen, 2 Horizontalschnitte, 2 Vertikalschnitte	statisch		geologische Karte, Aufnahmen in Scheitel- und Basistunnel, Tiefenbohrungen	gezeichnet							
1	30	Zwischenprodukt	Modelldurchlaessigkeit	Geohydraulik	[m/s]		1 Wert pro geologische Einheit		3,4	erhobene Durchlaessigkeiten, Literatur	berechnet, Bestand, Schaeztung							
0	31	Grundlagedaten	Abfluss	Hydrologie	[m ³ /s]		116 Messungen zwischen 1991 und 2006	dynamisch				Salzverduennung	20%					
0	32	Grundlagedaten	Klimadaten	Hydrologie			Stundenwerte, Tagessummen des Niederschlags	dynamisch		Meteoschweiz		Bestand						
0	33	Grundlagedaten	Hoehenmodell	Topographie	[m]			statisch		swiss topo		Bestand						
0	34	Grundlagedaten	Landnutzung	Landnutzung	Klassen		100x100m	statisch				Bestand						
0	35	Grundlagedaten	Grundrigkeit	Boden	[cm]		100x100m	statisch				Bestand						
0	36	Zwischenprodukt	Exposition	Topographie	[°]			statisch		33								
0	37	Zwischenprodukt	Gletscherausdehnung	Topographie				statisch				Auswertung						
0	38	Zwischenprodukt	Runoff	Hydrologie	[m ³ /s]	Tageswerte	100x100m	dynamisch		32,32,34,35,36,37,31	berechnet			Berechnung nach HBV-Modell (Lindstroem 1997)				
1	39	Zwischenprodukt	Grundwasserneubildung	Grundwasserdynamik	[mm/Jahr]	Tageswerte	100x100m	dynamisch		32,33,34,35,36,37,31	berechnet			Berechnung mit PREVAH-Code	Grundwasserneubildungskarte, mittlere Jahresneubildung, Sommermittel, Wintermittel			
1	40	Zwischenprodukt	Modellrandbedingungen	Grundwasserdynamik					18,39									
1	41	Grundlagedaten	Geometrie Scheitel-tunnel, Basistunnel, weitere Tunnel	Hydrostratigraphie				statisch									Geometrie mittlerischer Tunnel unbekannt	
1	42	Endprodukt	Grundwassermodell	Grundwasserdynamik			158 x 52 x 41 Zellen, 8000m x 3500m x 2850m	statisch		27,28,29,30,39,41,25			PMWIN		Isopynenkarten, Fliesswege, Wasserbilanzen			
1	43	abgeleitete Produkte	Aussage Beeinflussung Gebirgswasserdruck	Grundwasserdynamik				statisch		42								
1	44	abgeleitete Produkte	Aussage Beeinflussung Quartierwasserspiegel	Grundwasserdynamik				statisch		42								

Tabelle 8: Projekt GeoQuat Pilotregion Birrfeld

Hydrogeo- logische Daten	ID	Kategorie	Parameter/Daten	Gruppierung	Einheiten	zeitliche Aufloesung	raeumliche Aufloesung	Erhebungsart: statisch/dynamisch/ Probenahme	Quelle_Nr	Quellen	Erhebungsart: Bestand/erhoebenbe rechnet/geschaezt	Datenformat	Messmethode (im Projekt erhobene Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte / Endprodukte	Datenablage (bezogen auf Endprodukt, wo und wie)	Huerden bei Beschaffung / Aufbereitung / Verwendung	Auswirkungen auf Projektverlauf
	1	Grundlagedaten	1579 Bohrungen	Metadaten Bohrung	m / m	konstant	1579 Bohrungen in 82 km2, Punkt	statisch		Kanton	Bestand	pdf...			Digitalisieren, Schichtbasierte Erfassung, Klassierung nach Korngroesse	Bohrprofile klassiert		Arbeitsintensiv	
	1	2	Grundlagedaten	USCS Klassen	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	-	statisch		USCS	Bestand	pdf						
	1	3	Grundlagedaten	Durchlassigkeit-Klassen	Geohydraulik	m/s	konstant	-	statisch		SIA SN670010	Bestand	pdf						
	1	4	Zwischenprodukt	Bohrprofile klassiert nach Korngroesse	Hydrostratigraphie		konstant	1579 Bohrungen in 82 km2, vertikales Linienprofil	statisch	2,1		geschaezt	xls, 3D Linien-Vektor		lithostratigraphische Interpretation von 550 Bohrprofilen; Zuordnung der k-Werte und der Sand- und Kiesqualitaet zu Schichten mittels Korrelations-tabelle von USCS	Ausscheidung 65 geologischer Formationen; k-Wert Profile		grosse Herausforderung bei Interpretation, da komplexer lithologischer Aufbau in der Region Birrfeld	
	1	5	Zwischenprodukt	geologische Formationen	Hydrostratigraphie	-	konstant	65 Formationen	statisch	4	lokaler Experte	geschaezt							
	1	6	Zwischenprodukt	lithostratigraphisches Bohrprofil	Hydrostratigraphie	-	konstant	550 Bohrungen in 82 km2, vertikales Linienprofil	statisch	5,4	lokaler Experte	geschaezt	3D Linien-Vektor		Umwandlung in Punkte im Raum (3D) und Verfeinerung (resampling.composing)	Punktwolke der geologischen Formation			
	1	7	Zwischenprodukt	Korrelations-tabelle zw. USCS-kWert	Geohydraulik	m/s	konstant	-	statisch	3,2		geschaezt	bt						
	1	8	Zwischenprodukt	Bohrprofile klassiert nach kWerten	Hydrostratigraphie	m/s	konstant	pro Einzelschicht (USCS) und Bohrung (19794 Schichten)	statisch	7,4		geschaezt	3D Linien-Vektor		Umwandlung in Punkte im Raum (3D) und Verfeinerung (resampling.composing)	Punktwolke des log10(kWert)			
	0	9	Grundlagedaten	swissAL TGD	Topographie	m ue. M	konstant	2.5D	statisch		swiss topo	Bestand	Raster			vertikale Modellabgrenzung			
	1	10	Grundlagedaten	Felsoberflaeche	Hydrostratigraphie	m ue. M	konstant	2.5D	statisch		swiss topo (swissBEDROCK)	Bestand	Raster			vertikale Modellabgrenzung			
	1	11	Grundlagedaten	geologische Karten	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal	statisch			Bestand	pdf, 2D Polygon		Digitalisieren, lithostratigraphische Interpretation (geolog. Formationen)	digitalisierte, harmonisierte geologische Karte; basierend auf Gletschervorboessen / Ablagerungsrichtung Modellssektoren bestimmen			
	1	12	Grundlagedaten	geologische Schnitte	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D vertikal	statisch			Bestand	pdf, 2D Polygon		Digitalisieren, lithostratigraphische Interpretation (geolog. Formationen)	digitalisierte, harmonisierte geologische Schnitte			
	0	13	Zwischenprodukt	Modellssektoren	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal, 5 Sektoren in 82 km2	statisch	11	lokaler Experte	geschaezt	2D Polygon		Sektoren mit separaten Modellparamter fuer Interpolation	Parameterset fuer Interpolation, laterale Modellabgrenzung			
	0	14	Zwischenprodukt	Interpolationsparameter (Suchellipsoid: Anisotropie, Richtung)				2D horizontal, 5 Sektoren in 82 km2	statisch	13	lokaler Experte	geschaezt	bt						
	1	15	Zwischenprodukt	digitalisierte, harmonisierte geologische Karte	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal	statisch	5,11	GeoQuat, lokaler Experte	geschaezt	2D Polygon		Umwandlung in Punkte im Raum (3D) und Verfeinerung (resampling.composing)	Punktwolke der geologischen Formation			
	1	16	Zwischenprodukt	digitalisierte, harmonisierte geologische Schnitte	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D vertikal	statisch	5,12	GeoQuat, lokaler Experte	geschaezt	3D Polygon		Umwandlung in Punkte im Raum (3D) und Verfeinerung (resampling.composing)	Punktwolke der geologischen Formation			
	1	17	Grundlagedaten	virtuelle Bohrungen mit Profil klassiert nach geologischer Formation	Hydrostratigraphie	-	konstant	vertikales Linienprofil, 73 Profile	statisch		lokaler Experte	geschaezt	3D Linien-Vektor		Umwandlung in Punkte im Raum (3D) und Verfeinerung (resampling.composing)	Punktwolke der geologischen Formation		verfuegbare Eingabedaten sind nicht ausreichend fuer ein qualitativ zufriedenstellendes Geologiemodell	
	1	18	Zwischenprodukt	Punktwolke der geologischen Formation	Hydrostratigraphie	-	konstant	3D-Punkte	statisch	6,17,16,15		berechnet	bt		Interpolation mit ISATIS	3D Voxelmodell der Geologie	3D Datenbank		
	1	19	Zwischenprodukt	Punktwolke des log10(kWert)	Geohydraulik	m/s	konstant	3D-Punkte	statisch	8		geschaezt / berechnet			Kriging Interpolation mit ISATIS	3D Voxelmodell der hydraulischen Leitfaehigkeit			
	1	20	Zwischenprodukt	Geologisches Modell	Hydrostratigraphie	-	konstant	3D	statisch	9,10,18,14		berechnet	Voxel	Voxelgroesse bestimmt raeumliche Aufloesung	10 Schnitte extrahieren	Modellprofilschnitte		verfuegbare Eingabedaten sind nicht ausreichend fuer ein qualitativ zufriedenstellendes Geologiemodell	Zweiter Modellierungsschritt ist noetig
	1	21	Zwischenprodukt	Modellprofilschnitte	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D vertikal, 10 Profilschnitte durch gesamtes Modell	statisch	20		berechnet	3D Polygon		Korrektur durch lokalen Experten	korrigierte Modellprofilschnitte			
	1	22	Zwischenprodukt	korrigierte Modellprofilschnitte	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D vertikal, 10 Profilschnitte durch gesamtes Modell	statisch	21	lokaler Experte	geschaezt	3D Polygon		Umwandlung in Punkte im Raum (3D) und Verfeinerung (resampling.composing)	Punktwolke der geologischen Formation			
	1	23	Zwischenprodukt	Punktwolke der geologischen Formation	Hydrostratigraphie	-	konstant	3D-Punkte	statisch	18,22		geschaezt / berechnet	bt		Interpolation mit ISATIS	3D Voxelmodell der Geologie	3D Datenbank		
	0	24	Grundlagedaten	Korrelations-tabelle zw. USCS-Qualitaet fuer Kies und Sand	Hydrostratigraphie	-	konstant	-	statisch		BAFU	Bestand	bt						
	1	25	Grundlagedaten	Korrelation zw. kWert - eff. Porositaet	Geohydraulik	m/s -	konstant	-	statisch		BAFU	geschaezt / berechnet							
	1	26	Grundlagedaten	Matrix zur Ermittlung der Schutzwirkung	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	-	statisch		BAFU Philipp et al. 2006	Bestand	pdf		Adaptierung der Methode auf Voxel-Modelle; Umsetzung in Python Skript				
	0	27	Grundlagedaten	Korrelation zw. lithostratigraphischer Einheit - Lagerungsdichte/Baugrundklassen	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	-	statisch		BAFU Mayoraz et al. 2016 GeoQuat	Bestand	pdf		Adaptierung der Methode auf Voxel-Modelle; Umsetzung in Python Skript				
	1	28	Grundlagedaten	Grundwasserisochypsen	Grundwasserdynamik	m ue. M	konstant	2D			Kanton	Bestand	2D Linien-Vektor		Interpolation auf Voxelgrid	Oberflaeche Grundwasserspiegel			
	1	29	Zwischenprodukt	Oberflaeche Grundwasserspiegel	Grundwasserdynamik	m ue. M	konstant	2.5D		28		berechnet	Raster			Grundwasservolumen-karte, Grundwasservulnerabilitaets-karte,			
	1	30	Zwischenprodukt	Punktwolke der Sand- u. Kiesqualitaet	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	3D-Punkte	statisch	4,24		geschaezt	bt		Krigin Interpolation mit ISATIS, auf Birrschotterkoerper	Parametrisches Modell (Sand- und Kiesqualitaet)			
	1	31	Endprodukt	Geologisches Modell	Hydrostratigraphie	Lithostratigraphische Klassen	konstant	3D Voxel	statisch	9,10,23,14		berechnet	NetCDF	Unsicherheit ist abhaengig von geologischer Komplexitaet, Qualitaet und Quantitaet der Eingabedaten, Modellierungsmethode; Unsicherheit nicht	Extrahieren des Birrschotterkoerper, Lockergesteinsmaechtigkeit	Abschaetzung der Qualitaet u. Quantitaet von Kies-/Sandressourcen; Karte der Baugrundklassen			
	1	32	Endprodukt	Parametrisches Modell (Leitfaehigkeit)	Geohydraulik	m/s	konstant	3D Voxel	statisch	19,31,14		berechnet	NetCDF	Unsicherheit ist abhaengig von geologischer Komplexitaet, Qualitaet und Quantitaet der Eingabedaten, Modellierungsmethode; Unsicherheit nicht	Berechnungen pro Voxelzelle: gesaetigte Maechtigkeit/Volumen, Flurabstand;	Grundwasservolumen-karte, Grundwasservulnerabilitaets-karte,			
	1	33	Zwischenprodukt	Parametrisches Modell (Sand- und Kiesqualitaet)	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	3D Voxel	statisch	30,31		berechnet	NetCDF		Auswahl von Voxeln mit Qualitaet groesser 0.66, in Tiefe von weniger als 15 m einer, einer Maechtigkeit von groesser oder gleich 10 m in ersten 15 m Tiefe, (Volumen-)Berechnungen pro Voxelzelle	Abschaetzung der Qualitaet u. Quantitaet von Kies-/Sandressourcen; Karte mit ausgewaehlten Birrschotter-Lagerstaetten nach Anwednung der 5 Qualitaetskriterien;			
	1	34	Zwischenprodukt	Parametrisches Modell (Lagerungsdichte)	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	3D Voxel	statisch	31,27		berechnet	NetCDF		Berechnungen pro Voxelzelle: gesaetigte Lockergesteinsmaechtigkeit, Maechtigkeit der einzelnen Einheiten, Ableiten des Verdichtungsgrades fuer Maechtigkeitintervalle und daraus Baugrundklasse an Oberflaeche ableiten	Karte der Baugrundklassen			
	1	35	abgeleitete Produkte	Abschaetzung der Qualitaet u. Quantitaet von Kies-/Sandressourcen	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	2D	statisch	29,31,33		geschaezt	Raster	Unsicherheit ist abhaengig von geologischer Komplexitaet, Qualitaet und Quantitaet der Eingabedaten, Modellierungsmethode; Unsicherheit nicht					
	1	36	abgeleitete Produkte	Grundwasservolumen-karte	Grundwasserdynamik	m3/m2	konstant	2D	statisch	32,25,29		berechnet	Raster	Unsicherheit ist abhaengig von geologischer Komplexitaet, Qualitaet und Quantitaet der Eingabedaten, Modellierungsmethode; Unsicherheit nicht					
	1	37	abgeleitete Produkte	Grundwasservulnerabilitaets-karte		-	konstant	2D	statisch	32,26,29		berechnet	Raster	Unsicherheit ist abhaengig von geologischer Komplexitaet, Qualitaet und Quantitaet der Eingabedaten, Modellierungsmethode; Unsicherheit nicht					
	1	38	abgeleitete Produkte	Karte der Baugrundklassen	Untergrundbeschaffenheit	-	konstant	2D	statisch	34,27		berechnet	Raster	Unsicherheit ist abhaengig von geologischer Komplexitaet, Qualitaet und Quantitaet der Eingabedaten, Modellierungsmethode; Unsicherheit nicht					

Kategorie	Parameter/Daten	Gruppierung	Einheiten	zeitliche Aufloesung	raumliche	Erhebungsart bestandsfuehrend/Phy oberflaechen	Quelle, Nr.	Quellen	Erhebungsort bestandsfuehrend/berreichsuebergreifend	Datenformat	Messmethode (im Projekt erhobene Daten)	Unsicherheiten	Datenaufbereitung	erstellte Zwischenprodukte/ Endprodukte	Datenaalage (bezogen auf Endprodukt, wo und wie)	Horsten bei Beschaffung/ Abarbeitung/ Verwendung	Auswirkungen auf Projektablauf
1	1 Grunddaten	Bohrungen Stammdaten (u.a. Koordinaten, Bohranstaltsname, Entwurfs)	Mesdatan Bohrung	m /m, m, m	konstant	4708 Bohrungen in 156 km2, Punkt		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	GeoDIN Datenbank, PostGIS/SQL, Dump			Datenbankabfragen mit perl ueber die ODBC-Schnittstelle. Ausordern von Bohrungen ohne Koordinaten, Bohranstaltsname oder Teilnahmetag. Vorpriorisierung des Datensatzes auf Aufwelligkeiten und Inkonsistenzen z.B. korrekte Einheitsangaben, Mehrfachnennungen von Schichten, nicht stratifizierte Bohrschritte, stratifizierte Schichten ausserhalb des multivariablen Verteilungsgebietes, grosse Differenzen zwischen Bohranstaltsname und DGM, grosse vertikale Differenzen zwischen Nachbarnbohrungen, Plausibilitaetspruefung durch Interpretation der Schichtgrenzen, Einbezug von Expertenwissen, Neuaufbereitung von Bohrungen oder Bohrschritten, Ausschluss von Bohrungen fuer die Interpretation	benannter Bohrdatenatz klassiert nach hydrogeologischen Einheiten, QGS-Projekt mit Bohrdatenattributen und Darstellung der Bohrschritte		Arbeitsintensiv, Einbearbeitung in die GeoDIN-Datenbankstruktur, Arbeitsintensiv und grosse Herausforderung bei Interpretation, Betrachtungszeitraum betraegt >100 Jahre, Datenqualitaet der Straffierung in Bezug auf Genauigkeit, Vollstaendigkeit, Konsistenz und Zuverlaessigkeit nicht einheitslich. Je nach Bearbeiter, technischer Durchfuehrung der Bohrung, Verwendungszweck variieren die Schichtenbezeichnungen und werden viele Meter zusammengefasst in Schichten, Restwerte Vorgehen erforderlich	Verzerrungen im Projektzeitplan
2	2 Grunddaten	Bohrungen mit Straffierung	Hydrostratigraphie	-	konstant	4334 Bohrungen in 156 km2, 23 hydrogeologische Einheiten, vertikale Linienprofile		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	GeoDIN Datenbank, PostGIS/SQL, Dump			Datenbankabfragen mit perl ueber die ODBC-Schnittstelle. Ausordern von Bohrungen ohne Straffierung, Zusammenfassen von Schichten gleicher Straffierung, Vorpriorisierung des Datensatzes auf Aufwelligkeiten und Inkonsistenzen z.B. korrekte Einheitsangaben, Mehrfachnennungen von Schichten, nicht stratifizierte Bohrschritte, stratifizierte Schichten ausserhalb des multivariablen Verteilungsgebietes, grosse Differenzen zwischen Bohranstaltsname und DGM, grosse vertikale Differenzen zwischen Nachbarnbohrungen, Plausibilitaetspruefung durch Interpretation der Schichtgrenzen, Einbezug von Expertenwissen, Neuaufbereitung von Bohrungen oder Bohrschritten, Ausschluss von Bohrungen fuer die Interpretation	benannter Bohrdatenatz klassiert nach hydrogeologischen Einheiten, QGS-Projekt mit Bohrdatenattributen und Darstellung der Bohrschritte		Arbeitsintensiv, Einbearbeitung in die GeoDIN-Datenbankstruktur, Arbeitsintensiv und grosse Herausforderung bei Interpretation, Betrachtungszeitraum betraegt >100 Jahre, Datenqualitaet der Straffierung in Bezug auf Genauigkeit, Vollstaendigkeit, Konsistenz und Zuverlaessigkeit nicht einheitslich. Je nach Bearbeiter, technischer Durchfuehrung der Bohrung, Verwendungszweck variieren die Schichtenbezeichnungen und werden viele Meter zusammengefasst in Schichten, Restwerte Vorgehen erforderlich	Verzerrungen im Projektzeitplan
3	3 Grunddaten	Bohrungen mit Schichtinformationen nach DIN 4022, resp. ISO 14688	Untergundbeschaffenheit	-	konstant	4708 Bohrungen in 156 km2, vertikale Linienprofile		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	GeoDIN Datenbank, PostGIS/SQL, Dump			Datenbankabfragen mit perl ueber die ODBC-Schnittstelle.	QGS-Projekt mit Bohrdatenattributen und Darstellung der Bohrschritte		Arbeitsintensiv, Einbearbeitung in die GeoDIN-Datenbankstruktur, Arbeitsintensiv und grosse Herausforderung bei Interpretation, Betrachtungszeitraum betraegt >100 Jahre, Datenqualitaet der Straffierung in Bezug auf Genauigkeit, Vollstaendigkeit, Konsistenz und Zuverlaessigkeit nicht einheitslich. Je nach Bearbeiter, technischer Durchfuehrung der Bohrung, Verwendungszweck variieren die Schichtenbezeichnungen und werden viele Meter zusammengefasst in Schichten, Restwerte Vorgehen erforderlich	Verzerrungen im Projektzeitplan
4	4 Grunddaten	Durchlass- und Durchlassbeurteilung nach Darcy	Geohydraulik	m/s, m	konstant	4216 Werte fuer horizontale Durchlasskoeffizient und 83 Werte zur vertikalen Durchlasskoeffizient in 156 km2		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	GeoDIN Datenbank, PostGIS/SQL, Dump	Siebenalage, Kurzpumpenversuch, Stugkfall		Gruppierung nach Messmethode, Zuordnung des Testintervalls zu einer hydrostratigraphischen Schicht, schichtbezogene statistische Auswertung			Arbeitsintensiv, Einbearbeitung in die GeoDIN-Datenbankstruktur, Testintervall kann sich ueber mehrere hydrostratigraphische Einheiten erstrecken. Testintervall wurde jeweils der Schicht mit dem grossen M-Wert zugeordnet (Restwerte Vorgehen)	
5	5 Zwischenprodukt	benannter Bohrdatenatz klassiert nach hydrogeologischen Einheiten	Hydrostratigraphie	m /m, m, m, m	konstant	4334 Bohrungen in 156 km2, 23 hydrogeologische Einheiten, Punkt, vertikale Linienprofile	12,7,15			geschaltet	csv		Umwandlung in Inputformat fuer Interpolation in Leaplog (Coliar, Internal)	Inputdaten Bohrpunkte fuer Interpolation in Leaplog (Coliar, Internal)			
6	6 Zwischenprodukt	Inputdaten Bohrpunkte Leaplog (Coliar, Internal)	Hydrostratigraphie	m /m, m, m, m, m	konstant	4334 Bohrungen in 156 km2, 23 hydrogeologischen Einheiten, Punkt, vertikale Linienprofile	5,21			geschaltet	csv			Interpolierte Bohrpunkte fuer Interpolation in Leaplog (Coliar, Internal)			
7	7 Zwischenprodukt	QGS-Projekt mit Bohrdatenattributen und Darstellung der Bohrschritte	Hydrostratigraphie	m /m, m, m, m, m	konstant	4334 Bohrungen in 156 km2, 23 hydrogeologischen Einheiten, Punkt, vertikale Linienprofile	12,3			geschaltet	Punkte-Shape, PNG, QGS		Hilfsmittel fuer Pruefung des Bohrdatenatzes und Verteilungsgebiet				
8	8 Grunddaten	geologische Karten	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal		LAGB Sachsen-Anhalt, VMS	Bestand	VMS			Abteilen von Verteilungsregionen (horizontal)	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten, Punkteraster Maerkchen			
9	9 Grunddaten	geologische Karten	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal		FD Geo/E.ON, Download, LWM/Geo Sachsen-Anhalt, VMS	Bestand	VMS			Digitalisieren, Abteilen von Verteilungsregionen (horizontal)	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten, Punkteraster Maerkchen			
10	10 Grunddaten	geologische Karten	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal		LWM/Geo Sachsen-Anhalt, VMS	Bestand	VMS			Abteilen von Verteilungsregionen (horizontal), Abteilen von Landnutzungsregionen	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten, Punkteraster Maerkchen			
11	11 Grunddaten	topografische Karten	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal		GeoDIN Sachsen, VMS	Bestand	VMS			Abteilen von Verteilungsregionen (horizontal), Abteilen von Landnutzungsregionen	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten, Punkteraster Maerkchen			
12	12 Grunddaten	topografische Karten	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal		Deutsche Digitale Bibliothek	Bestand	pdf			Digitalisieren, Abteilen von Verteilungsregionen (horizontal)	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten, Punkteraster Maerkchen			
13	13 Grunddaten	digitale Geländedaten (DGM)	Hydrostratigraphie	m /m, m, m	konstant	13 Punkte		LWM/Geo Sachsen-Anhalt, Download	Bestand	xyz			Umwandlung in GeoTIFF und ASCII, Koordinatentransformation, Zusammenfuegen einzelner Kacheln	Digitalisierter Geländedatenatz mit Sohle Resten, Punkteraster Maerkchen, Interpolationslinien			
14	14 Grunddaten	Gefaehrungsgutabschaeutungen Deponien	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal, 2D vertikal		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	pdf			Digitalisieren, Auslesen von geologischen Schritten und/oder Bohrungen, Abteilen von Verteilungsregionen (horizontal) und Schichtbezeichnungen	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten, Punkteraster Maerkchen			
15	15 Grunddaten	Bericht mit ueberarbeitung der Straffierung von einzelnen Bohrungen	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D Punkte, vertikale Linienprofile		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	pdf			Digitalisierung, Umwandlung zu Inputdaten Bohrpunkte fuer Interpolation in Leaplog	benannter Bohrdatenatz klassiert nach hydrogeologischen Einheiten			
16	16 Grunddaten	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten aus bestehendem geologischen Modell	Hydrostratigraphie	-	konstant	2D horizontal		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	2D Linien-Shape, QMS			Koordinatentransformation	Verteilungsregionen hydrogeologischen Einheiten			
17	17 Grunddaten	Basiskonfigen Resten	Hydrostratigraphie	m /m, m	konstant	3D Linien		WebGIS LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	3D Linien-Shape			Ergaenzen der Basiskonfigen Resten mit digitalisierten Hoehenlinien aus Plan, Umwandlung in 3D-Punkte, Interpolation in Surfer	Sohle Resten			
18	18 Grunddaten	Hoehenmodell Goltze	Hydrostratigraphie	m /m, m	konstant	3D Linien		LAF Sachsen-Anhalt	Bestand	3D Linien-Shape			Ergaenzen der Basiskonfigen Resten mit digitalisierten Hoehenlinien aus				

Anhang Teil A.2: Datenflussdiagramme Beispielprojekte

Legende

	Grundlagedaten
	Zwischenprodukte
	Endprodukte
	Abgeleitete Produkte

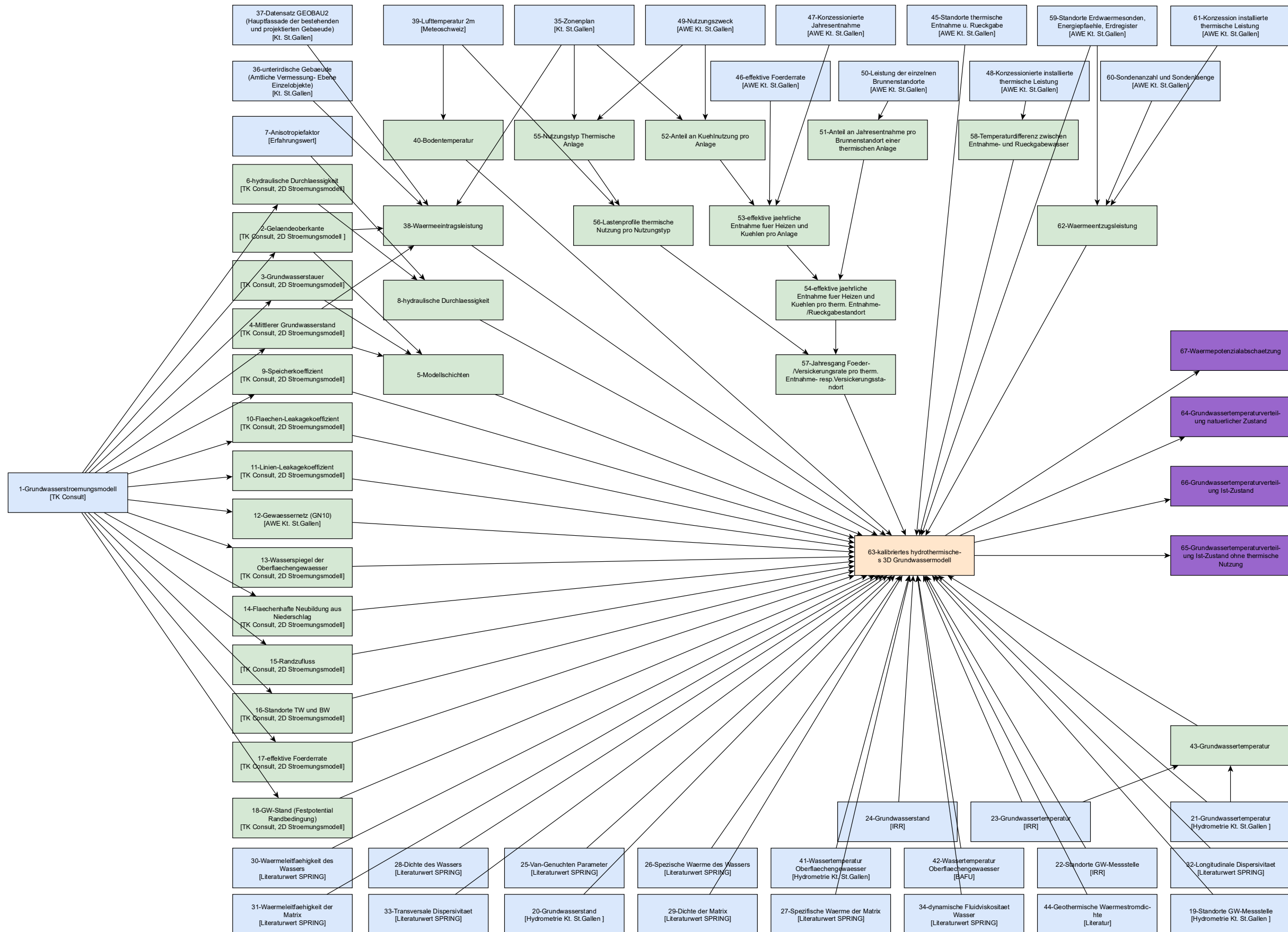


Abbildung 7: Manuell erstelltes Datenflussdiagramm für das Hydrothermische Grundwassermodell Rheintal.

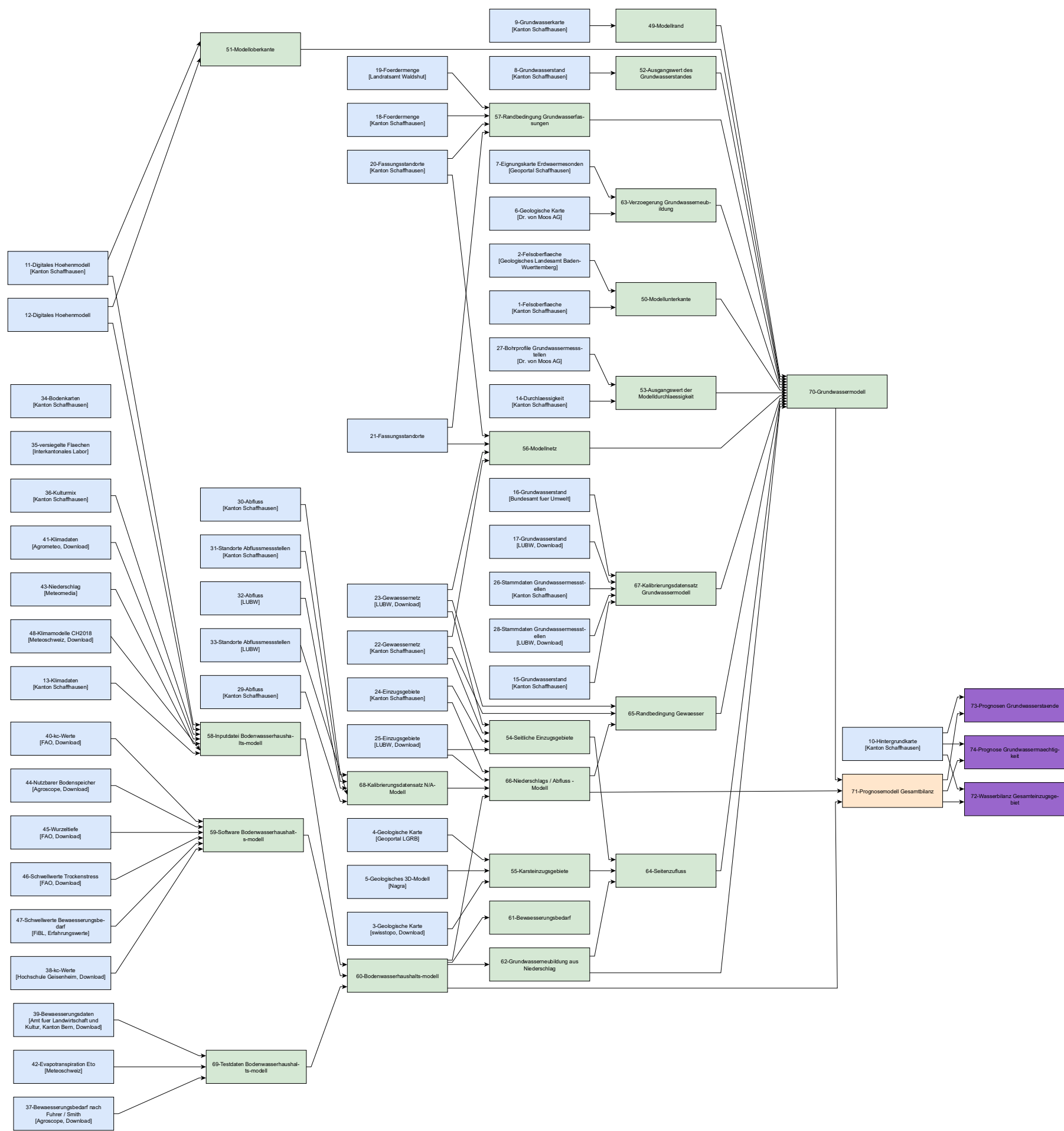


Abbildung 8: Automatisch erstelltes Datenflussdiagramm für das Projekt WasserZukunft Klettgau.

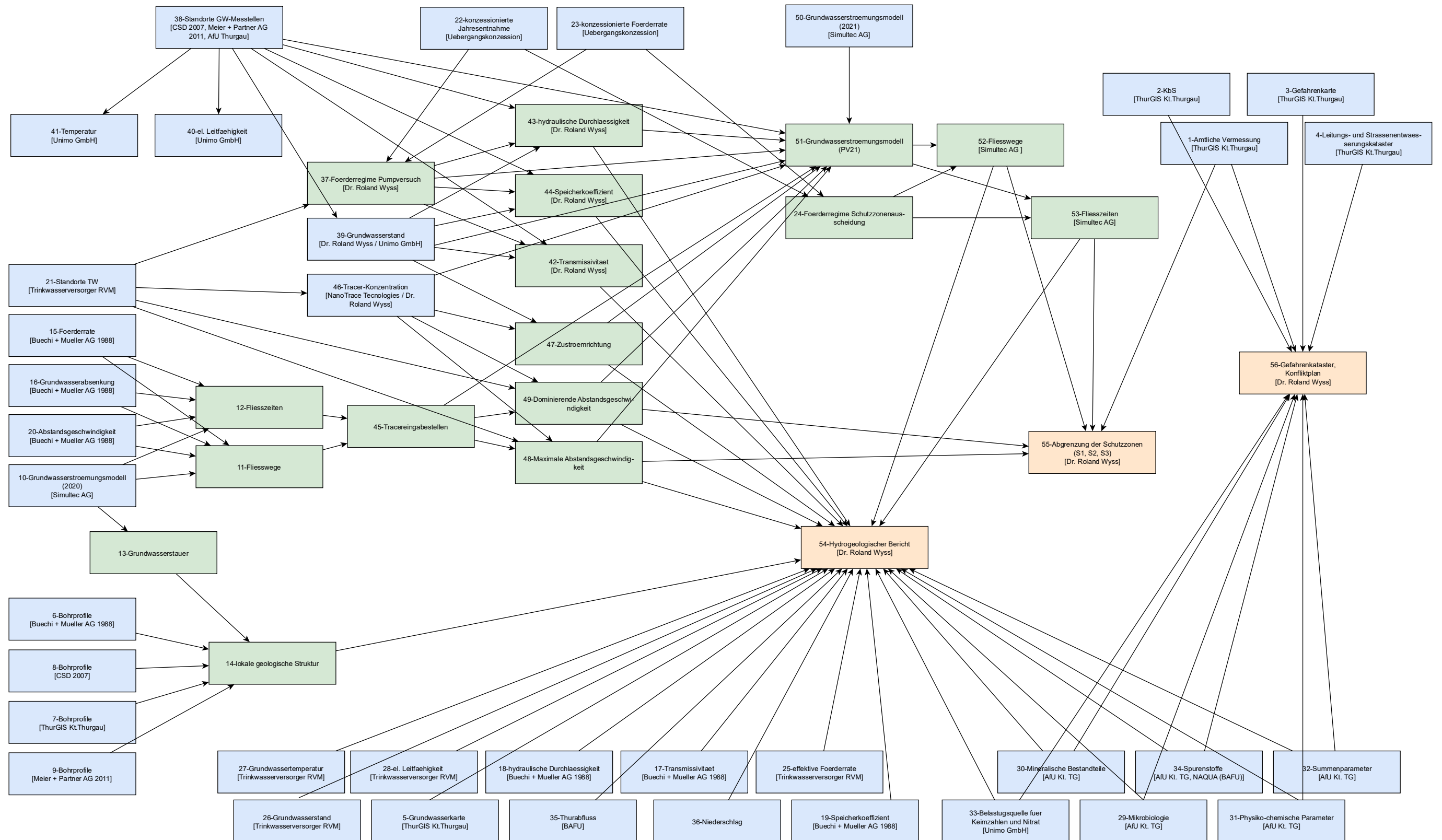


Abbildung 9: Manuell erstelltes Datenflussdiagramm für die Schutzzonenausscheidung des Grundwasserpumpwerks Gugel

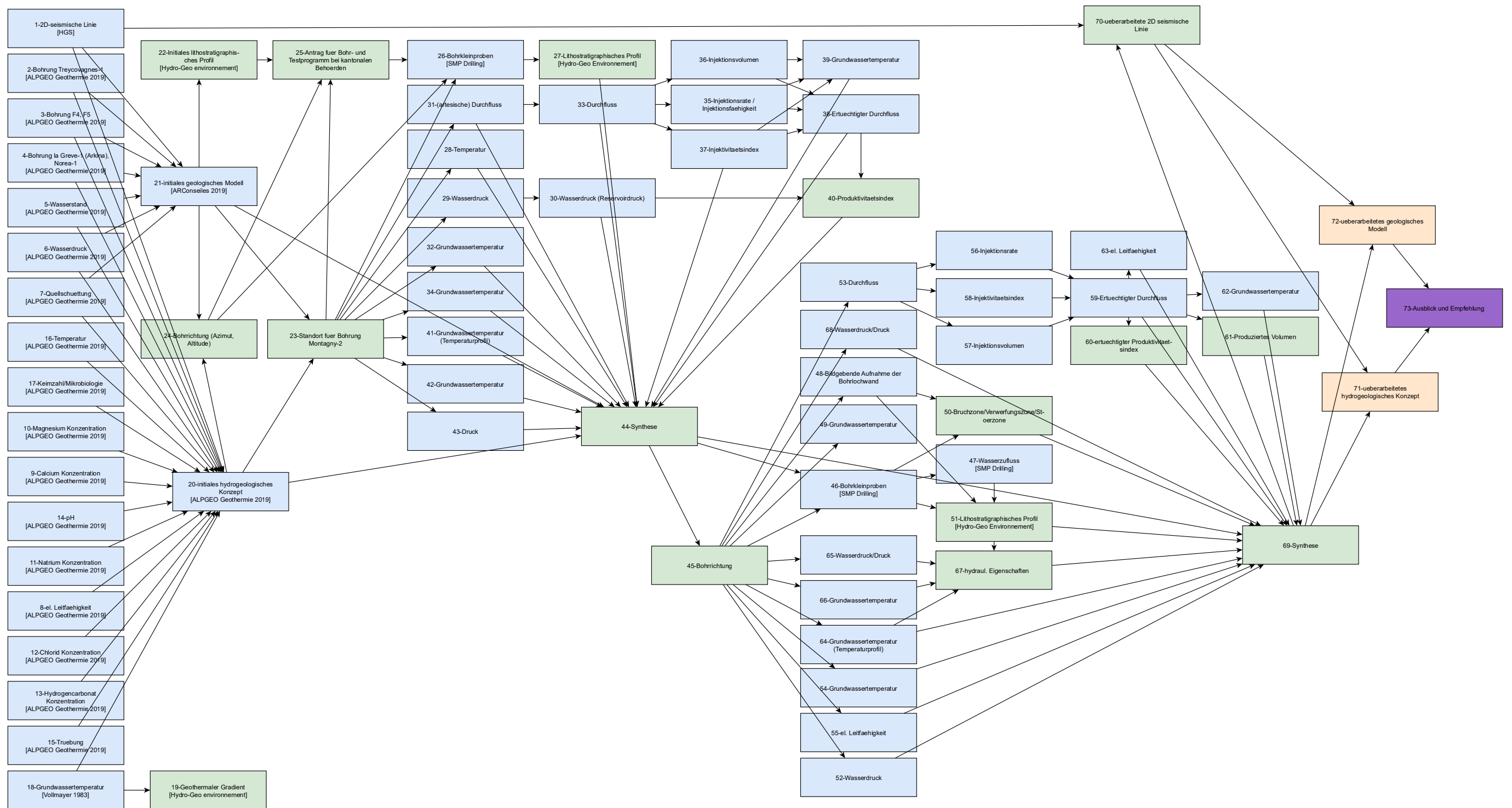


Abbildung 10: Manuell erstelltes Datenflussdiagramm für die geothermische Exploration Montagny.

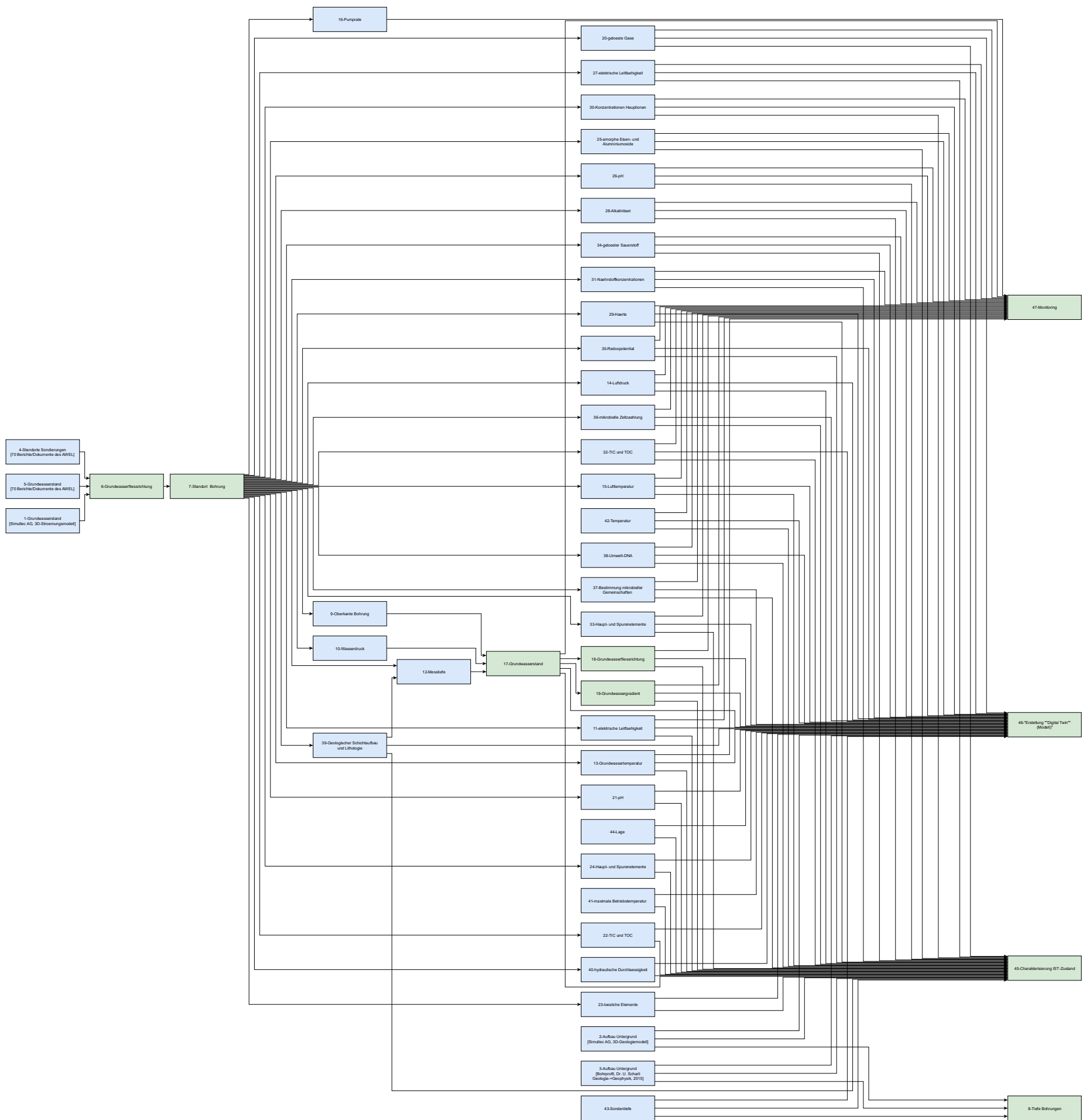


Abbildung 11: Automatisch erstelltes Datenflussdiagramm für das Speicherprojekt ARTS der Empa und Eawag in Dübendorf

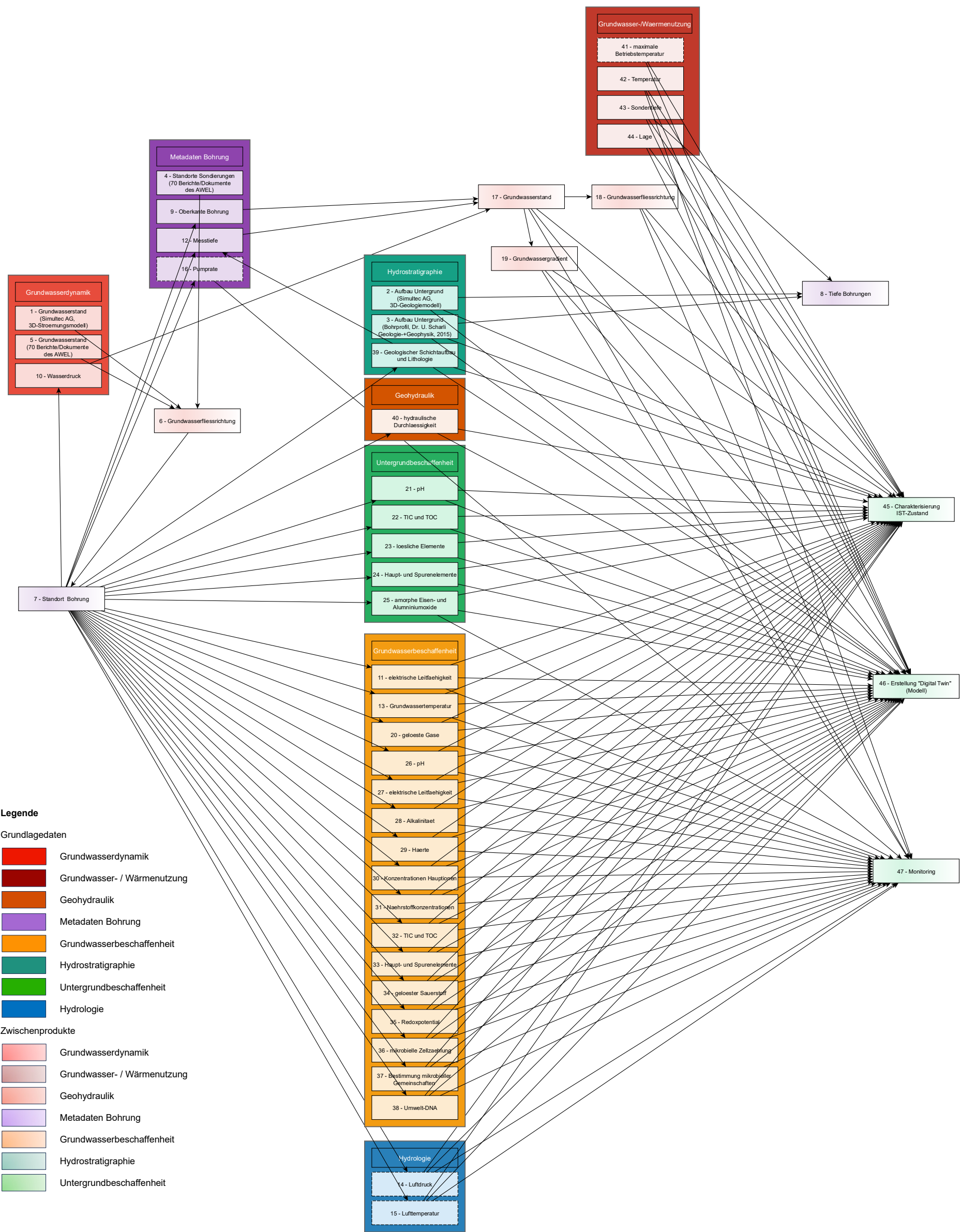


Abbildung 12: Datenflussdiagramm strukturiert nach Parameter- / Datenklassen für das Speicherprojekt ARTS der Empa und Eawag in Dübendorf

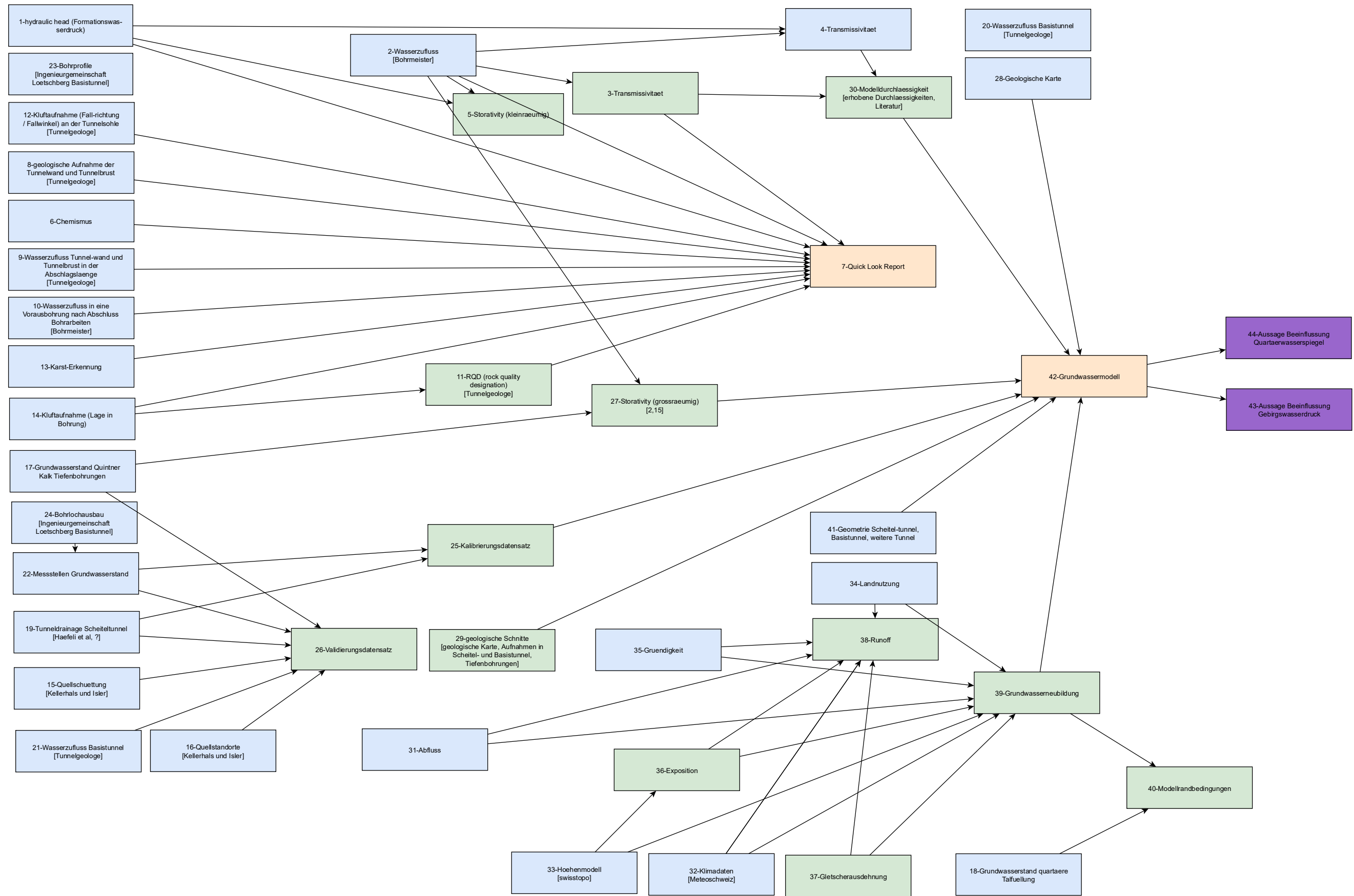


Abbildung 13: Manuell erstelltes Datenflussdiagramm für den Bau des Lötschberg Basistunnels.

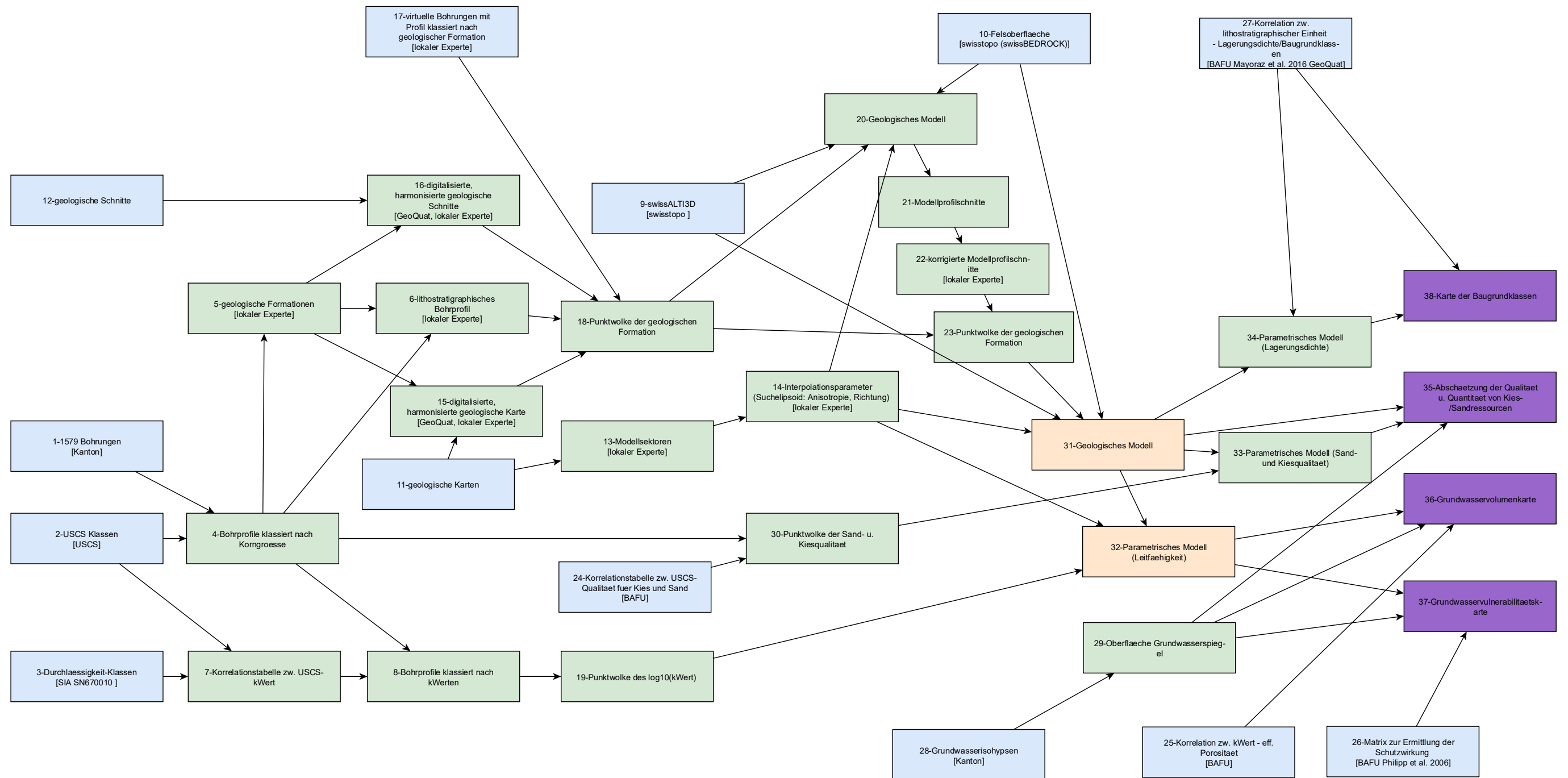


Abbildung 14: Manuell erstelltes Datenflussdiagramm für die Pilotregion Birrfeld des GeoQuat Projekts.

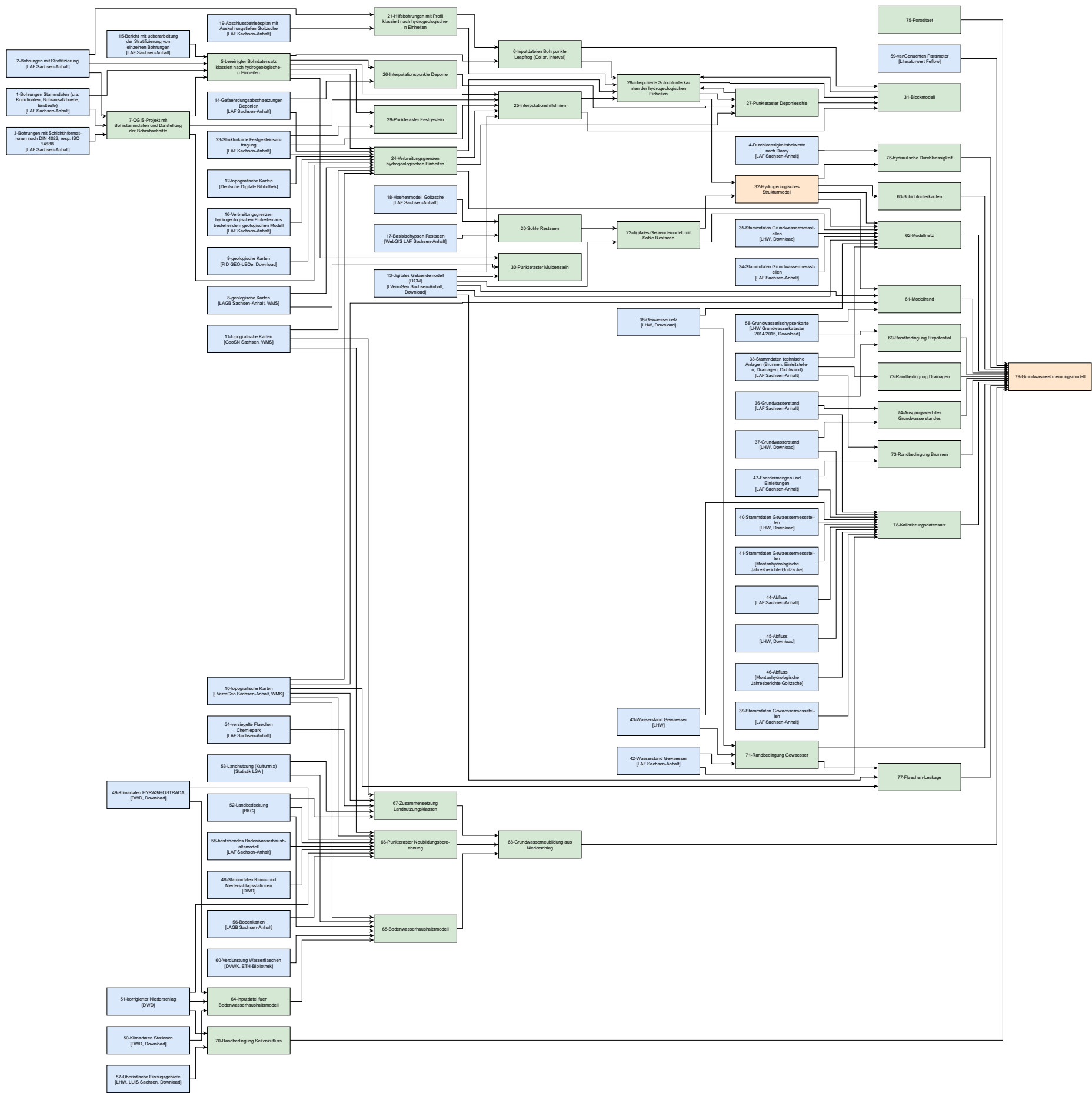
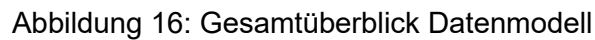


Abbildung 15: Automatisch erstelltes Datenflussdiagramm für das ÖGP-Bitterfeld-Wolfen.

Anhang Teil B.1: Gesamtüberblick Datenmodell



Anhang Teil B.2: Attributtabeln Klassen und Codelisten

Teilbereich Bohrung

Klasse «Ausbau»

Name	Typ	Beschreibung
ausbau_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Typ_Ausbau	Typ des Ausbaus (Codeliste)
Material	CL_Material_Ausbau	Material des Ausbaus (Codeliste)
Tiefe von	double	Tiefe, in der der Ausbau beginnt in MD (gemessene Tiefe)
Tiefe bis	double	Tiefe, in der der Ausbau beendet in MD (gemessene Tiefe)
Datum von	datetime	Datum, an dem der Ausbau beginnt
Datum bis	datetime	Datum, an dem der Ausbau endet
Durchmesser aussen	double	Aussendurchmesser des Ausbaus in m
Durchmesser innen	double	Aussendurchmesser des Ausbaus in m
Packer	string	Packer ja/nein

Klasse «Bohrabschnitt»

Name	Typ	Beschreibung
bohrungsabschnitt_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
Name	string	Name bzw. Bezeichnung des Abschnitts
Azimut	double	Azimut des Bohrabschnitts in °
Neigung	double	Neigung des Bohrabschnitts in -
Tiefe von	double	Tiefe, in der der Bohrabschnitt beginnt in MD (gemessene Tiefe)
Tiefe bis	double	Tiefe, in der der Bohrabschnitt endet in MD (gemessene Tiefe)
Datum von	datetime	Datum, Beginn der Bohrung
Datum bis	datetime	Datum, Ende der Bohrung
Bohrmethode	CL_Bohrmethode	Bohrmethode, mit welcher der Abschnitt gebohrt wurde (Codeliste)
Durchmesser	double	Durchmesser des Bohrabschnitts in m
Kommentar	string	Kommentar/Beschreibung des Bohrabschnitts

Klasse «Bohrung»

Name	Typ	Beschreibung
bohrung_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name der Bohrung
Zweck	CL_Zweck_Bohrung	Zweck der Bohrung (Codeliste)
X-Koordinate	double	X-Koordinate des Bohrstandorts
Y-Koordinate	double	Y-Koordinate des Bohrstandorts
Z-Koordinate	double	Z-Koordinate (Gelände) des Bohrstandorts in m.ü.M.
Genauigkeit X-Koordinate	double	Genauigkeit der Koordinatenangabe
Genauigkeit Y-Koordinate	double	Genauigkeit der Koordinatenangabe
Genauigkeit Höhenlage Z	double	Genauigkeit der Koordinatenangabe
Koordinatensystem	CI_Koordinatensystem	verwendetes Koordinatensystem (Codeliste)
Länge	double	Gesamtlänge der Bohrung in m
Bezugshöhe	double	Bezugshöhe der Bohrung in m.ü.M. Ist der Bezugspunkt für alle Tiefenangaben.
Messstelle	boolean	Messstelle ja/nein

Klasse «Dokumentation Bohrung»

Name	Typ	Beschreibung
dokumentation_bohrung_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
Art	CL_Dok_Art	Art der Dokumentation (Codeliste)
Erstellungsdatum	datetime	Erstellungsdatum der Dokumentation
Autor	string	Autor der Dokumentation
Datenformat	CL_Dok_Format	Format der Dokumentation (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem das Dokument abgelegt ist

Klasse «Hydrogeologische Einheit»

Name	Typ	Beschreibung
hydrogeo_einheit_id	PK	Primärschlüssel
aquifersystem_id	FK	Fremdschlüssel
Name	string	Name der hydrogeologischen Einheit
Typ	CL_Typ_HydroGeo	Beschreibt den Typ der hydrogeologischen Einheit (Codeliste)
Beschreibung	string	Generelle Beschreibung der hydrogeologischen Einheit
Tiefe von	double	Tiefe Oberkante der hydrogeologischen Einheit in m.ü.M.
Tiefe bis	double	Tiefe Unterkante der hydrogeologischen Einheit in m.ü.M.
mittl. Durchlässigkeit (hor.)	double	mittl. horizontale Durchlässigkeit der hydrogeologischen Einheit in m/s
mittl. Durchlässigkeit (vert.)	double	mittl. vertikale Durchlässigkeit der hydrogeologischen Einheit in m/s
mittl. effektive Mächtigkeit	double	mittl. effektive Mächtigkeit der hydrogeologischen Einheit in m
Porosität	double	Porosität der hydrogeologischen Einheit in -
Speicherkoeffizient	double	Speicherkoeffizient der hydrogeologischen Einheit in -
Waermekapazität	double	Wärmekapazität der hydrogeologischen Einheit in J/kg·K
Wärmeleitfähigkeit	double	Wärmeleitfähigkeit der hydrogeologischen Einheit in W/(m·K)
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die hydrogeologische Einheit beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zur hydrogeologischen Einheit abgelegt sind.

Klasse «Messobjekt»

Name	Typ	Beschreibung
messobjekt_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
ug_bauten_id	FK	Fremdschlüssel
teilanlage_id	FK	Fremdschlüssel
ungefasste_quellen_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Messobjekt_Typ	Typ des Messobjekts (Codeliste)
Datum von	datetime	Datum, an dem das Messobjekt beginnt zu existieren.
Datum bis	datetime	Datum, an dem das Messobjekt aufhört zu existieren.
Tiefe von	double	Tiefe, in der das Messobjekt beginnt zu existieren in m.ü.M.
Tiefe bis	double	Tiefe, in der das Messobjekt aufhört zu existieren in m.ü.M.
Beschreibung	string	Beschreibung des Messobjekts

Klasse «Schicht»

Name	Typ	Beschreibung
schicht_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
hydrogeo_einheit_id	FK	Fremdschlüssel
Name	string	Name der Schicht
Tiefe von	double	Tiefe Oberkante Schicht in m.ü.M.
Tiefe bis	double	Tiefe Unterkante Schicht in m.ü.M.
Chronostratigrafie	CL_Chrono	Chronostratigrafische Bezeichnung (Codeliste) Die gesamte Codeliste ist unter folgendem Link im Bereich "Dokumente" des 2D-Datenmodells Geologie (GeoCover), Revision 4.1 zu finden: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geologiesches-modell-2d-geocover Künftig werden alle chronostratigrafischen Einheiten der Schweiz als kontrolliertes Vokabular unter https://lexic.swissgeol.ch/ verfügbar sein. Aktueller Entwicklungsstand einsehbar unter: https://github.com/swisstopo/swissgeol-lexic-vocabulary-chronostratigrafie
Lithologie	CL_Litho	Lithologische Bezeichnung (Codeliste) Die gesamte Codeliste ist unter folgendem Link im Bereich "Dokumente" des 2D-Datenmodells Geologie (GeoCover), Revision 4.1 zu finden: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geologiesches-modell-2d-geocover Künftig werden alle Gesteinsarten der Schweiz als kontrolliertes Vokabular unter https://lexic.swissgeol.ch/ verfügbar sein. Aktueller Entwicklungsstand einsehbar unter: https://github.com/swisstopo/swissgeol-lexic-vocabulary-lithologie
Lithostratigrafie	CL_Lithostrat	Lithostratigrafische Bezeichnung (Codeliste) Die gesamte Codeliste ist unter folgendem Link im Bereich "Dokumente" des 2D-Datenmodells Geologie (GeoCover), Revision 4.1 zu finden: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geologiesches-modell-2d-geocover Künftig werden alle lithostratigrafischen Einheiten der Schweiz als kontrolliertes Vokabular unter https://lexic.swissgeol.ch/ verfügbar sein. Aktueller Entwicklungsstand einsehbar unter: https://github.com/swisstopo/swissgeol-lexic-vocabulary-lithostratigrafie
USCS Klassierung	CL_USCS	Klassierung der Schicht nach USCS (Codeliste)
Hydrostratigraphie	CL_Hydrostrat	hydrostratigrafische Bezeichnung (Codeliste)
Durchlässigkeit	CL_K_qualitativ	Qualitative Kategorisierung der hydraulischen Durchlässigkeit der Schicht (Codeliste)
Strukturinformation	CL_Strukturinfo	Informationen über die Struktur der Schicht (Codeliste)
Beschreibung	string	Beschreibung der Schicht

Klasse «ZK Modell_Bohrung»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_HydroGeoEinheit»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
hydrogeo_einheit_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Schicht»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
schicht_id	FK	Fremdschlüssel

Tabelle 10: Codelisten des Teilbereichs «Bohrung»

CL_Bohrmethode	CL_Chrono	CL_Hydrostrat	CL_K_qualitativ	CL_Koordinatensystem	CL_Litho	CL_Lithostrat	CL_Material_Ausbau	CL_Strukturinfo	CL_Typ_Ausbau	CL_USCS	CL_Zweck_Bohrung	CL_Dok_Art	CL_Dok_Format
keine Angabe	Phanerozoikum	Leiter	sehr gross	CH1903 LV03C G (EPSG:21782)	Dolomitstein: kalkig	Bodensee-Nagelfluh	PVC (Polyvinylchlorid)	Birdseye-Struktur	Vollrohr	fetter Ton (CH)	CCS Exploration	Profil	digital
Handbohrung	Känozoikum	Stauer	gross	CH1903+ (EPSG:4150)	Dolomitstein: kieselig	Tannenwald-Schichten	HDPE (Polyethylen mit hoher Dichte)	Fenestral-Struktur	Filterrohr	magerer Ton (CM)	CCS Injektion	Bericht	Papier
Rammsondierung	Quartär	Geringleiter	mittelgross	CH1903 (EPSG:4149)	Dolomitstein: mikritisch	Tannenberg-Schichten	Kunststoff (nicht spezifiziert)	Keystone-Hohlräume	Standrohr	siltiger Ton (CL)	CCS Produktion	Foto	keine Angabe
Rammkernsondierung	Holozän	keine Angabe	mittel	CH1903 LV 03 (EPSG:21781)	Dolomitstein: Ooide	Napf-Formation	Stahl	Hohlräume	anderer	toniger Silt (CL-ML)	Geotechnik	andere	
Rotary Bohrung	Pleistozän	unbekannt	gering	CH1903+ LV 95 (EPSG:2056)	Dolomitstein: Ooide-Chert	Wolhusen-Bentonit	Edelstahl	Karst, leer	keine Angabe	toniger Kies (GC)	Geothermie Exploration	keine Angabe	
Rotary Bohrung Luftheben	Spätes Pleistozän		sehr gering		Dolomitstein: sandig	Eimätteli-Member	Beton	Karst, teilweise gefüllt	U-Sonde	siltiger bis toniger Kies (GC-GM)	Geothermie Injektion		
Rotary Kernbohrung	Mittleres Pleistozän				Dolomitstein: sandig-siltig	Blapbach-Kohleflöz	andere	Karst, vollständig gefüllt	Doppel-U-Sonde	siltiger Kies (GM)	Geothermie Produktion		
Rotary Seilkernbohrung	Chibanien				Dolomitstein: sandig-tonig	Glimmersand-Formation	keine Angabe	Caliche	temporäre Schutzverrohrung	schlecht abgestufter Kies (GP)	Erdwärmesonde		
Schachtbohrung	Frühes Pleistozän				Dolomitstein: sandig-tonig: Bitumen	Brand-Herrentisch-Tuffit		Hartgrund	U-Sonde mit Strumpf	schlecht abgestufter Kies mit Ton (GP-GC)	Tunnel Exploration		
Greiferbohrung	Calabrien				Sandstein: Feldspat	Wangen-Tuffit		Pseudomorphose	Doppel-U-Sonde mit Strumpf	schlecht abgestufter Kies mit Silt (GP-GM)	Hydrogeologie		
Baggerschiltz	Gélasien				Sandstein: Gips	Hohenolber-Tuffit		Neomorphose	Liner	gut abgestufter Kies (GW)	Grundwasser		
Pfahlbohrung	Neogen				Gestein	Eichbol-Tuffit		Phantomkristalle	Liner-Hanger	gut abgestufter Kies mit Ton (GW-GC)	Trinkwasser		
Schneckenbohrung	Pliozän				Gestein: sedimentär	Ohningen-Formation		Phantomfossilien	offenes Bohrloch	gut abgestufter Kies mit Silt (GW-GM)	Mineralwasser		
andere	Spätes Pliozän				Gestein: klastisch	Ohningen-Süsswasserkalk		Phantomooide		Silt (ML)	Thermalwasser		
Imlochhammerbohrung	Plaisancien				Psephit	Bischofzell-Bentonit		Drucklösungsnahte		organischer Silt (OH)	Mineralische Rohstoffe		
Virtuelle Bohrung	Frühes Pliozän				Brekzie	Ramschwaq-Nagelfluh		Styrolithe		organischer Ton (OL)	Kohlenwasserstoff Exploration		
	Zanclean				Brekzie: sedimentär	Hörnli-Formation		geklüftet		Torf (Pt)	Kohlenwasserstoff Injektion		
	Miozän				Brekzie: dolomitisch	Hörnligipfel-Nagelfluh		gestört		toniger Sand (SC)	Kohlenwasserstoff Produktion		
	Spätes Mozän				Brekzie: dolomitisch: Bitumen	Hörnligubel-Mergel		frakturiert		siltiger bis toniger Sand (SC-SM)	Wissenschaftliche Exploration		
	Messinien				Brekzie: dolomitisch-polymikt	Höchegg-Brekzie		Spiegelflächen (Slickensides)		siltiger Sand (SM)	Naturgefahren		
	Tortonien				Brekzie: kalkig	Tösswald-Schichten		Pull-Apart-Struktur		schlecht abgestufter Sand (SP)	Forschung		
	Mittleres Mozän				Brekzie: kalkig: Bioklasten	Seerücken-Tuffit		geruscht		schlecht abgestufter Sand mit Ton (SP-SC)	anderer		
	Serravallen				Brekzie: kalkig-dolomitisch	Krinau-Schichten		verschleppt		schlecht abgestufter Sand mit Silt (SP-SM)	keine Angabe		
	Langhien				Brekzie: kalkig-polymikt	Uetliberg-Schichten		versackt		gut abgestufter Sand (SW)	belastete Standorte		
	Frühes Mozän				Brekzie: kristallin	Uetliberggipfel-Nagelfluh		kataklastisch		gut abgestufter Sand mit Ton (SW-SC)	Grundwassermessstelle		
	Burdigalien				Brekzie: kristallin-polymikt	Uetliberg-Mergel		geschert		gut abgestufter Sand mit Silt (SW-SM)			
	spätes Burdigalien				Brekzie: monomikt	Loorenkopf-Nagelfluh		Boudinage		elastischer Silt (MH)			
	frühes Burdigalien				Brekzie: polymikt	Pfannenstiel-Schichten		gefaltet					
	Aquitaniens				Brekzie: sandig	Falätschen-Mergel		mylonitisch					
	Paläogen				Brekzie: siltig	Zürich-Schichten		blastomylonitisch					
	Oligozän				Brekzie: tektonisch	Fellitobel-Süsswasserkalk		Ader					
	Chattien				Brekzie: kakritisch	Leimbach-Bentonit		Gipsader					
	spätes Chattien				Brekzie: kataklastisch	Rütschlibach-Riedhof-Süsswasserkalk		Anhydritader					
	frühes Chattien				Brekzie: kataklastisch-dolomitisch	Winterthur-Bentonit		Flaserqips					
	Rupéliens				Brekzie: kataklastisch-kalkig	Aeugstertal-Bentonit		Netzanhydrit (Chicken?Wire?Anhydrit)					
	Eozän				Brekzie: pyroklastisch	Äntlisberg-Doldertobel-Süsswasserkalk		Einsturzbrekzie					
	spätes Eozän				Brekzie: rhyolithisch	Wehrenbach-Höckler-Süsswasserkalk		Lösungsbrekzie					
	Priabonien				Brekzie: tuffitisch	Meilen-Schichten		brekziös					
	spätes Priabonien				Konglomerat	Küsnacht-Bentonit		Rauhwacke					
	frühes Priabonien				Konglomerat: dolomitisch	Wulp-Rotzone		Cone-in-Cone					
	mittleres Eozän				Konglomerat: kalkig	Urdorf-Bentonit		Horse-Tailing					
	Bartonien				Konglomerat: kalkig: Muscheln	Abtwil-Konglomerat		andere					
	Lutétien				Konglomerat: kalkig-dolomitisch	Hüllistein-Konglomerat		keine Angabe					
	frühes Eozän				Konglomerat: kalkig-residual: Eisenpisole	Degersheim-Kalknagelfluh		strukturelos					
	Yprésien				Konglomerat: kristallin	Meilen-Kalk		knollig					
	Paleozän				Konglomerat: monomikt	Haldenhof-Mergel		Varven					
	Thanétien				Konglomerat: ophiolithisch	Lichtensteig-Formation		geschichtet					
	Sélandien				Konglomerat: polymikt	Käpfnach-Formation		leicht geschichtet					
	Danien				Konglomerat: polymikt: Bioklasten	Horgen-Käpfnach-Süsswasserkalk		mässig geschichtet					
	Mesozoikum				Konglomerat: polymikt: Quarz	Guggershorn-Formation		gut geschichtet					
	Kreide				Konglomerat: pyroklastisch	Bois-de-Raube-Formation		sehr gut geschichtet					
	Späte Kreide				Konglomerat: Quarz	Ajoie-Member		laminiert (< 1 cm)					
	Maastrichtien				Konglomerat: tuffitisch	Bois-de-Raube-Member		feinbankig (1 – 10 cm)					
	Campanien				Psammit	Gwüüz-Flysch		mittelbankig (10 – 100 cm)					
	Santonien				Sandstein	Montchaibeux-Member		dickbankig (>100 cm)					
	Coniacien				Sandstein: Anthrazit	Laufen-Juranagelfluh		parallele Schichtung					
	Turonien				Sandstein: Bioklasten	Basler Juranagelfluh		nicht parallele Schichtung					
	Cénomaniens				Sandstein: Bitumen	Aargauer Juranagelfluh		wellige Schichtung (parallel)					
	Frühe Kreide				Sandstein: dolomitisch	Randen-Juranagelfluh		wellige Schichtung (unregelmässig)					
	Albien				Sandstein: Eisenminerale	Kalter-Wangen-Formation		Flaser-Schichtung					
	Aptien				Sandstein: Eisenooide	Heilsberg-Bentonit		linsenförmige Schichtung					
	Barrémien				Sandstein: Glaukonit	Humlikon-Bentonit		pinch-and-swell Schichtung					
	Hauteriviens				Sandstein: Glimmer	Les-Bayards-Juranagelfluh		gekräuselt					
	Valanginiens				Sandstein: Glimmer-Glaukonit	Le-Locle-Formation		gradierte Schichtung					
	Berriasien				Sandstein: kalkig	Le-Verger-Member		normal gradierte Schichtung					
	Jura				Sandstein: kalkig: Bioklasten	Combe-Girard-Member		invers gradierte Schichtung					
	Später Jura				Sandstein: kalkig: Glaukonit	Combe-Girard-Bentonit		Kreuzschichtung					
	Tithonien				Sandstein: kalkig: Glimmer	Vermes-Süsswasserkalk		Trogkreuzschichtung					
	Kimmeridgien				Sandstein: kalkig: Kohle	Golati-Süsswasserkalk		Festoonkreuzschichtung					
	Oxfordien				Sandstein: kalkig: Muscheln	Crêt-du-Locle-Formation		tabulare Kreuzschichtung					
	Mittlerer Jura				Sandstein: kalkig: Nummuliten	Albstein		planare Kreuzschichtung					
	Callovien				Sandstein: kalkig: Quarz	Graupensand		Rippeln					
	Bathonien				Sandstein: kalkig-dolomitisch	Heliciden-Mergel (OSM)		Adhäsionsrippeln					
	Bajociens				Sandstein: kalkig-kieselig	Pfänder-Schichten		asymmetrische Rippeln					
	...				...	...		...					
	Die gesamte Codeliste ist unter folgendem Link im Bereich Dokumente des 2D-Datenmodells Geologie (GeoCover), Revision 4.1 zu finden: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geologische-modell-2d-geocover				Die gesamte Codeliste ist unter folgendem Link im Bereich Dokumente des 2D-Datenmodells Geologie (GeoCover), Revision 4.1 zu finden: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geologische-modell-2d-geocover	Die gesamte Codeliste ist unter folgendem Link im Bereich Dokumente des 2D-Datenmodells Geologie (GeoCover), Revision 4.1 zu finden: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geologische-modell-2d-geocover							

Teilbereich Grundwasservorkommen

Klasse «Aquifersystem»

Name	Typ	Beschreibung
aquifersystem_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung des Aquifersystems
Region	string	Region, in welcher sich das Aquifersystem befindet
Beschreibung	string	Beschreibung des Aquifersystems
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die Ausdehnung des Aquifersystems beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zum Aquifersystem abgelegt sind.

Klasse «Austausch Oberflächengewässer»

Name	Typ	Beschreibung
austauschOW_id	PK	Primärschlüssel
ezg_id	FK	Fremdschlüssel
Bestimmungsmethode	CL_AustauschOW_Meth	Methode zur Bestimmung des Austauschs zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer (Codeliste)
zeitliche Diskretisierung	CL_disk_zeit	Beschreibung der zeitlichen Variabilität des Austauschs von Grundwasser und Oberflächengewässern (Codeliste)
räumliche Diskretisierung	CL_disk_raum	Beschreibung der räumlichen Ausdehnung/Verteilung des Austauschs von Grundwasser und Oberflächengewässern (Codeliste)
Art	CL_Art_Austausch	Art des Austauschs (Codeliste)
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche der Austausch von Grundwasser und Oberflächengewässern beschrieben wird (Codeliste)

Klasse «Baute im Untergrund»

Name	Typ	Beschreibung
ug_bauten_id	PK	Primärschlüssel
Art	CL_Bauten_UG	Art der Baute (provisorische Codeliste)
X-Koordinate	double	X-Koordinate, an der sich die Baute befindet
Y-Koordinate	double	Y-Koordinate, an der sich die Baute befindet
Z-Koordinate	double	Tiefenlage der Baute in m.ü.M.
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die Baute beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zur Baute abgelegt sind.
Beschreibung	string	Beschreibung der Baute
Konzessionierte Leistung [kW]	string	Konzessionierte Leistung der Baute (z.B. bei Erdwärmesonden)

Klasse «Daten Austausch OW»

Name	Typ	Beschreibung
datenaustauschOW_id	PK	Primärschlüssel
austauschOW_id	FK	Fremdschlüssel
Pegel-Abfluss-Beziehung	string	Pegel-Abfluss-Beziehung
Gewässernetz	string	Gewässernetz
Pegelmessungen	string	Pegelmessungen
Digitales Höhenmodell	string	Digitales Höhenmodell
Sohlendurchlässigkeit	string	Sohlendurchlässigkeit
Vermessungsdaten	string	Vermessungsdaten
Abflussmessungen	string	Abflussmessungen
Bathymetrie	string	Bathymetrie
Daten Stofffrachten/Konzentrationen	string	Daten Stofffrachten/Konzentrationen
Daten Temperatur/Wärmeeintrag	string	Daten Temperatur/Wärmeeintrag

Klasse «Daten Neubildung»

Name	Typ	Beschreibung
datenneubildung_id	PK	Primärschlüssel
neubildung_id	FK	Fremdschlüssel
Klimadaten	string	Klimadaten
Meteodaten	string	Meteodaten
Bodendaten	string	Bodendaten
Daten zur Landnutzung	string	Daten zur Landnutzung
Daten zur Vegetation	string	Daten zur Vegetation
Digitales Höhenmodell	string	Digitales Höhenmodell
Daten Stofffrachten/Konzentrationen	string	Daten Stofffrachten/Konzentrationen
Daten Temperatur/Wärmeeintrag	string	Daten Temperatur/Wärmeeintrag

Klasse «Daten Zu/Abfluss EZG»

Name	Typ	Beschreibung
daten zu ab EZG_id	PK	Primärschlüssel
zu ab EZG_id	FK	Fremdschlüssel
Klimadaten	string	Klimadaten
Meteodaten	string	Meteodaten
Bodendaten	string	Bodendaten
Daten zur Landnutzung	string	Daten zur Landnutzung
Daten zur Vegetation	string	Daten zur Vegetation
Digitales Höhenmodell	string	Digitales Höhenmodell
Geologisches Modell	string	Geologisches Modell
Hydrogeologisches Modell	string	Hydrogeologisches Modell
Daten Stofffrachten/Konzentrationen	string	Daten Stofffrachten/Konzentrationen
Daten Temperatur/Wärmeeintrag	string	Daten Temperatur/Wärmeeintrag

Klasse «Grundwasservorkommen»

Name	Typ	Beschreibung
gwworkommen_id	PK	Primärschlüssel
aquifersystem_id	FK	Fremdschlüssel
ezg_id	FK	Fremdschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung des Grundwasservorkommens
Beschreibung	string	Beschreibung des Grundwasservorkommens
Typ	CL_GWLeiter_Typ	Typ Grundwasserleiter (Codeliste)
Druckverhältnis	CL_GWVorkommen_Druck	Druckverhältnis im Grundwasserleiter (Codeliste)
Mächtigkeit	CL_GWVorkommen_Mächtigkeit	Mächtigkeit des Grundwasserleiters (Codeliste)
Ueberlagerung	CL_GWVorkommen_Ueberlagerung	Überlagerung des Grundwasserleiters (Codeliste)
Identifikation	string	Identifikation (Nummer, Bezeichnung) des Grundwasservorkommens
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche das Grundwasservorkommen beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zum Grundwasservorkommen abgelegt sind.

Klasse «GW-Neubildung»

Name	Typ	Beschreibung
neubildung_id	PK	Primärschlüssel
ezg_id	FK	Fremdschlüssel
Bestimmungsmethode	CL_Neubildung_Meth	Methode zur Bestimmung der Grundwasserneubildung (Codeliste)
Beschreibung Methode	string	Beschreibung der Methode zur Bestimmung der Grundwasserneubildung
zeitliche Diskretisierung	CL_disk_zeit	Beschreibung der zeitlichen Variabilität der Grundwasserneubildung (Codeliste)
räumliche Diskretisierung	CL_disk_raum	Beschreibung der räumlichen Ausdehnung/Verteilung der Grundwasserneubildung (Codeliste)
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die Grundwasserneubildung beschrieben wird (Codeliste)

Klasse «GW-Teilanlage»

Name	Typ	Beschreibung
teilanlagen_id	PK	Primärschlüssel
anlagen_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Typ_Teilanlage	Beschreibung Typ der Teilanlage (Codeliste)

Klasse «Hydrogeologische Einheit»

Name	Typ	Beschreibung
hydrogeo_einheit_id	PK	Primärschlüssel
aquifersystem_id	FK	Fremdschlüssel
Name	string	Name der hydrogeologischen Einheit
Typ	CL_Typ_HydroGeo	Beschreibt den Typ der hydrogeologischen Einheit (Codeliste)
Beschreibung	string	Generelle Beschreibung der hydrogeologischen Einheit
Tiefe von	double	Tiefe Oberkante der hydrogeologischen Einheit in m.ü.M.
Tiefe bis	double	Tiefe Unterkante der hydrogeologischen Einheit in m.ü.M.
mittl. Durchlässigkeit (hor.)	double	mittl. horizontale Durchlässigkeit der hydrogeologischen Einheit in m/s
mittl. Durchlässigkeit (vert.)	double	mittl. vertikale Durchlässigkeit der hydrogeologischen Einheit in m/s
mittl. effektive Mächtigkeit	double	mittl. effektive Mächtigkeit der hydrogeologischen Einheit in m
Porosität	double	Porosität der hydrogeologischen Einheit in -
Speicherkoeffizient	double	Speicherkoeffizient der hydrogeologischen Einheit in -
Waermekapazität	double	Wärmekapazität der hydrogeologischen Einheit in J/kg·K
Waermeleitfähigkeit	double	Wärmeleitfähigkeit der hydrogeologischen Einheit in W/(m·K)
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die hydrogeologische Einheit beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zur hydrogeologischen Einheit abgelegt sind.

Klasse «hydrogeologisches Einzugsgebiet»

Name	Typ	Beschreibung
ezg_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung des Einzugsgebiets
Region	string	Region, in welcher das Einzugsgebiet liegt
Beschreibung	string	Beschreibung des Einzugsgebiets
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche das Einzugsgebiet beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zum Einzugsgebiet abgelegt sind.

Klasse «Messobjekt»

Name	Typ	Beschreibung
messobjekt_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
ug_bauten_id	FK	Fremdschlüssel
teilanlage_id	FK	Fremdschlüssel
ungefasste_quellen_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Messobjekt_Typ	Typ des Messobjekts (Codeliste)
Datum von	datetime	Datum, an dem das Messobjekt beginnt zu existieren.
Datum bis	datetime	Datum, an dem das Messobjekt aufhört zu existieren.
Tiefe von	double	Tiefe, in der das Messobjekt beginnt zu existieren in m.ü.M.
Tiefe bis	double	Tiefe, in der das Messobjekt aufhört zu existieren in m.ü.M.
Beschreibung	string	Beschreibung des Messobjekts

Klasse «ungefasste Quelle»

Name	Typ	Beschreibung
ungefasste_quellen_id	PK	Primärschlüssel
ezg_id	FK	Fremdschlüssel
Bestimmungsmethode	CL_unge_Quellen_Meth	Methode zur Bestimmung ungefasster Quellen (Codeliste)
mitt. Schüttung	double	mittlere Schüttung der Quelle in l/min
min. Schüttung	double	minimale Schüttung der Quelle in l/min
max. Schüttung	double	maximale Schüttung der Quelle in l/min
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche ungefasste Quellen beschrieben werden (Codeliste)
X-Koordinate	double	X-Koordinate einer ungefassten Quelle
Y-Koordinate	double	Y-Koordinate einer ungefassten Quelle
Z-Koordinate	double	Höhenlage einer ungefassten Quelle in m.ü.M.
zeitliche Diskretisierung	CL_disk_zeit	Beschreibung der zeitlichen Variabilität ungefasster Quellen (Codeliste)
räumliche Diskretisierung	CL_disk_raum	Beschreibung der räumlichen Ausdehnung/Verteilung ungefasster Quellen (Codeliste)
Bezeichnung	string	Bezeichnung einer ungefassten Quelle

Klasse «Zu/Abfluss hydrogeologisches EZG»

Name	Typ	Beschreibung
zu_ab_EZG_id	PK	Primärschlüssel
ezg_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Typ_ZuAbfluesse	Typ der Zu- bzw. Abflüsse
Bestimmungsmethode	CL_ZuAb_EZG_Meth	Methode zur Bestimmung von Zu- bzw. Abflüssen (Codeliste)
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche Zu- bzw. Abflüsse beschrieben werden (Codeliste)
zeitliche Diskretisierung	CL_disk_zeit	Beschreibung der zeitlichen Variabilität von Zu- bzw. Abflüssen (Codeliste)
räumliche Diskretisierung	CL_disk_raum	Beschreibung der räumlichen Ausdehnung/Verteilung von Zu- bzw. Abflüssen (Codeliste)

Klasse «ZK Modell_GWVorkommen»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
gwworkommen_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Aquifersystem»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
aquifersystem_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_HydroGeoEinheit»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
hydrogeo_einheit_id	FK	Fremdschlüssel

Tabelle 11: Codelisten Teilbereich «Grundwasservorkommen»

CL_Art_Austausch	CL_AustauschOW_Meth	CL_disk_raum	CL_disk_zeit	CL_Geometrie	CL_GWLeiter_Typ	CL_GWVorkommen_Druck	CL_GWVorkommen_Maechtigkeit	CL_GWVorkommen_Ueberlagerung	CL_Neubildung_Meth	CL_Typ_HydroGeo	CL_Typ_ZuAbfluesse	CL_unge_Quellen_Meth	CL_ZuAb_EZG_Meth
Infiltration	Berechnung (P-Q-Beziehung + Durchlässigkeit Sohle)	homogen	stationär	Punkt	Poren_Lockergestein	frei	gering	weitere oberhalb	modelliert	Leiter	Karst	geschätzt	Bodenwasserhaushaltsmodell
Exfiltration	Berechnung (1D hydraulisches Modell+ Durchlässigkeit Sohle)	zoniert	instationär	Linie	Poren_Festgestein	gespannt	mittel	primäres erstes	Literaturwert	Geringleiter	Klüfte	kalibriert	geschätzt
wechselnd	Berechnung (2D hydraulisches Modell+ Durchlässigkeit Sohle)	gerastert		Polygon	Karst_Festgestein stark heterogen	artesisch	gross	zweites	gemessen	Stauer	Boden	gemessen	kalibriert
	Versuch (Salzverdünnung, in situ)	flächenhaft		keine Anagbe	Karst_Festgestein schwach heterogen	teilweise gespannt	sehr gross	drittes	geschätzt		Hangsickerwasser	keine Angabe	gemessen
	Versuch (Tracer, in situ)			Volumenkörper	Karst unbestimmt	unbestimmt	gering 0 bis 5m	weitere unterhalb	kalibriert			berechnet	berechnet
	Versuch (Labor)				Kluft_Festgestein stark heterogen		gering 2 bis 5m	unbestimmt					keine Angabe
	Pegelbeobachtungen				Kluft_Festgestein schwach heterogen		gering 5 bis 10m						Markerversuch
	Versuch (Isotopen, in situ)				Kluft unbestimmt		unbestimmt						Niederschlags-Abfluss-Modell
	geschätzt												
	kalibriert												

Teilbereich Messung

Klasse «Auswertung»

Name	Typ	Beschreibung
auswertung_id	PK	Primärschlüssel
versuch_id	FK	Fremdschlüssel
messparameter_id	FK	Fremdschlüssel
messeinheit_id	FK	Fremdschlüssel
Zeitraum bis	datetime	Beginn Auswertungszeitraum
Zeitraum von	datetime	Ende Auswertungszeitraum
wert	double	Wert des ausgewerteten Parameters
wert_text	string	Textwert falls der Messparameter nicht numerisch vorliegt, sondern in Worten beschrieben wird
Unsicherheit	double	Unsicherheit des Messwerts (numerisch, muss die gleiche Einheit wie der Messparameter haben)
Bemerkung	string	Bemerkung zur Auswertung
Referenzwert	double	Referenzwert zum ausgewerteten Parameter (muss die gleiche Einheit wie der Messparameter haben)
wert min	double	minimaler Wert des ausgewerteten Parameters
wert max	double	maximaler Wert des ausgewerteten Parameters
wert mean	double	Mittelwert des ausgewerteten Parameters
Bestimmungsmethode	string	Methode, mit welcher ein Parameter im Zuge der Auswertung bestimmt wird
Tiefe von	datetime	Beginn Tiefe, in der der Versuch ausgewertet wird
Tiefe bis	datetime	Ende Tiefe, in der der Versuch ausgewertet wird

Klasse «Dokumentation Versuch»

Name	Typ	Beschreibung
dokumentation_versuch_id	PK	Primärschlüssel
versuch_id	FK	Fremdschlüssel
Art	CL_Dok_Art	Art der Dokumentation (Codeliste)
Erstellungsdatum	datetime	Erstellungsdatum der Dokumentation
Autor	string	Autor der Dokumentation
Datenformat	CL_Dok_Format	Format der Dokumentation (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem das Dokument abgelegt ist

Klasse «Messeinheit»

Name	Typ	Beschreibung
messeinheit_id	PK	Primärschlüssel
name	CL_Parameter_Einheit	Name/Bezeichnung der Messeinheit
Beschreibung	string	Beschreibung der Messeinheit

Klasse «Messinstrument»

Name	Typ	Beschreibung
messinstrument_id	PK	Primärschlüssel
messversuchmethode_id	FK	Primärschlüssel
name	CL_Instrument	Name des Messinstruments (Codeliste)
beschreibung	string	Beschreibung des Messinstruments

Klasse «Messobjekt»

Name	Typ	Beschreibung
messobjekt_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
ug_bauten_id	FK	Fremdschlüssel
teilanlage_id	FK	Fremdschlüssel
ungefasste_quellen_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Messobjekt_Typ	Typ des Messobjekts (Codeliste)
Datum von	datetime	Datum, an dem das Messobjekt beginnt zu existieren.
Datum bis	datetime	Datum, an dem das Messobjekt aufhört zu existieren.
Tiefe von	double	Tiefe, in der das Messobjekt beginnt zu existieren in m.ü.M.
Tiefe bis	double	Tiefe, in der das Messobjekt aufhört zu existieren in m.ü.M.
Beschreibung	string	Beschreibung des Messobjekts

Klasse «Messparameter»

Name	Typ	Beschreibung
messparameter_id	PK	Primärschlüssel
name	CL_Parameter	Name des Parameters (Codeliste)
Typ	CL_ParameterTyp	Typ des Parameters (Codeliste), z.B. physikalisch
Datentyp	CL_Parameter_DatenTyp	Datentyp des Parameters (Codeliste)

Klasse «Messung/Messreihe»

Name	Typ	Beschreibung
messung_id	PK	Primärschlüssel
messobjekt_id	FK	Fremdschlüssel
messparameter_id	FK	Fremdschlüssel
messeinheit_id	FK	Fremdschlüssel
messversuchsmethode_id	FK	Fremdschlüssel
versuch_id	FK	Fremdschlüssel
beschreibung	string	Beschreibung der Messung

Klasse «Messwert»

Name	Typ	Beschreibung
messwert_id	PK	Primärschlüssel
messung_id	FK	Fremdschlüssel
Zeit	datetime	Zeit, zu der gemessen wurde
Tiefe	double	Tiefe, in der gemessen wurde
Wert	double	gemessener numerischer Wert des Messparameters
Referenzwert	double	Referenzwert zum Messparameter (muss die gleiche Einheit wie der Messparameter haben)
wert_text	string	Textwert falls der Messparameter nicht numerisch vorliegt, sondern in Worten beschrieben wird
Unsicherheit	double	Unsicherheit des Messwerts (numerisch, muss die gleiche Einheit wie der Messparameter haben)
Bemerkung	string	Bemerkung zum Messwert

Klasse «Mess-/Versuchsmethode»

Name	Typ	Beschreibung
messversuchsmethode_id	PK	Primärschlüssel
Name	CL_Methode	Name der Mess- bzw. Versuchsmethode
Beschreibung	string	Beschreibung der Mess- bzw. Versuchsmethode

Klasse «Versuch»

Name	Typ	Beschreibung
versuch_id	PK	Primärschlüssel
messversuchmethode_id	FK	Fremdschlüssel
datum bis	datetime	Datum Versuchsbeginn
datum von	datetime	Datum Versuchsende
bemerkung	string	Bemerkungen zum Versuch

Klasse «ZK Modell_Messung»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
messung_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modellparameter_Auswertung»

Name	Typ	Beschreibung
modellparameter_id	FK	Fremdschlüssel
auswertung_id	FK	Fremdschlüssel

Tabelle 12: Codelisten des Teilbereichs «Messung»

CL_Instrument	CL_Messobjekt_Typ	CL_Methode	CL_Parameter	CL_Parameter_DatenTyp	CL_Parameter_Einheit	CL_ParameterTyp	CL_Dok_Art	CL_Dok_Format
Pumpe unspezifiziert	Pumpprobe	Pump-/Injektionsversuch, konstante Rate	Hydraulische Durchlässigkeit, Punkt K-Wert	deskriptiv	m ü.M.	physikalisch	Profil	digital
Unterwasserpumpe	Schöpfprobe	Pump-/Injektionsversuch, stufenweise konstante Rate	Hydraulische Durchlässigkeit, Profil K-Wert	numerisch	bar	chemisch	Bericht	Papier
Saugpumpe	in situ	Pump-/Injektionsversuch, variable Rate	Hydraulische Durchlässigkeit, Bereichs K-Wert	andere	mS/cm	biologisch	Foto	keine Angabe
Drucksonde	anderer	Pump-/Injektionsversuch, konstante Druckhöhe	Hydraulische Durchlässigkeit, Gebiets K-Wert	keine Angabe	°C	keine Angabe	andere	
Porenwasserdruckgeber (Filterkerze)	keine Angabe	Pump-/Injektionsversuch, schlagartige Änderung der Druckhöhe (Slug/Bail, Pulse)	statischer Formationsdruck		°K	mineralogisch	keine Angabe	
Manometer	Feststoffprobe	hydraulischer Packertest	spezifischer Speicherkoeffizient		mol/l			
Temperatursonde	Wasserprobe	Druckerholung im offenen Bohrloch/Gestänge/Piezometer	Speicherkoeffizient		hPa			
pH-Sonde	Zustand	Druckerholung im geschlossenen Intervall	Lugeon-Wert		%			
Leitfähigkeitssonde	Zustand an Ort	Wasserdruckversuch (Drillstem, Lugeon)	anderer		µg/l			
Sauerstoffsonde	Gasprobe (gelöst)	Flowmeter- / Fluid-Logging-Versuch	keine Angabe		mg/kg			
Redox-Sonde	Gasprobe (Boden)	TLC- Logging	Grundwasserstand		mmol/l			
anderer		Infiltrationsversuch, ungesättigte Zone	Grundwasserflussrichtung		mg/l			
keine Angabe		Markerversuch	elektrische Leitfähigkeit		mbar			
Lichtlot		Georadar-Messungen	Grundwassertemperatur		mV			
Manometer		Geoelektrik	Gesteinstemperatur		V			
Schall		Seismik	pH		Events/µl			
Taucher		Grundwasserstandsmessung	TIC		ng/µL			
Massenspektrometer		Massenspektrometrie	TOC		m			
Durchflusszelle		Roentgen-Fluoreszenz-Spektroskopie (XRF)	Alkalinität		m/s			
TOC Skalar Autoanalyzer		Extraktion mit 10mM CaCl2	Härte		1/s			
Glasfaserleitung		Extraktion mit 0.2 M Oxalatsäure	gelöster Sauerstoff		mm/d			
Piezoelektrische Drucktransmitter		ICP-MS	Redoxpotential		m/d			
Kuebel und Uhr		Ionen-Chromatographie	Umwelt-DNA		m³/d			
Datenlogger		Durchflussszytometrie	Anzahl mikrobielle Zellen		m³/a			
		16S-Sequenzierung	mikrobielle Gemeinschaft		kg/m³			
		Amplicon-Sequenzierung	Anisotropiefaktor		J/(K*kg)			
		Polymerase-Kettenreaktion (PCR) Versuche	Förderrate		W/(m*K)			
		Salzverdünnung	Spezische Wärme des Wassers		kg/(m*s)			
		Kluftkompass	Spezifische Wärme des Gesteins		mW/m2			
		andere	Dichte des Wassers		W			
		keine Angabe	Dichte des Gesteins		l/s			
			Wärmeleitfähigkeit des Wassers		NTU			
			Wärmeleitfähigkeit des Gesteins		°C/km			
			Longitudinale Dispersivität		l/s/bar			
			Transversale Dispersivität		m3/h			
			dynamische Fluidviskosität Wasser		m2/s			
			Geothermische Wärmestromdichte		d			
			Injektionsvolumen		keine			
			Injektionsrate		m2			
			Injektivitätsindex		Darcy			
			Produktivitätsindex					
			Produziertes Volumen					
			Mineralische Bestandteile					
			weitere physiko-chemische Parameter (Wasser)					
			weitere physiko-chemische Parameter (Gas)					
			Tracer-Konzentration					
			Kluftaufnahme					
			RQD (Rock Quality Design)					
			Wasserzufluss					
			Quellschüttung					
			Porosität					

Teilbereich Modell

Klasse «abgeleitetes Produkt»

Name	Typ	Beschreibung
abgeleitete_produkte_id	PK	Primärschlüssel
modellresultate_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_abgel_Produkte_Typ	Bezeichnung des abgeleiteten Produkts (Codeliste)
Erstellungsdatum	datetime	Erstellungsdatum
Autor	string	Autor
Datenformat	CL_abgel_Produkte_Format	Datenformat, in dem das abgeleitete Produkt vorliegt (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem das abgeleitete Produkt abgelegt ist
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche das abgeleitete Produkt beschrieben wird (Codeliste)

Klasse «Dokumentation Modell»

Name	Typ	Beschreibung
dokumentation_modell_id	PK	Primärschlüssel
modell_id	FK	Fremdschlüssel
Art	CL_Dok_Art	Art der Dokumentation (Codeliste)
Erstellungsdatum	datetime	Erstellungsdatum der Dokumentation
Autor	string	Autor der Dokumentation
Datenformat	CL_Dok_Format	Format der Dokumentation (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem das Dokument abgelegt ist

Klasse «Karte»

Name	Typ	Beschreibung
karte_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung der Karte
Typ	CL_Karten_Typ	Typ Karte (Codeliste)
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die Karte beschrieben wird (Codeliste)
Format	CL_Karten_Format	Format, in welchem eine Karte vorliegt (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem die Karte abgelegt ist
Beschreibung	string	Beschreibung der Karte
Quelle	string	Quelle
Version	string	Version

Klasse «Literatur»

Name	Typ	Beschreibung
literatur_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung
Format	string	Format, in welchem die Literatur vorliegt
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem die Literatur abgelegt ist
Beschreibung	string	Beschreibung der Literatur
Autor	string	Autor
Quelle	string	Quelle
Datum	string	Datum
Version	string	Version

Klasse «Literaturwert»

Name	Typ	Beschreibung
literaturwerte_id	PK	Primärschlüssel
literatur_id	FK	Fremdschlüssel
Name	CL_Literatur_Parameter	Name des Parameters, für welchen ein Literaturwert vorliegt (Codeliste)
Wert	double	numerischer Wert des in der Literatur beschriebenen Parameters
Einheit	string	Einheit des Literaturwerts
wert_text	string	Textwert falls der Literaturwert nicht numerisch vorliegt, sondern in Worten beschrieben wird

Klasse «Modell»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung des Modells
Typ	CL_Modelltypen	Modelltyp (Codeliste)
Beschreibung	string	Beschreibung des Modells
Zweck	string	Zweck des Modells, Grund für die Erstellung des Modells
Version	string	Version des Modells
Autor	string	Autor des Modells
Erstellungsdatum	datetime	Erstellungsdatum des Modells
Dimensionalität	string	Dimension des Modells (z.B. 2D-horizontal, 2D-vertikal, 3D)
Dateiformat	string	Dateiformat, in welchem das Modell vorliegt
Zeitraum von	datetime	Beginn Modellzeitraum
Zeitraum bis	datetime	Ende Modellzeitraum
räumliche Ausdehnung	string	Beschreibung der räumlichen Ausdehnung des Modells
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem die Modelldatei abgelegt ist.

Klasse «Modellparameter»

Name	Typ	Beschreibung
modellparameter_id	PK	Primärschlüssel
modell_id	FK	Fremdschlüssel
Name	CL_Modell_Parameter	Name/Bezeichnung des Modellparameters
Einheit	string	Einheit, in welcher der Modellparameter hinterlegt ist
zeitliche Diskretisierung	string	Beschreibung, ob der Modellparameter stationär oder instationär vorliegt
räumliche Diskretisierung	string	Beschreibung der räumlichen Verteilung des Modellparameters
Datenformat	string	Format, in welchem die Modellparameter vorliegen
Kategorie	string	Kategorie, zu welcher die Modellparameter gehören
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem die Datei der Modellparameter abgelegt ist.
Quelle	string	Quelle, woher ein Modellparameter stammt

Klasse «Modellresultat»

Name	Typ	Beschreibung
modellresultate_id	PK	Primärschlüssel
modell_id	FK	Fremdschlüssel
Name	CL_Modell_Resultate_Variable	Name/Bezeichnung der Variablen für den Modellresultate vorliegen
Einheit	string	Einheit des Modellresultats
Zeitliche Diskretisierung	string	Beschreibung, ob das Modellresultat stationär oder instationär vorliegt
räumliche Diskretisierung	string	Beschreibung der räumlichen Verteilung der Modellresultate
Datenformat	string	Format, in welchem die Modellresultate vorliegen
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem die Datei der Modellresultate abgelegt ist.

Klasse «Profilschnitt»

Name	Typ	Beschreibung
profilschnitt_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung des Profilschnitts
Typ	CL_Profilschnitte_Typ	Typ Profilschnitt (Codeliste)
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche der Profilschnitt beschrieben wird (Codeliste)
Format	string	Format
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem der Profilschnitt abgelegt ist
Beschreibung	string	Beschreibung des Profilschnitts
Quelle	string	Quelle
Version	string	Version

Klasse «ZK Modell_GWVorkommen»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
gwworkommen_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Karte»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
karte_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Literatur»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
literatur_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Messung»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
messung_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Profilschnitt»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
profilschnitt_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_BauteUG»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
ug_bauten_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Aquifersystem»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
aquifersystem_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Bohrung»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_GW-Teilanlage»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
teilanlagen_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_HydroGeoEinheit»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
hydrogeo_einheit_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_Schicht»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
schicht_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK ModellzuModell»

Name	Typ	Beschreibung
modellzumodell_id	PK	Primärschlüssel
modell_id	FK	Fremdschlüssel
vorgaengermodell_id	FK	Fremdschlüssel
Beschreibung	string	Beschreibung der Modell-zu-Modell-Beziehung

Klasse «ZK Modellparameter_Auswertung»

Name	Typ	Beschreibung
modellparameter_id	FK	Fremdschlüssel
auswertung_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modellparameter_Karte»

Name	Typ	Beschreibung
modellparameter_id	FK	Fremdschlüssel
karte_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modellparameter_Literatur»

Name	Typ	Beschreibung
modellparameter_id	FK	Fremdschlüssel
literatur_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modellparameter_Profilschnitt»

Name	Typ	Beschreibung
modellparameter_id	FK	Fremdschlüssel
profilschnitt_id	FK	Fremdschlüssel

Tabelle 13: Codelisten Teilbereich «Modell»

CL_Geometrie	CL_Karten_Typ	CL_Modell_Parameter	CL_Modell_Resultate_Variable	CL_Modelltypen	CL_abgel_Produnkte_Form	CL_abgel_Produnkte_Typ	CL_disk_raum	CL_disk_zeit	CL_Dok_Art	CL_Dok_Format	CL_Karten_Format	CL_Literatur_Parameter	CL_Profilschnitte_Typ
Punkt	DGM	Hydraulische Durchlässigkeit, Punkt K-Wert	Grundwassertemperatur	Hydrogeologisches Modell	Karten	Grundwasserisohypsen	homogen	stationär	Profil	digital	Raster	Hydraulische Durchlässigkeit, Punkt K-Wert	geologischer Schnitt
Linie	Landnutzung	Hydraulische Durchlässigkeit, Profil K-Wert	Gesteinstemperatur	Geologisches Modell	Profile	Wasserbilanz im EZG	zoniert	instationär	Bericht	Papier	Vektor	Hydraulische Durchlässigkeit, Profil K-Wert	2D Seismik
Polygon	Einzugsgebiete	Hydraulische Durchlässigkeit, Bereichs K-Wert	Konzentration	3D Volumenmodell	3D-Visualisierung	Wärmebilanz im EZG	gerastert		Foto	keine Angabe	WebService	Hydraulische Durchlässigkeit, Bereichs K-Wert	Geoelektrik
keine Angabe	kartierte Geologie	Hydraulische Durchlässigkeit, Gebiets K-Wert	Grundwasserspiegel	Geochemisches Modell		Stoffbilanz im EZG	flächenhaft		andere		Tabelle	Hydraulische Durchlässigkeit, Gebiets K-Wert	Geomagnetik
Volumenkörper	Grundwassertemperaturkarten	Transmissivität	Druck	Strukturmodell		Grundwassermächtigkeit			keine Angabe		Bild	Transmissivität	Georadar
	Gesteinswassertemperaturkarten	relevante Mächtigkeit	weitere kalibrierte Modellparameter	Störungsmodell		Druckverhältnisse					Fotografie	relevante Mächtigkeit	
	Lufttemperaturkarten	Strömungsdimension		Wärmetransportmodell		Grundwassertemperaturverteilung						Strömungsdimension	
	Niederschlagskarten	Flächen-Leakagekoeffizient		Stofftransportmodell		Zuströmbereiche						Flächen-Leakagekoeffizient	
	Gewässernetz	Linien-Leakagekoeffizient		gekoppeltes Strömungs-Stofftransportmodell		Fließwege						Linien-Leakagekoeffizient	
	Werkleutungspläne	Porosität		gekoppeltes Strömungs-Wärmemodell		Abschätzung Wärmepotenzial						Porosität	
	Tunnelpläne	Spezische Wärme des Wassers		gekoppeltes Strömungs-Wärme-Stofftransportmodell		Vulnerabilitätskarte						Spezische Wärme des Wassers	
	geologische Karten	Spezifische Wärme der Matrix		Konzeptmodell		Kies-/Sandressourcen						Spezifische Wärme der Matrix	
	Grundwasserisohypsenplan	Dichte des Wassers				Grundwasservolumenkarte						Dichte des Wassers	
		Dichte des Gesteins				Baugrundklassen						Dichte des Gesteins	
		Wärmeleitfähigkeit des Wassers										Wärmeleitfähigkeit des Wassers	
		Wärmeleitfähigkeit des Gesteins										Wärmeleitfähigkeit des Gesteins	
		Longitudinale Dispersivität										Longitudinale Dispersivität	
		Transversale Dispersivität										Transversale Dispersivität	
		dynamische Fluidviskosität Wasser										dynamische Fluidviskosität Wasser	
		Anisotropiefaktor										Anisotropiefaktor	

Teilbereich Nutzung

Klasse «Baute im Untergrund»

Name	Typ	Beschreibung
ug_bauten_id	PK	Primärschlüssel
Art	CL_Bauten_UG	Art der Baute (provisorische Codeliste)
X-Koordinate	double	X-Koordinate, an der sich die Baute befindet
Y-Koordinate	double	Y-Koordinate, an der sich die Baute befindet
Z-Koordinate	double	Tiefenlage der Baute in m.ü.M.
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die Baute beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zur Baute abgelegt sind.
Beschreibung	string	Beschreibung der Baute
Konzessionierte Leistung [kW]	string	Konzessionierte Leistung der Baute (z.B. bei Erdwärmesonden)

Klasse «Dokumentation Anlage»

Name	Typ	Beschreibung
dokumentation_Anlage_id	PK	Primärschlüssel
anlagen_id	FK	Fremdschlüssel
Art	CL_Dok_Art	Art der Dokumentation (Codeliste)
Erstellungsdatum	datetime	Erstellungsdatum der Dokumentation
Autor	string	Autor der Dokumentation
Datenformat	CL_Dok_Format	Format der Dokumentation (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem das Dokument abgelegt ist

Klasse «Dokumentation Teilanlage»

Name	Typ	Beschreibung
dokumentation_teilanlage_id	PK	Primärschlüssel
teilanlagen_id	FK	Fremdschlüssel
Art	CL_Dok_Art	Art der Dokumentation (Codeliste)
Erstellungsdatum	datetime	Erstellungsdatum der Dokumentation
Autor	string	Autor der Dokumentation
Datenformat	CL_Dok_Format	Format der Dokumentation (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem das Dokument abgelegt ist

Klasse «Drainage»

Name	Typ	Beschreibung
Fassungsart	CL_Drain_Fassungsart	Art der Fassung der Drainage (Codeliste)
Dokument Ausbau	string	Beschreibung des Dokuments zum Drainagenausbau
Foerdermethode	CL_Drainage_Foerdemethode	Fördermethode, mit welcher in der Drainage gefördert wird (Codeliste)
konzessionierte Pumpleistung	double	konzessionierte Pumpleistung, mit welcher in der Drainage gefördert wird in l/min
Konzession	string	Bezeichnung der Konzession der Drainage
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die Drainage beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL Dokumentation	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zur Drainage abgelegt sind.

Klasse «gefasste Quelle»

Name	Typ	Beschreibung
Fassungsart	CL_Quelle_Fassungsart	Art der Fassung der Quelle (Codeliste)
mitt. Schüttung	double	mittlere Schüttung der Quelle in l/min
min. Schüttung	double	minimale Schüttung der Quelle in l/min
max. Schüttung	double	maximale Schüttung der Quelle in l/min
Dokument Ausbau	string	Beschreibung des Dokuments zum Ausbau der Quelfassung
X-Koordinate	double	X-Koordinate des Ortes (Punkt), an dem der Übergang vom gelochten Fassungsstrang zur geschlossenen Quellableitung erfolgt
Y-Koordinate	double	Y-Koordinate des Ortes (Punkt), an dem der Übergang vom gelochten Fassungsstrang zur geschlossenen Quellableitung erfolgt
Z-Koordinate	double	Höhenlage der gefassten Quelle in m.ü.M.
Nutzungsstand	CL_Brunnen_Nutzungsstand	Nutzungsstand der Quelle (Codeliste)
Konzession	string	Bezeichnung der Konzession der Quelle
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche die gefasste Quelle beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL Dokumentation	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zu einer gefassten Quelle abgelegt sind.

Klasse «GW-Anlage»

Name	Typ	Beschreibung
anlagen_id	PK	Primärschlüssel
Nutzungszweck	CL_Nutzungszweck	Zweck der Anlage (Codeliste)
öffentlich	boolean	öffentliche Anlage ja/nein
konzessionierte Rate	double	Konzessionierte Entnahmerate der Anlage in l/min
konzessionierte jährliche Entnahmemenge	double	konzessionierte jährliche Entnahmemenge der Anlage m³/a
jährliche Energiemenge Heizen	double	konzessionierter Wärmeentzug aus dem Grundwasser in kWh/a
jährliche Energiemenge Kühlen	double	konzessionierter Wärmeeintrag ins Grundwasser in kWh/a
Temperaturdifferenz Heizen	double	Temperaturdifferenz um welche das Grundwasser abgekühlt wird in °K
Temperaturdifferenz Kühlen	double	Temperaturdifferenz um welche das Grundwasser erwärmt wird in °K
Beschreibung	string	Beschreibung der Anlage
Konzession	string	Konzession (Nummer) der Anlage

Klasse «GW-Brunnen»

Name	Typ	Beschreibung
Brunnenart	CL_Brunnenart	Art des Brunnens (Codeliste)
Foerdermethode	CL_Brunnen_Foerdemethode	Fördermethode, mit welcher im Brunnen gefördert wird (Codeliste)
Nutzungsstand	CL_Brunnen_Nutzungsstand	Nutzungsstand des Brunnens (Codeliste)
Dokument Ausbau	string	Beschreibung des Dokuments zum Brunnenausbau
X-Koordinate	double	X-Koordinate des Brunnenstandorts
Y-Koordinate	double	Y-Koordinate des Brunnenstandorts
Z-Koordinate	double	Geländeoberkannte des Brunnenstandorts in m ü.M
Bezugspunkt	double	Bezugspunkt des Brunnens in m ü.M. Ist der Bezugspunkt für alle Tiefenangaben.
Länge	double	Länge des Brunnens in m
Fassungsbereich von	double	Beginn Fassungsbereich des Brunnens in m.ü.M.
Fassungsbereich bis	double	Ende Fassungsbereich des Brunnens in m.ü.M.
installierte Pumpleistung	double	installierte Pumpleistung, mit welcher im Brunnen gefördert wird in l/min
Konzession	string	Bezeichnung der Brunnenkonzession
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche der Brunnen beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL Dokumentation	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zum Brunnenausbau abgelegt sind.

Klasse «GW-Teilanlage»

Name	Typ	Beschreibung
teilanlagen_id	PK	Primärschlüssel
anlagen_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Typ_Teilanlage	Beschreibung Typ der Teilanlage (Codeliste)

Klasse «hydrogeologisches Einzugsgebiet»

Name	Typ	Beschreibung
ezg_id	PK	Primärschlüssel
Name	string	Name/Bezeichnung des Einzugsgebiets
Region	string	Region, in welcher das Einzugsgebiet liegt
Beschreibung	string	Beschreibung des Einzugsgebiets
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche das Einzugsgebiet beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zum Einzugsgebiet abgelegt sind.

Klasse «Messobjekt»

Name	Typ	Beschreibung
messobjekt_id	PK	Primärschlüssel
bohrung_id	FK	Fremdschlüssel
ug_bauten_id	FK	Fremdschlüssel
teilanlage_id	FK	Fremdschlüssel
ungefasste_quellen_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Messobjekt_Typ	Typ des Messobjekts (Codeliste)
Datum von	datetime	Datum, an dem das Messobjekt beginnt zu existieren.
Datum bis	datetime	Datum, an dem das Messobjekt aufhört zu existieren.
Tiefe von	double	Tiefe, in der das Messobjekt beginnt zu existieren in m.ü.M.
Tiefe bis	double	Tiefe, in der das Messobjekt aufhört zu existieren in m.ü.M.
Beschreibung	string	Beschreibung des Messobjekts

Klasse «planerischer Gewässerschutz»

Name	Typ	Beschreibung
gewaesserschutz_id	PK	Primärschlüssel
anlagen_id	FK	Fremdschlüssel
Typ	CL_Gewaesserschutz	Typ des planerischen Gewässerschutzes
Geometrie	CL_Geometrie	Geometrie, durch welche der planerische Gewässerschutz beschrieben wird (Codeliste)
Pfad/URL	string	Pfad bzw. URL, unter welchem Informationen zum planerischen Gewässerschutz abgelegt sind.
Bemerkung	string	Bemerkungen
Beschreibung	string	Beschreibung des planerischen Gewässerschutzes

Klasse «ZK Modell_BauteUG»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
ug_bauten_id	FK	Fremdschlüssel

Klasse «ZK Modell_GW-Teilanlage»

Name	Typ	Beschreibung
modell_id	FK	Fremdschlüssel
teilanlagen_id	FK	Fremdschlüssel

Tabelle 14: Codelisten Teilbereich «Nutzung»

CL_Bauten_UG	CL_Brunnen_Nutzungsstand	CL_Brunnen_Foerdemethode	CL_Brunnenart	CL_Drain_Fassungsart	CL_Drainage_Foerdemethode	CL_Geometrie	CL_Gewaesserschutz	CL_Nutzungszweck	CL_Quelle_Fassungsart	CL_Quelle_Foerdemethode	CL_Typ_Teilanlage	CL_Dok_Art	CL_Dok_Format
Erdwärmesonde	genutzt	Pumpe	Vertikalfilterbrunnen	Strang	Pumpe	Punkt	Au	Trinkwasser	direkt	Pumpe	Brunnen	Profil	digital
Energiepfahl	ungenutzt	artesisch	Horizontalfilterbrunnen	Stollen	Freispiegel	Linie	Ao	Brauchwasser	Strang	frei	Drainage	Bericht	Papier
Tiefbauten	aufgehoben	versickern	Sickergalerie	unbestimmt	keine Angabe	Polygon	S1	Geothermie	Stollen	keine Angabe	gefasste Quelle	Foto	keine Angabe
Werkleitungen		Heber	Schachtbrunnen	Graben		keine Anagbe	S2	Erdwärmesonde	unbestimmt			andere	
			Ingerle-Brunnen			Volumenkörper	S3	Drainage				keine Angabe	
							üB	Anreicherung					
								Bauwasserhaltung					
								Grundwasserhaltung					
								Geothermie (Heizen)					
								Geothermie (Kühlen)					
								Geothermie (Heizen + Kühlen)					
								Notwasser					