PhaseO - Journal für integriertes Planen, Bauen und Betreiben • Issue 1 - Verbindung

Leitungskataster nach SIA405 - Analyse zur Nutzung von IFC

Lukas Schildknecht[1]

[1]**Professor Institut Digitales Bauen, Fachhochschule Nordwestschweiz, Muttenz, Schweiz**

Published on: Jun 29, 2023

DOI: https://doi.org/10.21428/71cd88bc.016ca100

License: Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

ABSTRACT

Leitungskatasterdaten sind Geodaten, welche sowohl in Hochbau- als auch in Infrastrukturprojekten genutzt werden und somit in vielen BIM-Projekten eine wichtige Grundlage darstellen. Zur Unterstützung eines offenen Informationsaustauschs müssen diese Geodaten häufig im Format IFC (Industry Foundation Classes) verfügbar gemacht werden. Im vorliegenden Beitrag werden am konkreten Datenmodell LKMap verschiedene Aspekte der Überführung von Geodaten ins Datenmodell IFC aufgezeigt und diskutiert.

Keywords: LKMap, SIA405, Leitungskataster, Werkinformation, IFC, IFC-Konzept, INTERLIS, Interoperabilität

---

Review: Rainer Koch, Geschäftsleiter bei Rosenthaler + Partner AG

Einleitung

Die immer stärkere Anwendung von BIM auch in Infrastrukturprojekten verstärkt das Bedürfnis einer Standardisierung beim Austausch von «traditionellen» Geodaten im offenen BIM-Austauschformat IFC (Industry Foundation Classes, (buildingSmart International)). Sehr verbreitete Geodaten, welche sowohl in Hochbau- als auch in Infrastrukturprojekten genutzt werden und somit in vielen BIM-Projekten eine wichtige Grundlage darstellen, sind Leitungskataster- resp. Werkleitungsinformationsdaten. Diese werden in der Schweiz heute häufig gemäss der SIA-Norm 405 (Geodaten zu Ver- und Entsorgungsleitungen, (SIA 2012b)) strukturiert und im normierten Datenmodell LKMap sowie im Transferformat INTERLIS bereitgestellt.

Die Norm SIA 405 befindet sich derzeit in einer Revision, mit der u.a. auch auf die Anforderungen eingegangen werden soll, welche sich durch die Einbindung der Leitungskataster in die BIM-basierte Arbeitsweisen ergeben (u.a. Transformation zu IFC, systematische Berücksichtigung der 3. Dimension). Die in diesem Artikel dokumentierten Analysen und Erwägungen wurden als Grundlage für die Normrevision erarbeitet und sind in die Überarbeitung eingeflossen.

Einleitend werden nachfolgend zuerst die wesentlichen Charakteristika der beiden Datenmodelle LKMap und IFC erläutert und der Kontext für die Transformation zwischen diesen beiden Datenmodellen eingeordnet. Im Anschluss daran werden dann einzelne konkrete Aspekte der Modelltransformation erläutert und diskutiert. Es werden dabei einerseits theoretisch-konzeptuelle Überlegungen zu den Datenmodellen gemacht, andererseits aber auch geprüft, ob und wie diese Konzepte von den heute verfügbaren Softwareprodukten überhaupt unterstützt werden.

Datenmodell LKMap

Die Daten zu LKMap sind gemäss folgendem Klassenmodell strukturiert und bilden die Ausgangslage für die Betrachtungen, siehe auch Definitionen in (SIA 2012b) und (SIA 2012a).

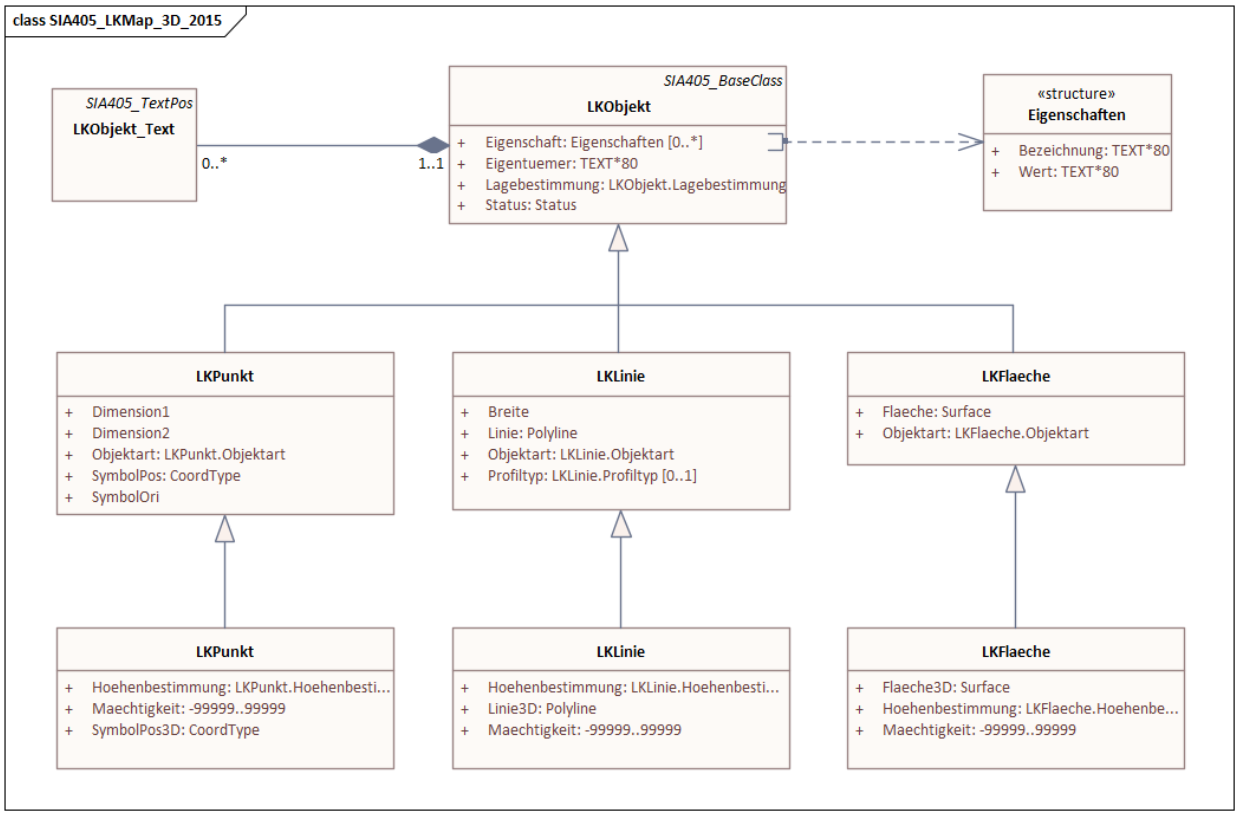

Abbildung 1
Klassendiagramm LKMap (Quelle: SIA 2012a, eigene Darstellung)

LKMap ist ein darstellungsorientiertes Datenmodell (SIA 2012b, S. 4). Die konkrete Fachlichkeit der Informationen lässt sich nicht direkt aus der Klassenstruktur erkennen, denn diese unterscheidet primär die grafischen Objekte LKPunkt, LKLinie, LKFlaeche. Diese bezüglich der eigentlichen Fachlichkeit (Werkinformation) sehr abstrahierte Modellierung wurde gewählt, um einen möglichst einfachen Zusammenzug der unterschiedlichen Medien zu gewährleisten und weil die Hauptaufgabe des Leitungskatasters gemäss der Definition in SIA405 die Darstellung des belegten Raums ist (SIA 2012b, S. 6).

Speziell hinzuweisen ist auf das Attribut Objektart, in welchem definiert wird, um welches Medium (u.a. Abwasser, Wasser, Gas etc.) und um welche konkrete Art von Objekt es sich handelt (z.B. Hydrant, Schacht, etc.).
Das Attribut LKObjekt.Eigenschaft bietet die Möglichkeit, einem Objekt beliebige Eigenschaften hinzuzufügen. Dies erfolgt durch das INTERLIS-Modellierungskonstrukt BAG-Of, mit welchem eine generische Struktur von Eigenschaften zugewiesen werden kann (BAG-Of-Eigenschaft).

Dank diesem generischen Konstrukt kann das Datenmodell relativ knapp gehalten werden und lässt damit dennoch die Möglichkeit offen, in einem Datenaustausch auf die individuellen attributiven Ausprägungen der unterschiedlichen Medien und Anforderungen einzugehen.

Datenmdodell IFC (Grundprinzipien)

Mit IFC ist ein «vollständiges» konzeptuelles Datenmodell definiert, welches im Prinzip die gesamte Fachlichkeit von Bauwerken beschreibt. Es lassen sich damit die Bauwerke selbst (das Produkt) mit all seinen Bauteilen, Komponenten und räumlichen Strukturen sowie auch die für dessen Planung, Erstellung und Betrieb notwendigen Prozesse und Ressourcen beschreiben.

Zusätzlich zu vordefinierten «Fachklassen» enthält das Datenmodell zahlreiche generische Strukturen zur ergänzenden Beschreibung dieser Fachklassen z.B. mit frei definierbaren Eigenschaften, mit unterschiedlichen geometrischen Repräsentationsformen, zur Bildung von funktionalen Gruppen, zur Klassifizierung usw.

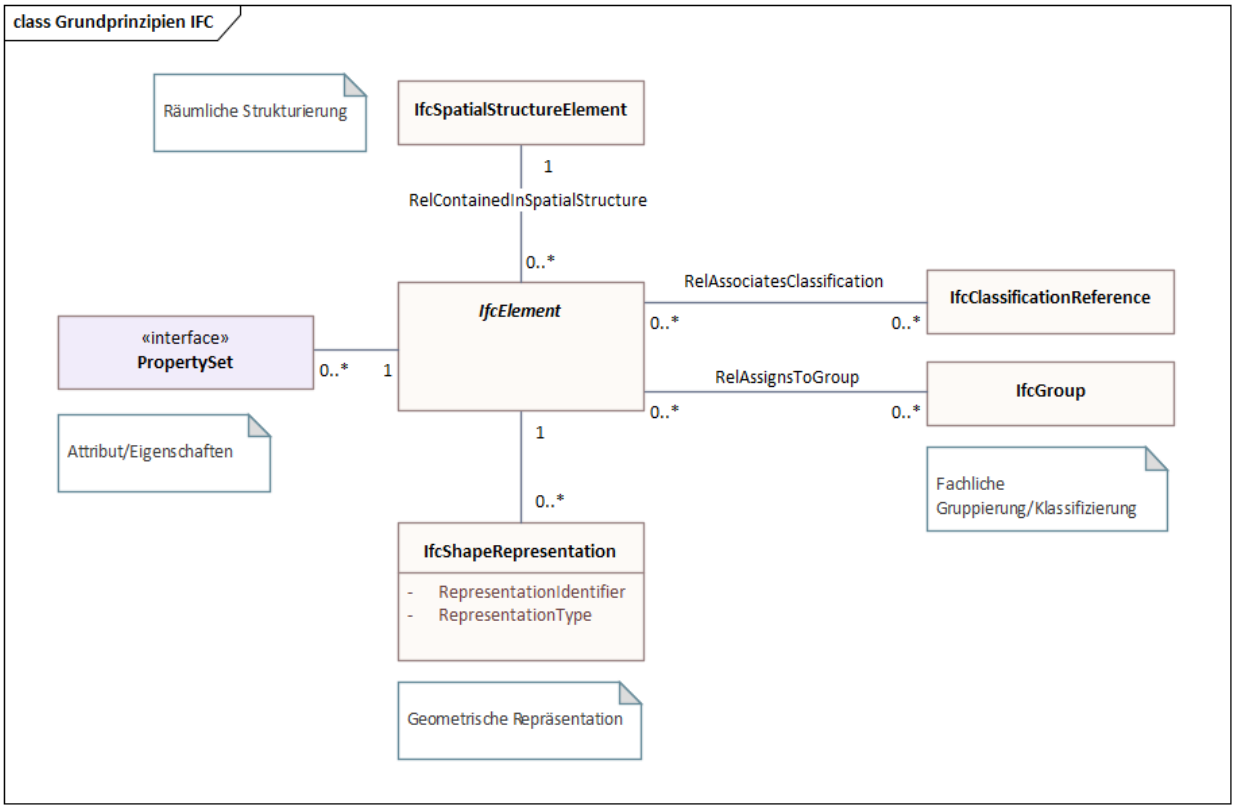

Abbildung 2
Klassendiagramm (vereinfacht) mit ausgewählten Grundprinzipien IFC im Kontext LKMap

Für die Überführung von LKMap nach IFC werden aus dem Datenmodell resp. den Konzepten von IFC primär die folgenden Aspekte in Erwägung gezogen und diskutiert, siehe auch Abbildung 2:

- Festlegung semantisch passender Entitäten (IfcElement):
  Aus den zahlreichen vordefinierten Klassen (in IFC als Entitäten bezeichnet) sind die für das Fachgebiet passenden (oder passendsten) zu wählen. Im Diagramm ist stellvertretend dafür die abstrakte Klasse IfcElement dargestellt. IfcElement ist eine Elternklasse für viele relevante fachliche Klassen, aus denen die Klasse mit der besten semantischen Übereinstimmung zu eruieren ist.
- Raumstruktur (IfcSpatialStructureElement):
  In IFC lassen sich die Fachklassen in eine logische Raumstruktur einbinden. Die Raumstrukturen ermögliche die Navigation und Auswertung von Objekten entlang dieser Raumstrukturen (räumlich-logische, hierarchische Gliederung).
  Im Hochbau besteht die typische Raumstruktur aus der Hierarchie von Areal-Gebäude-Stockwerk-Raum. Für den Infrastrukturbereich werden mit IFC4x3 zusätzliche Raumstrukturierungen eingeführt, die sich insbesondere auch für lineare Objekte wie Strassen und Schienen eignen (z.B. Strassensegment, Fahrspur, Schulter, Kreuzung etc.).
- Eigenschaften (Property und PropertySet):
  Im Datenmodell von IFC sind mit den vordefinierten Fachklassen (Entitäten) kaum fachliche Eigenschaften festgelegt. Die fachlichen Eigenschaften eines Objekts lassen sich dafür «dynamisch» durch die freie Zuweisung von «Propertys» definieren. Propertys sind in so genannten PropertySets gruppiert, welche auch frei definiert werden können. Das Datenmodell IFC definiert lediglich die generischen Strukturen für Propertys und PropertySets und regelt deren allgemeine Anbindung an die Fachklassen.
  Das Datenmodell macht selbst keine Aussagen zu möglichen Instanziierungen der Propertys. Allerdings sind innerhalb der Dokumentation von IFC bereits viele PropertySets/Propertys in einem separaten Katalog im Sinne von Standard-Instanziierungen vordefiniert. Es wird empfohlen, wenn immer möglich, diese vordefinierten Definitionen zu verwenden.
  Dieser generische Ansatz der PropertySets/Propertys ist dem Prinzip der BAG-of-Eigenschaften aus LKMap sehr ähnlich.
- Klassifikation (IfcClassification):
  Ein Objekt lässt sich in IFC nach beliebigen Klassifikationssystemen klassifizieren. Es handelt sich dabei um eine spezielle Art der Zuweisung einer Eigenschaft, die sich explizit auf ein (extern definiertes) Klassifikationssystem bezieht. Mit den Datenstrukturen von IFC können die Metainformationen zu externen Klassifikationssystemen sowie die einzelnen Klassifikationswerte definiert werden und die Werte lassen sich beinahe beliebigen Fachklassen zuweisen.
- Gruppierung (IfcGroup):
  Ein Objekt lässt sich in beliebigen funktionalen Gruppen gruppieren. Die Gruppen selbst können hierarchisch aufgebaut sein. Gruppen werden typischerweise genutzt, um unterschiedliche Objekte einem gemeinsamen System (Entität IfcSystem) zuzuweisen (z.B. alle Komponenten des Vorlaufs eines Heizungssystemes, alle Komponenten der Aussenfassade etc.). Gruppierungen sind den Klassifikationen ähnlich, indem ein Objekt beliebigen Gruppen zugewiesen werden kann. Im Gegensatz zu Klassifikationen

werden die Gruppen aber vollständig innerhalb der Datenstrukturen von IFC definiert und können beispielsweise selbst auch über Propertys oder Klassifikationen verfügen.

- Geometrische Repräsentation (IfcShapeRepresentation):
  Jedes Objekt kann durch mehrere Geometrien repräsentiert werden (oder auch keiner). Mit dem «RepresentationIdentifier» wird festgelegt, um was für eine Art der Repräsentation es sich handelt (z.B. Body (Haupt-Körpergeometrie), Axis für die Achse, BoundingBox, Schwerpunkt etc.)
  Zur Beschreibung einer Geometrie bietet IFC eine grosse Anzahl an unterschiedlichen Geometrietypen an, welcher für ein individuelles Objekt durch den RepresentationType festgelegt wird (z.B. Point, Curve, Surface, SweptSolid etc.). Die Geometrietypen implementieren unterschiedliche Verfahren für die Geometriebeschreibung (Boundary Representation (BRep), Extrusion oder auch CSG) und nutzen zur Speicherung der Informationen innerhalb von IFC unterschiedliche Datenstrukturen.

Kontextuelle Einordnung und Transformationsebenen

Verschiedene Arbeiten, v.a. im studentischen Bereich mit Master-Thesen und Zertifikatsarbeiten, haben sich bereits mit einzelnen Aspekten der Transformation von Leitungskatasterdaten oder allgemeiner von INTERLIS-Daten nach IFC beschäftigt und dabei Regeln und Muster für einzelne Transformationen aufgezeigt. Bevor im Folgenden konkret auf die Transformation von LKMap eingegangen wird, soll einleitend der Kontext der Transformation zwischen der «Geo-Welt» des Leitungskatasters und der «BIM-Welt» von IFC aufgezeigt und geklärt werden. Abbildung 3 zeigt am Beispiel des Leitungskatasters eine Gegenüberstellung der Modellierungssprachen, Datenmodelle und Transferformate, wie sie heute typischerweise im Bereich der Geodaten sowie beim Einsatz von BIM genutzt werden.

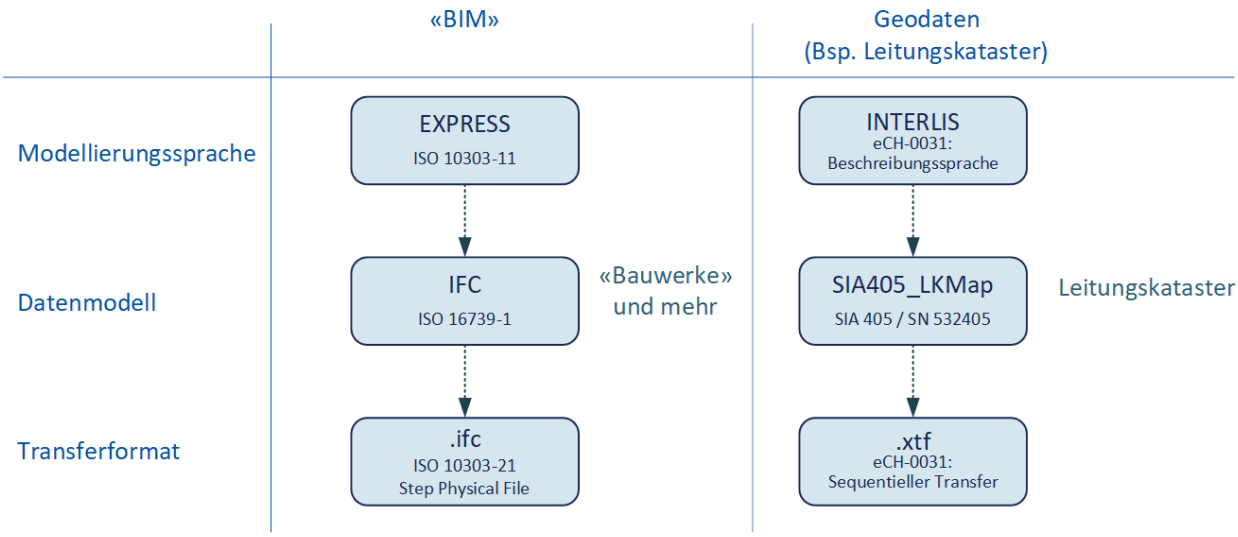

Abbildung 3
Vergleich BIM und Geodaten resp. INTERLIS und IFC

Beim offenen BIM-Datenaustausch kommt in der Regel das Datenmodell IFC zum Einsatz. Das Datenmodell IFC ist in der Modellierungssprache EXPRESS (ISO 2004) formal definiert. Die Daten zu einem Bauwerk werden über das normierte Format des Step Physical File (SPF) ausgetauscht (ISO 2016). Sowohl EXPRESS als auch SPF sind eigenständige, internationale Standards, welche unabhängig vom konkreten Datenmodell IFC existieren und auch in anderen als dem Baubereich angewandt werden.

Beim offenen Geodaten-Datenaustausch mit INTERLIS (eCH 2017) werden für konkrete fachliche Aspekte oder Aufgabenbereiche individuelle (Geo-)Datenmodelle spezifiziert, z.B. für den Bereich des Leitungskatasters das Datenmodell LKMap oder für andere Anwendungsbereiche minimale Geodatenmodelle des Bundes oder der Kantone. Diese Datenmodelle werden in der Modellierungssprache INTERLIS formal definiert (INTERLIS als Modellierungssprache, siehe dessen Definitionen für die Beschreibungssprache). Die Daten zu diesen Anwendungsbereichen werden über das normierte Format INTERLIS ausgetauscht (INTERLIS als Transferformat, siehe dessen Definitionen für den sequentiellen Transfer).

Beim Vergleich der beiden Datenaustausch-Konzepte fällt auf, dass die Grundarchitektur bezüglich der verschiedenen Ebenen identisch ist. Beide verfügen über eine grundlegenden Modellierungssprache (EXPRESS resp. INTERLIS), welche eine systemneutrale, konzeptuelle Beschreibung konkreter Datenmodelle ermöglicht, sowie einer ebenfalls systemneutralen Codierung für den eigentlichen Austausch der Daten in einem Transferformat (SPF resp. INTERLIS).

Ein inhaltlicher Vergleich der beiden Konzepte auf Ebene der Datenmodelle zeigt hingegen unterschiedliche Ansätze: Während in der BIM-Welt mit IFC ein einzelnes Datenmodell die gesamte Fachlichkeit abbildet, werden in der Geo-Welt eher kleinere, auf einzelne Anwendungen fokussierte Datenmodelle etabliert. Diese unterschiedlichen Paradigmen äussern sich auch in der Art der (Daten-)Modellierung. Während die Geodatenmodelle in der Schweiz meist sehr präzise und spezifisch definiert sind, zeichnet sich IFC durch viele generische Strukturen und Erweiterungsmechanismen aus (siehe Erläuterungen oben).

Für die hier behandelte konkrete Fragestellung der Transformation von Daten des Leitungskatasters in die «BIM-Welt» werden aus der kontextuellen Betrachtung folgende Rahmenbedingungen abgeleitet: Transformationsregeln müssen die verschiedenen Modellierungsebenen unterscheiden. Die gelegentlich postulierte Transformation «INTERLIS nach IFC» ist in dieser pauschalen Form nicht definierbar, denn sie bezeichnet die Transformation einer Modellierungssprache (INTERLIS) in ein konkretes, konzeptuelles Datenmodell (IFC). Im Folgenden wird daher die konkrete Transformation vom Datenmodell LKMap in das Datenmodell IFC diskutiert und aufgezeigt (LKMap2IFC). Es werden dazu unterschiedliche Konzepte von IFC (so genannte Concept Templates) herangezogen und diskutiert und damit aufgezeigt, wie diese generischen Konstrukte von IFC optimal auf die konkreten fachlichen Aspekte des Datenmodells von LKMap angewandt werden können.

In diesem Beitrag wird nicht auf die Transformationen auf den Ebenen der Modellierungssprache und des Transferformats eingegangen (EXPRESS nach INTERLIS).

Fragestellungen

Bei der Abbildung des Datenmodells LKMap in IFC gibt es viele verschiedene Fragestellungen und Transformationsmuster, die zu definieren sind. Im Rahmen dieser Arbeit werden die folgenden konkreten Fragestellungen thematisiert und die Analysen und Erwägungen dazu aufgezeigt.

Fragestellung	**Beschreibung**
Mapping Fachklassen	In welchen der in IFC vorhandenen Datenstrukturen (Entitäten) können die LK-Objekte abgebildet werden? Welche IFC-Konzepte bieten sich darüber hinaus noch an, um die Fachlichkeit des LK in IFC ideal abbilden zu können (z.B. Nutzung von Klassifikationssystemen, Gruppierungen etc.)?
Mapping Attribute	In welchen Attributen und Propertys können die Eigenschaften der LK-Objekte idealerweise abgebildet werden?
Einbindung Raumstruktur	Welche Raumstrukturen sollen für die LK-Objekte genutzt werden (Areal, Gebäude, Stockwerk, Fahrspur, …)?
Geometriebildung Unsicherheiten	Wie können geometrische Unsicherheiten der LK-Objekte in IFC abgebildet werden?

Mapping Klassen

Mit der Klassenstruktur von LKMap wird hauptsächlich der Geometrietyp unterschieden (Klassen LKPunkt, LKLinie, LKFlaeche). Für das Mapping nach IFC wird auf diese rein darstellungsorientierte Unterscheidung verzichtet, da im Datenmodell von IFC eine auf Realweltobjekten basierende Semantik vorgegeben ist und eine auf dem Geometrietyp basierende Klassifizierung hier nicht passend wäre.

Neben dem Geometrietyp werden im Datenmodell von LKMap zwei hauptsächliche Informationen unterschieden, welche für die Objektbildung und das Mapping auf Klassenebene in IFC von Bedeutung sind:

- Medium: Als Teil des Attributs Objektart (Abwasser, Wasser, Gas, Elektrizität, Kommunikation, Fernwärme, weitere)
- Bauwerksart: Als Teil des Attributs Objektart

Medienkennung/-gruppierung

Für die Abbildung der Medien-Zugehörigkeit eines Objekts bieten sich in IFC verschiedene Konzepte an:

- Eigenschaften: Das Medium wird über eine Eigenschaft (Property/PropertySet) definiert
- Klassifikation: Das Medium wird über ein vordefiniertes Klassifikationssystem definiert
- Gruppierung: Das Medium wird über eine vordefinierte Gruppe (Systemgruppen) definiert

Die Verwendung von PropertySets ist die vordergründig einfachste Methode. In der heutigen Praxis ist der Umgang mit PropertySets etabliert und alle Systeme können damit umgehen. Allerdings erreicht man damit nur eine lose Kopplung aller Objekte eines Mediums, die nicht direkt durch die Datenstruktur ableitbar ist. D.h. um alle Objekte eines Mediums selektieren oder auswerten zu können, müssen dedizierte Abfragen definiert werden, mit welchen der Wert der Propertys in allen betroffenen Entitäten abgefragt wird. Die Gemeinsamkeit der Propertys in den verschiedenen Entitäten ist nur über die entsprechenden Namen erkennbar, womit aus Sicht der Datenstrukturierung nur eine schwache Kopplung vorliegt.

Klassifikation und Gruppierung stellen demgegenüber die «eleganteren» Methoden dar, welche die Daten bezüglich Medienzuweisung systematischer strukturieren lassen und damit bezüglich Konsistenz und Verständlichkeit und somit Datenqualität Vorteile aufweisen.

Es kann damit je Medium eine eigenständige Gruppe oder Klassifikation definiert und alle entsprechenden Objekte zugewiesen werden. Damit können die Medien direkt in den Daten definiert werden und die zugehörenden Objekte lassen sich direkt über die im Datenmodell definierten Beziehungen auswerten. Viele BIM-Viewer können standardmässig mit Klassifikations- und Gruppenzuweisungen umgehen, so dass diese Konstrukte ohne spezifische Konfiguration für die Selektion und Auswertung genutzt werden können.

Aus Sicht der Datenqualität sind die strukturierten Methoden gegenüber den PropertySets zu bevorzugen. Für die Medien des Leitungskatasters wird daher vorgeschlagen, diese in IFC als einzelne Gruppen zu definieren und über das Gruppierungskonzept den einzelnen Objekten zuzuweisen. Als Gruppierungsklasse kann dazu IfcDistributionSystem verwendet werden, mit folgenden Definitionen:

Medium	IFC		
	Entity	PredefinedType	ObjectType
Abwasser	IfcDistributionSystem	SEWAGE	Abwasser
Elektrizität	IfcDistributionSystem	ELECTRICAL	Elektrizität
Fernwärme	IfcDistributionSystem	HEATING	Fernwärme
Fernwirkkabel	IfcDistributionSystem	CONTROL	Fernwirkkabel
Gas	IfcDistributionSystem	GAS	Gas
Kommunikation	IfcDistributionSystem	COMMUNICATION	Kommunikation
Schutzrohr	IfcDistributionSystem	USERDEFINED	Schutzrohr
Wasser	IfcDistributionSystem	WATERSUPPLY	Wasser
weitereMedien	IfcDistributionSystem	USERDEFINED	weitereMedien

Abbildung 4
Medien als IfcDistributionSystem

Bei jedem IfcDistributionSystem wird als PredefinedType jeweils die «passendste» Definition aus den von IFC vordefinierten Werten gewählt. Zur möglichst konkreten Abbildung und zur einfachen Wiedererkennung der LKMap-Informationen wird im Attribut ObjectType zudem der Medienname aus LKMap (redundant) geführt.

Mapping Fachklassen

Das Datenmodell LKMap ist bezüglich Klassenstruktur sehr abstrakt und fachlich wenig detailliert, da es nur Punkt, Linie und Fläche unterscheidet. Die fachliche Präzision bezüglich der Bauwerksart ist nur über das Attribut Objektart festgelegt. Beim Mapping auf IFC stellt sich die Frage, ob diese Abstraktion auch in IFC beibehalten, oder ob eine präzisere semantische Abbildung auf die in IFC vorhandenen Fachklassen angestrebt werden soll. Diese beiden prinzipiellen Varianten bezüglich der semantischen Präzision beim Klassen-Mapping werden wie folgt definiert:

- Allgemeiner Ansatz:
  Es werden alle LK-Objekte in eine einheitliche, allgemeine Entität in IFC überführt. Damit wird das Prinzip aus LKMap auch im Kontext von IFC beibehalten. Die LK-Objektarten lassen sich dadurch nicht alleine aufgrund der Entität erkennen.
- Konkreter Ansatz:
  Die LK-Objekte werden je nach Objektart in die passendste Entität in IFC überführt. Vom Prinzip in LKMap wird dadurch abgewichen, indem möglichst präzise fachliche Strukturen aus IFC genutzt werden. Die Objektarten lassen sich weitgehend aus den Entitäten erkennen. Der Übergang von LK zur Werkinformation wird damit im Datenmodell von IFC bereits «vorgespurt».

Allgemeiner Ansatz

Für den allgemeinen Ansatz wurden folgende Kandidaten als allgemeine Entität diskutiert:

- IfcDistributionElement (Element aus Verteilsystem): Passt allgemein per Definition gut; in zukünftigen Versionen soll diese Entität jedoch nicht mehr instanziierbar sein.
- IfcDistributionFlowElement: Generalisierung vieler Klassen des Verteilsystems
- IfcCivilElement (Tiefbau Element): ab IFC-Version 4x3 nicht mehr unterstützt (deprecated)
- IfcBuildingElementProxy: sehr generisch, kein Bezug zu LK erkennbar

Für den allgemeinen Ansatz wird daher folgendes Mapping auf die IFC Entitäten favorisiert (siehe auch Abbildung 5):

- Einheitliche Nutzung von IfcDistributionFlowElement für alle LKMap-Objekte
- PredefinedType = NULL (Attribut PredefinedType ist für IfcDistributionFlowElement in IFC nicht definiert)
- ObjectType = Konkrete Objektart (ohne Medium)

LKMap_Medium	LKMap_Geom	LKMap_Objektart	IFC_Entity	IFC_PredefinedType	IFC_ObjectType
Abwasser	lkflaeche	Spezialbauwerk	IfcDistributionFlowElement	-	Abwasser.Spezialbauwerk
Abwasser	lklinie	Haltung_Kanal	IfcDistributionFlowElement	-	Abwasser.Haltung_Kanal
Abwasser	lkpunkt	Kaliberwechsel	IfcDistributionFlowElement	-	Abwasser.Kaliberwechsel
Abwasser	lkpunkt	Kanalanfang	IfcDistributionFlowElement	-	Abwasser.Kanalanfang
Abwasser	lkpunkt	Normschacht	IfcDistributionFlowElement	-	Abwasser.Normschacht
Abwasser	lkpunkt	unbekannt	IfcDistributionFlowElement	-	Abwasser.unbekannt

Abbildung 5
Beispiel Klassenmapping allgemeiner Ansatz

Konkreter Ansatz

Für den konkreten Ansatz werden für die Wahl des Mappings folgende Prinzipien festgelegt:

- Nutzung von möglichst konkreten Subelementen von IfcDistributionElement
- Definition des PredefinedTypes, dabei primär vordefinierte Werte verwenden
- Konkrete Objektart wird immer im ObjectType geführt

Daraus ergeben sich für den konkreten Ansatz für das Mapping auf die IFC Entitäten folgende Abbildungen (Auszug).

LKMap_Medium	LKMap_Geom	LKMap_Objektart	IFC_Entity	IFC_PredefinedTyp	IFC_ObjectType
Abwasser	lkflaeche	Spezialbauwerk	IfcDistributionChamberElement	MANHOLE	Spezialbauwerk
Abwasser	lklinie	Haltung_Kanal	IfcPipeSegment	RIGIDSEGMENT	Haltung_Kanal
Abwasser	lkpunkt	Kaliberwechsel	IfcPipeFitting	TRANSITION	Kaliberwechsel
Abwasser	lkpunkt	Kanalanfang	IfcPipeFitting	USERDEFINED	Kanalanfang
Abwasser	lkpunkt	Normschacht	IfcDistributionChamberElement	MANHOLE	Normschacht
Abwasser	lkpunkt	unbekannt	IfcPipeFitting	USERDEFINED	unbekannt

Abbildung 6
Beispiel Klassenmapping konkreter Ansatz

Aus der datentechnischen Perspektive sind beide Ansätze des Klassen-Mappings zielführend und bieten gute Transformationslösungen. Die Wahl zwischen dem allgemeinen und konkreten Ansatz ist daher aus fachlicher Sicht zu entscheiden. Der allgemeine Ansatz unterstützt in seiner Analogie zum abstrakten Datenmodell aus LKMap die bewusste Reduktion der semantischen Tiefe und folgt damit demselben Modellierungsprinzip. Demgegenüber kann mit dem spezifischen Ansatz bereits eine bessere semantische Präzision erreicht werden und damit dem objektorientierten Ansatz der BIM-Welt besser entsprochen werden. Es wird damit auch bereits ein erster Schritt zur Abbildung der Werkinformation gemacht.

Zu betrachten ist auch die umgekehrte Transformation von IFC nach LKMap. Sowohl mit dem allgemeinen als auch dem konkreten Ansatz ist eine Rücktransformation auf die eigentliche Objektart von LKMap möglich. Bei der Rücktransformation ist in beiden Ansätzen eine zusätzliche Berücksichtigung des Geometrietyps zu beachten, denn dieser steuert die Zuweisung auf die Klassen LKPunkt, LKLinie oder LKFlaeche. Da mit dem Datenmodell IFC die Geometrietypen frei wählbar sind müssten bei einer Datenerfassung in IFC zusätzliche Konsistenzbedingungen berücksichtigt werden, welche die Abhängigkeiten zwischen Geometrietyp und Objektarten aus LKMap abbilden.

Mapping Attribute

Bei der Transformation von Attributen nach IFC ist prinzipiell darauf zu achten, dass nach Möglichkeit ein Mapping auf bereits vordefinierte Propertys gemacht wird. Ein Vergleich der Standardattribute von LKMap und den vordefinierten Propertys von IFC zeigt jedoch, dass kaum eine direkte Überführung möglich ist. Es lassen sich zwar teilweise zu einzelnen LKMap-Attributen Propertys mit vergleichbarer Semantik identifizieren, die jeweiligen Wertebereiche sind jedoch unterschiedlich und nicht direkt transformierbar.

Zum Beispiel ist bei der Status-Information der in IFC vordefinierte Wertebereich nicht ausreichend, da keine Unterscheidung der drei «existierenden» Zustände (in_Betrieb, ausser_Betrieb, tot) möglich ist (Pset_PipeSegmentTypeCommon.Status). Die Lage- und Höhenbestimmung aus LKMap liesse sich prinzipiell in numerische Werte transformieren und dann im Pset_Uncertainty als HorizontalUncertainty resp. VerticalUncertainty abbilden (ab Version IFC4x3). Eine gute fachliche Übereinstimmung ergibt sich einzig bei den Attributen Dimension1/2 und Breite, welche sich nach Pset_PipeSegmentTypeCommon.InnerDiameter resp. .OuterDiameter überführen lassen.

Da einerseits für die Mehrheit der Attribute keine direkt passende Entsprechung in den vordefinierten Propertys existiert und andererseits die Semantik der LK-Objekte auf einer abstrakten Stufe definiert ist (belegter Raum), wird vorgeschlagen, die Transformation der Attribute in ein dediziertes PropertySet «CHSIA_LKMap» vorzunehmen. Zur Vollständigkeit und einfachen Objekterkennung wird die Objektart ebenfalls auch noch als Eigenschaft mitgeführt. Dies als redundante Information zur Entity-Zuweisung und ObjectType. Es ergibt sich dann daraus folgende PropertySet-Definition und Mapping aus LKMap:

LKMap		**IFC**	
Klasse	**Attribut**	**PropertySet**	**Property**
LKObjekt	Eigentuemer	CHSIA_LKMap	Eigentuemer
LKObjekt	Status	CHSIA_LKMap	Status
LKObjekt	Lagebestimmung	CHSIA_LKMap	Lagebestimmung
LKPunkt	Dimension1	CHSIA_LKMap	Dimension1
LKPunkt	Dimension2	CHSIA_LKMap	Dimension2
LKPunkt	Objektart	CHSIA_LKMap	Objektart
LKPunkt	Hoehenbestimmung	CHSIA_LKMap	Hoehenbestimmung
LKPunkt	Maechtigkeit	CHSIA_LKMap	Maechtigkeit
LKLinie	Breite	CHSIA_LKMap	Breite
LKLinie	Objektart	CHSIA_LKMap	Objektart
LKLinie	Profiltyp	CHSIA_LKMap	Profiltyp
LKLinie	Hoehenbestimmung	CHSIA_LKMap	Hoehenbestimmung
LKLinie	Maechtigkeit	CHSIA_LKMap	Maechtigkeit

LKFlaeche	Objektart	CHSIA_LKMap	Objektart
LKFlaeche	Hoehenbestimmung	CHSIA_LKMap	Hoehenbestimmung
LKFlaeche	Maechtigkeit	CHSIA_LKMap	Maechtigkeit

Ein Spezialfall stellt das Attribut LKObjekt.Eigenschaft dar, mit welchem beliebige Eigenschaften aus der Werkinformation in den Leitungskataster integriert werden können. Auch in diesem Fall ist anzustreben, für die Transformation nach Möglichkeit vordefinierte Property-Definitionen zu verwenden. Für viele Werkinformations-Eigenschaften existieren in IFC vordefinierte Propertys (z.B. zu Kapazitäten, Druck, Temperatur, Installation und Unterhalt/Wartung). Für den Fall, dass kein passendes, vordefiniertes Property existiert, wird vorgeschlagen, die generischen Eigenschaften aus dem BAG-of-Eigenschaften-Konstrukt in ein einheitliches PropertySet «CHSIA_LKMapEigenschaften» zu überführen. Die Property-Namen entsprechen dabei den Eigenschaften-Namen, siehe nachfolgende Tabelle.

LKMap		**IFC**	
Klasse	**Attribut**	**PropertySet**	**Property**
LKObjekt*	Eigenschaft.[Name]	CHSIA_LKMapEigenschaften	[Name]

Einbindung Raumstruktur

Der Leitungskataster definiert selbst keine logische Raumstrukturen, wie dies durch die entsprechenden IFC-Konzepte vorgesehen ist (Gebäude-Stockwerk-Raum oder Strassenabschnitt-Fahrbahn etc.). Entsprechend ergibt sich keine Möglichkeit, die LK-Daten innerhalb einer eigenen logischen Raumstruktur zu positionieren. Allenfalls liessen sich LK-Objekte in einer ausserhalb vom LK definierten Raumstruktur einbinden (z.B. Raumstruktur des Strassenbereichs). Diese Strukturen müssten allerdings ausserhalb und übergeordnet zum Leitungskataster festgelegt werden, was derzeit ausserhalb der Betrachtung liegt.

Entsprechend wird postuliert, für den Austausch mit IFC keine Raumstrukturen abzubilden und alle LK-Objekte einheitlich einer abstrakten IfcSite zuzuweisen. Diese abstrakte IfcSite dient lediglich als Container zur Sammlung der Objekte und einfacheren Darstellung in den BIM-Viewern.

Geometriebildung Unsicherheiten

Für die unterirdischen Objekte des Leitungskatasters stellt die geometrische Unsicherheit eine wichtige Information dar, deren Bedeutung insbesondere mit der Einführung der dritten Dimension noch steigt.

Die geometrischen Unsicherheiten können aus LKMap aus zwei Informationen abgeleitet werden:

- Attributive Klassifizierung:
  Die Attribute Lagebestimmung und Hoehenbestimmung (genau, ungenau, unbekannt) geben ein qualitatives Mass der geometrischen Genauigkeit an. Dieses lässt sich über pauschale Standardwerte in einen geometrischen «Unsicherheitskörper» überführen (z.B. Erweiterung des geometrischen Körpers um 30cm (Schaufelbreite) bei genauer Bestimmung).
- Fehlende Höhenangaben:
  Viele LK-Objekte verfügen über keine Höhenangaben (keine Z-Koordinaten in den Geometriedefinitionen). Für diese Objekte lässt sich über pauschale Standardannahmen die Höhenangabe sehr ungenau schätzen (z.B. aus Terrainoberfläche, allenfalls mit zusätzlicher Berücksichtigung von Standardüberdeckungshöhen etc.). Aus den geschätzten Höhenbereichen lässt sich ein geometrischer Körper berechnen.

Die geometrische Unsicherheit kann einerseits attributiv nach IFC übertragen werden, indem die Attributwerte der Lage- und Höhenbestimmung in Property-Werte überführt werden, entweder direkt oder über eine Werte-Transformation ins PropertySet Pset_Uncertainty (siehe oben).

Andererseits kann auch ein geometrischer «Unsicherheitskörper» als Geometrie für jedes LKObjekt definiert werden.

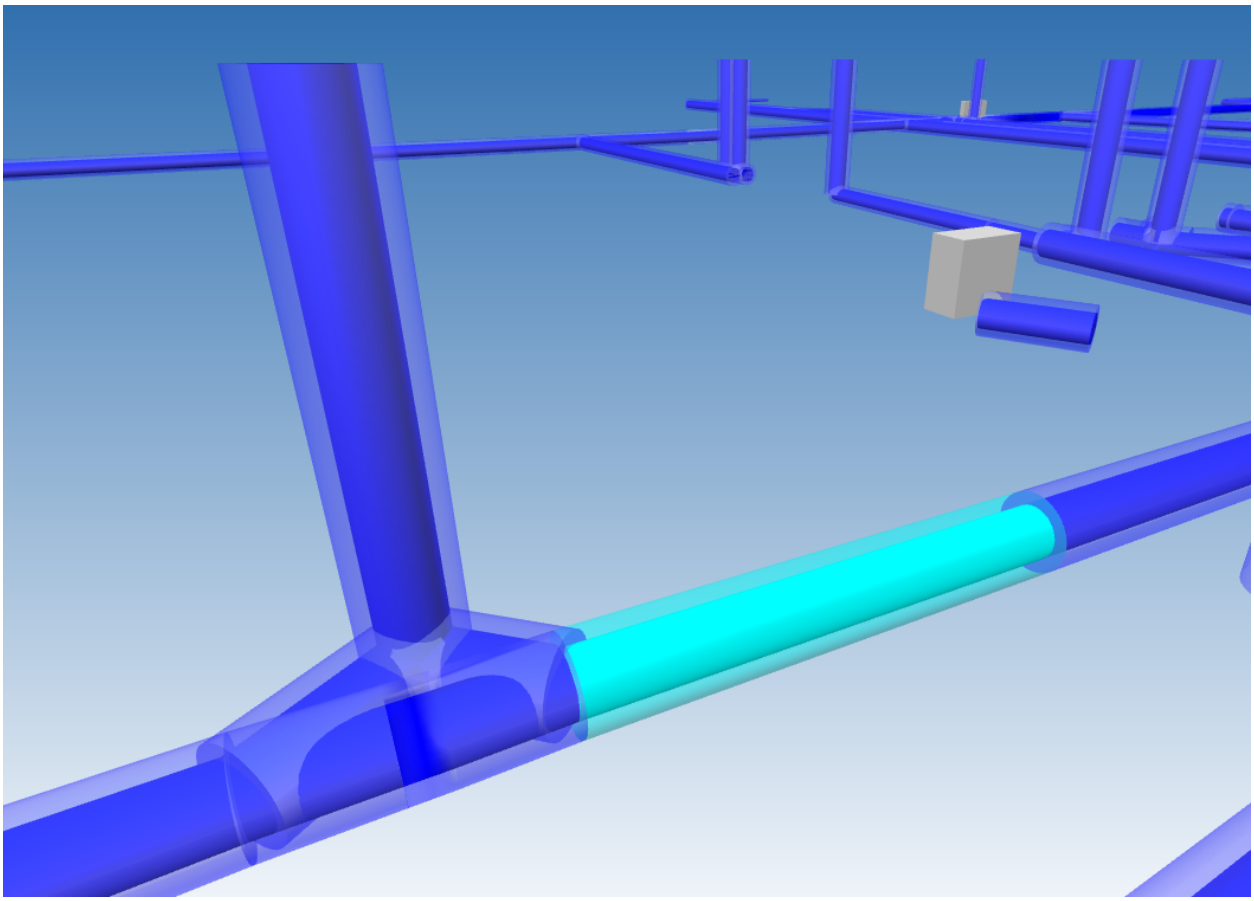

Abbildung 7
Darstellung Unsicherheitsgeometrie

Für diese geometrische Abbildung der Unsicherheit können drei Varianten verfolgt werden:

- Variante 1: LKObjekt mit zusätzlicher «Unsicherheitsgeometrie»:
  Für jedes erzeugte Objekt wird zusätzlich zur normalen Geometrie (RepresentationIdentifier=Body) eine Unsicherheitsgeometrie erzeugt (RepresentationIdentifier=Clearance).
  Vorteil dieser Variante: Das LKObjekt existiert einmal und enthält sämtliche relevanten Geometrien. Die vorhandenen Konzepte von IFC (Unterstützung mehrerer Geometrien je Objekt) werden voll genutzt.
  Nachteil der Variante: Nur wenige BIM-Viewer unterstützen dieses IFC-Konzept, d.h. die einfache Visualisierung mit Standardwerkzeugen ist nicht möglich.

Geometry		
Body	SweptSolid	
DiskSolid		Color [R:0, G:0, B:255, A:255]
Axis	Curve3D	
Clearance	SweptSolid	
DiskSolid		Color [R:0, G:0, B:255, A:77]

Abbildung 8
Unsicherheitsgeometrie Variante 1: zusätzliche, separate Geometrie (Body und Clearance)

- Variante 2: LKObjekt mit kombinierter Geometrie («Multipart»-Geometrie) (Sersa Group AG 2022):
  Für jedes erzeugte Objekt wird eine kombinierte (zusammengesetzte) Geometrie erzeugt, welche sowohl die «normale» als auch die Unsicherheitsgeometrie umfasst. Die beiden Teilgeometrien werden durch unterschiedliche Farb- oder Transparenzinformationen grafisch unterschieden.
  Vorteil dieser Variante: Wird von allen Viewern unterstützt und gibt grafisch sofort eine aussagekräftige Information.
  Nachteil dieser Variante: Mengen- oder Volumenermittlungen sind nur noch eingeschränkt möglich, da die gesamte Multipart-Geometrie ausgewertet wird.

Geometry		
Body	SweptSolid	
SetOfGeometry	2 Geometries	
DiskSolid		Color [R:0, G:0, B:255, A:255]
DiskSolid		Color [R:0, G:0, B:255, A:77]
Axis	Curve3D	

Abbildung 9
Unsicherheitsgeometrie Variante 2: «kombinierte Geometrie» (Body)

- Variante 3: Zusätzliches «Unsicherheitsobjekt»:
  Für jedes LKObjekt wird ein zusätzliches Objekt mit der Unsicherheitsgeometrie erzeugt. Das zusätzliche Objekt wird attributiv (IfcGUID oder Property) mit dem entsprechenden LKObjekt verknüpft.
  Vorteil dieser Variante: Die Unsicherheitsobjekte können in allen BIM-Viewern dargestellt werden.
  Nachteil dieser Variante: Es werden zusätzliche Objekte erzeugt, deren Bezug zum effektiven LKObjekt nur schwach hergestellt werden kann.

Die Variante 1 mit der Abbildung der Unsicherheitsgeometrie als separater Repräsentationsart nutzt das von IFC bereitgestellte Konzept der mehrfachen geometrischen Repräsentation und ist aus Datensicht ideal. Allerdings konnte nur ein BIM-Viewer identifiziert werden (FZKViewer), welcher mit unterschiedlichen

geometrischen Repräsentationen umgehen kann. Daher kann leider aufgrund der heutigen, ungenügenden technischen Umsetzung in den Werkzeugen diese Variante nicht für die Umsetzung empfohlen werden.

Variante 2 gibt sehr einfach eine gute visuelle Darstellung und kann in allen BIM-Viewern genutzt werden. Der Nachteil der «falschen» berechneten Volumen aufgrund der zu grossen Geometrie kann im Kontext des Leitungskatasters in Kauf genommen werden. Allerdings ergibt sich ein nicht zu unterschätzender Nachteil bezüglich der grafischen Darstellung, da sich die Unsicherheitsgeometrien nicht alleine ausblenden lassen (sie bilden eine Einheit mit der eigentlichen Geometrie des LK-Objekts). Dies kann v.a. bei grossen geometrischen Unsicherheiten zu unübersichtlichen Visualisierungen führen.

Implementierung Proof of Concept

Die diskutierten Fragestellungen und Lösungsvarianten wurden im Rahmen dieser Arbeit mit konkreten Leitungskatasterdaten prototypisch umgesetzt. Dazu wurde auf Basis der offenen Programmbibliothek IfcOpenShell mit Python ein Adapter entwickelt, mit welchem LKMap-Daten aus einem INTERLIS-Transferdatensatz gelesen und nach IFC transferiert werden. Die resultierenden IFC-Dateien wurden sodann mit unterschiedlichen BIM-Viewern getestet und analysiert.

Der Adapter zum Schreiben von IFC-Dateien lässt sich auch in einen FME-Workspace einbinden, so dass eine einfache Präprozessierung der Leitungskatasterdaten mit FME – z.B. für die Berechnung von fehlenden 3. Dimensionen - einfach integriert werden kann.

Fazit und Ausblick

Die Herausforderung bei der Überführung von Geodaten nach IFC liegt in der fachlichen Transformation. Einerseits müssen im Zielmodell IFC die passenden fachlichen Entitäten inklusive ihrer PredefindeTypes und in einem zweiten Schritt auch die dazu passenden vordefinierten Property-Definitionen identifiziert werden. Dies erfordert gute Kenntnisse des sehr umfangreichen Datenmodells von IFC. Andererseits sollten für die Abbildung in IFC auch weitergehende IFC-Konzepte bekannt sein und genutzt werden, um die vielfältigen Möglichkeiten von IFC für eine strukturell saubere Abbildung der Semantik optimal zu nutzen. Dazu zählt insbesondere das Konzept der Gruppierung, welches für die Medienzuweisung angewandt wurde. Mit diesem kann eine höherwertige Datenstrukturierung erreicht werden. Das Gruppierungskonzept ist in vielen BIM-Software gut implementiert und sollte in allen Fachbereichen viel stärker und systematischer genutzt werden.

Das relativ einfache und fachlich abstrakte Datenmodell LKMap lässt sich gut in IFC überführen. Es kann dazu sowohl der generische als auch der konkrete Ansatz verfolgt werden. Die Abbildung der Attribute in die vordefinierten Propertys von IFC ist nur bedingt möglich und erfordert teilweise auch Transformationen der Werte. Zukünftig müssen auch die Transformationen der umfangreichen Attribute der Werkinformationen ins Datenmodell von IFC definiert werden, was eine eingehende Analyse der bereits vorhandenen Property-Definitionen erfordert.

Die Möglichkeiten der geometrischen Repräsentation sind in IFC im Vergleich zu den Geodaten aus LKMap vielfältiger und bieten konzeptionell viele interessante Möglichkeiten (unterschiedliche Repräsentationsformen, unterschiedliche Geometrietypen und -verfahren). Leider werden diese Möglichkeiten in den heute verfügbaren Applikationen nur eingeschränkt unterstützt, so dass sie derzeit für einen Praxiseinsatz teilweise ausgeschlossen werden müssen (Verwendung unterschiedlicher Repräsentationsformen).

Bezüglich Geometrisierung steht im Kontext des Leitungskatasters eine Herausforderung im Zentrum, welche in dieser Arbeit noch ausgeklammert wurde: Die Generierung von Körpergeometrien aus 2.5D-Informationen. Mit der laufenden Revision der SIA 405 soll ein Konzept eingeführt werden, mit welchem punktuell Höheninformationen zum Leitungskataster erfasst werden können, aus denen sich dann abstrahierte Körpergeometrien für die 3D-Darstellung berechnen lassen. Bezüglich der Transformation und Abbildung in IFC sind in diesem Zusammenhang dann Fragen zur einheitlichen Verwendung von Geometrietypen und geometrischen Verfahren zu klären. Diese Transformationsregeln bewegen sich dann zusätzlich auch auf der Ebene der Modellierungssprachen (siehe Abbildung 3).

Ein ebenfalls noch zu klärendender fachlicher Aspekt, der sich bei vielen Infrastruktursystemen in ähnlicher Form stellt, ist die systematische Abbildung organisatorischer Rollen in IFC (Eigentümer, Datenherr, Betreiber). Eine Triviallösung mittels Propertys erscheint nicht zielführend, vielmehr sollten die Organisationen in den Strukturen und mit den Konzepten von IFC systematisch abgebildet werden.

References

- buildingSmart International. (n.d.). *IFC4 Documentation*. https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/. https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/ ↩
- eCH. (2017). *eCH-0031 INTERLIS 2 - Referenzhandbuch*. ↩
- ISO. (2004). *ISO 10303-11:2004 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual*. ↩
- ISO. (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*. ↩
- Sersa Group AG. (2022). *Sersa Group AG (Schweiz) - Digital Rail Services, BIM Modelling & Design: Konventionen Bestandesmodell [IFC-Struktur]*. ↩
- SIA. (2012). *Merkblatt 2015: Objekt- und Darstellungskataloge zu Ver- und Entsorgungsleitungen*. ↩
- SIA. (2012). *SIA 405:2012 Geodaten zu Ver- und Entsorgungsleitungen*. ↩