

**Datenmodell Bohrdaten – Modul  
Hydrogeologie und Modul Ausbau (Teil  
Hydrogeologie)**

swisstopo, Landesgeologie

---

Beschreibung des Modulkonzepts mit  
Objektkatalog und UML-Modell

Auftrags-Nr. 31.5064.001

Bern, 01.04.2020 / Str / elhu / Bia

## **Geotechnisches** Institut

Aktiengesellschaft

Zertifiziert nach SN EN ISO 9001: 2015

Zertifikat Nr. CH10116118 / 04.09.2018

[www.geo-online.ch](http://www.geo-online.ch)

[info@geo-online.ch](mailto:info@geo-online.ch)

4053 Basel, Pfeffingerstrasse 41

2854 Bassecourt, Rue du Vieux Moulin 4

**3027 Bern, Bümplizstrasse 15**

3900 Brig, Bahnhofstrasse 4a

2740 Moutier, Rue des Prés

2000 Neuchâtel, Rue de la Serre 11

3700 Spiez, Postfach 474, Seestrasse 7

061 365 10 70

032 461 20 48

**031 389 34 11**

027 923 58 90

032 493 40 43

032 846 24 61

033 650 72 82

[info@geo-online-bs.ch](mailto:info@geo-online-bs.ch)

[info.ju@geo-online.ch](mailto:info.ju@geo-online.ch)

**[info.be@geo-online.ch](mailto:info.be@geo-online.ch)**

[info.vs@geo-online.ch](mailto:info.vs@geo-online.ch)

[info.ju@geo-online.ch](mailto:info.ju@geo-online.ch)

[info.ne@geo-online.ch](mailto:info.ne@geo-online.ch)

[info.sp@geo-online.ch](mailto:info.sp@geo-online.ch)

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1	Allgemeines	1
2	Ziel und Abgrenzung	1
3	Ausgeführte Arbeiten	2
4	Verwendete Unterlagen	2
<b>II</b>	<b>Dokumentation</b>	<b>3</b>
1	Definitionen und Begriffe	3
2	Entwicklung des konzeptionellen DM	3
3	Gliederung	4
<b>III</b>	<b>Objektkatalog</b>	<b>6</b>
1	DM Completion	6
1.1	Klasse Completion	7
1.2	Klasse Filling	9
1.3	Klasse Equipment (abstrakt)	10
1.4	Klasse Instrument	11
1.5	Klasse Casing	13
1.6	Klasse CasingElement	13
2	DM Hydrogeology	16
2.1	Klasse HydroSite	16
2.2	DM Documentation	17
3	Thema GroundwaterLevels	18
3.1	Klasse GroundwaterLevelMeasurement	19
3.2	Klasse GroundwaterLevel	20
3.3	Klasse ReprGroundwaterLevel	21
3.4	Klasse GroundwaterConditions	23
3.5	Klasse WaterIngress	24
4	Thema Observations	26
4.1	Klasse Observation (abstrakt)	27
4.2	Klasse StandardObservation	29
4.3	Klasse HydroTest	29
4.4	Klasse FieldMeasurement	31
4.5	Klasse GrainSizeAnalysis	31
4.6	Klasse ExpertEstimation	32
4.7	Verknüpfung HydroResult mit StandardObservation	32
4.8	Klasse HydroResult	37
4.9	Klasse OrganolepticObservation	38
4.10	Klasse OrganolepticResult	38
4.11	Klasse TracerTest	39
4.12	Klasse Borelog	40
4.13	Klasse MeasurementPoint	40
4.14	Verknüpfung LoggingResult mit Borelog	41
4.15	Klasse LoggingResult	42
5	Thema Localization	44

5.1	Klasse VerticalLocalization (abstrakt)	45
5.2	Klasse ZValue	45
<b>IV</b>	<b>Abschliessende Bemerkungen</b>	<b>47</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Darstellung des DM Completion im UML-Format
Abbildung 2:	Darstellung des DM Hydrogeology im UML-Format, vereinfacht: ohne Inhalte der drei Themen
Abbildung 3:	Darstellung des Themas GroundwaterLevels im DM Hydrogeology im UML-Format
Abbildung 4:	Darstellung des Themas Observations im DM Hydrogeology im UML-Format
Abbildung 5:	Ergebniserfassung zu "StandardObservation", Detail aus dem UML-Diagramm
Abbildung 6:	Ergebniserfassung zu "Borelog"-Observation, Detail aus dem UML-Diagramm
Abbildung 7:	Darstellung des Themas Localization im DM Hydrogeology im UML-Format

## **Anhangsverzeichnis**

Anhang A:	Darstellung der DM-Module Hydrogeologie und Ausbau im UML-Format
Anhang B:	Schematische Darstellung: hydrogeologische Daten aus Bohrungen

# I Einführung

## 1 Allgemeines

---

<b>Auftraggeber</b>	swisstopo, Bereich Landesgeologie Seftigenstrasse 264 3084 Wabern
<b>Projektleiter des Auftraggebers</b>	Stefan Volken
<b>Auftrag</b>	Konzeption des Moduls Hydrogeologie und des dazu gehörigen Teils des Moduls Ausbau zum Datenmodell Bohrdaten
<b>Auftragserteilung</b>	Schriftlich per Vertrag vom 03.06.2019

---

## 2 Ziel und Abgrenzung

Mit dem "Datenmodell Bohrdaten" der swisstopo [1] sollen digitale Bohrdaten schweizweit einheitlich strukturiert werden, damit sie effizient verwaltet und für Projekte und die Öffentlichkeit bereitgestellt werden können (detaillierte Ziele siehe Kapitel 3 in [1]). Das Kernmodell Bohrdaten wird in der Konzeption um mehrere thematische Module ergänzt. Der vorliegende Bericht beschreibt das Modul Hydrogeologie (DM Hydrogeology, kurz DM Hydro) mit dem damit eng in Verbindung stehenden Modul Ausbau (DM Completion).

Das vorliegende Datenmodell ist – wie das Kernmodell, zu dem es gehört – ein konzeptuelles Datenmodell, das Gegenstände der realen Welt modelliert, deren Beziehungen untereinander beschreibt und die Basis für die Erstellung der eigentlichen Datenbank darstellt.

Ziel ist es, ein Datenmodell zu schaffen, mit welchem Ergebnisse aus grundwasserrelevanten Messungen und Versuchen, die während bzw. unmittelbar nach Beendigung einer Bohrung ermittelt worden sind, aufgenommen werden können → DM Hydrogeology. Da die Messungen und Versuche teilweise ohne entsprechenden Ausbau der Sondierung gar nicht möglich sind, muss im Datenmodell auch der Ausbau respektive die Instrumentierung der Sondierung erfassbar sein → DM Completion.

Nicht eigentlicher Bestandteil des DM Hydrogeology ist die Abbildung kontinuierlicher Datenerhebungen (z. B. Loggerdaten) oder über einen langen Zeitraum erfasste Einzelmessungen (z. B. periodische chemische GW-Untersuchungen). Zwar besteht die Möglichkeit im DM, gewisse Zeitreihen zu erfassen, aber grundsätzlich sollen nur diejenigen Daten berücksichtigt werden, welche im Bohrprofil und im dazugehörigen Bericht, der im unmittelbaren Nachgang der Bohrung(en) verfasst wurde, aufgeführt sind.

Das aus den Arbeiten resultierende Modul Hydrogeologie mit dem dazu gehörigen Teil des Moduls Ausbau ist der Thematik entsprechend komplex und geht über ein generisches Modell hinaus. Den Bericht zu verstehen, verlangt sowohl Know-how in der Hydrogeologie als auch in der DM-Konzeption. Demzufolge empfiehlt sich, z. B. im Rahmen von behördeninternen Anhörungen, den Bericht ggf. in "Teams" zu studieren, damit beide Themenbereiche optimal abgedeckt sind.

### **3      Ausgeführte Arbeiten**

#### **durch Geotechnisches Institut AG, Bern**

- Konzeption der DM Module;
- Darstellung der DM Module als UML-Modell mit Wertelisten;
- Verfassen des vorliegenden Berichts;
- Koordination und Protokollierung der Begleitgruppensitzungen.

#### **durch Begleitgruppe DM Hydro**

- Bestätigung und ergänzender Input zur DM-Konzeption.

#### **durch CSD Ingénieurs SA, Lausanne**

- Ergänzung des Moduls DM Hydro um felsspezifische Versuche und Parameter;
- Ergänzungen bei der Darstellung des UML-Modells.

### **4      Verwendete Unterlagen**

- [1] swisstopo: Datenmodell Bohrdaten, Beschreibung des Kernmodells mit Objektkatalog und UML-Modell, Version 2.0, Bundesamt für Landestopografie / Bereich Landesgeologie, September 2014: <https://www.geologieportal.ch/de/wissen/lookup/datenmodelle/datenmodell-bohrdaten.html>
- [2] BAFU: Grundwasservorkommen, Identifikator 139.1, Geobasisdaten des Umweltrechts, Modelldokumentation, Version 1.0, Bundesamt für Umwelt BAFU / Abteilung Wasser, Bern, 22.11.2016.
- [3] BAFU: Grundwasseraustritte, -fassungen, -anreicherungsanlagen, Identifikatoren 141.1 und 139.2, Geobasisdaten des Umweltrechts, Modelldokumentation, Version 1.0, Bundesamt für Umwelt BAFU / Abteilung Wasser, Bern, 08.05.2018.
- [4] BAFU: Messnetze zur Erhebung der Grundwasser-Qualität, Identifikator 133.2, 133.5, 134.3, Geobasisdaten des Umweltrechts, Modelldokumentation, Version 1.0, Bundesamt für Umwelt BAFU / Abteilung Hydrologie, Bern, 23.01.2018.
- [5] Arbeitsgruppe Geologie des Direktorenkreise der Staatlichen Geologischen Dienste und des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (BLA-GEO); <https://www.geokartieranleitung.de/Fachliche-Grundlagen/Hydrogeologie>; Stand Juni 2019.
- [6] Lehrbücher:
  - Hölting, B. & Coldewey, W.: Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 8. Aufl., Springer-Verlag 2013.
  - Schreiner, M. & Kreysing, K: Geotechnik Hydrogeologie, Springer-Verlag, 2013.
  - Hazel, C. P.: Groundwater Hydraulics, 2009.
  - Langguth, H.-R. & Voigt, R.: Hydrogeologische Methoden, Springer-Verlag 2004.
  - Freeze, R. A. & Cherry, J.: Groundwater, Prentice Hall, 1979.

## II Dokumentation

### 1 Definitionen und Begriffe

Allgemeine Definitionen zu den Themen Bohrungen und Datenmodellierung wurden bereits im Bericht zum DM Bohrdaten (Kapitel 1 in [1]) abgehandelt und sind deshalb hier nicht aufgeführt. Begriffe bei der Beschreibung des DM und die tabellarische Struktur werden hier analog zum Bericht des Kernmodells DM Bohrdaten verwendet (Kapitel 5 in [1]).

Die dort nachlesbaren Definitionen decken folgende Begriffe ab (Auswahl):

- Bohrung, Sondierung, Aufschluss;
- Modell, Datenmodell, Objektkatalog, UML-Klassendiagramm;
- Thema, Klasse, Attribut, Wertetabelle (Codelist), Datentyp, Kardinalität.

Darüber hinaus gibt es im vorliegenden konzeptionellen Datenmodell **abstrakte Klassen**. Im UML-Modell (Anhang A) sind diese an der Kursivschreibung des Titels von regulären Klassen zu unterscheiden. Eine abstrakte Klasse kann nicht instanziiert werden; das heisst, es kann kein dieser Klasse zugehöriges Objekt erstellt werden. Sie ist anderen Klassen übergeordnet, die Attribute teilen, die sie von der abstrakten Klasse vererbt bekommen. Diese Subklassen sind dann mit den Attributen der übergeordneten abstrakten Klasse instanzierbar. Teilweise weisen sie selbst noch individuelle, ergänzende Attribute auf.

Eine Abweichung zu der Systematik gemäss Kernmodell DM Bohrdaten gibt es bei der **Benennung der Wertetabellen**. Die Tabellenbezeichnung setzt sich zusammen aus den Anfangsbuchstaben des Moduls, also ComplCode und HydroCode sowie aus einer sinnvollen Abkürzung des Klassennamens mit fünf Zeichen. Zusätzlich sind wie im Kernmodell eine Ziffer für die Geometrie der Klasse (hier immer "1" für Punkt) und zwei Ziffern für das Attribut angegeben.

### 2 Entwicklung des konzeptionellen DM

Die Auswahl der im konzeptionellen Datenmodell integrierten Komponenten basiert auf den Erfahrungen der beteiligten Autoren im Bereich der angewandten Hydrogeologie, vorhandenen Datenmodellen mit ähnlicher Ausrichtung und Grundlageninformationen in Lehrbüchern (siehe Abschnitt I4 – Verwendete Unterlagen). Die Erstellung einer konzeptuellen Darstellung zum hydrogeologischen Informationsgewinn aus Bohrungen (Anhang B) trug zur Zusammenstellung der DM-Inhalte bei.

Das konzeptionelle Modell wurde zudem im Dialog mit einer Begleitgruppe aus Vertretern von swisstopo, BAFU und Kantonen erstellt, um sicherzugehen, dass es den Anforderungen gerecht und zukünftig auch genutzt wird. Die Begleitgruppe hat beschlossen, dass neben der Erfassung einfacher Datensätze, welche den Grossteil aller vorhandenen Daten abdecken, auch die Erfassung komplexer Datensätze möglich sein soll. Solche Daten kommen zwar viel seltener vor, sind aber fachlich von hohem Wert. Dies führte zu einer deutlich höheren Komplexität der vorliegenden DM-Module gegenüber dem Kernmodell DM Bohrdaten, das zunächst vorrangig Metadaten abdeckt.

### 3 Gliederung

Die in diesem Bericht beschriebenen und im Anhang A dargestellten konzeptionellen Datenmodelle DM Hydro und DM Completion sind, wie erwähnt, Module des DM Bohrdaten.

Über das Modul **DM Completion** können verschiedene Typen von Ausbau erfasst werden, die für hydrogeologische Informationen relevant sind. Die Bohrlochfüllung umfasst, sofern vorhanden, die vollständige Verfüllung des Bohrlochs, die Ringraumhinterfüllung und die Füllung des Rohrs, inklusive permanenter Packer. Unter der Ausstattung einer Bohrung versteht man einerseits Verrohrungen, welche aus einzelnen Verrohrungselementen bestehen, und andererseits fest installierte Geräte (Instrumentierung).

Das Modul **DM Hydrogeology** (kurz DM Hydro) für hydrogeologische Daten erscheint auf den ersten Blick komplex. Dessen Struktur wird bei Betrachtung der in Themen zusammengefassten sachlichen Teile klar. Die Erfassung von Grundwasserständen – seien es Messungen, repräsentative GW-Stände oder qualitative Informationen zum Vorhandensein von Grundwasser – ist im **Thema Groundwater Levels** gruppiert. Andere Beobachtungen, Versuche und Messungen im und am Grundwasser werden über das **Thema Observations** abgedeckt. Über die vertikale räumliche Zuordnung (**Thema Localization**) können hydrogeologische Informationen einer Höhe bzw. einem Höhenbereich und/oder einem Ausbaubjekt zugeordnet werden. Die interne Gliederung des DM Hydro bzw. der darin enthaltenen Themen wird in den Einleitungen der zugehörigen Kapitel beschrieben (siehe Kapitel III2 bis III5). Zusätzlich zu diesen drei Themen besteht die Möglichkeit Dokumente zuzufügen. Geplant ist hier eine Anbindung des sich im Aufbau befindenden separaten Moduls **DM Documentation**.




Generell ist zur Komplexität des Datenmodells zu sagen, dass diese nur bedingt die am Ende vom Datenbankprogrammierer gewählte Struktur darstellt. Der Spezialist wird später entscheiden, wo er allenfalls mehr Hilfsklassen benötigt, Vererbungen vereinfacht und zusammengefasst werden können oder Redundanzen und Leereinträge in Kauf genommen werden müssen, um die Performance der Datenbank optimieren zu können. Da es sich beim Datenbankspezialisten üblicherweise nicht gleichzeitig um einen hydrogeologischen Spezialisten handelt, lohnt es sich, das konzeptionelle Datenmodell zum Teil etwas komplexer und ausführlicher zu beschreiben.

#### Allgemeine Anmerkung zu Höhenangaben

Sämtliche Angaben zur z-Koordinate (vertikale Lage) werden im DM Hydro und DM Completion in Meter über Meer (m ü. M.) erfasst. Wenn die Daten im Ursprungsdokument in Meter unter Bohransatzpunkt/Geländeoberfläche (m u. OKT) oder in Meter unter Oberkante Rohr (m u. OKR) angegeben werden, sind sie für die Datenbank aus der entsprechenden Absoluthöhe des Ansatzpunktes in m ü. M. umzurechnen. Andernfalls ist eine Eindeutigkeit der Daten langfristig nicht gewährleistet, wenn beispielsweise der Ansatzpunkt OK Rohr einer Bohrung durch Bauarbeiten nachträglich verändert wird (siehe Abbildung 8 in [1]).


Aufgrund dieser Konvention sind die vorliegenden DM Hydro und Completion in der bestehenden Form nur für vertikale/subvertikale Bohrungen und nicht für Horizontalbohrungen und stark geneigte Bohrungen geeignet. Das Modul Bohrfeld zum DM Bohrdaten nimmt sich dieser Problematik an.


#### Farbige Darstellung im UML-Diagramm


Das übergeordnete Kernmodell DM Bohrdaten ist  lachsfarben. Die Module zum Kernmodell DM Bohrdaten (DM Completion und DM Hydrogeology und DM Documentation) sind  grau hinterlegt, Themen innerhalb eines DM  beigefarben.





Da Teile des konzeptionellen Datenmodells relativ komplex sind, wurden Klassen, die unterschiedliche Funktionen erfüllen, im UML-Diagramm unterschiedlich farbig dargestellt. Diese visuelle Unterscheidung soll das Verständnis in Kombination mit den Erläuterungen im Abschnitt III Objektkatalog erleichtern.

 gelb: Klassen mit 1:1-Anbindung an das übergeordnete Kernmodell DM Bohrdaten über dessen Klasse Borehole\_Extended

 hellblau: alleinstehende Klassen, die ohne Vererbung instanziiert sind


 korallrot: abstrakte Klassen, die ihre Attribute an Subklassen vererben

 braun: Subklassen, die abstrakten Klassen untergeordnet sind

 altrosa: Subklassen der zweiten Ebene, die abstrakten Klassen indirekt untergeordnet sind

 grün: Ergebnis-Klassen

 anthrazit: "Listenklassen", die Codelist-artig mögliche Werte enthalten

 petrolblau: "Filterklassen" bzw. Assoziationsklassen, die Kombinationsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Einträgen der Listenklassen enthalten, wodurch nur relevante Ergebnisparameter zu den jeweiligen Versuchen/Messungen/Beobachtungen eingegeben werden können

### **"Leere" Klassen**

Einige Klassen besitzen keine Attribute. Dies kommt einerseits dann zustande, wenn einzelne Subklassen, die einer abstrakten Klasse untergeordnet sind, keine zusätzlichen individuellen Attribute benötigen (z. B. Klasse GrainSizeAnalysis). Andererseits gibt es Klassen, die lediglich für die Verknüpfung der umliegenden Klassen notwendig sind (z. B. Klasse ObservationMethod). Auch die erwähnten "Filterklassen" (Assoziationsklassen) haben keine Attribute (z. B. Klasse MethodParameter).

## III Objektkatalog

### 1 DM Completion

Das DM Completion dient der Erfassung des Ausbaus von Bohrungen; es ist ein Modul zum Kernmodell DM Bohrdaten. Der mit diesem Bericht präsentierte Teil des DM Completion steht mit der Erfassung von hydrogeologischen Daten über das Modul DM Hydro im Zusammenhang und bildet (mit Ausnahmen) die Basis dafür, dass Daten im DM Hydro erfasst werden können. Für die Erfassung der Daten weiterer Module (z. B. DM Geotechnical Data) kann ggf. eine Erweiterung notwendig werden.

Aktuell besteht das DM Completion aus sechs Klassen, davon eine abstrakte Klasse (Abbildung 1 und Anhang A). Die Klasse Completion (Ausbau) steht in Verbindung mit den beiden Klassen Filling (Ver-/Hinterfüllung) und Equipment (Ausstattung). Die Klasse Equipment ist eine abstrakte Klasse, die ihre Attribute an die Subklassen Instrument (Gerät) und Casing (Verrohrung) vererbt. Eine Verrohrung ist aus einem oder mehreren Verrohrungselementen (Klasse CasingElement) zusammengesetzt.

Über die **Klasse Completion** werden grundlegende Informationen zum Ausbau erfasst. Die Klasse Completion steht in einer 1:1-Beziehung mit dem zugehörigen Objekt im Kernmodell des DM Bohrdaten (der Bohrung). Ob die für die Klasse Completion vorgesehenen Daten schlussendlich separat erfasst oder direkt im DM Bohrdaten abgelegt werden, bleibt dem DB-Spezialisten überlassen.

Die Bohrlochver- und/oder -hinterfüllung setzt sich aus beliebig vielen Elementen zusammen. Die Klasse Completion (respektive die Bohrung an sich) steht also mit keinem bis unendlich vielen (Kardinalität [0..\*] bzw. [\*]) Objekten der **Klasse Filling** in Beziehung, die jeweils über ihre "Filling"-spezifischen Attribute definiert werden.

Ein Ausbau kann auch beliebig viele Ausstattungen mit Instrumenten und Verrohrungen umfassen. Zur Klasse Completion können also keine oder beliebig viele (Kardinalität [0..\*] bzw. [\*]) Objekte der **abstrakten Klasse Equipment** bestehen. Eine Ausstattung, beschrieben mit der abstrakten Klasse Equipment, ist entweder ein Gerät (**Subklasse Instrument**) oder eine Verrohrung (**Subklasse Casing**). Die Attribute der Klasse Equipment vererben sich dabei auf die Klassen Instrument oder Casing und bilden zusammen mit deren spezifischen Attributen ein Ausbauelement. Zu einer Bohrung können beliebig viele Ausstattungen erfasst werden, die unabhängig voneinander sein können (z. B. mehrere Piezometer und/oder Porenwasserdruckgeber in der Verfüllung). Die Verknüpfung der Klassen Instrument und Casing ermöglicht jedoch auch die Zuweisung eines (permanenten) Geräts zu einer Verrohrung, wenn es innerhalb eines Piezometers eingebaut ist.

Wenn es sich bei der Ausstattung um eine Verrohrung handelt, besteht diese aus mindestens einem bis beliebig vielen Verrohrungselementen. Ein Objekt der Klasse Casing steht also mit mindestens einem bis unendlich vielen (Kardinalität [1..\*]) Objekten der **Klasse CasingElement** in Beziehung, die ebenfalls wieder über ihre Attribute genauer definiert werden.

Eine Beziehung kann es zwischen der Klasse Equipment und der Klasse VerticalLocalization des DM Hydro geben. Hiermit kann einer Beobachtung, Messung oder einem repräsentativen Wert zusätzlich zur oder anstelle der Zuweisung einer absoluten Höhe oder Höhenspanne in m ü. M. ein Ausbauelement als Position zugewiesen werden. Dies ist dann notwendig, wenn zwar bekannt ist, in welchem Piezometerrohr oder mit welchem Gerät ein (Mess-)Wert ermittelt wurde, die Deutung hingegen, für welche Höhe in der Realität der Wert gilt, Interpretation braucht oder nicht möglich ist – sei es aufgrund des Ausbaus (z. B. mit mehreren Filterstrecken) oder aufgrund der Heterogenität des Untergrunds.

#### Bemerkung zu einer späteren Erweiterung des DM Moduls Ausbau

Die in den folgenden Erläuterungen beschriebenen Wertelisten sind nur für die Erfassung des Ausbaus aus hydrogeologischer Sicht bestückt. Mit einer Erweiterung des DM Bohrdaten um weitere Module (z. B. Geotechnical Data) müssen diese Codelisten für andere Themenfelder ergänzt werden (z. B. CasingElement – Kind: Inklinometerrohr).

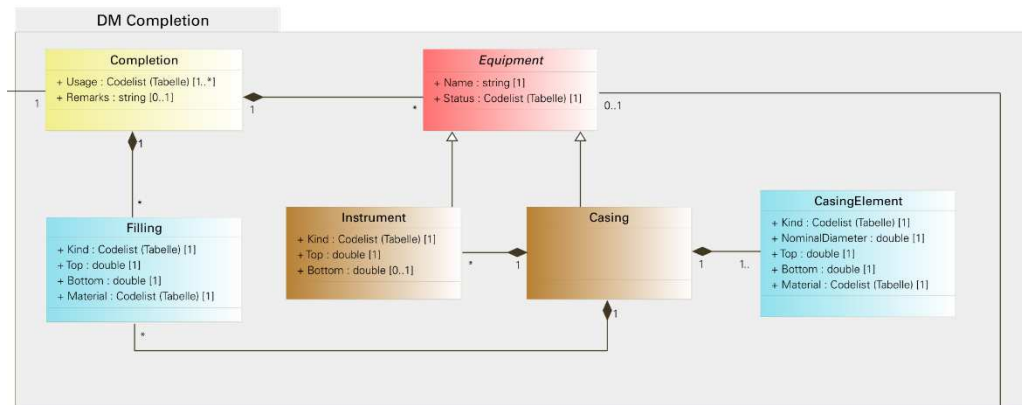


Abbildung 1:  
Darstellung des DM Completion im UML-Format

### 1.1 Klasse Completion

Über die Klasse Completion erfolgt die Verbindung zum betreffenden Objekt der Klasse Borehole\_Extended aus dem übergeordneten Kernmodell DM Bohrdaten. Auf Stufe der Klasse werden allgemeine Informationen zum Bohrlochausbau, die keinem von dessen Elementen einzeln zuzuweisen sind, erfasst. Wie weiter oben erwähnt ist auch eine Ansiedlung dieser Informationen im DM Bohrdaten denkbar.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Usage [1..*]	Codelist (Tabelle 1.1.1)	Allgemeiner <b>Nutzungszweck</b> des Bohrlochausbaus (z. B. GW-Nutzung, Wasserhaltung, Erdwärme, etc.); die möglichen Werte sind in Tabelle 1.1.1 "Completion_Usage" zu finden.
02	Remarks [0..1]	String (254)	Freie <b>Bemerkungen</b> ; nur zu verwenden, wenn es sich nicht vermeiden lässt.

#### 1.1.1 Nutzungszweck: Attribut Usage; Tabelle Completion\_Usage

Über das Attribut Usage soll die Nutzung erfasst werden, für die der Ausbau einer Bohrung erstellt wurde. Die Erfassung ist zwingend erforderlich, mehrere Nutzungszwecke können zugewiesen werden (Kardinalität [1..\*]).

Ist der Ausbau für die Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse notwendig (z. B. Piezometer für GW-Standsmessungen und/oder Pumpversuche, Sonden im GW), fällt er unter 001 "Hydrogeologische Erkundung". Dies trifft v. a. im Zusammenhang mit Baugrunduntersuchungen, Altlastenuntersuchungen und Abklärungen für eine künftigen Grundwassernutzung zu.

Wurde die Bohrung für ein Monitoring ausgerüstet (GW-Stände oder GW-Qualität), ist der Ausbau der Nutzung 002 "GW-Beobachtung (Monitoring)" zuzuordnen. Dies kann u. a. durch die öffentliche Hand, Wasserversorgungen und Private erfolgen. Wie einleitend dargelegt, ist aber das vorliegende DM nicht auf die Abbildung kontinuierlicher Datenerhebungen oder über einen langen Zeitraum erfasste Einzelmessungen ausgelegt.

Unter 003 "GW-Nutzung (Entnahme)" fällt der Ausbau von Brunnen, die Trink- und Brauchwasserwassernutzungen dienen (inkl. Wärmenutzung aus dem Grundwasser und landwirtschaftliche Bewässerung). Auch permanent in Betrieb stehende Anlagen zur Grundwasserabsenkung wie dies beispielsweise bei einigen Unterführungen der Fall ist, sind dieser Kategorie zuzuordnen.

Dient der Ausbau nur einer temporären Wasserhaltung, z. B. für eine Baugrube, wo der Brunnen meist nach Beendigung der Wasserhaltung wieder verfüllt bzw. rückgebaut wird, ist er 004 zuzuordnen. Der Ausbau weist in solchen Fällen einen zeitlich limitierten Nutzungszweck auf.

005 "GW-Rückgabe" trifft für Ausbauten zu, die für eine Wasserrückgabe erstellt werden. Rückgebauwerke sind meist – aber nicht ausschliesslich – an Wärmenutzungen aus dem Grundwasser gekoppelt.

Der eigentliche Ausbau nach 006 "Erdwärmesonde" liefert keine hydrogeologischen Informationen. Bei Erdwärmesondenbohrungen stehen die wenigen Informationen über die Grundwasserverhältnisse (z. B. Vorkommen von Artesern) nicht mit dem Ausbau in Verbindung.

ComplCode	
compl101	Usage [1..*]
001	Hydrogeologische Erkundung
002	GW-Beobachtung (Monitoring)
003	GW-Nutzung (Entnahme)
004	temporäre Wasserhaltung
005	GW-Rückgabe
006	Erdwärmesonde
007	andere

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: GW-Nutzung (Entnahme)*

### 1.1.2 Bemerkungen: Attribut Remarks

Das Attribut Bemerkungen ermöglicht die optionale Erfassung von Einträgen (Kardinalität [0..1]) mit zusätzlichen Informationen zum Ausbau, die im Datenmodell nicht erfasst werden können. Es wird empfohlen, dieses Attribut so wenig wie möglich zu verwenden.

*Datentyp: String (254)*

*Beispiel: Aufgrund Lage in Baugrube anschliessend zerstört*

## 1.2 Klasse Filling

Die Klasse Filling dient der Erfassung der Art und Lage einer Bohrlochfüllung. Wenn es sich beim im Attribut Kind gewählten Typ der Bohrlochfüllung um eine Rohrverfüllung handelt, ist eine Verknüpfung mit dem zugehörigen Objekt der Klasse Casing (siehe Abschnitt 1.5) erforderlich. Für die anderen Typen der Bohrlochfüllung ist diese Verknüpfung nicht möglich.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 1.2.1)	<b>Art</b> der Bohrlochfüllung (z. B. Ringraum); die möglichen Werte sind in Tabelle 1.2.1 "Filling_Kind" zu finden.
02	Top [1]	Double	Höhe des <b>oberen</b> Endes des Füllelements (in m ü. M.)
03	Bottom [1]	Double	Höhe des <b>unteren</b> Endes des Füllelements (in m ü. M.)
04	Material [1]	Codelist (Tabelle 1.2.4)	<b>Material</b> des Füllelements (z. B. Filterkies, Compactonit, etc.); die möglichen Werte sind in Tabelle 1.2.4 "Filling_Material" zu finden.

### 1.2.1 Art: Attribut Kind; Tabelle Filling\_Kind

Über das Attribut wird angegeben, welchen Teil des Bohrlochs die Verfüllung bei vorhandener oder fehlender Verrohrung einnimmt. Ist auf dem betreffenden Abschnitt der Bohrung keine Verrohrung vorhanden, füllt das Material hier das gesamte Bohrloch. Bei Vorhandensein einer Verrohrung, kann der Ringraum oder das Innere des Rohrs verfüllt sein (im letztgenannten Fall z. B. durch einen permanenten Packer). Nur wenn es sich bei der erfassten Füllung um eine Rohrverfüllung handelt, findet eine Verknüpfung mit dem entsprechenden Objekt der Klasse Casing (siehe Abschnitt 1.5) statt.

ComplCode filli101	Kind [1]
001	Bohrlochverfüllung
002	Ringraumverfüllung
003	Rohrverfüllung

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: Ringraumverfüllung*

### 1.2.2 Top: Attribut Top

Höhe (in m ü. M.) des oberen Endes des betrachteten Füllungsabschnitts; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Ist die Höhe nicht bekannt, so gilt: -9'999.

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 483.6*

### 1.2.3 Bottom: Attribut Bottom

Höhe (in m ü. M.) des unteren Endes des betrachteten Füllungsabschnitts; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Ist die Höhe nicht bekannt, so gilt: -9'999.

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 479.6*

### 1.2.4 Material: Attribut Material; Tabelle Filling\_Material

Material, aus dem der betrachtete Füllungsabschnitt besteht; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Ist das verwendete Material nicht unter den Auswahloptionen der Werteliste, so ist "anderes" auszuwählen und zusätzliche Informationen sind ggf. als Bemerkung zum Ausbau (siehe Abschnitt 1.1.2) zu erfassen.

Der Eintrag 006 Packer (permanent) dient der Erfassung von dauerhaft in der Bohrung installierten Packern, z. B. als Elemente eines Langzeitbeobachtungssystems. (Pneumatische) Packer, die lediglich temporär für die Durchführung von Versuchen oder Messungen installiert werden, sind nicht zu erfassen. Hierfür steht in der Klasse Observation das Attribut HasPacker zur Verfügung (Abschnitt 4.1.3).

ComplCode filli104	Material [1]
001	Bohrgut
002	Filterkies
003	Filtersand
004	Zement
005	Compactonit
006	Packer (permanent)
007	anderes
008	unbekannt

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: Filterkies*

## 1.3 Klasse Equipment (abstrakt)

Die abstrakte Klasse Equipment dient der Erfassung von Bohrlocheinbauten und vererbt ihre Eigenschaften auf die beiden Subklassen Instrument und Casing. Je nach Typ handelt es sich dabei um ein einzelnes Gerät, das als Objekt der Klasse Instrument weiter spezifiziert wird oder um eine Verrohrung (Klasse Casing), bestehend aus einem oder mehreren (verschiedenen) Verrohrungsabschnitten (Klasse CasingElement). Die abstrakte, nicht instanziiierbare Klasse Equipment ist also entweder ein Gerät (Instrument) oder eine Verrohrung (Casing). Die Verknüpfung zwischen den Klassen Instrument und Casing ermöglicht es, die Position eines im Inneren eines rohrhaften Ausbaus fest installierten Geräts zu erfassen.

Die an dieser Stelle definierte Ausrüstung kann zudem den im DM Hydro erfassten Messungen und Werten zugewiesen werden (siehe Abschnitt 5.1).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Name [1]	String (254)	<b>Name</b> des Bohrlocheinbaus (z. B. P1, 2"-Rohr, PWG3)
02	Status [1]	Codelist (Tabelle 1.3.2)	<b>Status</b> des Bohrlocheinbaus; die möglichen Werte sind in Tabelle 1.3.2 "Equipment_Status" zu finden.

### 1.3.1 Name: Attribut Name

Die Zuweisung eines Namens zu einem Bohrlocheinbau ist wegen der Möglichkeit von mehreren Einbauten des gleichen Typs (z. B. mehrere Piezometerrohre) zwingend erforderlich (Kardinalität [1]). Die Benennung sollte üblicherweise aus dem (hydro-)geologischen Bericht hervorgehen. Falls nur ein eindeutiger Ausbau existiert, ist als Name die Bezeichnung der Bohrung zu verwenden.

*Datentyp: String (254)*

*Beispiele: P1 = Piezometer 1; 2"-Rohr; PWG1; Piezo kurz; Piezo oben; Piezo tief*

### 1.3.2 Status: Attribut Status; Tabelle Equipment\_Status

Der Status des Bohrlocheinbaus hält fest, ob der genannte Ausbau dauerhaft ist oder ob dieser nur vorübergehend (nutzbar) existierte. Dieses Attribut muss erfasst werden (Kardinalität [1]).

Ein temporärer Ausbau ist oftmals zum Zeitpunkt der Erfassung in einer Datenbank (aufbauend auf einem abgeschlossenen (hydro-)geologischen Bericht) bereits nicht mehr vorhanden. Ein Ausbau ist beispielsweise temporär, wenn er durch eine Ergänzung des Ausbaus nicht mehr nutzbar ist, z. B. ein Piezometer, in das auf Höhe verfilterter Strecken Porenwasserdruckgeber mit entsprechender Verfüllung eingebaut wurden (dann ist das Piezometer temporär, weil darin keine dafür üblichen Messungen und Versuche mehr möglich sind, der Porenwasserdruckgeber ist permanent). Ebenso ist ein Ausbau temporär, wenn ein Piezometer innerhalb des Baugrubenperimeters für einen Neubau liegt, so dass es während des Baus teilweise abgetragen und eventuell von einem Fundament überdeckt wird.

Nicht als temporärer Ausbau zu erfassen sind mobile Messgeräte, die lediglich kurzzeitig für einzelne Messungen verwendet werden, aber nie tatsächlich in der Bohrung eingebaut sind. Auch Futterrohre, die als Teil des Bohrwerkzeugs zu Stützzwecken nur während des Bohrvorgangs notwendig sind und beim Abschluss der Bohrung rückgeholt sind, zählen nicht als zu erfassender temporärer Ausbau.

ComplCode equip103	Status [1]
001	permanent
002	temporär
003	unbekannt

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: temporär*

## 1.4 Klasse Instrument

Über die Klasse Instrument werden Geräte erfasst, die fest im Bohrloch installiert sind. Ein Objekt der Klasse Instrument umfasst zusätzlich zu den hier aufgeführten Attributen auch jene der abstrakten

Klasse Equipment. Alle diese Attribute werden definiert, wenn ein Objekt der Klasse Instrument erstellt wird. Nicht auf diese Weise zu erfassen sind Instrumente, die für eine Messung lediglich temporär im unausgebauten oder mit einem Piezometerrohr ausgerüsteten Bohrloch installiert werden und somit zum Beispiel Messungen auf variabler Höhe zulassen. Wenn ein Instrument im Inneren eines Piezometerausbaus installiert ist, wird eine Verknüpfung mit dem entsprechenden Objekt der Klasse Casing (Kapitel 1.5) vorgenommen.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 1.4.1)	Information zum <b>Typ</b> des Geräts; die möglichen Attributwerte sind in Tabelle 1.4.1 "Instrument_Kind" zu finden.
02	Top [1]	Double	Höhe der <b>Oberkante</b> oder <b>repräsentative Höhe</b> des Geräts in m ü. M.
03	Bottom [0..1]	Double	Höhe der <b>Unterkante</b> des Geräts in m ü. M.; die Angabe ist optional.

#### 1.4.1 Kind: Attribut Kind; Tabelle Instrument\_Kind

Über dieses obligatorische Attribut (Kardinalität [1]) wird festgehalten, um welchen Typ von Instrument es sich handelt. Steht der zu erfassende Gerätetyp nicht zur Auswahl, so ist "anderes" zu wählen und die Bezeichnung des Typs im Bemerkungsfeld des Bohrlochausbaus (siehe Abschnitt 1.1.2) zu ergänzen. Allenfalls ist (z. B. bei einem neuen Gerätetyp) die Codeliste zu ergänzen.

Ein (gepacktes) Langzeitbeobachtungssystem wird durch separate Eingabe seiner einzelnen Elemente erfasst: Die einzelnen (Druck-)Sonden auf den jeweiligen Höhen werden als einzelne Instrumente erfasst – ihnen können dann auch jeweils einzelne Messwerte zugeordnet werden (siehe Abschnitt 3.1). Die Packer werden als Verfüllung (siehe Abschnitt 1.2) vom Typ 003 Rohrverfüllung (Abschnitt 1.2.1) mit Material 006 Packer (permanent) (Abschnitt 1.2.4) berücksichtigt.

ComplCode instru101	Kind [1]
001	Unterwasserpumpe
002	Saugpumpe
003	Relativdrucksonde (Tauchsonde)
004	Porenwasserdruckgeber (Filterkerze)
005	Manometer
006	Temperatursonde
007	pH-Sonde
008	Leitfähigkeitssonde
009	Sauerstoffsonde
010	Redox-Sonde
011	Erdwärmesonde
012	anderes



*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: Redox-Sonde*

#### **1.4.2 Top: Attribut Top**

Höhe (in m ü. M.) des oberen Endes des betrachteten Instruments; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Ist die Höhe des unteren Endes des betrachteten Instruments nicht bekannt oder die Höhenangabe mit zwei Werten für ein Gerät nicht sinnvoll, ist hier die repräsentative Tiefenlage des Instruments anzugeben. Ist die Höhe nicht bekannt, so gilt: -9'999.

Instrumente in Horizontalbohrungen und stark geneigten Bohrungen können mit dem vorliegenden DM Completion in der bestehenden Form nicht erfasst werden.

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 481.45*

#### **1.4.3 Bottom: Attribut Bottom**

Höhe (in m ü. M.) des unteren Endes des zu erfassenden Instruments; optionales Attribut (Kardinalität [0..1]). Wenn das Gerät anstelle einer Spanne zwischen Höhe des oberen und unteren Endes, aus der sich auch die vertikale Länge des Geräts ergibt, nur eine repräsentative Höhenangabe benötigt, für die ggf. dessen Messungen gelten, genügt die Eingabe der Höhe als Attribut "Top".

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 481.20*

### **1.5 Klasse Casing**

Über die Klasse Casing wird jeglicher rohrhafter Ausbau eines Bohrlochs erfasst. Ein Objekt der Klasse Casing umfasst alle Attribute der abstrakten Klasse Equipment. Diese Attribute werden definiert, wenn ein Objekt der Klasse Casing erstellt wird. Aus der Klasse Casing ergeben sich keine zusätzlichen Attribute für deren Objekte. Wenn eine Bohrung mehrere rohrhafte Ausbauten hat – z. B. zwei Piezometerrohre mit unterschiedlichem Durchmesser und Filterstrecken auf unterschiedlichen Höhen – werden diese separat erfasst.

Ein rohrhafter Ausbau besteht aus mindestens einem Verrohrungsabschnitt. Jedes Objekt der Klasse Casing setzt sich also aus einem oder mehreren Objekten der Klasse CasingElement zusammen (Kardinalität [1..\*]).

Die für die meisten Bohrungen während des Bohrvorgangs zu Stützzwecken eingesetzten und bei Abschluss der Bohrung wieder entfernten Futterrohre werden nicht als (temporäre) Verrohrung erfasst. Dies gilt auch im Fall von Grundwasser- oder Bodenluftbeprobungen während des Bohrvorgangs, die aus dem gebohrten, aber unverrohrten Abschnitt des Bohrlochs entnommen werden. Diesen Proben wird ohne Bezug auf den Ausbau die Höhe der Entnahme zugeordnet (Abschnitt 5.2).

### **1.6 Klasse CasingElement**

Mittels der Klasse CasingElement werden die einzelnen Verrohrungsabschnitte eines rohrhaften Ausbaus (Klasse Casing) erfasst. Ein Objekt der Klasse Casing besteht aus mindestens einem Element der Klasse CasingElement. Der bei Piezometerausbauten oft übliche Schlamm sack bzw. Pumpensumpf eines Brunnens wird zweiteilig als Vollrohr mit Boden beschrieben.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 1.6.1)	<b>Art</b> des Verrohrungsabschnitts (z. B. Vollrohr, Filterrohr, etc.); mögliche Attributwerte sind Tabelle 1.6.1 "CasingElement_Kind" zu entnehmen.
02	NominalDiameter [1]	Double	<b>Nenndurchmesser</b> des Verrohrungsabschnitts in mm
03	Top [1]	Double	Höhe der <b>Oberkante</b> des Verrohrungsabschnitts in m ü. M.
04	Bottom [1]	Double	Höhe der <b>Unterkante</b> des Verrohrungsabschnitts in m ü. M.
05	Material [1]	Codelist (Tabelle 1.6.5)	<b>Material</b> des Verrohrungsabschnitts (z. B. HDPE, Stahl, etc.): die möglichen Werte sind in Tabelle 1.6.5 "CasingElement_Material" zu finden.

#### 1.6.1 Kind: Attribut Kind; Tabelle CasingElement\_Kind

Die Art der Verrohrung des betrachteten Abschnitts muss über das Attribut Kind erfasst werden (Kardinalität [1]). Steht der zutreffende Rohrtyp nicht zur Verfügung, wird der Typ "anderes" ausgewählt und Details werden im Bemerkungsfeld des Bohrlochausbaus (siehe Abschnitt 1.1.2) ergänzt oder allenfalls ergänzend in die Codeliste aufgenommen.

ComplCode casel101	Kind [1]
001	Vollrohr
002	Filterrohr
003	Deckel/Boden
004	anderes

Datentyp: Codelist

Beispiel: Filterrohr

#### 1.6.2 Nenndurchmesser: Attribut NominalDiameter

Nenndurchmesser (in mm) des betrachteten Verrohrungsabschnitts; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Die oft üblichen Angaben in Zoll sind umzurechnen. Ist der Durchmesser nicht bekannt, so gilt: -9'999.

Datentyp: Double

Beispiel: 114

#### 1.6.3 Top: Attribut Top

Höhe (in m ü. M.) des oberen Endes des betrachteten Verrohrungsabschnitts; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Ist die Höhe nicht bekannt, so gilt: -9'999.

Verrohrungen in Horizontalbohrungen und stark geneigten Bohrungen können mit dem vorliegenden DM Completion in der bestehenden Form nicht erfasst werden.

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 483.6*

#### **1.6.4 Bottom:** Attribut Bottom

Höhe (in m ü. M.) des unteren Endes des betrachteten Verrohrungsabschnitts; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Ist die Höhe nicht bekannt, so gilt: -9'999.

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 473.6*

#### **1.6.5 Material:** Attribut Material; Tabelle CasingElement\_Material

Material, aus dem der betrachtete Verrohrungsabschnitt besteht; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Ist das verwendete Material nicht unter den Auswahloptionen der Werteliste, so ist "anderes" auszuwählen und zusätzliche Informationen sind ggf. als Bemerkung zum Ausbau (siehe Abschnitt 1.1.2) zu erfassen oder allenfalls ist die Codeliste zu erweitern.

ComplCode	
casel105	Material [1]
001	PVC (Polyvinylchlorid)
002	HDPE (Polyethylen mit hoher Dichte)
003	Kunststoff (nicht spezifiziert)
004	Stahl
005	Edelstahl
006	Beton/Mörtel/Zement
007	anderes

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: HDPE (Polyethylen mit hoher Dichte)*

## 2 DM Hydrogeology

Das DM Hydrogeology (kurz: DM Hydro) dient der Erfassung hydrogeologischer Informationen zu Bohrungen; es ist ein Modul zum Kernmodell DM Bohrdaten. Das DM Hydro besteht aus einer Vielzahl von Klassen mit zahlreichen Beziehungen untereinander (Anhang A). Für bessere inhaltliche Nachvollziehbarkeit ist das DM Hydro intern in drei Themen gegliedert: das Thema GroundwaterLevels, das Thema Observations und das Thema Localization (Abbildung 2 und Anhang A). Die Inhalte der Themen werden in den folgenden Kapiteln 3 bis 5 beschrieben.

Die **Klasse HydroSite** steht ausserhalb der drei Themen. Über sie wird durch eine 1:1-Beziehung die Verbindung zur Klasse Borehole\_Extended des Kernmodells DM Bohrdaten hergestellt. Ob die für die Klasse HydroSite vorgesehenen Daten schlussendlich separat erfasst oder direkt im Kernmodell des DM Bohrdaten abgelegt werden, bleibt dem DB-Spezialisten überlassen.

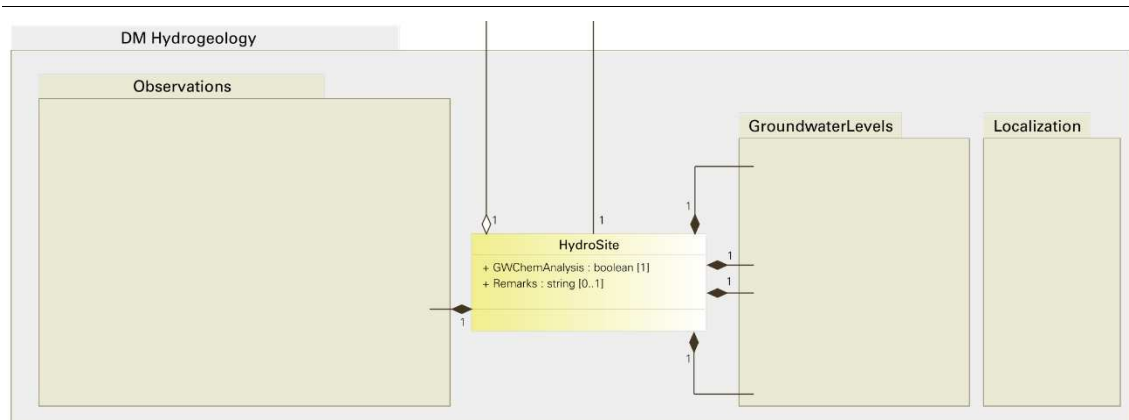


Abbildung 2:  
Darstellung des DM Hydrogeology im UML-Format, vereinfacht: ohne Inhalte der drei Themen

### 2.1 Klasse HydroSite

Über die Klasse HydroSite erfolgt die Verbindung zum betreffenden Objekt der Klasse Borehole\_Extended aus dem übergeordneten Kernmodell DM Bohrdaten. Auf Stufe dieser Klasse können allgemeine Informationen zur Hydrogeologie der Bohrung erfasst werden, die keiner der untergeordneten Klassen zuzuweisen sind. Wie oben erwähnt ist auch eine Ansiedlung dieser Informationen im Kernmodell des DM Bohrdaten denkbar.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	GWChemAnalysis [1]	Boolean	Angabe, ob eine <b>chemische Analyse</b> mindestens einer GW-Probe vorgenommen wurde und deren Resultate vorliegen
02	Remarks [0..1]	String (254)	Freie <b>Bemerkungen</b> ; das Attribut ist optional und nur zu verwenden, wenn es sich nicht vermeiden lässt.

### 2.1.1 Chemische Analyse: Attribut GWChemAnalysis

Mit dem Attribut GWChemAnalysis wird über einen Boolean obligatorisch (Kardinalität [1]) angegeben, ob eine chemische Grundwasseranalyse an (mindestens) einer aus der Bohrung entnommenen Probe bekannt ist. Wir empfehlen als Default-Wert "nein".

Die Erfassung der Analysenergebnisse selbst ist im DM nicht vorgesehen. Eine bestehende Möglichkeit ist die Einbindung der Ergebnisse als separate Datei über das DM Documentation, wenn die Daten frei zugänglich gemacht werden sollen (siehe Kapitel 2.2). Andernfalls ist zur Bohrung zumindest der Kontakt dessen zu erfassen, der die Analysen veranlasst hat (siehe Kernmodell DM Bohrdaten).

*Datentyp: Boolean*

*Beispiel: ja*

### 2.1.2 Bemerkungen: Attribut Remarks

Das Attribut Bemerkungen ermöglicht die Erfassung von zusätzlichen Informationen zum Thema Hydrogeologie mit Bezug zur Bohrung, die über die weiteren Klassen und deren Attribute nicht abgedeckt werden. Es soll nur für wichtige ansonsten unerfasste Daten genutzt werden (Kardinalität [0..1]).

*Datentyp: String (254)*

*Beispiel: Erstellt im Rahmen der regionalen GW-Studie "Hydrogeologie Mustertal" (AfU, Kanton XY, 2011)*

## 2.2 DM Documentation

Über eine Verknüpfung der Klasse HydroSite mit dem geplanten Modul DM Documentation zum Kernmodell DM Bohrdaten (siehe Anhang A) können Dokumente mit der Bohrung verknüpft werden, in denen weitere hydrogeologische Informationen mit Bezug zur Bohrung vermittelt werden, die über die bestehenden Klassen und deren Attribute nicht vollständig erfasst werden können. Das Verknüpfen eines Dokuments ersetzt nicht das Erfassen von Daten in der über das Datenmodell definierten Datenbank mit der dafür vorgesehenen Struktur.

Die Erfassung von Dokumenten zu Bohrungen ist nicht zwingend erforderlich, es können jedoch beliebig viele Dokumente je Bohrung bzw. HydroSite erfasst werden (Kardinalität [0..\*]). Weitere datentechnisch zu erfassende Attribute und Verknüpfungen zu anderen bestehenden Klassen (z. B. Klasse Contact des Kernmodells DM Bohrdaten) werden im konzeptionellen Modell zum DM Documentation definiert.

### 3 Thema GroundwaterLevels

Das Thema GroundwaterLevels umfasst im DM Hydro alle Informationen zu Grundwasserständen. Streng genommen sind diese Informationen grösstenteils ebenfalls Beobachtungen (siehe Kapitel 4 – Thema Observations).

Das Thema ist in Abbildung 3 und in Anhang A als UML-Diagramm dargestellt. Grundwasserstände können Messungen des Grundwasserstands sein (Klasse GroundwaterLevelMeasurement und Klasse GroundwaterLevel) oder abgeleitete repräsentative Grundwasserstände (abstrakte Klasse ReprGroundwaterLevel mit Subklassen LowRGL, MeanRGL, HighRGL). Bei Letzteren handelt es sich nicht um einzelne Beobachtungen, sondern um auf unterschiedlicher Datenbasis beruhenden Auswertungen von Beobachtungen. Eher qualitative Angaben zu Grundwasserständen bzw. Wasserdruckverhältnissen sind Informationen zu Wasserzutritten bei Erdwärmesondenbohrungen (Klasse WaterIngress) und ob mit der Bohrung ein Arteser angetroffen wurde (Klasse GroundwaterConditions).

Durch den Aufbau des konzeptionellen Modells ist die Anzahl der erfassten Grundwassermessungen pro Bohrung oder Ausbauelement (Klasse Equipment) nicht beschränkt. Es wird jedoch betont, dass es nicht der Zweck dieses Datenmodells ist, Zeitreihen von Grundwassermessungen zu erfassen (z. B. langjährige Beobachtungen mit wiederholten manuellen oder automatischen Abstichmessungen mittels Lichtlot bzw. Datenlogger). Langzeitdaten von schweizweit repräsentativen GW-Messstellen werden durch das Bundesamt für Umwelt im Rahmen des NAQUA-Programms erfasst und verwaltet.

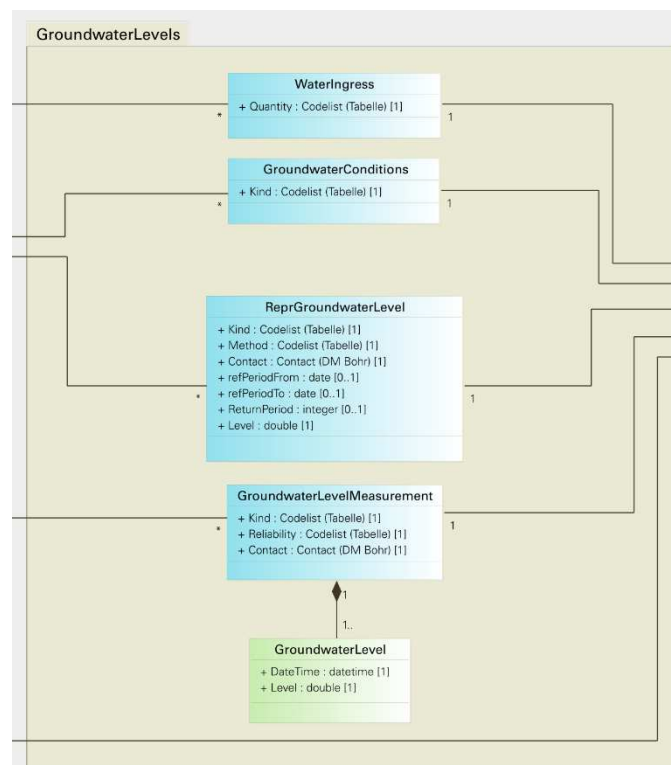


Abbildung 3:  
Darstellung des Themas GroundwaterLevels im DM Hydrogeology im UML-Format

### 3.1 Klasse GroundwaterLevelMeasurement

Die Klasse GroundwaterLevelMeasurement beschreibt die generellen Eigenschaften von "Messkampagnen", die in einer Messstelle/Bohrung durchgeführt wurden. Die einzelnen Grundwassermessungen werden anschliessend als Objekte der Klasse GroundwaterLevel erfasst. Es muss mindestens eine Messung als Objekt der Klasse GroundwaterLevel erfasst werden (Kardinalität [1..\*]). Theoretisch ist die Erfassung beliebig vieler Messungen möglich, es sollen hier jedoch keine umfangreichen Zeitreihen aufgenommen werden.

Mit der Klasse Contact sind die bereits im Kernmodell des DM Bohrrdaten erfassten Kontakte als Urheber der Messkampagne zuweisbar. Fehlt der Kontakt muss er also zuerst in der entsprechenden Klasse des Kernmodells erfasst werden. Da eine Grundwassermessung tiefen-/schichtabhängig unterschiedliche Wasserstände ergeben kann und auch in verschiedenen Ausbauelementen stattfinden kann, muss diese Abhängigkeit mit einem Bezug zur Klasse VerticalLocalization erfasst werden (siehe Kapitel 5).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 3.1.1)	<b>Methode</b> der Grundwassermessung (z. B. Abstichmessung mit Lichtlot, Manometer, etc.); mögliche Attributwerte sind Tabelle 3.1.1 "GWLevelMeasurement_Kind" zu entnehmen.
02	Reliability [1]	Codelist (Tabelle 3.1.2)	<b>Zuverlässigkeit</b> der Grundwassermessung (z. B. zuverlässig, fraglich, etc.); mögliche Attributwerte sind Tabelle 3.1.2 "GWLevelMeasurement_Reliability" zu entnehmen.
03	Contact [1]	Klasse Contact im DM Bohrrdaten	Verknüpfung zur Klasse <b>Contact</b> des Kernmodells DM Bohrrdaten

#### 3.1.1 Messmethode: Attribut Kind; Tabelle GWLevelMeasurement\_Kind

Art der Grundwasserstandsmessungen bzw. die Methode, mit der die Messung(en) ermittelt wurden; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Die manuell allgemein übliche Ermittlung des Grundwasserstands mittels Lichtlot fällt unter 001 Abstichmessung. Relativdrucksonden (002, auch Tauchsonden) sind die Standardgeräte bei GW-Loggern. Porenwasserdruckgeber (003, auch Filterkerzen, kurz PWD oder PWG) werden vor allem für Messungen in unterschiedlichen Tiefen und geringdurchlässigem Untergrund eingesetzt. Manometer (004) dienen i.d.R. der Druckspiegelmessung von Arthesern. Schall (005) wird analog zur Anwendung in der Hydrologie (Flusspegel o. ä.) für Abstichmessungen genutzt.

Code gwIme101	Kind [1]
001	Abstichmessung
002	Relativdrucksonde
003	Porenwasserdruckgeber
004	Manometer
005	Schall

006 andere

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: Abstichmessung*

### 3.1.2 Zuverlässigkeit: Attribut Reliability; Tabelle GWLevelMeasurement\_Reliability

Zuverlässigkeit der Grundwasserstandsmessungen; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]).

HydroCode gwIme102	Reliability [1]
001	zuverlässig
002	fraglich
003	unbekannt

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: zuverlässig*

### 3.1.3 Kontakt: Klasse Contact des DM Bohrdaten

Verbindung zur Klasse Contact im Kernmodell Bohrdaten. Der Kontakt (in diesem Fall z. B. das Geologiebüro, das die GW-Messung durchgeführt hat) wird als Objekt der Klasse Contact im DM Bohrdaten erfasst. Im DM Hydro ist eine Verknüpfung des jeweiligen Objekts der Klasse GroundwaterLevelMeasurement mit dem zugehörigen Objekt der Klasse Contact (DM Bohrdaten) vorgesehen. Durch dieses Vorgehen werden Redundanz und Inkonsistenz vermieden.

## 3.2 Klasse GroundwaterLevel

Ein Objekt der Klasse GroundwaterLevel stellt eine einzelne Messung des Grundwasserstands dar. Es muss mindestens ein solches Objekt zu einem Objekt der Klasse GroundwaterLevelMeasurement existieren (Kardinalität [1..\*]).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	DateTime [1]	Date	<b>Datum</b> und optional <b>Zeit</b> der Grundwassermessung
02	Level [1]	Double	Höhe des gemessenen <b>Grundwasserstands</b> in m ü. M.

### 3.2.1 Datum: Attribut DateTime

Datum und optional Zeit der Messung des Grundwasserstands; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Bei fehlender Zeitangabe wird sie mit 00:00:00 erfasst. Es ist möglich, mehrere Messungen am gleichen Tag zu erfassen.

*Datentyp: Date*

*Beispiel: 06.08.2019 19:23:00*

### 3.2.2 Grundwasserstand: Attribut Level

Der gemessene Grundwasserstand – Höhe in m ü. M.; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]).



Datentyp: Double

Beispiel: 481.83

### 3.3 Klasse ReprGroundwaterLevel

Im Gegensatz zur Klasse GroundwaterLevelMeasurement dient die abstrakte Klasse ReprGroundwaterLevel nicht der Erfassung von Messungen des Grundwasserstands, sondern der Erfassung von als repräsentativ erachteten Grundwasserständen, welche Auswertungsergebnisse sind. Da sich repräsentative Grundwasserstände je nach zu Grunde liegender Beobachtungsperiode oder Jährlichkeit unterscheiden können und in einer Messstelle mehrere Beobachtungsorte (Piezometerrohre, Filterstrecken, ...) möglich sind, können zu einer Bohrung bzw. deren HydroSite beliebig viele repräsentative Grundwasserstände erfasst werden (Kardinalität [0..\*] bzw. [\*]).

Mit dem Attribut Contact sind die bereits im Kernmodell des DM Bohrdaten erfassten Kontakte als Urheber zuweisbar. Fehlt der Kontakt muss er also zuerst in der entsprechenden Klasse des Kernmodells erfasst werden. Da eine Messstelle ausbau- respektive tiefen- und schichtabhängig mehrere repräsentative Wasserstände haben kann, muss mit einem Bezug zur Klasse VerticalLocalization diese Tiefenabhängigkeit erfasst werden (siehe Kapitel 5).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 3.3.1)	<b>Art</b> des repräsentativen Grundwasserstands (z. B. mittlerer oder hoher GW-Stand); mögliche Attributwerte sind Tabelle 3.3.1 "ReprGWL_Kind" zu entnehmen.
02	Method [1]	Codelist (Tabelle 3.3.2)	<b>Auswertmethode</b> mit der der repräsentative Grundwasserstand ermittelt wurden (z. B. gutachterliche Schätzung ohne Berücksichtigung einer Referenzmessstelle, statistische Auswertung einer Messreihe etc.); mögliche Attributwerte sind Tabelle 3.3.2 "ReprGWL_Kind" zu entnehmen.
03	Contact [1]	Klasse Contact im DM Bohrdaten	Verknüpfung zur Klasse <b>Contact</b> des DM Bohrdaten
04	refPeriodFrom [0..1]	Date	<b>Beginn des Referenzzeitraums</b> , auf den sich der repräsentative Grundwasserstand bezieht; optionale Angabe
05	refPeriodTo [0..1]	Date	<b>Ende des Referenzzeitraums</b> , auf den sich der repräsentative Grundwasserstand bezieht; optionale Angabe
06	ReturnPeriod [0..1]	Integer	<b>Jährlichkeit</b> des repräsentativen Grundwasserstands (z. B. 10, 30, 100, etc.)

07	Level [1]	Double	Höhe des <b>repräsentativen Grundwasserstands</b> in m ü. M.
----	-----------	--------	--

### 3.3.1 Art: Attribut Kind; Tabelle ReprGWL\_Kind

Art des repräsentativen Grundwasserstands; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]).

HydroCode repgl101	Kind [1]
001	niedriger GW-Stand
002	mittlerer GW-Stand
003	hoher GW-Stand

Datentyp: Codelist

Beispiel: mittlerer GW-Stand

### 3.3.2 Auswertmethode: Attribut Method; Tabelle ReprGWL\_Method

Auswertmethode, die zum repräsentativen GW-Stand bzw. zu den repräsentativen GW-Ständen führte; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Aus dieser Information können Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit der angegebenen repräsentativen Grundwasserstände gezogen werden.

Die statistische Auswertung einer langjährigen Messreihe liefert die wertvollste Information. Bei gutachterlichen Abschätzungen wird unterschieden zwischen solchen, die auf Korrelation weniger Messungen an der betrachteten Messstelle mit einer längeren Zeitreihe einer geeigneten Referenzmessstelle beruhen, und solchen, die sich nur auf die wenigen Messungen an der betrachteten Messstelle stützen. Mit letztgenannter Methode ermittelte Werte haben eine eher geringe Zuverlässigkeit.

HydroCode repgl102	Method [1]
001	Gutachterliche Schätzung (nur diese Messstelle)
002	Gutachterliche Schätzung (mit Referenzmessstelle)
003	Grundwasserkarte
004	statistische Auswertung
005	historischer, gemessener Extremwert
006	andere
007	unbekannt

Datentyp: Codelist

Beispiel: Gutachterliche Schätzung (mit Referenzmessstelle)

### 3.3.3 Kontakt: Klasse Contact des DM Bohrdaten

Verbindung zur Klasse Contact im Kernmodell Bohrdaten. Der Kontakt (in diesem Fall z. B. das Geologiebüro, das die gutachterliche Schätzung des repräsentativen GW-Standes vorgenommen hat) wird als Objekt der Klasse Contact im Kernmodell DM Bohrdaten erfasst. Im DM Hydro ist eine Verknüpfung des jeweiligen Objekts der Klasse ReprGroundwaterLevel mit dem zugehörigen Objekt der Klasse Contact (Kernmodell DM Bohrdaten) vorgesehen. Durch dieses Vorgehen werden Redundanz und Inkonsistenz vermieden.

### 3.3.4 Beginn des Referenzzeitraums: Attribut refPeriodFrom

Optional kann ein Referenzzeitraum für den repräsentativen Grundwasserstand erfasst werden (Kardinalität [0..1]). Dieses Attribut stellt in Form eines Datums den Beginn dieses Referenzzeitraums dar.

Ist der Referenzzeitraum unbekannt oder handelt es sich beim erfassten repräsentativen Grundwasserstand um eine allgemeine Abschätzung ohne spezifischen Referenzzeitraum, bleibt dieses Attribut leer. Wenn der erfasste repräsentative Grundwasserstand ein historisch gemessener Extremwert ist, wird hier dessen Datum erfasst.

*Datentyp: Date*

*Beispiel: 01.01.1980*

### **3.3.5 Ende des Referenzzeitraums: Attribut refPeriodTo**

Dieses Attribut stellt das Ende (ebenfalls in Datumsform) des optional zu erfassenden Referenzzeitraums dar (Kardinalität [0..1]). Ist der Referenzzeitraum unbekannt oder handelt es sich beim erfassten repräsentativen Grundwasserstand um eine allgemeine Abschätzung ohne spezifischen Referenzzeitraum, bleibt dieses Attribut leer.

*Datentyp: Date*

*Beispiel: 31.12.1999*

### **3.3.6 Jährlichkeit: Attribut ReturnPeriod**

Die Jährlichkeit oder das statistische Wiederkehrintervall eines repräsentativen Grundwasserstands ist eine optionale Angabe (Kardinalität [0..1]) und nur für niedrige und hohe repräsentative Grundwasserstände möglich (Abschnitt 3.3.1 Kind: 001 niedriger GW-Stand, 003 hoher GW-Stand). Diese Angabe ist v. a. für die Auswertmethode "004 statistische Auswertung" (Abschnitt 3.3.2) relevant. Ist die Jährlichkeit unbekannt, handelt es sich beim erfassten repräsentativen Grundwasserstand um eine allgemeine Abschätzung ohne spezifische Jährlichkeit oder um einen historischen, gemessenen Extremwert kann das Attribut leer bleiben.

*Datentyp: Integer*

*Beispiel: 100*

### **3.3.7 Repräsentativer Grundwasserstand: Attribut Level**

Der repräsentative GW-Stand in m ü. M. ist eine obligatorische Angabe (Kardinalität [1]).

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 483.75*

## **3.4 Klasse GroundwaterConditions**

Mit der Klasse GroundwaterConditions können beobachtete Grundwasserverhältnisse, erfasst werden. Sie ist vor allem für die Erfassung von angetroffenen Artesern relevant. Die Eingabe dieser Information ist optional (z. B. nicht notwendig, wenn keine entsprechenden Beobachtungen gemacht wurden). Wegen der obligatorischen vertikalen Verortung (Klasse VerticalLocalization, siehe Kapitel 5) sind z. B. bei Vorhandensein mehrerer Grundwasserstockwerke auch mehrere Einträge möglich.

Kenntnisse zu den Grundwasserverhältnissen können neben reinen Beobachtungen auch auf einer kombinierten Auswertung der geologischen Schichten und gemessenen Grundwasserständen beruhen. Dafür empfehlen wir zusätzlich die Verankerung hydrogeologischer Informationen bei diesen Schichten im Modul Geologie zum DM Bohrdaten: Grundwasserverhältnisse (freispiegelnd, halbgespannt, gespannt, artesisch gespannt) und hydrogeologische Funktion (GW-Leiter, Geringleiter, GW-Stauer).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 3.4.1)	<b>GW-Verhältnisse</b> ; mögliche Attributwerte sind Tabelle 3.4.1 "GroundwaterConditions_Kind" zu entnehmen.

### 3.4.1 GW-Verhältnisse: Attribut Kind; Tabelle GroundwaterConditions\_Kind

Angabe zu den beobachteten GW-Verhältnissen; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Es ist vor allem für die Erfassung von angetroffenen Artesern vorgesehen ("003 artesisch gespannt").

HydroCode	Kind [1]
gwcon101	
001	freispiegelnd
002	gespannt
003	artesisch gespannt
004	andere

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: artesisch gespannt*

## 3.5 Klasse WaterIngress

Wasserzuflüsse zum Bohrloch werden, sofern sie vorhanden und bekannt sind, über die Klasse WaterIngress erfasst. Vorgesehen ist diese Klasse vor allem für Spülbohrungen wie z. B. Erdwärmesondenbohrungen, bei denen Grundwasserstände nicht gemessen werden können. Dort trifft oftmals das Bohrpersoneal qualitative Aussagen zur zuströmenden Wassermenge ("viel – mittel – wenig"). Auch hier ist über eine Verknüpfung mit einem Objekt der Klasse VerticalLocalization jedem Objekt der Klasse WaterIngress der zugehörige Höhenabschnitt in der Bohrung zuzuordnen.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Quantity [1]	Codelist (Tabelle 3.5.1)	<b>Menge</b> des Grundwassers, das dem Bohrloch zufließt, wie sie vom Bohrpersoneal abgeschätzt wurde (z. B. wenig, viel); mögliche Attributwerte sind Tabelle 3.5.1 "WaterIngress_Quantity" zu entnehmen.

### 3.5.1 Menge: Attribut Quantity; Tabelle WaterIngress\_Quantity

Über das Attribut Quantity wird die durch das Bohrpersoneal qualitativ abgeschätzte Menge des dem Bohrloch zufließenden Grundwassers erfasst. Wurde der Wasserzufluss während der Bohrung zwar registriert, aber nicht abgeschätzt, gilt für die Zuflussmenge "004 unbekannt".

Code	
waing101	Quantity
001	wenig
002	mittel
003	viel
004	unbekannt

*Datentyp: Codelist*

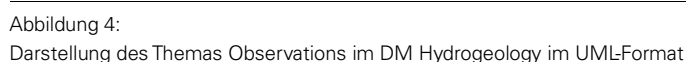
*Beispiel: mittel*

## **4 Thema Observations**

Das Thema Observations im DM Hydro umfasst alle Beobachtungen, Messungen und Versuche im und am Grundwasser, welche nicht das reine Vorhandensein von Grundwasser und Grundwasserstände betreffen (hierzu siehe Kapitel 3 – Thema GroundwaterLevels). Im Folgenden werden diese zusammenfassend als Untersuchungen bezeichnet.

Das Thema ist in Abbildung 4 und in Anhang A im UML-Format dargestellt. Kern des Themas ist die abstrakte Klasse Observation, welche allgemeine Attribute umfasst, die an die verschiedenen, über Subklassen definierten Untersuchungen vererbt werden. Die Klasse Observation ist an die Klasse HydroSite angeknüpft (siehe Kapitel 2 – DM Hydrogeology). Es gibt vier direkte Subklassen zur abstrakten Klasse Observation: die Klassen StandardObservation, OrganolepticObservation, TracerTest und Borelog. Über die Assoziationsklasse StandardObservation werden verschiedene Typen von Untersuchungen durch weitere Subklassen an die abstrakte Klasse Observation angebunden: die Klassen HydroTest, FieldMeasurement, GrainSizeAnalysis und ExpertEstimation. Die sich aus den Untersuchungen ergebenden Resultate werden je nach Observation-Subklasse in den Klassen HydroResult, LoggingResult und OrganolepticResult abgelegt. Da bei den "Observations" eine Tiefenabhängigkeit besteht, ist eine Verknüpfung zur Klasse VerticalLocalization vorgesehen.

Die eingangs (Abschnitt II3) eingeführte Farblegende zu den Klassen im UML-Diagramm hilft bei der Nachvollziehbarkeit der Erklärungen zum komplexen Thema Observations.



Mit der abstrakten Klasse `Observation` und den zugehörigen Subklassen werden alle Versuche, Messungen und Beobachtungen erfasst, die keine Grundwasserstände sind. Die Attribute dieser Klasse decken allgemeine Informationen (Metadaten) ab, die für alle unterschiedlichen Untersuchungen relevant sind. Sie werden an die untergeordneten Subklassen vererbt. Zur Klasse `Observation` kann kein Objekt existieren; erst durch die Vererbung an die Subklassen können Objekte mit den hier definierten Attributen erstellt werden. Direkt mit der abstrakten Klasse `Observation` verbunden sind die Subklassen `StandardObservation`, `OrganolepticObservation`, `TracerTest` und `Logging`.

Mit dem Attribut Contact sind die bereits im DM Bohrdaten erfassten Kontakte als Urheber der Untersuchung zuweisbar. Fehlt der Kontakt muss er also zuerst in der entsprechenden Klasse des Kernmodells DM Bohrdaten erfasst werden. Mit einem Bezug zur Klasse VerticalLocalization wird die Tiefenabhängigkeit der Untersuchungen und somit deren Ergebnisse erfasst (siehe Kapitel 5).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	DateTime [1]	Date	<b>Datum</b> und optional <b>Zeit</b> der Untersuchung
02	Reliability [1]	Codelist (Tabelle 4.1.2)	<b>Zuverlässigkeit</b> der Untersuchung und ihrer Ergebnisse (z. B. zuverlässig, fraglich); mögliche Attributwerte sind Tabelle 4.1.2 "Observation_Reliability" zu entnehmen.
03	HasPacker [1]	Boolean	Angabe, ob der Versuch oder die Messung mit eingebauten <b>Packern</b> durchgeführt wurde.
04	CompletionFinished [1]	Boolean	Angabe, ob der <b>Ausbau</b> zum Zeitpunkt des Versuchs oder der Messung <b>abgeschlossen</b> ist.
05	Contact [1]	Klasse Contact im DM Bohrdaten	Verknüpfung zur Klasse <b>Contact</b> des Kernmodells DM Bohrdaten

#### 4.1.1 Datum: Attribut DateTime

Datum und optional Zeit der Untersuchung; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Bei fehlender Zeitangabe wird sie mit 00:00:00 erfasst.

Datentyp: Date

Beispiel: 06.08.2019 14:00:00

#### 4.1.2 Zuverlässigkeit: Attribut Reliability; Tabelle Observation\_Reliability

Zuverlässigkeit der Untersuchung und deren Ergebnisse; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]).

HydroCode observ102	Reliability [1]
001	zuverlässig
002	fraglich
003	unbekannt

Datentyp: Codelist

Beispiel: fraglich

#### 4.1.3 Packer: Attribut HasPacker

Mit diesem Boolean-Eintrag wird angegeben, ob für die erfasste Untersuchung Packer im Bohrloch eingebaut waren. Es handelt sich um ein obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Wir empfehlen als Default-Einstellung "nein".



*Datentyp: Boolean*

*Beispiel: nein*

#### 4.1.4 Ausgebaut: Attribut CompletionFinished

Über diese Angabe wird ausgedrückt, ob der Bohrlochausbau zum Zeitpunkt der Untersuchung abgeschlossen ist. Es handelt sich um ein obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Wir empfehlen als Default-Einstellung "ja". Im Fall von Untersuchungen während des Bohrvorgangs oder in einer generell unausgebauten Bohrung ist "nein" zu wählen.

*Datentyp: Boolean*

*Beispiel: ja*

#### 4.1.5 Kontakt: Klasse Contact des DM Bohrdaten

Verbindung zur Klasse Contact im Kernmodell Bohrdaten. Der Kontakt (in diesem Fall z. B. das Geologiebüro, das den Versuch durchgeführt und ausgewertet hat) wird als Objekt der Klasse Contact im Kernmodell des DM Bohrdaten erfasst. Im DM Hydro ist eine Verknüpfung des jeweiligen Objekts der Klasse Observation mit dem zugehörigen Objekt der Klasse Contact (Kernmodell DM Bohrdaten) vorgesehen. Durch dieses Vorgehen werden Redundanz und Inkonsistenz vermieden.

### 4.2 Klasse StandardObservation

Die Assoziationsklasse StandardObservation dient einerseits der reinen Verknüpfung ihrer Subklassen mit der Klasse Observation sowie mit der ebenfalls der Assoziation dienenden Klasse ObservationMethod. Die Subklassen der Klasse StandardObservation sind die Klassen HydroTest, FieldMeasurement, GrainSizeAnalysis und ExpertEstimation. Als Subklassen erben sie alle Attribute der Klasse StandardObservation, welche die Attribute der abstrakten Klasse Observation erbt, ohne eigene hinzuzufügen.

### 4.3 Klasse HydroTest

Die Klasse HydroTest dient der Erfassung von hydrogeologischen Versuchen, deren Zweck die Bestimmung der Durchlässigkeitsverhältnisse im Untergrund ist. Über die Klasse StandardObservation erbt sie alle Attribute der abstrakten Klasse Observation.

Es existieren in diesem Kontext zahlreiche unterschiedliche Versuche mit unterschiedlichen Anwendungsbereichen, unterschiedlichem Vorgehen und folglich unterschiedlichen Auswertungsmethoden. Es wird erfasst, welche Art von Test (Attribut Kind der Klasse Hydrotest) durchgeführt, mit welcher Methode (Klasse Method) er ausgewertet wurde und welchem Parameter (Klasse Parameter) der Ergebniswert (Klasse HydroResult) entspricht. Dabei sind mögliche Kombinationen im Datenmodell hinterlegt (siehe Abschnitt 4.7).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 4.3.1)	<b>Versuchsart</b> (z. B. konstante Rate, instantane Druckänderung); mögliche Werte sind in Tabelle 4.3.1 "HydroTest_Kind" aufgeführt.
02	Duration [0..1]	Double	<b>Dauer</b> des Versuchs in Stunden

#### 4.3.1 Versuchsart: Attribut Kind; Tabelle HydroTest\_Kind

Mit der Versuchsart werden die physikalischen Rahmenbedingungen der Versuchsanwendung erfasst. Es folgt eine knappe Erklärung und Einordnung einiger verbreiteter Versuchsarten. Da die Versuchsart auch im deutschsprachigen Raum oft durch den entsprechenden englischen Begriff angegeben wird, ist die untenstehende Tabelle zweisprachig.

Der klassische Pumpversuch, bei dem mit einer konstanten Pumprate aus einem Brunnen oder Piezometer (oder unausgebauten Bohrloch) Grundwasser entnommen wird, fällt in die Kategorie 001 "konstante Förderrate". Ein gesamtheitlich ausgewerteter mehrstufiger Versuch (ggf. mit Wiederanstieg) ist der Kategorie 008 "Versuchsreihe" zuzuordnen.

Slug-, Bail- und Pulse-Tests sind in den Kategorien 005 und 006 "schlagartige Absenkung bzw. Anhebung der Druckhöhe" anzusiedeln. Bei einem Slug-Test wird eine schlagartige Änderung des Wasserstands in der Bohrung induziert und die Reaktion des Wasserstands über die Zeit beobachtet. Die Wasserstandsänderung wird durch schnelles Einbringen oder Entfernen eines bestimmten Wasservolumens oder Verdrängungskörpers hervorgerufen. Verschiedene Varianten dieses Versuchs (Einbringen und/oder Entfernen, Wasservolumen oder Körper) werden in der Literatur uneinheitlich als Slug-Test, Bail-Test, Slug-Bail-Test oder mit anderen verwandten Namen bezeichnet. Bei Pulse-Tests wird die Reaktion des Grundwassers auf Druckimpulse beobachtet.

Wird nach einer Beeinflussung des Grundwassers nur die Erholungsphase ausgewertet (z. B. Wiederanstieg nach einem Entnahme-Pumpversuch oder Wiederabsenkung nach einer Injektionsphase) fällt diese unter 007 "Erholung".

Infiltrationsversuche in der ungesättigten Zone sind unter 009 "ungesättigte Zone" zu erfassen. Verbreitet sind reguläre Versickerungsversuche in Baggerschlitten, bei denen das Absinken des eingefüllten Wassers beobachtet wird. Analog sind jedoch auch Auffüllversuche in Bohrungen möglich, für die diese Kategorie im DM Hydro relevant ist.

Für Laborversuche zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit an einer ungestörten Boden- oder Felsprobe (z. B. Permeameter- oder Durchströmungsversuch) ist die Kategorie 010 "Laborversuch" vorgesehen. Die daraus im kleinen Massstab gewonnene Gesteinsdurchlässigkeit entspricht meist nicht der Gebirgsdurchlässigkeit im grösseren Zusammenhang.

HydroCode	Kind	Kind
hstest101		
001	konstante Förderrate	constant rate, withdrawal
002	konstante Injektionsrate	constant rate, injection
003	konstante Druckhöhe bei Entnahme	constant head, withdrawal
004	konstante Druckhöhe bei Injektion	constant head, injection
005	schlagartige Absenkung der Druckhöhe	instant change in pressure, drop
006	schlagartige Anhebung der Druckhöhe	instant change in pressure, rise
007	Erholung	recovery
008	Versuchsreihe	test sequence
009	ungesättigte Zone	unsaturated zone
010	Laborversuch	lab test

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: konstante Entnahmerate*

#### 4.3.2 Dauer: Attribut Duration

Versuchsdauer; optionales Attribut (Kardinalität [0..1]). Die Information ist nur einzugeben, wenn sie für den erfassten Versuch sinnvoll ist. Die Dauer wird als Wert in der Einheit Stunden eingegeben.

Datentyp: Double

Beispiel: 3.25

#### 4.4 Klasse FieldMeasurement

Die Klasse FieldMeasurement dient der Erfassung von im Feld am Grundwasser direkt gemessenen Werten. Eine solche Messung kann mit einer Sonde im Bohrloch erfolgen oder bei einer Grundwasserentnahme an gefördertem Grundwasser. Als Subklasse der Klasse StandardObservation ist sie zugleich eine Subklasse der abstrakten Klasse Observation und erbt deren Attribute. Je nach Art der Messung ist auf Ebene der Klasse Observation die entsprechende Zuverlässigkeit (Attribut Reliability) auszuwählen. Beispielsweise ist eine Sauerstoffmessung an einer stehenden Probe in einem Eimer fraglich, eine Sauerstoffmessung mittels Durchflussmesszelle nach ausreichender Vorpumpmenge hingegen eher zuverlässig. Um welchen Parameter es sich handelt, wird zusammen mit dem Ergebnis erfasst (Erklärung der dazu verwendeten Klassen mit ihren Beziehungen und Inhalten siehe Abschnitt 4.7).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	SampleType [1]	Codelist (Tabelle 4.4.1)	<b>Art der Probe</b> , an der die Messung durchgeführt wird (z. B. Pumpprobe, in situ); mögliche Attributwerte sind Tabelle 4.4.1 "FieldMeasurement_SampleType" zu entnehmen

##### 4.4.1 Probenart: Attribut SampleType; Tabelle FieldMeasurement\_SampleType

Über das Attribut SampleType wird festgehalten, wie das Grundwasser für die Messung beprobt wurde. Die Messung kann mit einer Sonde direkt im Bohrloch ("in situ") durchgeführt werden, an einem geschöpften Volumen des Grundwassers oder an gepumptem Grundwasser (nach ausreichendem Vorpumpen).

HydrCode field101	SampleType [1]
001	Pumpprobe
002	Schöpfprobe
003	im Bohrloch

Datentyp: Codelist

Beispiel: Pumpprobe

#### 4.5 Klasse GrainSizeAnalysis

Die Klasse GrainSizeAnalysis dient der Erfassung von k-Wert-Abschätzungen aus Kornverteilungsanalysen mittels empirischer Formeln. Es existieren zu diesem Zweck sehr viele empirische Formeln unterschiedlicher Autoren; für das DM sind jedoch gezielt lediglich die gebräuchlichsten vorgesehen


(siehe Abschnitte 4.7.3 und 4.7.6). Welche Formel (Methode) für die Abschätzung verwendet wurde, wird zusammen mit dem Ergebnis erfasst (Erklärung der dazu verwendeten Klassen mit ihren Beziehungen und Inhalten siehe Abschnitt 4.7). Als Subklasse der Klasse StandardObservation ist die Klasse GrainSizeAnalysis zugleich eine Subklasse der abstrakten Klasse Observation und erbt deren Attribute.


#### 4.6 Klasse ExpertEstimation

Die Klasse ExpertEstimation dient der Erfassung einer gutachterlichen Abschätzung. Als Subklasse der Klasse StandardObservation ist sie zugleich eine Subklasse der abstrakten Klasse Observation und erbt deren Attribute. Je nach Art der gutachterlichen Einschätzung ist auf Ebene der Klasse Observation die entsprechende Zuverlässigkeit (Attribut Reliability) auszuwählen. Beispielsweise ist eine Abschätzung des k-Werts aus der geologischen Karte fraglich, eine Schlussfolgerung aufgrund verschiedener durchgeführter hydro(geo)logischer Tests, die eine Spanne an Resultaten lieferten, hingegen eher zuverlässig. Welche Methodik zum gutachterlichen Wert führte und um welchen Parameter es sich dabei handelt, wird zusammen mit dem Ergebnis erfasst (Erklärung der dazu verwendeten Klassen mit ihren Beziehungen und Inhalten siehe Abschnitt 4.7).

#### 4.7 Verknüpfung HydroResult mit StandardObservation

Für die Anknüpfung der Ergebniswerte, erfasst in der Klasse HydroResult, an die Klasse StandardObservation gibt es mehrere Zwischenklassen. Die etwas komplexe Darstellung im Diagramm ist erforderlich, um die erwünschte Filterung von zulässigen Eingaben zu beschreiben.

Einige dieser Klassen enthalten lediglich Wertelisten (im UML-Diagramm  Anthrazit) und sind im Prinzip Codelisten ("Listenklassen"). Die Klasse StandardObservationType listet die als Subklassen der Klasse StandardObservation definierten unterschiedlichen Untersuchungen auf. Die Klasse HydroTestKind enthält die möglichen Versuchsarten der in der Klasse HydroTest genannten Codelist für das Attribut Kind (Abschnitt 4.3.1). In der Klasse Method sind alle Auswertmethoden, die für die verschiedenen Untersuchungen zu Werten führen können, zusammengefasst. Die Klasse Parameter enthält alle unterschiedlichen Parametertypen, die im DM Hydro erfasst werden können.

Andere Klassen erfüllen in Form von Assoziationsklassen die Funktion von Filtern (im UML-Diagramm  Petrolblau, "Filterklassen"), durch die im DM hinterlegt ist, welche Kombinationsmöglichkeiten zwischen Untersuchungsart, Versuchsart, Methode und Parameter möglich sind. Dazu gehören die Klassen StandardObservationTypeMethod, HydroTestKindMethod und MethodParameter.

Bei den Verknüpfungen handelt es sich weitestgehend um ausformulierte m:n-Beziehungen. D. h. es wird beschrieben, wie die einzelnen Einträge der "Listenklassen" über die "Filterklassen" in Bezug zueinander stehen. Die Listenklassen (Kardinalität [1]) liegen jeweils beidseits einer Filterklasse (Kardinalität [\*] oder [1..\*]).

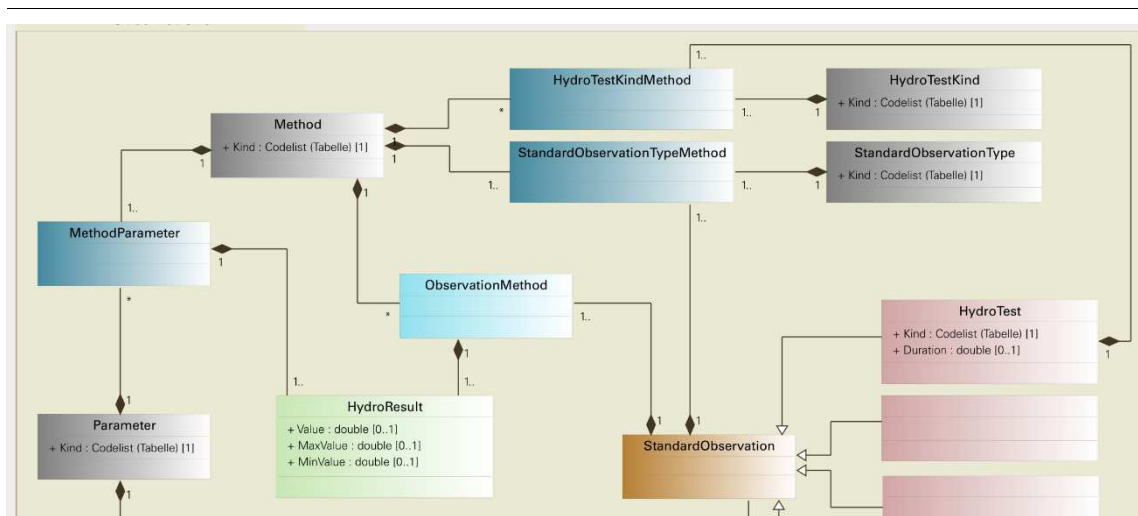


Abbildung 5:  
Ergebniserfassung zu "StandardObservation", Detail aus dem UML-Diagramm

#### 4.7.1 Klasse ObservationMethod

Diese Klasse dient als Assoziationsklasse zwischen den für die Klasse StandardObservation (mit ihren Subklassen) generierten Objekten und der Klasse Method. In dieser Klasse wird die Kombination aus StandardObservation (respektive indirekt der Klasse Observation) und zugehöriger Methode erfasst und anschliessend zusammen mit dem Ergebnis der Untersuchung (Value) der Klasse HydroResult übergeben. Damit wird gewährleistet, dass jeder erfasste Messwert eindeutig sowohl einer Methode als auch einem Versuch zugeordnet ist.

#### 4.7.2 Klasse StandardObservationType

In dieser Klasse werden in Form einer Werteliste die Subklassen der Klasse StandardObservation aufgeführt. Allfällige Anpassungen und Ergänzungen bei den vordefinierten Subklassen müssen mit der Klasse StandardObservationType abgebildet werden.

HydroCode	Type
stoty101	
001	HydroTest
002	FieldMeasurement
003	GrainSizeAnalysis
004	ExpertEstimation

Datentyp: Codelist

Beispiel: HydroTest

#### 4.7.3 Klasse HydroTestKind

Die Klasse HydroTestKind enthält die möglichen Versuchsarten gemäss Abschnitt 4.3.1 und entspricht somit der in der Klasse HydroTest genannten Codelist für das Attribut Kind.

#### 4.7.4 Klasse Method

In dieser Klasse sind in Form einer Werteliste alle Methoden aufgeführt, die für die unterschiedlichen Untersuchungen der Klasse StandardObservation zu Parameterwerten führen. Ohne Kontext sind diese Methoden teilweise nicht eindeutig verständlich. Da sie in der Anwendung durch die Filterung

aber nur bei den zutreffenden Untersuchungen zur Auswahl stehen (vgl. Abschnitte 4.7.6 und 4.7.7), sind sie im Kontext eindeutig.

HydrCode metho101	Kind
001	gutachterlicher Wert
002	stationär
003	instationär
004	numerisch
005	Slug/Bail
006	Pulse
007	Drillstem
008	Lugeon
009	Bialas et al.
010	Hazen
011	Beyer
012	Messwert
013	andere

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: stationär*

#### 4.7.5 Klasse Parameter

In der Klasse Parameter sind in einer Werteliste alle unterschiedlichen Parameter zusammengetragen, für die im DM Hydro Werte zu erfassen sind. Es sind zwingend die in der untenstehenden Tabelle vermerkten Einheiten bei der Erfassung von Werten einzuhalten. Der k-Wert (gesättigt) ist der Durchlässigkeitsbeiwert, über den die hydraulische Leitfähigkeit quantifiziert wird. Für die ungesättigte Zone gilt analog der  $k_u$ -Wert (ungesättigt). Für die Eingabe der elektrischen Leitfähigkeit stehen zwei Varianten zur Verfügung. Messungen älteren Datums beziehen sich oft auf eine Referenztemperatur von 20°C. Der internationale Standard, der sich zunehmend in der Praxis durchsetzt, legt 25°C als Referenztemperatur fest.

##### Anmerkungen bezüglich nicht berücksichtigter Parameter

Der Speicherkoeffizient bleibt im vorliegenden DM unberücksichtigt. Dies liegt daran, dass es sich hierbei nicht um einen Gesteinsparameter, sondern um einen Systemparameter handelt, der auch davon abhängig ist, ob gespannte oder freispiegelnde Verhältnisse vorliegen. Er ist nur bei bestimmten Versuchsbedingungen (Pumpversuch mit Messungen in Piezometern abseits vom Förderbrunnen) überhaupt sinnvoll bestimmbar, wird aber dennoch auch in anderen Fällen angegeben, obwohl der Wert dann unbrauchbar ist. Zudem besteht Verwechslungsgefahr zwischen dem spezifischen Speicherkoeffizienten  $S_s$  und dem Speicherkoeffizienten  $S$  ( $S_s \times \text{Mächtigkeit}$ ).

Auch die Porosität bleibt unberücksichtigt. Hier besteht ebenfalls eine Systemabhängigkeit: nur im rein freispiegelnden System entspricht die effektive Porosität dem spezifischen Speicherkoeffizienten. Ausserdem ist die Porosität wegen der Unterscheidung von Gesamt-, drainierbarer und durchflusswirksamer/effektiver Porosität kein eindeutiger Parameter.

HydrCode param101	Kind	Symbol	Unit
001	k-Wert (gesättigt)	$k_f$	m/s
002	$k_u$ -Wert (ungesättigt)	$k_{f,u}$	m/s
003	Transmissivität	T	m <sup>2</sup> /s
004	Temperatur	Temp.	°C
005	pH-Wert	pH	-
006	elektrische Leitfähigkeit (Referenztemp. 20 °C)	Lf(20°C)	μS/cm
007	elektrische Leitfähigkeit (Referenztemp. 25 °C)	Lf(25°C)	μS/cm
008	Redoxpotential	Eh	mV
009	Sauerstoffsättigung in %	O2%	%
010	Sauerstoffgehalt gelöst	O2gel	mg/l
011	Strömungsdimension	d	-
012	statischer Formationsdruck	P	Pa

Datentyp: Codelist

Beispiel: k-Wert (gesättigt)

#### 4.7.6 Klasse StandardObservationTypeMethod

Diese Filterklasse definiert alle zulässigen Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Subklassen der Klasse StandardObservation (als StandardObservationType bezeichnet) und den Einträgen der Klasse Method.

Method (HydroCode metho101)	Standard ObservationType (HydroCode ...101)	001 gutachterlicher Wert	002 stationär	003 instationär	004 numerisch	005 Slug/Bail	006 Pulse	007 Drillstem	008 Lugeon	009 Bialas et al	010 Hazen	011 Beyer	012 Messwert	013 andere
001 HydroTest			X	X	X	X	X	X	X					X
002 Field Measurement													X	X
003 GrainSize Analysis										X	X	X		X
004 Expert Estimation		X												X

#### 4.7.7 Klasse HydroTestKindMethod

Da in der Klasse HydroTest mithilfe des Attributs Kind unterschiedliche Versuchsarten erfasst werden können, die aber mit unterschiedlichen Methoden auszuwerten sind, ist eine zusätzliche Einschränkung der zulässigen Methode je Versuchsart erforderlich. Dies geschieht über die Assoziationsklasse HydroTestKindMethod, in der alle möglichen Kombinationen wie folgt erfasst sind.

Welche Art von Test (inkl. physikalischer Hintergrund) mit welcher Methode (Auswertung oder konkreter Versuchstyp) kombinierbar ist und bei der Eingabe der Daten zur Verfügung stehen, stellt die nachfolgende Tabelle dar.

(relevanter Teil von) Method (HydroCode metho101)  HydroTest_Kind (HydroCode htest101)	002 stationär	003 instationär	004 numerisch	005 Slug/Bail	006 Pulse	007 Drillstem	008 Lugeon	013 andere
001 constant rate, withdrawal	X	X	X					X
002 constant rate, injection	X	X	X					X
003 constant head, withdrawal	X	X	X				X	X
004 constant head, injection	X	X	X				X	X
005 instant change in pressure, withdrawal				X	X	X		X
006 instant change in pressure, injection				X	X	X		X
007 recovery		X	X					X
008 test sequence	X	X	X	X	X	X	X	X
009 unsaturated zone tests								X

#### 4.7.8 Klasse MethodParameter

Diese Filterklasse definiert die Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Einträgen der Klassen Method und Parameter. Damit werden bei einer gewählten Methode nur die zugehörigen respektive mit der Auswertung möglichen Parameter angezeigt. Die ausgewählte Methoden-Parameter-Kombination wird zusammen mit dem Messwert in der Klasse HydroResult erfasst.

Method (HydroCode metho101)  Parameter (HydroCode param101)	001 gutachterlicher Wert	002 stationär	003 instationär	004 numerisch	005 Slug/Bail	006 Pulse	007 Drillstem	008 Lugeon	009 Bialas et al	010 Hazen	011 Beyer	012 Messwert	013 andere
001 $k_r$ -Wert (gesättigt)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
002 $k_{f,u}$ -Wert (ungesättigt)	X	X	X	X									X
003 Transmissivität	X	X	X	X	X	X	X	X					X
004 Temperatur												X	X
005 pH-Wert												X	X
006 elektrische Leitfähigkeit (20 °C)												X	X



007 elektrische Leitfähigkeit (25 °C)												X	X
008 Redoxpotential												X	X
009 Sauerstoffgehalt in %												X	X
010 Sauerstoffgehalt gelöst												X	X
011 Strömungsdimension		X	X	X				X					X
012 static formation pressure		X	X	X	X	X	X	X					X

#### 4.8 Klasse HydroResult

Über die Klasse HydroResult werden letztendlich die Ergebniswerte der unterschiedlichen Untersuchungen aus der Klasse StandardObservation erfasst. Von welcher der StandardObservations er stammt, um welchen Parameter es sich handelt und mit welcher Methode er bestimmt wurde, ist durch die entsprechenden Einträge in den verknüpften Klassen (StandardObservationType, Method, Parameter, StandardObservationTypeMethod, MethodParameter) nachvollziehbar.

Zu jedem Objekt der Klasse ObservationMethod muss mindestens ein Objekt der Klasse HydroResult erfasst werden (Kardinalität [1..\*]). Durch die Attributtabelle wird die Eingabe von drei unterschiedlichen Werten ermöglicht: ein nicht weiter spezifizierter Wert, ein Maximal- und ein Minimalwert. Alle drei Werte können, müssen aber nicht eingegeben werden (jeweils Kardinalität [0..1]). Es ist mindestens die Eingabe von einem der drei Werte erforderlich.

Die Auswertung eines Pumpversuchs (HydroTest – konstante Entnahmerate – instationär) kann beispielsweise einen k-Wert von 3.4E-03 m/s liefern, der unter 01 Value erfasst wird. Ein mehrstufiger Pumpversuch mit abschliessendem Wiederanstieg dessen einzelne Stufen ausgewertet und dann zusammen erfasst werden (HydroTest – Testsequenz – instationär) liefert beispielsweise eine Spanne von k-Werten von 8.2E-04 m/s bis 5.7E-03 m/s, die unter 03 MinValue und 02 MaxValue erfasst wird.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Value [0..1]	Double	<b>Wert</b> des Parameters, der als Ergebnis der Untersuchung erfasst wird
02	MaxValue [0..1]	Double	<b>Maximalwert</b>
03	MinValue [0..1]	Double	<b>Minimalwert</b>

##### 4.8.1 Wert: Attribut Value

Als Attribut Wert erfasst werden alle Werte, die nicht klar als Maximal- oder Minimalwert deklariert sind. Dabei kann es sich z. B. um einen Messwert, ein eindeutig im Zuge der Versuchsauswertung berechnetes Resultat oder um eine einfache Schätzung des Gutachters handeln. Der Parameterwert

des Ergebnisses muss zwingend in der vorgegebenen Einheit (siehe Tabelle 4.7.5) erfasst werden; optionales Attribut (Kardinalität [0..1]).

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 0.0038*

#### 4.8.2 Maximalwert: Attribut MaxValue

Auch der Maximalwert muss zwingend in der vorgegebenen Einheit (siehe Tabelle 4.7.5) erfasst werden; optionales Attribut (Kardinalität [0..1]).

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 0.005*

#### 4.8.3 Minimalwert: Attribut MinValue

Der Minimalwert muss ebenfalls zwingend in der vorgegebenen Einheit (siehe Tabelle 4.7.5) erfasst werden; optionales Attribut (Kardinalität [0..1]).

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 0.001*

### 4.9 Klasse OrganolepticObservation

Die Klasse OrganolepticObservation dient der Erfassung von qualitativen Beobachtungen mittels unterschiedlicher Sinne. Als Subklasse der Klasse Observation erbt sie deren Attribute, ohne weitere hinzuzufügen. Die Beobachtungen selbst werden als Objekte der Klasse OrganolepticResult (Abschnitt 4.10) erfasst. Es muss mindestens ein Objekt der Klasse OrganolepticResult mit einem Objekt der Klasse OrganolepticObservation verknüpft werden (Kardinalität [1..\*]). Beispielsweise werden bei einer Grundwasserprobenahme (Erfassung als ein Objekt der Klasse OrganolepticObservation) üblicherweise Geruch, Farbe und Trübung des beprobten Wassers (drei separate Objekte der Klasse OrganolepticResult) beurteilt.

### 4.10 Klasse OrganolepticResult

Mit der Klasse OrganolepticResult wird die qualitative organoleptische Beobachtung selbst festgehalten. Dazu zählen die Informationen, um welche Art von Beobachtung es sich handelt (mit welchem Sinn beobachtet wurde) und eine kurze, verständliche Beschreibung der Beobachtung.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist (Tabelle 4.10.1)	<b>Art</b> der organoleptischen Beobachtung (z. B. Farbe, Geruch); mögliche Attributwerte sind Tabelle 4.10.1 "OrganolepticResult_Kind" zu entnehmen.
02	Observation [1]	String (254)	<b>Beschreibung</b> der organoleptischen Beobachtung

#### 4.10.1 Art der Beobachtung: Attribut Kind; Tabelle OrganolepticResult\_Kind

Kategorie der organoleptischen Beobachtung, die im folgenden Attribut beschrieben wird; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]).

HydroCode orgob101	Kind
001	Geruch
002	Farbe
003	Trübung
004	andere

Datentyp: Codelist

Beispiel: Geruch

#### 4.10.2 Beschreibung: Attribut Observation

Die Beschreibung der organoleptischen Beobachtung sollte möglichst knapp gehalten werden. Wenige Stichworte genügen üblicherweise, um Intensität und Ausprägung der Beobachtung festzuhalten; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]).

Datentyp: String (254)

Beispiel: schwach nach Benzin

#### 4.11 Klasse TracerTest

Die Klasse TracerTest dient der Erfassung eines Markierversuchs. Als Subklasse der Klasse Observation erbt sie deren Attribute.

Bei einem Markierversuch handelt es sich um einen komplexen Versuch, der sich nicht nur auf eine einzelne Bohrung bezieht, wie es für die mit dem vorliegenden DM Hydro erfassten Daten durch die Angliederung an das Kernmodell des DM Bohrdaten vorgesehen ist. Darum werden hier keine Ergebnisse erfasst. Diese könnten sehr vielfältig sein: z. B. Vorhandensein hydraulischer Verbindungen zwischen verschiedenen Bohrungen, Schächten und Oberflächengewässern, Abstandsgeschwindigkeit (maximale, dominierende, mittlere), Dispersionskoeffizient oder Rückgewinnungsrate. Es wird lediglich festgehalten, dass ein Markierversuch durchgeführt wurde (mit den allgemeinen Attributen der Klasse Observation: u.a. wann, wer) und welche Rolle die Bohrung, zu der der Datenbankeintrag gehört, dabei spielte. Ergänzend ist das Anhängen eines Dokuments möglich (siehe Abschnitt 2.2).

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Role [1]	Codelist (Tabelle 4.11.1)	<b>Rolle</b> , die die betrachtete Bohrung im Tracerversuch hat (Tracer-Eingabestelle oder Beprobungspunkt); mögliche Attributwerte sind in Tabelle 4.11.1 "TracerTest_Role" aufgeführt.

##### 4.11.1 Rolle: Attribut Role; Tabelle TracerTest\_Role

Über dieses Attribut wird erfasst, welche Funktion die Bohrung, zu der der Markierversuch erfasst wird, dabei innehatte.

HydroCode	
trace101	Role
001	Eingabe
002	Beprobung

Datentyp: Codelist

Beispiel: Beprobung

#### 4.12 Klasse Borelog

Die Klasse Borelog dient der Erfassung von Messungen oder Versuchen, die eine Reihe von **tiefenabhängigen** Werten durch einen Messvorgang liefern. Als Subklasse der Klasse Observation erbt sie deren Attribute für die Erfassung von Metadaten.

Unabhängig von der Verknüpfung der Klasse Observation mit der Klasse Localization (zur Zuordnung der Untersuchung zu einem Piezometer und/oder einem Höhenbereich) werden die einzelnen Logging-Werte (Klasse LoggingResult, siehe Abschnitt 4.15) über die Klasse MeasurementPoint einer Höhe zugeordnet. Es muss zu jedem Objekt der Klasse Borelog mindestens ein Objekt der Klasse MeasurementPoint erfasst werden (Kardinalität [1..\*]). Der aus einem Flowmeter-Versuch abgeleitete Profil-k-Wert wird auf die fiktive Höhe -9'999 erfasst. Für eine separate Eingabe des Profil-k-Werts als Ergebnis eines HydroTest müsste der Flowmeter-Versuch ein zweites Mal als Observation instanziiert werden, darum ist diese Variante nicht vorgesehen.

#### 4.13 Klasse MeasurementPoint

Wie erwähnt, werden die einzelnen Logging-Werte (Klasse LoggingResult, siehe Abschnitt 4.15) jeweils einer Höhe zugeordnet. Dies geschieht über die Klasse MeasurementPoint.

Zu jedem Objekt der Klasse Borelog muss mindestens ein Objekt der Klasse MeasurementPoint erfasst werden (Kardinalität [1..\*]). Da es sich bei Logging-Messreihen üblicherweise um eine Abfolge von Messungen auf mehreren Höhen handelt (normalerweise in regelmässigen Abständen über die Länge des Piezometers respektive des Bohrlochs), werden folglich ebenso viele Messpunkte als Objekte der Klasse MeasurementPoint erfasst. Für den Profil-k-Wert aus einem Flowmeter-Versuch ist die fiktive Höhe -9'999 zu wählen (siehe Abschnitt 4.12).

Zu jedem Objekt der Klasse MeasurementPoint muss mindestens ein Wert als Objekt der Klasse LoggingResult erfasst werden (Kardinalität [1..\*]). Mehrere Loggingwerte für einen Messpunkt kommen beispielsweise bei einem Fluidlogging mit Multiparametersonde zustande, womit pro Messpunkt z. B. pH-Wert, Temperatur und elektrische Leitfähigkeit gemessen werden.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Elevation [1]	Double	<b>Höhe</b> in m ü. M. in der die Messung stattfand

##### 4.13.1 Messpunkthöhe: Attribut Elevation

Die vertikale Lage des Messpunkts im Piezometer wird als Höhe in m ü. M. angegeben.

Borelogs in Horizontalbohrungen und stark geneigten Bohrungen können mit dem vorliegenden DM Hydro in der bestehenden Form nicht erfasst werden.

Datentyp: Double

Beispiel: 475.5

#### 4.14 Verknüpfung LoggingResult mit Borelog

Für die Anknüpfung der Ergebniswerte (Klasse LoggingResult) an die Klasse Borelog gibt es mehrere Zwischenklassen. Eine davon ist die bereits diskutierte Klasse MeasurementPoint für die Definition der Höhenlage des Messpunkts, an dem der Wert bzw. die Werte aufgenommen wurden. Die Assoziationsklasse LoggingMethodParameter dient als Filter, indem darin die für die Erfassung zulässigen Methoden-Parameter-Kombinationen vordefiniert sind. Auch hier handelt es sich bei den Verknüpfungen um eine ausformulierte m:n-Beziehung (vgl. Abschnitt 4.7).

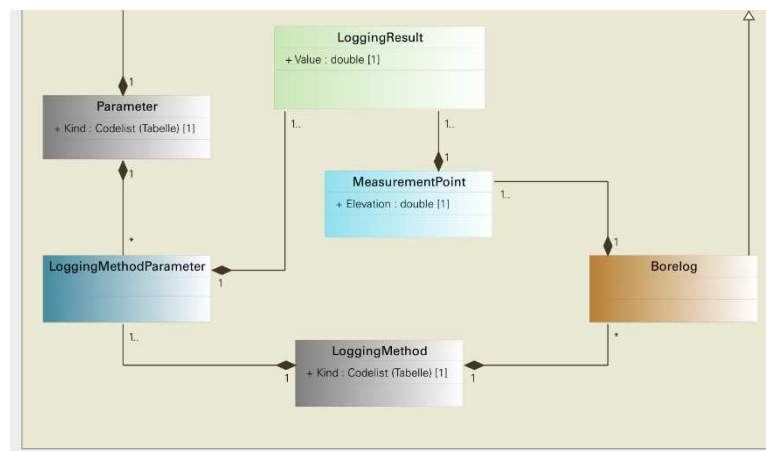


Abbildung 6:  
Ergebniserfassung zu "Borelog"-Observation, Detail aus dem UML-Diagramm

##### 4.14.1 Klasse LoggingMethod

In der Klasse LoggingMethod ist in Form einer Werteliste (Codelist) hinterlegt, welche Typen von Borelogs es gibt. In Kombination mit der Assoziationsklasse LoggingMethodParameter werden die jeweils einer LoggingMethod zugehörigen Parameter definiert.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Kind [1]	Codelist	<b>Methoden</b> bzw. Typen von Logging

HydroCode	Kind
lgmet101	
001	Flowmeter
002	Fluidlogging
003	andere

Datentyp: Codelist

Beispiel: Flowmeter

#### 4.14.2 Klasse Parameter

Im Kontext von Borelog und LoggingResult wird für die Parameter der Ergebniswerte auf dieselbe Klasse zurückgegriffen wie im Kontext von StandardObservation und HydroResult. In der im Abschnitt 4.7.5 erläuterten Klasse Parameter sind alle zur Verfügung stehenden Parameter hinterlegt.

*Datentyp: Codelist*

*Beispiel: k-Wert (gesättigt)*

#### 4.14.3 Klasse LoggingMethodParameter

In der Klasse LoggingMethodParameter ist hinterlegt, welche Kombinationen der Einträge in den Wertetabellen der Klasse LoggingMethod und der Klasse Parameter möglich sind, sprich, welche Logging Methoden welche Parameter liefern können.

LoggingMethod (HydroCode logmet101) Parameter (HydroCode param101)	001 Flowmeter	002 Fluidlogging	003 andere
001 k <sub>r</sub> -Wert (gesättigt)	X		X
002 k <sub>r,u</sub> -Wert (ungesättigt)			X
003 Transmissivität			X
004 Temperatur		X	X
005 pH-Wert		X	X
006 elektrische Leitfähigkeit (20 °C)		X	X
007 elektrische Leitfähigkeit (25 °C)		X	X
008 Redoxpotential		X	X
009 Sauerstoffgehalt in %		X	X
010 Sauerstoffgehalt gelöst		X	X
011 Strömungsdimension			X
012 static formation pressure			X

#### 4.15 Klasse LoggingResult

Über die Klasse LoggingResult werden letztendlich die Werte des Borelog erfasst. Um welchen Parameter es sich handelt und von welcher Logging Methode er stammt, ist mit dem zugehörigen Eintrag aus der verknüpften Klasse LoggingMethodParameter präzisiert. Auf welcher Höhe der Wert gemessen wurde ergibt sich aus der Verknüpfung mit der Klasse MeasurementPoint.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Value [1]	Double	<b>Wert</b> des Ergebnisses in der Einheit, die in der Werteliste in Abschnitt 4.7.5 festgelegt ist.

#### **4.15.1 Wert:** Attribut Value

Der Parameterwert des Ergebnisses muss zwingend in der vorgegebenen Einheit eingegeben werden (siehe Tabelle in Abschnitt 4.7.5); obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]).

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 0.0032*

## 5 Thema Localization

Das Thema Localization ist Teil des DM Hydro. Über die darin enthaltenen Klassen werden hydrogeologische Informationen aus den zuvor beschriebenen Themen GroundwaterLevels und Observations einem Ausbauelement zugehörig und/oder räumlich (vertikal) eingeordnet. Erst durch diese Zuweisung ist die Information zum dreidimensionalen Untergrundsystem eindeutig definiert und nutzbar. Die horizontale Lage ergibt sich aus den Attributen der Klasse Borehole des Themas Inner\_Core im Kernmodell DM Bohrdaten: Location\_E, Location\_N, Bore\_Inc und Bore\_Inc\_Dir. Das noch zu erstellende Modul Bohrpfad wird die Problematik von Positionen in nicht vertikalen/subvertikalen Bohrungen behandeln (z. B. Horizontalbohrungen oder Bohrungen mit gebogenem oder gewundenem Bohrpfad).

Die Verknüpfung zu den räumlich einzuordnenden Objekten wird durch die abstrakte Klasse Vertical-Localization hergestellt. Die räumliche Einordnung muss über mindestens eine von zwei Methoden erfolgen: Entweder wird über die Klasse ZValue die Höhe bzw. der Höhenbereich, wofür die Information gilt, in m ü. M. direkt angegeben und/oder über die Klasse Equipment als Zuweisung auf einen vorab definierten Bohrlocheinbau, auf den sich die Information bezieht.

Eine der beiden Möglichkeiten zur vertikalen räumlichen Einordnung ist die **Benennung einer Höhe oder Höhenspanne in m ü. M.** über die Klasse ZValue. Inhaltlich ist diese Information am wertvollsten. Diese Angabe ist zu wählen, wenn z. B. bei einer Unterbrechung des Bohrvorgangs ein Kurzpumpversuch in einem vorgebohrten, aber unverrohrten Bereich des Bohrlochs durchgeführt wird, wenn eine Temperaturmessung auf einer bestimmten Höhe innerhalb eines längeren verfilterten Bohrlochabschnitts erfolgt oder wenn aufgrund vorangegangener Flowmetermessungen bekannt ist, dass eine Probenahme nur einen bestimmten Tiefenbereich des vollkommen verfilterten Grundwasserleiters betrifft (Beispiele, Liste nicht abschliessend).

Teilweise geht aus dem (hydro-)geologischen Bericht nicht hervor, auf welche Tiefe sich eine Information bezieht, es ist aber bekannt, in welchem Bohrlocheinbau der Versuch oder die Messung durchgeführt wurde bzw. auf welchen sich die Beobachtung oder Auswertung bezieht (z. B. das 4.5"-Piezometer, nicht das 2"-Piezometer). Die Information kann dann anstelle oder ergänzend zur Höhe dem **Bohrlocheinbau** über die Klasse Equipment zugewiesen werden. Teilweise lassen sich aus dem Einbau Rückschlüsse auf die Tiefe ziehen (z. B. Filterstrecke eines Brunnens in relativ homogen durchlässigem Kiesgrundwasserleiter). Teilweise führt ein solcher Rückschluss aber zu inhaltlichen Fehlern (z. B. wenn die Filterstrecke einen Tiefenbereich mit sehr unterschiedlich durchlässigem Material abdeckt).

Auch die Verknüpfung mit beiden Typen der vertikalen Einordnung ist möglich, z. B. wenn eine tiefenabhängige Messung auf einer bestimmten Höhe in einem bestimmten Bohrlocheinbau stattfand.



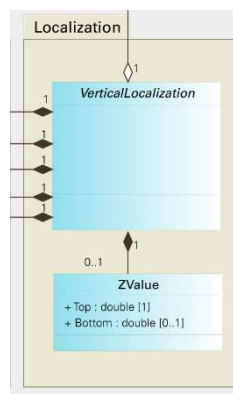


Abbildung 7:  
Darstellung des Themas Localization im DM Hydrogeology im UML-Format

## 5.1 Klasse VerticalLocalization (abstrakt)

Über die abstrakte Klasse VerticalLocalization wird eine Verknüpfung der vertikalen räumlichen Zuordnung mit der hydrogeologischen Information hergestellt. Die Verknüpfung findet auf einem oder zwei Wegen statt. Die Kardinalität [1] legt fest, dass für alle Objekte der folgenden Klassen aus dem DM Hydro eine räumliche Zuweisung definiert werden muss: Klasse GroundwaterLevelMeasurement, Klasse ReprGroundwaterLevel, Klasse GroundwaterConditions, Klasse WaterIngress und Klasse Observation. Sowohl eine Verknüpfung mit einem zugehörigen Objekt der Klasse Equipment als auch die Erstellung eines Eintrags in der Klasse ZValue sind optional (Kardinalitäten [0..1]). Eine von beiden Informationen muss jedoch erfolgen, um das zwingend zu erstellende Objekt der Klasse VerticalLocalization zu generieren. Dies ist bei der Umsetzung der Datenbank z. B. in Form einer entsprechenden Validation respektive eines Hinweises notwendig.

## 5.2 Klasse ZValue

Die Eingabe einer absoluten Höhe oder Höhenspanne als vertikale räumliche Einordnung für eine erfasste hydrogeologische Information erfolgt über die Klasse ZValue. Mit der Kardinalität [0..1] wird ausgedrückt, dass kein oder höchstens ein Objekt mit Angaben zur Höhe vorgesehen ist.

No	Attributname [Kardinalität]	Datentyp (Wertebereich)	Beschreibung
01	Top [1]	Double	<b>(Obere) Höhe</b> des Bereichs, auf den die Information zutrifft, in m ü. M., obligatorische Angabe
02	Bottom [0..1]	Double	<b>Untere Höhe</b> des Bereichs, auf den die Information zutrifft, in m ü. M., optionale Angabe

### 5.2.1 Top: Attribut Top

Obere Höhe (in m ü. M.) des Bereichs, auf den die verknüpfte Information zutrifft; obligatorisches Attribut (Kardinalität [1]). Trifft die Information nur auf eine bestimmte Höhe und nicht auf einen Bereich zu, wird diese Höhe hier eingegeben. Ist keine Höhe bekannt, so gilt: -9'999.

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 478.50*

### **5.2.2 Bottom: Attribut Bottom**

Untere Höhe (in m ü. M.) des Bereichs, auf den die verknüpfte Information zutrifft; fakultatives Attribut (Kardinalität [0..1]). Wenn die Information anstelle für einen Bereich zwischen oberer und unterer Höhe nur für eine bestimmte Höhe repräsentativ ist, genügt die Eingabe der Höhe als Attribut "Top". Gilt die Information für einen unbekannten Höhenbereich, so gilt: -9'999.

*Datentyp: Double*

*Beispiel: 478.00*

## IV Abschliessende Bemerkungen

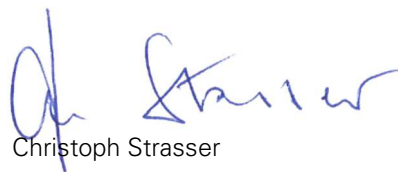
Wie bereits eingangs dargestellt, soll dieses ausführliche konzeptuelle Datenmodell einem Datenbankspezialisten bei der Erstellung (Programmierung) des physischen Datenmodells, der eigentlichen Datenbank, die notwendige inhaltliche Struktur bieten. Dabei ist es sehr wahrscheinlich, dass es aus datenbanktechnischen Gründen sinnvoll ist, von der hier dargestellten Klassenstruktur lokal abzuweichen. Die Umsetzung der Datenbank erfolgt idealerweise zusammen mit den Verfassern des vorliegenden Konzepts.

Mithilfe des physischen Datenmodells kann über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) die Datenbank von Nutzern mit Informationen bewirtschaftet werden. Darin hilft die bildliche Darstellung gängiger Ausbautypen und Instrumentierungen – wie es beispielsweise bei kommerzieller Hydrotest-Software vorkommt – die Informationszuordnung zu veranschaulichen. Zur Steigerung der Nutzerfreundlichkeit können z. B. auch "Mini-Taschenrechner" zur Umrechnung vom Abstichen in absolute Höhen und Zoll in Millimeter integriert werden. Für eine effiziente Bewirtschaftung der Datenbank ist der Aufbau des GUI und die damit verbundene Benutzerführung von ebenso zentraler Bedeutung wie die zugrunde liegende Datenbank.

### Geotechnisches Institut AG



Daniele Biaggi



Christoph Strasser

### Projektbearbeitung

Christoph Strasser, Dipl. Umweltingenieur ETH

Elena Hubert, MSc Geowissenschaften

Daniele Biaggi, Geologe SIA / CHGEOLcert

### Unter Mitarbeit von CSD Ingenieure AG

Jean-Marc Lavanchy, Geologe UNIL, Hydrogeologe UNINE

Rainer Schwarz, Dr. rer. nat., Dipl. Geophysiker

Marco Rietmann, Dipl.-Ing. FH Informatik

### Begleitgruppe

Stefan Volken (swisstopo, Leiter)

Andreas Baumeler (Digicarto)

Pierre Christe (Kt. Wallis)

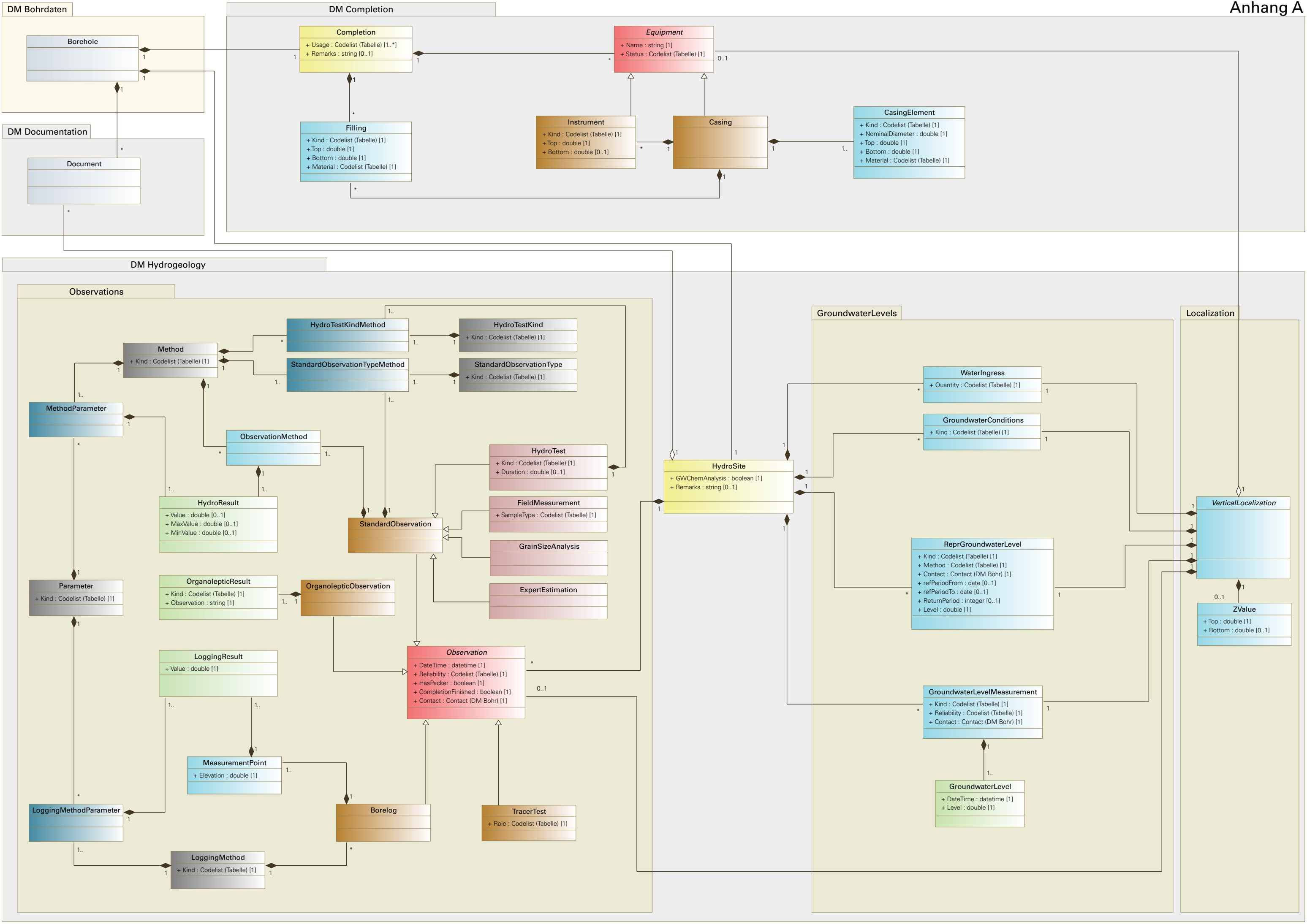
Daniel Gechter (swisstopo)

Christine Najar (swisstopo)

Paul Pfenninger (Kt. Sankt Gallen)

Michael Sinreich (BAFU)

Philip Wehrens (swisstopo)



# Schematische Darstellung: hydrogeologische Daten aus Bohrungen

## „Realität“

## gewonnene hydrogeologische Informationen

Geologie [m ü. M.]	hydraulische Leitfähigkeit	Wasser- druck [m ü. M.]	Funktion & GW- Verhält- nisse	während des Bohrvorgangs (RB)	aus EWS- Bohrungen	Ausbau	Versuche, Analysen, Messungen mit Auswertung	k-Wert [m/s]	weiteres
GOK 502 Deck- schicht 500	gering	499 501				Einzel- messung (Lichtlot)	Messungen des GW-Stands → siehe separates Schema	10 <sup>-6</sup> 10 <sup>-4</sup> 10 <sup>-2</sup>	
Kies- schotter	mittel		Locker- gesteins- GW-Leiter  <i>frei- spiegelnd</i>	Messung ≙ Realität	Wasserzutritt: wenig	Daten- logger	Versickerungs- versuch → oberflächennaher k-Wert (ungesättigte Zone)	x	Feldparameter (bei PV, GW-Beprobung oder mit Sonde) - Temperatur - elektrische Leitfähigkeit - pH - Redox-Potenzial - Sauerstoffsättigung
Sand- schotter	hoch		Locker- gesteins- Gering- leiter			Einzel- messung	Pumpversuch (Kurzzeit-PV, Langzeit-PV) → mittlerer k-Wert über Filterstrecke - stationäre Auswertung (Dupuit, Thiem, ...) - instationäre Auswertung (Theis, Cooper-Jacob, ...)		weitere Daten aus PV - Speicherkoeffizienten - Porosität - Transmissivität
490 Seeabla- gerungen			GW- Stauer	Messung ≠ Realität		Piezometer mit Filterstrecke(n)	Kornverteilungs- kurven → empirisch für Einzelproben (nach Bialas, Beyer, ...)		chemische Analysen → - GW-Inhaltsstoffe
Kies- schotter			Locker- gesteins- GW-Leiter  <i>gespannt</i>		Wasserzutritt: mittel	PWG	Aufstiegs- oder Absenkversuch (Slug- oder Bail-Test) positiver oder negativer Druckpuls (Pulse-Test)		geophysikalische Bohrlochmessungen → - Wassergehalt - Porosität - Klüftung - Salzkonzentration - ...
480 Moräne			GW- Stauer			PWG	Flowmeter- messung		Tracerversuche
Kalkstein (verkarstet)			Karst- GW-Leiter	Arteser - Abbruch der Bohrung, Abdichtung	Wasserzutritt: viel		PV ohne Ausbau → k-Wert im Bereich der rückgezogenen Verrohrung		
470 Gneis (zerklüftet)			Kluft- GW-Leiter  <i>artesisch gespannt</i>		Wasserzutritt: viel		Pumpversuch Slug/Bail/Pulse Tests Lugeon-Versuch/Wasserdruck-Test Drill-Stem-Test		EWS-Bohrungen: Thermal Response Test (TRT) → Wärmeleitfähigkeit