



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

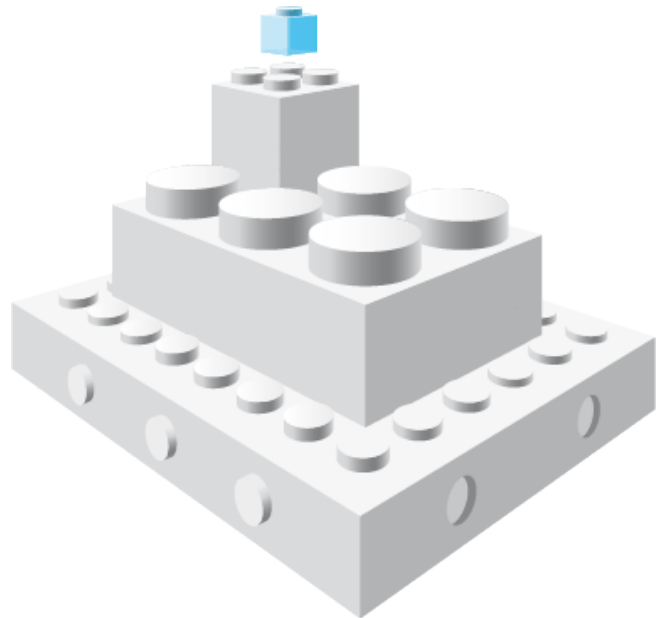
Innosuisse – Schweizerische Agentur
für Innovationsförderung

Innosuisse Projektnummer 40458.1 IP-ENG

Innovationsprojekt **GEOL_BIM** Ergebnisbericht Datenmodelle

Version 1.0

25. Mai 2022



CHGEOL



Schweizer Geologen Verband
Association suisse des géologues
Associazione svizzera dei geologi
Associaziun svizra dals geologs
Swiss Association of Geologists



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Landesgeologie



Impressum

Autoren

Lukas Schildknecht, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Oliver Schneider, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Michael Köbberich, Schweizer Geologenverband CHGEOL
Philip Wehrens, Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Stefan Volken, Bundesamt für Landestopografie swisstopo



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 6 |
| 2 | Datenmodelle GEOL_BIM | 6 |
| 2.1 | Bedeutung des konzeptuellen Datenmodells «GEOL_BIM» | 6 |
| 2.2 | Transfer- und Referenzmodell | 7 |
| 3 | Transfermodell GEOL_BIM | 9 |
| 3.1 | Konzeptuelle Sicht | 9 |
| 3.1.1 | GeologicFeature | 10 |
| 3.1.2 | Collection, Projekt- und Metadaten | 16 |
| 3.1.3 | Borehole | 17 |
| 3.1.4 | Voxel | 17 |
| 3.1.5 | Observations and Measurements | 18 |
| 3.1.6 | Datenkatalog | 19 |
| 3.2 | Transfermodell Implementierung (Transferformat GEOL_BIM) | 19 |
| 3.3 | Transformationsregeln zwischen Transfer- und Referenzmodell | 23 |
| 4 | Referenzmodell GeoSciML+ | 24 |
| 4.1 | Subsystem GeologicFeature | 25 |
| 4.2 | Subsystem Collection | 26 |
| 4.3 | Subsystem Observations and Measurements | 27 |
| 4.3.1 | AnalyticalProcess | 27 |
| 4.3.2 | Borehole | 28 |
| 4.3.3 | Feature View vs. Observation View | 29 |
| 4.3.4 | Detaillierungsgrad Erhebungsmethode | 30 |
| 4.3.5 | Eigenständige Beobachtungswerte | 31 |
| 4.4 | Subsystem Borehole | 32 |
| 4.5 | Genese | 34 |
| 5 | IFC Submodell GEOL_BIM und Transformationsregeln | 35 |
| 5.1 | Entitäten und Objektbildung | 36 |
| 5.2 | Eigenschaften | 38 |
| 5.3 | Raumstrukturen | 40 |
| 5.4 | Model View Definition / Information Delivery Specification | 42 |
| 5.5 | Lineare Referenzierung | 42 |
| 6 | Literaturverzeichnis | 43 |
| Anhang A | Datenkatalog Transfermodell GEOL_BIM | 44 |
| Anhang B | Eigenschaften: Standard-Attribute | 60 |
| Anhang C | Erwägungen zu Metadaten | 61 |
| Anhang D | Mapping Transfermodell nach Referenzmodell | 64 |
| Anhang E | Mapping Referenzmodell nach IFC | 66 |
| Anhang F | Erläuterungen zu ISO 19156 Observations and Measurements | 69 |



Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Modelltransformationen und Entwurfsebenen | 6 |
| Abbildung 2: Modelltransformationen mit Transfer- und Referenzmodell | 7 |
| Abbildung 3: Übersicht Klassendiagramm Transfermodell GEOL_BIM, konzeptuelle Sicht | 9 |
| Abbildung 4: Klassendiagramm Transfermodell (Submodell GeologicFeature) | 11 |
| Abbildung 5: GeologicFeature Objekttypen und Wertebereiche (Auszug, beispielhaft) | 12 |
| Abbildung 6: Klassendiagramm Detail GeologicFeature mit Property | 13 |
| Abbildung 7: Prinzip Eigenschafts-Zuweisung (Auszug, beispielhaft) | 14 |
| Abbildung 8: Detaillierungsgrade für Definition Erhebungsmethode im Transfermodell | 15 |
| Abbildung 9: Klassendiagramm Detail ObservationMethod | 16 |
| Abbildung 10: Klassendiagramm Detail Collection, Projekt- und Metadaten | 16 |
| Abbildung 11: Klassendiagramm Detail Borehole | 17 |
| Abbildung 12: Klassendiagramm Detail Voxel | 18 |
| Abbildung 13: Klassendiagramm Detail Observations and Measurements | 19 |
| Abbildung 14: Einordnung Transferformate | 20 |
| Abbildung 15: Nutzung Transfermodell je Transformations-Adapter | 21 |
| Abbildung 16: Transferschema für unterschiedliche Produkte | 21 |
| Abbildung 17: Excel-Transferschemas (Beispiele Umhüllende und Grenzflächen, Bohrprofile) | 21 |
| Abbildung 18: Struktur Excel-Transferschema | 22 |
| Abbildung 19: GeologicFeature: Konzepterläuterung Basistyp, Perspektive, Subtyp | 23 |
| Abbildung 20: GeologicFeature: vereinfachtes Datenmodell mit Objekttypen | 23 |
| Abbildung 21: Referenzmodell GeoSciML+, Übersicht | 24 |
| Abbildung 22: Klassendiagramm Referenzmodell (Submodell GeologicFeature, Auszug) | 25 |
| Abbildung 23: Klassendiagramm Referenzmodell: GeologicFeature und Property mit Beispiel PhysicalDescription) | 26 |
| Abbildung 24: Klassendiagramm Referenzmodell (Submodell Collection) | 27 |
| Abbildung 25: Klassendiagramm GeoSciML, Auszug aus LaboratoryAnalysis | 28 |
| Abbildung 26: Borehole/BoreholeInterval im Kontext von O&M | 29 |
| Abbildung 27: Detaillierungsgrade für Definition Erhebungsmethode | 31 |
| Abbildung 28: Beobachtungswerte als eigenständige Klasse. | 31 |
| Abbildung 29: Klassendiagramm Referenzmodell (Submodell Borehole) | 32 |
| Abbildung 30: Klassendiagramm Referenzmodell Geometrieverständnis | 33 |
| Abbildung 31: Referenzmodell GeoSciML+: Genese und Adaptionen | 34 |
| Abbildung 32: Submodell IFC für GEOL_BIM | 35 |
| Abbildung 33: Mapping GeoSciML+ nach IFC (4x3) | 36 |
| Abbildung 34: Übersicht Eigenschaftengruppen (PropertySets) | 39 |
| Abbildung 35: Benutzerdefinierte Eigenschaften GEOL_BIM | 40 |
| Abbildung 36: IFC Raumstrukturen | 41 |
| Abbildung 37: Klassendiagramm Transfermodell GEOL_BIM (mit Attributen) | 44 |
| Abbildung 38: Klassen von Metadaten | 61 |
| Abbildung 39: Klassendiagramm Kernkonzept O&M | 69 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Repräsentationsart und Geometrietypen | 14 |
| Tabelle 2: Transferschemas und Adapter | 20 |
| Tabelle 3: Mapping GeoSciML+ nach IFC | 37 |
| Tabelle 4: Benutzerdefinierte Eigenschaften GEOL_BIM | 39 |
| Tabelle 5: Bildungsregeln IfcExternalSpatialElement | 41 |
| Tabelle 6: Metadaten Transferdatei/Projekt | 62 |
| Tabelle 7: Metadaten Datenbestand | 63 |



Dokumenthistorie

| Version | Datum | Kommentar | Autor |
|----------------|--------------|--|--------------|
| 0.20 | 01.07.2021 | Initialversion, in Bearbeitung | LS |
| 0.25 | 12.09.2021 | Diverse Ergänzungen | LS |
| 0.80 | 14.01.2022 | Konsolidierung | LS |
| 0.82 | 20.03.2022 | Einarbeitung Reviews Kernteam | LS |
| 0.90 | 23.05.2022 | Ergänzung zu GeoSciML; diverse Anpassungen/Korrekturen | LS |
| 1.00 | 25.05.2022 | Abgabedokument | OS |

1 Einleitung

In diesem Dokument werden die Datenmodelle GEOL_BIM beschrieben.

Neben der Beschreibung und Erläuterung der mit GEOL_BIM entwickelten Datenmodelle sind auch Regeln und Konventionen für die Anwendung von und die Modelltransformation zu IFC dokumentiert.

Einzelne Textbausteine sind in unveränderter Form auch im Abschlussbericht zum Projekt GEOL_BIM enthalten. Diese Redundanz ist bewusst gewählt, damit die vorliegende Dokumentation des Datenmodells in sich vollständig ist und eigenständig gelesen werden kann.

2 Datenmodelle GEOL_BIM

2.1 Bedeutung des konzeptuellen Datenmodells «GEOL_BIM»

Im Projekt GEOL_BIM wird ein konzeptuelles Datenmodell entwickelt, in welchem die relevanten Aspekte systemneutral und formalisiert definiert und beschrieben werden. Das konzeptuelle Datenmodell stellt die gemeinsame Basis für die Verständigung dar. Es stellt eine Abstraktion der «Wirklichkeit» / Realität dar, indem es die relevanten Aspekte identifiziert und definiert. Dies erfolgt – wie bei jeder Modellbildung – durch eine (fachliche) Fokussierung und Vereinfachung oder Abstraktion der Realität.

Abbildung 1 veranschaulicht die Bedeutung des konzeptuellen Datenmodells «GEOL_BIM» für den Informationsfluss resp. die Datenverarbeitung.

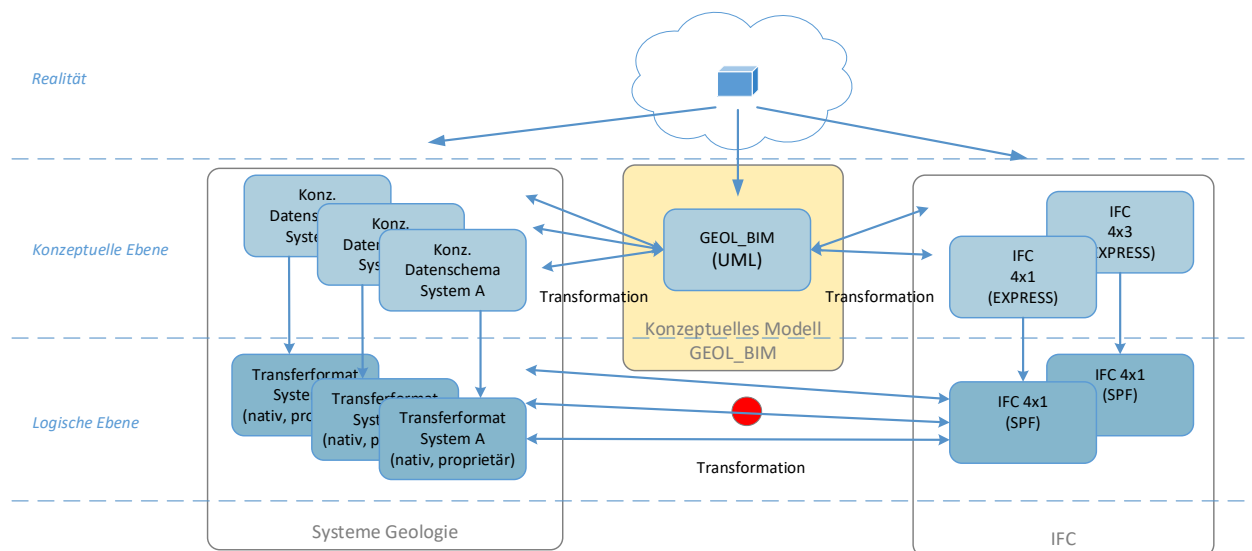


Abbildung 1: Modelltransformationen und Entwurfsebenen

Die verschiedenen Systeme, Applikationen, Formate und Standards haben je unterschiedliche Ziele und Aufgaben (Systeme Geologie). Auch wenn sich alle mit dem Thema «Geologie» befassen, fokussieren sie individuell auf unterschiedliche Aspekte der Realität und bilden diese auch unterschiedlich in ihren jeweiligen Datenmodellen ab. Sie verfügen also über spezifische konzeptuelle Datenmodelle. Je nach System werden diese konzeptuellen Datenmodelle in unterschiedlichen Technologien und Formaten logisch umgesetzt (logische Ebenen).

Damit ein systematischer Informationsaustausch resp. Integration der Informationen stattfinden kann, müssen die unterschiedlichen konzeptuellen Datenmodelle untereinander in Beziehung gebracht werden («Übersetzung» oder Transformation zwischen den Modellen). Dazu wird das konzeptuelle Datenmodell «GEOL_BIM» entwickelt. Es soll eine gemeinsame Definition der (relevanten) «Geologie» festlegen, die von allen Beteiligten verstanden wird und ein gemeinsames Verständnis der fachlichen und konzeptuellen Aspekte definiert.

Die unterschiedlichen konzeptuellen Datenmodelle der Systeme der Geologie lassen sich (idealerweise) in das konzeptuelle Datenmodell «GEOL_BIM» transformieren (übersetzen, abbilden).

Aus dem konzeptuellen Datenmodell «GEOL_BIM» können die (integrierten) Informationen in weitere konzeptuelle Datenmodelle transformiert werden. Primär steht die Transformation in das Datenmodell von IFC im Vordergrund. Hierbei können dann unterschiedliche Versionen von IFC (mit im Detail unterschiedlichen Datenmodellen) unterschieden werden.

Bei den Transformationen auf der konzeptuellen Ebene geht es primär um die Übersetzung oder Überführung von ähnlichen fachlichen Konzepten zwischen unterschiedlichen Modellen. Auf der logischen Ebene spielen dann zusätzlich die technischen und formatbedingten Eigenschaften der unterschiedlichen Systeme eine Rolle (z.B. Transformation von csv-Strukturen, xml-Strukturen in SQL-Datenbanken oder das Format Step Physical File von IFC).

Als Beschreibungssprache für das konzeptuelle Datenmodell wird UML (Unified Modelling Language), insbesondere Klassendiagramme, verwendet. Ergänzt werden die Diagramme durch beschreibende Erläuterungen in Textform. Eine kurze Einführung in die Notationsform von UML wird ein Anhang A geben.

2.2 Transfer- und Referenzmodell

Aus der Analyse der Grundlagen hat sich gezeigt, dass das konzeptuelle Datenmodell GeoSciML (OGC-GeoSciML, 2017) viele fachliche Aspekte von GEOL_BIM bereits gut berücksichtigt und dass dieser Standard, auch durch eine weitgehende Übernahme durch INSPIRE, international eine relativ grosse Verbreitung und anerkannte Stellung hat. Die Arbeiten und Analysen in den Anwendungsfällen haben diese erste Erkenntnis bestätigt. Bei der Definition des Datenmodells für GEOL_BIM wurde daher GeoSciML 4.1 als Basis für das **Referenzmodell** gewählt. (Hansen et al., 2019, p. 107) definieren die Rolle eines Referenzmodells wie folgt: «Ein Referenzmodell ist ein Modell, das eine anerkannte gute Lösung für ein häufig auftretendes Problem bietet. Das Referenzmodell dient als Bezugspunkt für mögliche Weiterentwicklungen eines konkreten Modells, das ähnliche Problembereiche abbildet.» In diesem Sinne werden Aspekte, die für die Anwendung von GEOL_BIM in GeoSciML bereits gut umgesetzt sind, möglichst analog umgesetzt, so dass eine hohe Kompatibilität zu GeoSciML gewährleistet werden kann. Mit einem Referenzmodell auf Basis von GeoSciML ergibt sich für GEOL_BIM folgendes Bild für die Datenmodelle (siehe auch Abbildung 2):

- Auf der konzeptuellen Ebene unterscheidet GEOL_BIM ein Transfer- und ein Referenzmodell.
- Das Transfermodell ist das gegen «aussen» relevante Modell. Es dient der einheitlichen Verständigung zwischen den Fachspezialisten und beschreibt die Schnittstelle für die Datenübernahme aus den Geologie-Werkzeugen.
- Das Referenzmodell wird im «Hintergrund» mitgeführt. Es basiert weitgehend auf dem Datenmodell GeoSciML 4.1. Es wird punktuell mit anderen, anerkannten Konzepten und Prinzipien ergänzt, um die Bedürfnisse von GEOL_BIM möglichst vollständig abbilden zu können. Die Anpassungen werden dokumentiert, damit Ergänzungen und Abweichungen zu etablierten Standards transparent und nachvollziehbar sind. Diese leichten Anpassungen am Ursprungsmodell werden durch die Benennung «GeoSciML+» zum Ausdruck gebracht.

Das Transfermodell kann weitgehend im Referenzmodell abgebildet werden. Diese Transformationsregeln werden aufgezeigt und gewährleisten die Kompatibilität zum Referenzmodell.

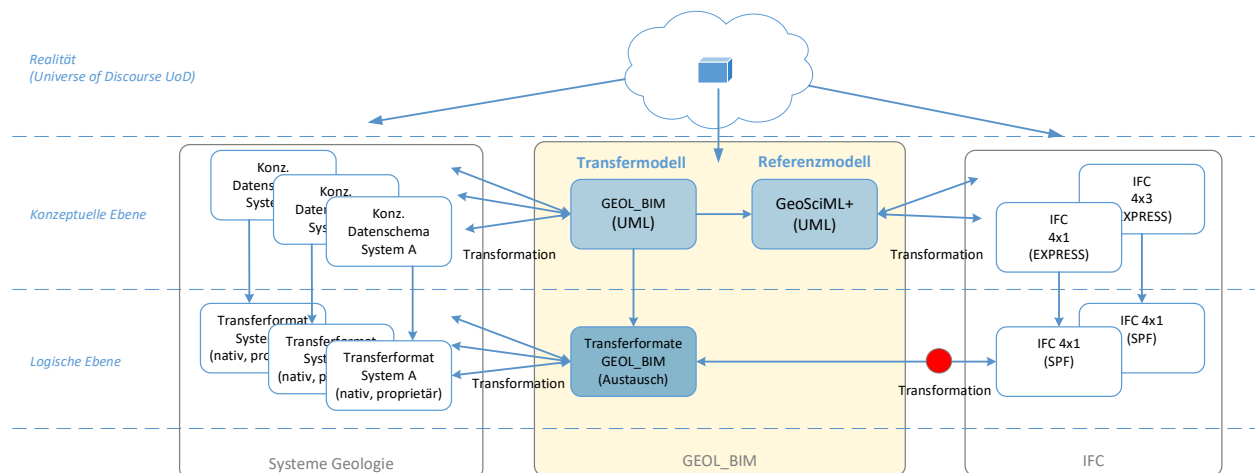


Abbildung 2: Modelltransformationen mit Transfer- und Referenzmodell



Eine direkte, unangepasste Anwendung von GeoSciML kommt für GEOL_BIM aus mehreren Gründen nicht in Frage:

- GeoSciML deckt mit allen Extensions viele Details ab, die für den Transfer geologischer Informationen in ein Bauprojekt nicht notwendig sind. Es ist daher angebracht, für GEOL_BIM nur allgemeine Basiskonzepte aus GeoSciML zu berücksichtigen.
- GeoSciML setzt auf verschiedenen allgemeinen Konzepten und Standards der (Geo-)Datenmodellierung auf (ISO-1900-Serie, u.a. GML, Observation and Measurement, Metadaten). Dies ist aus Sicht der Datenmodellierung ein guter Ansatz, erfordert aber ein grosses Vorwissen und sehr gutes Verständnis all dieser Konzepte, um das Datenmodell GeoSciML interpretieren zu können. Das Verständnis dieses Datenmodells ist für Personen mit wenig spezialisiertem Wissen zu Datenmodellen nur schwer erreichbar. Die Kommunikation der fachlichen Sachverhalte ist damit erschwert.
- GeoSciML fokussiert auf den Bereich Geologie. Die Fachbereiche Geotechnik und Hydrogeologie sind in GeoSciML nicht abgedeckt. Für diese Fachbereiche müssen demnach Erweiterungen zu GeoSciML gemacht werden. Für die Hydrogeologie stehen in Ergänzung zu GeoSciML verschiedene Standards zur Verfügung (z.B. GroundWaterML (OGC-GWML2, 2017), INSPIRE Geology (INSPIRE, 2013)).
- Es muss davon ausgegangen werden, dass derzeit viele geologische Daten nicht über automatisierte Schnittstellen aus den Geologie-Werkzeugen exportiert werden können, sondern dass für die Bereitstellung der Daten manuelle Konfigurationen und Manipulationen notwendig sind. Daher müssen einfache Formate für die Datenübernahme bereitgestellt werden. Dies erfordert relativ einfache Datenstrukturen mit geringer Komplexität.

Mit dem Transfermodell werden diese Herausforderungen adressiert. Das Transfermodell übernimmt und folgt den Grundprinzipien und Grundstrukturen von GeoSciML. Im Hinblick auf die Anwendungsziele von GEOL_BIM werden im Vergleich zu GeoSciML jedoch Anpassungen nach folgenden Prinzipien vorgenommen:

- Reduktion auf das Wesentliche (geringere Detailtiefe)
- Vereinfachung von Grundlagen-Konzepten
- Berücksichtigung der Fachbereiche Hydrogeologie und Geotechnik
- Auslegung auf einfache Datenaustauschstrukturen (u.a. Excel und CAD-Dateien)

3 Transfermodell GEOL_BIM

Mit dem Transfermodell «GEOL_BIM» werden einfache Grundstrukturen definiert, mit welchen die zentralen Informationen der Geologie ausgetauscht werden können. Der Fokus des Austauschs liegt dabei auf der Informationsabgabe aus dem Fachbereich «Geologie» an den Fachbereich «Bau» zur Integration der geologischen Informationen in ein digitales Bauwerksmodell.

Im Folgenden wird das Transfermodell GEO_BIM zuerst auf konzeptueller Ebene beschrieben. Im Anschluss daran wird erläutert, wie der Transfer der Informationen konkret auf logischer Ebene mit einem auf Excel basierenden Transferschema definiert ist.

3.1 Konzeptuelle Sicht

Die nachfolgende Abbildung zeigt das konzeptuelle Klassendiagramm des Transfermodells GEOL_BIM in der Übersicht. Im Klassenmodell lassen sich im Wesentlichen fünf Bereiche (Submodelle) unterscheiden:

- GeologicFeatures: Die Klassen rund um GeologicFeature sind der zentrale Teil des Datenmodells. Sie erlauben die eigentliche Beschreibung des geologisch-geotechnischen Untergrunds mit seinen Eigenschaften.
- Collection: Collections erlauben die Gruppierung von GeologicFeatures. Mit den Collections wird definiert, um welche Art der Repräsentation des geologischen Modells es sich handelt (z.B. 3D-Modell, Profilschnitt, Bohrprofil, Voxel), siehe auch Kapitel 3.1.1.3. Die Grundstrukturen des Datenmodells (insbesondere GeologicFeatures) werden für allen Darstellungsarten genutzt, für Voxel- und Bohrprofildarstellungen sind darüber hinaus noch spezifische Klassen implementiert. Die Collections, sowie ergänzende Klassen (in der Übersicht nicht dargestellt), ermöglichen neben der Beschreibung der Repräsentationsart auch die Beschreibung von übergeordneten Informationen zum geologischen Modell sowie zum Datenbestand (Projektdatei, Metadaten).
- Borehole: Der Bereich Borehole ermöglicht die Abbildung der geologischen Informationen in Form von Bohrprofilen (Intervalle entlang der Bohrachse) sowie die Beschreibung von ergänzenden Angaben zur Bohrung selbst.
- Voxel: Voxel stellen, wie auch die Borehole-Intervalle, eine spezielle Form der Repräsentation des Untergrunds dar und werden entsprechend als spezielle Form von GeologicFeatures verstanden. Sie sind im Transfermodell separat definiert, um einen möglichst einfachen technischen Austausch von Voxeldaten zu ermöglichen.
- Observation and Measurements (O&M): Mit O&M werden reine Messungen oder Beobachtungen abgebildet, für die kein unmittelbarer Bezug zu einem konkreten GeologicFeature festgelegt ist.

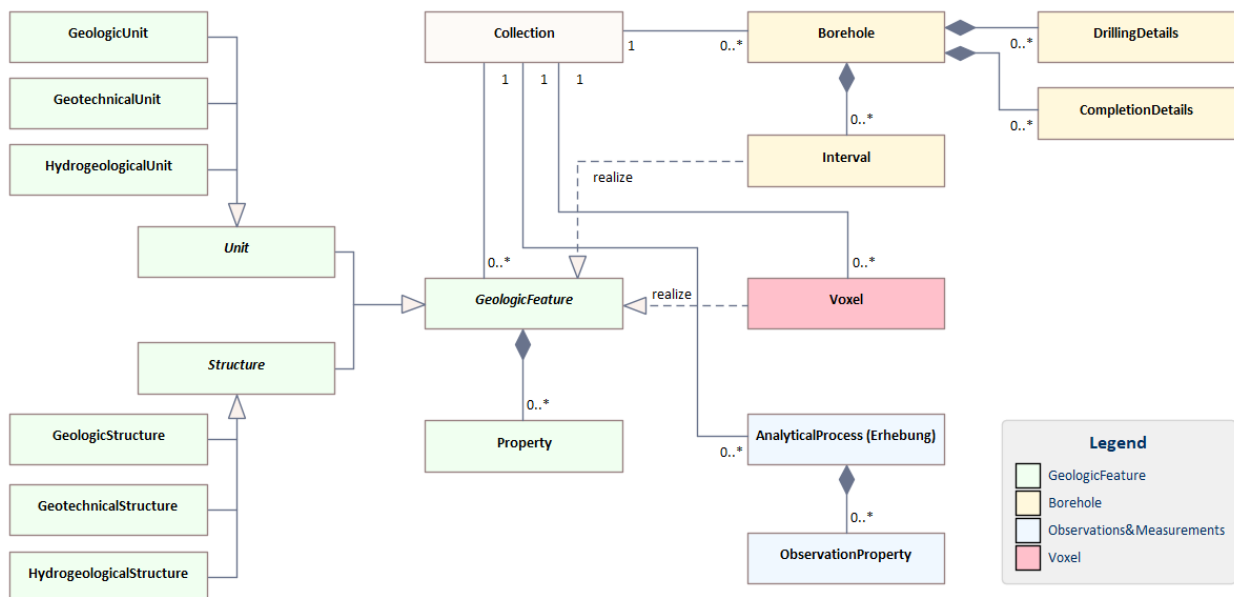


Abbildung 3: Übersicht Klassendiagramm Transfermodell GEOL_BIM, konzeptuelle Sicht

Die einzelnen Bereiche werden in den folgenden Unterkapiteln im Detail erläutert. Da sich das Transfermodell in wesentlichen Teilen auf das Referenzmodell GeoSciML+ bezieht, wird für gewisse



Aspekte auch auf die entsprechende Beschreibung des Referenzmodells verwiesen. Die Klassen und Attribute des Transfermodells sind zudem vollständig auch im Datenkatalog im Anhang B beschrieben.

3.1.1 GeologicFeature

Die Beschreibung des Untergrunds erfolgt ganz allgemein durch so genannte *GeologicFeatures*. Ein *GeologicFeature* ist eine abstrakte Klasse zur Beschreibung von im Prinzip beliebigen geologischen Phänomenen. Die *GeologicFeature* werden nach zwei Haupttypen unterschieden: Entweder ist das geologische Phänomen eine **Unit** (Einheit) oder eine **Structure** (Struktur).

- Eine **Unit** (*Einheit*) ist ein räumlich abgrenzbarer Bereich des Untergrundes mit einheitlichen Eigenschaften. Units werden zum Zweck einer Erkundung oder Untersuchung abhängig von der jeweiligen Fragestellung und der betrachteten Eigenschaften definiert. Die geometrische Ausprägung einer Unit ist ein Körper¹. Daran angelehnt wird der Begriff «Umhüllende» als Synonym zu Unit verstanden.
- Eine **Structure** (Struktur) gliedert den Untergrund nach strukturellen Kriterien. Structures werden zum Zweck einer Erkundung oder Untersuchung abhängig von der jeweiligen Fragestellung und der betrachteten Eigenschaften definiert. Die geometrische Ausprägung einer Structure ist eine Fläche (im Raum)¹. Daran angelehnt wird der Begriff «Grenzfläche» als Synonym zu Structure verstanden. Mehrere benachbarte Strukturen können als Unit (Einheit) zusammengefasst werden.

Diese prinzipielle Unterteilung der *GeologicFeatures* in *Units* und *Structures* folgt der typischen Logik geologischer Modellierung und ist auch als Grundstruktur in GeoSciML etabliert.

Zusätzlich zu diesen beiden Basistypen werden im Transfermodell jeweils noch drei **Perspektiven** unterschieden:

- **Geologische** Perspektive mit den Klassen *GeologicUnit* und *GeologicStructure*
- **Geotechnische** Perspektive mit den Klassen *GeotechnicUnit* und *GeotechnicStructure*
- **Hydrogeologische** Perspektive mit den Klassen *HydrogeologicUnit* und *HydrogeologicStructure*

Damit kann ausgedrückt werden, unter welchem primären fachlichen Blickwinkel (Perspektive) ein *GeologicFeature* definiert und zu interpretieren ist.

In der aktuellen Praxis dürfte eine Mehrheit der heute ausgetauschten Informationen aus der geologischen Perspektive erfolgen. Die geotechnische Perspektive kann alternativ gewählt werden, wenn eine spezifisch geotechnische Gliederung und Charakterisierung des Untergrunds im Vordergrund steht. Dies ermöglicht z.B. die Gliederung des Untergrunds nach rein geotechnischen Parametern, mit der Möglichkeit, geologische Gliederungen vereinfacht oder generalisiert abzubilden.

Die Wahl der Perspektive hat keinen Einfluss darauf, mit welchen Eigenschaften sich das *GeologicFeature* beschreiben lässt, siehe auch Kapitel 3.1.1.2. D.h. dass auch *GeologicFeatures* der geologischen Perspektive mit beliebigen geotechnischen Parametern beschrieben werden können.

Die einzelnen Perspektiven sind fachlich bedingt eng miteinander verbunden, so dass die Festlegung einer Perspektive nicht immer eindeutig ist (und auch nicht sein muss).

Die spezielle Berücksichtigung insbesondere der geotechnische Perspektive wurde fachlich kontrovers diskutiert. Obwohl im Rahmen des Projekts GEOL_BIM noch keine tiefere Strukturierung der geotechnischen Perspektive entwickelt werden konnte, da die entsprechenden fachlichen Anforderungen noch zu wenig entwickelt sind, wird im Datenmodell diese Perspektive als einfache Klasse eingeführt. Somit steht für primär geotechnische Modellierungen eine semantisch dedizierte Struktur zur Verfügung. Aktuell laufende internationale Arbeiten (z.B. (Simmons, Scott et al., 2022, p. 8), (Beaufils & Halfon, 2022)) gehen ebenfalls in die Richtung, die geotechnische Perspektive explizit neben der rein geologischen Perspektive zu positionieren.

¹ Bezieht sich auf das abstrahierte Realweltobjekt. Je nach Repräsentationsart (z.B. 3D-Modell, 2D-Plan, 3D-Schnitt etc.) sind daraus abgeleitete, reduzierte geometrische Ausprägungen möglich.

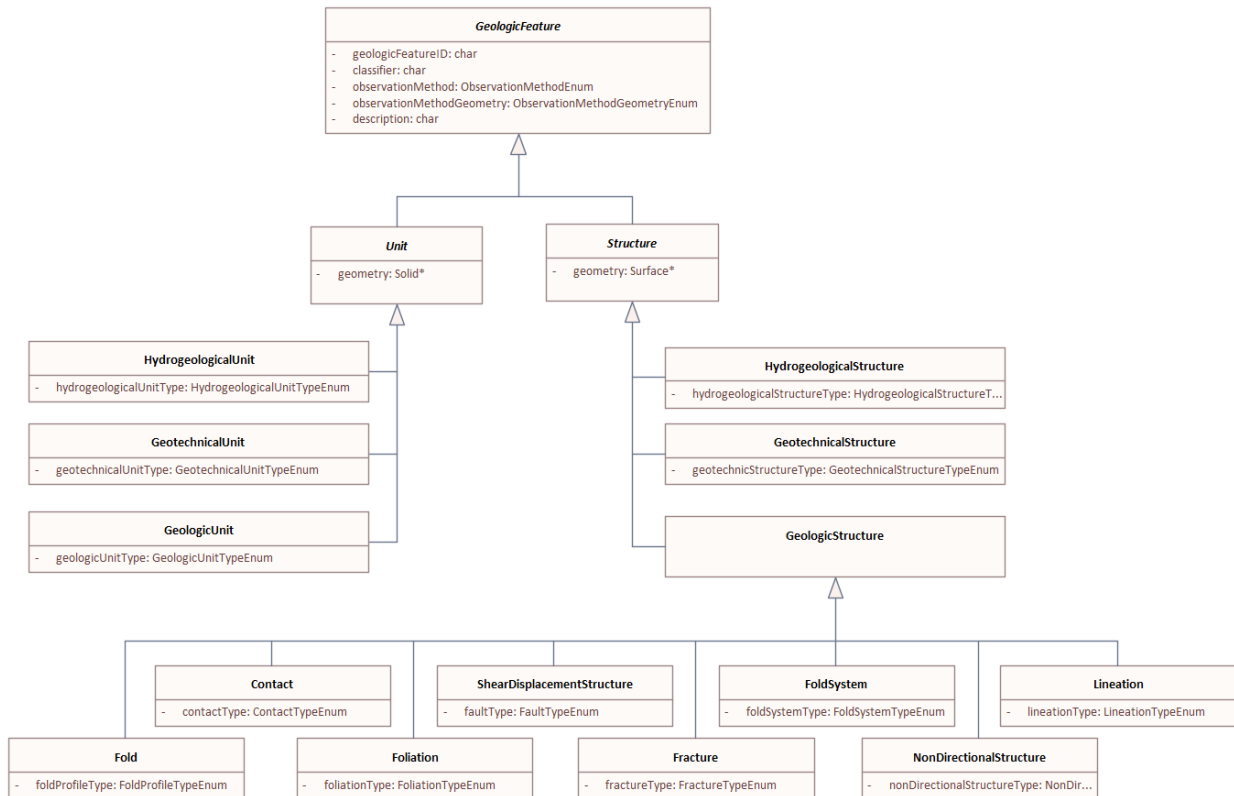


Abbildung 4: Klassendiagramm Transfermodell (Submodell GeologicFeature)

Bei den geologischen Strukturen werden im Datenmodell explizit noch verschiedene Ausprägungen (Spezialisierungen) davon unterschieden (z.B. *Contact*, *Fold*, *Foliation* etc.). Für eine Beschreibung der Bedeutung der einzelnen Spezialisierungen der *GeologicStructures* wird auf die Dokumentation von GeoSciML verwiesen.

3.1.1.1 Objekttypen

Jede konkrete Spezialisierung des *GeologicFeatures* verfügt über ein Attribut «...Type», z.B. *GeologicUnitType* oder *ContactType*. Mit diesen Attributen wird jeweils eine feinere Typisierung und damit fachlich detaillierte Definition des konkreten Objekttyps vorgenommen. Die erlaubten Werte für die Objekttypen entstammen jeweils einem vorgegebenen, kontrollierten Vokabular. Die Vokabulare basieren in der Regel direkt auf den Definitionen von GeoSciML.

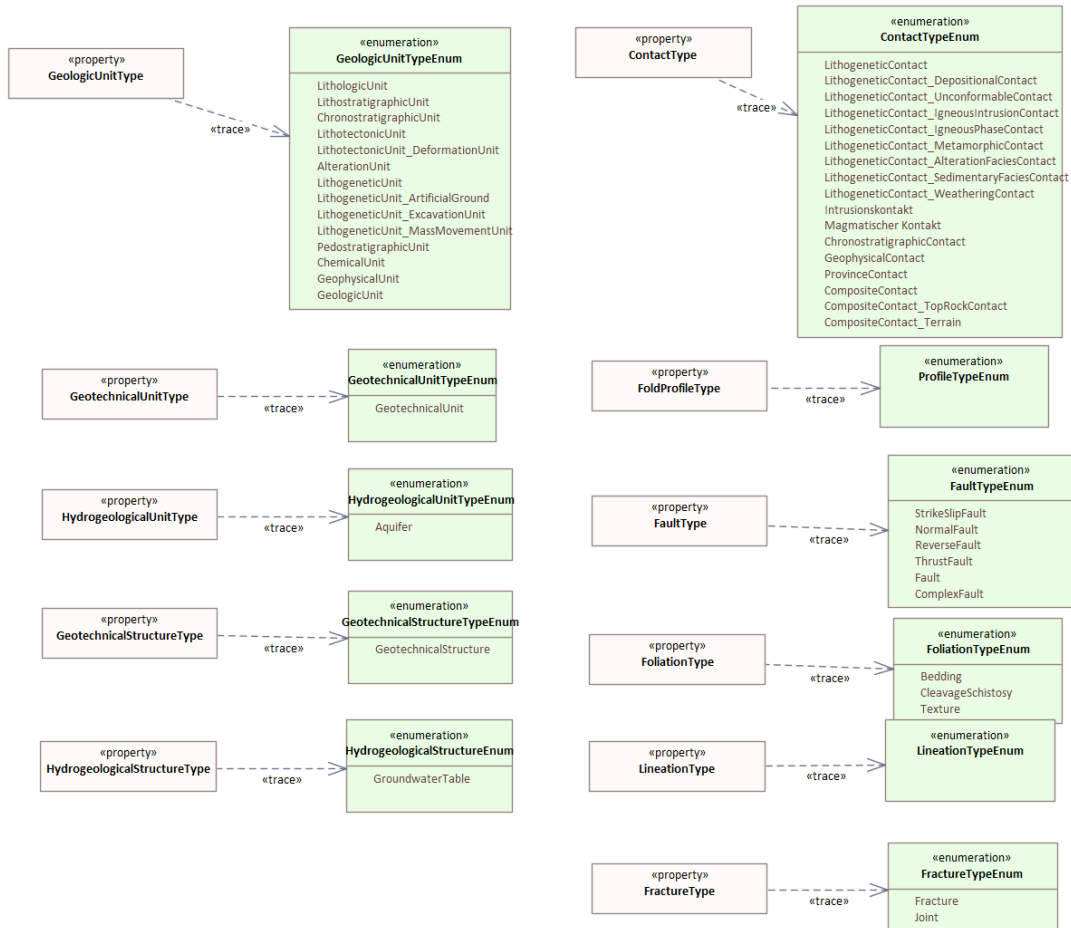


Abbildung 5: GeologicFeature Objekttypen und Wertebereiche (Auszug, beispielhaft)

Abhängig vom konkreten Objekttyp lässt sich jedes *GeologicFeature* konkret klassifizieren (Attribut *GeologicFeature.classifier*). Der erlaubte Wertebereich von *GeologicFeature.classifier* ist demnach abhängig vom konkreten Objekttyp. Diese Wertebereiche können ebenfalls auf vorgegebenen, kontrollierten Vokabularen basieren, welche auf GeoSciML oder auf Klassifikationssystemen der Schweiz basieren. Siehe Datenkatalog in Anhang B für eine Auflistung der Vokabulare/Aufzählungslisten. Je nach Objekttyp kann aber auch auf eine weitere Klassifizierung des Objekts verzichtet werden.

Beispielhafte Erläuterung zum Prinzip der Objekttypen:

Beispiel Lithologische Einheit

- Klasse: Beim `GeologicFeature` handelt es sich um die spezialisierte Klasse einer `GeologicUnit`.
- Objekttyp: Der Typ dieser `GeologicUnit` ist `GeologicUnit.geologicUnitType = «LithologicUnit»` (Wert aus vordefiniertem Vokabular/Aufzählung)
- Klassifizierung: Die Klassifizierung dieser konkreten Lithologischen Einheit ist `GeologicFeature.classifier = «Kalksandstein»` (Wert aus vordefiniertem Klassifikations-Vokabular für lithologische Einheiten).

Beispiel Chronostratigraphische Einheit:

- Klasse: `GeologicUnit`
- Objekttyp: `GeologicUnit.geologicUnitType = «ChronostratigraphicUnit»`
- Klassifizierung: `GeologicFeature.classifier = «Miozän»`

Beispiel Bruch (Geologische Struktur):

- Klasse: `ShearDisplacementStructure (GeologicStructure)`
- Objekttyp: `ShearDisplacementStructure.faultType = «ComplexFault»`
- Klassifizierung: `GeologicFeature.classifier = NULL` (keine weitere Klassifizierung notwendig/bekannt)

3.1.1.2 Eigenschaften

Im Datenmodell sind bei den Klassen bewusst nur sehr wenige explizite Attribute definiert. Die expliziten Attribute sind zumeist typisierender oder allgemeiner Art und definieren kaum konkrete fachliche Eigenschaften. Für die Beschreibung von fachlichen Eigenschaften wird die generische Klasse *Property* genutzt.

Die konkreten fachlichen Eigenschaften geologischer Objekte werden in der Regel je Projekt individuell festgelegt und den jeweiligen Fragestellungen angepasst. Es gibt daher keine allgemeingültigen Eigenschaften, die in derselben Kombination je Objekttyp festgelegt und vorgegeben werden könnten. Im Datenmodell wird daher ein generischer Ansatz bereitgestellt, der es grundsätzlich ermöglicht, jedem *GeologicFeature* beliebige *Property* anzufügen.



Abbildung 6: Klassendiagramm Detail *GeologicFeature* mit *Property*

Dieser offene, generische Ansatz ermöglicht einerseits die gewünschte grosse Flexibilität für individuelle Anpassungen, hat aber andererseits den Nachteil, dass heterogene Anwendungen entstehen, die der angestrebten Harmonisierung und Interoperabilität beim Informationsaustausch entgegenlaufen. Deshalb wird ausserhalb des Datenmodells ein Katalog von Eigenschaften geführt, welcher für die am häufigsten verwendeten Eigenschaften Implementierungsempfehlungen macht (Standard-Eigenschaften). In diesem Katalog werden die wichtigsten Eigenschaften definiert (Name, Beschreibung, Einheiten etc.) und es wird auch angegeben, für welchen Objekttyp eine Eigenschaft typischerweise zur Anwendung kommt. Abbildung 7 veranschaulicht das Prinzip des Standard-Eigenschaften-Katalogs. Beispielsweise wird die Eigenschaft *Abrasivität* typischerweise zur Charakterisierung von *GeologicUnits* verwendet. Bei Bedarf kann diese Eigenschaft aber durchaus auch für die anderen Objekttypen genutzt werden.

Wird in einem Projekt zur Charakterisierung eines *GeologicFeatures* eine Eigenschaft benötigt, so soll die konkrete Definition (insbesondere Name und Definition) aus dem Katalog verwendet werden. Die

Eigenschaft kann dabei grundsätzlich jedem konkreten Objekttyp zugewiesen werden, wenn dies der konkreten geologischen Modellierung entspricht.

Ist die geforderte Eigenschaft im Katalog nicht enthalten, kann eine projektspezifische Definition festgelegt werden.

| Eigenschaft | Datentyp | GeologicFeature / Objekttyp | | | | | |
|-------------------------------------|----------|-----------------------------|------------|---------------|-----------|------------|---------------|
| | | Unit | | | Structure | | |
| | | Geologic | Geotechnic | Hydrogeologic | Geologic | Geotechnic | Hydrogeologic |
| Abrasivität | Zahl | x | | | | | |
| Abstand der effektiven Trennflächen | Zahl | | | | | x | |
| Alkalinität | Zahl | | | x | | | |
| Dichte | Zahl | x | | | | | |
| Einaxiale Druckfestigkeit | Zahl | x | | | | | |
| Einaxiale Zugfestigkeit | Zahl | x | | | | | |

Abbildung 7: Prinzip Eigenschaft-Zuweisung (Auszug, beispielhaft)

Eine Zusammenstellung der im Projekt GEOL_BIM identifizierten Standard-Attribute befindet sich im Anhang B.

3.1.1.3 Repräsentationsart und Geometrietypen

Ein *GeologicFeature* wird durch eine Geometrie räumlich repräsentiert. Eine *GeologicUnit* entspricht dabei konzeptuell einer Körpergeometrie, eine *GeologicStructure* einer Flächengeometrie (im Raum). Die effektive geometrische Ausprägung ist dabei aber abhängig von der konkreten Repräsentationsart («Produkt»), in welchem das geologische Modell dargestellt wird, siehe Tabelle 1. Die Art der Repräsentation wird über die *Collection* festgelegt (siehe weiter unten).

| Repräsentationsart | Geometrietyp Unit | Geometrietyp Structure | Beispiel |
|--------------------|-------------------|------------------------|---|
| 3D-Modell | Körper | Fläche (3D) | |
| Profilschnitt (3D) | Fläche (3D) | Linie (3D) | |
| Karte (3D) | Fläche (3D) | Linie (3D) | |
| Voxel-Modell | Körper | Körper | Voxel sind per Definition immer Körpergeometrien. |
| Bohrprofil | Linie (1D) | Punkt (1D) | |

Tabelle 1: Repräsentationsart und Geometrietypen

Am Beispiel des 3D-Schnitts soll die Ausprägung der Objektgeometrie erläutert werden: Eine *GeologicUnit* ist von ihrer prinzipiellen, fachlichen Definition her eine Körpergeometrie. Wird dieses Objekt in einer Schnittdarstellung repräsentiert, so reduziert sich die Geometrie auf eine Fläche (im Raum). Analog verhält es sich mit der *GeologicStructure*, welche prinzipiell eine Fläche ist, in einer Schnittdarstellung jedoch auf eine Linie reduziert wird.

Hinweise zur Modellierung und Interpretation der Repräsentationsarten:

- Es kann auch fachlich begründete Situationen geben, in welchen es Sinn macht, *GeologicStructures* mit einer gewissen Mächtigkeit darzustellen, d.h. als Körpergeometrie und nicht als Fläche.
- Bei Schichtmodellen, welche nur die Schichtbegrenzungsflächen modellieren (Surface-Modellierung, Flying-Carpet), werden die Begrenzungsflächen als Structures erfasst.
- Karten sind als Spezialfälle von Profilschnitten zu betrachten (Karte: Schnitt projiziert auf Geländeoberfläche; Profilschnitt: Schnitt projiziert auf Schnittfläche). Die Datenmodelle von GEOL_BIM unterstützen nur vektorisierte Karten.

Das Datenmodell ist aus den oben dargelegten Gründen bezüglich der Geometrietypen bewusst nicht restriktiv gefasst und lässt unterschiedliche Modellierungen zu. Diese Toleranz bietet in der konkreten Anwendung Flexibilität, welche auch von den entwickelten Transferschemata und Transformationswerkzeugen unterstützt wird.

Im Referenzmodell GeoSciML können für ein *GeologicFeature* beliebig viele und auch unterschiedliche geometrische Repräsentationen definiert werden (durch die Klasse *MappedFeature*). Eine konkrete Instanz eines *GeologicFeature* lässt sich dadurch z.B. als Volumenkörper in einer 3D-Darstellung sowie auch als Flächengeometrie in einer Schnittdarstellung repräsentieren. Auf diese Möglichkeit wurde im Transfermodell von GEOL_BIM zur Komplexitätsreduktion bewusst verzichtet und für ein *GeologicFeature* wird nur genau eine geometrische Repräsentation ermöglicht.

3.1.1.4 Erhebungsmethode

Die Methode der Erhebung der Informationen von *GeologicFeatures* kann auf zwei unterschiedlichen Ebenen definiert werden.

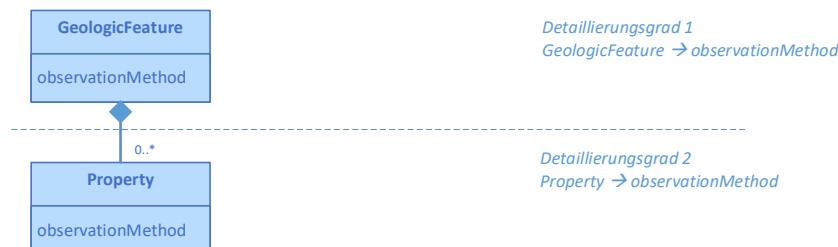


Abbildung 8: Detaillierungsgrade für Definition Erhebungsmethode im Transfermodell

- Detaillierungsebene 1: Auf Stufe *GeologicFeature*:
Die Erhebungsmethode wird für ein *GeologicFeature* angegeben. Dies ermöglicht eine eher pauschalisierte Aussage darüber, wie die Eigenschaften (in ihrer Gesamtheit) des *GeologicFeatures* erhoben wurden.
Die Erhebungsmethode wird im Attribut *observationMethod* definiert. Der Wert dieses Attributs entstammt einer vordefinierten Werteliste, welche in GeoSciML definiert ist.
- Detaillierungsebene 2: Auf Stufe *Property*:
Die Erhebungsmethode wird für jede einzelne Eigenschaft eines *GeologicFeatures* individuell angegeben.
Die Erhebungsmethode wird im Attribut *observationMethod* der Eigenschaft definiert. Der Wert dieses Attributs entstammt einer vordefinierten Werteliste, welche für GEOL_BIM spezifisch definiert wird. Die Liste umfasst eine Auswahl der gebräuchlichsten/häufigsten Methoden. Es ist erlaubt, projektspezifische Erweiterungen der Werte vorzunehmen.

Mit diesem Prinzip lässt sich eine Erhebungsmethode für einen einzelnen Eigenschaftenwert mit einem Namen oder Code identifizieren. Eine detailliertere Beschreibung der Erhebungsmethode selbst, beispielsweise mit Messdatum, verwendeter Instrumente etc., wird vom Transfermodell nicht unterstützt.

Dies stellt eine Vereinfachung gegenüber dem Referenzmodell GeoSciML+ dar, die zur Reduktion der Komplexität gewählt wurde.

Die Erhebungsmethode für die Geometrie eines GeologicFeatures kann über ein separates Attribut definiert werden (ObservationMethodGeometry). Der Wert dieses Attributs entstammt einer vordefinierten Werteliste, welche in GeoSciML definiert ist.

Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt die vordefinierten Wertebereiche zur Beschreibung der Erhebungsmethode auf Stufe *GeologicFeature* sowie eine Auswahl der möglichen Werte auf Stufe *Property*.

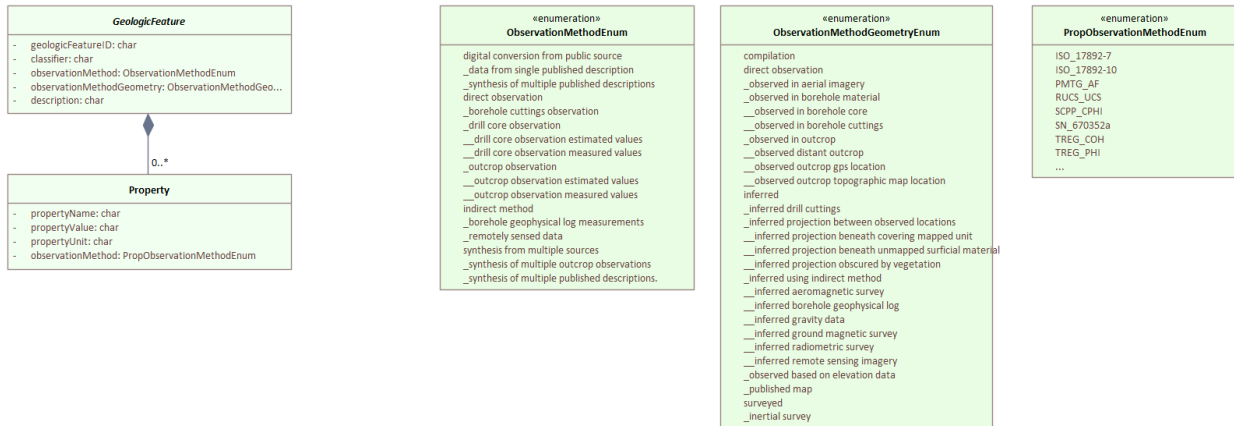


Abbildung 9: Klassendiagramm Detail ObservationMethod

3.1.2 Collection, Projekt- und Metadaten

Ein geologisches Modell ist eine Sammlung von *GeologicFeatures*. Beim Informationsaustausch werden deshalb *GeologicFeatures*, die gemeinsam ein geologisches Modell (oder einen Ausschnitt daraus) bilden, derselben *Collection* zugeordnet. Mit der *Collection* können gemeinsame Informationen zum geologischen Modell beschrieben werden (insbesondere Metadaten zur Urheberschaft und Quellen).

Das geologische Modell und damit die *GeologicFeatures* lassen sich in verschiedenen Formen darstellen. Typisch sind die Darstellung im 3D-Modell, Profilschnitt (2D oder 3D) oder die Darstellung als Bohrprofil. Die Art der Repräsentation wird ebenfalls in der *Collection* einheitlich für alle darin zusammengefassten *GeologicFeatures* festgelegt (*Collection.collectionType*). Die Art der Repräsentation hat auch einen Einfluss auf die erlaubten Geometrietypen (siehe oben).

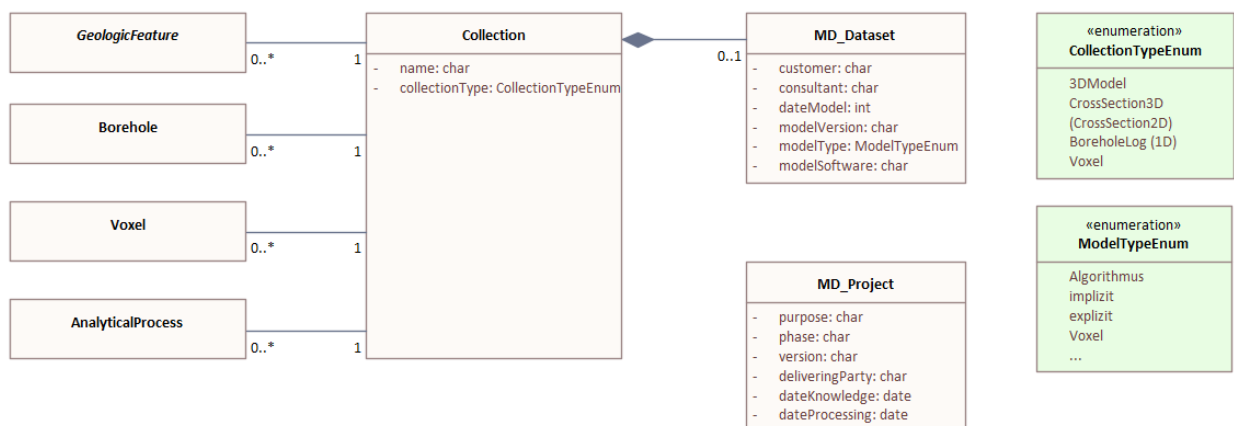


Abbildung 10: Klassendiagramm Detail Collection, Projekt- und Metadaten

Das geologische Modell kann mit einigen charakteristischen Metadaten beschrieben werden. Dazu wird die Metadatenklasse *MD_Dataset* genutzt.

Darüber hinaus lassen sich auch übergeordnete Metadaten definieren, welche für das gesamte Projekt, d.h. alle Datensätze einer Transferdatei, gelten (Klasse *MD_Project*). Detailliertere Erläuterung zu Metadaten sind in Anhang D dokumentiert.

3.1.3 Borehole

Mit den Klassen des Bereichs Borehole lassen sich geologische Informationen in Form von Bohrprofilen abbilden. Die Klasse *Borehole* bildet Bohrungen verschiedener Typen ab (siehe Aufzählung *BoreholeTypeEnum*). Die Bohrung kann mit einigen elementaren Attributen beschrieben werden. Die Bohrung muss über eine Liniengeometrie verfügen, welche den Bohrverlauf in 3D beschreibt.

Das Bohrprofil wird durch Intervalle gebildet (Klasse *Interval*). Ein *Interval* beschreibt ein räumliches Segment entlang des Bohrverlaufs zwischen einer Start- und einer Enddistanz. Das durch das Intervall definierte Segment repräsentiert ein *GeologicFeature* (durch eine «realize»-Beziehung im Klassendiagramm dargestellt) und ermöglicht damit die Beschreibung des Untergrunds mit den Prinzipien von *GeologicFeatures*, wie sie in Kapitel 3.1.1 erläutert sind.

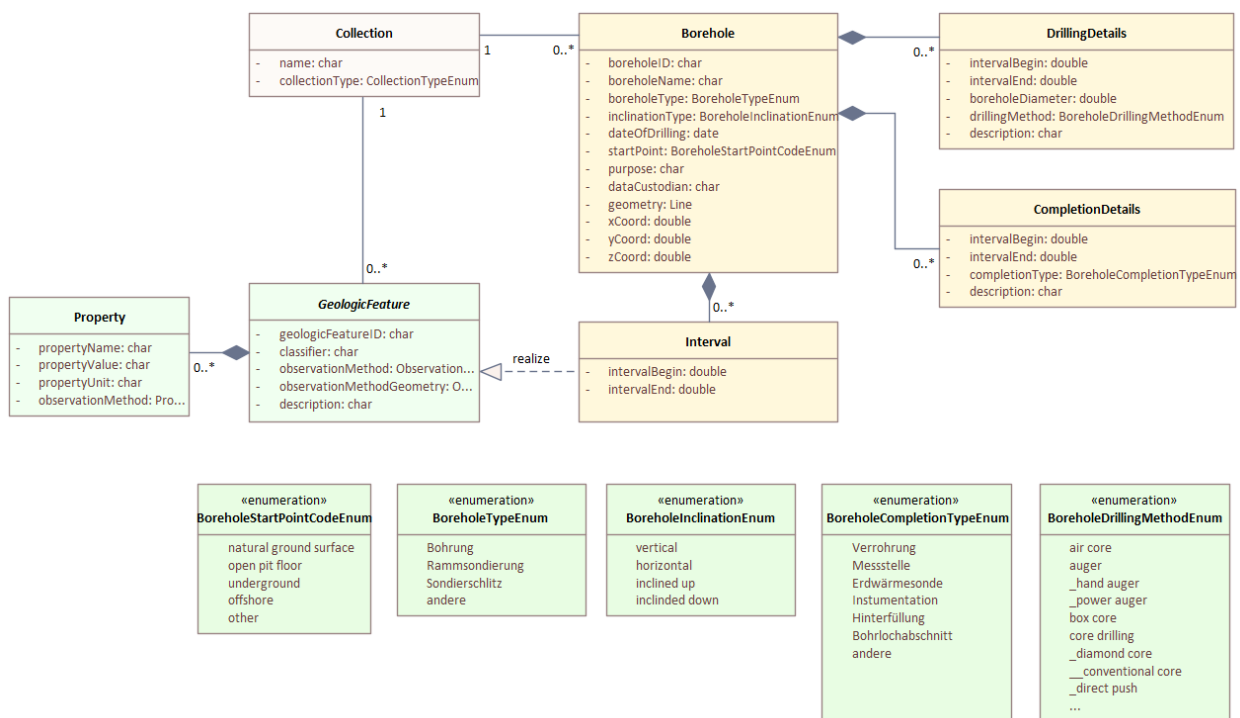


Abbildung 11: Klassendiagramm Detail Borehole

Die Intervalle sind mittels linearer Referenzierung gemäss den Methoden aus (ISO 19148, 2012) räumlich definiert, wobei die Liniengeometrie der Bohrung die referenzierende Achse darstellt. Entsprechend handelt es sich bei der daraus resultierenden Geometrie des *GeologicFeatures* um eine Linien- oder Punktegeometrie in 1D. Mit der vollständigen Definition des Bohrverlaufs in 3D sowie der Methode der linearen Referenzierung lassen sich die Intervalle auch im 3D-Raum darstellen. Diese Transformation wird über die im Projekt GEOL_BIM entwickelten Adapter automatisch vorgenommen.

Mit den Klassen *DrillingDetails* und *CompletionDetails* können detailliertere Informationen zur Bohrung (Durchmesser, Bohrmethode, Ausbau) entlang des Bohrverlaufs erfasst werden. Auch diese Klassen sind als Segmente entlang des Bohrverlaufs mit der Methode der linearen Referenzierung definiert. Die Informationen lassen sich entsprechend auch in den 3D-Raum überführen und darstellen.

3.1.4 Voxel

Im Grundlagenbericht GEOL_BIM wurde die spezielle Bedeutung von Dekompositionsverfahren (Zerlegungsverfahren) für die geometrische Darstellung geologischer Informationen aufgezeigt

(Schneider et al., 2021, p. 28). Das Transfermodell verfügt deshalb über eine Klasse *Voxel*, mit welcher eine einfache Struktur zur Abbildung geologischer Informationen nach diesem Verfahren ermöglicht wird. Ein *Voxel* repräsentiert ein *GeologicFeature* (durch eine «realize»-Beziehung im Klassendiagramm dargestellt) mit einer Quaderdarstellung und ermöglicht damit die Beschreibung des Untergrunds mit den Prinzipien von *GeologicFeatures*, wie sie in Kapitel 3.1.1 erläutert sind.

Jedes *Voxel* ist definiert durch eine Zentrumsordinate sowie drei Würfeldimensionen. Somit lassen sich auch unregelmässige Dekompositionen abbilden und austauschen.

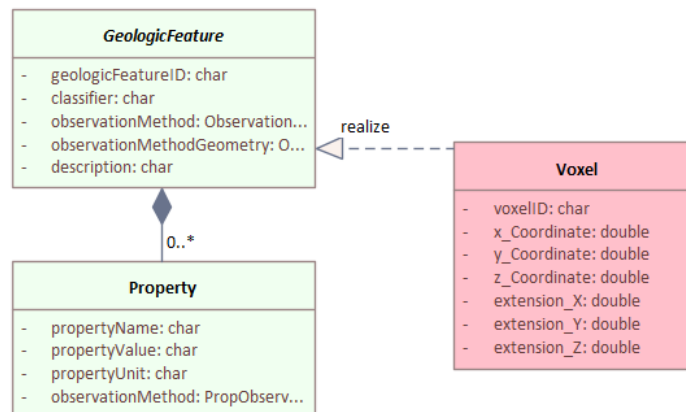


Abbildung 12: Klassendiagramm Detail Voxel

3.1.5 Observations and Measurements

Die bisher beschriebenen Klassen ermöglichen die Abbildung geologischer Informationen auf Basis eines *GeologicFeatures*. Damit ist ein abgrenzbarer Bereich im Untergrund gemeint, für welchen Eigenschaften definiert werden. Diese Eigenschaften können durch unterschiedliche Methoden und Prozesse ermittelt werden (z.B. Beobachtung, Messung, Interpretation, Schätzung, Annahme etc.). Unabhängig von der Methode charakterisieren diese Eigenschaften immer das *GeologicFeature*, also ein interessierendes Realwelt-Objekt. Im konzeptuellen Datenmodell von (ISO 19156, 2011) wird dies als so genanntes «Feature of Interest» bezeichnet. Dieses Konzept betont die Semantik des Realwelt-Objekts und wird vom Referenzmodell von GeoSciML+ als zentrales Grundprinzip unterstützt.

Im Gegensatz dazu kann auch ein Sensor-orientiertes Konzept verfolgt werden, welches den Mess- und Beobachtungsprozess und die Bereitstellung von entsprechenden Mess- und Beobachtungsdaten ins Zentrum stellt (ISO 19156, 2011, chap. 7.3). Diese alternative Sichtweise wird im Transfermodell GEOL_BIM durch die Klassen des Bereichs Observations and Measurements ergänzend unterstützt. Die Klassen *AnalyticalProcess* und *ObservationProperty* ermöglichen die Beschreibung des Prozesses sowie der daraus resultierenden Werte.

Der *AnalyticalProcess* erlaubt die Beschreibung einiger wichtiger Eigenschaften des Mess- oder Beobachtungsprozesses, wie beispielsweise der Analysemethoden, verwendeter Instrumente, Datumsangaben sowie Informationen zur auftraggebenden und ausführenden Organisation. Ein *AnalyticalProcess* verfügt zudem über eine Geometrie, damit sich die Beobachtung räumlich positionieren und mit baulichen und geologischen Informationen überlagern lässt. In der Implementierung im Transferschema sowie den Adaptionen werden zur Reduktion der Komplexität nur Punkt- und Liniengeometrien unterstützt. Aus konzeptueller Sicht könnten aber auch Flächen- und Körpergeometrien in Frage kommen.

Einem *AnalyticalProcess* können beliebig viele Beobachtungs- und Messwerte (*ObservationProperty*) zugewiesen sein. Jede *ObservationProperty* wird mit dem Namen, Wert und Einheit der beobachteten Eigenschaft sowie mit Angaben zu Erhebungs- und Festlegungsdaten beschrieben.

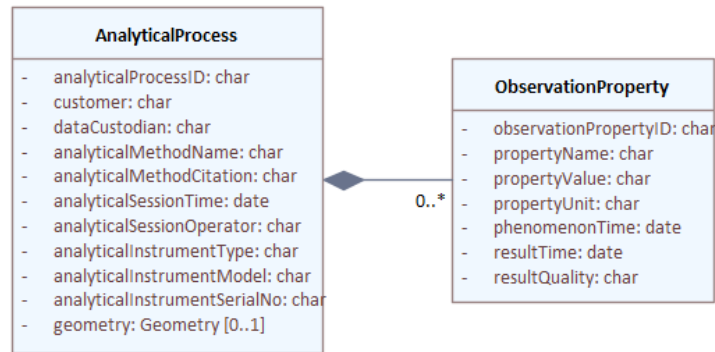


Abbildung 13: Klassendiagramm Detail Observations and Measurements

Die hier verwendeten Definitionen und Datenstrukturen sind stark angelehnt an die Definitionen aus (ISO 19156, 2011). Der Begriff Beobachtung wird dabei sehr allgemein definiert: Eine Beobachtung (Observation) ist eine Aktion zur Ermittlung des Werts einer Eigenschaft (ISO 19156, 2011, p. 7). Eine Messung wird als spezieller Fall einer Beobachtung verstanden (p. 8).

Eine Beobachtung basiert dabei auf einem spezifischen Prozess. Mit dem Prozess wird das Verfahren der Beobachtung beschrieben, wie z.B. die verwendeten Sensoren, Instrumente, Algorithmen oder auch Prozessketten. Auch eine menschliche Beobachtung oder eine Simulation ist als Prozess zu verstehen. Die Prozesse können dabei in-situ, ex-situ oder auch fernerkundlich sein. Im Transfermodell werden die Aspekte des Prozesses vereinfacht in der Klasse *AnalyticalProcess* zusammengefasst.

Siehe auch die Erläuterungen zur ISO 19156 in Anhang G.

3.1.6 Datenkatalog

Eine detaillierte Beschreibung des Datenkatalogs zum Transfermodell GEOL_BIM sowie eine vollständige Übersicht des Klassendiagramms befindet sich in Anhang A.

3.2 Transfermodell Implementierung (Transferformat GEOL_BIM)

Mit dem Transferformat GEOL_BIM wird das in den vorherigen Kapiteln beschriebene konzeptuelle Transfermodell konkret auf der logischen Ebene implementiert, so dass damit effektiv geologische Informationen ausgetauscht werden können.

Die Analysephase hat gezeigt, dass in der Praxis grundsätzlich nur wenige Datenformate im Einsatz sind, welche einen Austausch von strukturierten geologischen Informationen ermöglichen und dass sich unter diesen kein Format etabliert hat, welches von einer Mehrheit der Beteiligten genutzt wird. Häufig liegen die geologischen Informationen in nicht oder nur schwach strukturierter Form vor. Aus diesen Gründen wurde ein Transferformat gewählt, welches eine einfache Strukturierung der Daten ermöglicht, aber auch durch manuelle Erfassung und Konfiguration befüllt werden kann. Primär maschinell bearbeitbare Formate wie xml oder json wurden nicht berücksichtigt, da für deren Nutzung automatisierte Exportfunktionen benötigt würden, was die Hürde für eine Nutzung in der Praxis aktuell zu stark erhöhen würde.

Für den Austausch der geologischen Informationen nach IFC wurde ein Transferformat basierend auf Excel und einigen CAD-Standard-Formaten (dxf, obj, stl, ts) implementiert.

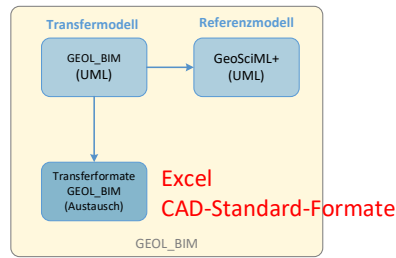


Abbildung 14: Einordnung Transferformate

Für die unterschiedlichen Bereiche des Transfermodells sind verschiedene Strukturen definiert, mit welchen sich die Informationen tabellarisch erfassen und austauschen lassen. Es werden dazu, dem konzeptuellen Transfermodell folgend, vier Transferschemas unterschieden. Für jedes dieser vier Transferschemas wurde mit GEOL_BIM auch ein Adapter (Transformator) entwickelt, mit welchem die Daten des jeweiligen Transferschemas in das Format IFC transformiert werden können.

| Transferschema | Adapter | Produkte | Beschreibung |
|---|---------|---|--|
| Umhüllende und Grenzflächen (GeologicFeature) | gf2ifc | 3D-Modell Schichten 3D-Modell FlyingCarpet Profilschnitt (3D) | Austausch von geologischen Modellen, welche geometrisch im 3D-Raum abgebildet/definiert sind. D.h. Abbildung der Geometrie der GeologicFeatures mit explizitem Verfahren (Boundary Representation) in 3D. |
| Bohrprofile (Borehole) | bhl2ifc | Bohrprofil | Austausch von Bohrprofilen. D.h. Abbildung der Geometrie der GeologicFeatures mit linearer Referenzierung entlang eines Bohrverlaufs. Typischerweise zur Abbildung von Bohrprofilen, kann aber analog auch z.B. für Tunnelbänder genutzt werden. |
| Voxel | vxl2ifc | Voxel | Austausch von Voxel. D.h. Abbildung der Geometrie der GeologicFeatures im Dekompositionsverfahren. |
| Beobachtungen (Observations & Measurements) | om2ifc | (Messungen, Beobachtungen) | Austausch von Mess- und Beobachtungswerten. [Im Projekt GEOL_BIM nicht implementiert] |

Tabelle 2: Transferschemas und Adapter

Die nachfolgende Abbildung 15 zeigt in der Übersicht auf, welcher fachliche Inhalt mit den einzelnen Transferschemas resp. Adapter bezüglich des Transfermodells GEOL_BIM abgedeckt ist.

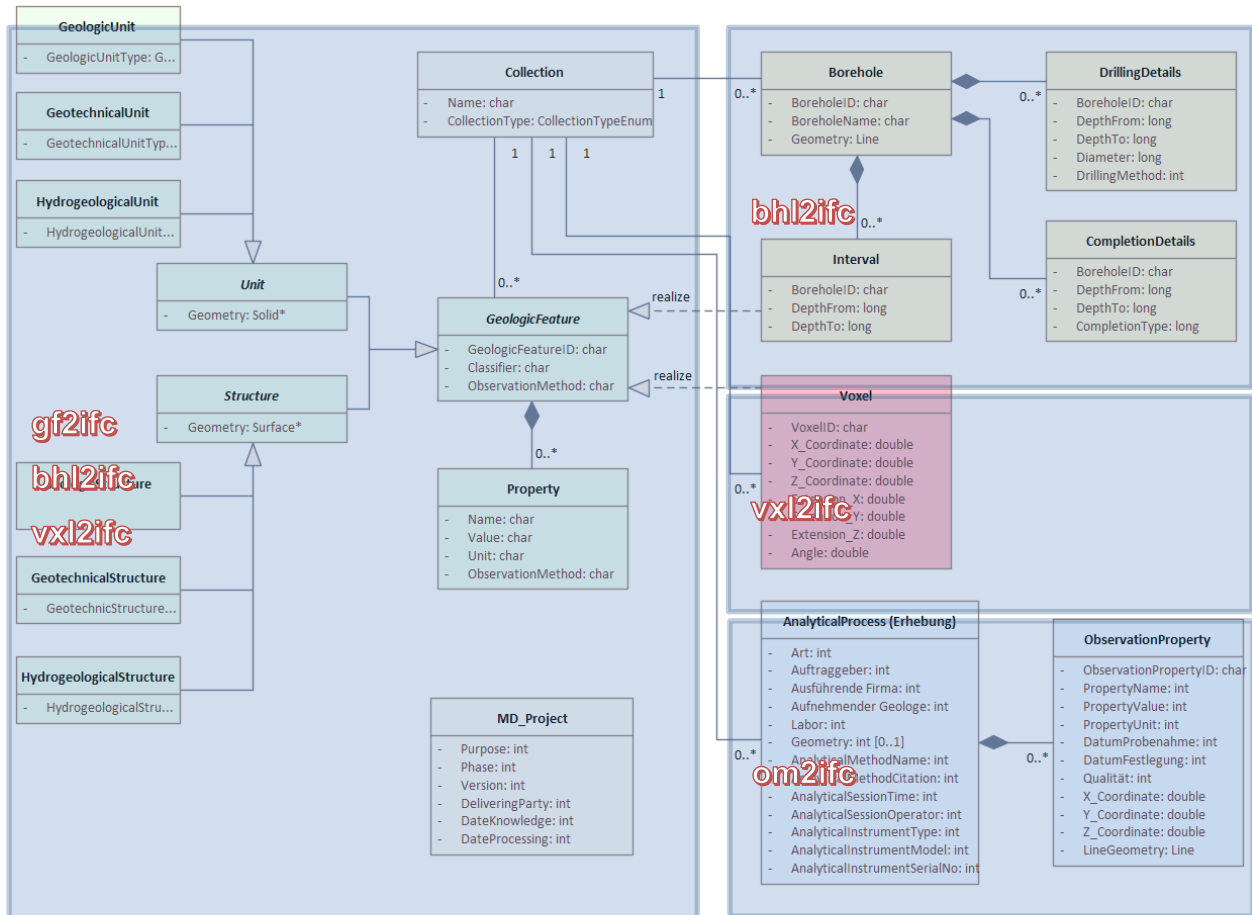


Abbildung 15: Nutzung Transfermodell je Transformations-Adapter

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, ist das Transferformat abhängig von der Art des geologischen Modells resp. Produkts. Die nachfolgende Abbildung 16 zeigt diese Abhängigkeit nochmals explizit auf und weist auch aus, welche Transferdateien für die jeweiligen Produkte definiert sind.

| Geologische Modelle/Produkte | Transferdateien | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|---------|---------|--------|---------------------|
| | gf2ifc | bhl2ifc | vxl2ifc | om2ifc | CAD-Daten* |
| 3D-Modell Schichten | x | | | | x |
| 3D-Modell Flying Carpet | x | | | | x |
| Profilschnitt (im 3D-Raum) | x | | | | x |
| Bohrprofil | | x | | | |
| Voxel | | | x | | |
| Messwerte/Messorte(Punkt, Linien) | | | | x | |
| | | | | | * dxf, obj, stl, ts |

Abbildung 16: Transferschema für unterschiedliche Produkte

Für jedes Transferschema sind spezifische Tabellenstrukturen in Excel definiert (mit unterschiedlichen Tabellenblättern).

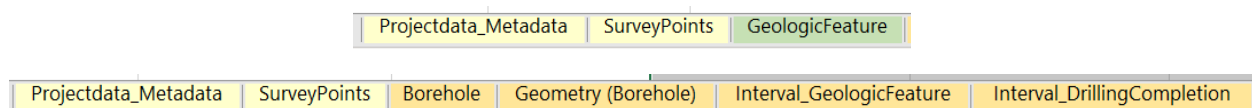


Abbildung 17: Excel-Transferschemas (Beispiele Umhüllende und Grenzflächen, Bohrprofile)

Je nach Komplexität der geometrischen Repräsentation der GeologicFeatures wird die Geometrie ebenfalls direkt in der Excel-Transferdatei definiert (Bohrloch, Voxel, O&M), oder sie wird in separaten CAD-Standardformaten übermittelt (Boundary Representation). Im Prinzip sind beliebige CAD- und GIS-

Formate für den Austausch der Geometrie möglich, in der prototypischen Implementierung im Rahmen des Projekts GEOL_BIM werden die Formate .dxf, .obj, .stl und .ts unterstützt.

Einige allgemeine Informationen sind für alle Transferschema identisch und sind einheitlich definiert, z.B. Projektinformationen, Metadaten und Referenzpunkte. Die nachfolgende Abbildung 18 zeigt auf, welche Tabellenstrukturen (Excel Datenblätter) für die jeweiligen Transferschemas definiert sind.

| Excel Datenblatt | Excel Transferdatei (Adapter) | | | |
|--|-------------------------------|---------|---------|--------|
| | gf2ifc | bhl2ifc | vxl2ifc | om2ifc |
| Project_Metadata | x | x | x | x |
| SurveyPoints | x | x | x | x |
| GeologicFeature | x | | | |
| GeologicFeature_Interval | | x | | |
| GeologicFeature_Voxel | | | x | |
| Borehole | | x | | |
| Geometry [Borehole] | | x | | |
| DrillingCompletion_Interval | | x | | |
| AnalyticalProcess | | | | x |
| ObservationProperty | | | | x |
| Geometry [Observation] | | | | x |
| CAD-Daten für Geometrie (dxf, obj, stl, ts) | x | | | |

Abbildung 18: Struktur Excel-Transferschema

Anmerkung: Adapter om2ifc wurde aus zeitlichen Gründen nicht implementiert.

Abflachung Vererbungsbeziehungen durch Typisierung

Um die Datenstruktur im Transferschema möglichst einfach zu halten, werden die Vererbungsbeziehungen der *GeologicFeatures* aus dem konzeptuellen Modell durch eine Typisierung mittels Attributen aufgelöst («abgeflacht»).

Abbildung 19 zeigt die vollständige Vererbungsbeziehung der *GeologicFeatures* des konzeptuellen Transfermodells. Darin lassen sich drei Hierarchiestufen identifizieren (siehe auch Kapitel 3.1.1):

- Basistyp: Grundsätzliche Unterscheidung in Unit oder Structure
- Perspektive: Drei fachliche Perspektiven Geologie, Geotechnik, Hydrogeologie
- Subtyp: Je nach Basistyp und Perspektive zusätzliche Spezialisierungen, welche nur für geologische Strukturen (*GeologicStructures*) definiert ist.

Diese drei Vererbungsstufen werden durch drei typisierende Attribute aufgelöst, welche im Transferschema für alle *GeologicFeatures* zwingend definiert werden müssen, siehe auch Abbildung 20.

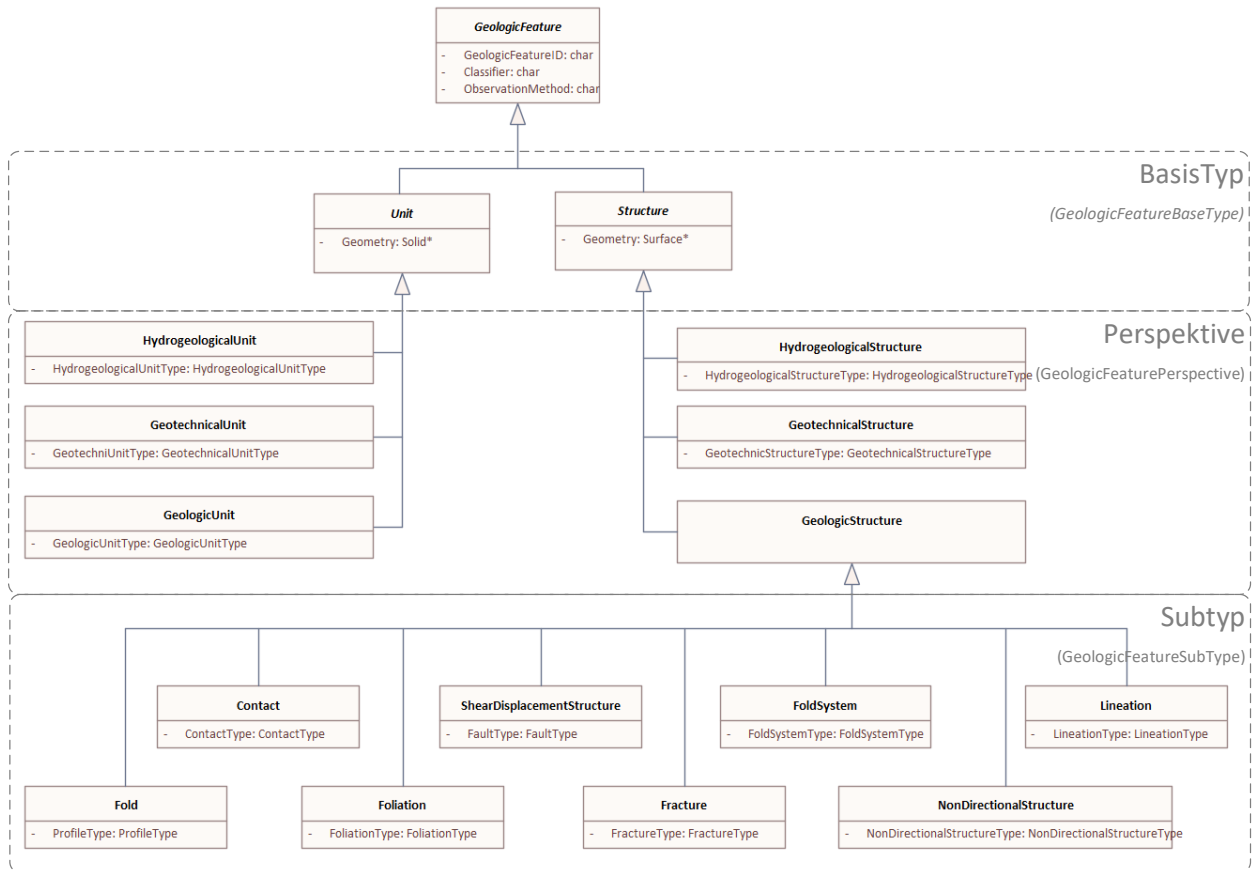


Abbildung 19: GeologicFeature: Konzepterläuterung Basistyp, Perspektive, Subtyp

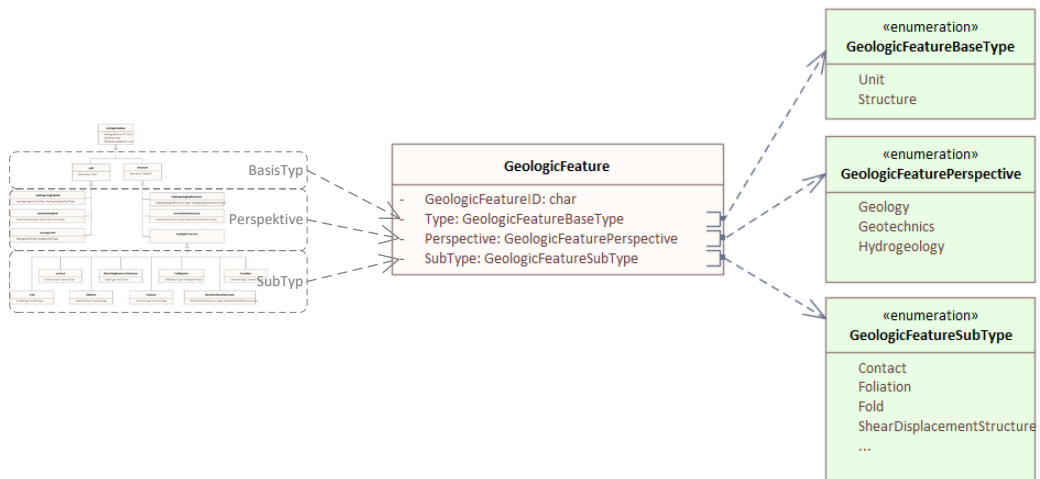


Abbildung 20: GeologicFeature: vereinfachtes Datenmodell mit Objekttypen

3.3 Transformationsregeln zwischen Transfer- und Referenzmodell

Die Transformationsregeln zwischen dem Transfer- und dem Referenzmodell sind in Anhang D ersichtlich.

4 Referenzmodell GeoSciML+

Das im vorherigen Kapitel beschriebene Transfermodell ist auf einen möglichst einfachen Datenaustausch optimiert, indem zum Beispiel die Datenstrukturen vereinfacht gehalten sind und auf die Abbildung verschiedener Beziehungen verzichtet wird. Die tatsächliche geologische Fachlichkeit ist komplexer und umfangreicher, als dies im Transfermodell dargestellt ist.

Eine für die Anwendungszwecke möglichst genaue und vollständige Abbildung der geologischen Fachlichkeit ist durch das Referenzmodell GeoSciML+ gegeben. In diesem Modell werden die fachlichen Aspekte möglichst präzise und vollständig auf konzeptueller Ebene definiert. Darin sind auch Spezialfälle berücksichtigt, welche z.B. im vereinfachten Transfermodell nicht berücksichtigt werden. Das Referenzmodell dient als Grundlage für ein gemeinsames fachliches Gesamtverständnis. Auf Basis der Festlegungen im Referenzmodell können die Vereinfachungen im Transfermodell gezielt und bewusst vollzogen werden. Das Referenzmodell dient in der Folge auch dazu, das Transfermodell in Zukunft weiterzuentwickeln und mit einer zukünftig besseren technischen Unterstützung der Schnittstellenformate auch weniger stark zu vereinfachen und mehr Spezialfälle zu unterstützen.

Fachliche Diskussionen zur Weiterentwicklung von GEOL_BIM sollen in erster Linie auf Basis des Referenzmodells erfolgen. Anpassungen und Erweiterungen zu GEOL_BIM sollen zuerst im Referenzmodell abgebildet werden und dann auf das Transfermodell, evtl. vereinfacht, übertragen werden.

Das Referenzmodell GeoSciML+ entspricht zu weiten Teilen dem anerkannten Datenmodell GeoSciML des Open Geospatial Consortiums OGC, siehe (OGC-GeoSciML, 2017). Es wurde punktuell für spezielle Anforderungen von GEOL_BIM erweitert. Die wesentlichen Erweiterungen werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben. Für alle hier nicht explizit beschriebenen Modellkonstrukte wird auf die Dokumentation von GeoSciML verwiesen (OGC-GeoSciML, 2017).

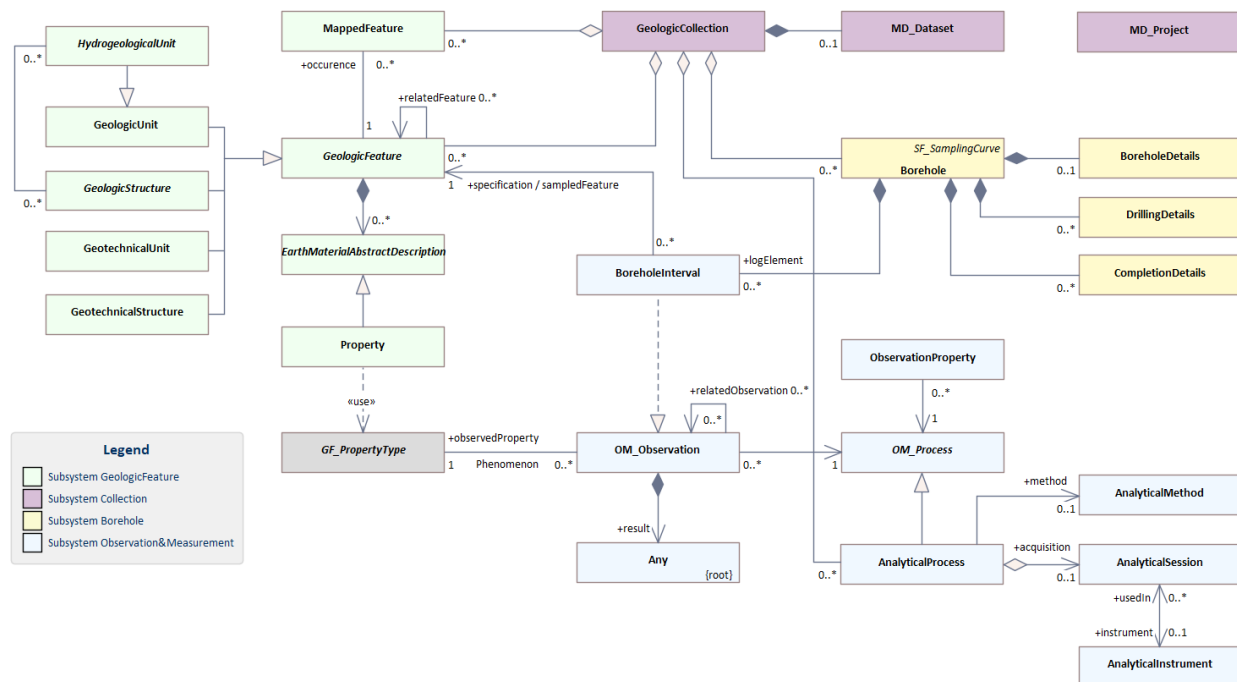


Abbildung 21: Referenzmodell GeoSciML+, Übersicht

Abbildung 21 zeigt eine Übersicht des Referenzmodells GeoSciML+ sowie dessen Unterteilung in die vier Subsysteme GeologicFeature, Borehole, Observations&Measurements sowie Collection. Der Kern dieses Modells entspricht und entstammt aus folgenden Application Schemas aus GeoSciML:

- GeoSciMLBasic/GeologyBasic
- GeoSciMLBasic/GeologicStructure
- GeoSciMLBasic/Collection
- Borehole
- LaboratoryAnalysis-Specimen/LaboratoryAnalysis

4.1 Subsystem GeologicFeature

Das Subsystem GeologicFeature definiert die prinzipiellen Klassen zur Beschreibung des geologisch-geotechnischen Untergrunds. Die «Kernklassen» *GeologicFeature*, *GeologicUnit*, *GeologicStructure* mit ihren Subklassen folgen unverändert der Definition von GeoSciML.

Die spezifische Erweiterung für die Hydrogeologie mit *HydrogeologicUnit* und deren Subklassen ist in dieser Art in (INSPIRE, 2013) definiert und von dort übernommen.

Die spezifischen Klassen für die Geotechnik, *GeotechnicalUnit* und *GeotechnicalStructure*, sind Erweiterungen aus GEOL_BIM. Diese Klassen ermöglichen die Abbildung von Phänomenen mit einem Fokus auf geotechnische Aspekte. Aktuell laufende internationale Arbeiten (z.B. (Simmons, Scott et al., 2022, p. 8), (Beaufils & Halfon, 2022)) gehen ebenfalls in die Richtung, die geotechnische Perspektive explizit neben der rein geologischen Perspektive zu positionieren.

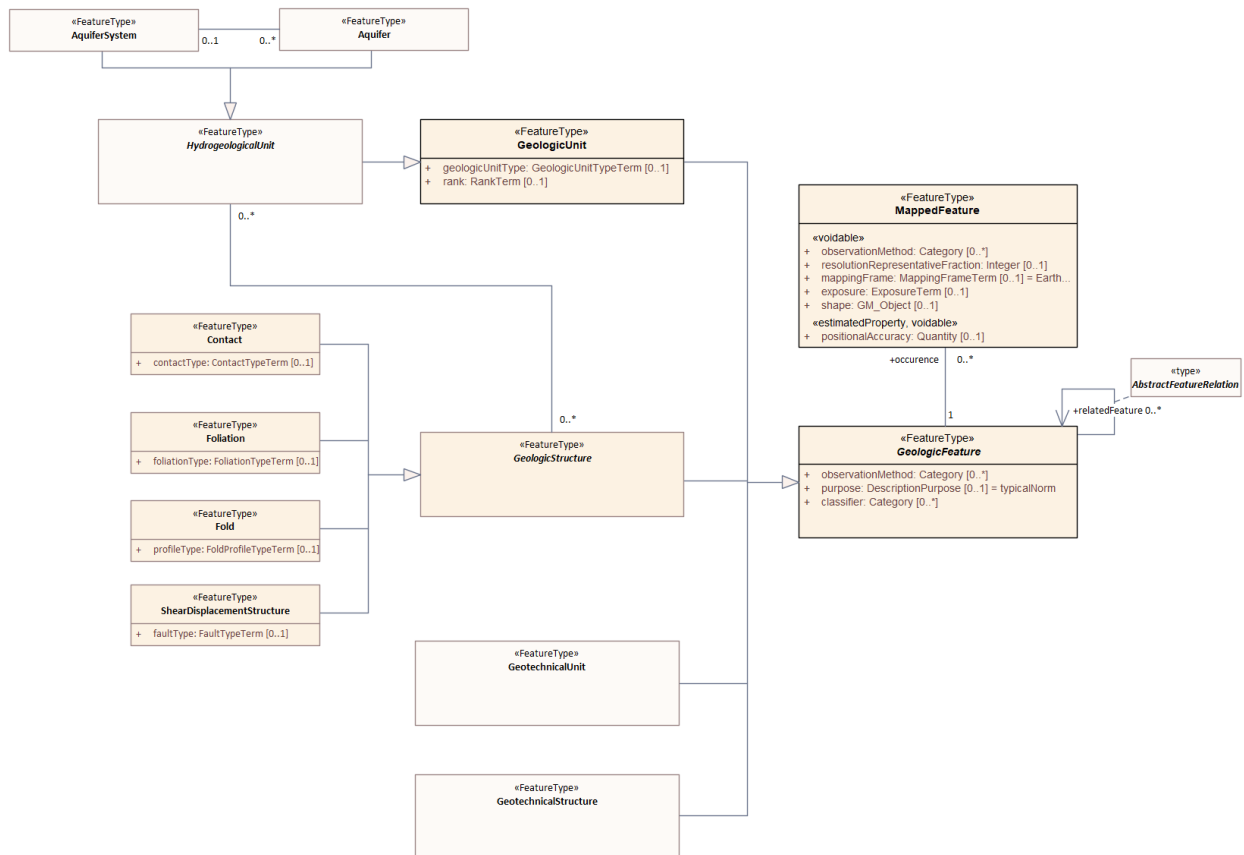


Abbildung 22: Klassendiagramm Referenzmodell (Submodell GeologicFeature, Auszug)

Die Klasse *MappedFeature*, welche unverändert aus GeoSciML übernommen ist, ermöglicht, dass für ein *GeologicFeature* beliebig viele geometrische Repräsentationen definiert werden können. Dasselbe Objekt kann somit z.B. für unterschiedliche Repräsentationsarten individuell geometrisch repräsentiert werden (z.B. als 3D-Körper, als Fläche in einer Schnittdarstellung oder als Linienobjekt in einem Bohrdatensatz). Auf diese Flexibilität wurde im Transfermodell bewusst verzichtet. Dort kann ein *GeologicFeature* nur mit einer Geometrie repräsentiert werden.

Zwischen *GeologicFeatures* können Beziehungen bestehen (siehe rekursive Assoziation bei *GeologicFeature*). Damit können fachliche Abhängigkeiten z.B. zwischen Units und Structures abgebildet werden. Diese Beziehung ist fachlich von Bedeutung, da sie zur Nachvollziehbarkeit eines geologischen Modells von grosser Bedeutung sein kann. Im Transfermodell wurde auf die Abbildung dieser Beziehung aus Gründen der Komplexitätsreduktion verzichtet.

Die Subklassen des *GeologicFeatures* enthalten jeweils individuelle Typdefinitionen (z.B. *geologicUnitType*, *contactType* etc.). In GeoSciML wird für die Wertebereiche dieser Typen oft auf Vokabulare verwiesen, welche nicht im Datenmodell definiert sind («controlled vocabulary»). Im Rahmen von GEOL_BIM wurden für einzelne dieser Vokabulare konkrete Empfehlungen definiert. Es konnten jedoch nicht alle Typdefinitionen behandelt und auch nicht untereinander abgestimmt werden. Die

Definition und Pflege dieser Vokabulare (Wertelisten für Typdefinitionen) stellt eine fachlich sehr relevante Arbeit bei der zukünftigen Pflege des Datenmodells GEOL_BIM dar.

Wie bereits zum Transfermodell beschrieben, wird mit GEOL_BIM ein sehr generischer Ansatz zur Definition von Eigenschaften für ein *GeologicFeature* ermöglicht. Einem *GeologicFeature* kann eine beliebige Eigenschaft hinzugefügt werden. Dieser Ansatz wird in GeoSciML mit der Klasse *EarthMaterialAbstractDescription* unterstützt. Diese Klasse ist als Platzhalter definiert, welcher in verschiedenen konkreten Erweiterungen des Datenmodells (Extensions) durch konkrete Klassen ersetzt resp. erweitert werden kann. Für GEOL_BIM wird dieser Ansatz in vereinfachter Weise übernommen. Damit im Referenzmodell nicht alle individuellen Erweiterungen aus GeoSciML berücksichtigt werden müssen (was das Referenzmodell schwerer verständlich machen würde), wird hier eine Vereinfachung mit der Klasse *Property* eingeführt. Die Klasse *Property* ist eine vereinfachte, generische Implementierung aller Spezialisierungen von *EarthMaterialAbstractDescription*. Sie ermöglicht die Abbildung dieser spezialisierten Klassen, z.B. von

- *ChemicalComposition.chemicalAnalysis*
- *RockMaterialDescription.consolidationDegree*
- *PhysicalDescription.propertyName.propertyDescription*
- ...

Abbildung 23 visualisiert den Zusammenhang der Klasse *Property* mit den in den Erweiterungen von GeoSciML definierten Klassen am Beispiel von *PhysicalDescription*

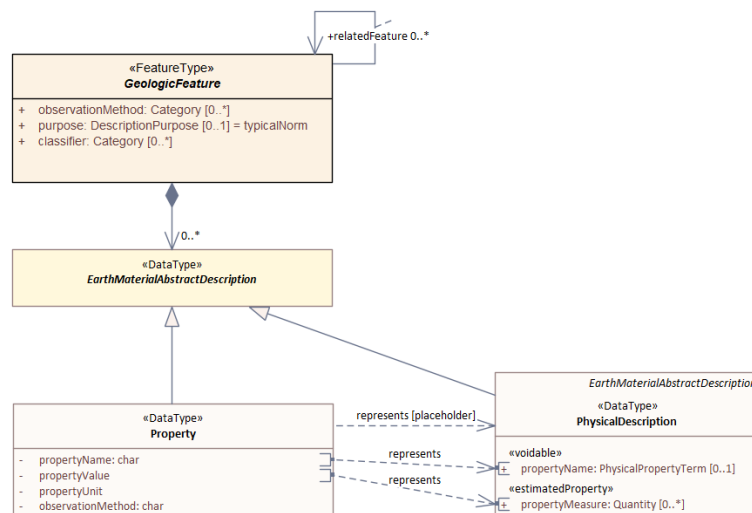


Abbildung 23: Klassendiagramm Referenzmodell: GeologicFeature und Property mit Beispiel PhysicalDescription)

Ein *Property* ist dabei definiert durch einen *propertyName*, *propertyValue*, *propertyUnit* sowie eine Angabe zur Erhebungsmethode (*observationMethod*).

4.2 Subsystem Collection

Im Subsystem Collection sind die «Gruppierungen» von Objekten und die eher auf Metainformationen ausgerichteten Klassen subsummiert.

Im Zentrum steht die Klassen *GeologicCollection*, welche unverändert aus GeoSciML resp. (INSPIRE, 2013) übernommen wird (in GeoSciML heisst diese Klasse «GSML»). Die Klasse dient dazu, Objekte (fachlich) zu gruppieren.

Objekte der Klassen *Borehole*, *AnalyticalProcess*, *GeologicFeature* und *MappedFeature* können in *GeologicCollections* gruppiert werden. Im Datenmodell von GeoSciML sind diese Beziehungen teilweise nur implizit über Platzhalter-Attribute definiert. Zur expliziteren Visualisierung und besseren Verständlichkeit werden hier im Referenzmodell explizit Assoziationsbeziehungen geführt (was aus Sicht der Autoren nur eine modellierungstechnische, jedoch keine semantische Abweichung zum Ursprungsmodell von GeoSciML darstellt).

Aufgrund der Anforderungen aus GEOL_BIM können zu einer *GeologicCollection* Metadaten zur

erweiterten Beschreibung der Gruppierung definiert werden (*MD_Dataset*). Damit lassen sich z.B. Angaben zum geologischen Modell machen.

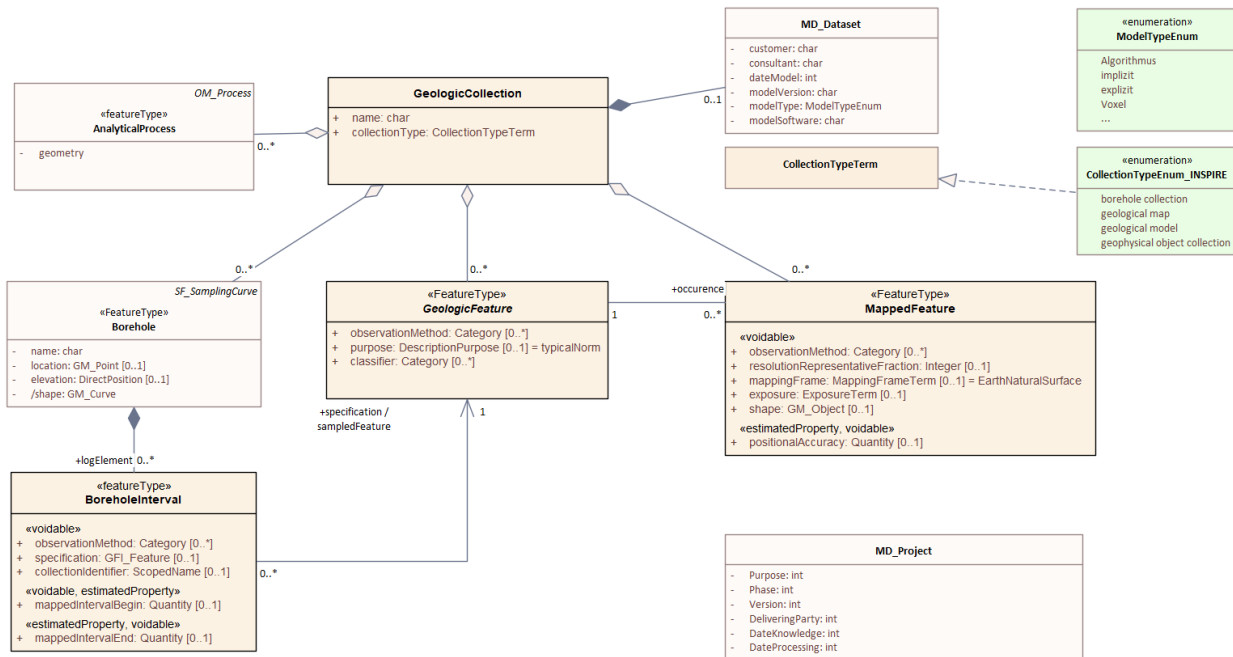


Abbildung 24: Klassendiagramm Referenzmodell (Submodell Collection)

Siehe auch Erläuterungen zu den Collections im Transfermodell in Kap. 3.1.2.

4.3 Subsystem Observations and Measurements

Das Open Geospatial Consortium (OGC) resp. die ISO-Standardisierung haben für die Datenmodellierung von Geodaten verschiedene grundlegende Konzepte entwickelt (ISO 19100er Normenreihe). Das Datenmodell GeoSciML basiert auf verschiedenen dieser Grundlagen-Konzepte z.B. bezüglich Metadaten, GML-Regeln, Geometriebildung etc., vgl. (OGC-GeoSciML, 2017, p. 2). Für die Abbildung von «Messungen» werden in GeoSciML die Konzepte von «Observations and Measurements» (ISO 19156, 2011) umgesetzt. Das konzeptuelle Datenmodell von Observations and Measurements (O&M) ist denn auch integrierter Bestandteil von GeoSciML. Eine kurze Einführung allgemein zu O&M befindet sich in Anhang G.

Mit GeoSciML werden einige wenige Ergänzungen und Spezialisierungen zur ISO 19156 vorgenommen, welche die Verwendung des Konzeptes konkretisieren. Im Kontext von GEOL_BIM sind dabei insbesondere die Spezialisierungen von *Borehole* und *AnalyticalProcess* aus den Basisklassen von O&M von Relevanz. Diese beiden Aspekte werden im Folgenden erläutert.

4.3.1 AnalyticalProcess

Abbildung 25 zeigt in der Übersicht die Klassen, mit welchen in GeoSciML eine detaillierte Beschreibung des Beobachtungs-/Messverfahrens für Eigenschaften von *GeologicFeatures* abgebildet werden kann.

Im Zentrum steht die (unveränderte) Klasse *OM_Observation*, mit welcher eine einzelne Beobachtung einer Eigenschaft festgehalten werden kann. Die Observation hat eine Beziehung (*Phenomenon*) auf eine (beobachtete) Eigenschaft des «*FeatureOfInterest*». Die Beobachtung hat zudem eine Assoziation auf den Resultatwert, der mit der Beobachtung festgestellt wird. Mit der Beobachtung können drei Zeitpunkte (*phenomenonTime*, *resultTime*, *validTime*), Qualitätsangaben sowie auch beliebig viele weitere, frei definierbare Parameter festgehalten werden.

Eine einzelne Beobachtung ist einem Prozess zugeordnet (Association zu *OM_Process*). Für die Abbildung des (Beobachtungs-)Prozesses definiert GeoSciML konkrete Spezialisierungen der in O&M

nur abstrakt definierten Klasse. Der Prozess wird als «*AnalyticalProcess*» definiert und ermöglicht die strukturierte Abbildung der Methode (*AnalyticalMethod*), der konkreten Durchführung (*AnalyticalSession*) sowie der verwendeten Instrumente (*AnalyticalInstrument*).

- *AnalyticalMethod*: Die Methode kann durch einen Methodennamen sowie einen Verweis auf eine verfügbare Beschreibung dieser Methode (*citation*) beschrieben werden. Der Methodename soll dabei aus einem kontrollierten Vokabular stammen.
- *AnalyticalSession*: Beschreibt den Zeitpunkt sowie die für die Durchführung des Prozesses verantwortliche Organisation/Person (*operator*).
- *AnalyticalInstrument*: Erlaubt die detaillierte Beschreibung des im Prozess verwendeten Instruments (Typ, Modell, Seriennummer etc.)

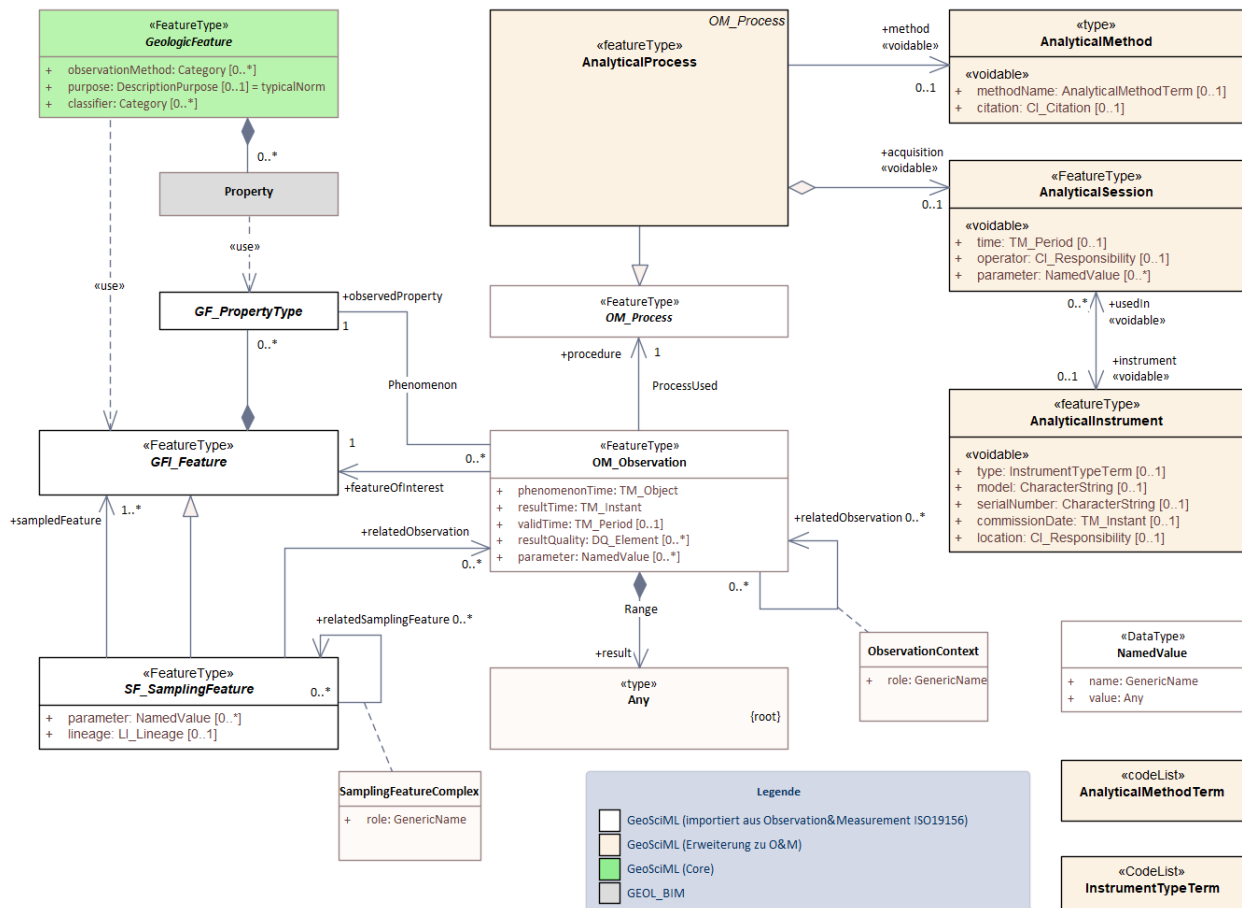


Abbildung 25: Klassendiagramm GeoSciML, Auszug aus LaboratoryAnalysis

4.3.2 Borehole

In GeoSciML ist als einziges konkretes Beobachtungsverfahren die Bohrung (*Borehole*) speziell behandelt. Eine Bohrung kann mit Intervallen im Detail beschrieben werden. Zusammen bilden sie damit speziell ausmodellerte Implementierungen der Kernklassen von O&M. Abbildung 26 zeigt vereinfacht auf, wie die Klassen *Borehole* und *BoreholeInterval* im Kontext der Kernklassen von O&M zu interpretieren sind.

- *Borehole*: Das *Borehole* ist eine Spezialisierung eines *SamplingFeatures*, d.h. es repräsentiert eine Stichprobe.
- *BoreholeInterval*: Mit einem Intervall wird ein Ausschnitt der Stichprobe beobachtet und ein Eigenschaftswert zugewiesen. Es handelt sich demnach um eine Implementierung einer *OM_Observation*. Das «*FeatureOfInterest*» dieser Observation ist immer ein *GeologicFeature* (als konkrete Implementierung des abstrakten *GFI_Feature*). Die Beziehung vom *BoreholeInterval* zum *GeologicFeature* wird über *BoreholeInterval.Specification* hergestellt. Diese Eigenschaft ist in GeoSciML wie folgt definiert (8.7.1.3.2, p. 128): «The specification property is an association between a

BoreholeInterval and a GFI_Feature, a domain feature that is sampled by the interval (e.g., a GeologicUnit). It is semantically equivalent to O&M ISO19156 "sampledFeature"».

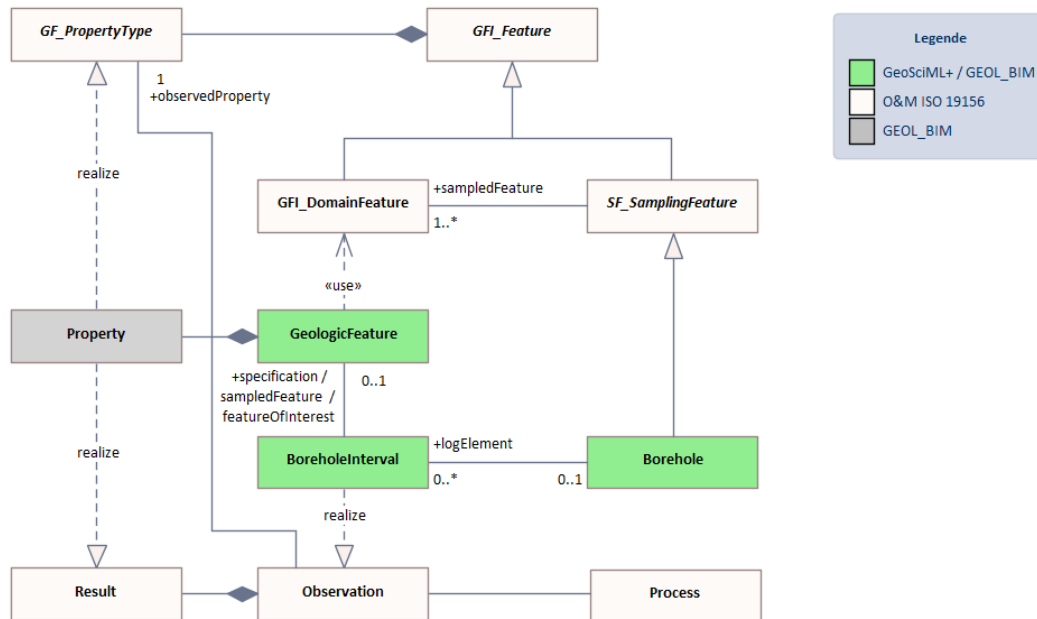


Abbildung 26: Borehole/BoreholeInterval im Kontext von O&M

4.3.3 Feature View vs. Observation View

Durch die Abstützung auf das Konzept von O&M lässt sich in GeoSciML die Erhebungsmethode für jeden Eigenschaftswert relativ detailliert beschreiben (mittels Observation, AnalyticalProcess und diesen zugehörigen Klassen). In GeoSciML wird aber noch ein alternatives Konzept zur Abbildung einer vereinfachten Definition der Erhebungsmethode bereitgestellt. In verschiedenen Klassen kann über das Attribut *observationMethod* eine einfache Angabe zur Erhebungsmethode gemacht werden. In GeoSciML wird dabei von einem «Feature View»-Ansatz gesprochen. Dies im Gegensatz zu einem «Observation View»-Ansatz, bei welchem detaillierte Angaben zur Beobachtung/Erhebung gespeichert werden. Dies ist für das GeologicFeature konkret wie folgt definiert (8.4.1.1.1, p. 30): «ObservationMethod is a convenience property that provides a simple approach to observation metadata when data are reported using a feature view (as opposed to observation view). This property corresponds (loosely) to ISO19115 Lineage.»

Das Attribut *observationMethod* ist für folgende Klassen definiert:

| Klasse | Beschreibung <i>observationMethod</i> |
|------------------|--|
| GeologicFeature | Category [0..*] The GeologicFeature <i>observationMethod</i> (SWE::Category) specifies the approach to acquiring the collection of attribute values that constitute an individual feature instance (e.g. point count, brunton compass on site, air photo interpretation, field observation, hand specimen, laboratory, aerial photography, creative imagination). Vokabular Empfehlung in GeoSciML veröffentlicht. |
| MappedFeature | Category [0..*] The <i>observationMethod</i> property (SWE::Category) contains an element in a list of categories (a controlled vocabulary) describing how the spatial extent of the mapped feature was determined. Vokabular Empfehlung in GeoSciML veröffentlicht. |
| BoreholeInterval | Category [0..*] The <i>observationMethod</i> property (SWE::Category) contains a term from a controlled vocabulary that describes the method used to observe the properties of the borehole. Keine Vokabular Empfehlung in GeoSciML veröffentlicht. |



Der Wertebereich für diese Attribute soll jeweils aus einem kontrollierten Vokabular entnommen werden. Siehe Anhang für eine Auflistung der mit GeoSciML definierten Wertebereiche/Vokabulare für *observationMethod*.

Schlussfolgerungen für GEOL_BIM

- *GeologicFeature* stellt eine Implementierung des *GFI_Feature* dar.
- Eine Observation bezieht sich immer auf ein *GF_PropertyType* eines *FeatureOfInterest* (*GFI_Feature*).
- Im Umkehrschluss kann für jedes *GF_PropertyType* (optional) immer eine Observation definiert werden, mit welcher detaillierte Angaben zur Erhebung des Werts der Eigenschaft festgehalten werden können.
- Demnach kann für jede Eigenschaft eines *GeologicFeatures* immer auch eine Observation (inklusive Process) definiert werden.
- Eine detaillierte Beschreibung der Erhebungsmethode ist mit GeoSciML demnach möglich.
- GEOL_BIM kann/soll auch beide Ansätze (Feature View und Observation View) unterstützen, damit auch eine «einfache» Datenabgabe ohne viele Erhebungsdetails möglich ist.
- Für GEOL_BIM besteht die Möglichkeit, die Wertebereiche für *observationMethod* zu definieren (in Ergänzung oder als Ersatz zu den mit GeoSciML vordefinierten Werten).

4.3.4 Detaillierungsgrad Erhebungsmethode

Mit GEOL_BIM können Angaben zur Erhebungsmethode von *GeologicFeatures* resp. deren Eigenschaften in drei unterschiedlichen Detaillierungsgraden vorgenommen werden.

- **Detaillierungsebene 1:** Auf Stufe ***GeologicFeature***:
Die Erhebungsmethode wird für ein *GeologicFeature* angegeben. Dies ermöglicht eine eher pauschalisierte Aussage darüber, wie die Eigenschaften (in ihrer Gesamtheit) des *GeologicFeatures* erhoben wurden.
Die Erhebungsmethode wird im Attribut *observationMethod* definiert. Der Wert dieses Attributs entstammt einer vordefinierten Werteliste, welche von GeoSciML vordefiniert ist.
- **Detaillierungsebene 2:** Auf Stufe **Eigenschaft**, mit **pauschalisierter** Angabe der Erhebungsmethode:
Die Erhebungsmethode wird für jede einzelne Eigenschaft eines *GeologicFeatures* individuell angegeben.
Die Erhebungsmethode wird im Attribut *observationMethod* der Eigenschaft definiert. Der Wert dieses Attributs entstammt einer vordefinierten Werteliste, welche für GEOL_BIM spezifisch definiert wird. Die Liste umfasst eine Auswahl der gebräuchlichsten/häufigsten Methoden. Es ist erlaubt, projektspezifische Erweiterungen der Werte vorzunehmen.
- **Detaillierungsstufe 3:** Auf Stufe **Eigenschaft**, mit **detaillierter** Definition der Erhebungsmethode:
Die Erhebungsmethode wird für jede einzelne Eigenschaft eines *GeologicFeatures* individuell angegeben.
Die Erhebungsmethode sowie die spezifischen Parameter der Erhebung können dabei im Detail beschrieben werden (verschiedene Daten der eigentlichen Beobachtung sowie auch detaillierte Angaben zur Methode und den durchführenden Organisationen).

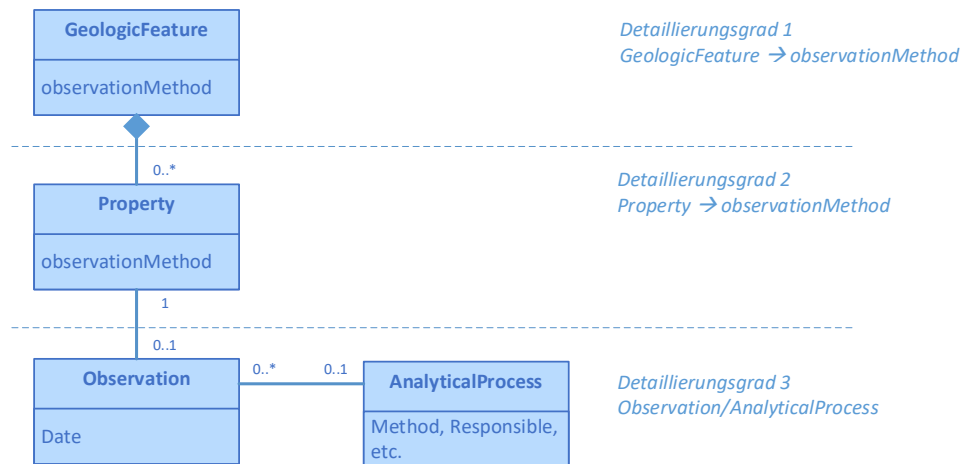


Abbildung 27: Detaillierungsgrade für Definition Erhebungsmethode

4.3.5 Eigenständige Beobachtungswerte

Dem Konzept von GeoSciML folgend werden Beobachtungs- und Messwerte üblicherweise im Kontext von Eigenschaften von *GeologicFeatures* übermittelt, d.h. im Zentrum steht die Eigenschaft des *GeologicFeatures*, zu welcher als Zusatzinformation auch Angaben zur Erhebung (Messung/Beobachtung) angegeben werden können (siehe oben).

GEOL_BIM bietet darüber hinaus auch die Möglichkeit, «autonome» Mess- oder Beobachtungswerte zu übermitteln, d.h. Eigenschaftswerte, die nicht direkt einem *GeologicFeature* zugewiesen sind.

Dazu kann, in Analogie zum Detaillierungsgrad 3, der Beobachtungsprozess (*AnalyticalProcess*) detailliert beschrieben werden. Dem *AnalyticalProcess* lassen sich beliebige «Beobachtungseigenschaften» zuweisen. Dabei handelt es sich um eine Beschreibung einer Eigenschaft mit Name, beobachtetem Wert, Einheit und weiteren Details der Beobachtung.

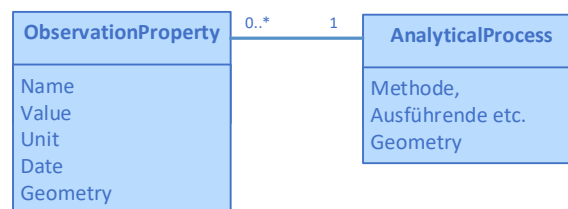


Abbildung 28: Beobachtungswerte als eigenständige Klasse.

Im Unterschied zum Detaillierungsgrad 3 verfügen *AnalyticalProcess* und *ObservationProperty* über eigenständige Geometrien (im Detaillierungsgrad 3 ist die Geometrie nur über das *GeologicFeature* definiert).

Als Geometrie werden nur Punktgeometrien unterstützt.

Implementierungshinweis: In den Adaptionen können, in Abhängigkeit zur Beobachtungsmethode, vordefinierte Geometriekörper vorgehalten werden, welche im digitalen Bauwerksmodell an Stelle einer einfachen Punktgeometrie erstellt werden.

4.4 Subsystem Borehole

Mit den Klassen des Subsystems Borehole sind Strukturen zur Bohrinformationen definiert. Die Darstellung von geologischen Informationen in Form von Bohrdaten stellt eine spezifische Repräsentationsart von *GeologicFeatures* dar, die mit dedizierten Klassen ermöglicht wird.

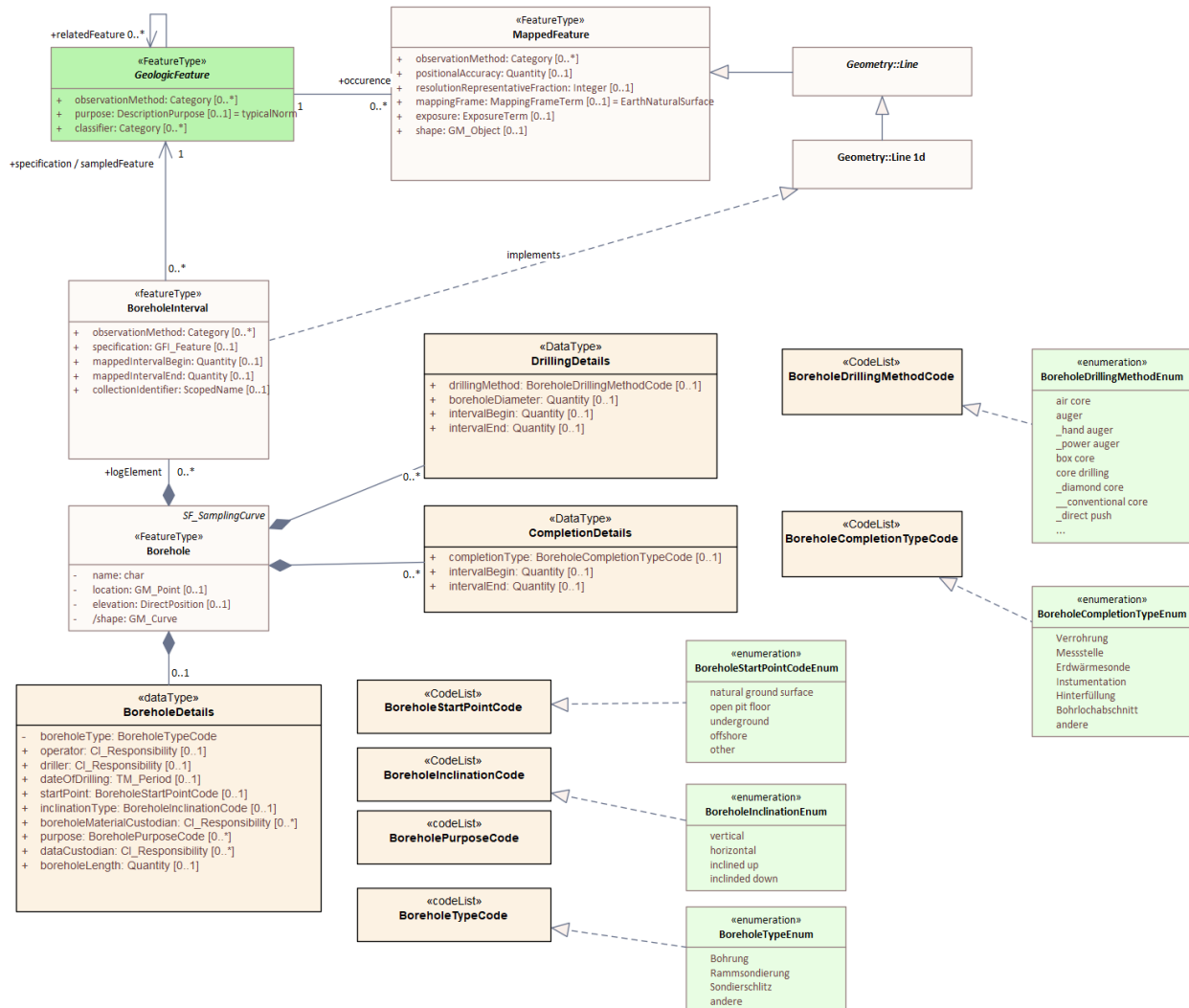


Abbildung 29: Klassendiagramm Referenzmodell (Submodell Borehole)

Neben den Klassen *BoreholeDetails* und *DrillingDetails*, welche in GeoSciML definiert sind, wird das Referenzmodell noch mit der Klasse *CompletionDetails* ergänzt. Diese ermöglicht eine einfache Beschreibung des Ausbaus der Bohrung, in Anlehnung an das Datenmodell Bohrdaten, Klasse DrillCompl (Oesterling & Brodhag, 2017, p. 18).

Das *BoreholeInterval* beschreibt einen Abschnitt entlang der Bohrung (*Borehole*) und spezifiziert ein *GeologicFeature*. D.h. mit einem *BoreholeInterval* ist immer auch eine Instanz eines *GeologicFeatures* verbunden. Mit dem *BoreholeInterval* ist ein Intervall-Beginn und -Ende definiert. Diese beiden Angaben sind im Sinne der linearen Referenzierung gemäss (ISO 19148, 2012) als lineare Distanzen entlang einer Bezugsachse zu verstehen. Das *BoreholeInterval* ist demnach als 1D-Liniengeometrie zu verstehen. Die Bezugsachse ist die Geometrie der Bohrung selbst. Diese Abhängigkeiten sind in Abbildung 30 veranschaulicht. Darüber hinaus stellt dieses Klassendiagramm auch noch das Geometrieverständnis der Klasse *MappedFeature* dar. Dessen Attribut *shape* ist als im Prinzip frei definierbare Geometrie spezifiziert (*GM_Object*). Je nach Art des *GeologicFeatures* können dabei Körper-, Flächen-, Linien- oder Punktgeometrien in Frage kommen. Je nach Art der Repräsentationsform des *GeologicFeatures* (3D-Modell, Schnitt, Karte etc.) sind diese Geometrien im 3D-, 2D- oder 1D-Raum definiert.

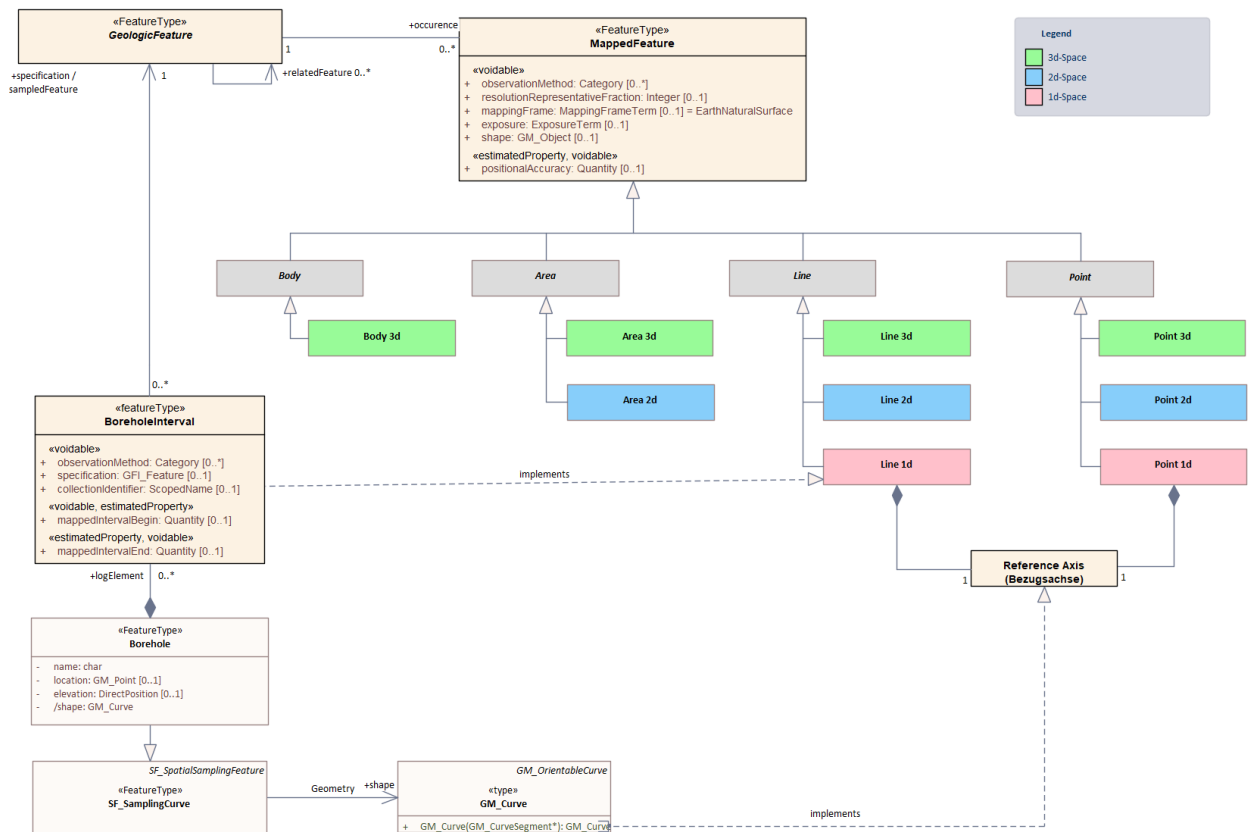


Abbildung 30: Klassendiagramm Referenzmodell Geometrieverständnis

Die Klassen *CompletionDetails* und *DrillingDetails* definieren ebenfalls Intervalle entlang der Bohrlochgeometrie (Bezugsachse).



4.5 Genese

Die nachfolgende Abbildung 31 zeigt auf, aus welchen Quellen die Definitionen des Referenzmodells entstammen und wo gegenüber den Quellen für GEOL_BIM spezifische Anpassungen gemacht wurden.

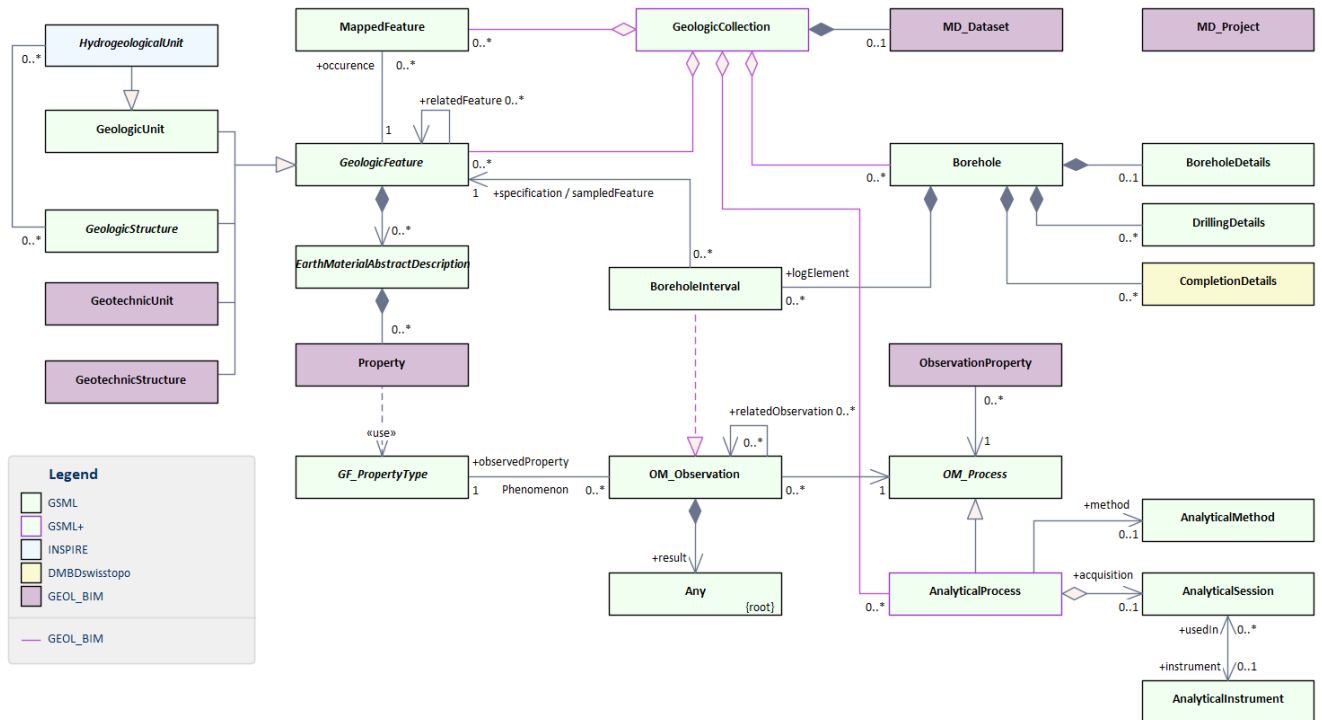


Abbildung 31: Referenzmodell GeoSciML+: Genese und Adaptionen

Es ist ersichtlich, dass die meisten Klassen des Referenzmodells aus GeoSciML übernommen werden (GSML), ergänzt mit Erweiterungen zur Hydrogeologie aus INSPIRE GE (INSPIRE) sowie zu den Bohrdaten aus dem Datenmodell Bohrdaten der swisstopo (DMBDswisstopo).

Neben punktuellen Erweiterungen an übernommenen Klassendefinitionen der Quellmodelle sind im Referenzmodell von GEOL_BIM nur wenige Klassen zur Erweiterung der Fachlichkeit (GeotechnicalUnit/Structure, MD_Dataset/MD_Project) und zur Vereinfachung des konzeptuellen Modells (Property, ObservationProperty) eingeführt worden.

5 IFC Submodell GEOL_BIM und Transformationsregeln

Die geologischen Informationen von GEOL_BIM sollen im Kontext von Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsprojekten über das offene Austauschformat IFC ausgetauscht und verfügbar gemacht werden. Dazu wird ein Submodell (Subschema) von IFC definiert. Dieses identifiziert und beschreibt diejenigen Strukturen und Regeln aus IFC, welche für den Austausch dieser geologischen Informationen genutzt werden.

Die Beschreibung des Submodells erfolgt primär auf Basis der Version 4x3 von IFC, da mit dieser Version erstmals explizite Strukturen für Infrastrukturbauwerke und insbesondere auch für geologische resp. geotechnische Themen vorhanden sind. Zum Zeitpunkt der Verfassung des Submodells (Ende 2021) liegt die Version 4x3 als finaler Draft vor. Es wird erwartet, dass diese Version Mitte 2022 von buildingSmart finalisiert und freigegeben sowie 2023 auch als ISO-Norm publiziert wird (buildingSmart International, n.d.). Die nachfolgende Dokumentation basiert auf der Version IFC4x3_RC4.

Es wird auch aufgezeigt, mit welchem Submodell der Version 4 von IFC die geologischen Informationen ausgetauscht werden können. Diese Version enthält noch keine spezifischen Strukturen für geologische Informationen. Es müssen daher weniger gut passende Objekttypen genutzt werden, die mit entsprechenden zusätzlichen Konventionen ergänzt werden.

Das nachfolgenden Klassendiagramm in Abbildung 32 zeigt in der Übersicht die wesentlichen Entitäten aus IFC (4x3), welche für die Abbildung des Fachinhalts aus GEOL_BIM gemäss den Definitionen des Referenzmodells GeoSciML+ genutzt werden. Die Assoziationen zwischen den Entitäten sind vereinfacht dargestellt und zeigen auf konzeptueller Ebene die für GEOL_BIM relevanten und festgelegten Abhängigkeiten zwischen den Entitäten auf (IFC lässt prinzipiell noch viele weitere und andere Beziehungen zwischen den Entitäten zu).

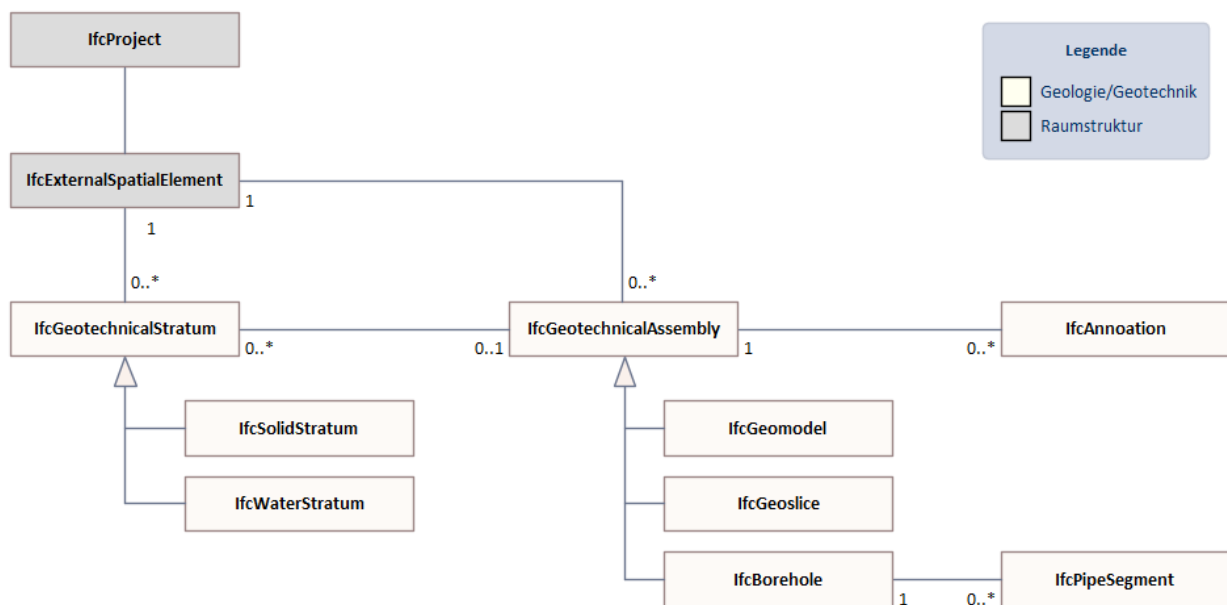


Abbildung 32: Submodell IFC für GEOL_BIM

Die wichtigsten Entitäten sind `IfcGeotechnicalStratum` sowie `IfcGeotechnicalAssembly` mit ihren jeweiligen Kindentitäten. Es sind dies die mit IFC 4x3 neu eingeführten Strukturen zur Abbildung von geologischen Einheiten sowie Sammlungen von geologisch-geotechnischen Informationen. Ergänzt wird dies durch die Verwendung von `IfcAnnotation` zur Abbildung von Beobachtungen und Messungen, die nicht direkt mit einem geologischen Feature in Beziehung stehen.

Für die Einordnung in eine Raumstruktur wird für alle Informationen einheitlich die Entität `IfcExternalSpatialElement` genutzt.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden einzelne Aspekte des Submodells im Detail erläutert und diskutiert sowie auch die Transformationsregeln zwischen dem konzeptuellen Referenzmodell GeoSciML+ sowie dem Submodell von IFC im Detail beschrieben. Eine weitergehende, grafische Definition der Transformationsregeln befindet sich zudem in Anhang F.

5.1 Entitäten und Objektbildung

Auf der obersten Ebene der Beschreibung des Submodells von IFC erfolgt die Identifikation der relevanten Entitäten. Damit zusammen hängt auch die Definition der Transformationsregeln bezüglich der Objektbildung, d.h. der Regeln zur Bildung von Objektinstanzen in IFC auf Basis von Objektinstanzen in GeoSciML+. Die nachfolgende Abbildung 33 zeigt vereinfacht den Zusammenhang zwischen dem Referenzmodell GeoSciML+ und dem Submodell von IFC auf Stufe der Klassen resp. Entitäten.

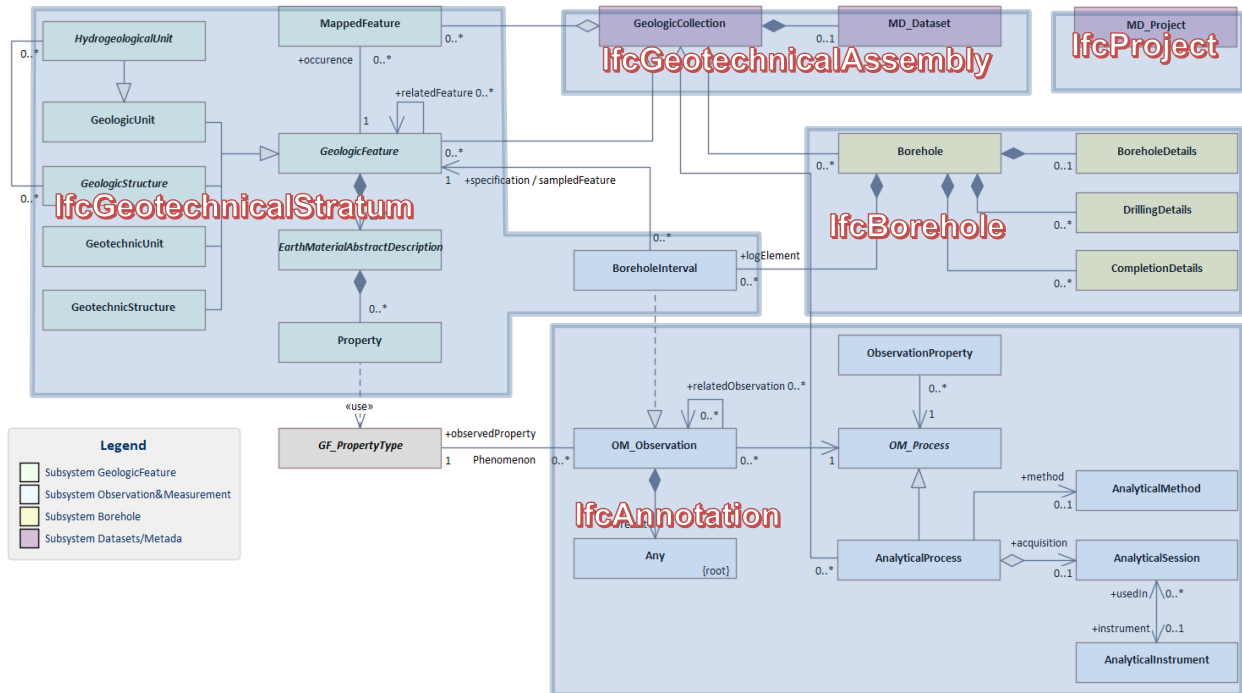


Abbildung 33: Mapping GeoSciML+ nach IFC (4x3)

Tabelle 3 zeigt im Detail die Abbildung zwischen den Klassen des Referenzmodells von GeoSciML+ und IFC.



| GeoSciML+ | IFC4x3 | IFC4 |
|--|---|---|
| [Class] | [Entity/Object Type] | [Entity/Object Type] |
| GeologicFeature | IfcGeotechnicalStratum | IfcGeographicElement |
| GeologicUnit | IfcSolidStratum/[Type] | IfcGeographicElement/[Type] |
| GeologicStructure | IfcSolidStratum/[Type] | IfcGeographicElement/[Type] |
| GeotechnicalUnit | IfcSolidStratum/[Type] | IfcGeographicElement/[Type] |
| GeotechnicalStructure | IfcSolidStratum/[Type] | IfcGeographicElement/[Type] |
| HydrogeologicalUnit | IfcWaterStratum/[Type] | IfcGeographicElement/[Type] |
| GeologicCollection | IfcGeotechnicalAssembly | IfcSystem |
| GeologicCollection (.collectionType=boreholeCollection) | IfcBorehole | IfcSystem/BOREHOLE |
| GeologicCollection (.collectionType=geologicalMap) | IfcGeoslice | IfcSystem/GEOSLICE |
| GeologicCollection (.collectionType=geologicalModel) | IfcGeomodel/GEOLOGICALMODEL | IfcSystem/GEOLOGICALMODEL |
| GeologicCollection (.collectionType=geophysicalObjectCollection) | IfcGeomodel/GEOPHYSICALOBJECTCOLLECTION | IfcSystem/GEOPHYSICALOBJECTCOLLECTION |
| Borehole | IfcBorehole | IfcBuildingElementProxy/BOREHOLE |
| DrillingDetails | IfcPipeSegment/BOREHOLESEGMENT | IfcPipeSegment/BOREHOLESEGMENT |
| CompletionDetails | IfcPipeSegment/BOREHOLESEGMENT | IfcPipeSegment/BOREHOLESEGMENT |
| OM_Observation | IfcAnnotation/OBSERVATION | IfcAnnotation/OBSERVATION |
| MD_Project | IfcProject | IfcProject |

Tabelle 3: Mapping GeoSciML+ nach IFC

Ein GeologicFeature aus GeoSciML+ wird in IFC prinzipiell als **IfcGeotechnicalStratum** abgebildet.

In IFC sind die für die Geologie zentralen Entitäten wie folgt definiert (buildingSmart International, 2021):

IfcGeotechnicalStratum:

«Representation of the concept of an identified discrete almost homogenous geological feature with either an irregular solid or 'Yabuki' top surface shape or a regular voxel cubic shape. A stratum is represented as a discrete entity, A stratum may be broken down into smaller entities if properties vary across the stratum or alternatively properties may be described with bounded numeric ranges. A stratum may carry information about the physical form and its interpretation as a Geological Item (GML).»

IfcSolidStratum:

«Representation of the concept of an identified discrete almost homogenous solid geological or surface feature, including discontinuities such as faults, fractures, boundaries and interfaces that are not explicitly modelled.»

Diese Definitionen passen fachlich gut zur Definition von GeologicUnit aus GeoSciML. Implizit könnte daraus geschlossen werden, dass GeologicStructures damit nicht abgebildet werden können. IFC stellt allerdings keine Entitäten bereit, welche explizit dafür genutzt werden könnten. Für GEOL_BIM wurde entschieden, alle GeologicFeatures, also insbesondere auch die Structures, als Spezialisierung von IfcGeotechnicalStratum abzubilden. Die unterschiedlichen Subtypen eines GeologicFeatures (GeologicUnit/Structure, GeotechnicalUnit/Structure, HydrogeologicalUnit) werden auf Kindentitäten von IfcGeotechnicalStratum abgebildet, wobei diese durch unterschiedliche ObjectTypes weiter differenziert werden (siehe auch Tabelle 3).

Anmerkung: Das Datenmodell von IFC sieht für IfcGeotechnicalStratum und dessen Spezialisierungen kein Attribut PredefinedType vor. Deswegen erfolgt die Unterscheidung der spezifischen Subtypen alleine durch das Attribut ObjectType.

Anmerkung zur Begrifflichkeit: In GeoSciML wird der Begriff Geologic(Unit) verwendet. In IFC wird der Begriff Geotechnical(Stratum) verwendet. In INSPIRE wird Hydrogeological(Unit) verwendet. Die mit GEOL_BIM definierten Klassen GeotechnicalUnit und -Structure folgen damit der Regel von IFC und INSPIRE.



Eine GeologicCollection aus GeoSciML+ wird in IFC prinzipiell als **IfcGeotechnicalAssembly** abgebildet. Diese in IFC definierte «Sammelklasse» entspricht mit ihrer Definition semantisch derjenigen der Geologic Collection.

IfcGeotechnicalAssembly (buildingSmart International, 2021):

«Representation of the abstract concept of a geological and geotechnical model, usually an interpretation but sometimes created direct from ground penetrating measurement. Use of an assembly is optional but can carry the methodology and uncertainty information. Such assemblies will include IfcGeotechnicalStratum entity types and may include other entity types such as IfcPile, IfcSlab or IfcSensor to represent the capping, lining or logging equipment present.»

IFC unterscheidet drei konkrete Arten von Assemblies, d.h. von Arten der Repräsentation von geologischen Informationen: IfcBorehole, IfcGeomodel und IfcGeoslice. Diese Unterteilung wird in GeoSciML durch das Attribut GeologicCollection.collectionType definiert. Entsprechend wird die Objektbildung in IFC durch dieses Attribut gesteuert.

Die Abbildung der Informationen zum Borehole aus GeoSciML+ in IFC erfolgt in zwei Ausprägungen. Einerseits werden die konzeptionell-logischen Informationen des Boreholes in die Assembly IfcBorehole transformiert. Andererseits werden die eher bautechnischen Detailinformationen der DrillingDetails und CompletionDetails in das Bauteil IfcPipeSegment überführt. Dazu wird ein benutzerdefinierter Typ IfcPipeSegment/BOREHOLESEGMENT definiert.

Eine OM_Observation mit all ihren Detailinformationen aus GeoSciML+ wird in IFC prinzipiell als **IfcAnnotation** abgebildet. Bei OM_Observations handelt es sich um eigenständige, d.h. von konkreten GeologicFeatures unabhängige Beobachtungen und Messungen. Ihre Definition enthält auch keinen Bezug zu Bauteilen oder Raumstrukturen. Damit passen sie gut in die Definition von IfcAnnotation:

IfcAnnotation (buildingSmart International, 2021):

«[...] It also includes virtual or symbolic representations of additional model components, not representing products or spatial structures, such as event elements, survey points, contour lines or similar.»

IfcAnnotations können einen beliebigen Geometriotyp aufweisen, womit punkt-, linien-, flächen- und volumenförmige Beobachtungen geometrisch repräsentierbar sind. Dies etwa im Gegensatz zu IfcProcedure, welches von der Definition her prinzipiell auch ein Kandidat zur Abbildung von Beobachtungen und Messungen wäre (z.B. IfcProcedure/DIAGNOSTIC), jedoch über keine geometrische Repräsentation verfügt.

5.2 Eigenschaften

Auf der zweiten Ebene der Beschreibung des Submodells von IFC erfolgt die Identifikation und Festlegung der relevanten Eigenschaften der Entitys. Ausgehend von den Attributen in GeoSciML+ werden die entsprechenden Attribute und Standard-Eigenschaften (Property) von IFC identifiziert. Falls in IFC keine passenden Standard-Eigenschaften definiert sind, werden für GEOL_BIM benutzerdefinierte Eigenschaften ergänzt. Die im Rahmen des Projekts GEOL_BIM spezifisch definierten Eigenschaftengruppen (PropertySets) werden mit einem Präfix «CHGLG_» bezeichnet (CHGLG als Akronym für CH - Geology).

Das nachfolgende Diagramm zeigt die PropertySets, welche zur Abbildung von GeoSciML+ in IFC verwendet werden.

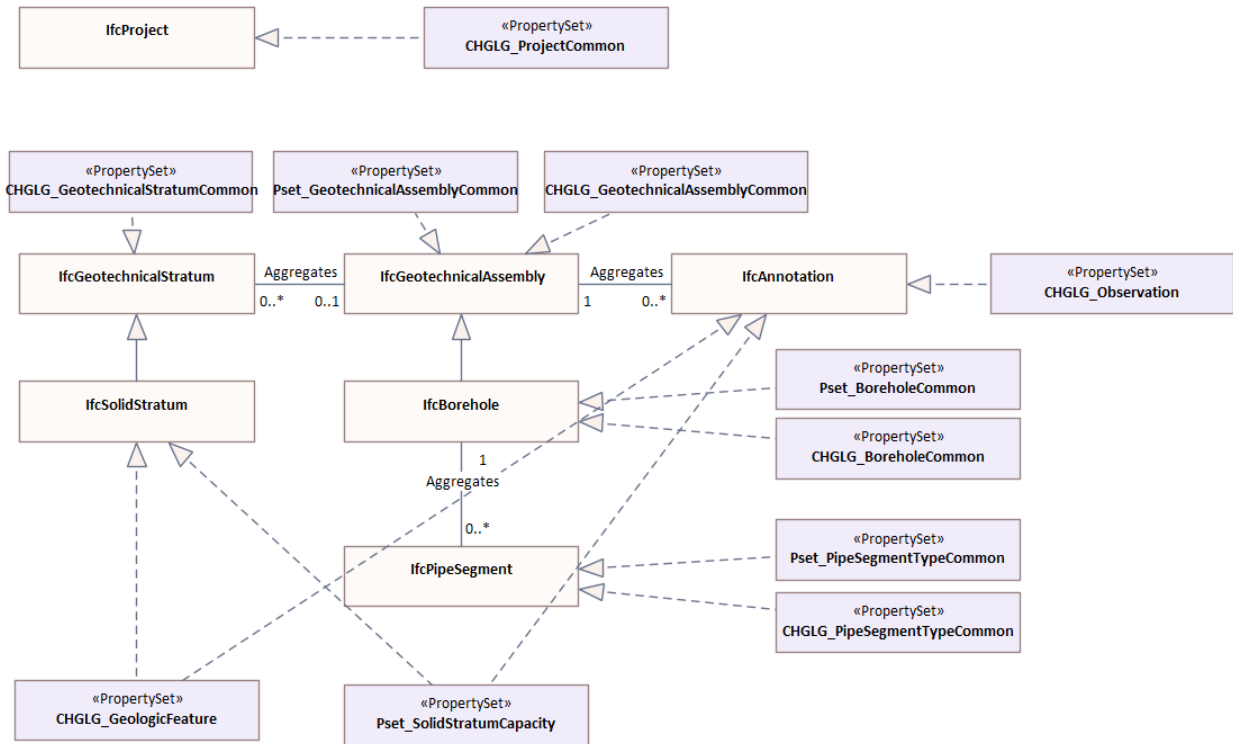


Abbildung 34: Übersicht Eigenschaftengruppen (PropertySets)

Die für GEOL_BIM definierten PropertySets sind in der nachfolgenden Tabelle summarisch aufgeführt und beschrieben.

| PropertySet GEOL_BIM | Beschreibung |
|----------------------------------|---|
| CHGLG_BoreholeCommon | Eigenschaften zum Borehole (Stammdaten). |
| CHGLG_GeologicFeature | Eigenschaften zur geologisch/geotechnischen Charakterisierung von GeologicFeatures. |
| CHGLG_GeotechnicalAssemblyCommon | Eigenschaften zur weitergehenden Beschreibung einer GeotechnicalAssembly (Metadaten zum geologischen Modell). |
| CHGLG_GeotechnicalStratumCommon | Eigenschaften zur weitergehenden Beschreibung eines GeotechnicalStratum. |
| CHGLG_Observation | Eigenschaften zur Beschreibung von (eigenständigen) Beobachtungen/Messungen, z.B. Messmethode, Instrument, Session. |
| CHGLG_PipeSegmentTypeCommon | Eigenschaften zur Beschreibung der Bohrtechnik und Bohrloch-Ausführung. |
| CHGLG_ProjectCommon | Eigenschaften zur weitergehenden Beschreibung des Projekts (übergeordnete Metadaten zu den geologischen Informationen). |

Tabelle 4: Benutzerdefinierte Eigenschaften GEOL_BIM

Die nachfolgende Abbildung zeigt die einzelnen Propertys aller projektspezifische PropertySets.

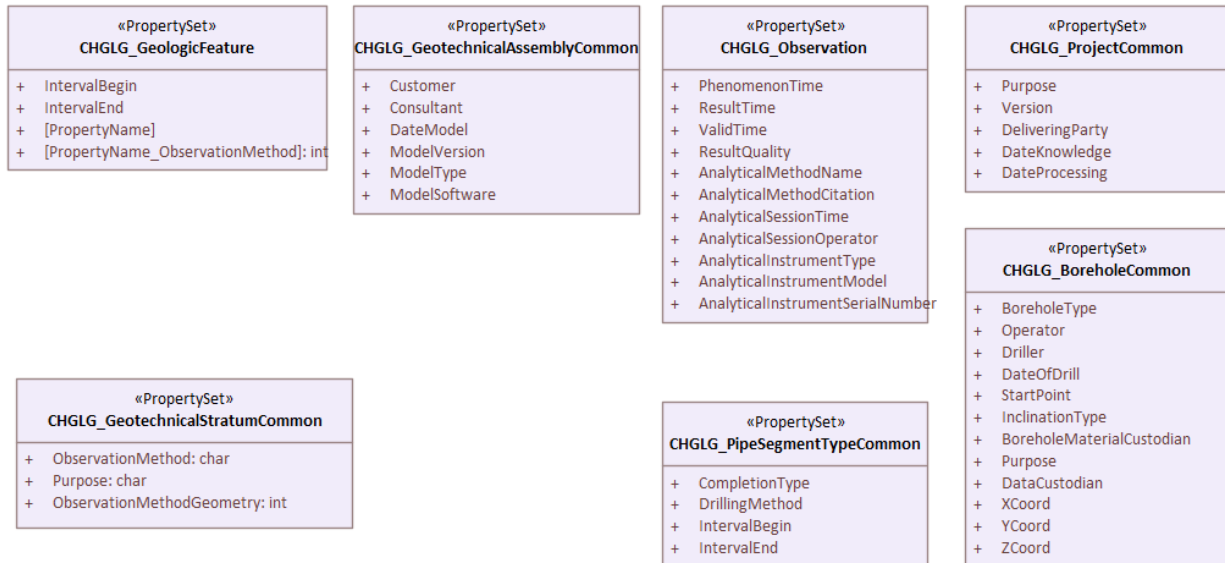


Abbildung 35: Benutzerdefinierte Eigenschaften GEOL_BIM

Das detaillierte Mapping auf Stufe der Eigenschaften kann den Diagrammen in Anhang F entnommen werden.

5.3 Raumstrukturen

In digitalen Bauwerksmodellen ist es üblich, die Objekte in einer Raumstruktur einzugliedern. Die Raumstruktur kann dabei physisch oder logisch gebildet werden. Im Hochbau wird die Raumstruktur typischerweise durch Gebäude, Stockwerke und Räume gebildet. Im Infrastrukturbau erfolgt eine räumliche Strukturierung typischerweise in Segmenten entlang einer (Infrastruktur-)Achse sowie auch lateral im Querschnitt. In IFC werden die Raumstrukturen aus Kindentitäten von `IfcSpatialStructureElement` gebildet.

Diese Raumstrukturen dienen der Verortung primär der künstlichen Objekte, welche Teil des Bauwerks sind. Für die Objekte der Geologie eignen sich diese Raumstrukturen weniger, da sie ausserhalb des eigentlichen Bauwerks nicht mehr definiert sind. Zudem ist eine eindeutige Zuordnung von möglicherweise grossflächigen geologischen Einheiten zu genau einem Raum nicht zielführend.

IFC bietet aber seit Version 4 die zusätzliche Entität `IfcExternalSpatialElement` zur Abbildung von externen Raumstrukturen z.B. für externe Räume, Regionen, Volumen. Für GEOL_BIM wird diese Entität verwendet, um alle geologischen Informationen räumlich zu positionieren. Es wird dazu pauschal der `PredefinedType EXTERNAL_EARTH` verwendet.

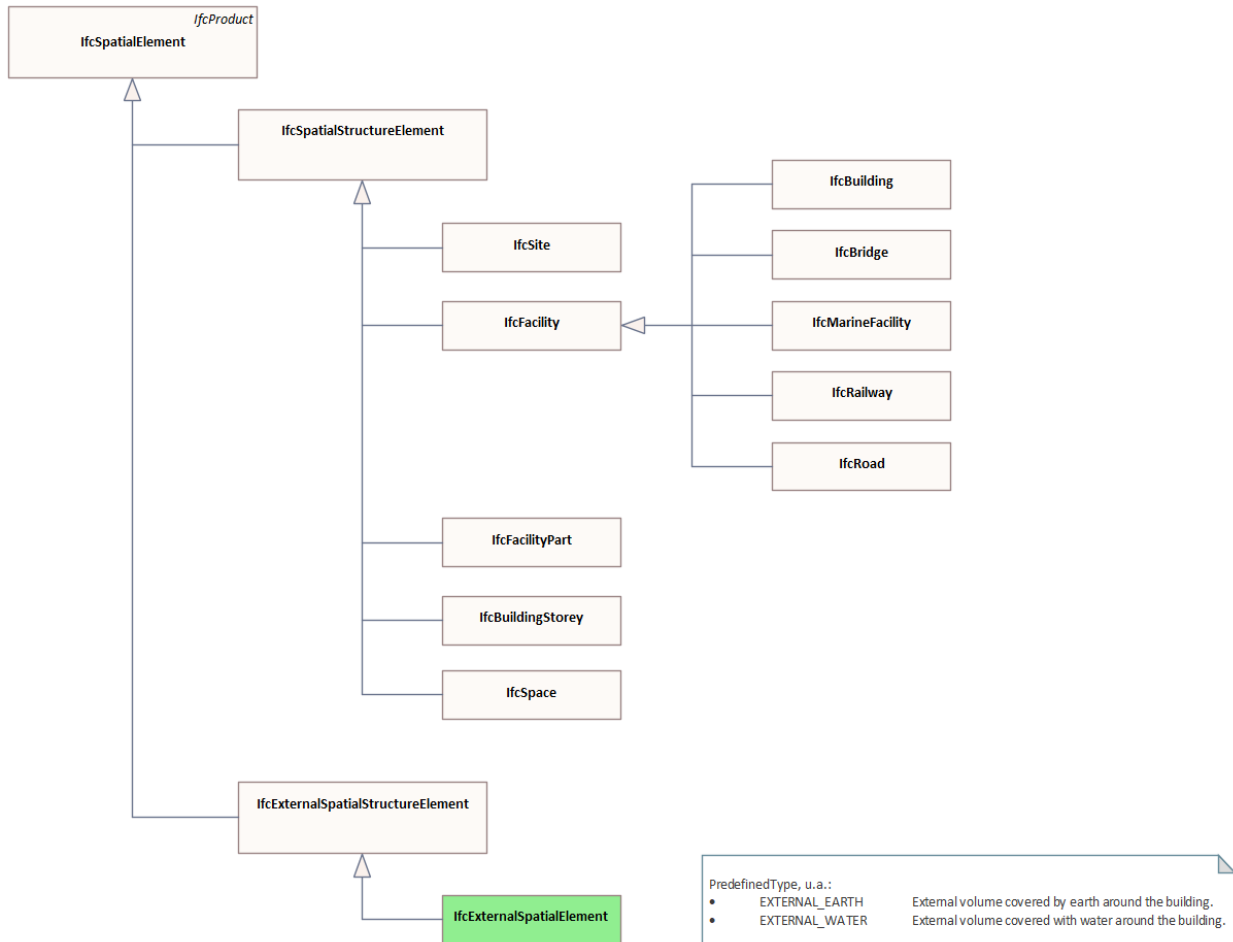


Abbildung 36: IFC Raumstrukturen

Es sind keine allgemeinen Anforderungen bekannt, welche effektiv eine räumliche Strukturierung der geologischen Informationen erfordern. Deshalb können in einem Datentransfer alle Informationen einheitlich einer einzigen Raumstruktur-Instanz zugewiesen werden.

Es ergeben sich folgende Bildungsregeln für Instanzen von IfcExternalSpatialElement:

| Merkmal | Wert/Beschreibung |
|-----------------|-------------------|
| Name | «GEOLOGY» |
| ObjectPlacement | NULL |
| Representation | NULL |
| LongName | NULL |
| PredefinedType | «EXTERNAL_EARTH» |

Tabelle 5: Bildungsregeln IfcExternalSpatialElement



Eine spezielle Situation bezüglich der Raumstruktur liegt bei Tunnelprojekten vor. Tunnel verfügen in der Regel über eine «interne» Raumstruktur, welche durch IfcSpatialStructure Elemente gebildet wird und auf die sich zumindest auch ein Teil der Geologie beziehen kann und soll (z.B. geologischen Informationen in Form von Tunnel-Schläuchen). Da in IFC ein Objekt nur einer Raumstruktur zugewiesen werden kann, ist in diesem Fall zu entscheiden, ob die «interne» oder «externe» Raumstruktur genutzt werden kann. Allenfalls lässt sich über die lineare Referenzierung der geologischen Informationen auch indirekt eine Zuweisung zur internen Raumstruktur herleiten.

5.4 Model View Definition / Information Delivery Specification

Das definierte Submodell GEOL_BIM bildet die konzeptuelle Grundlage zur Definition der maschinenlesbaren Informationsanforderungen, welche im Kontext von BIM als Model View Definition bezeichnet werden (ISO 29481-1, 2016, p. 11). BuildingSmart hat zur Definition von Model View Definitionen den technischen Standard mvdXML (ISO 29481-1, 2016) entwickelt. Aus verschiedenen Gründen wird derzeit als Ergänzung und teilweise Ersatz von mvdXML von buildingSmart der Standard Information Delivery Specification (IDS) entwickelt, welcher für die Definition von maschinenlesbaren Informationsanforderungen besser geeignet sein soll (buildingSmart International, 2020, p. 18). Weil derzeit viel Dynamik in der Entwicklung von IDS herrscht und nach aktueller Einschätzung dieser Standard für die Formulierung von maschinenlesbaren Informationsanforderungen zukünftig eher zum Einsatz kommen wird als der Standard mvdXML, werden im Projekt GEOL_BIM die maschinenlesbaren Informationsanforderungen mit IDS formuliert.

Das Submodell von IFC für GEOL_BIM definiert in seinem gesamten Umfang die maximal möglichen Informationsanforderungen. Diese müssen jedoch in den einzelnen Projekten an die spezifischen Anforderungen angepasst werden. Insbesondere ist der Umfang der einzufordernden Eigenschaften zielorientiert zu spezifizieren sowie die effektiv relevanten geologischen Eigenschaften anhand der Standard-Attribute und allfälliger Erweiterungen zu definieren. Die mit GEOL_BIM definierte IDS beschreibt das komplette Submodell und soll daher nicht unverändert in den Projekten genutzt werden. Vielmehr ist diese IDS als Ausgangspunkt für die Definition der geologischen Informationsanforderungen zu verstehen.

Die IDS des Submodells GEOL_BIM wird in der öffentlichen Projektdokumentation von GEOL_BIM zum Download verfügbar gemacht. Für die Erstellung der IDS wird die Applikation BIM-Profil-Server von CRB verwendet (<https://www.bim-profil-server.crb.ch>).

5.5 Lineare Referenzierung

Das Prinzip der linearen Referenzierung gemäss (ISO 19148, 2012) wird in GEOL_BIM resp. GeoSciML im Bereich der Bohrungen verwendet. Mit der Einführung von IfcAlignment (siehe (Borrmann et al., 2017)) und den Modellerweiterungen mit IFC4x3 bietet IFC native Strukturen zur Abbildung von linearen Referenzierungen gemäss (ISO 19148, 2012). Im Rahmen der Projektbearbeitung von GEOL_BIM konnten diese neuen, nativen Strukturen von IFC aus zeitlichen Gründen nicht weiter evaluiert und berücksichtigt werden. Deren Unterstützung auch im Kontext von GEOL_BIM ist aber in Zukunft sicherlich erstrebenswert. Dadurch könnten die linear referenzierten Informationen mittels zukünftig vorhandener Standardfunktionen in BIM-Viewern automatisch ausgewertet und visualisiert werden.

Für die Unterstützung der IFC-Strukturen müsste die Bohrung (Borehole) als IfcAlignment definiert werden. Die Intervalle (BoreholeInterval, CompletionDetails, DrillingDetails) könnten mittels IfcReferents dann darauf Bezug nehmen.

6 Literaturverzeichnis

- Beaufils, M., Halfon, I., 2022. *MINnD Geotechnics : Geotechnical Data Standardisation for OpenBIM*. Presented at the Infra Open BIM, Lyon, p. 21.
- Borrmann, A., Amann, J., Chipman, T., Hyvärinen, J., Liebich, T., Muhic, S., Mol, L., Plume, J., Scarponcini, P., 2017. *IFC Infra Overall Architecture Project Documentation and Guidelines*, buildingSmart International.
- buildingSmart International, 2021. IFC4x3_RC4 Documentation [WWW Document]. URL https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_3/RC4-voting/HTML/ (accessed 7.30.19).
- buildingSmart International, 2020. *Technical RoadMap buildingSMART - Getting ready for the future*, buildingSmart International.
- buildingSmart International, 2017. IFC4 Documentation [WWW Document]. URL https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/ (accessed 7.30.19).
- buildingSmart International, n.d. IFC Specifications Database [WWW Document]. IFC Specif. Database. URL <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/> (accessed 6.1.22).
- Hansen, H.R., Mendling, J., Neumann, G., 2019. *Wirtschaftsinformatik*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110608731>
- INSPIRE, 2013. *INSPIRE D2.8.II.4 Data Specification on Geology – Technical Guidelines*, European Commission Joint Research Centre.
- ISO 29481-1, 2016. *ISO 29481-1 Building information models — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format*, ISO.
- ISO 19156, 2011. *ISO 19156:2011 Geographic information - Observations and measurements*.
- ISO 19148, 2012. *ISO 19148:2012 Geographic information — Linear referencing*.
- KOGIS, 2005. *GM03 - Metadatenmodell, Ein Schweizer Metadatenmodell für Geodaten, Version 2.3*.
- Oesterling, N., Brodhag, S., 2017. *Datenmodell Bohrdaten - Module Geology, Documents, Well-track, Drilling & Completion - ENTWURF*.
- OGC-GeoSciML, 2017. *OGC Geoscience Markup Language 4.1 (GeoSciML)*.
- OGC-GWML2, 2017. *OGC WaterML 2: Part 4 – GroundWaterML 2 (GWML2)*.
- Schneider, O., Schildknecht, L., Volken, S., Köbberich, M., Wehrens, P., 2021. *Innovationsprojekt GEOL_BIM Ergebnisbericht Arbeitspaket 1: Grundlagen BIM-Methode*, CHGEOL.
- Simmons, Scott, J., Petrie, R., Beaufils, M., Rives, R., Romoen, M., Hugues, A., Halfon, I., 2022. *Digital continuity for Geotechnics at the BIM era*.
- Volken, S., Köbberich, M., Wehrens, P., Schneider, O., 2020. *Innovationsprojekt GEOL_BIM Ergebnisbericht Arbeitspaket 2: Grundlagen Geologie*, CHGEOL.

* * *

Anhang A Datenkatalog Transfermodell GEOL_BIM

Das Klassendiagramm des Transfermodells GEOL_BIM ist in der folgenden Abbildung 33 ersichtl.

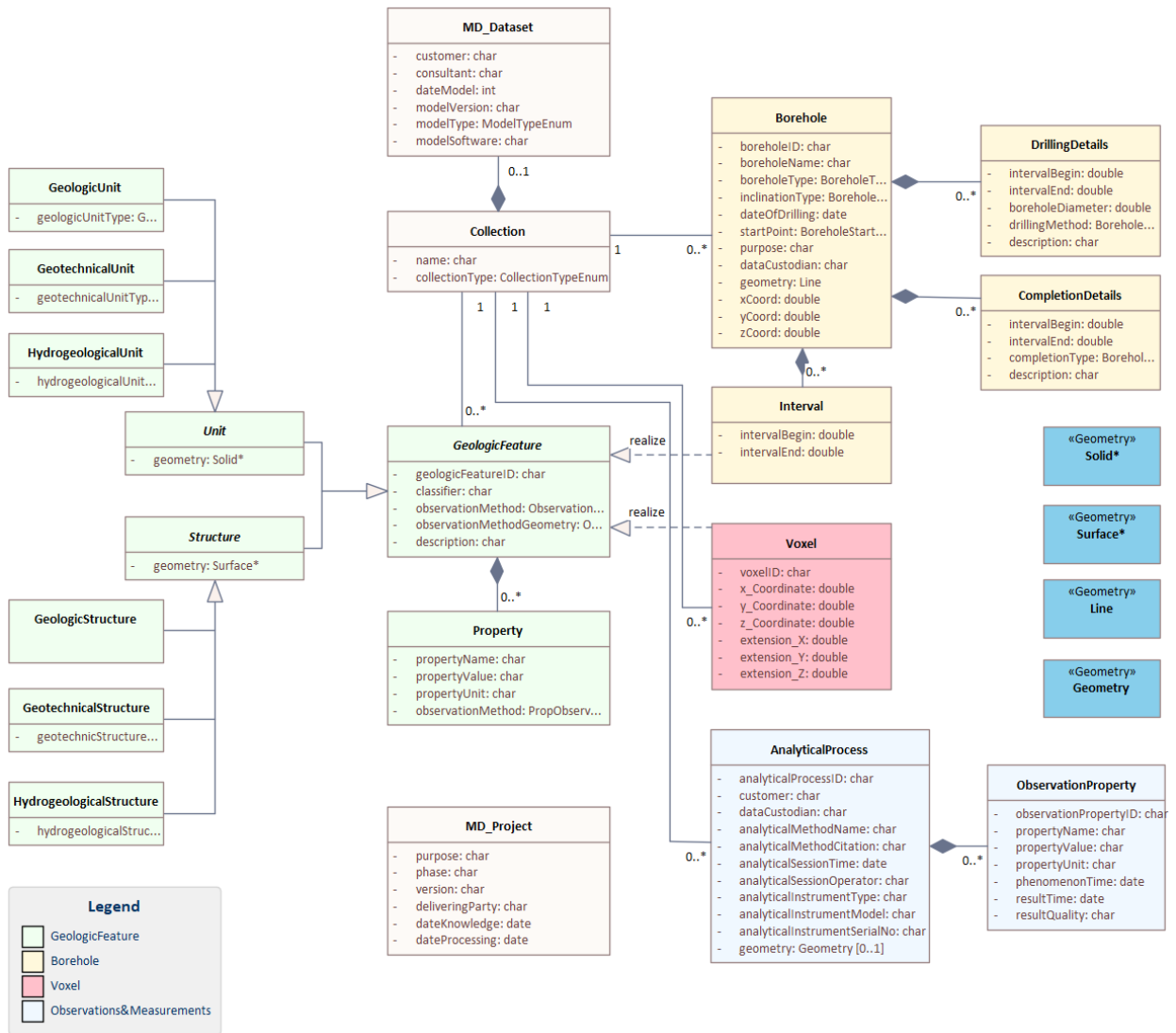


Abbildung 37: Klassendiagramm Transfermodell GEOL_BIM (mit Attributen)

Im folgenden Datenkatalog werden die einzelnen Klassen und Attribute im Detail erläutert.



AnalyticalProcess

Beobachtungsprozess.

Definiert und beschreibt die Schritte und Methoden eines Beobachtungsprozesses.

[GSML]: An analytical process ... describes the steps and methods used in an analytical session. It links to an analytical session (data acquisition) or a computational process which produce analytical results.

Attribute

| | |
|------------------------------|---|
| analyticalProcessID | Eindeutige Identifikation des AnalyticalProcess. |
| customer | Auftraggeber. Firma/Person, welche die Beobachtung beauftragt hat. |
| dataCustodian | Firma/Person, welche für den (fachlichen) Inhalt der Informationen der Beobachtung verantwortlich ist. Z.B. aufnehmende Geologin*in. |
| analyticalMethodName | Name der Analysemethode. Die erlaubten Namen werden idealerweise durch ein kontrolliertes Vokabular vorgegeben (siehe Definition Standard-Attribute) [GSML]: ...contains a term from a controlled vocabulary that describes an analytical method used in a session (e.g., XRF mass spectrometry, ICPMS, SHRIMP geochronology) |
| analyticalMethodCitation | Verweis/Referenz auf eine Dokumentation der Analysemethode. [GSML]: The citation property ... describing a published description of a particular analytical method (e.g., a standard operating procedure document). |
| analyticalSessionTime | Zeitperiode der Durchführung der Beobachtung. [GSML]: The property time ... describing the time period during which the analysis was performed. |
| analyticalSessionOperator | Firma/Person, welche für die Durchführung der Beobachtung verantwortlich ist. [GSML]: The property ... describing the operator or organisation responsible for the analytical session. |
| analyticalInstrumentType | Name des für die Beobachtung verwendeten Instruments. Die erlaubten Namen werden idealerweise durch ein kontrolliertes Vokabular vorgegeben. [GSML]: The property ... reports a term from a controlled vocabulary that describes the category of instrument used in an analytical session (e.g., XRF, ICPMS, SHRIMP, etc.). |
| analyticalInstrumentModel | Contains a string identifying the model of instrument used. (e.g., instrument type = XRD, model = Siemens Diffraktometer D500). [GSML]: The property ... contains a string identifying the model of instrument used. (e.g., instrument type = XRD, model = Siemens Diffraktometer D500). |
| analyticalInstrumentSerialNo | Contains a string that contains the serial number of the machine used in an analytical session. [GSML]: The property ... contains a string that contains the serial number of the machine used in an analytical session. |
| geometry | Geometrie zur räumlichen Repräsentation der Beobachtung. |



Borehole

[GSML]: A **Borehole** is the generalized term for any narrow shaft drilled in the ground, either vertically, horizontally, or inclined.

Attribute

| | |
|-----------------|--|
| boreholeID | Eindeutige Identifikation der Bohrung. Idealerweise BoreID gemäss DM Bohrdaten. |
| boreholeName | Name der Bohrung. |
| boreholeType | Typ der Bohrung. Genese: DM Bohrdaten, Borehole_Kind |
| inclinationType | Einfallsrichtung der Bohrung am Bohransatzpunkt. Genese: DM Bohrdaten, Bore_Inc |
| dateOfDrilling | Datum der Fertigstellung der Bohrung. Genese: DM Bohrdaten, GSML [GSML]: The property dateOfDrilling describes the time period during which drilling of the borehole occurred. |
| startPoint | [GSML]: Provides a term from a controlled vocabulary indicating the named position relative to ground surface where the borehole commenced. (e.g., natural ground surface, open pit floor, underground, offshore) |
| purpose | Zweck der Bohrung. [GSML]: The property purpose contains a term from a controlled vocabulary describing the purpose for which the borehole was drilled. e.g., site investigation, mineral exploration, hydrocarbon exploration, water resources. |
| dataCustodian | Firma/Person, welche für die Daten/Informationen der Bohrung verantwortlich ist. [GSML]: The dataCustodian ... describing the custodian (person or organisation) that is the custodian of data pertaining to this borehole. |
| geometry | Liniengeometrie der Bohrung. Polylinie mit geraden Liniensegmenten. Die Geometrie beschreibt den vollständigen Bohrverlauf ab und inklusive Bohransatzpunkt. Der erste Stützpunkt der Liniengeometrie entspricht dem Bohransatzpunkt (und muss daher dieselben Werte enthalten wie Borehole.XCoord/.YCoord/.ZCoord) |
| xCoord | Ost-Koordinate des Bohransatzpunktes. |
| yCoord | Nord-Koordinate des Bohransatzpunktes. |
| zCoord | Höhen-Koordinate des Bohransatzpunktes. |



Collection

Sammlung von GeologicFeatures, welche zusammen ein geologisches Modell (oder einen Teilbereich davon) bilden.

Alle GeologicFeatures einer Collection bilden zusammen eine (geometrische) Darstellung des geologischen Modells. Der Typ der Darstellung wird über den CollectionType definiert (u.a. 3D-Modell, Schnitt, Bohrlog).

Übergeordnete Informationen zur Modellbildung (Metadaten zu z.B. Urheber, Quellen) können über die ergänzenden Metadaten zur Collection gemeinsam definiert werden (MD_Dataset)

Attribute

| | |
|----------------|--|
| name | Name der Collection resp. des damit dargestellten geologischen Modells oder Darstellung. |
| collectionType | Art der (geometrischen) Repräsentation des geologischen Modells. |

CompletionDetails

Beschreibt den generellen Ausbau des Bohrlochs. Ein Bohrloch kann gleichzeitig mehrere Ausbauten aufweisen.

(Quelle: DM Bohrdaten, DrillCompl).

Attribute

| | |
|----------------|--|
| intervalBegin | Distanz in [m] vom Bohransatzpunkt bis zum Beginn des Segments entlang des Bohrverlaufs. Bei exakt vertikalen Bohrungen entspricht diese Distanz der Tiefe. |
| intervalEnd | Distanz in [m] vom Bohransatzpunkt bis zum Ende des Segments entlang des Bohrverlaufs. Bei exakt vertikalen Bohrungen entspricht diese Distanz der Tiefe. |
| completionType | Typ des Bohrlochausbaus. Gemäss DM Bohrdaten DrillCompl.Type |
| description | Ergänzende Beschreibung. |

Contact

[GSML]: A contact is a general concept representing any kind of surface separating two geologic units, including primary boundaries such as depositional contacts, all kinds of unconformities, intrusive contacts, and gradational contacts, as well as faults that separate geologic units.

Attribute

| | |
|-------------|---|
| contactType | [GSML]: Classifies the contact (e.g. intrusive, unconformity, bedding surface, lithologic boundary, phase boundary) and is a term from a controlled vocabulary. |
|-------------|---|



DrillingDetails

Beschreibt die Bohrmethode und Durchmesser der Bohrung entlang des Bohrverlaufs.

(Quelle: GSML).

[DrillingDetails](#) is a class that captures the description of drilling methods and hole diameters down the drilling path. Properties that apply to the [Borehole](#) as a whole are managed in [BoreholeDetails](#).

Attribute

| | |
|------------------|--|
| intervalBegin | Distanz in [m] vom Bohransatzpunkt bis zum Beginn des Segments entlang des Bohrverlaufs. Bei exakt vertikalen Bohrungen entspricht diese Distanz der Tiefe. [GSML]: The intervalBegin property (SWE::Quantity) contains a measurement (a value and a unit of measurement) that corresponds to the measured distance of the start of the interval along the path of the borehole. The measured value must be less than or equal to the intervalEnd value. |
| intervalEnd | Distanz in [m] vom Bohransatzpunkt bis zum Ende des Segments entlang des Bohrverlaufs. Bei exakt vertikalen Bohrungen entspricht diese Distanz der Tiefe. [GSML]: The property intervalEnd (SWE::Quantity) contains a measurement (a value and a unit of measurement) of the measured distance of the end of the interval along the path of the borehole. The measured value must be greater than or equal to the intervalBegin value. |
| boreholeDiameter | Durchmesser der Bohrung in [m] |
| drillingMethod | Methode der Bohrung. [GSML]: The drillingMethod property contains a term from a controlled vocabulary indicating the drilling method used. Appropriate terms would include rotary air blast, auger, diamond core, air core, etc. |
| description | Ergänzende Beschreibung. |

Fold

[GSML]: A fold is formed by one or more systematically curved layers, surfaces, or lines in a rock body. A fold denotes a structure formed by the deformation of a geologic structure, such as a contact which the original undeformed geometry is presumed, to form a structure that may be described by the translation of an abstract line (the fold axis) parallel to itself along some curvilinear path (the fold profile). Folds have a hinge zone (zone of maximum curvature along the surface) and limbs (parts of the deformed surface not in the hinge zone). Folds are described by an axial surface, hinge line, profile geometry, the solid angle between the limbs, and the relationships between adjacent folded surfaces if the folded structure is a Layering fabric.

Attribute

| | |
|-----------------|--|
| foldProfileType | [GSML]: The property contains a term from a controlled vocabulary specifying the concave/convex geometry of fold relative to earth surface, and relationship to younging direction in folded strata if known. (e.g., antiform, synform, neutral, anticline, syncline, monocline, ptygmatic). |
|-----------------|--|



FoldSystem

[GSML]: A [FoldSystem](#) is a collection of congruent folds (axis and axial surface are parallel) produced by the same tectonic event. It is sometimes referred to as a "fold train".

Attribute

| | |
|----------------|--|
| foldSystemType | Typ des FoldSystems. Nicht definiert in GSML. |
|----------------|--|

Foliation

Gefüge

[GSML]: A foliation is a planar arrangement of textural or structural features in any type of rock. It includes any of a wide variety of penetrative planar geological structures that may be present in a rock. Examples include schistosity, mylonitic foliation, penetrative bedding structure (lamination), and cleavage. Following the proposed definition of gneiss by the NADM Science Language Technical Team, penetrative planar foliation defined by layers > 5 mm thick is considered [Layering](#).

Attribute

| | |
|---------------|---|
| foliationType | [GSML]: The property specifies the type of foliation from a controlled vocabulary. Examples include crenulation cleavage, slaty cleavage and schistosity. |
|---------------|---|

Fracture

[GSML]: Fractures are cracks in the earth surface. If there is no displacement it is a joint. If there is displacement and you are in the brittle zone it is a fault. In the ductile zone, a fracture with displacement with fracture is called a shear. ...

Attribute

| | |
|--------------|---|
| fractureType | Typ der Fracture. Nicht definiert in GSML. |
|--------------|---|

GeologicFeature

Ein *GeologicFeature* ist eine abstrakte Klasse zur Beschreibung von im Prinzip beliebigen geologischen Phänomenen.

Die *GeologicFeature* werden nach zwei Haupttypen unterschieden: Entweder ist das geologische Phänomen eine *Unit* (Bereich) oder eine *Structure* (Struktur).

Attribute

| | |
|-------------------|--|
| geologicFeatureID | Eindeutige Identifikation des Objektes. Die Eindeutigkeit muss zumindest innerhalb des Datentransfers gewährleistet sein. |
| classifier | Klassifizierung des GeologicFeatures. Der Wertebereich ist abhängig vom konkreten Objekttyp des GeologicFeatures. |



| | |
|---------------------------|---|
| | <p>Je nach Objekttyp werden die Wertebereiche gemäss vorgegebenen Klassifikationssystemen vorgegeben (z.B. Swisstopo Datenmodell Geologie, https://www.strati.ch/)</p> <p>[GSML]: The classifier contains a standard description or definition of the feature type (e.g., the definition of a particular geologic unit in a stratigraphic lexicon).</p> |
| observationMethod | <p>Methode zur Bestimmung des GeologicFeatures und seiner Eigenschaften.</p> <p>Werteliste gemäss GSML.</p> <p>[GSML]: The GeologicFeature observationMethod specifies the approach to acquiring the collection of attribute values that constitute an individual feature instance (e.g. point count, brunton compass on site, air photo interpretation, field observation, hand specimen, laboratory, aerial photography, creative imagination).</p> <p>ObservationMethod is a convenience property that provides a simple approach to observation metadata when data are reported using a feature view (as opposed to observation view). This property corresponds (loosely) to ISO19115 Lineage.</p> |
| observationMethodGeometry | <p>Methode zur Bestimmung der Geometrie resp. räumlichen Ausdehnung des GeologicFeatures.</p> <p>Werteliste gemäss GSML.</p> <p>Dieses Attribut entspricht semantisch dem Attribut MappedFeature.observationMethod aus GSML.</p> <p>[GSML] (MappedFeature.observationMethod): The observationMethod property contains an element in a list of categories (a controlled vocabulary) describing how the spatial extent of the mapped feature was determined.</p> |
| description | Ergänzende Beschreibung. |

GeologicStructure

Geologische Struktur. Spezieller Typ einer Structure zur Abbildung geologischer Strukturen des Untergrunds.

Geologische Strukturen werden noch in weitere Unterklassen spezialisiert.

Geologische Strukturen haben typischerweise eine flächenhafte Ausprägung. Mehrere geologische Strukturen können jeweils als individuelle Objekte erfasst werden.

[GSML]: A geologic structure is a configuration of matter in the Earth based on describable inhomogeneity, pattern, or fracture in an earth material. The identity of a [GeologicStructure](#) is independent of the material that is the substrate for the structure. ...

GeologicUnit

Geologische Einheit. Spezieller Typ einer Unit zur Abbildung geologischer Einheiten des Untergrunds.

Der Untergrund kann typischerweise nach unterschiedlichen geologischen Merkmalen beschrieben werden. Die unterschiedlichen geologischen Typen können über das Attribut geologicUnitType weiter präzisiert werden.

[GSML]: Conceptually, a [GeologicUnit](#) may represent a body of material in the Earth whose complete and precise extent is inferred to exist (e.g., North American Data Model [GeologicUnit](#), Stratigraphic unit in the sense of NACSN, or International Stratigraphic Code), or a classifier used to characterize parts of the Earth (e.g. lithologic map unit like 'granitic rock' or 'alluvial deposit', surficial units like 'till' or 'old alluvium'). It includes both formal units (i.e. formally adopted and named in an official lexicon) and informal units (i.e. named but not promoted to a lexicon) and unnamed units (i.e., recognizable, described and delineable in the field but not otherwise formalised). In simpler terms, a geologic unit is a package of earth material (generally rock).



Attribute

| | |
|------------------|-------------------------------|
| geologicUnitType | Typ der geologischen Einheit. |
|------------------|-------------------------------|

GeotechnicalStructure

Geotechnische Struktur.

Spezieller Typ einer Structure zur Abbildung geotechnischer Strukturen des Untergrunds.

Attribute

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| geotechnicalStructureType | Typ der geotechnischen Struktur. |
|---------------------------|----------------------------------|

GeotechnicalUnit

Geotechnische Einheit.

Spezieller Typ einer Unit zur Abbildung geotechnischer Einheiten des Untergrunds.

Der Untergrund kann typischerweise nach unterschiedlichen geotechnischen Merkmalen beschrieben werden. Die unterschiedlichen geotechnischen Typen können über das Attribut GeotechnicUnitType weiter präzisiert werden.

In der Praxis sind derzeit keine konkreten Typisierungen für die geotechnischen Einheiten identifizierbar.

Attribute

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| geotechnicalUnitType | Typ der geotechnischen Einheit. |
|----------------------|---------------------------------|

HydrogeologicalStructure

Hydrogeologische Struktur.

Spezieller Typ einer Structure zur Abbildung hydrogeologischer Strukturen des Untergrunds.

Attribute

| | |
|------------------------------|--|
| hydrogeologicalStructureType | |
|------------------------------|--|

HydrogeologicalUnit

Hydrogeologische Einheit.

Spezieller Typ einer Unit zur Abbildung hydrogeologischer Einheiten des Untergrunds.

Der Untergrund kann typischerweise nach unterschiedlichen hydrogeologischen Merkmalen beschrieben werden. Die unterschiedlichen hydrogeologischen Typen können über das Attribut HydrogeologicUnitType weiter präzisiert werden.

Attribute

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| hydrogeologicalUnitType | Typ der hydrogeologischen Einheit. |
|-------------------------|------------------------------------|



Interval

Die Klasse Interval ermöglicht die Definition eines GeologicFeatures entlang einer linearen Referenzachse (Bezugsachse), indem die Klasse Interval die Definitionen eines GeologicFeatures noch ergänzt mit einem intervalBegin und intervalEnd. Diese beiden Distanzattribute definieren den räumlichen Bereich entlang des Bohrverlaufs (Borehole.geometry), über welchen sich das GeologicFeature erstreckt.

Entspricht semantisch der Klasse BoreholeInterval aus GSML.

Attribute

| | |
|---------------|--|
| intervalBegin | Distanz in [m] vom Bohransatzpunkt bis zum Beginn des Intervalls entlang des Bohrverlaufs. Bei exakt vertikalen Bohrungen entspricht diese Distanz der Tiefe. |
| intervalEnd | Distanz in [m] vom Bohransatzpunkt bis zum Ende des Intervalls entlang des Bohrverlaufs. Bei exakt vertikalen Bohrungen entspricht diese Distanz der Tiefe. |

Lineation

[GSML]: GeologicStructure defined by aligned elongate elements. Lineation connotes a pervasive linear structure. Includes: flow lines, scratches, striae, slickenlines, linear arrangements of

elongate components in sediments, fold hinges (when abundant and closely spaced), elongate minerals, crinkles, and lines of intersection between penetrative planar structures.

Class also includes discrete linear structures like boudin, channel axis, tool marks.

Attribute

| | |
|---------------|--|
| lineationType | Typ der Lineation. Nicht definiert in GSML. |
|---------------|--|

MD_Dataset

Metadaten zu einem Datenbestand (Dataset).

Ein Datenbestand ist z.B. ein (geologisches) Modell resp. die zur Generierung notwendigen geologischen Informationen.

Die Elemente einer Collection werden als Datenbestand betrachtet.

Genese: GEOL_BIM

Attribute

| | |
|------------|---|
| customer | Auftraggeber. Firma/Person, welche die Erarbeitung der Informationen des Datenbestands beauftragt hat. |
| consultant | Firma/Person, welche für den (fachlichen) Inhalt der Informationen des Datenbestandes verantwortlich ist. Z.B. ausführende Geologin. |
| dateModel | Datum der (fachlichen) Erstellung des Datenbestands. |



| | |
|---------------|--|
| modelVersion | Version des (geologischen) Modells resp. der mit der Collection verbundenen Informationen. Genese: GEOL_BIM |
| modelType | Art der Modellierung |
| modelSoftware | Für die (geologische) Modellierung verwendete Software. |

MD_Project

Metadaten zu einem Projekt resp. Datentransfer.

Generelle Beschreibung zum beabsichtigten Verwendungszweck (Purpose) und Wissensstand der Informationen sowie zur (Projekt-)Phase, in welcher die Informationen bereitgestellt werden.

Genese: GEOL_BIM

Attribute

| | |
|-----------------|---|
| purpose | Beabsichtigter Verwendungszweck der Inhalte der Transferdatei. Ermöglicht die Beurteilung der Anwendbarkeit der Informationen für einen konkreten Verwendungszweck (der nicht dem ursprünglichen Zweck entspricht). |
| phase | Angabe der Projektphase, für den die Transferdatei erstellt wurde. |
| version | Version der Transferdatei. |
| deliveringParty | Angaben zur Person/Firma, welche die Transferdatei erstellt hat. |
| dateKnowledge | Datum des Wissensstandes der Inhalte der Transferdatei. |
| dateProcessing | Datum der Prozessierung der Transferdatei. |

NonDirectionalStructure

[GSML]: Structures present in geology that do not have a preferred orientation.

Includes small-scale structures that are characteristic of the geologic unit, e.g. herringbone crossbedding, mudcracks, graded bedding, planar lamination, miarolitic cavities, nebulitic structure, trace fossils, fossil molds.

Attribute

| | |
|-----------------------------|--|
| nonDirectionalStructureType | Typ der nonDirectionalStructure. Nicht definiert in GSML. |
|-----------------------------|--|

ObservationProperty

"Eigenständiger" Beobachtungswert (d.h. ein Eigenschaftswert, der nicht direkt einem GeologicFeature zugewiesen ist).

Attribute

| | |
|-----------------------|--|
| observationPropertyID | Eindeutige Identifikation des Beobachtungswerts. |
| propertyName | Name der beobachteten Eigenschaft. |
| propertyValue | Wert der beobachteten Eigenschaft. |



| | |
|----------------|--|
| propertyUnit | Einheit der beobachteten Eigenschaft. |
| phenomenonTime | Datum der Probenahme. Genese: O&M, OM_Observation.phenomenonTime |
| resultTime | Datum der Festlegung des Eigenschaftenswerts. Dies ist normalerweise der Zeitpunkt, nachdem der AnalyticalProcess abgeschlossen ist. Genese: O&M, OM_Observation.resultTime |
| resultQuality | Beschreibung der Qualität des Beobachtungswerts. Genese: O&M, OM_Observation.resultQuality |
| geometry | Geometrie zur räumlichen Repräsentation der Beobachtung. |

Property

Eigenschaft.

Die Klasse definiert ein generisches Konstrukt zur Zuweisung beliebiger Eigenschaften an ein GeologicFeature.

Die Eigenschaft wird definiert durch einen Namen und einen Wert.

Attribute

| | |
|-------------------|--|
| propertyName | Name der Eigenschaft. |
| propertyValue | Wert der Eigenschaft. |
| propertyUnit | Einheit der Eigenschaft. |
| observationMethod | Methode zur Bestimmung des Eigenschaftenswerts. Es soll eine kurze Bezeichnung der Methode/Verfahrens zur Ermittlung des Eigenschaftenswertes erfasst werden. Im Katalog der Standard-Attribute sind die üblichen Methoden für die einzelnen Eigenschaften aufgeführt und ein Namensvorschlag für die Methode ist definiert. |

ShearDisplacementStructure

Störung, Fault

[GSML]: A shear displacement structure includes all brittle to ductile style structures along which displacement has occurred, from a simple, single 'planar' brittle or ductile surface to a fault system comprised of tens of strands of both brittle and ductile nature. This structure may have some significant thickness (a deformation zone) and have an associated body of deformed rock that may be considered a deformation unit (which [geologicUnitType](#) is 'DeformationUnit') ...

Attribute

| | |
|-----------|---|
| faultType | [GSML]: The property contains a term from a controlled vocabulary describing the type of shear displacement structure (e.g., thrust fault, normal fault or wrench fault). |
|-----------|---|



Structure

Struktur/Trennfläche

Eine Structure (Struktur) gliedert den Untergrund nach strukturellen Kriterien. Structures werden zum Zweck einer Erkundung oder Untersuchung abhängig von der jeweiligen Fragestellung und der betrachteten Eigenschaften definiert.

Die geometrische Ausprägung einer Structure ist eine Fläche (im Raum).

Mehrere benachbarte Strukturen können als Unit (Einheit) zusammengefasst werden.

*Bezieht sich auf das abstrahierte Realweltobjekt. Je nach Repräsentationsart (z.B. 3D-Modell, 2D-Plan, 3D-Schnitt etc.) sind daraus abgeleitete, reduzierte geometrische Ausprägungen möglich.

Attribute

| | |
|----------|---|
| geometry | Geometrie. Typischerweise eine Flächengeometrie (Oberfläche) im 3D-Modell. Je nach Art der Darstellung (-->Collection.Type) werden Structures durch unterschiedliche Geometrietypen repräsentiert (Flächen, Linien, Punkte). |
|----------|---|

Unit

Einheit/Bereich.

Eine Unit (Einheit) ist ein räumlich abgrenzbarer Bereich des Untergrundes mit einheitlichen Eigenschaften. Units werden zum Zweck einer Erkundung oder Untersuchung abhängig von der jeweiligen Fragestellung und der betrachteten Eigenschaften definiert.

Die geometrische Ausprägung einer Unit ist ein Körper*.

*Bezieht sich auf das abstrahierte Realweltobjekt. Je nach Repräsentationsart (z.B. 3D-Modell, 2D-Plan, 3D-Schnitt etc.) sind daraus abgeleitete, reduzierte geometrische Ausprägungen möglich.

Attribute

| | |
|----------|--|
| geometry | Geometrie. Typischerweise eine Körpergeometrie im 3D-Modell. Je nach Art der Darstellung (-->Collection.Type) werden Units durch unterschiedliche Geometrietypen repräsentiert (Körper, Flächen, Linien). |
|----------|--|

Voxel

Die Klasse Voxel ermöglicht die Definition eines GeologicFeatures in Form eines Quaders. Dies ermöglicht die einfache Definition geologischer Informationen als räumliche Dekomposition (Voxelmodell).

Die Klasse Voxel ergänzt die Definitionen eines GeologicFeatures mit den geometrischen Informationen des Quaders, welches den räumlichen Bereich des GeologicFeatures definiert.

Attribute

| | |
|--------------|--|
| voxelID | Eindeutige Identifikation des Voxels. |
| x_Coordinate | Zentrumsordinate Ost-Wert. |
| y_Coordinate | Zentrumsordinate Nord-Wert. |
| z_Coordinate | Zentrumsordinate Höhe. |
| extension_X | Kantenlänge in [m] in Richtung X-Koordinate. |
| extension_Y | Kantenlänge in [m] in Richtung Y-Koordinate. |
| extension_Z | Kantenlänge in [m] in Richtung Z-Koordinate. |



Enumeration

CollectionTypeEnum

Genese: GEOL_BIM, in Anlehnung an GeoSciML

3DModel
CrossSection3D
(CrossSection2D)
BoreholeLog (1D)
Voxel

ContactTypeEnum

Genese: GSML

LithogeneticContact
LithogeneticContact_DepositionalContact
LithogeneticContact_UnconformableContact
LithogeneticContact_IgneousIntrusionContact
LithogeneticContact_IgneousPhaseContact
LithogeneticContact_MetamorphicContact
LithogeneticContact_AlterationFaciesContact
LithogeneticContact_SedimentaryFaciesContact
LithogeneticContact_WeatheringContact
Intrusionskontakt
Magmatischer Kontakt
ChronostratigraphicContact
GeophysicalContact
ProvinceContact
CompositeContact
CompositeContact_TopRockContact
CompositeContact_Terrain

FaultTypeEnum

StrikeSlipFault
NormalFault
ReverseFault
ThrustFault
Fault
ComplexFault

FoldProfileTypeEnum

FoldSystemTypeEnum

FoliationTypeEnum



Bedding

CleavageSchistosity

Texture

FractureTypeEnum

Fracture

Joint

GeologicUnitTypeEnum

Quelle: <http://cgi.vocabs.ga.gov.au/object?uri=http%3A//resource.geosciml.org/classifierscheme/cgi/2016.01/geologicunittype>

Genese: GSML

LithologicUnit

Klassifizierung gemäss (GeologicFeature.Classifier):

- Swisstopo Datenmodell Geologie
- SN EN ISO 14688-1
- SN 670 009a
- ASTM D2487-17e1 (USCS-Klassifizierung)
- SN EN ISO 14689

LithostratigraphicUnit

Klassifizierung gemäss (GeologicFeature.Classifier):

- Swisstopo Datenmodell Geologie
- <https://www.strati.ch/>

ChronostratigraphicUnit

Swisstopo Datenmodell Geologie

<https://www.strati.ch/>

LithotectonicUnit

LithotectonicUnit_DeformationUnit

Unterkategorie von LithotectonicUnit.

AlterationUnit

LithogeneticUnit

LithogeneticUnit_ArtificialGround

Unterkategorie von LithogeneticUnit

LithogeneticUnit_ExcavationUnit

Unterkategorie von LithogeneticUnit

LithogeneticUnit_MassMovementUnit

Unterkategorie von LithogeneticUnit

PedostratigraphicUnit

ChemicalUnit

GeophysicalUnit

GeologicUnit

Allgemeine, undifferenzierte geologische Einheit.

GeotechnicalStructureTypeEnum

GeotechnicalStructure

Allgemeine, undifferenzierte geotechnische Einheit.

GeotechnicalUnitTypeEnum

GeotechnicalUnit

Allgemeine, undifferenzierte geotechnische Einheit.

HydrogeologicalStructureTypeEnum

GroundwaterTable



HydrogeologicalUnitTypeEnum

Aquifer

LineationTypeEnum

NonDirectionalStructureTypeEnum

ObservationMethodEnum

Genese: GSML, GeologicFeature.observationMethod

Quelle: <http://cgi.vocabs.ga.gov.au/object?uri=http%3A//resource.geosciml.org/classifierscheme/cgi/2016.01/featureobservationmethod>

- digital conversion from public source
- _data from single published description
- _synthesis of multiple published descriptions
- direct observation
- _borehole cuttings observation
- _drill core observation
- __drill core observation estimated values
- __drill core observation measured values
- _outcrop observation
- __outcrop observation estimated values
- __outcrop observation measured values
- indirect method
- _borehole geophysical log measurements
- _remotely sensed data
- synthesis from multiple sources
- _synthesis of multiple outcrop observations
- _synthesis of multiple published descriptions.

ObservationMethodGeometryEnum

Genese: GSML, MappedFeature.observationMethod

Quelle: <http://cgi.vocabs.ga.gov.au/object?uri=http%3A//resource.geosciml.org/classifierscheme/cgi/2016.01/mappedfeatureobservationmethod>

- compilation
- direct observation
- _observed in aerial imagery
- _observed in borehole material
- __observed in borehole core
- __observed in borehole cuttings
- _observed in outcrop
- __observed distant outcrop



- __observed outcrop gps location
- __observed outcrop topographic map location
- inferred
 - _inferred drill cuttings
 - _inferred projection between observed locations
 - __inferred projection beneath covering mapped unit
 - __inferred projection beneath unmapped surficial material
 - __inferred projection obscured by vegetation
 - _inferred using indirect method
 - __inferred aeromagnetic survey
 - __inferred borehole geophysical log
 - __inferred gravity data
 - __inferred ground magnetic survey
 - __inferred radiometric survey
 - __inferred remote sensing imagery
 - _observed based on elevation data
 - _published map
 - surveyed
 - _inertial survey

PropObservationMethodEnum

- ISO_17892-7
- ISO_17892-10
- PMTG_AF
- RUCS_UCS
- SCPP_CPHI
- SN_670352a
- TREG_COH
- TREG_PHI
- ...

Quelle, siehe https://gitlab.com/CHGEOL/geol_bim/-/blob/main/Attribute.md

Projektspezifische Erweiterung möglich.

Genese: GEOL_BIM.

- Laborversuch nach SN EN ISO 17892-7
- Laborversuch nach SN EN ISO 17892-10
- PMTG nach AGS 4.1 (-> PMTG_AF)
- RUCS nach AGS 4.1 (-> RUCS_UCS)
- SCPP nach AGS 4.1 (-> SCPP_CPHI)
- Laborversuch nach SN 670 352a
- TREG nach AGS 4.1 (-> TREG_COH)
- TREG nach AGS 4.1 (-> TREG_PHI)



Anhang B Eigenschaften: Standard-Attribute

Die nachfolgende Liste enthält eine Auswahl einiger häufig verwendeter Standard-Attribute.

Die Liste definiert damit eine **Standard-Namenskonvention** für diese Attribute bei der Ausgabe im PropertySet «CHGLG_GeologicFeature» im IFC-Transferdatensatz.

Zudem sind je Standard-Attribut auch die üblicherweise genutzten Mess-/Bestimmungsmethoden definiert. Für diese ist mit dem Code/Kürzel ebenfalls eine Standard-Namenskonvention definiert, welche zur Beschreibung der **Property.observationMethod** verwendet werden soll.

(nur für Ansicht in PDF geeignet)

| Eigenschaft Name (deutsch) | Name (englisch) | Property-Name | Mess-/Bestimmungsmethode | | |
|---|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------------|--|
| | | | Einheit | Code/Kürzel | Beschreibung |
| Effektive Kohäsion | effective cohesion | EffectiveCohesion | kPa | TREG_COH | TREG nach AGS 4.1 (-> TREG_COH) |
| Effektiver Winkel der inneren Reibung | internal friction angle | InternalFrictionAngle | Grad | ISO_17892-10 | Laborversuch nach SN EN ISO 17892-10 |
| | | | Grad | SCPP_CPHI | SCPP nach AGS 4.1 (-> SCPP_CPHI) |
| | | | Grad | PMTG_AF | PMTG nach AGS 4.1 (-> PMTG_AF) |
| Einaxiale Druckfestigkeit | Uniaxial Compressive Strength | UniaxialCompressiveStrength | Grad | TREG_PHI | TREG nach AGS 4.1 (-> TREG_PHI) |
| | | | kPa | ISO_17892-7 | Laborversuch nach SN EN ISO 17892-7 |
| | | | kN/m2 | SN_670352a | Laborversuch nach SN 670 352a |
| | | | MPa | RUCS_UCS | RUCS nach AGS 4.1 (-> RUCS_UCS) |
| Hydraulische Permeabilität | Hydraulic Permeability | HydraulicPermeability | m/s | ISO_22282-2 | Feldversuch nach SN EN ISO 22282-2 |
| | | | m/s | ISO_22282-6 | Feldversuch nach SN EN ISO 22282-6 |
| Undrainierte Scherfestigkeit | undrained shear strength | UndrainedShearStrength | kPa | ISO_17892-6 | Feldversuch nach SN EN ISO 17892-6 |
| | | | kPa | ISO_17892-8 | Laborversuch nach SN EN ISO 17892-8 |
| | | | kPa | ISO_17892-9 | Laborversuch nach SN EN ISO 17892-9 |
| | | | kPa | LFCN_FCPK | LFCN nach AGS 4.1 (-> LFCN_FCPK, LFCN_FCRM) |
| | | | kPa | LFCN_FCRM | LFCN nach AGS 4.1 (-> LFCN_FCPK, LFCN_FCRM) |
| | | | kPa | LPEN_PPEN | LPEN nach AGS 4.1 (-> LPEN_PPEN) |
| | | | kPa | LVAN_VNPK | LVAN nach AGS 4.1 (-> LVAN_VNPK, LVAN_VNRM) |
| | | | kPa | LVAN_VNRM | LVAN nach AGS 4.1 (-> LVAN_VNPK, LVAN_VNRM) |
| | | | kPa | PMTG_CU | PMTG nach AGS 4.1 (-> PMTG_CU) |
| | | | kPa | SCPP_CSU | SCPP nach AGS 4.1 (-> SCPP_CSU) |
| Wassergehalt | Moisture Content | MoistureContent | kPa | TRET_CU | TRET nach AGS 4.1 (-> TRET_CU) |
| | | | kPa | TRIT_CU | TRIT nach AGS 4.1 (-> TRIT_CU) |
| | | | % | ISO_17892-1 | Laborversuch nach SN EN ISO 17892-1 |
| | | | % | WCO_MC | RWCO nach AGS 4.1 (-> WCO_MC) |
| Zusammendrückungsmodul, Erstbelastung | Elasticity Module | ElasticityModule1 | | SN_670317b | Plattendruckversuches nach SN 670 317b |
| | | | | SN_670312b | Plattendruckversuch mit VSS-Gerät nach SN 670 312b |
| | | | MPa | CTRD_SECE | CTRD nach AGS 4.1 (-> CTRD_SECE, CTRD_TANE) |
| | | | MPa | CTRD_TANE | CTRD nach AGS 4.1 (-> CTRD_SECE, CTRD_TANE) |
| | | | MPa | PLTG_EMOD | PLTG nach AGS 4.1 (-> PLTG_EMOD) |
| | | | GPa | RUCS_ESEC | RUCS nach AGS 4.1 (-> RUCS_ESEC, RUCS_ETAN) |
| | | | GPa | RUCS_ETAN | RUCS nach AGS 4.1 (-> RUCS_ESEC, RUCS_ETAN) |
| | | | N/mm2 | CTRD_TANE | |
| Zusammendrückungsmodul, Wiederbelastung | Elasticity Module | ElasticityModule2 | | | |

Anhang C Erwägungen zu Metadaten

Hierarchien von Metadaten

Für die Dokumentation und Beschreibung der ausgetauschten Informationen mittels «Metadaten» werden drei Ebenen unterschieden (siehe auch Abbildung 31).

- Transferdatei (Projektinformation)
- Datenbestand
- Datensatz

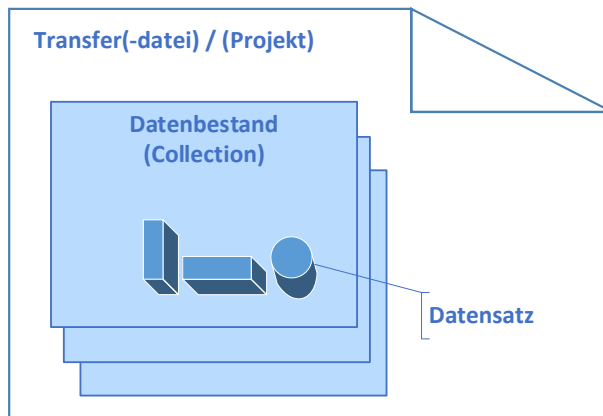


Abbildung 38: Klassen von Metadaten

Die Unterteilung in drei Ebenen ist einerseits begründet in einer Unterscheidung zwischen Metadaten im engeren Sinn und (beschreibenden) Stammdaten (siehe auch Grundlagenbericht Geologie, (Volken et al., 2020)). Andererseits ergeben sich durch das Transferformat von IFC Vorgaben zur Gliederung der Dateninhalte, welche bei der Strukturierung der Metadaten berücksichtigt und genutzt werden können.

Die drei Ebenen sind wie folgt definiert.



Metadaten Transferdatei/Projekt

Die oberste Ebene der Metadaten bietet eine generelle Beschreibung zum beabsichtigten Verwendungszweck (Purpose) und Wissensstand der Informationen sowie zur (Projekt-)Phase, in welcher die Informationen bereitgestellt werden. Tabelle 6 listet die Metadaten dieser Ebene im Detail auf.

| Attribut | Beschreibung |
|--------------------------|---|
| Datum Wissensstand | Datum des Wissensstandes der Inhalte der Transferdatei. MD_Identification.citation > CI_Citation.date / MD_Revision |
| Datum Datenprozessierung | Datum der Erstellung der Transferdatei. |
| Verwendungszweck | Beabsichtigter Verwendungszweck der Inhalte der Transferdatei. Ermöglicht die Beurteilung der Anwendbarkeit der Informationen für einen konkreten Verwendungszweck (der nicht dem ursprünglichen Zweck entspricht). Freitext MD_Identification.purpose / MD_Usage |
| Projektphase | Angabe der Projektphase, für den die Transferdatei erstellt wurde. Freitext. MD_Identification.purpose |
| Version | Version der Transferdatei. Freitext. MD_Identification.status |
| Lieferant | Angaben zur Firma/Person, welche die Transferdatei erstellt hat. DQ_Dataquality.lineage |

Tabelle 6: Metadaten Transferdatei/Projekt

Tabelle, *kursive* Texte: Referenz zu Metadatenelementen gemäss GM03 (KOGIS, 2005).

Das Transferformat von IFC gibt vor, dass in einer Transferdatei alle Informationen einem Projekt (im Sinne von IFC, IfcProject) untergeordnet sein müssen, wobei es in einem Transfer nur genau ein Projekt haben kann (Global Rule IfcSingleProjectInstance, (buildingSmart International, 2017)). Dieser Regel folgend bietet es sich an, die generellen Metadaten der obersten Ebene auf der Stufe der Transferdatei resp. eines Projekts (im Sinne von IFC, IfcProject) anzusiedeln. Damit ergibt sich die Konsequenz, dass alle Informationen innerhalb einer IFC-Transferdatei dieselben Metainformationen der obersten Ebene aufweisen (müssen).

Metadaten Datenbestand

Auf der zweiten Ebene der Metadaten werden Beschreibungen zu einem Datenbestand festgehalten. Ein Datenbestand ist definiert als (identifizierbare) Sammlung von Datensätzen (KOGIS, 2005, p. 3). Es kann sich dabei z.B. um ein (geologisches) Modell oder eine andere Sammlung von (fachlich) zusammengehörenden Informationen handeln (z.B. mehrere Bohrlöcher einer Kampagne, Informationen eines Profilschnitts etc.).

Tabelle 7 listet die Metadaten dieser Ebene im Detail auf.

| Attribut | Beschreibung |
|---------------------------|--|
| Auftraggeber | Firma/Person, welche die Erarbeitung der Informationen des Datenbestands beauftragt hat. |
| Projektleiter*in Geologie | Person (Name, Vorname) und Firma (Name, PLZ, Ort), welche für den (fachlichen) Inhalt der Informationen des Datenbestandes verantwortlich ist. |
| Datum | Datum der (fachlichen) Erstellung des Datenbestands. Z.B. Datum der Erstellung des geologischen Modells. |
| Modellversion | Version des Datenbestands (z.B. des geologischen Modells) Freitext |
| Modellart | Art der Modellierung. Beschreibt die Art der Modellierung/Prozessierung der im Datenbestand enthaltenen Informationen. Aufzählung:..... |
| Modell-Software | Name oder Art der Software, welche für die Modellierung/Prozessierung der im Datenbestand enthaltenen Informationen verwendet wurde. |

Tabelle 7: Metadaten Datenbestand

GeoSciML bietet mit der Klasse «Collection» ein Gefäss, mit welchem (fachlich) zusammengehörende GeologicFeatures gruppiert werden können. Es bietet sich deshalb an, Datenbestände über «Collections» abzubilden und die entsprechenden Metadaten über die Collections festzulegen.

Innerhalb einer Transferdatei (eines Projekts) kann es mehrere Datenbestände haben. So kann beispielsweise ein geologisches Modell (ein Datenbestand) sowie auch die dafür verwendeten Grundlagen (in jeweils separaten Datenbeständen) zusammen in einer Transferdatei ausgetauscht werden.

Stammdaten im Datensatz (Erhebungsmethode)

Die dritte Detaillierungsebene beschreibt einen einzelnen Datensatz. Die beschreibenden und dokumentierenden Informationen werden hier nicht mehr als Metadaten sondern als Stammdaten bezeichnet.

Sie können die Entstehung der eigentlichen Information, also z.B. die Entstehung eines Werts einer Eigenschaft beschreiben. Diese Art der Stammdaten wird durch die Konzepte zur Abbildung der Erhebungsmethode resp. von Observations & Measurements ermöglicht (siehe dort).

Für den Spezialfall der Bohrungen existieren spezifische Datenstrukturen zur Abbildung der Bohrungen (Details zur Bohrung/Verrohrung).



Anhang D Mapping Transfermodell nach Referenzmodell

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Mapping zwischen dem Transfermodell GEOL_BIM und dem Referenzmodell GeoSciML+.

| Transfer Model GEOL_BIM | | Reference Model GeoSciML+ | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Klasse | Attribut | Klasse | Attribut |
| AnalyticalProcess | analyticalInstrumentModel | AnalyticalInstrument | model |
| AnalyticalProcess | analyticalInstrumentSerialNo | AnalyticalInstrument | serialNumber |
| AnalyticalProcess | analyticalInstrumentType | AnalyticalInstrument | type |
| AnalyticalProcess | analyticalMethodCitation | AnalyticalMethod | citation |
| AnalyticalProcess | analyticalMethodName | AnalyticalMethod | methodName |
| AnalyticalProcess | analyticalSessionOperator | AnalyticalSession | operator |
| AnalyticalProcess | analyticalSessionTime | AnalyticalSession | time |
| AnalyticalProcess | geometry | AnalyticalProcess | geometry |
| Borehole | boreholeName | Borehole | name |
| Borehole | boreholeType | BoreholeDetails | boreholeType |
| Borehole | dataCustodian | BoreholeDetails | dataCustodian |
| Borehole | dateOfDrilling | BoreholeDetails | dateOfDrilling |
| Borehole | geometry | Borehole | shape |
| Borehole | inclinationType | BoreholeDetails | inclinationType |
| Borehole | purpose | BoreholeDetails | purpose |
| Borehole | startPoint | BoreholeDetails | startPoint |
| Borehole | xCoord | Borehole | location |
| Borehole | yCoord | Borehole | location |
| Borehole | zCoord | Borehole | location |
| Borehole | zCoord | Borehole | elevation |
| Collection | collectionType | GeologicCollection | collectionType |
| Collection | name | GeologicCollection | name |
| CompletionDetails | completionType | CompletionDetails | completionType |
| CompletionDetails | intervalBegin | CompletionDetails | intervalBegin |
| CompletionDetails | intervalEnd | CompletionDetails | intervalEnd |



| Transfer Model GEOL_BIM | | Reference Model GeoSciML+ | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| Klasse | Attribut | Klasse | Attribut |
| DrillingDetails | boreholeDiameter | DrillingDetails | boreholeDiameter |
| DrillingDetails | drillingMethod | DrillingDetails | drillingMethod |
| DrillingDetails | intervalBegin | DrillingDetails | intervalBegin |
| DrillingDetails | intervalEnd | DrillingDetails | intervalEnd |
| GeologicFeature | classifier | GeologicFeature | classifier |
| GeologicFeature | observationMethod | BoreholeInterval | observationMethod |
| GeologicFeature | observationMethod | GeologicFeature | observationMethod |
| GeologicFeature | observationMethodGeometry | MappedFeature | observationMethod |
| Interval | intervalBegin | BoreholeInterval | mappedIntervalBegin |
| Interval | intervalEnd | BoreholeInterval | mappedIntervalEnd |
| MD_Dataset | consultant | MD_Dataset | consultant |
| MD_Dataset | customer | MD_Dataset | customer |
| MD_Dataset | dateModel | MD_Dataset | dateModel |
| MD_Dataset | modelSoftware | MD_Dataset | modelSoftware |
| MD_Dataset | modelType | MD_Dataset | modelType |
| MD_Dataset | modelVersion | MD_Dataset | modelVersion |
| ObservationProperty | phenomenonTime | OM_Observation | phenomenonTime |
| ObservationProperty | propertyName | Property | propertyName |
| ObservationProperty | propertyUnit | Property | propertyUnit |
| ObservationProperty | propertyValue | Property | propertyValue |
| ObservationProperty | resultQuality | OM_Observation | resultQuality |
| ObservationProperty | resultTime | OM_Observation | resultTime |
| Property | observationMethod | Property | observationMethod |
| Property | propertyUnit | Property | propertyUnit |
| Property | propertyValue | Property | propertyValue |
| Structure | geometry | MappedFeature | shape |
| Unit | geometry | MappedFeature | shape |



Anhang E Mapping Referenzmodell nach IFC

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Mapping zwischen dem Referenzmodell GeoSciML+ und IFC 4X3

| Reference Model GeoSciML+ | | IFC (4x3) | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Klasse | Attribut | Entity/Pset | Attribute/Property |
| AnalyticalInstrument | model | CHGLG_Observation | AnalyticalInstrumentModel |
| AnalyticalInstrument | serialNumber | CHGLG_Observation | AnalyticalInstrumentSerialNumber |
| AnalyticalInstrument | type | CHGLG_Observation | AnalyticalInstrumentType |
| AnalyticalMethod | citation | CHGLG_Observation | AnalyticalMethodCitation |
| AnalyticalMethod | methodName | CHGLG_Observation | AnalyticalMethodName |
| AnalyticalProcess | geometry | IfcAnnotation | ObjectPlacement |
| AnalyticalProcess | geometry | IfcAnnotation | Representation |
| AnalyticalSession | operator | CHGLG_Observation | AnalyticalSessionOperator |
| AnalyticalSession | time | CHGLG_Observation | AnalyticalSessionTime |
| Borehole | elevation | CHGLG_BoreholeCommon | ZCoord |
| Borehole | location | CHGLG_BoreholeCommon | ZCoord |
| Borehole | location | CHGLG_BoreholeCommon | YCoord |
| Borehole | location | CHGLG_BoreholeCommon | XCoord |
| Borehole | name | IfcGeotechnicalElement | Name |
| Borehole | shape | IfcGeotechnicalElement | Representation |
| Borehole | shape | IfcGeotechnicalElement | ObjectPlacement |
| BoreholeDetails | boreholeLength | Pset_BoreholeCommon | CapDepth |
| BoreholeDetails | boreholeMaterialCustodian | CHGLG_BoreholeCommon | BoreholeMaterialCustodian |
| BoreholeDetails | boreholeType | CHGLG_BoreholeCommon | BoreholeType |
| BoreholeDetails | dataCustodian | CHGLG_BoreholeCommon | DataCustodian |
| BoreholeDetails | dateOfDrilling | CHGLG_BoreholeCommon | DateOfDrill |
| BoreholeDetails | driller | CHGLG_BoreholeCommon | Driller |
| BoreholeDetails | inclinationType | CHGLG_BoreholeCommon | InclinationType |
| BoreholeDetails | operator | CHGLG_BoreholeCommon | Operator |
| BoreholeDetails | purpose | CHGLG_BoreholeCommon | Purpose |



| Reference Model GeoSciML+ | | IFC (4x3) | |
|---------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Klasse | Attribut | Entity/Pset | Attribute/Property |
| BoreholeDetails | startPoint | CHGLG_BoreholeCommon | StartPoint |
| BoreholeInterval | mappedIntervalBegin | CHGLG_GeologicFeature | IntervalBegin |
| BoreholeInterval | mappedIntervalEnd | CHGLG_GeologicFeature | IntervalEnd |
| CompletionDetails | completionType | CHGLG_PipeSegmentTypeCommon | CompletionType |
| CompletionDetails | intervalBegin | CHGLG_PipeSegmentTypeCommon | IntervalBegin |
| CompletionDetails | intervalEnd | CHGLG_PipeSegmentTypeCommon | IntervalEnd |
| DrillingDetails | boreholeDiameter | Pset_PipeSegmentTypeCommon | OuterDiameter |
| DrillingDetails | drillingMethod | CHGLG_PipeSegmentTypeCommon | DrillingMethod |
| DrillingDetails | intervalBegin | CHGLG_PipeSegmentTypeCommon | IntervalBegin |
| DrillingDetails | intervalEnd | CHGLG_PipeSegmentTypeCommon | IntervalEnd |
| DrillingDetails | ObjectType | IfcPipeSegment | ObjectType |
| GeologicCollection | collectionType | IfcGeotechnicalElement | ObjectType |
| GeologicCollection | name | IfcGeotechnicalElement | Name |
| GeologicFeature | classifier | IfcGeotechnicalElement | Name |
| GeologicFeature | classifier | Classification | classifier |
| GeologicFeature | observationMethod | CHGLG_GeotechnicalStratumCommon | ObservationMethod |
| GeologicFeature | purpose | CHGLG_GeotechnicalStratumCommon | Purpose |
| GeologicUnit | geologicUnitType | IfcGeotechnicalElement | ObjectType |
| MappedFeature | observationMethod | CHGLG_GeotechnicalStratumCommon | ObservationMethodGeometry |
| MappedFeature | shape | IfcGeotechnicalElement | Representation |
| MappedFeature | shape | IfcGeotechnicalElement | ObjectPlacement |
| MD_Dataset | consultant | CHGLG_GeotechnicalAssemblyCommon | Consultant |
| MD_Dataset | customer | CHGLG_GeotechnicalAssemblyCommon | Customer |
| MD_Dataset | dateModel | CHGLG_GeotechnicalAssemblyCommon | DateModel |
| MD_Dataset | modelSoftware | CHGLG_GeotechnicalAssemblyCommon | ModelSoftware |



| Reference Model GeoSciML+ | | IFC (4x3) | |
|---------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Klasse | Attribut | Entity/Pset | Attribute/Property |
| MD_Dataset | modelType | CHGLG_GeotechnicalAssemblyCommon | ModelType |
| MD_Dataset | modelVersion | CHGLG_GeotechnicalAssemblyCommon | ModelVersion |
| MD_Project | DateKnowledge | CHGLG_ProjectCommon | DateKnowledge |
| MD_Project | DateProcessing | CHGLG_ProjectCommon | DateProcessing |
| MD_Project | DeliveringParty | CHGLG_ProjectCommon | DeliveringParty |
| MD_Project | Phase | IfcProject | Phase |
| MD_Project | Purpose | CHGLG_ProjectCommon | Purpose |
| MD_Project | Version | CHGLG_ProjectCommon | Version |
| OM_Observation | phenomenonTime | CHGLG_Observation | PhenomenonTime |
| OM_Observation | resultQuality | CHGLG_Observation | ResultQuality |
| OM_Observation | resultTime | CHGLG_Observation | ResultTime |
| OM_Observation | validTime | CHGLG_Observation | ValidTime |
| Property | observationMethod | CHGLG_GeologicFeature | [PropertyName_ObservationMethod] |
| Property | propertyName | CHGLG_GeologicFeature | [PropertyName] |
| Property | propertyUnit | CHGLG_GeologicFeature | [PropertyName] |
| Property | propertyValue | CHGLG_GeologicFeature | [PropertyName] |

Anhang F Erläuterungen zu ISO 19156 Observations and Measurements

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung und Erläuterung des Kernkonzepts von «Observations and Measurements» (O&M) gemäss ISO 19156 gegeben. Die Aussagen basieren auf der Interpretation der Norm sowie den teilweise ergänzenden Notizen aus dem öffentlich verfügbaren Enterprise Architect Repository (dieses EA Repository ist enthalten im EA Repository von GeoSciML).

Observations and Measurements: Erläuterung Kernkonzept

Die wesentlichen Klassen des Konzepts «Observations and Measurements» gemäss ISO 19156 sind in Abbildung 32 in der Übersicht dargestellt.

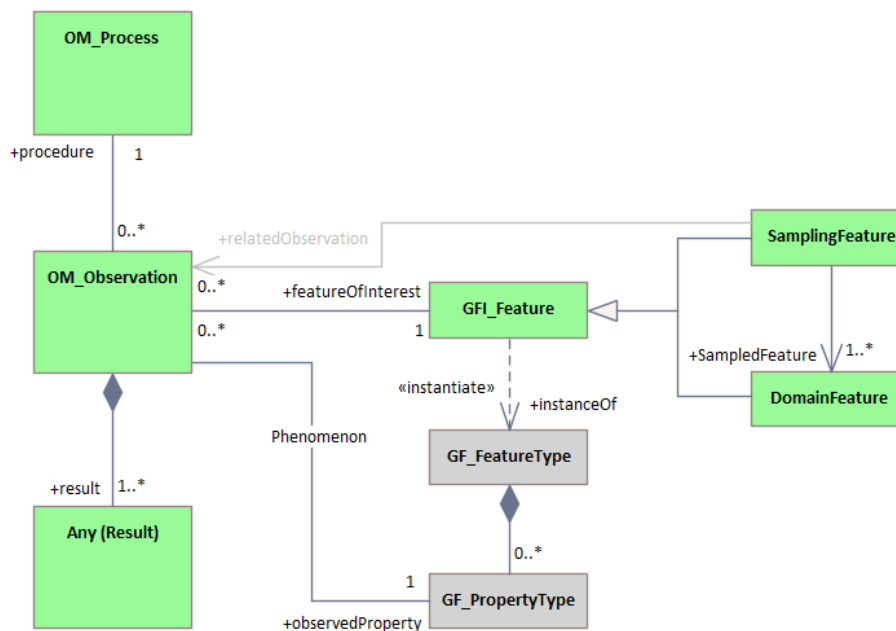


Abbildung 39: Klassendiagramm Kernkonzept O&M

Eine Beobachtung (Observation) ist eine Aktion zur Ermittlung des Werts einer Eigenschaft.

Eine Beobachtung basiert dabei auf einem spezifischen Prozess (Process). Mit dem Prozess wird das Verfahren der Beobachtung beschrieben, wie z.B. die verwendeten Sensoren, Instrumente, Algorithmen oder auch Prozessketten. Auch eine menschliche Beobachtung oder eine Simulation ist als Prozess zu verstehen.

Die Prozesse können dabei in-situ, ex-situ oder auch fernerkundlich sein.

Der Prozess muss auf die zu beobachtende Eigenschaft ausgelegt sein.

Eine Beobachtung bezieht sich immer auf ein so genanntes «FeatureOfInterest». Es handelt sich dabei um das Realwelt-Objekt (GFI_Feature), dessen Eigenschaft beobachtet wird.

Eine Beobachtung ist somit ein Lieferant des **Werts** einer Eigenschaft des beobachteten Realwelt-Objekts (Beobachtung ist ein «propertyValueProvider»).

Die Beobachtung kann sich direkt auf das Realwelt-Objekt beziehen oder auf eine Probenahme (SamplingFeature), welche das Realwelt-Objekt repräsentiert. In diesem Fall ist das Probenahme-Objekt (SamplingFeature) in der Rolle als FeatureOfInterest.



Die beobachtete Eigenschaft wird als «Phänomenon» resp. «observedProperty» bezeichnet. Durch die Beobachtung werden ein oder mehrere Resultate ermittelt («result»), welche den Wert der beobachteten Eigenschaft bestimmen. Bei den Resultatwerten werden verschiedene Grundtypen unterschieden (z.B. Messung/Zahlenwert, Kategorisierung, Zählung, geometrische Beobachtung etc., im Diagramm nicht dargestellt).

Dieses Konzept betont die Semantik des Realwelt-Objekts (FeatureOfInterest) mit dessen Eigenschaften und stellt damit eine Daten-Benutzer-zentrierte Sicht dar. Dies im Gegensatz zu Sensor-orientierten Konzepten, welche den (Mess-)Prozess und damit die Datenbereitstellung ins Zentrum stellen. (ISO 19156, Kap. 7.3)