



Weiterentwicklung INTERLIS – 3D-Geometrie: Auslegeordnung, Konzept, Vorschläge zur INTERLIS-Spracherweiterung (ILI3DGeomBIM)

Aktion 3-24-03



(Version 1.00, 07.05.2025)

| | |
|--|--------------------------|
| Projektleitung <i>Direction du projet</i> | Lukas Schildknecht, FHNW |
| Projektkoordination (PROK SGS) <i>Coordination de projet (PROK SGS)</i> | Peter Staub |
| Vertragssumme inkl. MWST <i>Montant contractuel avec TVA</i> | 70'827.- |
| Vertragsende <i>Fin du contrat</i> | 31.03.2025 |

Management Summary

Building Information Modeling (BIM), das datengestützte Arbeiten in den Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen von Immobilien und Infrastrukturen, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Für BIM-basierte Prozesse bilden Geodaten einerseits eine wichtige Grundlage. Andererseits erzeugen diese Prozesse Daten, welche wiederum als wichtige Quelle für die Geoinformation dienen können. Ein möglichst reibungsloser Austausch zwischen der GIS- und der BIM-Welt ist daher von grosser Wichtigkeit.

In der Schweiz ist der Austausch von BIM-Daten über den systemneutralen Standard IFC (Industry Foundation Classes) weit verbreitet. Die BIM-Daten sollten demnach aus diesem Transferformat und -modell in Geodaten überführt werden können, die gemäss der modellbasierten Methode mit INTERLIS definiert sind.

Dabei sind insbesondere auch 3D-Geometrien zu unterstützen. Dreidimensionale Geometrien spielen im BIM-Bereich, anders als bisher im GIS-Bereich, eine wichtige Rolle und müssen beim Austausch von und zur Geoinformation übertragen werden können, um eine möglichst hindernis- und verlustfreie Übertragung der Informationen zu gewährleisten.

Mit IFC ist eine Vielzahl von 3D-Geometrietypen für den BIM-Bereich spezifiziert. Damit BIM-Daten im Format IFC in den modellbasierten Ansatz mit INTERLIS überführt werden können, müssen in INTERLIS die relevanten 3D-Geometrietypen abgebildet werden können. Es fehlt bisher aber eine systematische Auslegeordnung, welche konkreten Anforderungen bezüglich 3D-Geometrietypen in INTERLIS bestehen, um die relevanten BIM-Daten über das Format IFC mit INTERLIS auszutauschen.

Um diese Lücke zu schliessen, wird in diesem Projekt eine systematische Analyse und ein Vergleich der Geometrietypen in INTERLIS und IFC vorgenommen. In Bezug auf die als besonders praxisrelevant identifizierten Anwendungsfälle und Informationsobjekte werden die Geometrietypen klassifiziert und bewertet.

Die Analyse stuft die im bestehenden Basismodul 3D spezifizierten Geometrietypen als weitgehend zielführend ein, da sie bereits viele Anforderungen abdecken. Es werden darin lediglich zwei eher kleinere Optimierungen vorgeschlagen.

Es wird empfohlen, zusätzlich dazu in INTERLIS neue Geometrietypen für die folgenden Konzepte zu implementieren:

- Lineare und relative Positionierungen
- Klothoide (Trassierung)
- Dekompositionsgeometrien (Raster, Voxel)

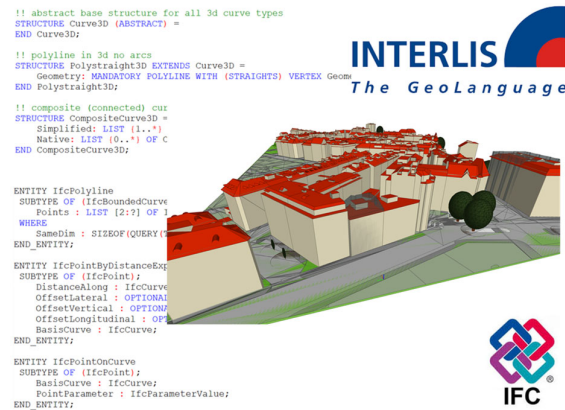
Als Grundlage für die Implementierung werden einige Prinzipien formuliert, welche die Leitlinien für eine möglichst bedürfnisgerechte Umsetzung unterstützen. U.a. sollen die Geometrietypen nach Möglichkeit nicht in einer eigentlichen Spracherweiterung, sondern in Form von Basismodulen von INTERLIS angestrebt werden.

Die Implementierung der empfohlenen neuen Geometrietypen erfordert in einer nächsten Phase die Ausarbeitung der detaillierten Konzepte sowie der eigentlichen Sprach- und

Modellkonstrukte. Danach können die INTERLIS-Werkzeuge entsprechend erweitert sowie eine allenfalls notwendige Anpassung der INTERLIS-Norm eCH-0031 vorgenommen werden. Die vollständige Implementierung könnte demnach bis Ende 2027 erfolgen.

ILI3DGeomBIM - Ergebnisbericht

Weiterentwicklung INTERLIS – 3D-Geometrie: Auslegeordnung,
Konzept, Vorschläge zur INTERLIS-Spracherweiterung
(Aktion 3-24-03)



Verfasser/in:

Lukas Schildknecht, FHNW
Hans Rudolf Gnägi, SOGI
Jens Ingensand, HEIG-VD
Nicolas Blanc, HEIG-VD
Sepp Dorfschmid, Adasys AG

Muttenz, 07.05.2025

Version 1.00 – freigegeben

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Einleitung | 4 |
| 1.1 Aufgabenstellung | 4 |
| 1.2 Zweck des Dokuments | 4 |
| 1.3 Inhalt und Gliederung | 4 |
| 2 Methodik | 5 |
| 2.1 Allgemein | 5 |
| 2.2 Wichtige Grundlagen und Vorarbeiten | 5 |
| 2.3 3D-Geometrietypen | 6 |
| 3 INTERLIS und IFC: Eine Einordnung | 9 |
| 4 INTERLIS | 12 |
| 5 IFC Industry Foundation Classes | 16 |
| 5.1 Allgemein | 16 |
| 5.2 Grobübersicht konzeptuelles Datenmodell | 17 |
| 5.3 Generische Konstrukte und Erweiterungsmechanismen | 18 |
| 5.4 Spezifikation spezifischer Austauschforderungen (Information Requirements) | 18 |
| 5.4.1 Model View Definition | 19 |
| 5.4.2 mvdXML | 20 |
| 5.4.3 Information Delivery Specification IDS | 22 |
| 5.5 Geometrie | 22 |
| 5.6 Relative Positionierung und geometrische «Prototypes» | 25 |
| 5.7 Koordinatenreferenzsystem | 26 |
| 6 Vergleich Geometrien INTERLIS und IFC | 28 |
| 6.1 Geometrie | 28 |
| 6.1.1 Point | 28 |
| 6.1.2 Curve | 28 |
| 6.1.3 Surface | 28 |
| 6.1.4 Solid | 29 |
| 6.2 Koordinatenreferenzsysteme | 30 |
| 7 Anwendungsfälle | 31 |
| 7.1 Einleitung | 31 |
| 7.2 Leitungskataster | 31 |
| 7.3 3D Stadtmodelle | 33 |
| 7.4 Stockwerkeigentum | 34 |
| 7.5 Bahn- und Strasseninfrastruktur | 35 |
| 7.6 Fazit Anwendungsfälle | 36 |
| 8 Beurteilung Konzepte für 3D-Repräsentationen in INTERLIS | 37 |
| 9 Fazit und Handlungsempfehlungen | 40 |
| 9.1 Konzeptgruppen | 40 |
| 9.2 Prinzipien | 44 |
| 9.3 Handlungsempfehlungen | 45 |
| 10 Abkürzungen und Glossar | 48 |
| 11 Literaturverzeichnis | 52 |

| | |
|---|-----------|
| 12 Anhänge | 54 |
| Anhang A mvdXML: Beispiel | 55 |
| Anhang B Klassendiagramm IFC-Geometrien (Übergrösse) | 57 |
| Anhang C Übersicht Extrusionsgeometrien IFC | 58 |
| Anhang D Übersicht IfcShapeRepresentationTypes | 61 |
| Anhang E Vergleich Geometrietypen INTERLIS - IFC | 63 |
| Anhang F Beispieldatensatz | 64 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Schema Methodik | 5 |
| Abbildung 2: Beispiele Geometrietypen CSG (links), Sweep (Mitte) und B-Rep (rechts) | 8 |
| Abbildung 3: Vergleichende Einordnung von INTERLIS und IFC | 9 |
| Abbildung 4: Geometrietypen INTERLIS | 14 |
| Abbildung 5: Klassifikation Geometrietypen INTERLIS | 15 |
| Abbildung 6: Grundstruktur IFC (schematisch, stark vereinfacht) | 17 |
| Abbildung 7: Konzepte der «Modellbildung» resp. Anforderungsspezifikation in IFC | 19 |
| Abbildung 8: mvdXML, konzeptuelles Klassenmodell (eigene Darstellung) | 21 |
| Abbildung 9: Geometriemodell IFC, vereinfacht (eigene Darstellung) | 23 |
| Abbildung 10: Klassifikation Geometrietypen IFC | 24 |
| Abbildung 11: Schema relative Positionierung | 25 |
| Abbildung 12: Relative Positionierung IFC, vereinfacht (eigene Darstellung) | 26 |
| Abbildung 13: Prinzip der Georeferenzierung für LoGeoRef 50 | 27 |
| Abbildung 14: IFC Klassenmodell für LoGeoRef 50, vereinfacht (eigene Darstellung) | 27 |
| Abbildung 15: Vergleich Geometrietypen INTERLIS und IFC | 28 |
| Abbildung 16: Leitungskataster des Kantons Zürich | 31 |
| Abbildung 17: Beispiel Swissbuildings 3D von Swisstopo | 33 |
| Abbildung 18: Datenmodell DM.StWE | 35 |
| Abbildung 19: Vorgehensvorschlag | 45 |
| Abbildung 20: Projektgliederung Phase 2 | 46 |
| Abbildung 21: Vorschlag Organisation | 47 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Klassifikation Geometrietypen | 8 |
| Tabelle 2: IFC Modellversionen mit ISO-Standardisierung | 16 |
| Tabelle 3: Vergleich INTERLIS und EXPRESS (Modellierungssprache und Encodings) | 16 |
| Tabelle 4: Beurteilung relevante Geometrietypen für INTERLIS | 39 |

Dokumenthistorie

| Version | Datum | Kommentar | Status |
|----------------|--------------|--|----------------|
| 0.80 | 18.09.2024 | Initialversion, Berichtsstruktur | In Bearbeitung |
| 0.81 | 14.02.2025 | Grundlagen und Ergebnisse dokumentiert, interne Konsolidierung | In Bearbeitung |
| 0.85 | 20.02.2025 | Entwurf konsolidiert, für Workshop GGMM, exkl. Kap. Fazit | In Bearbeitung |
| 0.95 | 24.03.2025 | Rückmeldungen Workshop GGMM eingearbeitet, Fazit/Empfehlung | Zur Prüfung |
| 1.00 | 07.05.2025 | Review SGS-Office eingearbeitet, Finalisierung | freigegeben |

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Für alle Aufgaben in allen Lebensphasen von Bauwerken gewinnt Building Information Modeling (BIM), also das datengestützte Arbeiten in den Bau-, Planungs- und Betriebsprozessen, zunehmend an Bedeutung.

BIM-basierte Prozesse benötigen einerseits Geodaten als Grundlage und erzeugen andererseits Daten, welche auch für die Geoinformation wesentlich sein können. Ein hindernisfreier, niederschwelliger Datenaustausch zwischen der Nationalen Geodaten Infrastruktur (NGDI) und BIM ist daher von zunehmender Bedeutung. Zurzeit fehlt zwischen den zwei grossen «Datenpools» jedoch die Brücke, über welche ein problemloser Datenaustausch möglich ist.

Ein wesentlicher Aspekt dabei ist, das modellbasierte Vorgehen mit UML und INTERLIS um die nötigen Datentypen für 3D-Geometrien zu ergänzen und damit eine Kompatibilität und Interoperabilität mit dem offenen, etablierten BIM-Format Industry Foundation Classes (IFC) sicherzustellen.

Im Rahmen des Aktionsplans 2024 der Strategie Geoinformation Schweiz wurde daher die Aktion 3-24-03 definiert mit dem Titel: «Weiterentwicklung INTERLIS – 3D-Geometrie: Auslegeordnung, Konzept, Vorschläge zur INTERLIS-Spracherweiterung im Kontext BIM». Im Rahmen dieser Aktion ist eine Auslegeordnung mit einer übergeordneten Analyse und Identifikation der relevanten Handlungsfelder zu erarbeiten. Es geht darum, einen Überblick über die bei BIM/IFC einerseits und bei UML/INTERLIS andererseits vorhandenen 3D-Datentypen zu schaffen und abzuklären, welche 3D-Bedürfnisse beim (Geo-) Datenaustausch zwischen GIS und BIM eine Rolle spielen.

In einer auf die Aktion 3-24-03 folgenden nächsten Phase sollen dann diese Empfehlungen in konkreten Anpassungen an der Sprache und den Werkzeugen von INTERLIS entwickelt werden (nicht Teil dieses Auftrages).

1.2 Zweck des Dokuments

In diesem Dokument sind die Ergebnisse zur Aktion 3-24-03 des Aktionsplans 2024 der Strategie Geoinformation Schweiz dokumentiert. Es bildet die Grundlage für den Entscheid zu weiteren Aktivitäten für die Weiterentwicklung von INTERLIS bezüglich 3D-Geometriotypen.

Das Dokument richtet sich an Fachpersonen aus dem Bereich Geoinformation mit spezifischen Kenntnissen zu INTERLIS und Grundkenntnissen zu BIM/IFC.

1.3 Inhalt und Gliederung

Der Ergebnisbericht gibt nach einer kurzen Erläuterung zur angewandten Methodik (Kapitel 2) und einem einleitenden Vergleich der grundlegenden Konzepte von INTERLIS und IFC (Kapitel 3) jeweils eine konzentrierte Zusammenfassung zu den wichtigsten Grundlagen und projektrelevanten Konzepten von INTERLIS (Kapitel 4) und IFC (Kapitel 5). Die daraus ableitbaren Unterschiede und Gemeinsamkeiten bezüglich der Geometriotypen und damit zusammenhängender Konzepte werden in Kapitel 6 in einem Vergleich aufgezeigt.

In Kapitel 7 sind verschiedene Anwendungsfälle beschrieben, die typischerweise für die Schnittstelle zwischen GIS und BIM von Interesse sind und damit für eine mögliche Verwendung von 3D-Datentypen in INTERLIS repräsentativ sein können.

Kapitel 8 führt systematisch relevante Konzepte für 3D-Repräsentationen in INTERLIS auf. Diese werden bezüglich verschiedener Kriterien diskutiert und gewichtet. Aus dieser Diskussion werden schliesslich in Kapitel 9 konkrete Handlungsempfehlungen für die Weiterentwicklung von INTERLIS abgeleitet.

2 Methodik

2.1 Allgemein

Die allgemeine Methodik der Bearbeitung des Auftrags ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

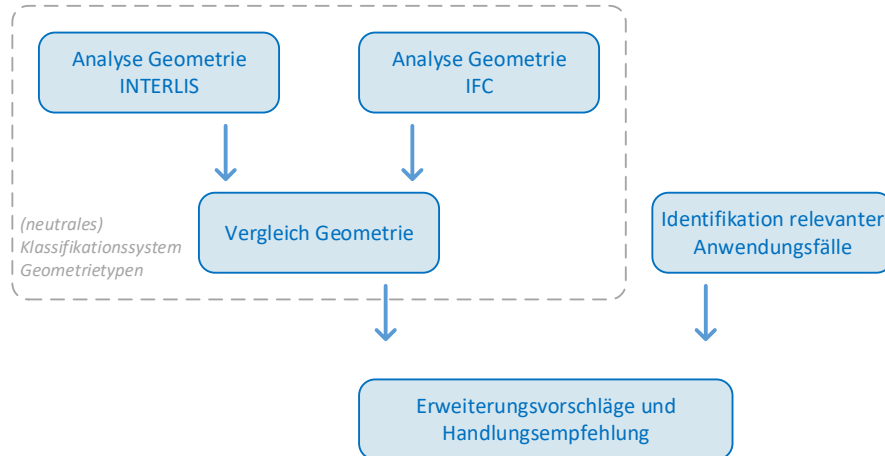


Abbildung 1: Schema Methodik

Die Analysen der Geometrien von INTERLIS und IFC basieren primär auf einer Recherche und Analyse von Dokumenten zur Spezifikation, Anwendung und auch Weiterentwicklung der Standards INTERLIS und IFC. Ergänzend zu den Dokumenten wurden Interviews mit Mitgliedern der früheren Arbeitsgruppe zum INTERLIS Basismodule 3D durchgeführt.

Für die Analyse und den Vergleich wurde ein neutrales Klassifikationssystem der Geometrietypen entwickelt, siehe auch nachfolgendes Unterkapitel 2.3.

Es macht Sinn, dass die Problematik des Datenaustauschs zwischen INTERLIS und BIM/IFC nicht in der vollen Breite aller theoretischen Möglichkeiten betrachtet wird, sondern ein Fokus auf praxisrelevante Anwendungsfälle gesetzt wird. Daher wurden verschiedene konkrete Anwendungsfälle des Datenaustauschs zwischen GIS und BIM ermittelt und die für die Fragestellung der 3D-Geometrien besonders relevanten und typischen Anwendungsfälle detaillierter analysiert und beschrieben.

Auf Basis dieser Grundlagen erfolgte schliesslich die Identifikation und Bewertung möglicher Erweiterungen von INTERLIS. Der Fokus liegt dabei auftragsgemäss bei der Geometrie im Vergleich zu IFC. Es zeigte sich aber, dass damit verwandte Aspekte (z.B. lineare Positionierung, Voxel) ebenfalls von Bedeutung sein könnten und der Blick auch etwas über BIM/IFC hinaus geworfen wurde (z.B. CityGML).

2.2 Wichtige Grundlagen und Vorarbeiten

Bei den Arbeiten konnte auf verschiedene Grundlagen und Vorarbeiten aufgestützt werden. Die Ergebnisse von deren Analyse sind in den erwähnten Berichtsabschnitten zu finden.

Zu den wichtigsten thematischen Grundlagen gehören:

Zu INTERLIS:

- INTERLIS Referenzhandbuch (eCH-0031 iliRefMan, 2024) liefert mit den Kapiteln genaue Definitionen für 2-dimensionale Linienzüge und Flächen (siehe hier Abschnitte 2.3 und 3). Ergänzend dazu auch das INTERLIS Metamodell (KOGIS, 2022).

- Basismodul 3D (KOGIS, 2023) enthält eine erste Gruppe von 3-dimensionalen Geometriedatentypen in Form von INTERLIS-Strukturen für Linienzüge, Flächen und Körper, die als Attributstypen verwendet werden können (siehe hier Kapitel 4).
- Wissenschaftliche Publikationen zur Anwendung und Weiterentwicklung von INTERLIS:
 - (Germann et al., 2018)
 - (Kalogianni et al., 2017)
 - (Germann et al., 2017)
 - (Kalogianni et al., 2016)
 - (Lemmen et al., 2010)

Zu IFC:

- Spezifikation und Dokumentation zu IFC in Form der online-Dokumentation (buildingSmart International, 2023), identisch zu (ISO 16739-1, 2024).
- Normen zur Sprache EXPRESS (ISO 10303-1, 2021), (ISO 10303-11, 2004) und dazugehörenden Transferformaten (ISO 10303-21, 2016) und Geometriedefinitionen (ISO 10303-42, 2021).

2.3 3D-Geometriertypen

Eine zentrale Aufgabe der Studie ist der Vergleich der Geometriertypen von INTERLIS mit denjenigen von IFC.

INTERLIS und IFC brauchen beide als Abstraktion der Realwelt den 3-dimensionalen Euklidischen Raum, den wir in der Folge kurz als Raum bezeichnen.

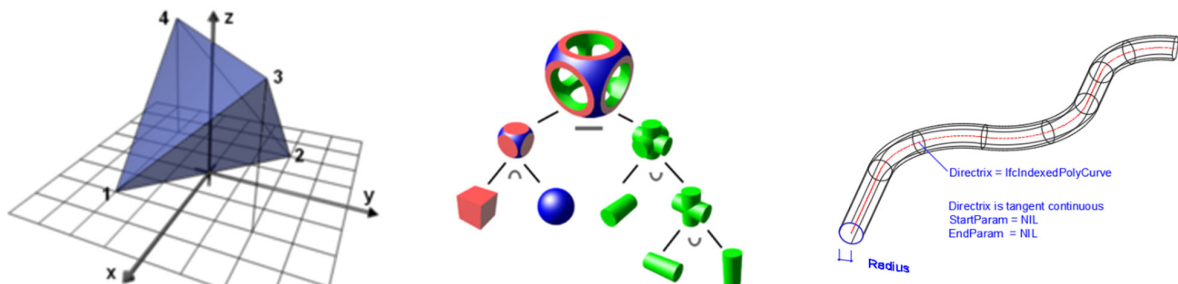
Von der Sprache INTERLIS und von den Modellen der IFC-Norm werden für die Geometriertypen unterschiedlichen Namen und Strukturdefinitionen gebraucht. Deshalb wird als Grundlage für den Vergleich ein neutrales Klassifikationssystem für Geometriertypen eingeführt.

Tabelle 1 zeigt diese neutrale Klassifikation. Für Flächen und Körper basiert sie auf der grundlegenden Unterteilung dieser Geometriertypen – bzw. von Objekten mit einem Attribut dieser Geometriertypen – in Rand- (Boundary-), Konstruktions- (Constructive-) und Unterteilungs- (Decomposition-) Definitionsart, in Anlehnung an die Definitionen in (Mäntylä, 1988) sowie (Schneider et al., 2022). Ferner werden die präzisen Definitionen der Geometrie für die Datentypen im INTERLIS Referenzhandbuch (eCH-0031 iliRefMan, 2024, chap. 3.8.12, 3.8.13) verallgemeinert für 3D.

| Klassifikation Geometrietyp | Beschreibung |
|---|--|
| Punkt (point) | (Mengen-) Element des Raumes (als Menge betrachtet). |
| kartesischer Punkt | Punkt als Koordinatenpaar resp. -triple in einem 2D resp. 3D kartesischen Koordinatensystem |
| linearer Punkt | Punkt als Abstand von Bezugspunkt in linearem Koordinatensystem |
| Linienzug (curve) | Folge von Kurvenstücken, von denen je zwei aufeinanderfolgende in einem Stützpunkt des L. zusammenstossen. Kann sich selbst treffen. |
| Geradenstück (LineString) | Kurvenstück, das ein Intervall ist |
| Bogenstück (Arc) | Kurvenstück, das ein Kreisbogen ist |
| Klothoidenstück (Clothoid) | Kurvenstück, das Teil einer Klothoide ist |
| BSplinstück (BSpline) | Kurvenstück, das definiert ist durch eine Spline-Funktion |
| | |
| Fläche (surface) | Zusammenhängende Vereinigung von endlich vielen Flächenelementen, die nur mit Rand-Linienzüge aneinanderstossen. Flächenelement heisst eine Teilmenge des Raumes, die Bildmenge einer glatten und injektiven Abbildung eines ebenen regulären Vielecks ist. Syn.: Oberfläche (hier vermeiden, eher Syn. für Randfläche eines Körpers). Flächen können sich selbst durchdringen. Flächen, die sich nicht selbst durchdringen, heissen einfache Flächen. |
| Rand-Definitionsart Boundary Representation (explizit) | Randlinienzüge der Flächenelemente werden definiert (Flächenbegrenzungsmodell, Flächenrandmodell) |
| B-Rep (ebene Flächenelemente) | Fläche mit ausschliesslich ebenen Flächenelementen, mit und ohne Löcher. Dies impliziert Geradenlinien als gemeinsame Rand-Linienzüge für ebene Flächenelemente, die nicht in derselben Ebene liegen. |
| Dreiecksnetz | Dreiecksvermaschung allgemein (Flächenelemente sind Dreiecke) |
| TIN | Dreiecksvermaschung ohne Überlagerungen in z-Richtung (d.h. für jedes X-Y-Koordinatenpaar existiert maximal eine Z-Koordinate). |
| B-Rep (nicht-ebene Flächenelemente) | Flächenverlauf der Flächenelemente muss immer definiert sein (z.B. als Oberfläche von Kugel oder Zylinder oder als NURBS), verschiedene Arten von Rand-Linienzügen sind möglich. |
| Konstruktions-Definitionsart Constructive Models (implizit) | «Konstruktionsanleitung» der Fläche mit Hilfe von Flächenelementen und/oder Linienzügen wird beschrieben. |
| Sweep | Konstruktionsverfahren mit «Bewegen» eines Linienzuges entlang einer Achse (d.h. entlang eines anderen sich nicht treffenden Linienzuges). |
| Unterteilungs-Definitionsart Decomposition Models (Raster) | Raster oder Gitter (Grid) von Flächenelementen |
| [Fortsetzung nächste Seite] | |

| | |
|---|--|
| Körper (solid) | Zusammenhängende Vereinigungsmenge von endlich vielen Körperelementen, die nur mit einfachen Randflächen aneinandertossen. Körperelement heisst eine Teilmenge des Raumes, die Bildmenge einer glatten und injektiven Abbildung eines Einheitswürfels ist. |
| Rand-Definitionsart Boundary Representation (explizit) | Randflächen (Oberflächen) des Körpers werden beschrieben |
| B-Rep (nur ebene Flächenelemente) | Beschränkung auf ebene Flächenelemente der Randflächen - mit oder ohne Löcher - impliziert Geradenlinien als Randlinienzüge des Körpers. Hinweis: Die ebenen Flächenelemente einer ebenen Randfläche liegen alle in derselben Ebene. |
| Dreiecksnetz | Dreiecksvermaschung allgemein (Rand-Flächenelemente sind Dreiecke) |
| B-Rep (nicht-ebene Flächenelemente) | Flächenelemente der Randflächen müssen immer definiert sein (z.B. als Oberflächen von Zylindern etc. oder als NURBS), verschiedene Arten von Randlinienzügen des Körpers sind möglich. |
| Konstruktions-Definitionsart Constructive Solid Models (implizit) | «Konstruktionsanleitung» des Körpers mit Hilfe von anderen einfacheren Körpern wird beschrieben. |
| CSG | Constructive Solid Geometry. Konstruktionsverfahren mit Basiskörpern und Boole'schen Mengen-Operatoren. |
| Sweep | Konstruktionsverfahren mit «Bewegen» einer Querschnittsfläche entlang einer Achse oder Rotation einer ebenen Fläche um eine Achse. |
| Unterteilungs-Definitionsart Decomposition Models | Der zu beschreibende Körper wird «zerlegt» in kleinere, in der Regel regelmässige Körper (Zerlegungsmodell). |
| Regelmässig | Rechtwinklige Quader als Elementarkörper eines 3D-Gitters. Je nach Verhältnis der Kanten werden verschiedene Ausprägungen unterschieden (Voxel, Octree, Needle, Regular Block, Geocellular u.a.). |
| Unregelmässig | Unregelmässige Polyeder (z.B. Pyramide, Tri-Prisma) werden in geeignetem 3D-Gitter positioniert |

Tabelle 1: Klassifikation Geometrietypen
(in Anlehnung an (Schneider et al., 2022))



Quellen: links, Mitte: Wikipedia; rechts: IFC/2024)

Abbildung 2: Beispiele Geometrietypen B-Rep (links), CSG (Mitte) Sweep (rechts)

3 INTERLIS und IFC: Eine Einordnung

Nähert man sich dem Vergleich zwischen INTERLIS und IFC primär aus technischer Sicht, fällt schnell die Vielschichtigkeit von IFC auf (vgl. Kapitel 5). Dies gilt selbst dann, wenn man sich auf den Umgang mit Geometrie beschränkt. Der "Nebel" lichtet sich etwas, wenn man sich fragt, welche Zielsetzungen wohl dahinter stehen und wie die Praxis aussieht.

In dieser einleitenden Betrachtung wird daher auf übergeordneter Ebene eine vergleichende Einordnung vom modellbasierten Vorgehen mit INTERLIS sowie der Anwendung von IFC gemacht. Diese Betrachtungen sollen helfen, die detaillierteren Beschreibungen zu IFC in Kapitel 5 besser einordnen zu können.

Obwohl die in beiden Welten verwendeten Modellierungssprachen eine grosse Ähnlichkeit aufweisen, zeigen sich in der grundsätzlichen Anwendung der Modellierungssprache sowie auch in der Umsetzung auf der Stufe der Datenaustausche wesentliche Unterschiede. Abbildung 3 zeigt einen Vergleich zwischen der INTERLIS- und der IFC-Welt bezüglich des modellbasierten Ansatzes und unterscheidet dabei die Ebenen der Modellierungssprache, der Datenmodelle sowie des Datenaustauschs/Transferformats.

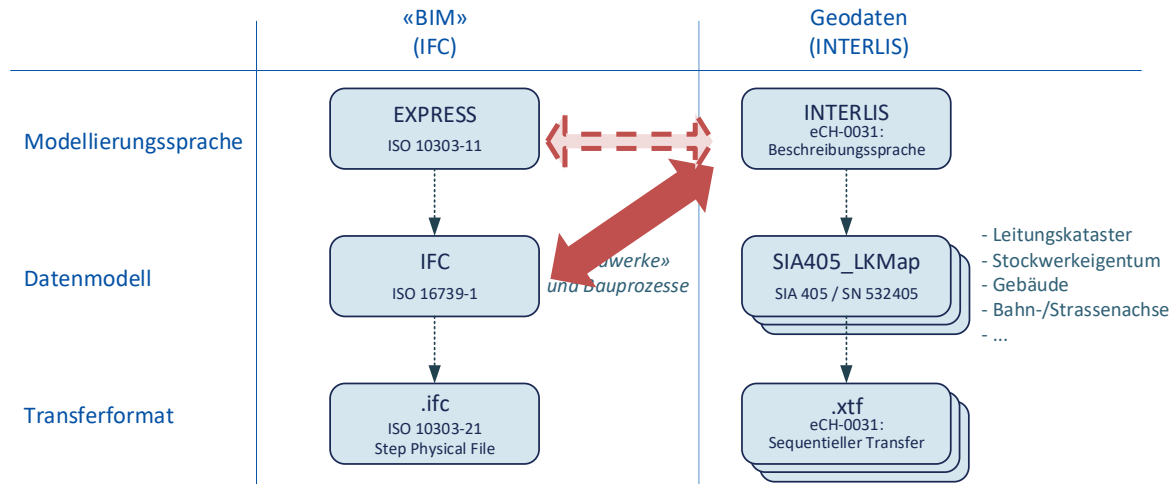


Abbildung 3: Vergleichende Einordnung von INTERLIS und IFC
(in Anlehnung an(Schildknecht, 2023))

Modellierungssprache

EXPRESS ist die Modellierungssprache, mit der das Datenmodell von IFC beschrieben ist (Details siehe Kapitel 5.1). Es gibt auf der Ebene der Modellierungssprache eine grosse Verwandtschaft zwischen den beiden Sprachen INTERLIS und EXPRESS. Beide unterstützen die zentralen Paradigmen der objektorientierten Methode (Klassen, Assoziationen, Vererbung etc.) und weisen eine ähnliche Syntax und Semantik auf.

Ein wesentlicher Unterschied liegt darin, dass INTERLIS bereits in der Sprache selbst Geometriedefinitionen macht und auch weitere Konstrukte für die präzise Definition geometrischer Aspekte bereithält (z.B. Strukturen für Koordinatensystemdefinitionen). In der Sprachdefinition von EXPRESS sind solche Aspekte nicht enthalten. Diese werden in separat definierten Standards erst auf Ebene Datenmodell bereitgestellt (z.B. ISO 10303-42). Dieses Prinzip der «Ergänzung» der Sprache mit einheitlich zu verwendenden Datenmodellen wird z.B. mit den CH-Basismodulen¹ auch mit INTERLIS genutzt.

¹ Bei den „Modulen“ handelt es sich um INTERLIS-Modelle, die von anderen Modellen importiert werden können.

Datenmodelle

Wesentlich sind die Unterschiede der beiden Welten auf der Ebene der Datenmodelle. In der BIM-Welt wird mit IFC im Prinzip nur ein einziges Datenmodell genutzt. Dieses weltweit einheitliche Datenmodell deckt einen sehr breiten Realweltausschnitt ab (die ganze bebaute Umwelt inklusive Prozesse) und ist sehr generisch aufgebaut. In seiner Grundform ist das Datenmodell bewusst nicht «streng» formuliert (wenig konkrete Vorgaben, viele optionale Definitionen). In der Spezifikation von IFC wird explizit darauf hingewiesen, dass für die Anwendung von IFC eine Konkretisierung der generischen Möglichkeiten auf die konkreten nationalen oder regionalen Anforderungen notwendig ist. In der aktuellen Praxis werden diese notwendigen Präzisierungen aber kaum gemacht, was zu einer sehr heterogenen Anwendung der generischen Konstrukte und somit zu Inkompatibilitäten führt. Die Gründe für die fehlenden Präzisierungen liegen einerseits in ungenügenden Methoden und Werkzeugen für deren Formulierung (siehe z.B. (Tomczak et al., 2022)) und andererseits auch an mangelndem Bewusstsein und Kompetenz bezüglich einer datenbasierten Arbeitsweise.

Im Gegensatz dazu zeichnet sich das modellbasierte Vorgehen mit INTERLIS dadurch aus, dass es sehr viele unterschiedliche, auf individuelle Anforderungen spezialisierte Datenmodelle gibt (z.B. rund 200 minimale Geodatenmodelle des Bundes). Diese Datenmodelle sind in der Regel sehr präzise und streng formuliert, so dass die damit ausgetauschten Daten erzwungenermassen eine hohe Qualität und Kompatibilität aufweisen.

Datenaustausch

Bei INTERLIS steht die Idee im Vordergrund, dass Daten eines bestimmten Themas über ein grösseres geografisches Gebiet einheitlich erfasst und fortgeführt werden. Dabei sollen durchaus verschiedene Bearbeitungssysteme eingesetzt werden können. D.h. zu einem Datenmodell können die Daten aus unterschiedlichen Bearbeitungssystemen integriert werden (z.B. Abgabe an Katasterstelle für die integrierte, zentrale Bereitstellung).

Mit den Mechanismen von INTERLIS wird explizit auch bezweckt, dass Daten in einem anderen Bearbeitungssystem weiterbearbeitet werden können.

Die ersten Jahre der BIM-Anwendung betrafen primär Hochbauten und damit jeweils sehr kleinräumige Perimeter. Mit der zunehmenden Etablierung der BIM-basierten Arbeitsweise auch im Infrastrukturbereich können BIM-Anwendungen nun aber auch geografisch grössere Perimeter betreffen und führen somit auch zu einer stärkeren Überschneidung mit den Daten und Methoden der Geoinformation.

In der aktuellen Anwendung in Planungs- und Bauprojekten sind oft sehr viele unterschiedliche Bearbeitungssysteme im Einsatz, die ihre Daten im offenen Standard IFC exportieren. Der Import von IFC-Daten in Bearbeitungssysteme ist in den heutigen Systemen jedoch nur bedingt möglich, indem die Daten nur als Referenzinformation angezeigt werden können. Eine echte Integration mit der Möglichkeit der Weiterbearbeitung ist aktuell in der Regel nicht möglich.

Der Datenaustausch mit IFC dient heute denn auch primär der so genannten «Modellkoordination», d.h. der räumlichen Überlagerung der verschiedenen Datensätze eines Bauwerks und der primär nur geometrischen Analyse. Bei der Zusammenführung der Datensätze findet nur eine dateibasierte (Transferdatei) Überlagerung der Datensätze und keine echte Integration auf Objektebene statt.

Aufgrund dieser bisher sehr losen Integration mit einem Fokus auf die geometrische Analyse fiel die mangelnde Präzision und Einheitlichkeit in der Datenmodelldefinition bisher weniger ins Gewicht.

Grundsätzlich ist umstritten, ob IFC einen «echten» Datenaustausch (d.h. eine Weiterbearbeitung in einem anderen System oder sogar ein vollständiger Roundtrip) überhaupt unterstützen soll².

² Siehe z.B. Diskussion hier <https://forums.buildingsmart.org/t/ifc-design-transfer-view-and-roundtrip/1384>

Zusammengefasst lässt sich konstatieren, dass INTERLIS in der Sprache und den Werkzeugen grundsätzlich sehr stringent konzipiert und umgesetzt ist, was eine einheitliche und durchgängige Anwendung auf allen Ebenen ermöglicht.

Im Vergleich dazu weist IFC in der aktuellen Anwendung einige Lücken bezüglich durchgängiger Konzepte und Werkzeuge auf. Dabei handelt es sich eher nicht um prinzipielle Mängel der zugrundeliegenden Sprache (EXPRESS), sondern vielmehr um bisher ungenügende oder unvollständige Umsetzungen.

4 INTERLIS

Ein wesentlicher Grund zur Entwicklung von INTERLIS kommt aus der Vermessung. Der Geometer hat schon immer in der Realwelt Messungen vorgenommen und daraus den Plan für das Grundbuch erstellt als Rechtsgrundlage für die Eigentumsverhältnisse. Nun waren allerdings schon die Messungen des Geometers digitale Daten und deren Verarbeitung bis und mit der Zeichnung des Plans erfolgte mit dem Computer, so dass man sich schliesslich in den 1980er Jahren sagte, eigentlich sind doch die Daten, welche der Planzeichnung zugrunde liegen, wesentlich genauer als die Planzeichnung selbst. Also sollten doch diese Daten selbst die Rechtsgrundlage bilden für die Eigentumsverhältnisse und nicht der damit gezeichnete Plan. Mit diesem Ziel wurde die Revision der amtlichen Vermessung (RAV) gestartet. Dabei galt es als wesentliche Aufgabe festzulegen, welche Vermessungsdaten nun neu die Rechtsgrundlage bilden sollten. Man dachte zunächst daran, diese Daten mit Hilfe eines Transferformats, genannt amtliche Vermessungsschnittstelle (AVS), festzulegen. Die erfolglose Diskussion unter Fachleuten, welche Daten an welche Position der Transferdateizeile gesetzt werden sollten, wurde abgebrochen durch den Auftrag: Beschreibt Struktur und Eigenschaften dieser Daten mit einer präzisen Beschreibungssprache, aus dieser Beschreibung wird dann deren Transferformat (die AVS) automatisch hergeleitet. Zu diesem Zweck wurde INTERLIS als präzise Datenbeschreibungssprache mit Format Herleitung erfunden (Dorfschmid, 1986).

Die Geometrie der Vermessung, die es zu beschreiben galt, spielte sich in der Ebene ab, mit Ausnahme der Punkte, die nicht nur 2- sondern auch 1- oder 3-dimensional sein konnten. INTERLIS war schon in der damaligen Urform (heute INTERLIS 1 genannt) eine objektrelationale Beschreibungssprache. Ein Punkt in einem 3-dimensionalen kartesischen Koordinatensystem hatte ein Attribut vom Typ COORD, nicht drei. Für die Beschreibung der Geometrie der Ebene stellte INTERLIS 1 vier Attributstypen zur Verfügung (siehe Abbildung 4):

- | | |
|-----------------------------------|----------|
| – Punkte | COORD |
| – Linienzüge | POLYLINE |
| – unabhängige Flächen | SURFACE |
| – Flächen einer Gebietseinteilung | AREA |

Die Attributstypen SURFACE und AREA definieren Flächen mit Hilfe der Rand-Definitionsart (siehe Tabelle 1) und sind von der Art B-Rep (ebene Flächenelemente) oder gemäss Glossar sogenannte ebene B-Rep Flächen. In der EBNF-Darstellung des Referenzhandbuchs (eCH-0031 iliRefMan, 2024) sind daher SURFACE und AREA auch spezielle Linienzüge.

Die GI-Normung in Europa (CEN TC 287) und weltweit (ISO TC 211) entschied sich grundsätzlich (wie vorher schon die Schweiz) für das modellbasierte Vorgehen und benötigte dazu eine konzeptionelle Datenbeschreibungssprache. Bei entsprechenden Ausschreibungen von CEN bzw. ISO konnte sich auch die Schweiz bewerben mit INTERLIS. Da ISO eine objektorientierte Datenbeschreibungssprache und XML-Transferformat verlangte, INTERLIS 1 aber nur objektrelational war und nur das CSV-Transferformat ITF unterstützte, wurde entschieden, INTERLIS 1 umzubauen auf ein objektorientiertes INTERLIS 2. Das erfolgte denn auch 1997/1998. INTERLIS 2 ermöglicht Vererbung, präzise Definition von Beziehungen und stellt XTF als zusätzliches XML-Transferformat zur Verfügung (neben ITF). Auch die Geometrie-Datentypen wurden gemäss Vorlagen von ISO erweitert um den gerichteten Linienzug und um verschiedene Mehrfachtypen (siehe Abbildung 4):

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| – Linienzüge | DIRECTED POLYLINE |
| – Mehrfach Punkte | MULTICOORD |
| – Mehrfach Linienzüge | MULTIPOLYLINE |
| – Mehrfach unabhängige Flächen | MULTISURFACE |
| – Mehrfach Gebietseinteilung | MULTIAREA |

Bei der Neugestaltung des Referenzhandbuches für INTERLIS 2 wurde unter anderem auch für die Geometrie-Datentypen präzise beschrieben, um welche mathematischen Teilmengen des 3-dimensionalen euklidischen Raumes es sich dabei handelt. Dieses objektorientierte INTERLIS wächst über die Vermessung hinaus. Mit Geoinformationsgesetz und Geoinformationsverordnungen sind bereits für sehr viele in Gesetzen erwähnte Geodaten minimale Geodatenmodelle (MGDM) erstellt worden, um den Daten-Austausch und –Bezug zu vereinheitlichen und zu vereinfachen. Ferner auch um rasche Qualitätskontrollen zu ermöglichen sowie nachhaltige integriert dokumentierte Datensicherung. Relativ INTERLIS-resistent erweisen sich Kartografie (Raster-Datentyp fehlt in INTERLIS) und Statistik (ist Selbst-Insel).

Die Anregung bzw. Notwendigkeit zur Erweiterung von INTERLIS nach 3D kam auch wieder von Seiten der Vermessung. Es zeigte sich, dass die vorhandenen 2D-Geometrie-Attributstypen nicht genügten für eine zweckmässige Beschreibung von Stockwerk-Eigentum. Daher wurden 2021/2022 die folgenden weiteren 3D-Geometrie-Attributstypen ausgearbeitet (Abbildung 4):

| | |
|--------------------------------------|--------------------|
| – allgemeiner Linienzug im Raum | Curve3D |
| – Geradenlinie | PolylineStraight3D |
| – Linienzug mit Näherungsgeometrie | CompositeCurve3D |
| – allgemeine Fläche im Raum | Surface3D |
| – Fläche mit ebenen Flächenelementen | PlanarSurface3D |
| – Dreieck | Triangle3D |
| – Fläche mit Näherungsgeometrie | CompositeSurface3D |
| – Dreiecks-Vermaschung, -Netz | Tin3D |
| – Randfläche eines Körpers | SurfaceShell3D |
| – Körper (def. durch Randfläche) | Solid3D |
| – Leitung (def. durch Extrusion) | Pipe3D |

Diese neuen Geometrietypen befinden sich als INTERLIS-Strukturen definiert im Basismodell «Geometry3D_V2» (KOGIS, 2023), das in ein Anwendungsmodell importiert werden kann, so dass die Geometrietypen als Attributstypen zur Verfügung stehen, auch wenn sie noch nicht INTERLIS Schlüsselwörter sind (daher nicht in Grossbuchstaben allein). Bei der Beschreibung der Typen steht die Näherungsgeometrie im Vordergrund. D.h. Curve3D (bzw. Surface3D) ist abstrakter Datentyp und aktuell gibt es nur eine einzige Spezialisierung Polyline-Straight3D (bzw. nur zwei, nämlich PlanarSurface3D und Triangle3D) als anwendbare Datentypen. In Zukunft können mit dem Entwurfsmuster Extension von Curve3D (bzw. Surface3D) weitere Spezialisierungen definiert werden, etwa 3D-Splines (bzw. 3D-Spline Flächen). Will man diese weiteren Spezialisierungen als Datentypen brauchen, ist das nur möglich als CompositeCurve3D (bzw. als CompositeSurface3D). Dieser zusammengesetzte Datentyp hat drei Attribute: Simplified, Native und Resolution. Dabei ist Simplified obligatorisches Attribut vom Typ PolylineStraight3D (bzw. PlanarSurface3D) und beschreibt die Näherungsgeometrie durch Geradenstücke (bzw. ebene Flächen), Native ist fakultatives Attribut vom Typ Extension für die genaue Beschreibung des neuen Geometrietyps, und Resolution ist numerisches Attribut für den maximal erlaubten Abstand zwischen der Näherungsgeometrie Simplified mit Linienzügen (bzw. Flächen) und der Originalgeometrie Native des neuen Geometrietyps.

Für den praktischen Einsatz und für Tests der Brauchbarkeit dieser neuen Geometrietypen sind verschiedene Ergänzungen nötig. Die entsprechenden Vorschläge sind in Konzeptgruppe 4 der Handlungsempfehlungen von Kap. 9.1 zusammengestellt.

In Ergänzung zu dem oben erwähnten Einfluss der internationalen Normung auf die Entwicklung von INTERLIS zu einer objektorientierten Methode mit XML-Transferformat, muss bezüglich geometrischer Datentypen auf zwei Probleme hingewiesen werden.

- Einerseits ist die Norm „ISO 19107, GI – Spatial Schema“ (ISO 19107, 2019) eher ein technischer Bericht darüber, was es alles gibt an geometrischen Datentypen, denn eine Norm mit klarer und knapper Auswahl von dem, was nötig ist.
- Andererseits ist es schwierig, den aktuellen Stand der ISO-Normen zu überblicken, und erst recht schwierig, herauszufinden, was alles davon auch praktisch realisiert und in Gebrauch ist. Diese Analyse von Zustand sowie praktischer Realisierung und Einsatz der ISO- und CEN-Normen zur Geoinformation ist eine wesentliche neue Aufgabe der SOGI Gruppe Geonormen und modellbasierte Methode (GGMM).

| Datentyp | Modul | Dimension der Repräsentation | | |
|---------------------------|---------------|------------------------------|----|----|
| | | 1D | 2D | 3D |
| Punkt | | | | |
| COORD | INTERLIS 2.4 | x | x | x |
| | | | | |
| Linien (Linienzug) | | | | |
| POLYLINE | INTERLIS 2.4 | | x | |
| DIRECTED POLYLINE | INTERLIS 2.4 | | x | |
| Curve3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| PolylineStraight3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| CompositeCurve3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| | | | | |
| Flächen | | | | |
| SURFACE | INTERLIS 2.4 | | x | |
| AREA | INTERLIS 2.4 | | x | |
| Surface3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| PlanarSurface3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| Triangle3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| CompositeSurface3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| Tin3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| SurfaceShell3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| | | | | |
| Körper | | | | |
| Solid3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| Pipe3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| | | | | |
| Multi-Typen | | | | |
| MULTICOORD | INTERLIS 2.4 | | x | |
| MULTIPOLYLINE | INTERLIS 2.4 | | x | |
| MULTISURFACE | INTERLIS 2.4 | | x | |
| MULTIAREA | INTERLIS 2.4 | | x | |
| PointCloud3D | Geometry3D_V2 | | | x |
| | | | | |

Abbildung 4: Geometrietypen INTERLIS

| Geometrie-Typen | | | | Interlis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|----------|--------|--------------------|-------------------|---------|--------------------|------------------|---------------|------------------------|---------|---------|-----------|-----------------|------------|--------------------|-------|----------------|---------|--------|------------|--------------|--|
| | | | | Punkt | | Linien (Linienzug) | | | | | | | | Flächen | | | | | | | | Körper | | Multi-Typen | |
| | | | | COORD | Coord3 | POLYLINE | DIRECTED POLYLINE | Curve3D | PolylineStraight3D | CompositeCurve3D | MULTIPOLYLINE | Directed Multipolyline | SURFACE | AREA | Surface3D | PlanarSurface3D | Triangle3D | CompositeSurface3D | Tin3D | SurfaceShell3D | Solid3D | Pipe3D | MULTICOORD | PointCloud3D | |
| Point | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Point (cartesian) | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Point (linear) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Curve | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LineString | | | | | | 1 | 2 | | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| Arc | | | | | | 1 | 2 | | | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| Clothoid | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bspline | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Surface | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boundary Representation (explizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-Rep (ebene Flächenelemente) | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | 2 | | | | | |
| Dreicksnetz | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | |
| TIN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-Rep (nicht-ebene Flächenelem.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Constructive Models (implizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sweep | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Decomposition (Raster, Grid) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solid | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boundary Representation (explizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-Rep (ebene Flächenelemente) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | |
| Dreicksnetz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B-Rep (nicht-ebene Flächenelem.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Constructive Models (Implizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CSG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sweep | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| Decomposition Models | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| regelmässig | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| unregelmässig | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Multi Geometry | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 1 | |
| Nicht klassiert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x Orientierung nicht definiert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 ohne Orientierung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 mit Orientierung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| () unendliche Geometrie (keine Begrenzung) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N Not existant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 5: Klassifikation Geometrietypen INTERLIS

5 IFC Industry Foundation Classes

In diesem Kapitel wird eine Übersicht zum Standards IFC gegeben und die für das Projekt wesentlichen konzeptuellen Aspekte werden erläutert. Aufgrund des sehr grossen Umfangs des Standards kann hierbei keinesfalls eine vollständige Betrachtung aller Aspekte vorgenommen werden. Es wird ein Fokus auf datenmodell-technische Aspekte und die Geometrie gelegt.

5.1 Allgemein

Industry Foundation Classes (IFC) ist ein internationaler Standard zum Austausch von Informationen zu Bauwerken. Der Standard wird von der Organisation buildingSmart International gepflegt und offen publiziert (buildingSmart International, 2023). Ausgewählte Versionen von IFC werden jeweils in eine ISO-Zertifizierung eingebracht und entsprechend auch als ISO-Norm publiziert, wobei die aktuelle Version 4.3 (4X3_ADD2) die jüngste ist (ISO 16739-1, 2024). Derzeit sind folgende Normversionen offizielle ISO-Normen (Quelle: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>, 2025-01-16):

| Version | Name (HTML Documentation) | ISO publication | Published |
|---------|---------------------------|--------------------|-----------|
| 4.3.2.0 | IFC 4.3 ADD2 | ISO 16739-1:2024 | 2024-04 |
| 4.0.2.1 | IFC 4 ADD2 TC1 | ISO 16739-1:2018 | 2017-10 |
| 2.3.0.1 | IFC 2x3 TC1 | ISO/PAS 16739:2005 | 2007-07 |

Tabelle 2: IFC Modellversionen mit ISO-Standardisierung

Der Standard IFC definiert ein konzeptuelles Datenmodell, dessen Strukturen und Inhalte in den folgenden Kapiteln in einer Übersicht weiter erläutert werden. Das Datenmodell von IFC ist mit der Modellierungssprache EXPRESS definiert (ISO 10303-11, 2004). Die Modellierungssprache EXPRESS ist Teil einer grossen Normenserie ISO 10303, welche mit dem Namen «STEP» (Standard for the exchange of product model data) bezeichnet wird (ISO 10303-1, 2021) und v.a. im Bereich der Maschinen- und Produktionsindustrie eine weite Verbreitung hat. Ergänzend zur Modellierungssprache sind in der Normenserie auch verschiedene Codierungsregeln (Encoding) für konkrete Datenaustauschformate spezifiziert, so insbesondere für das Format SPF (Step Physical File) (ISO 10303-21, 2016), welches für den Austausch von Bauwerksinformationen mit IFC weitaus am häufigsten verwendet wird. Die mit STEP bereitgestellten Standards für die Modellierungssprache und die Codierung von Transferformaten entsprechen demselben Prinzip, wie es auch mit INTERLIS als Sprache (.ili) und Codierungsregeln für Transferformate (z.B. .xtf) umgesetzt ist (eCH-0031 iliRefMan, 2024).

| | INTERLIS | STEP |
|--------------------------|--------------------------------------|---|
| Modellierungssprache | INTERLIS, eCH-0031, Kapitel 3 (.ili) | EXPRESS, ISO 10303-11 (.exp) |
| Encoding Transferformate | INTERLIS, eCH-0031, Kapitel 4 (.xtf) | SPF, ISO 10303-21 (.ifc) XML, ISO 10303-28 (.ifcxml) |

Tabelle 3: Vergleich INTERLIS und EXPRESS (Modellierungssprache und Encodings)

Der Standard STEP enthält neben den Sprach- und Codierungsdefinitionen auch konkrete Datenmodelldefinitionen. Daraus speziell erwähnenswert ist die Norm (ISO 10303-42, 2021), in welcher Geometriedefinitionen festgelegt sind («Geometric and topological representation»). Wie in Kapitel 5.5 noch im Detail erläutert wird, greift das konzeptuelle Modell von IFC diese Geometriedefinitionen auf resp. übernimmt diese.

5.2 Grobübersicht konzeptuelles Datenmodell

Das mit IFC definierte konzeptuelle Datenmodell stellt sehr umfangreiche Strukturen zur Abbildung von Bauwerken im weiteren Sinne bereit. Es können nicht nur die eigentlichen Hoch- und Infrastrukturbauwerke beschrieben werden, sondern zusätzlich auch Informationen zum Bauprozess und dem Management von Bauwerken wie Kosten, Ressourcen, Termine, Aktivitäten etc. In den heutigen Anwendungen in der Praxis werden aber fast ausschliesslich nur die Strukturen für die Bauwerke selbst (nicht für die Prozesse) genutzt.

Das Datenmodell umfasst rund 880 Klassen³. Davon können rund 250 Klassen als «Fachklassen» betrachtet werden, also Klassen, die konkrete Realweltobjekte abstrahieren. Die anderen Klassen können als «Systemklassen» betrachtet werden, die den Fachklassen Grundstrukturen zur Verfügung stellen. Auch die rund 130 Klassen zur Definition der Geometrie werden hier zu diesen «Systemklassen» gezählt.

Abbildung 6 zeigt in stark vereinfachter Form die Kernstruktur des konzeptuellen Datenmodells auf. Im Zentrum stehen dabei die Elemente (IfcElement). Diese sind eine Generalisierung der «Bauteile» wie z.B. Wand, Dach, Fenster, Leitung etc. sowie weiterer Realweltobjekte. Jedes Element kann mit beliebigen Eigenschaften beschrieben werden (Konzept der PropertySets, siehe unten), kann spezifisch bezüglich seiner Materialisierung charakterisiert werden und kann über verschiedene geometrische Repräsentationen verfügen (Details siehe später). Die Elemente selbst können in sich hierarchisch aufgebaut sein, wenn ein Bauteil aus verschiedenen Komponenten besteht, die je auch wieder als individuelle Bauteile identifiziert werden können.

Das Datenmodell stellt zudem drei hauptsächliche hierarchische Aggregationsstrukturen für die mehrdimensionale, fachlogische Gliederung der Elemente bereit (Raumstruktur, Klassifikation, Funktionale Gruppierung). Davon sind Raumstruktur und Funktionale Gruppierung generische Grundstrukturen, die mit beliebigen Eigenschaften beschrieben werden können. Die Klassifikation stellt eine einfache Metadatenstruktur bereit, die einen Verweis auf ausserhalb definierte Klassifikationssysteme erlaubt.

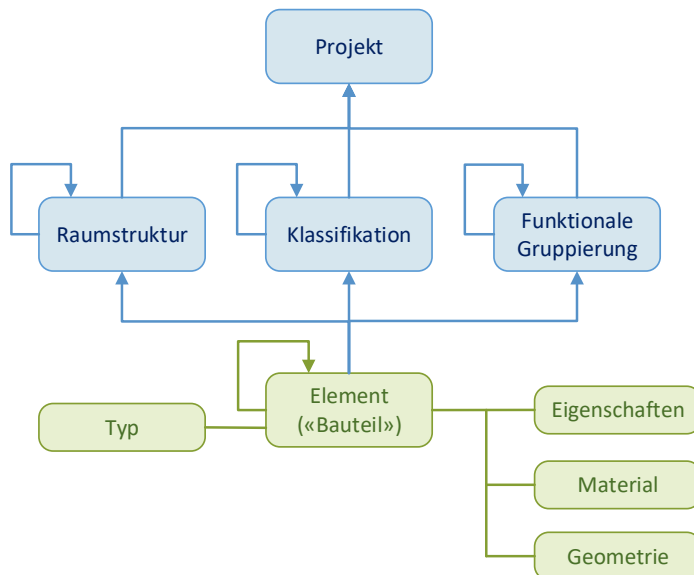


Abbildung 6: Grundstruktur IFC (schematisch, stark vereinfacht)

Die fachliche Interpretation des Datenmodells von IFC ist nicht ganz einfach. Dies liegt einerseits an der breiten fachlichen Abdeckung (Bauwerke im gesamten Lebenszyklus und damit zusammenhängende Informationen für Planung, Bau und Betrieb) und der damit

³ In der Modellierungssprache EXPRESS entspricht das Modellierungselement ENTITY einer Klasse im Sinne von UML/INTERLIS. Im Text wird in der Regel einheitlich der Begriff Klasse verwendet.

zusammenhängenden schieren Grösse des Datenmodells. Andererseits sind wesentliche Teile der konzeptuellen Regeln nicht direkt im Datenmodell selbst definiert, sondern zusätzlich über so genannte «Concept Templates» festgelegt (nachfolgend vereinfacht als IFC-Konzepte bezeichnet). Dabei handelt es sich um Spezifikationen, in welchen im Prinzip festgelegt ist, welche Assoziationen die einzelnen Fachklassen eingehen können (d.h. welchen Konzepten sie folgen). Die Concept Templates sind in der IFC-Dokumentation (buildingSmart International, 2023) in Kapitel 4 dokumentiert sowie teilweise auch maschineninterpretierbar als Model View Definition im Format mvdXML verfügbar⁴ (buildingSmart International, n.d.). Zu mvdXML siehe auch Kapitel 5.4.

5.3 Generische Konstrukte und Erweiterungsmechanismen

Das Datenmodell von IFC ist ganz bewusst sehr offen und mit verschiedenen generischen Strukturen spezifiziert worden. Dies ist darin begründet, dass es als globaler Standard funktionieren will, welcher für alle nationalen und regionalen Gegebenheiten und deren bautechnischen Usancen und Standards anwendbar sein soll. D.h. das Datenmodell legt nur die wesentlichen Grundstrukturen fest, die dann für die konkrete Anwendung gemäss den individuellen Anforderungen konkretisiert werden müssen.

Diese universelle Einsetzbarkeit wird insbesondere durch folgende generischen «Erweiterungsmechanismen» erreicht:

- Konzept der **Property**s:

Die im Datenmodell definierten Klassen verfügen nur über wenige konkrete Attribute, die primär der Identifikation der Objekte und der räumlichen Repräsentation dienen. Alle fachlichen Eigenschaften eines Objektes werden über so genannten PropertySets resp. PropertySets zugewiesen. Dabei handelt es sich um einen generischen Mechanismus, über den beliebige Paare von Eigenschaftsnamen und -werten festgelegt werden können. Diese Festlegung erfolgt nicht im Datenmodell sondern in den Daten selbst und ist deshalb nicht im Datenmodell mit EXPRESS abgebildet. Der Standard IFC definiert selbst einige hundert vordefinierter Properties. Dazu wird eine eigene XML-basierte Codierung verwendet.

- Konzept der **Predefined Types**:

Fast alle «Fachklassen» des Datenmodells verfügen über ein Attribut PredefinedType, welches je über individuelle Aufzählungswerte definiert ist. Mit diesem Attribut können Objekte einer Klasse mit der Zuweisung eines vordefinierten Typs fachlich konkretisiert werden. Semantisch entspricht dieses Prinzip eigentlich einer Spezialisierung der ursprünglichen Fachklasse. In IFC sind selbst >1600 Typen vordefiniert. Es ist darüber hinaus auch möglich, eigene Typdefinitionen anzubringen und damit quasi die vordefinierten Aufzählungswerte zu erweitern, d.h. die ursprüngliche Fachklasse beliebig zu spezialisieren. Die Erweiterung der Typdefinitionen mit eigenen Werten erfolgt wiederum nur auf Ebene der Daten und nicht im Datenmodell selbst.

5.4 Spezifikation spezifischer Austauschforderungen (Information Requirements)

Aufgrund des grossen Umfangs des Datenmodells einerseits und den generischen Erweiterungsmechanismen andererseits müssen beim Informationsaustausch von digitalen Bauwerksmodellen mit IFC zusätzlich zum eigentlichen Datenmodell jeweils zwei Arten von Präzisierungen festgelegt werden (siehe auch Abbildung 7):

- Einschränkung der Grundstrukturen auf die für den konkreten Informationsaustausch relevanten Klassen. Dabei geht es einerseits um eine Eingrenzung der zu verwendenden Fachklassen. Es kann andererseits zudem auch um eine Eingrenzung der zu unterstützenden IFC-Konzepte gehen.

⁴ Die Model View Definitionen sind für IFC-Version 4 im Format mvdXML teilweise verfügbar. Für Version 4x3 sind derzeit von buildingSmart keine MVD in strukturierter Form verfügbar.

- Festlegung und/oder Einschränkung der zu nutzenden Werte für die Erweiterungsmechanismen. Diese Einschränkungen sind bezüglich Datenmodell nicht struktureller Art sondern betreffen die erlaubten Instanziierungen der generischen Strukturen auf Datenebene.

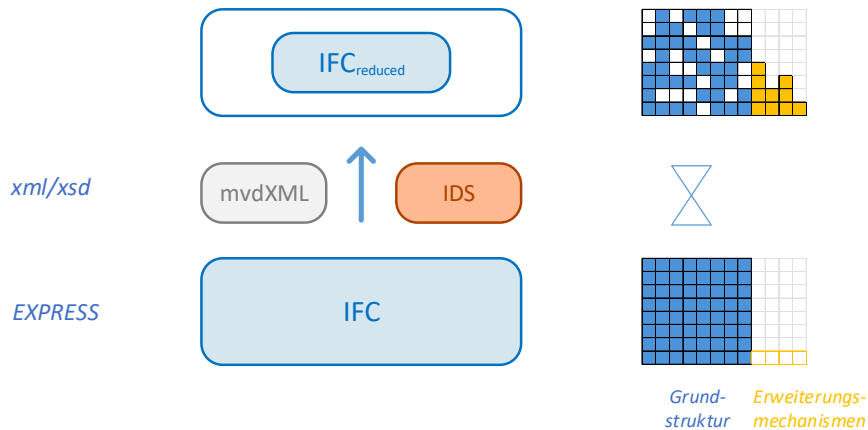


Abbildung 7: Konzepte der «Modellbildung» resp. Anforderungsspezifikation in IFC

Die konkreten Spezifikationen für den Informationsaustausch werden im BIM-Kontext üblicherweise als «Informationsanforderungen» (Exchange Requirements ER oder auch Exchange Information Requirements EIR) bezeichnet. Es wird hier – im Gegensatz zum modellbasierten Vorgehen mit INTERLIS und der Geodatenmodellierung – nicht von Austausch(daten-)modellen gesprochen.

In der aktuellen BIM-Praxis erfolgt die Festlegung von Informationsanforderungen häufig noch auf Basis von nicht standardisierten textbasierten Dokumenten mit tabellarischen Auflistungen, die nicht maschinell nutzbar sind (Tomczak et al., 2022).

BuildingSmart International hat zwei Standards für die maschinen-interpretierbare Spezifikation der Informationsanforderungen entwickelt. Es sind dies **mvdXML** und «**Information Delivery Specification**» **IDS**. Es handelt sich dabei um zwei unabhängige Spezifikationen, die je auf spezifischen XML-Strukturen definiert sind. In den folgenden Unterkapiteln wird etwas detaillierter auf diese beiden Standards eingegangen und zuerst noch der im BIM-Kontext geläufige Begriff «Model View Definition» erläutert.

5.4.1 Model View Definition

Eine «Model View Definition» (MVD) beschreibt einen Ausschnitt des gesamten IFC-Datenmodells. In der IFC-Spezifikation ist MVD definiert als «Subset of a schema satisfying particular data requirements [...] Beside being a subset of a schema, a model view definition may also impose additional constraints to the population of the subset schema». In einer MVD können ein oder mehrere «Information Requirements» festgelegt werden (buildingSmart International, 2023, chap. 3.1.26). Der Begriff MVD ist auch im Rahmen des «Information Delivery Manual» (IDM) in der Norm (ISO 29481-1, 2016) breiter eingeführt und definiert. Wie diesen Definitionen zu entnehmen ist, erfüllt eine MVD also genau die Aufgabe, das Datenmodell von IFC für konkrete Austausche zu präzisieren.

Der Begriff ist sehr eng mit dem Standard IFC verknüpft. Für jede IFC-Version sind immer auch unterschiedliche MVD definiert, mit denen verschiedene Aufgabenbereiche für die Anwendung von IFC und damit unterschiedliche Teilbereiche des Datenmodells unterschieden werden. Gemäss (Eichler et al., 2024) sind die offiziell spezifizierten MVD wie folgt definiert:

| Name | Beschreibung/Anwendungszweck | Status/IFC Versionen |
|-----------------------------|--|--|
| Coordination View (CV) | Bauwerksmodell-Koordination Wenig Einschränkung bezüglich Geometrie | Etabliert, Teil der Zertifizierung |
| Reference View (RV) | Bauwerksmodell-Koordination. Datenabgabe als Referenzinformation. Einschränkungen bezüglich Geometrie. | Etabliert, Teil der Zertifizierung |
| Design Transfer View (DTV) | Bauwerksmodell-Übergabe. «Nachfolge» von CV, jedoch mit Einschränkungen bezüglich Geometrie. | Offiziell, nicht Teil der Zertifizierung |
| Quantity Takeoff View (QV) | Bauwerksmodell-basierte Massen- und Kostenermittlung | In Entwicklung (Stand 01/2024) |
| Basic FM Handover View (FM) | Datenübergabe am Projektabschluss | Offiziell, jedoch nicht etabliert (Stand 01/2024) |
| Product Library View (LV) | Übergabe digitale Produktinformationen (Data Templates) | In Entwicklung (Stand 01/2024) |

Bis zur Version 4 von IFC dienten die MVDs insbesondere zur Zertifizierung von Softwares, d.h. im von buildingSmart geführten Zertifizierungsprozess mussten die Software-Schnittstellen die Einhaltung von MVDs belegen. Die IFC-Exportfunktionen von BIM-Autorenwerkzeugen basieren daher jeweils auf einer konkreten MVD und nicht auf dem gesamten Datenmodell von IFC. Die von buildingSmart International publizierte Webseite (buildingSmart International, n.d.) listet die offiziellen MVDs auf.

Mit der aktuellen Version 4.3 von IFC hat buildingSmart den Zertifizierungsprozess geändert und diesen unabhängig von MVDs festgelegt⁵. Auch sind in der aktuellen Spezifikation von IFC 4.3 keine vollständigen und maschinen-interpretierbaren Spezifikationen von MVDs mehr publiziert worden (und wohl auch nicht entwickelt worden). Die zukünftige Bedeutung der MVDs ist daher unklar.

5.4.2 mvdXML

Für die technische, auch maschinen-interpretierbare Spezifikation von MVDs hat buildingSmart den Standard mvdXML (mvdXML, 2016) entwickelt. Dieser erlaubt eine sehr feingranulare Definition von Subschemas von IFC und eine sehr präzise und mächtige Spezifikation der Erweiterungsmechanismen. Theoretisch lässt der Standard auch zu, eigene IFC-Konzepte und damit Fachlogik basierend auf den Strukturen von IFC zu spezifizieren.

Das folgende Klassendiagramm zeigt die konzeptuelle Datenstruktur von mvdXML in der Übersicht.

⁵ <https://www.buildingsmart.org/compliance/software-certification/>

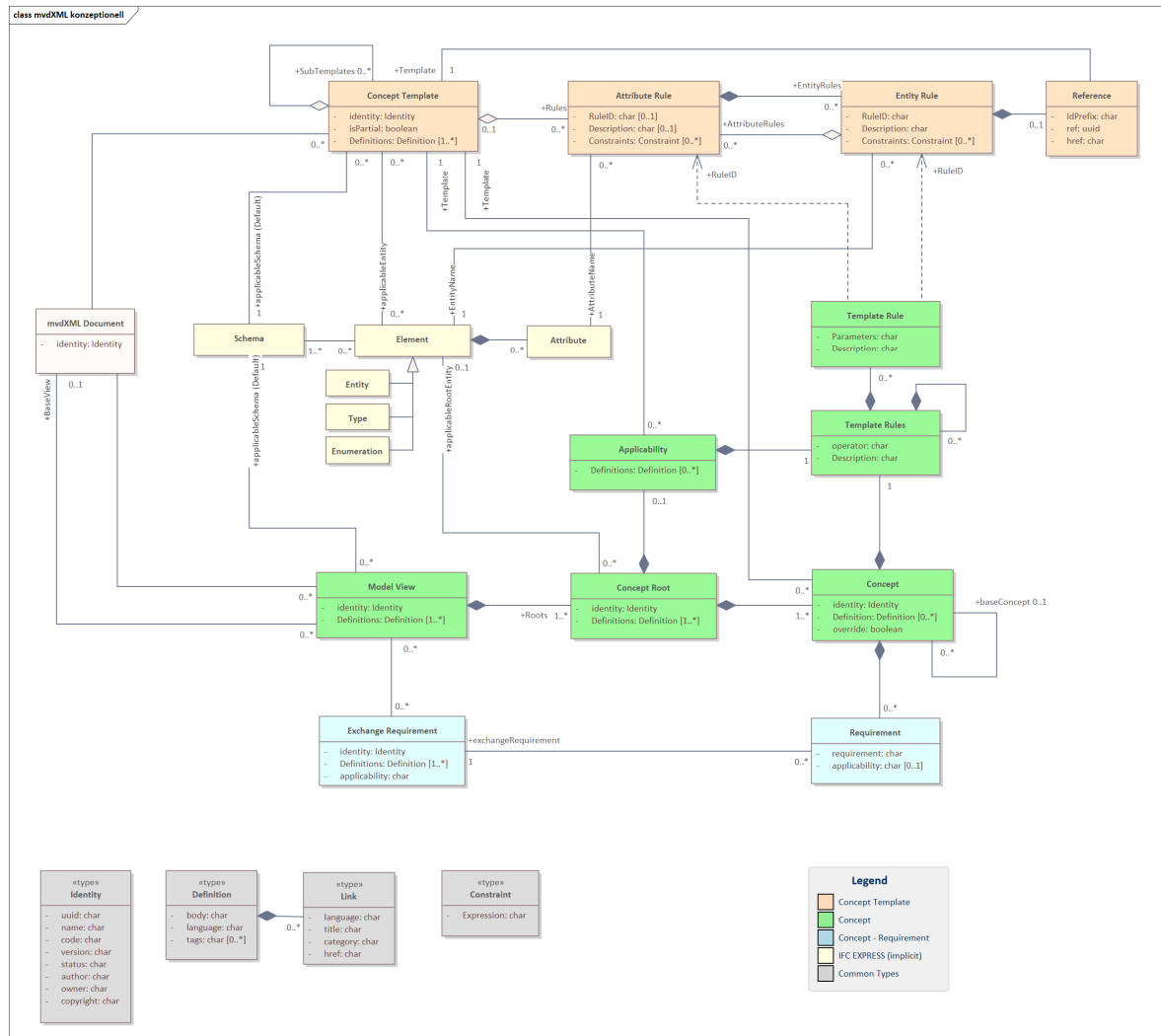


Abbildung 8: mvdXML, konzeptuelles Klassenmodell (eigene Darstellung)

Über Concept Templates können, basierend auf den Klassen von IFC, Grundmuster für Assoziationen und Attributregeln festgelegt werden. Die Concept Templates werden dann über konkrete Concepts individuellen Klassen zugewiesen. Mit mvdXML können alle Datenstrukturen von IFC adressiert werden, also insbesondere auch die Geometriedefinitionen und -zuweisungen.

In Anhang A ist ein Auszug aus einer mvdXML (Reference View) ersichtlich, der beispielhaft die Spezifikation von konkreten Geometrietypen und deren Zuweisung zu konkreten Klassen aufzeigt. Das Beispiel zeigt, dass mit mvdXML die in IFC vorhandenen Geometriedefinitionen individuell adressiert und gezielt für konkrete Nutzungen eingegrenzt und zugewiesen werden können.

Die Mächtigkeit der Möglichkeiten von mvdXML haben ihren Preis in einer relativ komplizierten Datenstruktur und nur sehr schweren Verständlichkeit. Der Standard wurde daher praktisch nur im Rahmen von Zertifizierungen von (statischen) Datenschnittstellen verwendet. Eine «dynamische» Anwendung von mvdXML, im Sinne von automatischer Schnittstellenkonfiguration auf Basis einer beliebigen mvdXML-Spezifikation, hat sich nicht durchgesetzt. Gemäss Aussage von buildingSmart wird der Standard von den Softwareherstellern als «unimplementierbar» eingestuft. Der Standard wird von buildingSmart nicht mehr weiterentwickelt (buildingSmart International, n.d.).

5.4.3 Information Delivery Specification IDS

Seit 2024 existiert mit «Information Delivery Specification» (IDS) (buildingSmart International, 2024) ein neuer Standard von buildingSmart für die Spezifikation von Informationsanforderungen. Gemäss aktueller Kommunikation von buildingSmart soll IDS den Standard mvdXML für die Spezifikation von Informationsanforderungen ablösen.

IDS wurde explizit als «leichtgewichtig» konzipiert mit einer klaren Fokussierung auf ausgewählte Anwendungsfälle und einem bewusst eingeschränkten Funktionsumfang. Dies mit dem Ziel, die «Unimplementierbarkeit» wie von mvdXML zu verhindern und eine breite Nutzung in der Praxis zu erreichen. Das Einsatzgebiet von IDS ist nicht mehr die Software-/Schnittstellen-zertifizierung sondern die einfache Anwendung in konkreten, alltäglichen Praxisprojekten und soll die Baufachleute darin unterstützen, ihre projektspezifischen Informationsanforderungen exakt zu spezifizieren.

Ein IDS-Dokument definiert eine Menge von Prüfredeln, denen die Objekte einer IFC-Datei genügen müssen. Dazu können ausgewählte Strukturen und Konzepte von IFC adressiert werden (im Gegensatz zu mvdXML aber nicht alle). Es können z.B. Klassen-, Attribut- und Propertynamen und für diese einzuhaltende Werte oder Wertebereiche festgelegt werden.

Die Spezifikation von Anforderungen an die Geometrie ist mit IDS explizit nicht möglich. Dies lässt die Bedeutung von IDS im Kontext der vorliegenden Studie als gering einstufen.

5.5 Geometrie

Das nachfolgende Klassendiagramm in Abbildung 9 zeigt eine vereinfachte Sicht auf das Geometriemodell von IFC resp. auf die Möglichkeiten zur Nutzung der verschiedenen Geometrietypen für «Fachklassen» (repräsentiert als IfcProduct).

Einem IfcProduct kann eine oder mehrere IfcShapeRepresentations zugewiesen werden. Eine solche IfcShapeRepresentation ist ein Container für die Informationen einer Geometrie. Mit dem Verweis auf den IfcGeometricRepresentationContext wird der Kontext, also z.B. u.a. das Koordinatenreferenzsystem, festgelegt.

Über das Attribut RepresentationIdentifier wird festgelegt, um welche Art der Repräsentation es sich handelt. Typischerweise sind in BIM-Modellen immer «Body»-Repräsentationen, also die 3D-Geometrie, vorhanden. Es können aber auch (zusätzlich oder alternativ) z.B. Achsrepräsentationen (z.B. für Wandachsen, Strassenachsen), Bounding Boxen der Zentroide eines Objekts dargestellt werden.

Über das Attribut RepresentationType ist definiert, welcher konkrete Geometrietyp genutzt wird. Dieses Attribut steuert sodann die für die Repräsentation konkret zu verwendenden Geometrieklassen. Im Unterschied zu INTERLIS sind mit der Modellierungssprache EXPRESS keine Geometrietypen definiert. D.h. alle Geometriedefinitionen sind explizit im Datenmodell von IFC ausmodelliert.

Mit den Kindelementen von IfcGeometricRepresentationItem sind die mit IFC verfügbaren Strukturen für die Geometrietypen festgelegt. Es handelt sich dabei um >130 Klassen. Die Klassendefinitionen sind dabei in der Regel nicht von IFC selbst spezifiziert worden, sondern sie wurden aus dem Standard (ISO 10303-42, 2021) der Normenreihe STEP «übernommen». Dabei wurden die Klassendefinitionen ins Datenmodell von IFC kopiert und die Namen der Klassen «sinnerhaltend» angepasst (z.B. «swept_disk_solid» --> «IfcSweptDiskSolid»).

Anmerkung: Die Modellierungssprache EXPRESS erlaubte auch eine «REFERENCE» von Modellen in andere Modelle (Analog zu INTERLIS). Auf diese strukturelle Integration resp. Kopplung der Modelle wurde bei IFC verzichtet, so dass die Geometrietypen aus modell-technischer Sicht im Datenmodell von IFC selbstständig definiert sind.

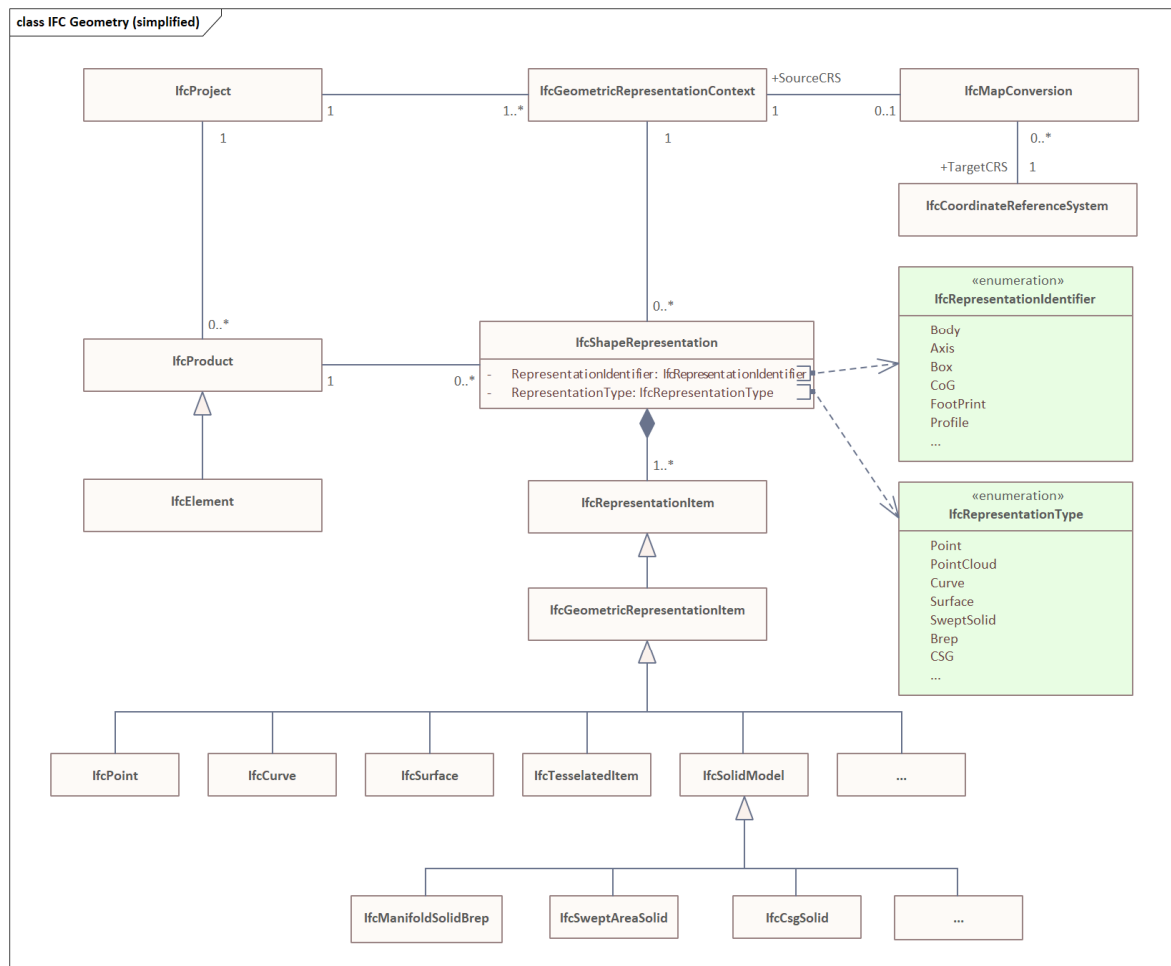


Abbildung 9: Geometriemodell IFC, vereinfacht (eigene Darstellung)

Anhang B zeigt eine vollständige Übersicht der in IFC definierten Geometrietypen in einem Klassendiagramm.

Für die Beurteilung in der vorliegenden Studie wurden nicht alle Geometrietypen evaluiert, sondern in erster Priorität nur diejenigen, die in einer der offiziell definierten MVD enthalten sind (gemäss Spezifikation von IFC 4.3 die Reference View oder die Alignment Based View). Es wurde dazu die jeweils passende Spezialisierung verwendet (d.h. nicht zwingend die tiefste Spezialisierung, wenn eine generellere Klasse bereits genügend aussagekräftig ist). In ausgewählten Fällen wurden auch Geometrietypen in den Vergleich aufgenommen, die nicht in einer offiziellen MVD enthalten sind, um potenzielle Verwendungshinweise für INTERLIS zu geben (z.B. **IfcClothoid**).

Diese noch rund 30 Geometrietypen wurden gemäss der allgemeinen Geometrietyp-Klassifikation analysiert und klassiert. Die nachfolgende Abbildung 10 zeigt die Klassifikation der evaluierten Geometrietypen von IFC.

Die Klassifikation zeigt auf, dass in IFC oft mehrere, teils sehr spezifische Geometrietypen für dieselbe Geometrietyp-Klassifikation existieren (z.B. Boundary Representation für Flächen oder Sweep für Körper).

| Geometrie-Typen | | IFC (ShapeRepresentationType) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------|--------------------|------------|-----------------|-------------|--------------------|----------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------|
| | | IfcPoint | | IfcCurve | | | | IfcSurface | | | IfcTessellatedItem | | | | IfcSolidModel | | | | | | | | | | | | | | |
| | | IfcCartesianPoint | IfcPointByDistanceExpression | IfcCartesianPointList | IfcPolyline | IfcIndexedPolyCurve | IfcCompositeCurve* | IfcLine | IfcBSplineCurve | IfcClothoid | IfcBSplineSurface | IfcPlane | IfcCylindricalSurface | IfcSphericalSurface | IfcToroidalSurface | IfcTriangulatedFaceSet | IfcTriangulatedIrregularNetwork | IfcPolygonalFaceSet | IfcIndexedPolygonalFace | IfcIndexedPolygonalFaceWithVoids | IfcAdvancedBrep | IfcFacetedBrep | IfcSweptDiskSolid | IfcSweptDiskSolidPolygon | IfcExtrudedAreaSolid | IfcSurfaceCurveSweptAreaSolid | IfcRevolvedAreaSolid | IfcSectionedSolidHorizontal | IfcCsgSolid |
| Punkt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Point (cartesian) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Point (linear) | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Linien | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LineString | | | | 1 | 1 | | (1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arc | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Clothoid | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bspline | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Ober)flächen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boundary Models (explizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B-Rep (ebene Teilflächen) | | | | | | | | | | (1) | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | |
| | Dreiecksnetz | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | TIN | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | B-Rep (nicht-ebene Teilflächen) | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Constructive Models (implizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sweep | | | | | | | | | | | (1) | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Decomposition (Raster, Grid) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Körper (solid) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boundary Models (explizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B-Rep (ebene Teilflächen) | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 2 | | | | | | | |
| | Dreiecksnetz | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | TIN | | | | | | | | | | | | | | | | N | | | | | | | | | | | | |
| | B-Rep (nicht-ebene Teilflächen) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | |
| Constructive Models (implizit) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CSG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sweep | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | |
| Decomposition Models | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | regelmässig (Hexaeder) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | unregelmässig (Polyeder) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Multi Geometry | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nicht klassiert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x | Orientierung nicht definiert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | ohne Orientierung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | mit Orientierung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| () | unendliche Geometrie (keine Begrenzung) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | Not existant | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 10: Klassifikation Geometrietypen IFC

IFC definiert neben den expliziten Boundary Models auch implizite Constructive Models, wobei für Körper sowohl das CSG- als auch das Sweep-Verfahren unterstützt sind. Für das Sweeping Verfahren selbst existieren sehr viele unterschiedliche Geometrietypen, deren Anwendungen häufig in der Konstruktion von Bauteilen liegt.

Für Linien und Flächen existieren Geometrietypen mit unendlicher Ausdehnung (Vektoren, Flächen, z.B. IfcLine, IfcPlane). Diese Geometrietypen werden häufig als «Hilfsgeometrien» für andere Geometrietypen verwendet.

Verschiedene Geometrietypen nutzen resp. unterstützen auch lineare Positionierungen auf einer Linie (z.B. IfcPointByDistanceExpression, IfcSectionedSolidHorizontal).

5.6 Relative Positionierung und geometrische «Prototypes»

Ein wesentliches Merkmal der geometrischen Repräsentation in IFC ist die relative Positionierung der Objekte. In der Regel ist ein Objekt nicht direkt im globalen Koordinatensystem lokalisiert, sondern jeweils in einem lokalen, welches relativ zu einem anderen Objekt positioniert ist. Dieses Prinzip wird in IFC als «Local Placement» bezeichnet.

Es ergibt sich in der Regel gemäss der räumlichen Struktur von Bauwerken eine Kaskade von relativen Objektpositionierungen (Borrmann et al., 2021), deren Anwendung über Konventionen festgelegt sind (Implementierungsvereinbarungen). So bilden z.B. typischerweise Stockwerke je ein eigenes lokales Koordinatensystem für alle sich im selben Stockwerk befindlichen Bauteile. Verschiebungen des Stockwerks haben dann keine Auswirkungen auf die Objekte des Stockwerks, da sich diese relativ zum Stockwerk mitverschieben (siehe Prinzip in Abbildung 11).

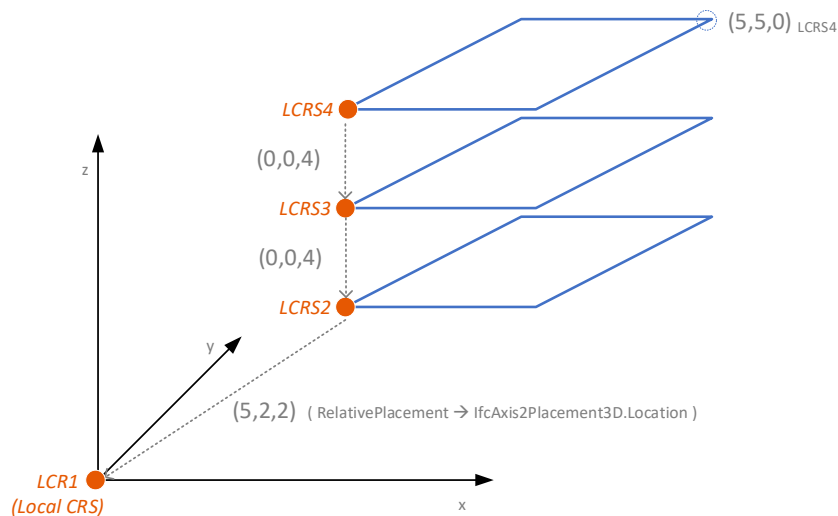


Abbildung 11: Schema relative Positionierung

Die Objektplatzierung mit der Definition eines jeweils eigenen lokalen Koordinatensystems ist definiert durch eine Nullpunktdefinition (IfcAxis2Placement3D.Location) sowie eine mögliche Verdrehung (IfcAxis2Placement3D.Axis / .RefDirection) gegenüber dem übergeordneten Koordinatensystem (IfcObjectPlacement.PlacementRelTo), siehe auch Klassenmodell in Abbildung 12.

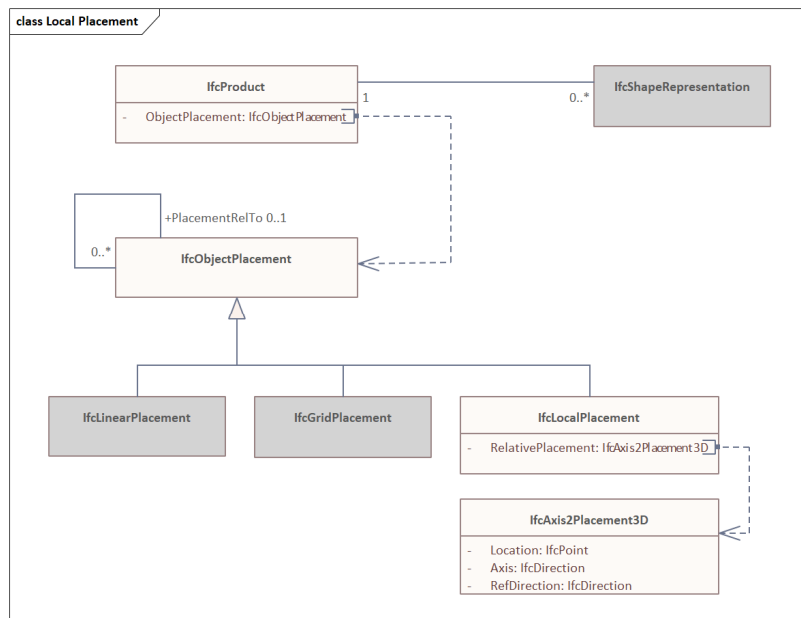


Abbildung 12: Relative Positionierung IFC, vereinfacht (eigene Darstellung)

Neben dem «Local Placement» ist auch ein «Grid Placement» sowie ein «Linear Placement» möglich. Beim Linear Placement erfolgt die Positionierung eines Objekts in Bezug zu einer Referenzachse über eine lineare Positionierung gemäss den Prinzipien der (ISO 19148, 2012).

Die relative Positionierung eines Objekts in einem jeweils lokalen Koordinatensystem erschliesst auch die Möglichkeit, gleichartige, wiederkehrende Repräsentationen wiederzuverwenden. D.h. eine geometrische Form kann einmalig definiert werden und dann für verschiedene Objekte an deren jeweiliger relativer Positionierung (vielfach) eingesetzt werden. Dieses Prinzip wird z.B. auch von CityGML unterstützt und es wird dort als «Prototype» resp. «Scene Graphs» Konzept bezeichnet (CityGML CM, 2020, chap. 7.3.2). Mögliche Anwendungen dieses Konzepts im Bereich der Geoinformation könnten u.a. sein: Verkehrsschilder, Masten, Bäume (Symbolisch), Sitzbänke etc.

5.7 Koordinatenreferenzsystem

In IFC gibt es verschiedene Möglichkeiten der Georeferenzierung der Objekte. Diese reichen von einer primitiven Angabe einer Adresse für das gesamte Projekt resp. Bauwerk (in einem ansonsten lokalen Koordinatensystem) über die Angabe von WGS-Koordinaten bis hin zur expliziten Definition eines Koordinatenreferenzsystems. (Clemen & Görne, 2019) beschreiben die verschiedenen Möglichkeiten im Detail und benennen diese auch in so genannten «Level of Georeferencing» (LoGeoRef). Das Verfahren mit der «besten» Möglichkeit zur Definition des Koordinatenreferenzsystems wird als Level 50 (LoGeoRef=50) bezeichnet und nutzt die strukturellen Möglichkeiten, die mit der Version 4 von IFC eingeführt wurden. Dieses Verfahren erlaubt die Definition eines Projektnullpunkts und dessen Positionierung in einem Landeskoordinatensystem, siehe schematische Darstellung Abbildung 13. Das Landeskoordinatensystem lässt sich über Metadaten beschreiben resp. über die Angabe z.B. eines EPSG-Codes eindeutig identifizieren, siehe Auszug aus IFC-Klassenmodell in Abbildung 14.

LoGeoRef 50

(IfcMapConversion)

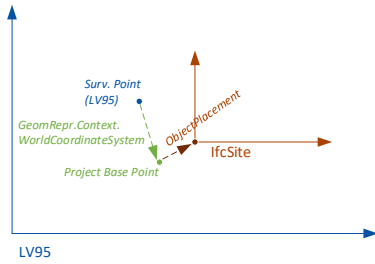


Abbildung 13: Prinzip der Georeferenzierung für LoGeoRef 50

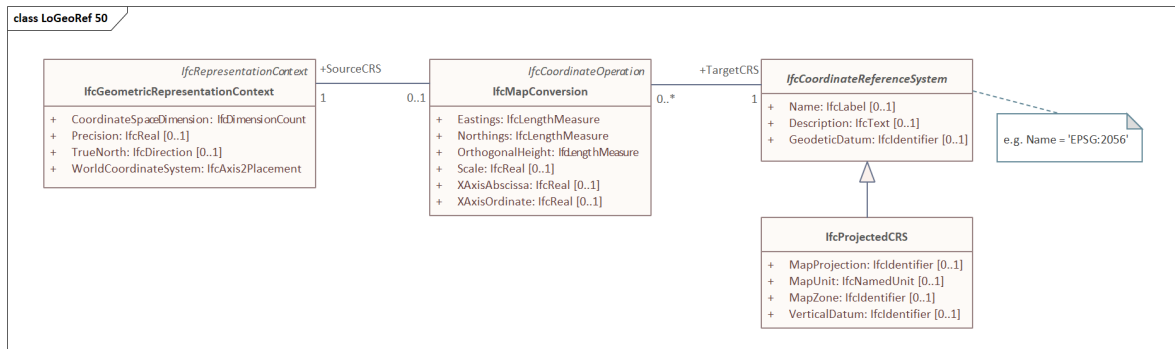


Abbildung 14: IFC Klassenmodell für LoGeoRef 50, vereinfacht (eigene Darstellung)

Angaben zum Höhenreferenzsystem lassen sich im Attribut `IfcProjectedCRS.VerticalDatum` erfassen. Es kann eine identifizierende Bezeichnung des verwendeten Höhenreferenzsystems angegeben werden.

Ein typischer Transferdatensatz hat folgende beispielhaften Informationen zum Koordinatenreferenzsystem (Auszug aus Anhang F):

```
#14=IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,0.));
#15=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#14,$,$);
#16=IFCGEOMETRICREPRESENTATIONCONTEXT($,'Model',3,1.E-05,#15,$);
#17=IFCGEOMETRICREPRESENTATIONSUBCONTEXT('Body','Model',*,*,*,*,#16,$,.MODEL_VIEW.,$);
#18=IFCPROJECTEDCRS('EPSG:2056','CH1903+ / LV95 -- Swiss CH1903+ / LV95','CH1903+','LN02','CH1903+ / LV95',$,#6);
#19=IFCMAPCONVERSION(#16,#18,0.,0.,0.,1.,0.,$);
```

Konkrete Empfehlungen zur Anwendung der Georeferenzierung in BIM/IFC für die Schweiz sind vorgeschlagen von (Barmettler et al., 2021).

6 Vergleich Geometrien INTERLIS und IFC

Im Folgenden werden die Geometrien von INTERLIS und IFC verglichen.

6.1 Geometrie

Eine Gegenüberstellung der Geometrietypen von INTERLIS und IFC ist in Abbildung 15 dargestellt (Anhang E enthält dieselbe Gegenüberstellung mit zusätzlich detaillierterer Unterscheidung der Geometrieklassifikationen).

| Geometrie-Typen | Interlis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | IFC (ShapeRepresentationType) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------|--------|--------------------|-------------------|---------|------------------|------------------|---------------|------------------------|---------|------|-----------|-----------------|------------|--------------------|----------|----------------|----------|--------|-------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------|--------------------|----------------|---------|----------------|-------------|------------------|----------|-----------------------|---------------------|-----------------|------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------|
| | Punkt | | Linien (Linienzug) | | | | | | | Flächen | | | | Körper | Multi-Typen | IfcPoint | | IfcCurve | | IfcSurface | | IfcTessellatedItem | | | | IfcSolidModel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | COORD | COORDS | POLYLINE | DIRECTED POLYLINE | Curve3D | PolylineHeight3D | CompositeCurve3D | MULTIPOLYLINE | Directed Multipolyline | SURFACE | AREA | Surface3D | PlanarSurface3D | Triangle3D | CompositeSurface3D | Trioid | SurfaceShell3D | Solid3D | Phys3D | MULTICOORD | PointCloud3D | | IfcCartesianPoint | IfcPointByDistanceExpression | IfcCartesianPointList | IfcPolyline | IfcIndexedPolyCurve | IfcCompositeCurve* | IfcOffsetCurve | IfcLine | IfcBSPineCurve | IfcCompound | IfcBSPineSurface | IfcPlane | IfcCylindricalSurface | IfcSphericalSurface | IfcTorusSurface | IfcTriangulatedFaceSet | IfcTriangulatedRegulaNetwork | IfcPolygonalFaceSet | IfcIndexedPolygonalFace | IfcAdvancedBrep | IfcAdvancedBrep | IfcAdvancedBrep | IfcSweepDiskSolid | IfcSweepDiskPolygon | IfcExtrudedAreaSolid | IfcSurfaceCurveSweepAreaSolid | IfcRevolvedAreaSolid | IfcSectionedSolidHorizontal | IfcCsgSolid |
| Point | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Curve | | | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Surface | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boundary Representation (e) | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Constructive Models (impliz) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Decomposition (Raster, Grid) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solid | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boundary Representation (e) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Constructive Models (impliz) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Decomposition Models | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 15: Vergleich Geometrietypen INTERLIS und IFC

Daraus ergeben sich für die einzelnen Geometrietypen folgende Beobachtungen:

6.1.1 Point

INTERLIS und IFC haben Geometrietypen für kartesische Koordinaten, sowohl als Einzel- als auch als Multigeometrie.

IFC definiert zudem auch lineare Punkte (IfcPointByDistanceExpression), d.h. die Punktdefinition auf einer Achse resp. in einem linearen Bezugssystem (in Anlehnung an (ISO 19148, 2012)).

6.1.2 Curve

Die «Grundtypen» von Linien mit Geradenverbindungen oder Kreisbogen sind in beiden Standards definiert.

Erweiterte Linienformen wie Klothoiden oder Bsplines sind in IFC über spezifische Geometrietypen definiert (IfcClothoid, IfcBspineCurve). In INTERLIS fehlen diese erweiterten Linientypen, sie sind jedoch im Basismodul 3D mit der noch offenen «Extension» zum abstrakten Datentypen Curve3D konzeptionell angedacht.

IFC definiert auch eine unendliche Linie (IfcLine) als Vektor, welche primär als Hilfskonstrukt für andere Geometrietypen genutzt werden kann.

Zusätzlich definiert IFC auch so genannte «Offset Curves». Dabei handelt es sich um Liniendefinitionen, die sich aus einer Basiscurve durch lineare Offsets bilden (IfcOffsetCurve).

6.1.3 Surface

Die in INTERLIS mögliche Unterscheidung zwischen AREA und SURFACE für 2D-Flächen ist in IFC nicht vorhanden. Im Basismodul 3D von INTERLIS ist keine 3D-Analogie zum AREA-Typ

definiert, d.h. alle 3D-Flächen entsprechen dem SURFACE-Konzept der unabhängigen Flächen. Man kann sich aber durchaus vorstellen, dass auch im 3D-Fall von einer Klasse von Flächen (d.h. Klasse mit einem Attribut vom Typ Surface3D) mit einer Konsistenzbedingung verlangt werden kann, dass die Gesamtheit der Flächen (evtl. mehrfach) zusammenhängend ist (etwa mit einer Funktion areAreas).

Die Geometriedefinitionen für die Boundary Representation von ebenen Flächen resp. von Flächen mit ebenen Flächenelementen sind in INTERLIS und IFC vergleichbar. IFC definiert hier häufig für einzelnen Spezialfälle individuelle Geometrietypen (z.B. IfcTesselatedItem), die sich jedoch auch in einer allgemeineren Form, wie dies das Basismodul 3D von INTERLIS definiert, beschreiben lassen.

Erweiterte Flächenformen mit nicht-ebenen Flächenelementen wie z.B. Bsplines, Kugel-, Zylinder- oder Ringkörperoberflächen-Definitionen sind in IFC über spezifische Geometrietypen definiert (z.B. IfcBsplineSurface, IfcSphericalSurface). Allerdings sind viele dieser Definitionen nicht Teil der offiziellen Model View Definitionen.

In INTERLIS fehlen diese erweiterten Flächentypen, sie sind jedoch im Basismodul 3D mit der noch offenen «Extension» zum abstrakten Datentypen Surface3D konzeptionell angedacht.

IFC definiert auch unendliche Flächen (z.B. IfcPlane, IfcCylindricalSurface), welche primär als Hilfskonstrukte für andere Geometrietypen genutzt werden können.

IFC definiert verschiedene Geometrietypen für implizite Geometriedefinitionen im Sweep-Verfahren z.B. für die Bildung von Zylinderoberflächen oder Ringen.

Bei Vermaschungsgeometrien (IfcTesselatedItem) unterscheidet IFC u.a. zwischen allgemeiner Dreiecksvermaschung (IfcTriangulatedFaceSet) und «strenger» TIN-Definition (IfcTriangulatedIrregularNetwork), welche keine Überlappungen in der Vertikalen zulässt. Im Basismodul 3D von INTERLIS ist für den Geometriotyp Tin3D die Überlappung in der Vertikalen nicht ausgeschlossen. In Anbetracht der üblichen Definition von TIN (keine Überlappungen) ist der Name Tin3D daher irreführend (oder die Definition noch zu wenig streng).

In INTERLIS sind Flächen analog zu Linienzügen definiert. Sie können sich selbst durchdringen. Flächen, die sich nicht selbst durchdringen, heissen einfache Flächen. Körper können sich nicht selbst durchdringen und sind so definiert, dass als Randflächen nur einfache Flächen vorkommen, sonst wird es definitiv unrealistisch.

6.1.4 Solid

Bezüglich der Körpergeometrien im expliziten Boundary-Representation-Verfahren zeigt sich ein analoges Bild wie bei den Flächen. Für ebene Flächenelemente zur Beschreibung der Körperoberfläche sind die Möglichkeiten von INTERLIS und IFC vergleichbar. Für nicht-ebene-Flächenelemente fehlen die Definitionen in INTERLIS.

Im Bereich der impliziten Verfahren bieten sowohl INTERLIS als auch IFC Geometrietypen für das Sweep-Verfahren. IFC macht dabei sehr viele Unterschiede in der Bildung der Sweep-Geometrie, während INTERLIS im Basismodul 3D mit dem Geometriotyp Pipe3D und dessen zwei Spezialisierungen zwar allgemeine, aber sehr zweckdienliche Definitionen bereitstellt.

Geometrietypen im CSG-Verfahren sind in INTERLIS – im Gegensatz zu IFC - nicht vorhanden. Im konstruktiven Bereich (Bauwerke, Maschinen etc.) spielen CSG-Verfahren für die Bildung von Geometrien oft eine wichtige Rolle, weshalb sie typischerweise in CAD-Anwendungen für die interne Geometriebildung wichtig sind.

Weder INTERLIS noch IFC bieten Geometrietypen im Dekompositionsverfahren (z.B. Voxel). Dekompositionen sind in vom Menschen erstellten Objekten kaum relevant, da diese Objekte sich gut mit expliziten und impliziten Verfahren geometrisch beschreiben lassen. Für natürliche Objekte resp. Phänomene werden oft Dekompositionsverfahren genutzt. Insbesondere zu nennen ist dabei die Geologie zur Abbildung geologischer Phänomene im Untergrund (siehe z.B. (Schneider et al., 2022)) oder auch die Atmosphärenphysik/Meteorologie.

6.2 Koordinatenreferenzsysteme

Es gibt mehrere Methoden, das Koordinatenreferenzsystem festzulegen. Man muss hierbei zwischen planimetrischen Koordinatensystemen und Höhenkoordinatensystemen unterscheiden.

Die heute am weitesten verbreitete Methode ein planimetrisches Koordinatensystem anzugeben ist der EPSG-Code (European Petroleum Survey Group Geodesy). Ein EPSG-Code entspricht damit einem planimetrischen Koordinatensystem (z.B. EPSG:2056 für das Koordinatensystem LV95).

Die Angabe von Höhenkoordinatensystem ist jedoch in der GIS-Welt weniger verbreitet, obwohl es auch EPSG-Codes für verschiedene Höhenkoordinatensysteme gibt (z.B. EPSG:5728 für LN02)

In INTERLIS wird das Koordinatensystem in Form einer Bounding-Box (2D oder 3D) angegeben. EPSG-Codes können dabei angegeben werden (siehe (eCH-0031 iliRefMan, 2024, chap. 3.8.8)). Die Angabe erfolgt im Datenmodell.

In IFC können sowohl das planimetrische Koordinatensystem als auch das Höhenkoordinatensystem über EPSG-Codes angegeben. Die Angabe erfolgt in der Transferdatei.

Es bestehen somit vergleichbare Möglichkeiten für die Definition des Koordinatenreferenzsystems, wobei in IFC die Spezifikation nicht im Datenmodell, sondern nur in der Transferdatei möglich ist. Mit den aktuellen Möglichkeiten von IDS lässt sich das Koordinatenreferenzsystem somit nicht maschinen-interpretierbar spezifizieren und automatisiert über ein standardisiertes Verfahren prüfen.

In der Schweiz ist das aktuelle Höhensystem (LN02 von 1902) in Überarbeitung, da es die Auswirkungen des Schwerefeldes nicht berücksichtigt und darum zu nicht eindeutigen Höhen führt (siehe <https://www.swisstopo.admin.ch/de/neues-hoehensystem>). Es ist zu erwarten, dass die Angabe des Höhenbezugssystems in Zukunft von grösserer Bedeutung sein wird.

7 Anwendungsfälle

7.1 Einleitung

Für den Analyse der verschiedenen Anwendungsfälle wurden zunächst mehrere Themen in Betracht gezogen bei denen spezielle Geometrietypen und 3D Daten relevant sind: 3D Stockwerkeigentum, Amtliche Vermessung, Leitungskataster, Geologie, LIDAR-Daten, Höhenlinien, Denkmalpflege und 3D Stadtmodelle. Gewisse Themen wurden jedoch aus verschiedenen Gründen von der Analyse ausgeschlossen: Amtliche Vermessung (das neue Datenmodell DM.AV wurde kürzlich publiziert – keine Neuerungen bezüglich 3D Geometrietypen in Sicht), Höhenlinien und LIDAR (zwar 3D Geometrien, aber zu wenig komplex und zu wenig spezifisch).

Die relevanten Anwendungsfälle, die vertieft analysiert wurden, werden in der Folge diskutiert. Es wurde analysiert:

- Mit welchen Standards (INTERLIS aber auch andere) diese Anwendungsfälle modelliert werden.
- Welche Geometrietypen zur Verwendung kommen und wo eventuelle Probleme bestehen.

7.2 Leitungskataster

Ein Leitungskataster beinhaltet 3D Vektordaten über Rohrleitungen, wie z.B. unterirdische Leitungen der Trinkwasserversorgung oder elektrische Leitungen.



Abbildung 16: Leitungskataster des Kantons Zürich

Quelle : <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/geoinformation/kataster/leitungskataster.html>

Standards und Modelle

Das neue Datenmodell der Amtlichen Vermessung DM.AV beinhaltet ein TOPIC «Rohrleitungen» in dem vier Klassen definiert sind. Die Klasse *Leitungsobjekt* kann Flächen- Linien und Punktobjekte enthalten. Sämtliche Geometrien dieser Klasse sind 2D-Geometrien mit der Ausnahme von Punktelementen, welche eine Höheninformation beinhalten können.

(<https://www.cadastre-manual.admin.ch/de/datenmodell-der-amtlichen-vermessung-dm01-av-ch>)

```
STRUCTURE Flaechenelement =
  Geometrie: MANDATORY SURFACE WITH (STRAIGHTS, ARCS) VERTEX GeometryCHLV95_V2.Coord2
  WITHOUT OVERLAPS > 0.002;
  Sichtbar: GeometryCHLV95_V2.MultiLine;
  MANDATORY CONSTRAINT CH100201: NOT(DEFINED(Sichtbar)) OR DMAVTYM_Topologie_V1_0.co-
vers(THIS,>>Geometrie,THIS,>>Sichtbar);
END Flaechenelement;

STRUCTURE Linienelement =
  Geometrie: MANDATORY GeometryCHLV95_V2.Line;
  IstSichtbar: MANDATORY BOOLEAN;
```

```

END Linienelement;

STRUCTURE Punktelement =
  Geometrie: MANDATORY GeometryCHLV95_V2.Coord2;
  Hoehengeometrie: DMAVTYM_Geometrie_V1_0.Hoehe;
  SymbolOri: MANDATORY DMAVTYM_Grafik_V1_0.Rotation;
END Punktelement;

CLASS Leitungsobjekt =
  Betreiber: MANDATORY TEXT*30;
  Qualitaetsstandard: MANDATORY DMAVTYM_Qualitaet_V1_0.Qualitaetsstandard;
  Medium: MANDATORY Medium;
  Objektstatus: MANDATORY DMAVTYM_Modinfo_V1_0.Objektstatus;
  Flaechenelement: BAG {0..*} OF Flaechenelement;
  Linienelement: BAG {0..*} OF Linienelement;
  Punktelement: BAG {0..*} OF Punktelement;
  Textposition: BAG {0..*} OF DMAVTYM_Grafik_V1_0.Textposition;
  MANDATORY CONSTRAINT CH100501: INTERLIS.elementCount(Flaechenelement)>0
    OR INTERLIS.elementCount(Linienelement)>0
    OR INTERLIS.elementCount(Punktelement)>0;
END Leitungsobjekt;

```

Beispiel DM.AV. Definition von Leitungsobjekten in Modell DMAV_Rohrleitungen_V1_0
 Quelle: https://models.geo.admin.ch/V_D/

Die Schweizer Norm SIA 405 definiert den Austausch und die Publikation von Leitungskatasterdaten. Verschiedene Themengebiete (Medien) des Leitungskataster wie Abwasser, Elektrizität, Fernwärme, Fernwirkkabel, Gas, Kommunikationsleitungen, Schutzrohre und Wasserleitungen werden definiert. SIA 405 definiert verschiedene Elemente, die für die Themengebiete relevant sind (z.B. Deckel, Bauwerke, Einleitstellen, etc).

Die aktuelle Norm SIA 405 gibt es in zwei Ausgaben: eine für 2D- und eine für 3D-Geometrien (z.B. Polyline3D mit Kreisbögen). Gewisse Klassen, welche Leitungen beschreiben, beinhalten oft eine 3D Geometrie (Linie), sowie eine (optionale) 3D Fläche und eine Mächtigkeit, um den Raum zu definieren, der von der Infrastruktur benutzt wird.

```

CLASS Trasse EXTENDS SIA405_ELEKTRIZITAET_2015_LV95.SIA405_Elektrizitaet.Trasse =
  Hoehenbestimmung: MANDATORY SIA405_Base_LV95.Genauigkeit;
  Maechtigkeit: SIA405_Base_LV95.Maechtigkeit;
  Flaechen3D: Base_LV95.Surface3D;
  Linie3D: MANDATORY Base_LV95.Polyline3D;
END Trasse;

```

Beispiel SIA 405 (3D Ausgabe). Definition eines Trasseelements für die Elektrizität: Obligatorische 3D-Liniengeometrie sowie optionale 3D-Fläche und Mächtigkeit.
 Quelle: <https://405.sia.ch/models/2015/>

Eine neue Version von SIA 405 ist in Arbeit. In der neuen Version soll es nicht mehr wie bisher zwei Datenmodelle (für 2D und 3D) geben, sondern nur noch ein einziges. In diesem Modell werden 3D-Abstichpunkte verwendet, um die 3. Dimension aufnehmen zu können. Es wird vorgeschlagen, dass der Datentransfer in INTERLIS (LKMap/XTF), IFC (LKMap/IFC) und DXF (LKMap/DXF) stattfinden kann.

Geometrietypen

3D-Geometrietypen, sowie topologische Zusammenhänge sind wichtige Elemente des Leitungskatasters. Die Definitionen in den INTERLIS-Modellen (DM.AV und SIA 405) sind entweder 2D- oder 3D-Geometrien, bei denen es möglich ist (nicht MANDATORY) die Fläche, welche von den Objekten beansprucht wird, zu definieren. Implizite Elemente wie z.B. die Mächtigkeit einer Installation werden über Attribute definiert.

Zur Abbildung von Leitungskatasterobjekten mit 3D-Geometrietypen von IFC siehe auch Anhang C.

7.3 3D Stadtmodelle

3D Stadtmodelle werden von verschiedenen Stellen publiziert, so z.B. Swisstopo (Swissbuildings3D), der Kanton Genf oder die Stadt Zürich. Ein 3D Stadtmodell beinhaltet meistens die Gebäudehülle (Dach und Fassaden) sowie Attribute, die für ein Gebäude gelten. Im Zusammenhang von 3D Stadtmodellen ist die Definition des LOD (Level of Detail – Detaillierungsgrad) wichtig. Gängige LOD-Definitionen für 3D Stadtmodelle sind:

- LOD 1: Klötzchenmodell = 2.5 D – Hochgezogene Gebäudefläche
- LOD 2: 3D Modell der Aussenhülle und Dachstrukturen
- LOD 3: 3D-Modell der Aussenhülle und Dachstrukturen mit Textur
- LOD 4: Innenraummodell inklusive 3D-Modell der Aussenhülle und Dachstrukturen mit Textur



Abbildung 17: Beispiel Swissbuildings 3D von Swisstopo

Quelle <https://www.swisstopo.admin.ch/de/landschaftmodell-swissbuildings3d-3-0-beta>

Standards und Modelle

Ein wichtiger Standard für 3D Stadtmodelle ist CityGML vom Open Geospatial Consortium. CityGML basiert auf dem Standard GML (Geography Markup Language, <https://www.ogc.org/publications/standard/gml/>)

Das konzeptuelle Modell von CityGML unterstützt prinzipiell wie GML alle Geometrien gemäss ISO 19107. Volumengeometrien werden auf die BRep-Repräsentationen von ISO 19107 eingeschränkt (z.B. Surface und Solid). Implizierte Verfahren wie Sweeping und CSG werden somit nicht unterstützt.

Im Rahmen einer "Modularisierung" können die erlaubten Geometrietypen eingeschränkt werden (Modularisierungen sind eine Art Profile zur Nutzung von CityGML, auch mit spezieller Serialisierung und liegen ausserhalb des Definitionsbereichs des konzeptuellen Modells von CityGML).

Geometrien können in CityGML auch als Multi- und Compound- gebildet werden (Multipoint, Multisurface etc.) Template-Geometrien (Prototype Geometry, auch als Scene Graph Concept bezeichnet) werden auch in CityGML unterstützt. Bei Template-Geometrien gibt es eine Geometriedefinition in einem lokalen Koordinatensystem. Diese Geometrien können mehrfach für die Repräsentation unterschiedlicher Objekte genutzt werden. In CityGML werden ansonsten globale Koordinatensysteme verwendet (im Unterschied zu CAD/BIM-Systeme welche lokale Koordinatensysteme verwenden können).

Neben der Abbildung von Gebäudegeometrien werden auch andere Objekte wie Bäume, Strassenschilder, Masten, Hydranten etc. in CityGML unterstützt.

Ausser CityGML gibt es auch einen weiteren OGC-Standard, CityJSON (<https://www.cityjson.org/>), welcher im Gegensatz zu CityGML nicht GML/XML, sondern JSON als Grundlage benützt. Dieser Standard basiert auf CityGML, unterstützt jedoch nicht alle Elemente von CityGML.

Ein weiterer relevanter Standard des OGC im Zusammenhang mit 3D Stadtmodellen ist LandInfra/InfraGML (<https://www.ogc.org/de/publications/standard/infragml/>) Dieser Standard baut auch auf GML auf und unterstützt somit dieselben Geometrietypen wie GML (ISO 19107).

Geometrietypen

3D Stadtmodelle beinhalten eine Vielfalt von verschiedenen Geometrietypen. Sehr wichtig sind Boundary Representations (BRep) für die Darstellung von Gebäuden. Multi-Geometrien kommen oft vor, um z.B. eine Fassade darzustellen, welche aus mehreren Teilflächen besteht. Ein wichtiges Konzept sind Template-Geometrien, welche an verschiedenen Orten wiederverwendet werden. Da 3D Stadtmodelle in verschiedenen Zusammenhängen benutzt werden (z.B. 3D-Viewer des Bundes oder von verschiedenen Kantonen) sind globale Koordinatensysteme vorherrschend.

7.4 Stockwerkeigentum

Standards und Modelle

Der Bund hat Empfehlungen zu einer Datenmodellierung von Stockwerkeigentum abgegeben (<https://www.cadastre-manual.admin.ch/de/empfehlungen-amtliche-vermessung>). Diese Empfehlungen wurden als mögliche Erweiterung der Datenmodelle der Amtlichen Vermessung DM.AV beschrieben. Die folgende Abbildung 18 illustriert die Struktur des Datenmodells.

Geometrietypen

Der Geometrietyp, den der Bund in seinem Datenmodell bevorzugt, ist 3D-Volumes, deshalb stehen Boundary Representations im Fokus.

Allerdings sollte man beachten, dass auch implizite Verfahren für konstruktive Details des Stockwerkeigentums zielführend sein könnten - z.B. eine tragende Säule im Raum, welche aus dem «Raumwürfel» exkludiert werden muss. Dieses kann mit dem CSG-Verfahren bewerkstelligt werden. Des Weiteren können auch z.B. Raumwürfel durch Extrusion der Grundflächen (z.B. auch wegen topologischen Abhängigkeiten in der Konstruktion) erstellt werden.

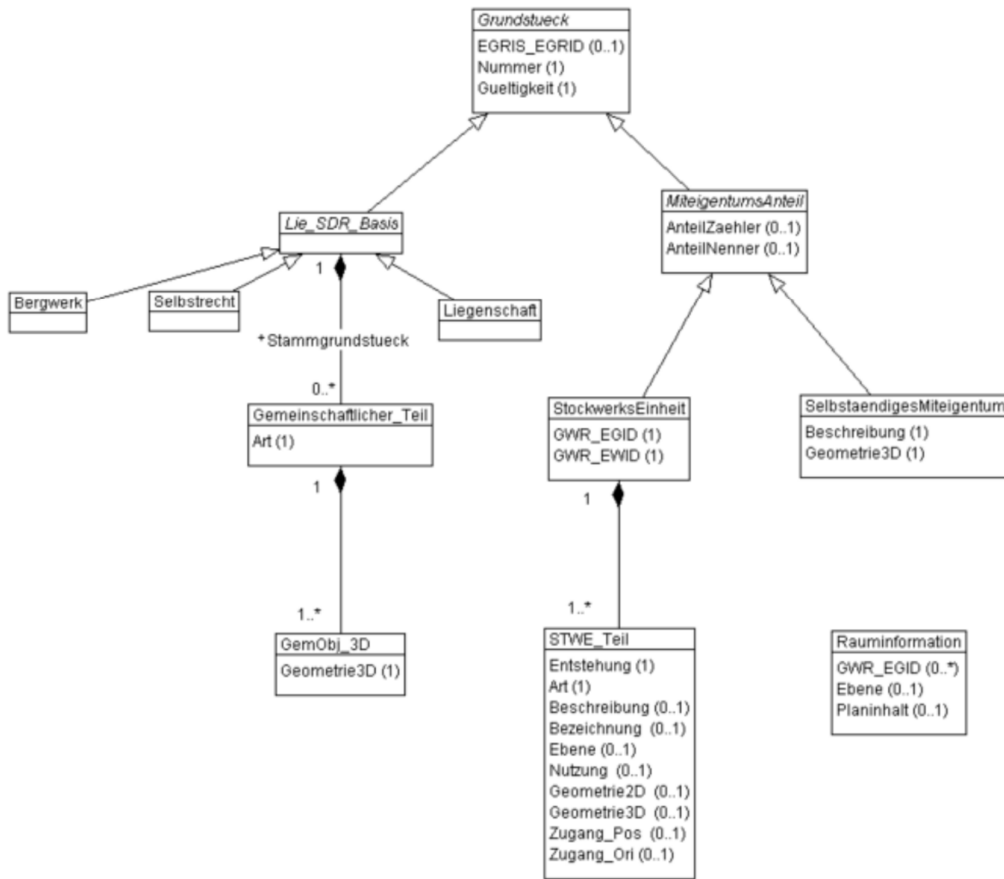


Abbildung 18: Datenmodell DM.StWE

Quelle: Empfehlung Digitale Dokumentation Stockwerkeigentum – Aufteilungsplan. Arbeitsgruppe «Digitale Dokumentation Stockwerkeigentum», Fachstelle Eidgenössische Vermessungsdirektion 05.05.2020

7.5 Bahn- und Strasseninfrastruktur

Standards und Modelle

Bahn- und Strasseninfrastruktur sind ein wichtiger Bestandteil der Nationalen Geodateninfrastruktur und verschiedene Bundesämter haben Modelle in INTERLIS erarbeitet (ASTRA und BAV).

```
STRUCTURE AxisSegmentGeometry =
  Geometry : MANDATORY GeometryCHLV03_V1.LineWithAltitude;
  !! 3D PolyLine with STRAIGHTS, no ARCS or Spirals supported (INTERLIS does not support
  spirals anyhow)
  LinDist : LIST {2 .. *} OF Measure;
  !! for EACH vertex: calibrated distance along axis to 1st vertex, this constraint must be
  checked by the application
  CaptureMethod : AxisCatalogs_V1_1.AxisCatalogs.CaptureMethodRef;
  !! method of capturing the line geometry
  CaptureDate : INTERLIS.XMLDate; !! date when geometry has been captured
  AccuracyHorizontal : 0.000 .. 100.000 [INTERLIS.m]; !! horizontal accuracy
  AccuracyVertical : 0.000 .. 100.000 [INTERLIS.m]; !! vertical accuracy
END AxisSegmentGeometry;
```

Beispiel axis.ili des ASTRA: Die Achsengeometrie ist eine 3D-Linie. Es wird im Model bemängelt, dass Geometrietypen fehlen. Quelle : <https://models.geo.admin.ch/ASTRA/>

Geometrietypen

Für die Modellierung von Strassen und Eisenbahnen gibt einige Spezialitäten:

- Die lineare Referenzierung, welche Referenzpunkte definiert, um später relative Geometrien zu den Referenzpunkten definieren zu können.
- Klothoide, welche verwendet werden, um Kurven zu definieren – das Fehlen von Klothoiden im INTERLIS Standard wird explizit im Datenmodell des ASTRA beanstandet.

Des weiteren kann man eine lineare Infrastruktur auch als Fläche oder Körper abbilden. In vielen geographischen Informationssystemen werden häufig Buffer verwendet, um aus linearen Daten Flächen zu erstellen. In der Amtlichen Vermessung werden z.B. Strassen als Flächen definiert. Bei der Abbildung als Körper kann eine geometrische Form entlang der Linie geführt werden.

7.6 Fazit Anwendungsfälle

Die analysierten Anwendungsfälle sind nah an BIM-Thematiken und deshalb auch für einen Datenaustausch zwischen beiden Welten BIM und GIS relevant.

Es gibt mehrere Standards, welche die verschiedenen Anwendungsfälle abdecken, jedoch kann man bei einigen für die Anwendungsfälle analysierten Standards feststellen, dass es sich nicht um eigentliche 3D-Geometrien handelt (z.B. Leitungskataster, Bahn- und Strasseninfrastruktur), sondern um 2D-Geometrien mit zusätzlichen Informationen (Abstichpunkte oder Attribute welche eine implizierte Extrusion angeben – z.B. den Durchmesser eines Rohrs). Diese Feststellung kann mit den vorherrschenden 2D-Systemen zusammenhängen, welche hauptsächlich für die Verwaltung dieser Daten verwendet werden. Zwei Elemente, welche jedoch im INTERLIS-Standard fehlen, sind Klothoide und die Unterstützung der linearen Referenzierung.

Die Anwendungsfälle “3D Stadtmodelle” und “3D Stockwerkeigentum” benutzen 3D Geometrien welche BRep verwenden. Template-Geometrien (z.B. CityGML) können auch vorkommen und werden in einem lokalen Koordinatensystem definiert. Im Bereich des 3D Stockwerkeigentums können jedoch auch andere Verfahren wie CSG und Sweep in Zukunft relevant werden.

Sämtliche Anwendungsfälle haben gemeinsam, dass sie globale Koordinatensysteme verwenden.

8 Beurteilung Konzepte für 3D-Repräsentationen in INTERLIS

Durch den Vergleich zwischen INTERLIS und IFC konnten bezüglich der Geometrietypen und verwandter Konzepte einige Differenzen aufgezeigt werden. In der folgenden Tabelle 4 sind einige dieser Feststellungen als potenziell relevante Ergänzungen für INTERLIS aufgeführt und kurz erläutert (in Ergänzung zu den Ausführungen, Kapitel 6.1). Jede Feststellung ist in Tabelle 4 bezüglich drei Kriterien beurteilt. Die Kriterien geben eine fachlich-technische Einschätzung des aufgeführten Geometrietyps. Die Beurteilungskriterien haben folgende Bedeutungen:

- **RELF**: Fachliche Relevanz:

Die Relevanz des durch den Geometrietyp unterstützten Konzepts aus fachlicher Perspektive, d.h. wie dringend/wichtig ist die Einführung des Geometrietyps aus Sicht von fachlichen Anwendungsfällen.

- **AUSB**: Ausbreitung/Bedeutung

Beurteilt die Ausbreitung/Verbreitung des Anwendungsfalls resp. der Geodatenätze, die einen entsprechenden Geometrietyp benötigen.

- **EINF**: Einfachheit

Beurteilt die Einfachheit des Geometrietyps resp. des damit verbundenen Konzepts bezüglich dessen Umsetzung. Die Beurteilung umfasst sowohl eine Umsetzung in INTERLIS selbst (als Sprachkonstrukt) als auch die notwendigen Implementierungen in INTERLIS-Anwendungen (Implementierungen in Software).

Skala zu beachten: Geringe Einfachheit entspricht hoher Komplexität, d.h. Einfachheit = 1 => Schwierige Umsetzung

Die Beurteilung erfolgt in folgender Skala:

- 1: gering
- 2: mittel
- 3: gross

Es handelt sich um eine qualitative Beurteilung durch die Autoren sowie der Fachexpert*innen der SOGI Gruppe Geonormen und modellbasierte Methode (GGMM), welche im Rahmen eines gemeinsamen Workshops am 24.02.2025 erarbeitet wurde.

| Nr | Beschreibung | RELF | AUSB | EINF |
|-----|--|------|------|------|
| | Point | | | |
| P01 | <p>Linearer Punkt: neuer Datentyp</p> <p>Für lineare Systeme sind lineare Positionierungen etabliert und von grosser Wichtigkeit. Dies betrifft neben natürlichen Systemen (z.B. Gewässer) insbesondere Infrastruktursysteme (Bahn, Strasse, Werke), die eine sehr grosse Überschneidung der Anwendungsbereiche von GIS und BIM aufweisen. Die formale Implementierung als Sprachkonstrukt wird als wenig Komplex eingestuft. Zudem verfügen viele GIS-Systeme bereits über Implementierungen gemäss (ISO 19148, 2012)</p> | 3 | 2 | 2 |
| | Curve | | | |
| L01 | <p>Klothoide: neuer/erweiterter Datentyp</p> <p>Linienzüge mit Klothoidenstücken sind in der Bahn- und Strassenprojektierung von grosser Bedeutung. Nur wenige (GIS-)Systeme unterstützen jedoch diese Kurvenform, weshalb heute ausserhalb der Expertensysteme eine Vereinfachung mit Geradenstücken gemacht wird. Die Annäherung durch Geraden- oder Kreisbogen ist für die meisten indirekten Anwendungen ausreichend/akzeptabel, nicht jedoch für den Transfer der konstruktiven «Kerninformation».</p> | 2 | 2 | 1 |
| L02 | <p>BSpline : neuer/erweiterter Datentyp</p> <p>Zur Abbildung natürlicher Phänomene (z.B. Geologie) können freie Kurvenformen die beste Näherung bilden. Annäherungen resp. Vereinfachungen durch andere Kurvenformen werden aber als ausreichend eingestuft.</p> | 1 | 1 | 1 |
| L03 | <p>Offset-Kurven (Lineare Kurven): neuer Datentyp</p> <p>Siehe P01, linearer Punkt</p> | 3 | 2 | 2 |
| L04 | <p>Vektoren (unendliche Liniengeometrie): neuer Datentyp</p> <p>Für die Abbildung von Realweltphänomenen nur in Ausnahmen notwendig, d.h. fachlich kaum relevant. Als Hilfsgeometrie zur Bildung «höherwertiger» Geometrien allenfalls im Rahmen der Implementierung zu prüfen.</p> | 1 | 1 | 3 |
| | Surface | | | |
| F01 | <p>Flächen mit nicht-ebenen Flächenelementen: neuer Datentyp</p> <p>Zur Abbildung natürlicher Phänomene (z.B. Geologie) können freie Flächen die beste Näherung bilden. Annäherungen resp. Vereinfachungen durch Flächen mit ebenen Flächenelementen werden aber als ausreichend eingestuft. Zu beachten ist die grössere Datenmenge, die durch die Approximation entsteht.</p> | 1 | 2 | 1 |
| F02 | <p>Unendliche Flächen: neuer Datentyp</p> <p>Für die Abbildung von Realweltphänomenen nur in Ausnahmen notwendig, d.h. fachlich kaum relevant. Annäherung durch begrenzte Flächen erscheint genügend.</p> | 1 | 1 | 3 |
| F03 | <p>Sweep-Geometrie (Zylinder, etc.): neuer Datentyp</p> <p>Hohe Relevanz im konstruktiven Bereich, geringe Relevanz im GIS-Bereich. Annäherungen resp. Vereinfachungen durch Flächen mit ebenen Flächenelementen werden als ausreichend eingestuft.</p> | 1 | 1 | 3 |

| | | | | |
|-------|---|---|---|---|
| F04 | Unterscheidungen Dreiecksvermaschung (allgemein und TIN): Anpassung/Präzisierung Datentyp Die Geometriedefinition im Basismodul 3D an gängige Definition von TIN anpassen. | 1 | 3 | 3 |
| F05 | Dekompositions-Geometrie (Raster, Pixel): neuer Datentyp Hohe fachliche Relevanz und Verbreitung, da viele Geodatensätze in diesem Format existieren. Es ist zu unterscheiden zwischen der Modelldefinition und dem Transferformat. Als Transferformat existieren etablierte Formate, die nicht durch INTERLIS ersetzt werden sollten. Hingegen erscheint eine Ergänzung dieser Transferformate durch eine systemneutrale Modellbeschreibung mit INTERLIS als nützlich. | 2 | 3 | 2 |
| | Solid | | | |
| K01 | Körperränder mit nicht-ebenen Flächenelementen: neuer Datentyp Zur Abbildung natürlicher Phänomene (z.B. Geologie) können freie Körperränder die beste Näherung bilden. Annäherungen resp. Vereinfachungen durch Flächen mit ebenen Flächenelementen werden aber als ausreichend eingestuft. | 1 | 2 | 1 |
| K02 | Sweep-Geometrie: kein Handlungsbedarf (pro memoria) Hohe fachliche Relevanz für Leitungskataster. Bestehende Definitionen in Basismodul 3D ausreichend. | 3 | 2 | 3 |
| K03 | CSG-Geometrie: neuer Datentyp Hohe Relevanz im konstruktiven Bereich, nur bedingte Relevanz im GIS-Bereich. Mögliche Relevanz für z.B. 3DSTWE. Sehr hohe Komplexität für Implementierung und Systemumsetzung. Die Verwendung anderer Geometrietypen mit entsprechend eingeschränkten Möglichkeiten bezüglich geometrischer Genauigkeit und Speicherplatz erscheint aber akzeptabel. | 1 | 1 | 1 |
| K04 | Dekompositions-Geometrie (Voxel): neuer Datentyp Relevant insbesondere für natürliche Phänomene (z.B. Geologie, Meteorologie) | 3 | 3 | 2 |
| | Weitere Konzepte | | | |
| CRS01 | Relative Positionierung Hohe Relevanz im konstruktiven Bereich, v.a. im Hochbau, geringe Relevanz im GIS-Bereich resp. im Infrastrukturbereich. Eine Umsetzung in INTERLIS erscheint prinzipiell verhältnismässig gut machbar. | 1 | 1 | 2 |
| CRS02 | Geometrische Prototypen Relevante fachliche Bedeutung und Verbreitung. Weist einen Bezug zum Konzept der relativen Positionierung auf. Für die Rückführung BIM->GIS erscheint eine «Auflösung» geometrischer Prototypen in «normale» GIS-Geometrien (mit absoluten, individuellen Koordinaten) akzeptabel. Zumindest für Punktobjekte kann dieses Konzept mit reduziertem Funktionsumfang auch durch die Symbologie abgedeckt werden. | 2 | 2 | 1 |

Tabelle 4: Beurteilung relevante Geometrietypen für INTERLIS

9 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die im vorherigen Kapitel auf die individuellen Geometrietypen bezogenen Beurteilungen bezüglich Relevanz und Komplexität werden im Folgenden für ein Fazit und die Handlungsempfehlungen zu so genannten Konzeptgruppen zusammengefasst. Es werden damit konzeptuell verwandte Aspekte zusammengefasst, weil diese sinnvollerweise jeweils gemeinsam für eine Implementierung in INTERLIS betrachtet und umgesetzt werden.

9.1 Konzeptgruppen

| Konzeptgruppe 1 – Lineare und relative Positionierungen | |
|---|--|
| Umfasst Beurteilungen: <ul style="list-style-type: none">– Lineare Positionierung (P01/L03)– Relative Positionierung (CRS01)– Geometrische Prototypen (CRS02) | Relevanz und Priorität für Umsetzung in INTERLIS: Hoch |
| <p><i>Erwägungen:</i></p> <p>Die fachliche Relevanz und Verbreitung der linearen Positionierung ist gross und eine einheitliche Umsetzung in INTERLIS wird als sehr wertvoll erachtet. Zudem sind die Konzepte der linearen Referenzierung in den gängigen GIS-Systemen implementiert und auch über die (ISO 19148, 2012) im GIS-Bereich standardisiert. Der ISO-Standard soll als primäre Orientierung für die Implementierung in INTERLIS dienen. Eine mögliche Umsetzung linearer Referenzierung in INTERLIS wurde in (Gnägi et al., 2013) entwickelt, um eine umkehrbar eindeutige Transformation zwischen linearen und geodätischen Koordinaten präzise konzeptionell beschreiben zu können.</p> <p>Im Gegensatz zur linearen Referenzierung konnten für die Aspekte der relativen Positionierung und der geometrischen Prototypen unmittelbar keine besonders hohe fachliche Dringlichkeit festgestellt werden. Beide Konzepte haben aber potenziell eine inhaltlich grosse Ähnlichkeit mit der linearen Positionierung, weshalb sie zur selben Konzeptgruppe hinzugefügt werden.</p> <p>Die lineare Positionierung selbst muss Konzepte der relativen Positionierung (auf einer Linie) berücksichtigen und jede Referenzierungslinie definiert eigentlich ein eigenes lokales Bezugssystem. Insofern erscheint es sinnvoll, bei einer Konzeptentwicklung für die lineare Positionierung auch gleich die Anforderungen der relativen Positionierung und der geometrischen Prototypen mitzubearbeiten und nach Möglichkeit auch umzusetzen. Sollte sich bei der Konzeptentwicklung zeigen, dass die Berücksichtigung der relativen Positionierung und/oder der geometrischen Prototypen zu unverhältnismässig erhöhter Komplexität führt, können und sollen diese Konzepte weggelassen werden.</p> | |

| Konzeptgruppe 2 – Klothoide (Trassierung) | |
|---|--|
| Umfasst Beurteilungen: – Klothoide (L01) | Relevanz und Priorität für Umsetzung in INTERLIS: Hoch |
| <p><i>Erwägungen:</i></p> <p>In der Projektierung von Verkehrswegen (Strassen und Bahnen) sind Klothoiden eine zentrale Geometriedefinition, die für die Konstruktion und verschiedene normative Berechnungs- und Nachweisverfahren unerlässlich sind.</p> <p>Klothoiden sind mathematisch nur in einer Ebene (normalerweise im Grundriss) definiert. Zusätzlich zur Klothoidendefinition werden darum meistens festgelegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Definition des vertikalen Verlaufs entlang der Achse (meist als Abfolge von Geraden bei gleichmässiger Steigung und Kreisbogen für die Ausrundung). – Definition der Querneigung (=Anrampung) entlang der Achse (als Neigung, Neigung links/rechts oder Querprofil). – Definition von Breiteangaben (allenfalls für verschiedene Zwecke) (im Grundriss, in der Querneigung, als Verbindung von Querprofilpunkten). <p>Durch diese Angaben ergeben sich je nach Bedarf eine 3D-Fläche, eine linke und rechte 3D-Randlinie (Schienenverlauf) oder ein 3D-Körper (Lichttraumprofil).</p> <p>Abzuklären ist, wie diese Angaben sinnvollerweise in INTERLIS modelliert werden und wie sie sich mit dem IFC-Lösungsansatz vertragen, wie er in (Domer & Bernardello, 2023, p. 158) anschaulich dokumentiert ist (Definition des 3D-Linienzugs auf Basis von horizontalen und vertikalen Projektionen).</p> <p>Die Klothoide ist eine Extension zur Curve3D im Basismodell 3D für INTERLIS 2.4 (KOGIS, 2023). An diesem Beispiel kann gezeigt werden, wie der Abstand zwischen dem originalen Linienzug (Native) und seiner linearen Näherung (Simplified) bestimmt wird (Pendenz in Konzeptgruppe 4). Dieser Abstand muss kleiner sein als eine gewisse Toleranz entsprechend Resolution.</p> | |

| Konzeptgruppe 3 – Dekompositionsgeometrien (Raster, Voxel) | |
|--|--|
| Umfasst Beurteilungen: – Dekompositions-Geometrie Fläche (Raster) (F05) – Dekompositions-Geometrie Körper (Voxel) (K04) | Relevanz und Priorität für Umsetzung in INTERLIS: Hoch |
| <p><i>Erwägungen:</i></p> <p>Raster- bzw. Voxelpunkte könnten mit heutigem INTERLIS zum Beispiel durch BAG OF Element beschrieben werden, wobei das Element die 2D- bzw. 3D-Koordinate und die gewünschte Beschreibungseigenschaften umfasst. Es ist aber offensichtlich, dass damit (und mit ähnlichen BAG-Varianten) Probleme verbunden sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Der Bereich der Koordinaten könnte zwar mittels Domain definiert werden. Es kann aber nicht verlangt werden, dass zu allen Koordinatenwerten ein Element vorhanden sein muss. – Der Aufbau einer für solche Daten sinnigen Struktur in den Systemen ist sehr aufwändig. – Die INTERLIS-Transfer-Datei würde riesig mit der Codierung gemäss Kap. 4 des Referenzhandbuchs. <p>Bei der Lösungssuche (INTERLIS-Sprache und - Codierung) sollen gängige Formate geeignet berücksichtigt werden. Zusätzlich soll überlegt werden, ob die entsprechend codierten Punkthaufen im INTERLIS-Transfer integriert (analog zu Blackbox) oder in zusätzlichen Dateien abgelegt sein sollen.</p> <p>Für INTERLIS existiert das Basismodul NonVector, welches das Thema Raster bereits adressiert: https://models.geo.admin.ch/CH/NonVector_Base_V3_1.ili.</p> <p>Im Kontext von IFC gab es bereits Arbeitsgruppen, die Lösungsvorschläge für Austauschstandards von Voxelgeometrien skizzierten⁶. Diese Ansätze können eine Grundlage für die Konzepterarbeitung bilden.</p> | |

⁶ Z.B. <https://github.com/bSI-InfraRoom/IFC-Specification/issues/117> und <https://www.youtube.com/watch?v=RwEXrIRwD4&t=2986s>

| Konzeptgruppe 4 – Anpassungen an bestehendem Basismodul 3D (Sweep/TIN) | |
|--|--|
| Umfasst Beurteilungen: – Sweep (F03/K02) | Relevanz und Priorität für zusätzliche Umsetzung in INTERLIS: Mittel |
| <p><i>Erwägungen:</i></p> <p>Definition Pipe3D: Das z.B. für den Leitungskataster notwendige Sweep-Verfahren wird als relevant für INTERLIS betrachtet. Die in der heutigen Umsetzung im Basismodul 3D bereits implementierten Geometrietypen werden als gut und ausreichend beurteilt. Es wird dennoch die Prüfung von zwei Optimierungen vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Anpassung Klassenname: Der Name Pipe3D suggeriert eine sehr eingeeengte Verwendung auf Leitungen, obwohl auch viele andere Arten von Realweltobjekten damit abgebildet werden können. Die Umbenennung in eine allgemeinere Bezeichnung ist zu prüfen. Die Relevanz dieser Anpassung ist aber gegenüber den Nachteilen einer damit einhergehenden Modelländerung abzuwägen. – Der Datentyp Pipe3D definiert mit der Klasse CrossSection eine Querschnittsgeometrie in einem im Prinzip lokalen Koordinatenreferenzsystem. Damit weist es eine Verwandtschaft zu den Konzepten aus der Konzeptgruppe 1 auf. Es ist zu prüfen, ob allenfalls ein generelles Konzept für die Definition von lokalen Koordinatenreferenzsystemen eingeführt und in Pipe3D genutzt werden sollte. <p>Definition TIN3D: Im Basismodul 3D von INTERLIS ist für den Geometrietyp Tin3D die Überlappung in der Vertikalen nicht ausgeschlossen. In Anbetracht der üblichen Definition von TIN (keine Überlappungen erlaubt) ist der Name Tin3D daher irreführend und sollte entweder angepasst werden oder alternativ könnte bei unverändertem Namen die Definition präzisiert werden.</p> <p>Neben den definitorischen Anpassungen sind folgende weiteren Präzisierungen zu erarbeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Klärung, wie die Flächennormale bestimmt wird von 3D-Flächen, die nicht Rand eines Körpers sind. (Welche ist die positive bzw. negative Seite einer solchen 3D-Fläche? Auf welche Seite ist die rechte Hand mit dem hohen Daumen zu setzen, um den Umlaufsinn des Randes zu bestimmen?) – Klärung der grundlegenden Eigenschaften von Körpern (body). Ein erster Entwurf für eine präzise Definition ist in Tabelle 1 und im Glossar. – Was und wie kann/sollte durch Checker-Software für die neuen Datentypen geprüft werden? (Möglichst als Konsistenzbedingungen zu formulieren.) – Klärung, wie die zu prüfenden Abstände zwischen Originalobjekten (Native: Linienzügen bzw. Flächen) und ihren Näherungen (Simplified: linearen bzw. ebenen) bestimmt werden. Siehe dazu auch Hinweis bei Konzeptgruppe 2. <p>Als Voraussetzung für sinnvolles Prototyping ist zu überlegen, wie das INTERLIS Referenz Handbuch anzupassen ist für die neuen 3D Datentypen (siehe dazu Hinweis zu Prototypen in Kapitel 9.3):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sprachdefinition im Kap.3 – Codierungsregeln für sequentiellen Transfer in Kap. 4 | |

| Konzeptgruppe 5 – Erweiterte Geometrietypen mit geringer Relevanz | |
|--|--|
| Umfasst Beurteilungen: – Freiformkurven / Freiformflächen (Splines) (L02/F01/K01) – Unendliche Geometrien (L04/F02) – CSG (K03) | Relevanz und Priorität für Umsetzung in INTERLIS: Gering |
| Erwägungen: Für die erweiterten Geometrietypen wie Freiformkurven und das CSG-Verfahren konnte keine genügende fachliche Relevanz identifiziert werden, die eine Implementierung in INTERLIS rechtfertigen würde. Denn diese wird einerseits als aufwendig eingestuft und andererseits fehlen auch die GIS-Systeme, welche mit diesen Konzepten umgehen könnten. | |

9.2 Prinzipien

Bei der weiteren Konkretisierung und Umsetzung der hier identifizierten Konzepte in INTERLIS sollen folgende Prinzipien als Leitlinien berücksichtigt werden:

- Bidirektionaler Austausch GIS->BIM sowie BIM->GIS berücksichtigen.
Die BIM-basierte Arbeitsweise hat sich in den letzten Jahren im Infrastrukturbereich stark ausgebreitet. Der Infrastrukturbereich hat eine grosse fachliche Überlappung mit der Geoinformation. Entsprechend ist zu erwarten, dass in Zukunft vermehrt auch Daten aus dem Baubereich in die Geoinformation überführt werden können und sollen (z.B. Werkinformationen, Strasse-/Bahninfrastrukturmanagement-Systeme etc.). D.h. nicht nur die Bereitstellung von GIS-Grundlagendaten für die Baubranche ist eine relevante Schnittstelle, sondern auch die Rückführung aus dem Baubereich in den GIS-Bereich ist bei der Transformation zu unterstützen.
- In der Geoinformation kann tendenziell ein geringerer geometrischer Detaillierungsgrad akzeptiert werden als im Baubereich.
Mit diesem Prinzip können Näherungen und Vereinfachungen der Geometrie für INTERLIS begründet werden, wenn diese dafür einfachere oder allgemeiner nutzbare Geometrietypen oder -verfahren ermöglichen (Grundlage für Reduktion der Komplexität und Vielfalt). Aber Vorsicht wegen Kompatibilität und Durchgängigkeit BIM → GIS → BIM.
- Technische Möglichkeiten von GIS-Systemen berücksichtigen.
Als INTERLIS Normerweiterungen (in eCH-0031 oder als Basismodelle) sollen vorerst nur solche publiziert werden, die von üblichen GIS-Systemen auf dem Markt auch unterstützt resp. darin implementiert werden können. Die Arbeiten zur Anpassung von INTERLIS an IFC-Möglichkeiten für GI-kritische Anwendungen (wie etwa Leitungskataster) dürfen nicht an diese Einschränkung gebunden sein.
- (Basis-)Modelle statt Spracherweiterung.
Die Implementierung von neuen Konzepten kann und soll in erster Linie in eigenständigen Datenmodellen (Basismodelle, Basismodule) erfolgen und somit eine möglichst weitgehende Nutzung der bereits vorhandenen Sprachelemente anstreben. Eine Umsetzung in der Sprache INTERLIS selbst soll nur in begründeten Fällen erfolgen.
Dennoch ist der spezielle Charakter von Geometrie-Datentypen zu berücksichtigen, der tendenziell einen «tiefergehenden» Einfluss auf die Implementierung von Softwaresystemen hat. Die präzise Beschreibung der räumlichen Konsistenzbedingung stellt einen zentralen Teil einer Geometriedefinition dar. Die Berücksichtigung solcher spezifischer räumlicher Konsistenzbedingungen erfordert in der Regeln typspezifische Implementierungen.

- «Zentralen» Geometrie-Konverter berücksichtigen.
Nicht alle von IFC bereitgestellten Geometrietypen müssen in der Geoinformation direkt unterstützt und angeboten werden. Eine (evtl. zentral angebotene) Geometriekonversion in einheitliche Geometrietypen kann mitgedacht werden.
- ISO 10303-42
Bei der Konzeption von neuen Geometriedatentypen soll die (ISO 10303-42, 2021) als Referenzimplementierung geprüft werden und nach Möglichkeit eine Kompatibilität mit ihr sichergestellt werden.

9.3 Handlungsempfehlungen

Für die Umsetzung der identifizierten Handlungsfelder in INTERLS wird ein in Abbildung 19 illustriertes Vorgehen empfohlen.

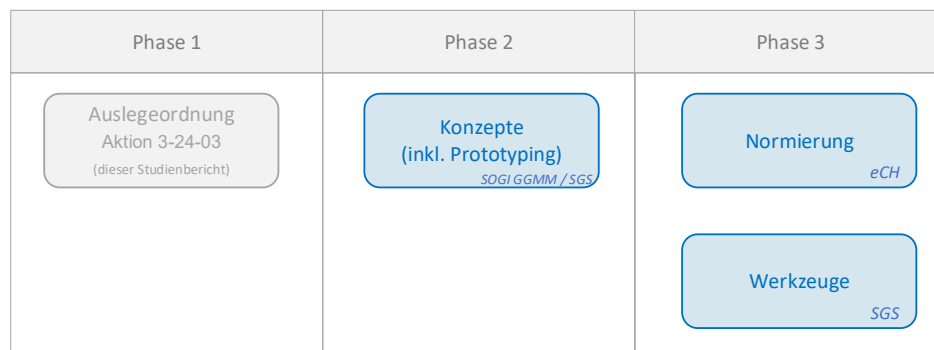


Abbildung 19: Vorgehensvorschlag

In einer auf die vorliegende Auslegeordnung folgenden zweiten Phase werden zu den vier Handlungsfeldern die detaillierten Konzepte ausgearbeitet. Dazu zählt je Handlungsfeld eine systematische fachliche Anforderungsdefinition sowie die Ausarbeitung eines Lösungskonzepts, um die Aspekte optimal in INTERLIS zu implementieren, inklusive Spezifikation von Konsistenzprüfungen. Für die Implementierung in INTERLIS sind dabei sowohl Modelldefinitionen im Sinne von Basismodulen als auch Spracherweiterungen zu prüfen.

Die Anwendbarkeit der Konzepte soll punktuell für kritische Aspekte durch prototypische Implementierungen (im Sinne von Proof of Concepts) validiert werden. Als Resultat der Konzeptphase liegen konkrete Implementierungsvorschläge vor, die punktuell auch prototypisch mit Werkzeugen und Daten validiert sind. Abbildung 20 zeigt schematisch eine mögliche Projektgliederung für die Phase 2.

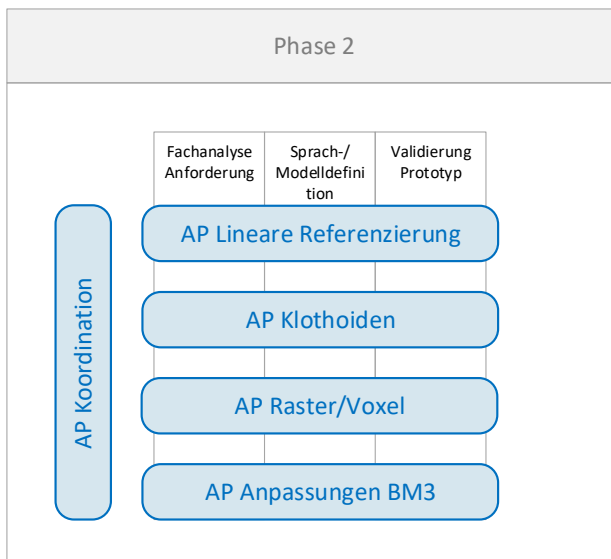


Abbildung 20: Projektgliederung Phase 2

Die in Phase 2 erarbeiteten Implementierungsvorschläge bilden den Normentwurf resp. die Änderungsvorschläge für die Aktualisierung der INTERLIS-Norm. In der Phase 3 erfolgt die formale Aktualisierung der INTERLIS-Norm mit dem Vernehmlassungs- und Publikationsprozess, welcher durch die eCH-Fachgruppe Geoinformation geführt wird.

Parallel zum Normierungsprozess, allenfalls punktuell bereits schon in Phase 2, können notwendige Anpassungen an den INTERLIS-Werkzeugen angestossen und durchgeführt werden, so dass die aktualisierten Werkzeuge zeitnah zur Publikation der neuen Normversion verfügbar sind.

Folgende Werkzeuge müssen potenziell angepasst werden:

- INTERLIS-Compiler
- INTERLIS-Checker/Validator
- ili2xxx
- ...

Für die Umsetzung wird folgender grobe Terminplan vorgeschlagen:

- 2025 Vorbereitung Phase 2 (Projektdefinition, Klärung Finanzierung, Beauftragung)
- 2026 Umsetzung Phase 2
Vorbereitung Phase 3
- 2027 Umsetzung Phase 3

Für die Umsetzung wird eine Projektorganisation gemäss nachfolgender Abbildung 21 vorgeschlagen. Eine Arbeitsgruppe bestehend aus INTERLIS-Sprachexpert*innen, ergänzt mit Fachexpert*innen zu den in den Arbeitspaketen behandelten Themen, erarbeitet die Konzepte inklusive deren Validierung. Als Begleit- und Spiegelgruppe dieser Arbeiten wird die Fachgruppe GGMM der SOGI miteinbezogen. In ihr sind viele der Expert*innen zu INTERLIS engagiert, womit sich ein breiter Kreis der Wissensträger zu INTERLIS in die Weiterentwicklung einbringen kann. Eine punktuelle Ergänzung der Begleitgruppe mit weiteren interessierten Expert*innen soll auch ermöglicht werden. Die Arbeiten sollen im Rahmen der SGS ausgeführt werden.

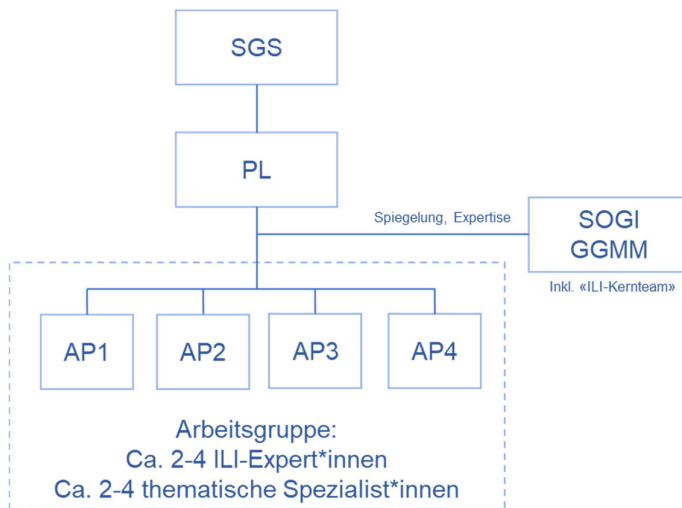


Abbildung 21: Vorschlag Organisation

* * *

10 Abkürzungen und Glossar

Abkürzungen

| Abkürzung | Bedeutung |
|-----------|--|
| → A | Begriff A ist im Glossar erklärt |
| 1D | Eindimensional |
| 2D | zweidimensional |
| 3D | dreidimensional |
| Abk. | Abkürzung |
| Bem. | Bemerkung |
| BIM | Building Information Modelling |
| Bsp. | Beispiel |
| bzw. | beziehungsweise |
| CSL | Conceptual Schema Language → Datenbeschreibungssprache |
| DDL | Data Definition Language → Datenbeschreibungssprache |
| Def. | Definition |
| El. | → Element |
| en | Englisch |
| fr | Französisch |
| IFC | Industry Foundation Classes |
| ILI | → INTERLIS 2 |
| i.S.v. | Im Sinne von |
| sog. | so genannt |
| Spez. | Spezialisierung, Spezialität, speziell |
| Syn. | Synonym |
| TIN | Triangulated Irregular Network → TIN |

Glossar

| Begriff | Bedeutung |
|-------------|--|
| Abstraktion | Zweite Phase des → <i>modellbasierten Vorgehens</i> , in der festgelegt wird, mit welcher mathematischen Theorie der → <i>Realitätsausschnitt</i> bearbeitet wird. Bem. 1: Beinhaltet der → <i>Realitätsausschnitt</i> Gegenstände der Realwelt und insbesondere deren räumliche Ausdehnung und Positionierung, dann ist dessen A. sinnvollerweise die Geometrie des → <i>Raumes</i> , d.h. des 3-dimensionalen → <i>Euklidischen Raumes</i> . Bem. 2: Ist im → <i>Realitätsausschnitt</i> die Zeit wesentlich, dann ist deren A. sinnvollerweise die Geometrie der Zeitachse, d.h. des 1-dimensionalen → <i>Euklidischen Raumes</i> . |
| Achse | Syn. von → <i>einfacher Linienzug</i> |
| Attribut | Beschreibung von Daten(elementen) entsprechend einer spezifischen Eigenschaft von → <i>Objekten</i> einer → <i>Klasse</i> . Ein A. hat einen A.-Namen und einen → <i>Wertebereich</i> . Syn. Merkmal, Eigenschaft (de); attribute (en). |
| Bogenstück | → <i>Kurvenstück</i> bestehend aus einem Kreisbogen als |
| BSplinstück | → <i>Kurvenstück</i> definiert durch eine Spline-Funktionen |
| Daten | Def. siehe Informatik. Syn. data (en), données (fr). |

| Begriff | Bedeutung |
|---------------------------|---|
| Datenelement | Kleinsten Bestandteil von \rightarrow Daten, der mit Hilfe eines \rightarrow Systems bearbeitet werden kann. |
| Datenmodell | Vollständige und in sich geschlossene Beschreibung von Inhalt und Gliederung von \rightarrow Daten, die einen \rightarrow Realitätsausschnitt charakterisieren, sowie von Regeln, die dafür gelten und von Operationen, welche mit den \rightarrow Daten ausgeführt werden können. Syn. Modell. |
| Datenobjekt | Syn. von \rightarrow Objekt |
| Datenbeschreibungssprache | \rightarrow Formale Sprache zur exakten Beschreibung von \rightarrow Daten. Syn.: Data Definition Language (DDL), Conceptual Schema Language (CSL) Abk.: DDL, CSL. |
| Datenobjekt | Syn. von \rightarrow Objekt |
| Datentyp | Syn. für \rightarrow Wertebereich. |
| Dreiecksnetz | \rightarrow Netzfläche eines \rightarrow Flächennetzes von Dreiecken Syn.: Dreiecksvermaschung allgemein Spez.: \rightarrow TIN |
| Ebene | 2-dimensionaler Unterraum des \rightarrow Raumes. Bem.: Details siehe lineare Algebra. |
| EbeneI B-Rep Fläche | \rightarrow einfache Fläche mit ausschliesslich ebenen \rightarrow Flächenelementen, mit und ohne Löcher. Bem.: Dies impliziert \rightarrow Geradenlinien als gemeinsame Rand \rightarrow Linienzüge von (ebenen) \rightarrow Flächenelementen, die nicht in derselben Ebene liegen. |
| Ecke | \rightarrow Stützpunkt eines \rightarrow Linienzuges, wo dieser nicht glatt verläuft. |
| Einfache Fläche | \rightarrow Fläche, die sich nicht selbst durchdringt Spez.: \rightarrow EbeneI B-Rep Fläche, \rightarrow NichtEbeneI B-Rep Fläche |
| Einfacher Linienzug | \rightarrow Linienzug, der sich selbst nicht trifft Syn.: Achse |
| Element | Grundbegriff der Mengenlehre. Eine Menge besteht aus E. Syn.: Instanz Abk.: El. |
| Euklidischer Raum | Def. siehe Mathematik (lineare Algebra) Bem. 1: Besondere E. sind der \rightarrow Raum (3D), die \rightarrow Ebene (2D) und die Zeitachse (1D). Bem. 2: Die \rightarrow Elemente eines E. (als Menge betrachtet) heissen \rightarrow Punkte. |
| Fläche | Zusammenhängende Vereinigung von endlich vielen \rightarrow Flächenelementen, die nur mit Rand \rightarrow Linienzügen aneinander stossen. Syn.: surface (en), Oberfläche (de, hier vermeiden, gehört zu Körper) Spez.: \rightarrow EbeneI B-Rep Fläche, \rightarrow NichtEbeneI B-Rep Fläche Bem. 1: \rightarrow Dreiecksnetz und \rightarrow TIN sind nicht F sondern (allgemeiner) \rightarrow Netzflächen Bem. 2: F. können sich selbst durchdringen. F., die sich nicht selbst durchdringen, heissen \rightarrow einfache Flächen. |
| Flächenelement | Teilmenge des \rightarrow Raumes, die Bildmenge einer glatten und injektiven Abbildung eines ebenen regulären Vielecks ist. Bem.: Anschaulich: Gummi-Vieleck verformt, ohne zu zerreißen |
| Flächennetz | Endliche Menge von \rightarrow Flächen die höchstens Randpunkte gemeinsam haben. Bem.: Die Vereinigungsmenge der Mengen eines Flächennetzes heisst \rightarrow Netzfläche |
| Folge | Geordnete Menge |
| Formale Sprache | Beispiele: Programmiersprache, Modellierungssprache, \rightarrow Datenbeschreibungssprache |
| Gerade | 1-dimensionaler Unterraum des \rightarrow Raumes oder einer \rightarrow Ebene. Bem.: Details siehe lineare Algebra. |
| Geradenlinie | \rightarrow Linienzug mit \rightarrow Geradenstücken |
| Geradenstück | \rightarrow Kurvenstück bestehend aus einem \rightarrow Intervall |
| Instanz | Syn. für \rightarrow Element (konkretes Exemplar) einer Menge (Abstraktion). |

| Begriff | Bedeutung |
|--------------------------|---|
| | Bemerkung: Beispiele für I.: Ein \rightarrow Wert ist die I. eines \rightarrow Datentyps. Ein \rightarrow Objekt ist die I. einer \rightarrow Klasse. |
| INTERLIS 2 | Objektorientierter Datentransfer-Mechanismus für Geodaten bestehend aus der INTERLIS \rightarrow Datenbeschreibungssprache und dem INTERLIS-XML-Transferformat (XTF) sowie Regeln für die Herleitung des Transferformats für eine mit der Datenbeschreibungssprache beschriebene Datenstruktur. Abk.: ILI |
| Intervall | Zusammenhängende Teilmenge einer \rightarrow Geraden. |
| Kartesischer Punkt | \rightarrow Punkt, dem ein Koordinatenpaar resp. -tripel in einem 2D resp. 3D kartesischen Koordinatensystem zugeordnet ist. |
| Klasse | Menge von \rightarrow Objekten mit gleichen Eigenschaften (und Operationen) sowie deren Beschreibung. Jede Eigenschaft wird durch ein \rightarrow Attribut beschrieben. Syn. Objektklasse, Entitätsmenge, Objekttyp (de); feature type, feature, class (en). |
| Klothoidenstück | \rightarrow Kurvenstück, das Teil einer Klothoide ist |
| Körper | Zusammenhängende Vereinigungsmenge von endlich vielen \rightarrow Körperelementen, die nur mit \rightarrow einfachen Randflächen aneinanderstossen. Syn. body (en) |
| Körperelement | Teilmenge des \rightarrow Raumes, die Bildmenge einer glatten und injektiven Abbildung eines \rightarrow Einheitswürfels ist. Bem. 1: Ein K. hat \rightarrow einfache Flächen als Rand. Bem. 2: Ein K. ist anschaulich ein durch Drücken, Ziehen, Biegen etc. ohne Zerreißen verformter Gummwürfel. |
| Kurvenstück | Teilmenge des \rightarrow Raumes, die Bildmenge einer glatten und injektiven Abbildung eines \rightarrow Intervalls ist. Syn. Liniensegment. Bsp.: \rightarrow Intervall, \rightarrow Geradenstück, \rightarrow Bogenstück, \rightarrow Klothoidenstück, \rightarrow BSplinstück Bem.: Ein K. ist anschaulich ein ohne Zerreißen verformtes Stück Gummischnur. |
| Linearer Punkt | \rightarrow Punkt, dem der Abstand von einem Bezugspunkt in einem linearen Koordinatensystem zugeordnet ist. |
| Liniensegment | Syn. von \rightarrow Kurvenstück |
| Linienzug | Teilmenge des \rightarrow Raumes bestehend aus einer endlichen \rightarrow Folge von \rightarrow Kurvenstücken, von denen je zwei aufeinanderfolgende in einem \rightarrow Punkt (genannt \rightarrow Stützpunkt) zusammenstossen. Bem. 1: Ein \rightarrow Stützpunkt, bei dem der L. nicht glatt verläuft, heisst \rightarrow Ecke. Bem. 2: Ein L. kann sich selbst treffen, in \rightarrow Stützpunkten oder im Inneren von \rightarrow Kurvenstücken. Ein L., der sich selbst nicht trifft, heisst \rightarrow einfacher Linienzug Syn.: curve (en) Spez.: \rightarrow Geradenlinie, \rightarrow einfacher Linienzug |
| Modell | Syn. von \rightarrow Datenmodell |
| Modellbasiertes Vorgehen | Vorgehensweise, um von einem \rightarrow Realitätsausschnitt mit \rightarrow Abstraktion über \rightarrow Datenmodelle zu \rightarrow Daten und Programmen für deren Bearbeitung zu gelangen. Syn. Model Driven Approach (en), Model Driven Architecture (en), Modellbasierte Methode (de) Abk. MDA Bem. Entsprechend dem Modellierungsniveau, auf dem man die Daten beschreibt, unterscheidet man das konzeptionelle \rightarrow Datenmodell (System- und Format-unabhängig), das logische \rightarrow Datenmodell. (z.B. einer Datenbank) und das physische \rightarrow Datenmodell (z.B. eines Transferformats). |
| Modellierungssprache | Syn. von \rightarrow Datenbeschreibungssprache |
| NichtEbenEl B-Rep Fläche | \rightarrow einfache Fläche mit nicht ebenen \rightarrow Flächenelementen, mit und ohne Löcher. Bem.: Für solche \rightarrow Flächenelemente muss immer der Flächenverlauf definiert sein (z.B. als Oberfläche von Kugel oder Zylinder oder als NURBS), verschiedene Arten von Rand \rightarrow Linienzügen sind möglich. |

| Begriff | Bedeutung |
|----------------------|--|
| Objekt | → <i>Daten</i> eines → <i>Realweltobjektes</i> mit den Operationen, die mit diesen → <i>Daten</i> ausgeführt werden können, und mit einer → <i>Objektidentifikation</i> . Bem.: Ein O. ist die → <i>Instanz</i> einer → <i>Klasse</i> . |
| Objektidentifikation | Eindeutiges → <i>Attribut</i> , das dauerhaft ist (d.h. keine Änderung im Laufe der Zeit und keine Wiederverwendung, falls das Objekt gelöscht wird) und generell (d.h. eindeutig nicht nur innerhalb der → <i>Klasse</i> , sondern innerhalb einer Transfergemeinschaft). |
| Propellermenge | Vereinigung endlich vieler Dreiecke, die genau einen → <i>Punkt</i> gemeinsam haben, das Zentrum |
| Punkt | (Mengen-)Element des → <i>Raumes</i> (als Menge betrachtet). Syn.: point (en) Spez.: → <i>kartesischer Punkt</i> , → <i>linearer Punkt</i> , → <i>singulärer Punkt</i> |
| Raum | 3-dimensionaler → <i>Euklidischer Raum</i> . Bem.: Def. des 3D Euklidischen Raumes siehe Mathematik (lineare Algebra). |
| Realitätsausschnitt | Teil der Realwelt, der für die Bearbeitung eines Themas oder Themenbereiches wesentlich ist. Bem. 1: Ein Gegenstand der Realwelt kann zu verschiedenen Realitätsausschnitten gehören und entsprechend können sehr verschiedene Eigenschaften wesentlich sein. Beispiel: Strasse für Strassenbau und für Adressverwaltung. Bem. 2: Für die Beschreibung des R. in Umgangssprache wird oft (nicht sinnvoll) auch der Begriff → <i>semantisches Modell</i> gebraucht (vor allem bei Strassen-Modellierung). |
| Realweltobjekt | Gegenstand der Realwelt oder Beziehung zwischen Gegenständen der Realwelt Bem. : Ein R. kann digital beschrieben werden durch ein → <i>Objekt</i> . |
| Semantik | Syn. für Bedeutung |
| Semantisches Modell | Beschreibung des → <i>Realitätsausschnitts</i> in Umgangssprache. Bem.: Der Term ist verwirrend, da er suggeriert, dass Semantik nur in Umgangssprache beschrieben werden kann, entgegen unserer Erfahrung, wonach durch das präzise → <i>Datenmodell</i> (konzeptionelles Schema) mindestens 95% der Semantik erfasst werden kann (= g2l). |
| Singulärer Punkt | → <i>Punkt</i> , der zusammen mit einer Umgebung in eine → <i>Propellermenge</i> deformiert werden kann, er selbst in deren Zentrum. |
| Stützpunkt | → <i>Punkt</i> eines → <i>Linienzuges</i> , an dem zwei aufeinander folgende → <i>Kurvenstücke</i> zusammenstossen. Spez.: → <i>Ecke</i> |
| TIN | → <i>Dreiecksnetz</i> ohne Überlagerungen in z-Richtung (d.h. für jedes X-Y-Koordinatenpaar existiert maximal eine Z-Koordinate). Abk. für Triangulated Irregular Network |
| Wert | → <i>Datenelement</i> eines → <i>Wertebereichs</i> . Bem.: Ein W. ist die → <i>Instanz</i> eines → <i>Wertebereichs</i> bzw. eines → <i>Attributes</i> . |
| Wertebereich | Menge gleichartiger → <i>Datenelemente</i> . Ein → <i>Datenelement</i> eines W. heisst → <i>Wert</i> . Syn: Datentyp, Attributtyp |

11 Literaturverzeichnis

- Barmettler, A., Holdener, D., Marti, T., 2021. *Wegleitung zum Use Case Georeferenzierung (GeoRef)*, Use Case Management buildingSMART.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Eds.), 2021. *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*, VDI-Buch. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4>
- buildingSmart International, 2024. Information Delivery Specification (IDS) - Documentation [WWW Document]. GitHub. URL <https://github.com/buildingSMART/IDS/tree/master/Documentation> (accessed 2.7.24).
- buildingSmart International, 2023. IFC4.3.2.0 Documentation (official 4.3.2.0) [WWW Document]. URL https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_3/index.html (accessed 11.28.23).
- buildingSmart International, n.d. MVD Database [WWW Document]. buildingSMART Technical. URL <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/mvd-database/> (accessed 1.20.25a).
- buildingSmart International, n.d. mvdXML [WWW Document]. buildingSMART Technical. URL <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/mvdxml/> (accessed 1.21.25b).
- mvdXML, 2016. *mvdXML specification 1.1*, buildingSmart International.
- Clemen, C., Görne, H., 2019. *Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM*. Journal of Geodesy 6.
- Domer, B., Bernardello, R.A., 2023. *Interoperability - An Introduction to IFC and buildingSMART Standards, Integrating Infrastructure Modeling*. EPFL PRESS.
- Dorfschmid, J., 1986. *Expertise über eine Amtliche-Vermessung-Schnittstelle (AVS)*, Projektleitung RAV.
- eCH-0031 iliRefMan, 2024. *eCH-0031 INTERLIS 2 – Referenzhandbuch, Version 2.1.0*, eCH Government Standards.
- Eichler, C.C., Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., Hopferwieser, M., Fischer, S., 2024. *BIMcert Handbuch: Grundlagenwissen openBIM*. buildingSmart Austria/Deutschland/Switzerland. <https://doi.org/10.34726/5384>
- Germann, M., Kaufmann, J., Steudler, D., Lemmen, C., Van Oosterom, P., De Zeeuw, K., 2017. *The LADM Based on INTERLIS*, Springer International Publishing, in: Yomralioglu, T., McLaughlin, J. (Eds.), *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Springer International Publishing, Cham, pp. 113–119. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51216-7_10
- Germann, M., Lüthy, J., Oosterom, P.V., 2018. *INTERLIS 3 developments with 3D data types and better constraint support for 3D Cadastres*.
- Gnägi, H.R., Henrich, S., Münster, M., Rüegg, R., Reeß, M., Tschopp, D., Koch, R., Eisenhut, C., 2013. *Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologie- modells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)*, VSS.
- ISO 16739-1, 2024. *ISO 16739-1:2024 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema*.
- ISO 10303-1, 2021. *ISO 10303-1: 2021 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 1: Overview and fundamental principles*, ISO 10303-1: 2021.
- ISO 10303-42, 2021. *ISO 10303-42:2021 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 42: Integrated generic resource: Geometric and topological representation*.
- ISO 19107, 2019. *ISO 19107:2019 Geographic Information - Spatial Schema*.
- ISO 10303-21, 2016. *ISO 10303-21 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 21: Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure*.
- ISO 29481-1, 2016. *ISO 29481-1 Building information models — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format*, ISO.

- ISO 19148, 2012. *ISO 19148:2012 Geographic information — Linear referencing*.
- ISO 10303-11, 2004. *ISO 10303-11:2004 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual*.
- Kalogianni, E., Dimopoulou, E., Quak, W., Germann, M., Jenni, L., van Oosterom, P., 2017. *INTERLIS Language for Modelling Legal 3D Spaces and Physical 3D Objects by Including Formalized Implementable Constraints and Meaningful Code Lists*. ISPRS International Journal of Geo-Information 6, 319. <https://doi.org/10.3390/ijgi6100319>
- Kalogianni, E., Dimopoulou, E., Quak, W., van OOSTEROM, P., 2016. *Formalizing Implementable Constraints in the INTERLIS Language for Modelling Legal 3D RRR Spaces and 3D Physical Objects*.
- KOGIS, 2023. *Basismodul 3D für INTERLIS 2.4*, Fachstelle KOGIS.
- KOGIS, 2022. *INTERLIS 2 – Metamodell (deutsch)*.
- Lemmen, C., Thompson, R., Hespanha, J., Uitermark, H., 2010. *The Modelling of Spatial Units (Parcels) in the Land Administration Domain Model (LADM)*.
- Mäntylä, M., 1988. *An Introduction To Solid Modeling*. Computer Science Press.
- CityGML CM, 2020. *OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard*.
- Schildknecht, L., 2023. *Leitungskataster nach SIA405 - Analyse zur Nutzung von IFC*. Phase0 - Journal für integriertes Planen, Bauen und Betreiben. <https://doi.org/10.21428/71cd88bc.016ca100>
- Schneider, O., Schildknecht, L., Volken, S., Köbberich, M., Wehrens, P., 2022. *Innovationsprojekt GEOL_BIM - Ergebnisbericht Arbeitspaket 1: Grundlagen BIM-Methode*, CHGEOL, FHNW, Swisstopo.
- Tomczak, A., van Berlo, L., Krijnen, T., Borrmann, A., Bolpagni, M., 2022. *A review of methods to specify information requirements in digital construction projects* 12.

* * *

12 Anhänge

Anhang A mvdXML: Beispiel

Beispielhafter Auszug einer mvdXML-Definition (ReferenceView_V1-2, IFC4;RV_1-2.mvdxml)

Prinzip:

- Definition eines ConceptTemplates, in welchem die verwendbaren Geometrietypen aufgezählt werden (z.B. Tessellation Geometry Typen).
- Zuweisung des ConceptTemplates zu einem ConceptRoot (z.B. IfcElement)

Beispiel Definition Geometrie «Body Tessellation Geometry»: Festlegung von Representation-Type sowie den erlaubten RepresentationItems: (Auszug)

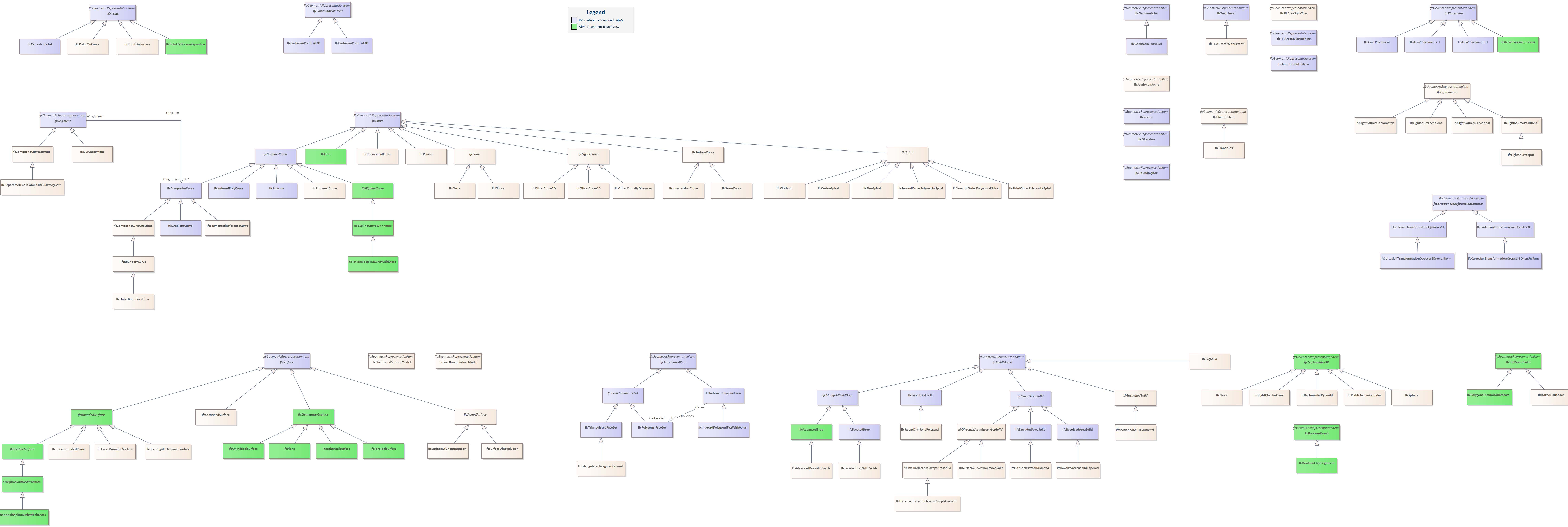
```
<ConceptTemplate uuid="5cfd4403-6545-4c6d-bc27-0a95a3d09950" name="Body Tessellation Geometry"
status="sample" applicableSchema="IFC4" applicableEntity="IfcElement">
  <Definitions>
    <Definition>
      <Body><![CDATA[<p>The <em>Body Tessellation Geometry</em> is the representation of the 3D
shape of a product by tessellated surface models.]]></Body>
    </Definition>
    <Definition>
      <Body lang="tt"><![CDATA[]]></Body>
      <Link lang="tt" category="definition" title="SEMIAUTOMATIC" href="" />
    </Definition>
  </Definitions>
  <Rules>
    <AttributeRule AttributeName="Representation">
      <EntityRules>
        <EntityRule EntityName="IfcProductDefinitionShape">
          <AttributeRules>
            <AttributeRule AttributeName="Representations">
              <EntityRules>
                <EntityRule EntityName="IfcShapeRepresentation">
                  <AttributeRules>
                    <AttributeRule AttributeName="ContextOfItems">
                      <EntityRules>
                        <EntityRule EntityName="IfcGeometricRepresentationContext" />
                      </EntityRules>
                    </AttributeRule>
                  </AttributeRules>
                </EntityRule>
                <AttributeRule RuleID="Identifier" AttributeName="RepresentationIdentifier">
                  <EntityRules>
                    <EntityRule EntityName="IfcLabel" />
                  </EntityRules>
                </AttributeRule>
                <AttributeRule RuleID="Type" AttributeName="RepresentationType">
                  <EntityRules>
                    <EntityRule EntityName="IfcLabel">
                      <Constraints>
                        <Constraint Expression="Type[Value] = 'Tessellation'" />
                      </Constraints>
                    </EntityRule>
                  </EntityRules>
                </AttributeRule>
              </EntityRules>
            </AttributeRule>
            <AttributeRule RuleID="Items" AttributeName="Items">
              <EntityRules>
                <EntityRule EntityName="IfcTriangulatedFaceSet">
                  <References>
                    <Template ref="677bd4ce-e38b-4581-b40d-c9eaa2416971" />
                  </References>
                </EntityRule>
                <EntityRule EntityName="IfcPolygonalFaceSet">
                  <References>
                    <Template ref="72c0b316-6b48-478d-91fa-6e4b5a781b07" />
                  </References>
                </EntityRule>
              </EntityRules>
            </AttributeRule>
          </AttributeRules>
        </EntityRule>
      </EntityRules>
    </AttributeRule>
  </Rules>
</ConceptTemplate>
```

Zuweisung der Geometriedefinition zu «Fachklassen» (IfcElement) (Auszug):
(als eines von vielen ConceptTemplates, die anwendbar sind; u.a. verschiedene geometrische Repräsentationen)

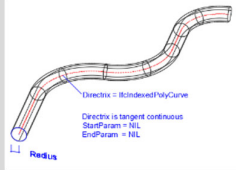
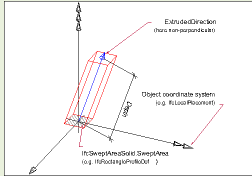
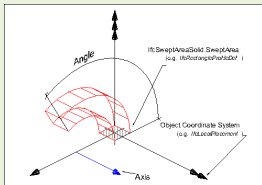
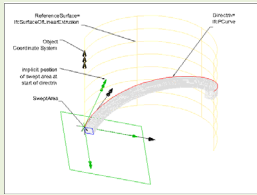
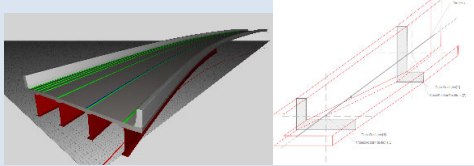
```
<ConceptRoot uuid="c58866fd-312a-4ed8-8569-b11a0f694634" name="IfcElement" status="sample" applicableRootEntity="IfcElement">
  <Definitions>
    <Definition>
      <Body><![CDATA[<p>All general-case subtypes of <i>IfcElement</i> are included in this model view; standard-case and elemented-case subtypes are excluded.</p>]]></Body>
    </Definition>
  </Definitions>
  ...
  <Concepts>
    <Concept uuid="ab8a65fa-3066-412f-8347-a023abc3f817" name="Property Sets for Objects" ...
    <Concept uuid="1c47ba50-9354-434d-a9ac-1d7c05a290e3" name="Product Local Placement" ...
    <Concept uuid="134dc8e5-a89d-4d54-ac5d-6ba27d2c5a60" name="CoG Geometry" ...
    <Concept uuid="16b0d3f0-2982-4224-ab5b-04288ac8d58b" name="Box Geometry" ...
    <Concept uuid="0d974712-679c-43e1-b278-326e680d2fe8" name="Body Solid Geometry General" ...
    <Concept uuid="ce779b85-4fbf-46dc-bcf0-ee657eccd537" name="Body Tessellation Geometry" status="sample" override="false">
      <Definitions>
        <Definition>
          <Body><![CDATA[<p>The default geometric representation of any <em>IfcElement</em> within this model view is a single or multiple tessellated item. The supported tessellation is a triangulated face set, defined by indices into a Cartesian point list. Optionally normals per vertex can be included as well.</p>]]></Body>
        </Definition>
      </Definitions>
      <Template ref="5cfd4403-6545-4c6d-bc27-0a95a3d09950" />
    </Concept>
    <Concept uuid="522f2b24-b397-458a-9c5c-be641cc2071a" name="Body SweptSolid PolyCurve Geometry" ...
    <Concept uuid="eec431fa-85e7-46a4-b858-31edf9abfb62" name="Mapped Geometry" ...
    <Concept uuid="2a658ec4-ebaa-4967-82b2-45a2bb75b2ea" name="Product Geometry Layer" ...
    <Concept uuid="8e814a1e-6188-4bb0-9bcf-07d8147206b4" name="Product Geometry Colour" ...
    <Concept uuid="648282d7-f66b-43dc-9c2d-2ca98f6773d8" name="Spatial Containment" ...
    <Concept uuid="1bc4288f-24ad-4398-802e-bc935868ed27" name="Element Composition" ...
    <Concept uuid="21563473-16d3-471a-a3b1-881221b2554e" name="Element Decomposition" ...
    <Concept uuid="f5a4c7d3-f844-473f-8d8d-8591607d5f99" name="Element Voiding" ...
    <Concept uuid="139cc6a8-6b1f-4b75-8104-15fc2f740af3" name="Material Single" ...
    <Concept uuid="8f4f1803-f293-48ef-a50b-899176307cf4" name="Material Constituent" ...
    <Concept uuid="37f15abd-df8c-4af1-90a9-e2ce3d5eb0f4" name="Classification" ...
  </Concepts>
</ConceptRoot>
```

[illegible]

IFC Geometric Representations (IFC 4X3_ADD2)



Anhang C Übersicht Extrusionsgeometrien IFC

| IFC Sweep-Geometrietyp (Entity) | |
|--|--|
| | |
| IfcSweptDiskSolid |  |
| IfcSweptDiskSolidPolygonal | |
| IfcSweptAreaSolid | |
| IfcExtrudedAreaSolid |  |
| IfcExtrudedAreaSolidTapered | |
| IfcRevolvedAreaSolid |  |
| IfcRevolvedAreaSolidTapered | |
| IfcDirectrixCurveSweptAreaSolid | |
| IfcFixedReferenceSweptAreaSolid | |
| IfcDirectrixDerivedReferenceSweptAreaSolid | |
| IfcSurfaceCurveSweptAreaSolid |  |
| IfcSectionedSolid | |
| IfcSectionedSolidHorizontal |  |

(Bildquellen: IFC-Dokumentation)

Übersicht Charakterisierung der unterschiedlichen Sweep-Geometrien:

| IFC Sweep-Geometrietyp (Entity) | Extrusionsform | | | Querschnitt Form | | Querschnitt Anfang-Ende | |
|--|----------------|-------|-------|------------------|----------|-------------------------|-------------|
| | Vektor | Bogen | Kurve | Kreis | beliebig | konstant | Veränderbar |
| IfcSweptDiskSolid | | | x | x | | x | |
| IfcSweptDiskSolidPolygonal | | | x* | x | | x | |
| <i>IfcSweptAreaSolid</i> | | | | | | | |
| IfcExtrudedAreaSolid | x | | | | x | x | |
| IfcExtrudedAreaSolidTapered | x | | | | x | | x |
| IfcRevolvedAreaSolid | | x | | | x | x | |
| IfcRevolvedAreaSolidTapered | | x | | | x | | x |
| <i>IfcDirectrixCurveSweptAreaSolid</i> | | | | | | | |
| IfcFixedReferenceSweptAreaSolid | | | x | | x | x | |
| IfcDirectrixDerivedReferenceSweptAreaSolid | | | x | | x | x | |
| IfcSurfaceCurveSweptAreaSolid | | | x** | | x | x | |
| <i>IfcSectionedSolid</i> | | | | | | | |
| IfcSectionedSolidHorizontal | | | x | | x | | x |

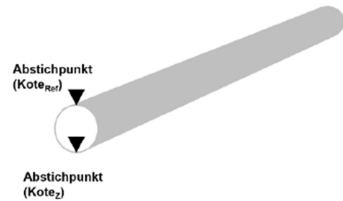
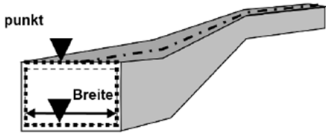
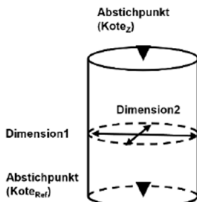
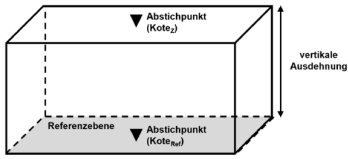
*Directrix restricted

**Curve on Surface

Kursiv: abstrakt

Nutzung IFC-Extrusionsgeometrien für Leitungskataster am Beispiel LKMap

Zur Abbildung von Objekten des Leitungskatasters sind die unten aufgeführten IFC-Extrusionsgeometrietypen jeweils am passendsten:

| LK Objekttyp | | Extrusionsgeometrie IFC (ideal) |
|---|---|---------------------------------|
| Leitung, Kreisprofil |  | IfcSweptDiskSolid |
| Leitung, alle nicht Kreisprofile |  | IfcSectionedSolidHorizontal |
| Normschacht (vertikaler Zylinder) |  | IfcExtrudedAreaSolid |
| Spezialbauwerk (beliebige Grundfläche, vertikale Extrusion) |  | IfcExtrudedAreaSolid |

(Quelle: Abbildungen aus prSIA 4008:2023-08, Vernehmlassungsdokument)

Alle vier aufgeführten Objektarten könnten in IFC auch einheitlich mit IfcSectionedSolidHorizontal abgebildet werden, wenn die Anzahl der IFC-seitigen Geometrien minimiert werden müsste (bei den Schachtbauwerken müsste der Vertikal-Vektor in eine vertikale Kurve aus zwei Stützpunkten abgebildet werden).

Anhang D Übersicht IfcShapeRepresentationTypes

Auflistung aller definierter Werte von RepresentationType und den entsprechenden konkreten IfcGeometricRepresentationItems.

Quelle: IFC-Datenmodell, Funktion «IfcShapeRepresentationTypes»

| RepresentationType | IfcGeometricRepresentationItem |
|---------------------|--|
| Point | IfcPoint IfcCartesianPointList |
| PointCloud | IfcCartesianPointList3D |
| Curve | IfcCurve |
| Curve2D | IfcCurve (IfcCurve.Dim = 2) |
| Curve3D | IfcCurve (IfcCurve.Dim = 3) |
| Segment | IfcSegment |
| Surface | IfcSurface |
| Surface2D | IfcSurface (IfcSurface.Dim = 2) |
| Surface3D | IfcSurface (IfcSurface.Dim = 3) |
| SectionedSurface | IfcSectionedSurface |
| FillArea | IfcAnnotationFillArea |
| Text | IfcTextLiteral |
| AdvancedSurface | IfcBSplineSurface |
| Annotation2D | IfcPoint IfcCurve IfcGeometricCurveSet IfcAnnotationFillArea IfcTextLiteral |
| GeometricSet | IfcGeometricSet IfcPoint IfcCurve IfcSurface |
| GeometricCurveSet | IfcGeometricCurveSet IfcGeometricSet IfcPoint IfcCurve IfcSurface |
| Tessellation | IfcTessellatedItem |
| SurfaceOrSolidModel | IfcTessellatedItem IfcShellBasedSurfaceModel IfcFaceBasedSurfaceModel IfcSolidModel |
| SurfaceModel | IfcTessellatedItem IfcShellBasedSurfaceModel IfcFaceBasedSurfaceModel |
| SolidModel | IfcSolidModel |
| SweptSolid | IfcExtrudedAreaSolid IfcRevolvedAreaSolid IfcExtrudedAreaSolidTapered IfcRevolvedAreaSolidTapered |
| AdvancedSweptSolid | IfcSweptAreaSolid |

| | |
|----------------------|--|
| | IfcSweptDiskSolid IfcSectionedSolidHorizontal |
| CSG | IfcBooleanResult IfcCsgPrimitive3D IfcCsgSolid |
| Clipping | IfcCsgSolid IfcBooleanClippingResult |
| Brep | IfcFacetedBrep |
| AdvancedBrep | IfcManifoldSolidBrep |
| BoundingBox | IfcBoundingBox |
| SectionedSpine | IfcSectionedSpine |
| LightSource | IfcLightSource |
| MappedRepresentation | IfcMappedItem |

b-ILl3DGeomBIM Ergebnisbericht-v1.00.docx [14] / LS
Version 1.00 freigegeben

Seite 63/66

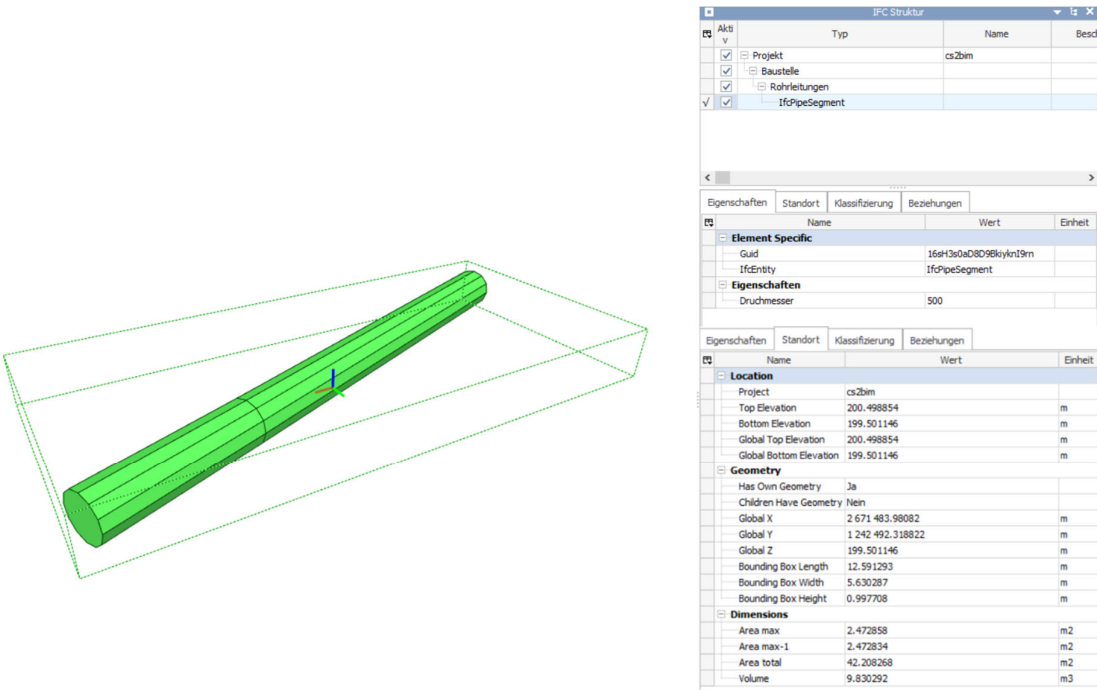
Anhang F Beispieldatensatz

Zur beispielhaften Illustration von IFC wird im folgenden ein einfacher Transferdatensatz im Format Step Physical File gemäss IFC-Spezifikation resp. (ISO 10303-21, 2016) sowie eine einfache IDS-Prüfdatei aufgezeigt.

Der Beispieldatensatz enthält ein Leitungsobjekt (IfcPipeSegment) mit einer Durchmesserangabe sowie einer kreisförmigen Leitungsgeometrie mit dem Geometrietyp IfcSweptDiskSolid. Zusätzlich zum Leitungsobjekt enthält der Datensatz auch einige minimal notwendigen Instanzen zum Projekt (IfcProject) und der Raumstruktur (IfcSite).

Als Basisinformationen sind zudem Metadaten zum Quellsystem/-Lieferanten, Einheiten sowie Angaben zum Koordinatenreferenzsystem definiert.

Die Visualisierung des Datensatzes in einem BIM-Viewer (hier BIM Vision) sieht wie folgt aus:



Der IFC-Transferdatensatz sieht wie folgt aus:

```
1 ISO-10303-21;
2 HEADER;
3 FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView]'),'2;1');
4 FILE_NAME('LKMMap','2025-02-13T10:42:07',(),(), 'IfcOpenShell 0.7.11-03935a91d', 'IfcOpenShell
0.7.11-03935a91d','');
5 FILE_SCHEMA(('IFC4X3_ADD2'));
6 ENDSEC;
7 DATA;
8 /* allgemeine Metainformationen zur Datenquelle */
9 #1=IFCPERSON($,$,'FHNW',$,$,$,$);
10 #2=IFCORGANIZATION($,'FHNW',$,$,$);
11 #3=IFCPERSONANDORGANIZATION(#1,#2,$);
12 #4=IFCAPPLICATION(#2,'1.0','cs2bim','cs2bim');
13 /* Basisdefinitionen zu Einheiten etc. */
14 #5=IFCOWNERHISTORY(#3,#4,$,.ADDED.,1739443327,$,$,1739443327);
15 #6=IFCSIUNIT(*,.LENGTHUNIT,$,.METRE.);
16 #7=IFCSIUNIT(*,.AREAUNIT,$,.SQUARE_METRE.);
17 #8=IFCSIUNIT(*,.VOLUMEUNIT,$,.CUBIC_METRE.);
18 #9=IFCSIUNIT(*,.PLANEANGLEUNIT,$,.RADIAN.);
19 #10=IFCMEASUREWITHUNIT(IFCPLANEANGLEMEASURE(0.0174532925199433),#9);
20 #11=IFCDIMENSIONALEXPONENTS(0,0,0,0,0,0,0);
21 #12=IFCCONVERSIONBASEDUNIT(#11,.PLANEANGLEUNIT, 'DEGREE',#10);
22 #13=IFCUNITASSIGNMENT((#6,#7,#8,#12));
23
24 /* Repräsentationskontext mit Koordinatenreferenzsystem */
25 #14=IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,0.));
26 #15=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#14,$,$);
27 #16=IFCGEOMETRICREPRESENTATIONCONTEXT($,'Model',3,1.E-05,#15,$);
28 #17=IFCGEOMETRICREPRESENTATIONSUBCONTEXT('Body','Model',*,*,*,*,#16,$,.MODEL_VIEW.,$);
29 #18=IFCPROJECTEDCRS('EPSG:2056','CH1903+ / LV95 -- Swiss CH1903+ / LV95','CH1903+', 'LN02',
'CH1903+ / LV95',$,$6);
30 #19=IFCMAPCONVERSION(#16,#18,0.,0.,0.,0.,1.,0.,$);
31
32 /* Projektdefinitionen */
33 #20=IFCPROJECT('2mQNMfPQbDdRVRGBPLD69h',#5,'cs2bim',$,$,$,$, (#16),#13);
34 #21=IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,0.));
35 #22=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#21,$,$);
36 #23=IFCLOCALPLACEMENT($,#22);
37 #24=IFCSITE('1zpEU5TPnFSRkG_oE_Npfy',$,$,$,$,$, #23,$,$,$,$,$,$,$,$);
38 #25=IFCRELAGGREGATES('1H3zFVvOzAwgFl8YctN3Z2',$,$,$,$, #20, (#24));
39
40 /* == Geometriedefinitionen == */
41 /* Polylinie --> ILI: CompositeCurve3D */
42 #29=IFCCARTESIANPOINT((2671496.397,1242497.482,200.));
43 #30=IFCCARTESIANPOINT((2671493.068,1242496.234,200.));
44 #31=IFCCARTESIANPOINT((2671484.161,1242492.784,200.));
45 #32=IFCPOLYLINE((#29,#30,#31));
46 /* Sweeping-Geometrie --> ILI: Pipe3D mit CircularCrossSection.Radius=0.5 */
47 #33=IFCSWEPTDISKSOLID(#32,0.5,$,$,$);
48
49 /* Erzeugen einer ShapeRepresentation der Sweeping-Geometrie */
50 #35=IFCSHAPEREPRESENTATION(#17,'Body','AdvancedSweptSolid', (#33));
51 #36=IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$, (#35));
52
53 /* Erzeugen Leitungsobjekt (IfcPipeSegment) und Zuweisung der Geometrie (ShapeRepresentation) */
54 #37=IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,0.));
55 #38=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#37,$,$);
56 #39=IFCLOCALPLACEMENT($,#38);
57 #40=IFCPIPESEGMENT('16sH3s0aD8D9BkiyknI9rn',$,$,$,$, #39,#36,$,$);
58 /* Zuweisen einer Eigenschaft zum Leitungsobjekt */
59 #41=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Durchmesser',$,IFCTEXT('500'),$);
60 #42=IFCPROPERTYSET('2vrx3WXPvCHx1JcNdod6Pv',$,'SIA405_Eigenschaften',$, (#41));
61 #43=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('0xUfrtvQ57Auudslc4vtT',$,$,$, (#40),#42);
62 /* Zuweisen Leitungsobjekt zu Raumstruktur */
63 #44=IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE('2Ued9YkdzAMes4FDUg12Xt',$,$,$, (#40),#24);
64 ENDSEC;
65 END-ISO-10303-21;
66
```

Die folgende IDS-Prüfbedingung zu diesem Transferdatensatz fordert, dass jedes enthaltene Leitungsobjekt ein Property «SIA405_Eigenschaften.Durchmesser» aufweisen muss.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <ids:ids xmlns:ids="http://standards.buildingsmart.org/IDS" xmlns:xs=
  "http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:xsi=
  "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation=
  "http://standards.buildingsmart.org/IDS
  http://standards.buildingsmart.org/IDS/1.0/ids.xsd">
3   <ids:info>
4     <ids:title>IDS-Leitungen</ids:title>
5     <ids:author>FHNW</ids:author>
6     <ids:date>2025-02-13</ids:date>
7   </ids:info>
8   <ids:specifications>
9     <ids:specification name="Leitung-Demo" ifcVersion="IFC4X3_ADD2">
10      <ids:applicability minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
11        <ids:entity>
12          <ids:name>
13            <ids:simpleValue>IFCPIPESEGMENT</ids:simpleValue>
14          </ids:name>
15        </ids:entity>
16      </ids:applicability>
17      <ids:requirements>
18        <ids:property cardinality="required">
19          <ids:propertySet>
20            <ids:simpleValue>SIA405_Eigenschaften</ids:simpleValue>
21          </ids:propertySet>
22          <ids:baseName>
23            <ids:simpleValue>Durchmesser</ids:simpleValue>
24          </ids:baseName>
25        </ids:property>
26      </ids:requirements>
27    </ids:specification>
28  </ids:specifications>
29 </ids:ids>
```