



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

DOKUMENTATION

ZUSAMMENSPIEL IFC - ALIGNMENT MIT RBBS

*Ausgabe 2022 V1.00
ASTRA 80004*

Impressum

Autoren

Yan Cerf	(ASTRA DS-LMBS, Vorsitz)
Luzia Seiler	(ASTRA N-SSI)
Claude Marschal	(Rosenthaler + Partner AG)
Rainer Koch	(Rosenthaler + Partner AG)
Jean-Luc Miserez	(INSER SA)
Jan Wunderlich	(IMC AG)
Lukas Schildknecht	(FHNW)

Begleitgruppe

Odilo Schoch	(ASTRA IO-Stab)
Rolf Mühlemann	(ASTRA DS-DTI)
Laurent Linder	(ASTRA IW-EPZ)
Matthias Folly	(ASTRA IO-FU)
Lenna Friedrich	(ASTRA DS DTI)

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch heruntergeladen werden.

© ASTRA 2022

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
1	Einleitung	5
1.1	Gegenstand	5
1.2	Zweck des Dokumentes	5
1.3	Geltungsbereich	5
1.4	Inkrafttreten und Änderungen	5
2	Ausgangslage, Ziele und Anforderungen.....	6
2.1	Ausgangszustand.....	6
2.2	Projektdefinition.....	6
2.3	Systemziele und Rahmenbedingungen	6
2.4	Vorgehensziele	7
2.5	Anforderungen und Erwartungen der Begleitgruppe	7
3	Grundlagen	8
3.1	Normen.....	8
3.1.1	VSS-40912: Strasseninformationssystem: Linearer Raumbezug. Räumliches Basis- Bezugssystem RBBS	8
3.1.2	VSS-40913: Strasseninformationssystem: Linearer Bezug. Achsgeometrien.....	8
3.1.3	SN EN ISO 19148, Geographic information - Linear referencing, Second edition 2021- 04	8
3.1.4	SN EN ISO 19650- Serie Informationsmanagement mit BIM	8
3.1.5	SN EN ISO 19650-1 und Verortung der Methode BIM im Projekt	8
3.1.6	SN EN ISO 19650-2.....	9
3.1.7	SN EN ISO 16739 Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement.....	9
3.1.8	SIA 112 Modell Bauplanung.....	10
3.1.9	SIA 405 Unterirdische Leitungen	10
3.1.10	SIA 469 Erhaltung von Bauwerken	10
3.2	Standards und Richtlinien für Nationalstrassen des ASTRA.....	10
3.2.1	ASTRA 10001 Nationalstrassennetz als räumliches Basis-Bezugssystem RBBS (2017 V1.20).....	10
3.2.2	Minimales Geodatenmodell Nationalstrassenachsen, Version 1.1.....	10
3.3	Forschung	11
3.3.1	Semantische Webtechnologie für Bauwerksdaten	11
3.3.2	VSS-Forschungsprojekt 1715: Nutzensteigerung für die Anwendung des SIS: EP4: Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation	11
3.4	Eingesetzte Werkzeuge und Tools	12
3.4.1	Enterprise Architect.....	12
3.4.2	FME.....	12
3.4.3	IfcOpenShell.....	12
3.4.4	ACCA-Viewer	12
4	Fachlicher Kontext	13
4.1	Fachprozesse.....	13
4.1.1	Neubau, Betrieb, Erhaltung und Rückbau	13
4.1.2	Erhaltung	13
4.1.3	Neubau / Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen.....	14
4.1.4	Schnittstelle RBBS2IfcAlignment & IfcAlignment2RBBS	15
4.2	Anwendungsfälle.....	15
4.2.1	Darstellung, Auswertung und Übernahme der Daten	16
4.2.2	Erfassung und Nachführung des linearen Bezugssystems	19

5	Semantisches Mapping	20
5.1	Semantische Beschreibung RBBS	20
5.2	Semantische Beschreibung IfcAlignment	21
5.2.1	IfcAlignment, IfcAlignmentCurve / LinearElement	22
5.2.2	IfcReferent / Referent	23
5.3	Mapping RBBS und IfcAlignment	24
5.4	Exkurs Horizontal und Vertikalgeometrie	26
6	Konzeptuelles Mapping	27
6.1	Konzeptuelles Datenmodell RBBS und Raumbezug	27
6.1.1	Anwendungsbeispiel	27
6.1.2	RBBS	27
6.1.3	Raumbezug	28
6.2	Konzeptuelles Datenmodell IfcAlignment	28
6.2.1	Semantisch	28
6.2.2	Geometrisch	30
6.2.3	Anwendung des Ifc-Alignment-Modells	32
6.3	Konzeptuelles Mapping RBBS	33
6.4	Konzeptuelles Mapping Raumbezug	36
7	Proof of concept	39
7.1	Zielsetzung und Anwendungsbereich	39
7.2	Daten und Verarbeitung	39
7.3	Werkzeuge	41
7.4	Ergebnisse	41
8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	43
8.1	Fachprozesse	43
8.2	Anwendungsfälle	43
8.3	Datenmodell	44
8.4	Proof of concept (POC)	44
	Anhänge Proof of concept, FME-Workspaces	47
	Glossar	49
	Literaturverzeichnis	50
	Auflistung der Änderungen	51

1 Einleitung

1.1 Gegenstand

Die Anwendung der BIM-Methodik ist im Infrastrukturbereich stark im Aufschwung. Eine wichtige Rolle spielt dabei die digitale Zusammenarbeit aller Beteiligten und insbesondere der normierte Datenaustausch zwischen den Prozessen mit Hilfe des IFC-Standards. Gegenstand des Projekts ist der Abgleich der existierenden ASTRA-Richtlinie "Nationalstrassennetz als räumliches Basisbezugssystem RBBS" [1] mit dem Schema "Alignment" des internationalen IFC-Standards für BIM [2], so wie die prototypische Überprüfung des Konzepts mit einer Schnittstelle RBBS zu Ifc.

1.2 Zweck des Dokumentes

Das vorliegende Dokument beinhaltet die Ergebnisse aus dem Abgleich zwischen den Vorgaben des räumlichen Basisbezugssystems (RBBS) und dem IFC-Schema "Alignment". Der Abgleich findet auf der semantischen Ebene für die Begriffe und Definitionen sowie auf der konzeptionellen Ebene für die Klassen, Beziehungen und Attribute statt. Zusätzlich enthalten sind die Ergebnisse aus dem "Proof of Concept" mit welchem die Umsetzbarkeit nachgewiesen wird sowie wertvolle Schlussfolgerungen und Empfehlungen für das ASTRA.

1.3 Geltungsbereich

Das Dokument gilt als Studie im Rahmen des BIM-Programms des ASTRA.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Dieses Dokument tritt am 06.07.2022 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 51 dokumentiert.

2 Ausgangslage, Ziele und Anforderungen

2.1 Ausgangszustand

Im Juli 2015 wurde das Model IfcAlignment 1.0 als "buildingSMART Final Standard" akzeptiert. Es bildet das erste Erweiterungsprojekt für IFC for Infrastructure. Publiziert wurden Austauschszenarios, das konzeptionelle Datenmodell, sowie die Methoden für die lineare Lokalisierung.

Eine erste Analyse des IfcAlignment-Modells hat gezeigt, dass aus konzeptioneller Sicht eine grosse Überdeckung mit dem RBBS besteht. So sind im IFC-Alignment analog zum RBBS Achssegmente bekannt, an welchen Objekte linear referenziert werden können. Im IFC-Alignment werden die Bezugsachsen zusätzlich mit ihrem 3D-Verlauf betrachtet.

Im Oktober 2019 wurde am internationalen buildingSMART-Kongress in Peking eine aktualisierte Version des IFC-Schemas als Release Candidate 1 von IFC 4.3 präsentiert. Diese Schema-Version wurde durch interessierte Softwarehersteller intensiv auf Umsetzbarkeit bis Ende Juni 2021 geprüft. Aktuell liegt die Version IFC 4.3 RC4, welche auch im IfcAlignment überarbeitet wurde, bei buildingSMART zur Freigabe und Übergabe an die ISO.

Zur Prüfung des Zusammenspiels IFC-Alignment mit dem RBBS wird IFC 4.3 RC4 als Grundlage verwendet.

2.2 Projektdefinition

Das Projekt erarbeitet die Regeln für die semantische und konzeptionelle Transformation zwischen IFC-Alignment [2] und der Objekte aus der Richtlinie "Nationalstrassennetz als räumliches Basisbezugssystem RBBS" [1] sowie der Schweizernormen SN 640 912 und SN 640 913. Im Fokus stehen dabei das Bezugssystem, die (3D-)Geometrie der Achssegmente mit ihrer Kalibrierung sowie die linearen Lokalisierungsmethoden. Allfällige Lücken im konzeptionellen Modell des RBBS, um eine vollständige Transformation zu erreichen, werden identifiziert und Vorschläge für die Erweiterung des RBBS gemacht.

Für die Validierung der semantischen und konzeptionellen Transformation wird mit FME (oder einem ähnlichen Werkzeug) das erarbeitete Regelwerk als Prototyp umgesetzt. Der Prototyp kann in aktuellen, auf BIM basierten Bauprojekten, eingesetzt werden.

2.3 Systemziele und Rahmenbedingungen

Die Nutzung des RBBS ist kompatibel mit IFC-Alignment.

Mit dem Projekt IFC-Alignment und RBBS werden folgende Ziele erreicht:

- Es existiert ein semantisches und konzeptionelles Mapping des IFC-Alignment Standards mit der Richtlinie "Nationalstrassennetz als räumliches Basisbezugssystem RBBS" [1] sowie der SN 640 912 Räumliches Basis-Bezugssystem RBBS und der SN 640 913 Achsgeometrien.
- Die semantische und konzeptionelle Transformation von RBBS-Daten und im RBBS lokalisierten Daten eineindeutig nach BIM und umgekehrt funktioniert (ohne Qualitätsverlust in beide Richtungen).
- Die Investitionen in die Umsetzung des RBBS auf National- und Kantonsstrassen werden geschützt, da mit dieser Transformation das RBBS zusammen mit IFC genutzt werden kann.
- Es existieren Grundlagen, damit zukünftige nach der BIM-Methodik abgewickelten Projekte des ASTRA in der Lage sind RBBS-Daten aus MISTRA IFC-konform zu liefern.

- Es existieren Grundlagen, damit beim Abschluss von nach der BIM-Methodik abgewickelten Projekte die Projektdaten im IFC-Format MISTRA-kompatibel geliefert werden können.

2.4 Vorgehensziele

Die Projektergebnisse sollen bis Ende 1. Quartal 2022 vorliegen.

2.5 Anforderungen und Erwartungen der Begleitgruppe

Die Anforderungen und Erwartungen der Begleitgruppe sind wie folgt:

- Es gilt im Projekt erste Erkenntnisse zum Thema einzuholen und eine erste Auslegeordnung darzustellen.
- Es soll eine möglichst stabile Version von Ifc-Alignment verwendet werden.
- Primär gilt es das Zusammenspiel zu untersuchen, d.h. darzustellen was funktioniert oder nicht funktioniert, sowie die Kompatibilität mit ihren Vor- und Nachteilen darzulegen.
- Das Lösen der fachlichen Probleme braucht zwingend die Objektreferenzierung. Die Studie muss sowohl das Zusammenspiel des RBBS als auch das Zusammenspiel mit der Objektreferenzierung behandeln. Nur das RBBS alleine genügt nicht.
- Die Analyse muss alle Achstypen berücksichtigen.
- Eine produktunabhängige Darstellung des Mappings (z.B. als UML oder RDF) ist anzustreben.
- In den Folgerungen und Empfehlungen soll beurteilt werden inwieweit die bestehenden Datenmodelle des RBBS für die Zukunft verwendet werden können resp. was ist eventuell daran anzupassen?
- Der zukünftige Stellenwert der linearen Referenzierung ist zu beurteilen insbesondere im Hinblick auf die praktische Umsetzung.

3 Grundlagen

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht auf die für die Aufgabe betrachteten Normen und Standards.

3.1 Normen

3.1.1 VSS-40912: Strasseninformationssystem: Linearer Raumbezug. Räumliches Basis-Bezugssystem RBBS

Diese Norm beinhaltet die semantische Beschreibung des räumlichen Basisbezugssystems RBBS, welches auch vom ASTRA für die Nationalstrassen angewendet wird. Die Anwendung durch das ASTRA mit spezifischen Detaillierungen ist in der Richtlinie ASTRA 10001 dokumentiert.

3.1.2 VSS-40913: Strasseninformationssystem: Linearer Bezug. Achsgeometrien

Diese Norm beinhaltet die semantische Beschreibung der Achsgeometrien. Die Norm definiert die Referenzgeometrie, die Horizontal- und Vertikalgeometrie und die Darstellungsgeometrien. Im Weiteren wird die Methode der Kalibrierung der Geometrie beschrieben (Massstabsfaktor zwischen Realität und der geometrischen Abbildung). Schlussendlich wird die Transformation zwischen dem linearen Bezugssystem und einem kartesischen Bezugssystem definiert.

3.1.3 SN EN ISO 19148, Geographic information - Linear referencing, Second edition 2021-04

Linear Referencing Systems enable the specification of positions along linear objects. The approach is based upon the Generalized Model for Linear Referencing first standardized within ISO 19133:2005. This document extends that which was included in ISO 19133, both in functionality and explanation. ISO 19109 supports features representing discrete objects with attributes with values which apply to the entire feature. ISO 19123 allows the attribute value to vary, depending upon the location within a feature, but does not support the assignment of attribute values to a single point or length along a linear feature. Linearly located events provide the mechanism for specifying attribution of linear objects when the attribute value varies along the length of a linear feature. A Linear Referencing System is used to specify where along the linear object each attribute value applies. The same mechanism can be used to specify where along a linear object another object is located, such as guardrail or a traffic accident.

3.1.4 SN EN ISO 19650- Serie Informationsmanagement mit BIM

Die Normenserie SN EN ISO 19650 ist ein internationaler Standard für das Grundverständnis informationsbasiertem arbeiten über Ausschnitte oder den Lebenszyklus eines Bauwerks oder mehrerer Bauwerke unter Verwendung von Building Information Modeling (BIM).

3.1.5 SN EN ISO 19650-1 und Verortung der Methode BIM im Projekt

Kapitel 3.3.14 definiert BIM als «Nutzung einer untereinander zur Verfügung gestellten digitalen Repräsentation eines Assets (3.2.8) zur Unterstützung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen als zuverlässige Entscheidungsgrundlage».

Kapitel '2 Ausgangslage, Ziele und Anforderungen baut auf dieser Definition auf: Nutzende des RBBS-Datenmodells haben ein Interesse, weiterhin ihre Entscheidungsgrundlagen nutzen zu können. D.h. neben einer reinen Konvertierung von konkreten Daten prüft dieses Projekt auch die Möglichkeit der Integration der RBBS-basierten Prozesse von Eigentümern, Planern und RBBS-Nutzenden generell im Kontext der Methode BIM.

D.h. es ist wichtig, dass die RBBS Daten zunächst Objekte verorten helfen, aber auch die via RBBS vermittelten Objekte eben genau den Zweck haben, die Prozesse zu unterstützen.

Insbesondere die Kapitel 10.4 beschreibt die Grundsätze der Vereinigung von Daten. Dies ist im Projekt von Bedeutung, da die RBBS-Daten via IFC-Datei in grössere Koordinationsmodelle gebracht werden können.

3.1.6 SN EN ISO 19650-2

Der zweite Teil der ISO 19650 definiert im Detail verschiedene Aufgaben und Abläufe des Informationsaustauschs mit BIM in der gesamten Projektphase ("Organisation von Daten zu Bauwerken - Informationsmanagement mit BIM - Teil 2: Lieferphase der Assets"). Im Kontext der Betrachtungen zum RBBS ist daraus für das ASTRA in der Rolle des Informationsbestellers insbesondere Kapitel 5.1 hervorzuheben, in welchem die Aufgaben zur Bedarfswertung beschrieben sind. Die Verwendung von RBBS-Informationen ist speziell in den Aktivitäten 5.1.4 (Informationsstandards), 5.1.5 (Methoden/Verfahren Informationserzeugung) und 5.1.6 (Referenzinformationen) zu berücksichtigen und spezifizieren.

3.1.7 SN EN ISO 16739 Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement

Quelle [Industry Foundation Classes \(IFC\) - An Introduction](#):

IFC oder "Industry Foundation Classes" ist eine standardisierte, digitale Beschreibung der bebauten Umwelt für den Hochbau und die Infrastruktur. Es handelt sich um einen offenen, internationalen Standard (ISO 16739-1:2018), der herstellernerneutral sein soll und für viele verschiedene Anwendungsfälle genutzt werden kann. Die IFC-Schema-Spezifikation wird über buildingSMART vorangetrieben mit dem Ziel openBIM® zu fördern.

Das IFC-Schema beschreibt ein standardisiertes Datenmodell und definiert dabei:

- die Identität und die Semantik (Name, maschinenlesbarer eindeutiger Bezeichner, Objekttyp oder Funktion)
- die Eigenschaften wie Material, Farbe und thermische Eigenschaften)
- die Beziehungen (einschliesslich Standorte, Verbindungen und Eigentumsverhältnisse)
- die Objekttypen wie Pfeiler, Fahrbahn,
- abstrakte Konzepte wie Leistung, Kostenberechnung
- Prozesse wie Installation, Betrieb
- Und Beteiligte mit den Rollen als Eigentümer, Planer, Bauunternehmer, Lieferanten usw.

Die Schemaspezifikation kann beschreiben, wie eine Einrichtung oder Anlage genutzt wird, wie sie aufgebaut ist und wie sie betrieben wird. IFC kann physische Komponenten von Gebäuden, hergestellten Produkten, mechanischen/elektrischen Systemen sowie abstraktere Strukturanalysemodelle, Energieanalysemodelle, Kostenaufschlüsselungen, Arbeitspläne und vieles mehr definieren.

Die Entwicklung des IFC-Standards läuft seit 1997 mit der Publikation von IFC 1.0 und war bis 2017 vom Hochbau geprägt. Mit der Publikation von IFC 4.1 und die erste Version des Alignments wurde vermehrt die Infrastruktur im Standard berücksichtigt. Zwischen 2017 und 2021 wurde das Schema, über die Projekte IFC-Road, IFC-Bridge und IFC-Rail stark erweitert. Die kommende Version IFC 4.3 schliesst die Entwicklungsphase dieser Projekte mit der geplanten ISO-Publikation Ende 2022 ab.

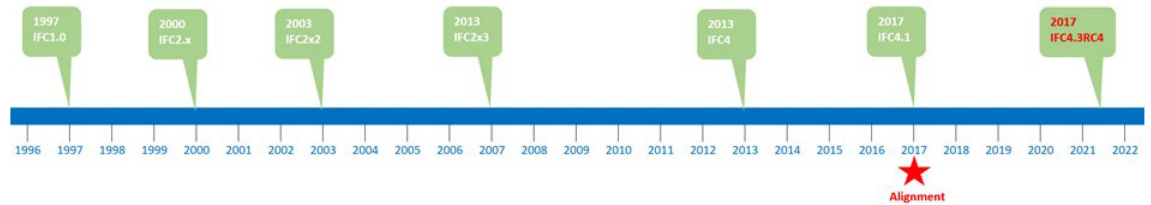


Abb. 1: IFC-Entwicklung (eigene Darstellung).

3.1.8 SIA 112 Modell Bauplanung

Die Norm SIA 112 Modell Bauplanung bildet die Struktur der Tätigkeiten von Auftraggeber (Bauherr) und Beauftragten (Architekten, Ingenieure und weitere Fachleute) über die gesamte Abwicklung von Bauvorhaben ab.

Die Norm wird für die Einordnung und den Bedarf an Schnittstellen verwendet.

3.1.9 SIA 405 Unterirdische Leitungen

Die Norm SIA 405 gilt für den Austausch und die Publikation von Werkinformations- und Leitungskataster-Daten. Sie legt Minimalanforderungen für die Verfahren zur GIS-gestützten Dokumentation von öffentlichen und privaten Leitungen und der dazugehörigen Anlagen zur Ver- und Entsorgung im öffentlichen und privaten Grund (unter und über Boden, in Gewässern, in Verkehrsbauten, Leitungstunneln und anderen Kunstbauten) fest.

Empfehlungen für die spezifische Bearbeitung von Werkleitungsdaten sind im Merkblatt SIA 2015 enthalten. Richtlinien für den Datenaustausch zwischen den Anwendern von Werkinformationssystemen sind als Empfehlungen im Merkblatt SIA 2016 enthalten. Empfehlungen für die Publikation von Leitungsdaten mittels Geowebdiensten sind im Merkblatt SIA 2045 enthalten.

Die Norm wird für das Proof of concept berücksichtigt. Als Fallbeispiele werden Schächte und unterirdische Leitungen mit Referenzierungen auf das RBBS zwischen RBBS und Ifc transformiert.

3.1.10 SIA 469 Erhaltung von Bauwerken

Die SIA 469 ist eine Verständigungsnorm. Mit der Norm werden die Massnahmen und Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Bauwerkserhaltung systematisch geordnet, es werden Standardabläufe festgelegt und die entsprechenden Begriffe definiert. Dies ermöglicht der Eigentümerschaft, für die Überwachung, die Überprüfung, die Erhaltungs- und die Massnahmenplanung konkrete Aufträge an die eigenen oder aussenstehenden Fachleute zu erteilen.

3.2 Standards und Richtlinien für Nationalstrassen des ASTRA

3.2.1 ASTRA 10001 Nationalstrassennetz als räumliches Basis-Bezugssystem RBBS (2017 V1.20)

Die Definition des räumlichen Basis-Bezugssystems RBBS (nachfolgend kurz RBBS) sowie dessen Nachführung und Anwendung ist in einer Reihe vom VSS herausgegebenen Normen beschrieben. Ausgehend von der Grundnorm VSS-40911 und weiterführenden Normen, sind das RBBS, die Achsgeometrien und die Materialisierung für die Nutzung mit den Nationalstrassen und den ergänzenden Anforderungen des ASTRA definiert.

3.2.2 Minimales Geodatenmodell Nationalstrassenachsen, Version 1.1

Basierend auf dem Geoinformationsgesetz (GeolG) ist das ASTRA zuständig für die Modellierung und Bereitstellung eines minimalen Geodatenmodells der Nationalstrassenachsen (Identifikator 86.1 gemäss GeolV). Das minimale Geodatenmodell besteht aus einer

semantischen Beschreibung des Modells, einem konzeptionellen Datenmodell sowie einem Darstellungsmodell. Die Datenbereitstellung der Nationalstrassenachsen erfolgt als INTERLIS-Datei gemäss dem konzeptionellen Datenmodell.

Für das Proof of concept wird ein INTERLIS-Export gemäss dem minimalen Geodatenmodell aus dem MISTRA Basissystem verwendet.

3.3 Forschung

3.3.1 Semantische Webtechnologie für Bauwerksdaten

Dank semantischen Webtechnologien (synonym Linked Data) werden Daten im Internet lesbar gemacht. Um die Kodierung der Semantik mit den Daten zu ermöglichen, werden Technologien wie Resource Description Framework (RDF) und Web Ontology Language (OWL) eingesetzt. Diese Technologien werden verwendet, um Metadaten formell darzustellen. Dank der Ontologie können Konzepte, Beziehungen zwischen Entitäten und Eigenschaften beschrieben werden.

Im Infrastrukturbereich sind in den letzten Jahren vermehrt Projekte und Studien durchgeführt worden, die den Nutzen beim Datenaustausch aufgezeigt haben. Die [RWTH Aachen](#) publizierte 2021 am 32. Bauinformatikforum die Methode um ein bestehendes standardisiertes Datenmodell (([ASB-ING](#)) für Infrastrukturinspektionen automatisch in eine Ontologie zu überführen (([ASB-ING Ontology \(annegoebels.github.io\)](#))). Diese Ontologie ermöglicht es bestehende Instandhaltungsdaten in Linked Data Modelle zu überführen, welche dann als Basis für weitere Anwendungsfälle (z.B. strukturelle Bauwerksüberwachung, prädiktive Instandhaltung) verwendet werden können. Der nächste Schritt ist die Verknüpfung und Abbildung der ASB-ING Ontologie mit anderen domänenrelevanten Ontologien wie z.B. ifcOWL. Auf diese Weise können Infrastruktur- und Inspektionsinformationen, die mit der ASB-ING Ontologie erfasst wurden, mit externen Daten (z.B. die geometrischen Daten eines BIM-Modells) angereichert und in anderen Kontexten und Anwendungen verwendet werden.

Die Nutzung von semantischen Webtechnologien wird auch in der «[Technical Roadmap 2020](#)» von buildingSMART als zukunftsweisende Technologie positioniert. Das IFC-Schema muss zukünftig auf Methoden basieren, die eine Entsprechung in mehreren modernen, Computer interpretierbaren Sprachen wie XSD, OWL und JSON finden. Damit wird das Schema einfacher auch für Nutzer aus anderen Domänen zugänglich. Bereits heute wird [ifcOWL](#) als Format durch buildingSMART unterstützt.

3.3.2 VSS-Forschungsprojekt 1715: Nutzensteigerung für die Anwendung des SIS: EP4: Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation

Der neue Forschungsauftrag 1715 (Dezember 2021) des VSS zeigt eine Methode zu den strukturierten, maschinenlesbaren semantischen Beschreibungen von Daten. Es wird aufgezeigt, welche Aspekte für eine vollständige Beschreibung benötigt werden und wie diese allgemein zugänglich gemacht werden kann. Es wird empfohlen, die bereits heute vorhandenen VSS-Normenreihe Strasseninformationssystem und Datenkataloge (VSS-40910 und folgende) als stark strukturiert in Form von RDF-Graphen bereit zu stellen. RDF-Graphen stellen ein Fundament in der semantischen Web-technologie dar, welche im Konzept des Linked Data eine einfachere Referenzierung von Daten bzw. Informationen ermöglicht. Dabei können verschiedene RDF-Graphen miteinander verlinkt werden. Das ermöglicht auch, dass andere Modelle, welche nicht direkt auf den VSS-Normen aufgebaut wurden, mit diesen in Beziehung gebracht werden können. Damit kann eine Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen gefördert und erreicht werden.

3.4 Eingesetzte Werkzeuge und Tools

3.4.1 Enterprise Architect

Für die Modellierung wird [Enterprise Architect](#) eingesetzt. Mit Enterprise Architect erfolgt die Dokumentation der konzeptuellen Datenmodelle.

3.4.2 FME

Die FME-Software wurde für den PoC eingesetzt. Diese Wahl bedeutet nicht, dass FME die einzig mögliche Lösung zur Durchführung dieser Transformationen ist, aber sie wurde auf der Grundlage der folgenden Elemente getroffen:

- FME kann eine Vielzahl von Eingabeformaten (u.a. dwg, Interlis, ifc und shp) lesen, ohne dass eine Programmierung erforderlich ist
- FME kann Python-Code leicht integrieren, auch wenn es externe Bibliotheken wie ifcOpenShell verwendet
- FME ist beim ASTRA und in vielen Ingenieurbüros im Einsatz.
- FME ist sowohl funktional wie auch in Bezug auf die Kenntnisse etabliert und beim Projektteam bekannt.

In diesem Projekt spielt FME die Rolle des "Koordinators" der Datenverarbeitung.

3.4.3 IfcOpenShell

[IfcOpenShell](#) ist eine open source (LGPL) Softwarebibliothek, die zum Verarbeiten von Dateien im Ifc-Format von Anwendern und Softwareentwicklern verwendet wird. IfcOpenShell nutzt intern Open CASCADE zum Konvertieren der impliziten Geometrie in IFC Dateien in explizite Geometrie, die von beliebigen CAD-Software oder Modellierungssoftware verstanden werden kann. IfcOpenShell kann bereits IFC 4.3 RC4 Schema verarbeiten.

IfcOpenShell wird im proof of concept in Kombination mit der kommerziellen Software 'FME' der Fa. Safe eingesetzt. FME übernimmt im ersten Schritt die Transformation der INTERLIS-Dateien der RBBS-Daten in ein einfach verarbeitbares Format vor (für FME steht dafür ein INTERLIS-Reader zur Verfügung). Diese Daten werden dann durch FME an IfcOpenShell übergeben.

3.4.4 ACCA-Viewer

Für die Visualisierung der erzeugten IFC-Dateien wird ein BIM-Viewer der Firma ACCA eingesetzt. Dieser Softwarehersteller ist einer der ersten, welcher bereits die neue (Sept 2021) Version des IFC 4.3 RC4 Schemas darstellen kann. ACCA ist aktuell aktiv in der Validierung des Schemas engagiert. Der Viewer ist kostenlos und kann mit folgendem Link aufgerufen werden: test-ifcinfra.usbim.com

4 Fachlicher Kontext

4.1 Fachprozesse

Im Rahmen der Fachprozesse werden die fachlichen Aspekte zu den Prozessen beschrieben wobei organisationsgebundene Aspekte bewusst ausgeklammert werden.

4.1.1 Neubau, Betrieb, Erhaltung und Rückbau

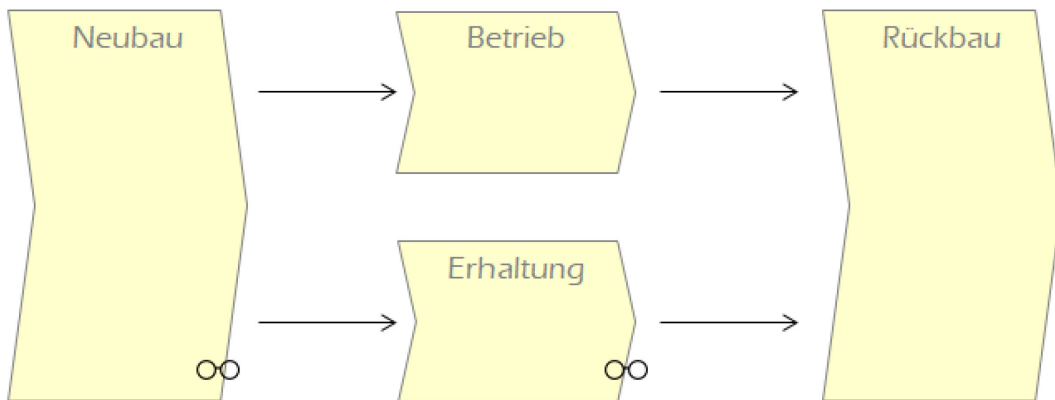


Abb. 2: Fachprozesse zu Neubau, Betrieb, Erhaltung und Rückbau.

Die obige Abbildung stellt die Fachprozesse zu Neubau, Betrieb, Erhaltung und Rückbau dar. Im Folgenden werden jeweils erst die einzelnen Prozessschritte und erarbeitete Ergebnisse weiter beschrieben und dann auf die Anwendung der linearen Referenzierung fokussiert.

4.1.2 Erhaltung

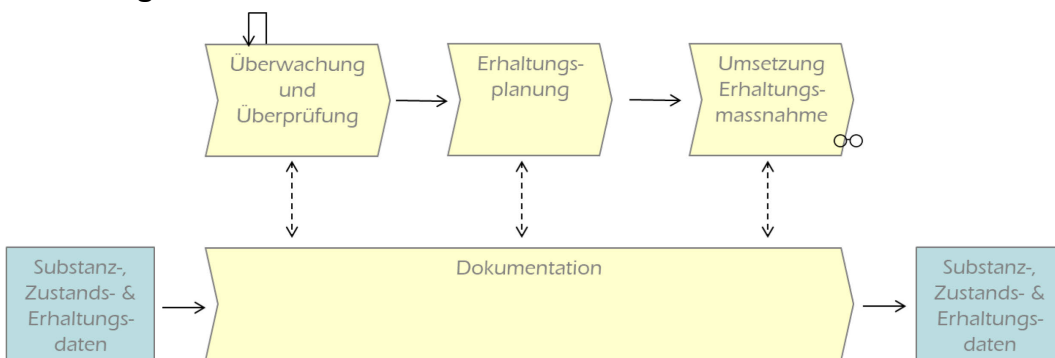


Abb. 3: Fachprozesse zur Erhaltung.

Die Erhaltung umfasst die Prozesse der Überwachung und Überprüfung, der Erhaltungsplanung, der Umsetzung der Erhaltungsmaßnahmen und deren Dokumentation.

Die Überwachung hat zum Ziel, den Infrastrukturobjektzustand festzustellen, zu bewerten sowie Empfehlungen für weitere Massnahmen abzugeben. Die Überprüfung hat zum Ziel die Beurteilung der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit der Bausubstanz festzustellen. Als Grundlage für die Überwachung und Überprüfung werden Substanz-, Zustands- und Erhaltungsdaten verwendet. Die Ergebnisse der Überwachung und Überprüfung werden u.a. in Form von Zustandsdaten und vorgeschlagenen Erhaltungsmaßnahmen dokumentiert und fließen in die Erhaltungsplanung ein. Um dem Verfallsprozess entgegenzuwirken und um das Bauwerk an neue Ansprüche anzupassen, werden im Prozess der Erhaltungsplanung die umzusetzenden Erhaltungsmaßnahmen bestimmt und umgesetzt. Mit den Erhaltungsmaßnahmen kann der Zustand bewahrt, wiederhergestellt oder angepasst werden. Unter Erhaltung werden die unter Erneuerung, baulicher und betrieblicher

Unterhalt fallenden Tätigkeiten verstanden. Auch die Umgestaltung gehört zur Erhaltung. Die Ergebnisse aus der Planung und Umsetzung der Erhaltungsmaßnahmen werden dokumentiert.

Im Rahmen Überwachung und Überprüfung wird die lineare Referenzierung – welche anhand des RBBS und/oder des lfcAlignments unterstützt wird – bei längsausgedehnten Bauwerken (wie das Trasse und die Tunnels) sowie für die Erhaltungsplanung auf Netzebene umfassend verwendet. So werden z.B. die Zustandsdaten und vorgeschlagene Erhaltungsmaßnahmen der Fahrbahn und der Tunnels linear referenziert. Im Rahmen der Erhaltungsplanung auf Abschnittsebene wird die linearen Referenzierung verwendet, um die geographische Beziehung der Daten zur Substanz, Zustand und vorgeschlagene Massnahmen abzubilden und so die Bildung kombinierter Massnahmen zu bestimmen, um die Betreiber- und Benutzerkosten so weit wie möglich zu minimieren.

Anlässlich der tatsächlichen Umsetzung der Erhaltungsmaßnahmen wird die lineare Referenzierung bei gewissen Fragestellungen wie z.B. die Bestimmung des AKS-CH-Codes punktuell verwendet.

4.1.3 Neubau / Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen

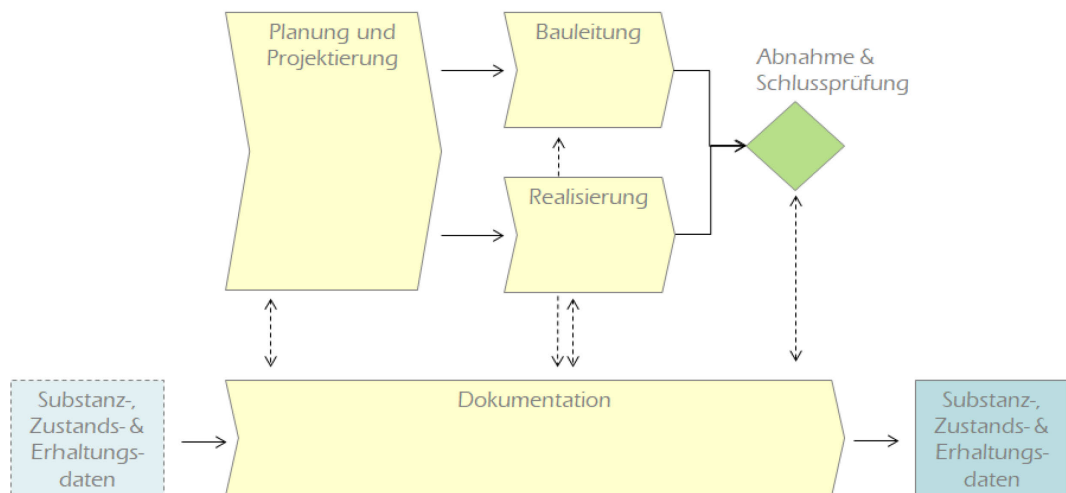


Abb. 4: Fachprozesse zum Neubau / Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen.

Der Prozess Neubau / Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen umfasst die Prozesse Planung und Projektierung, Bauleitung, Realisierung und Dokumentation sowie den Entscheidungspunkt Abnahme & Schlussprüfung. Durch die Prozesse und den Entscheidungspunkt werden die Daten zur Bausubstanz, Überwachung (bzw. Zustand) und Erhaltung erzeugt. Sofern ein bestehendes Bauwerk erhalten wird, werden bestehende Daten zur Bausubstanz, Überwachung (bzw. Zustand) als eine Grundlage für die Dokumentation sowie natürlich auch für die Prozesse der Planung und Projektierung, Bauleitung, Realisierung verwendet.

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt beschrieben wird die lineare Referenzierung – welche anhand des RBBS und/oder des lfcAlignments unterstützt wird – bei der Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen nur punktuell verwendet. Das Gleiche gilt für den Neubau.

4.1.4 Schnittstelle RBBS2IfcAlignment & IfcAlignment2RBBS

Der Einsatz von Ifc-Modellen ist heute vor allem für die Projektabwicklung vorgesehen. In einer frühen Phase werden dafür die vorhandenen Daten in einer gemeinsamen Ifc-Datenbank zusammengeführt. Basierend auf dieser Grundlage erfolgt die Projektierung, Ausschreibung und Realisierung des Vorhabens.

Im Betrieb der Anlage werden heute die Informationen in den dafür vorgesehenen Strassen-Managementsystemen gehalten. Dafür stehen dem ASTRA mehrere, auf die Teilsysteme der Strasse abgestimmte Fachanwendungen zur Verfügung. Diese Fachanwendungen halten die für den Betrieb notwendigen Daten und Funktionen bereit. Schwerpunkt dabei ist die Überwachung und Erhaltungsplanung je Teilsystem und die übergeordnete, Teilsystem übergreifende Erhaltungsplanung. Daraus resultieren kleinere Unterhalts- und Veränderungsmassnahmen oder grössere Vorhaben in Form von Projektgenerierungen. Das für alle gemeinsame Räumliche Basisbezugssystem wird im MISTRA Basissystem gepflegt.

Die den Betrieb unterstützenden Systeme sind unabhängig von Ifc definiert. Abgeleitet aus einer Lebenszyklus-Betrachtung der Infrastruktur leitet sich der Bedarf einer Schnittstelle RBBS2IfcAlignment im Übergang von der Massnahmenplanung zur Projektierung ab. Eventuell wird die Schnittstelle auch bereits für die Durchführung von Vorstudien nötig. Nach Projektabschluss sind die Veränderungen an der Infrastruktur als Daten wieder in die für den Betrieb vorgesehenen Systeme zu übertragen. An dieser Stelle wird die Schnittstelle IfcAlignment2RBBS benötigt.

Zusätzlich zum RBBS müssen in einer Gesamtbetrachtung an diesen Stellen auch die weiteren Daten über die Infrastruktur übergeben werden können. Zu beachten ist, dass durch das Projekt nicht nur die Infrastruktur verändert wird, das Projekt kann auch Auswirkungen auf das IfcAlignment haben (z.B. Veränderung der Linienführung) und damit auch das zu Grunde liegende RBBS verändern.

Basierend auf der SIA 112 und der SIA 469 wird anhand der nachfolgenden Abbildung gezeigt, wo die Schnittstellen RBBS2IfcAlignment und IfcAlignment2RBBS positioniert sind.

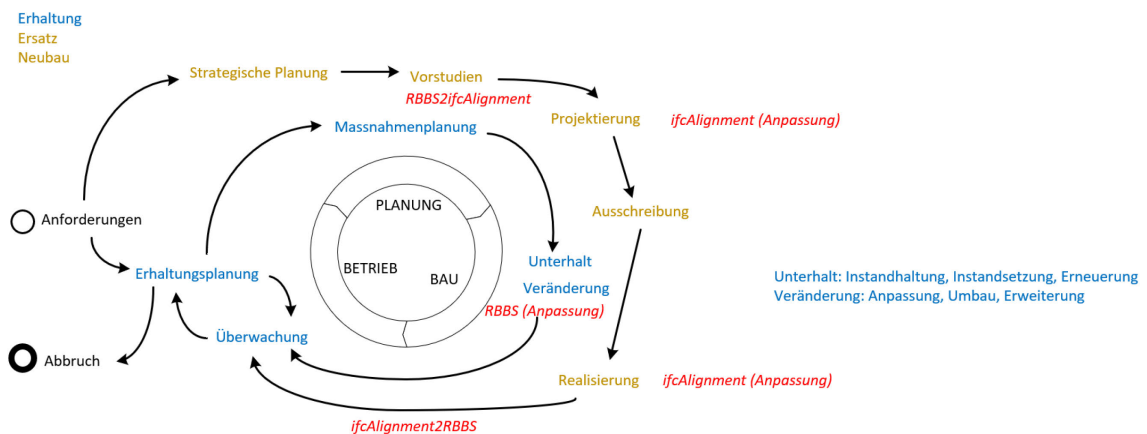


Abb. 5: Positionierung der Schnittstellen.

4.2 Anwendungsfälle

In den folgend beschriebenen Anwendungsfällen (kurz AW) wird der Fokus auf die IT-technischen Tätigkeiten gelegt, welche in der Schnittstelle RBBS2IfcAlignment und IfcAlignment2RBBS liegen.

Der Vollständigkeit halber werden auch die Anwendungsfälle zur Pflege bzw. Erfassung und Nachführung des linearen Bezugssystems kurz aufgeführt.

4.2.1 Darstellung, Auswertung und Übernahme der Daten

Für die Schnittstelle RBBS2IfcAlignment und IfcAlignment2RBBS sind die folgenden AW von Bedeutung.

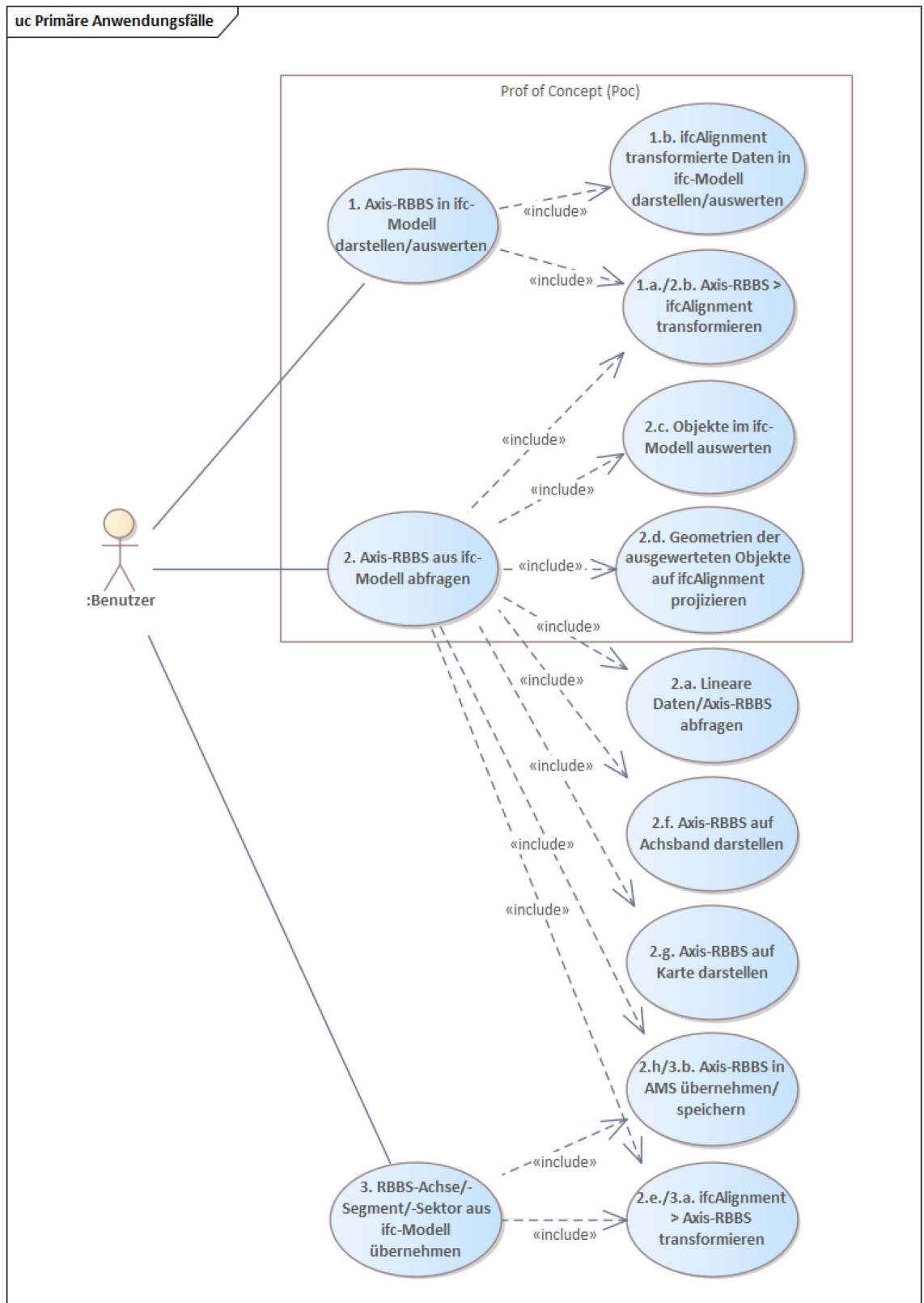


Abb. 6: Primäre AW zu den Schnittstellen RBBS2IfcAlignment und IfcAlignment2RBBS.

Die Primäre AW beinhalten:

1. Axis-RBBS in Ifc-Modell darstellen/auswerten
2. Axis-RBBS aus Ifc-Modell abfragen
3. RBBS-Achse/-Segment/-Sektor aus Ifc-Modell übernehmen

1. Axis-RBBS in Ifc-Modell darstellen/auswerten

Der AW "MISTRA-RBBS-Daten in Ifc-Modell darstellen/auswerten" kommt z.B. zur Anwendung, wenn im Rahmen der Überwachung Zustandsaufnahmen zur Fahrbahn erfolgt sind, welche mittels Axis-RBBS referenziert wurden. Innerhalb des ASTRA würden sie typischerweise in der FA TRASSEE abgelegt sein. Im Rahmen der Planung/Projektierung sollen die Zustandsaufnahmen im dort verwendeten Ifc-Modell übernommen und zusammen mit dem Streckenverlauf dargestellt sowie ausgewertet werden.

Der Anwendungsfall umfasst die Durchführung der Anwendungsfälle in der folgend angegebenen Reihenfolge:

- a. Axis-RBBS > IfcAlignment transformieren
Die nötigen Basisdaten zu Achse, -segmente und Sektoren sowie die tatsächlich abzufragenden Daten wie ein Objekttyp und die BP von/bis werden in IfcAlignment transformiert.
- b. IfcAlignment transformierte Daten in Ifc-Modell darstellen/auswerten
Die transformierten Daten werden im Ifc-Modell anhand der dort vorhandenen Funktionalitäten dargestellt und/oder ausgewertet.

2. Axis-RBBS aus Ifc-Modell abfragen

Der AW "Axis-RBBS aus Ifc-Modell abfragen" kommt z.B. für den Fall zur Anwendung, dass im Rahmen eines Projektes auf der N12 vom Bezugspunkt (BP) 15 zum BP 18 verschiedene Test-Beläge im 2022 eingebaut wurden und ein entsprechendes Ifc-Modell mit FreeCAD erstellt wurde. Im 2017 hat das Anlagemanagement den Zustand in dem Bereich mit einem Messfahrzeug aufgenommen, linear auf Axis-RBBS referenziert und in MISTRA-TRASSEE gespeichert. Die Zustandsdaten von TRASSEE werden nun mit den Daten zu den Belägen überlagert und diverse Analysen werden in TRASSEE durchgeführt; unter anderem werden die Daten auf der Karte und dem Achsband dargestellt.

Der Anwendungsfall umfasst die Durchführung der Anwendungsfälle in der folgend angegebenen Reihenfolge:

- a. Lineare Daten/Axis-RBBS abfragen
Die linearen Daten werden in Form von Axis-RBBS abgefragt.
- b. Axis-RBBS > IfcAlignment transformieren
Die nötigen Basisdaten zu Achse, Segmenten und Sektoren sowie die tatsächlich abzufragenden Daten wie ein Objekttyp und die BP von/bis werden in IfcAlignment transformiert.
- c. Objekte im Ifc-Modell auswerten
Die Objekte werden im Ifc-Modell ausgewertet; dies beinhaltet die Auswertung der Sachdaten sowie jener zum IfcAlignment.
- d. Geometrien der ausgewerteten Objekte auf IfcAlignment projizieren
Die Geometrien der ausgewerteten Objekte werden auf das IfcAlignment projiziert.
- e. IfcAlignment > Axis-RBBS transformieren
Die linearen Daten zum IfcAlignment werden nach Axis-RBBS zurücktransformiert.

- f. Axis-RBBS auf Achsband darstellen
Die linearen Daten in Form von Axis-RBBS werden auf dem Achsband dargestellt.
- g. Axis-RBBS auf Karte darstellen
Die linearen Daten in Form von Axis-RBBS werden auf dem Achsband dargestellt.
- h. Axis-RBBS in AMS übernehmen/speichern
Aus Gründen der Performance und/oder der semantischen Eindeutigkeit kann es künftig sinnvoll sein gewisse Fachdaten nach einem bestimmten Schema in den Ifc-Modellen erfassen zu lassen. Diese können anschliessend eindeutig abgefragt und in den Fachapplikationen des Anlagemanagements vorgehalten werden.

Zum besseren Verständnis wird der AW im folgenden Sequenzdiagramm dargestellt.

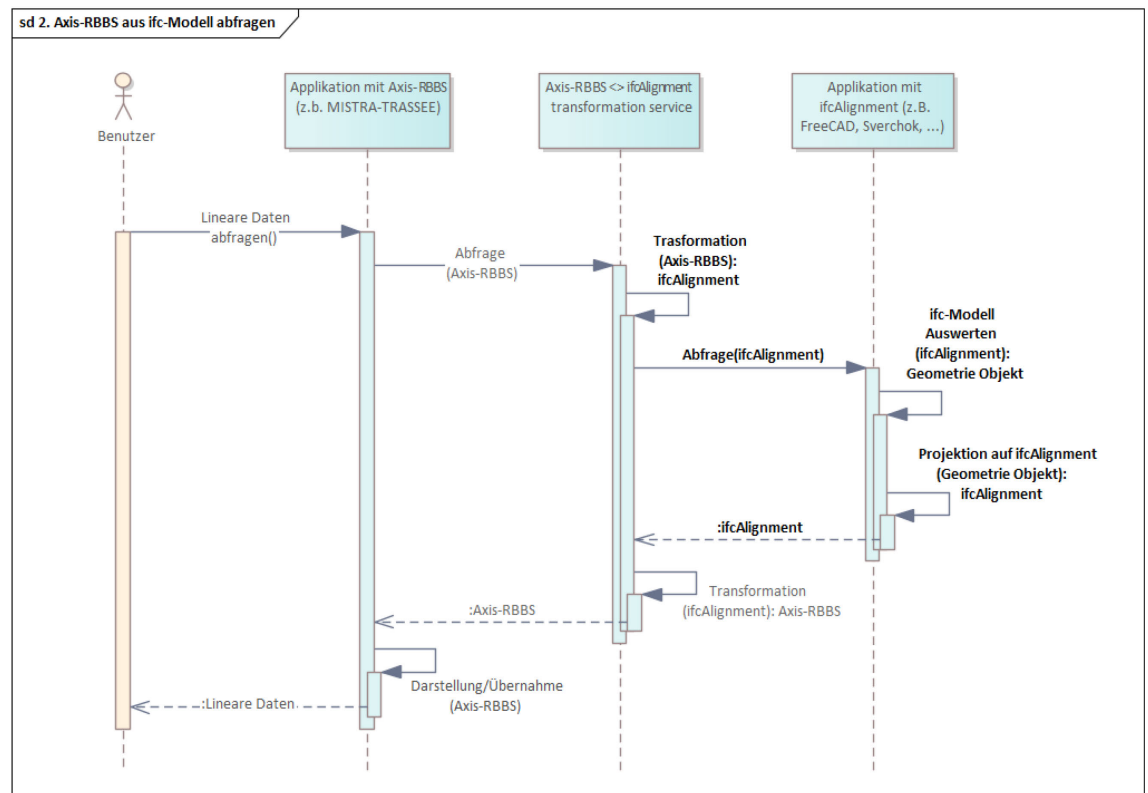


Abb. 7: Sequenzdiagramm für den AW "Axis-RBBS aus Ifc-Modell abfragen".

3. RBBS-Achse/-Segment/-Sektor aus Ifc-Modell übernehmen

Der AW "RBBS-Achse/-Segment/-Sektor aus Ifc-Modell übernehmen" kommt z.B. im folgenden Fall zur Anwendung: Im Rahmen der Umfahrung Roveredo hat das Projekt die Linienführung vom BP 50 zum BP 100 der CH:N13+/- geändert. Das Projekt hat die zugehörigen Achssegmente und -sektoren im Ifc-Modell in Form von IfcRBBS erfasst. Die erfassten IfcRBBS Daten werden in das INTERLIS-Format von MISTRA transformiert. In MISTRA-BS stehen dann die RBBS-Achsen/-Segmente/-Sektoren zu Verfügung.

Der AW umfasst im Wesentlichen die Tätigkeiten für die Transformation "IfcAlignment > Axis-RBBS transformieren" und "Axis-RBBS in AMS übernehmen/speichern", welche bereits im vorherigen AW "Axis-RBBS aus Ifc-Modell abfragen" vorkommen. Bei diesen AW handelt es sich somit um einen konkreten Fall in dem aus Gründen der Performance und/oder der semantischen Eindeutigkeit es sinnvoll ist Fachdaten nach einem bestimmten Schema in den Ifc-Modellen erfassen und in einem AMS vorzuhalten.

4.2.2 Erfassung und Nachführung des linearen Bezugssystems

Folgend werden die AW zur Erfassung und Nachführung des linearen Bezugssystems aufgeführt. Diese werden zurzeit im MISTRA-BS und künftig voraussichtlich in der/n Softwarelösung/en worin das lineare Bezugssystem erstellt/nachgeführt wird angewendet.

Hinsichtlich des vorliegenden Projektes RBBS2Ifc sind diese AW insofern von Bedeutung, dass in der/n Softwarelösung/en worin das lineare Bezugssystem erstellt/nachgeführt wird das Datenmodell zum RBBS eingehalten werden muss.

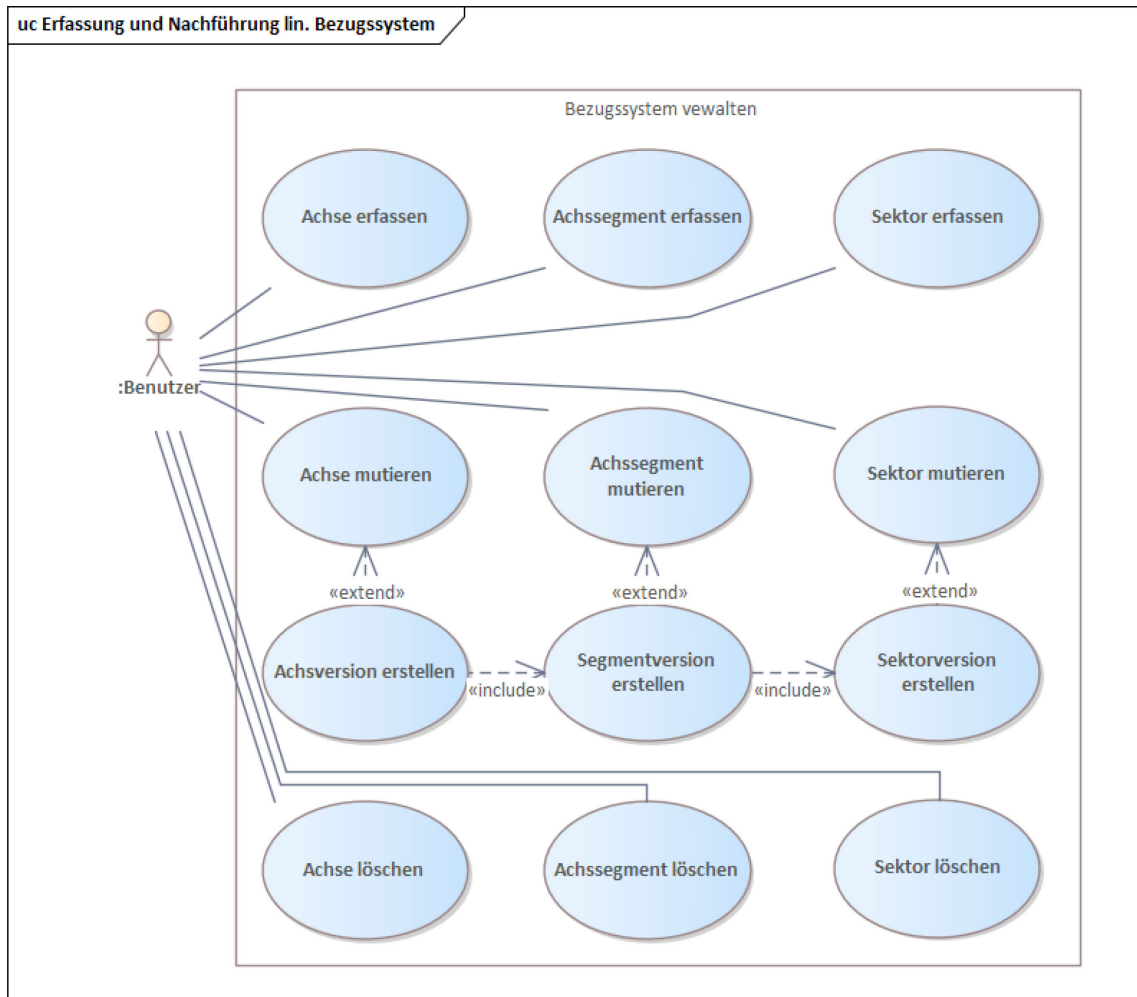


Abb. 8: Anwendungsfälle zur "Erfassung und Nachführung des linearen Bezugssystems".

5 Semantisches Mapping

Im semantischen Mapping werden die Definitionen und Konzepte des Räumlichen Basis-Bezugssystems dem IfcAlignment gegenübergestellt. IfcAlignment bezieht sich gemäss deren Beschreibung auf die ISO 19148, in welcher das Bezugssystem und die lineare Referenzierung beschrieben sind.

Als Grundlage für das semantische Mapping des RBBS werden die Norm VSS-40912, VSS-40913, das minimale Geodatenmodell Strassenachsen sowie die Richtlinie RBBS des ASTRA herangezogen.

5.1 Semantische Beschreibung RBBS

Das RBBS ist eine abstrahierte Abbildung des Strassenverlaufs, als lineares Raumbezugssystem für die Lokalisierung von strassenbezogenen Fachdaten (Unfallort, Bauwerke, Fahrbahnzustand, Signalisation, usw.). Dadurch kann jeder Ort auf dem N-Netz im Feld und in der Strassendatenbank eindeutig identifiziert werden. Der aktuelle Strassenverlauf der Nationalstrassen (nachfolgend kurz N-Netz) wird durch Achsen mit Achssegmenten und Bezugspunkten (nachfolgend kurz BP) abgebildet. Dafür müssen Regeln und bestimmte Eigenschaften festgelegt werden. Die BP werden im Strassenraum mittels gelber Markierungen auf dem Fahrbahnbelag und mit Bezugspunktschildern materialisiert.

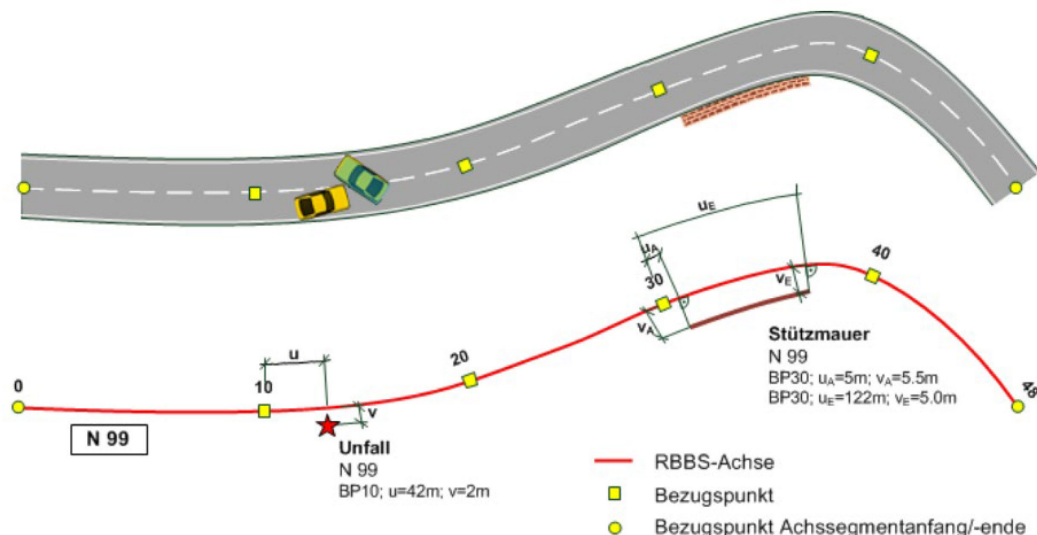


Abb. 9: Anwendung des RBBS zur Lokalisierung am Beispiel Unfall und Stützmauer.

Eine RBBS-Achse (kurz Achse) besteht aus mindestens einem RBBS-Achssegment (kurz Achssegment) und bildet die Längsachse des linearen Verlaufs einer Strasse. Jede Achse hat eine Richtung und kann in mehrere Achssegmente aufgeteilt werden. Bei jedem Unterbruch der Achse wird ein neues Achssegment begonnen.

Ein Achssegment wird in Sektoren aufgeteilt. Startpunkt jedes Sektors ist ein RBBS-Bezugspunkt (kurz Bezugspunkt oder BP). Ein Sektor ist die Strecke von einem Bezugspunkt bis zum nachfolgenden Bezugspunkt. Die Länge des Sektors ist die Sektorlänge. Ein Spezialfall ist der letzte Sektor eines Achssegments. Dieser hat eine Länge von 0.0 m. Der Bezugspunkt dieses Sektors ist somit am Ende des Achssegments.

Jedes Achssegment besitzt eine Referenzgeometrie für die Umrechnung zwischen linearen RBBS-Orten und planaren Landeskoordinaten und umgekehrt.

Jeder Bezugspunkt besitzt Landeskoordinaten. Sie dienen der numerischen Versicherung der Materialisierung.

Die Bezugspunkte sind auch Kalibrierungspunkte, mit welchen die realen Längen der Achssegmente (im Feld) mit den digitalen Längen der Referenzgeometrie kalibriert werden. Kalibrierungspunkte werden benötigt, um in der geografischen Lage (Landeskoordinaten) Längenungenauigkeiten (z.B. aufgrund von Kurven oder bei Änderungen der Längsneigung) auszugleichen.

Die Bezugspunkte am Achssegmentanfang und -ende werden bei der Materialisierung als gelbe Kreisflächen aufgebracht. Die weiteren Bezugspunkte werden als gelbe, quadratische Flächen realisiert.

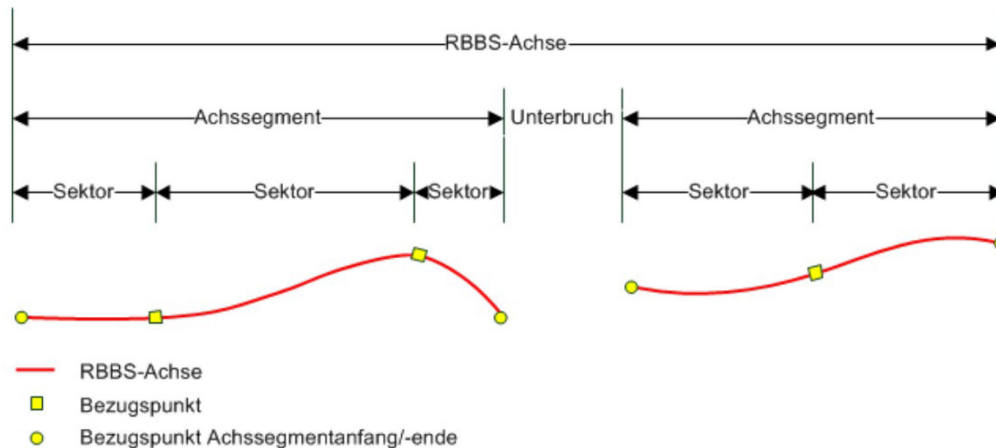


Abb. 10: Bestandteile des RBBS für die Lokalisierung von Fachdaten.

5.2 Semantische Beschreibung IfcAlignment

IfcAlignment verweist in der Beschreibung auf die ISO 19148. Die nachfolgende Zusammenfassung der semantischen Beschreibung stammt deshalb im Wesentlichen aus der ISO-Norm.

Ein lineares Bezugssystem besteht mindestens aus einem linearen Element mit einer Längenskallierung (Ein-Dimensional). Das lineare Element kann auch eine geometrische Repräsentation und weitere Eigenschaften besitzen. Mit der linearen Referenzierung wird eine Lokalisierung eines Objekts entlang des linearen Elements definiert. Optional kann die Referenzierung mit horizontalen und vertikalen Offsets ergänzt werden. Diese Offsets sind in einem zum linearen Element orthogonalen, zwei-Dimensionalen Raum. Objekte können durch mehrere Orte Lokalisierungen im linearen Element referenziert werden (z.B. Anfangsort und Endort) und eigene, die Geometrie beschreibende Eigenschaften aufweisen (z.B. Breite, Dicke). Damit können schlussendlich über die Lokalisierung im linearen Element auch 3D-Volumenobjekte beschrieben werden. Wesentlich dabei ist, dass die Lokalisierung immer relativ zum linearen Element erfolgt und damit der räumliche Verlauf des linearen Elements geerbt wird.

Im Anhang C der ISO 19148 ist eine Zuordnung der Elemente aus Ifc zur ISO dargestellt. Die Zuordnung stimmt nicht mehr ganz, da in der aktuellen Version von IfcAlignment die Klasse IfcAlignmentCurve nicht mehr existiert. Die weiteren Zuordnungen sind aber immer noch anwendbar.

IFC	ISO 19148 equivalents
IfcAlignment, IfcAlignmentCurve	LinearElement
IfcDistanceExpression	DistanceExpression LateralOffsetDistanceExpression VectorOffsetDistanceExpression
IfcLinearPlacement	PositionExpression ISpatial FeatureEvent
IfcReferent	Referent LinearReferencingMethod AttributeEvent

Abb. 11: Zuordnung der Elemente aus Ifc zur ISO 19148.

Für das semantische Mapping mit dem RBBS als lineares Bezugssystem sind folgende Elemente relevant:

- IfcAlignment
- IfcCurve (konkret ausgewählte Subtypen von IfcCurve)
- IfcReferent

Für die Lokalisierung entlang des LinearElements von Informationen werden diese Elemente genutzt:

- IfcPointByDistanceExpression
- IfcLinearPlacement
- IfcReferent

5.2.1 IfcAlignment, IfcAlignmentCurve / LinearElement

Der folgende Text ist ein Auszug aus der ISO 19148, welcher das lineare Bezugssystem mit den dort angewendeten Begriffen beschreibt. Aus Gründen der Konsistenz mit der restlichen ISO 19148 ist der Text hier in der Originalsprache übernommen worden.

Linear element is the general term which encompasses anything that can be measured using linear referencing. This includes ISO 19109 features, and ISO 19107 linear geometries and linear topologies. Features do not have to be linear. A road feature, for example, can have multiple spatial representations to support multiple applications. These can be high-precision linear curves to support civil engineering design, low-resolution straight linestrings to support GIS applications, or areas to support pavement management applications. The only requirement is that it be possible to measure along the feature in a linear, one-dimensional, sense.

Features can represent fundamental entities, like a road element between two intersections, or more complex entities, such as a highway route spanning an entire state or country. Depending on the application schema, the feature can represent the entire road (width-wise) or only one of its carriageways. Therefore, this document uses the word “roadway” intentionally to mean either the full road or a single carriageway.

Linear element features can have no geometry at all. Many existing systems store information about roads by defining roadway characteristics along the roadway, without specifying where the road is physically located. This does preclude the ability to translate spatial positions into linearly referenced locations along the feature. However, it is possible to translate linearly referenced locations to other linear elements or to other LRMs. Using linear referencing instead of its geometry to define roadway characteristics directly against

the feature enables the definition of multiple geometries for the feature without having to repeat the roadway characteristics for each spatial representation. It also allows for the definition of roadway characteristics when no geometry exists.

The linear geometry type of linear element includes instances of geometric curves, as these can be used for measuring along and their geometric location is known. It is, therefore, possible to project a spatial position onto the linear geometry and represent its location as a linearly referenced location along the geometry. It is also possible to translate a linearly referenced location along the geometry into two- or three-dimensional space.

Geometric curves are typically represented as attributes of features. Once a spatial position has been projected onto the curve, it is then possible to translate this location into a linearly referenced location on the feature itself.

The linear topology type of linear element includes instances of directed edges. Edges usually do not have a length attribute but do have one or more weights associated with the cost of traversing the edge. Measuring along an edge, therefore, entails pro rata distribution based upon the weight value(s). Only a limited number of LRM types can be used for measuring edges.

Linear elements can have attributes. If specified for the linear element, the value of these attributes applies to the entire linear element. Attribute events enable attribute values to apply to part of the linear element.

5.2.2 IfcReferent / Referent

For relative LRMs, the “distance along” is measured along the linear element from a known location on the linear element, called a “from referent”, as shown in Figure 4. For example, a distance expression with a “distance along” of 0.5 for a kilometre-post LRM along Route 1 specifies an along location A on Route 1 that is 0.5 km along the route from the specified kilometre-post located at referent location R. If the kilometre-post is located 4.0 km from the start of Route 1, then the resultant location is 4.5 km from the start of the route.

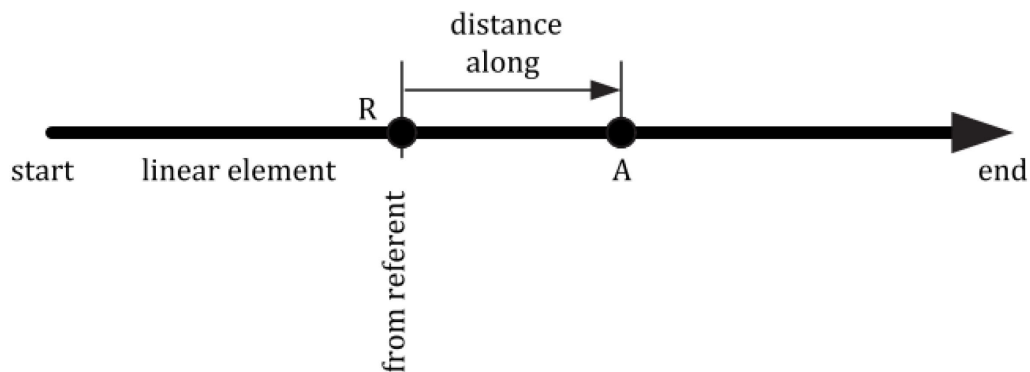


Abb. 12: Lokalisierung eines Punktobjekts mit dem Konzept "Referent".

Referent types vary between LRM. These include, for example, intersections, administrative and maintenance boundaries, landmarks and physical reference markers.

If the LRM is of type Linear Referencing Method With Towards Referent, a “towards referent” can be added to a distance expression to disambiguate the direction in which the measurement is made. Measurements are made in the direction from the “from referent” towards the “towards referent”, regardless of the directional sense of the linear element being measured.

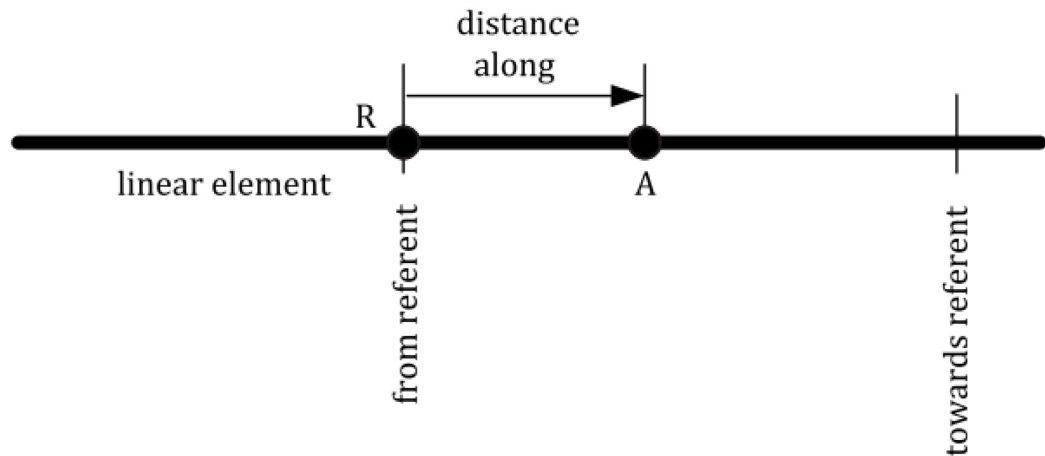


Abb. 13: Lokalisierung eines Linienobjekts mit dem Konzept "Referent".

5.3 Mapping RBBS und IfcAlignment

Aus der semantischen Beschreibung des RBBS und dem IfcAlignment ergibt sich folgendes Mapping.

Das Achssegment ist das lineare Element, mit linearer 1-D-Ausdehnung entlang welchem die Objekte lokalisiert werden. Die Referenzgeometrie entspricht der besten bekannten Darstellung im kartesischen Raum. Im Basissystem wird durch diese Geometrie auch eine Metrik definiert, welche für die Transformation zwischen XY und uv genutzt werden kann. Im Basissystem wird die Geometrie als 3D-Polyline (jedoch mit Z=0) vorgehalten. Diese Geometrie wird mit den kumulierten Sektorlängen der Sektoren und der XY-Lage der Bezugspunkte kalibriert. Die Kalibrierung entspricht dem Massstabsfaktor zwischen geometrischer und realer Länge.

Der Zweck des Achssegments als lineares Referenzsystem entspricht in Ifc dem IfcAlignment. Die Geometrie des Achssegments geht in die IfcCurve über. Als Referenzgeometrie wird in der Regel eine 2D- oder 3D-Polyline verwendet. Entsprechend geht diese in Ifc in IfcPolylineCurve über.

IfcAlignment kennt keine Kalibrierung der Geometrie. Die lineare Lokalisierung erfolgt relativ zum linearen Element oder relativ zum IfcReferent. In der Visualisierung mit Hilfe der Geometrie wird die lineare u-Koordinate deshalb auf der geometrischen Länge der IfcCurve "abgewickelt".

Bei der Transformation von RBBS zu IfcAlignment ist deshalb zu beachten, dass die linearen Koordinaten bezogen auf eine nicht kalibrierte Geometrie passen. Durch die Information in MISTRA zur Kalibrierung, lässt sich diese Umrechnung bei der Transformation einfach machen. Die "echten" linearen Koordinaten können als Attribute zusätzlich mitgegeben werden. Diese werden bei der Rücktransformation von IfcAlignment zu RBBS wieder benötigt.

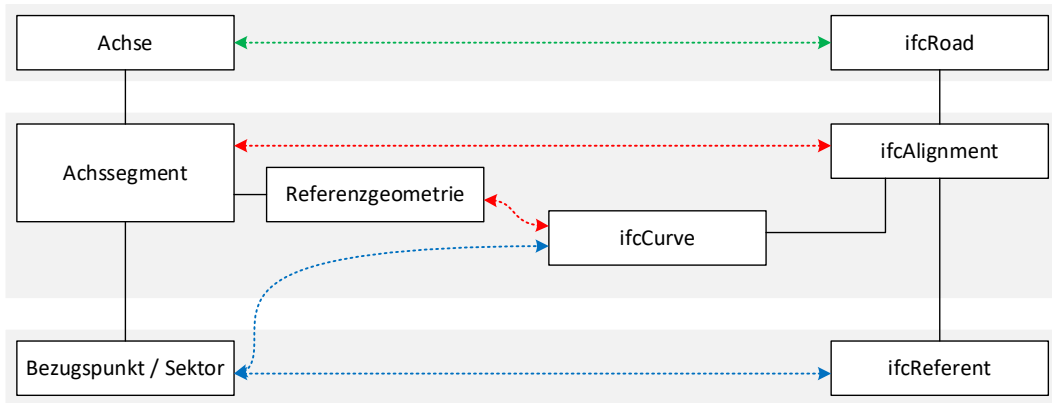


Abb. 14: Semantisches Mapping RBBS \square ifc-Alignment.

Im Rahmen des VSS-Forschungsauftrags 1715 «Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation» wurde für die Validierung des Lösungsvorschlags die Elemente der Semantischen Beschreibungen des RBBS als Ontologie im Standard RDF aufgebaut. Diese Ontologie wurde mit Hilfe der Methoden von Linked Data mit einem entsprechenden RDF-Schema der ISO 19148 verknüpft. Die Verknüpfung zeigt semantisch äquivalente und ähnliche Elemente. Elemente ohne Verbindung sind in einer der Welten nicht verfügbar oder nicht eindeutig zuordenbar:

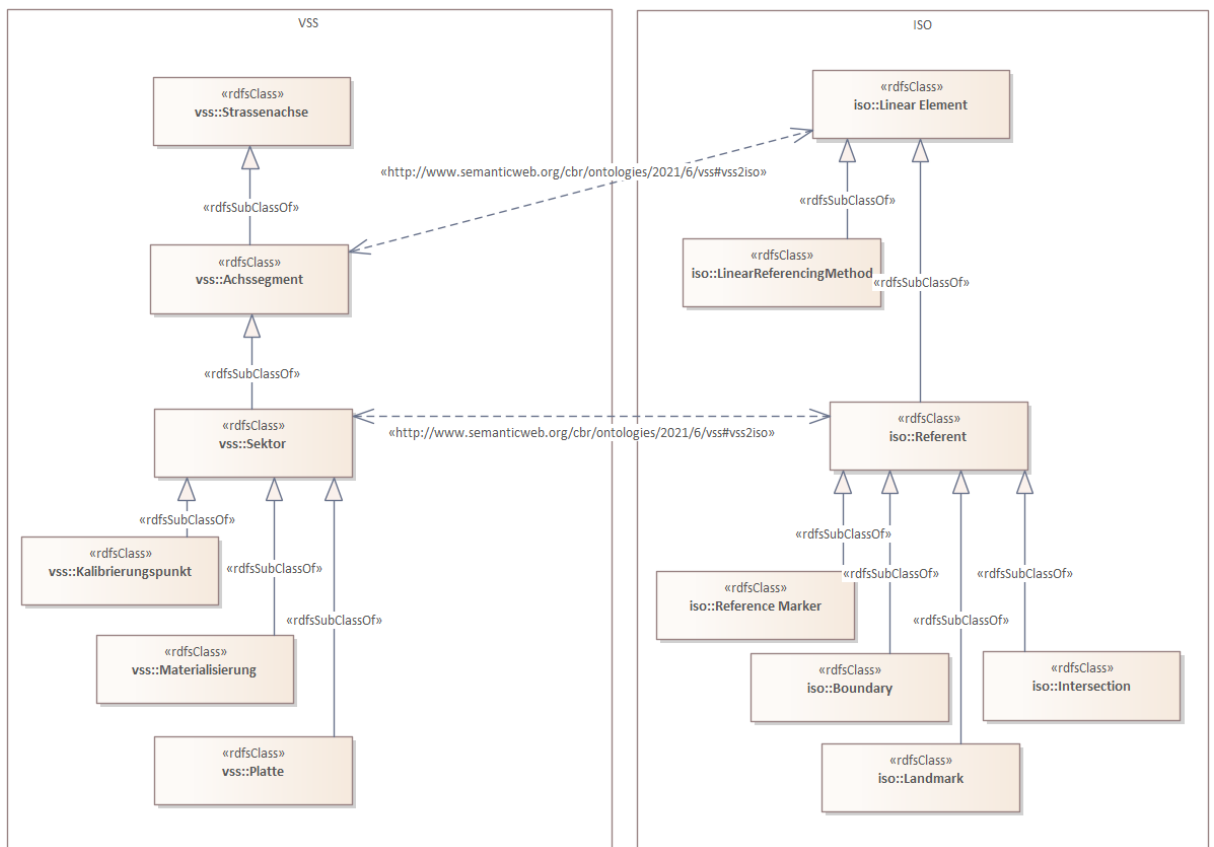


Abb. 15: Semantische Verknüpfung RBBS gem. VSS-Norm und ISO 19148 Linear Referencing.

Wenn nun die Daten mit dem entsprechenden RDF verknüpft werden und die RDF-Abbildungen mittels Linked Data verbunden werden, so können alle vorhandenen Informationen und beschriebenen Methoden gefunden und genutzt werden.

5.4 Exkurs Horizontal und Vertikalgeometrie

In der Norm VSS-40913 werden neben der Referenzgeometrie und der Darstellungsgeometrie zusätzlich Horizontal- und Vertikalgeometrie beschrieben. Diese Geometrien werden als Abfolge von Geraden, Kreisbogen und Klothoiden definiert. Anfang und Ende eines Geometrieelements sind gemäss Norm im RBBS lokalisiert. Eine adäquate Lokalisierung im kartesischen Raum ergibt sich durch die Angabe von Koordinate, tangentialer Richtung des Anfangs eines Geometrieelements, Länge und die Kurvenparameter des Elements. Die Kombination von Horizontal- und Vertikalgeometrie für eine Achse führt zu einer 3D-Geometrie.

Die Projektierung von Strassenachsen erfolgt mit Horizontal- und Vertikalgeometrien. Diese legen den Verlauf der Fahrbahn fest. Dieser Strassenverlauf ist jedoch nicht identisch mit der Achse gemäss RBBS.

Die Achse gemäss RBBS liegt am linken Fahrbahnrand bei richtungstrennten Fahrbahnen oder in der Mitte der Fahrbahn bei nicht richtungstrennten Fahrbahnen. Als linker Rand wird gemäss VSS-Norm der bauliche Abschluss der Fahrbahn verwendet, als Mitte die geometrische Mitte des als Fahrbahn nutzbaren Bereichs des Strassenraums. Das ASTRA präzisiert in seiner Richtlinie den linken Fahrbahnrand als die am linken Fahrbahnrand vorhandene Leitlinie. Bei nicht richtungstrennten Fahrbahnen liegt die RBBS-Achse auf der die beiden Richtungen trennende Mittellinie.

Die Lage der RBBS-Achse im Strassenraum entspricht also nicht der Lage von Horizontal- und Vertikalgeometrie. Im Erhaltungsmanagement sind Horizontal- und Vertikalgeometrie trotzdem von Bedeutung, jedoch nicht als lineares Bezugssystem (LRS), sondern als fachliche Information z.B. zur Beurteilung von Ausbaugeschwindigkeiten.

Im Bahnbereich wird als LRS oft die Gleisachse verwendet. Diese ist, im Gegensatz zum RBBS, relativ zum Geleise am gleichen Ort wie die durch die Projektierung definierte Horizontal- und Vertikalgeometrie.

6 Konzeptuelles Mapping

6.1 Konzeptuelles Datenmodell RBBS und Raumbezug

6.1.1 Anwendungsbeispiel

Die Abbildung 16 stellt anhand des Beispiels aus dem Kapitel 5.1 die Klassen und die Beziehungen aus dem Ifc-Schema dar, die für die Abbildung des RBBS verwendet werden.

Zusätzlich zu den Klassen, welche für die Abbildung des RBBS genutzt werden, d.h. IfcAlignment, IfcReferent, IfcGradientCurve und IfcLinearPlacement, sind zum Herstellen der Beziehungen die Klassen IfcRelPositions und IfcRelNests notwendig.

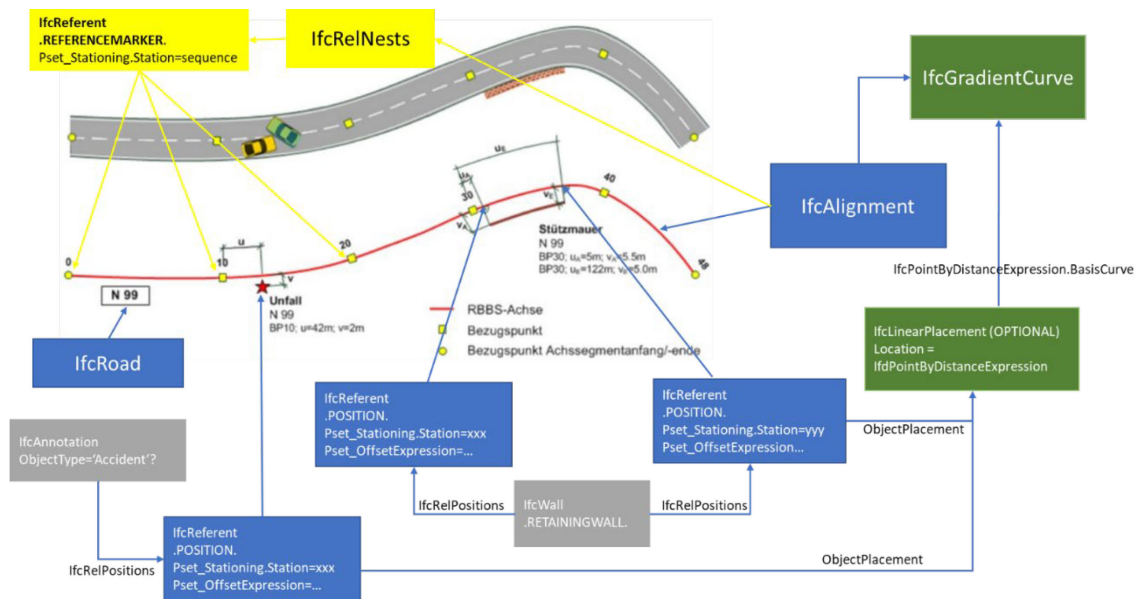


Abb. 16: Anwendung RBBS und ifc-Alignment.

6.1.2 RBBS

Das RBBS ist in der SN 640911ff als semantisches und konzeptuelles Modell definiert und beschrieben. Im Rahmen der vorliegenden Analyse wurde die konkrete Implementierung dieser Norm im Datenmodell Axis.ili (Version 1.1) verwendet. Gegenüber der Norm weist das Datenmodell von Axis.ili leichte Abweichungen auf. Konkret werden folgende Klassen des RBBS (in der Implementierung Axis.ili) zur Definition des linearen Referenzsystems genutzt (siehe auch Abbildung 17):

- Axis (Achse)
- AxisSegment (Achsissegment)
- AxisSegmentGeometry
- Sector (Sektor/Bezugspunkt)

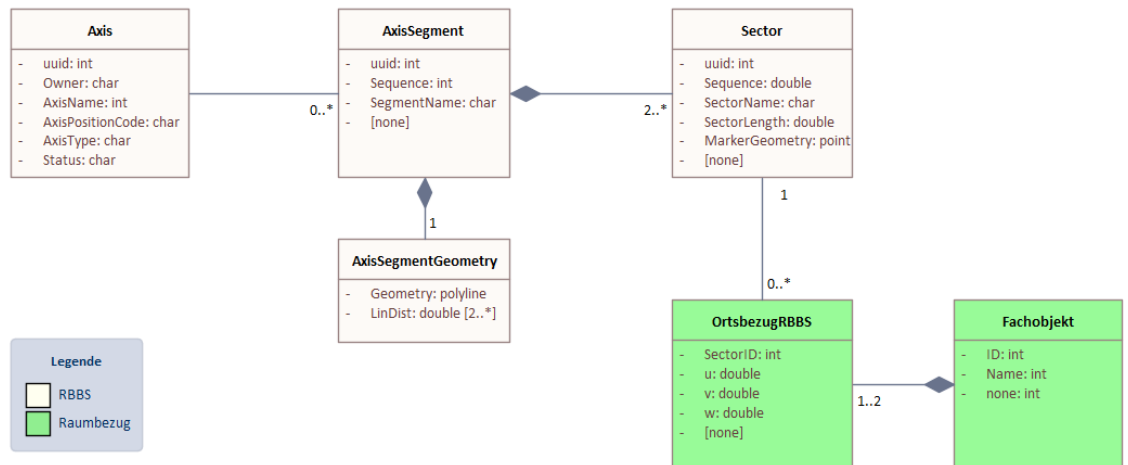


Abb. 17: Klassendiagramm Axis (vereinfachte Darstellung) mit Raumbezug.

Für die Kalibrierung gemäss RBBS gibt es in IfcAlignment keine Entsprechung. Eine Lösung ist, dass vor dem Transfer an Ifc die Kalibrierung aufgelöst wird. Dazu wird die kalibrierte Geometrie in eine nicht kalibrierte Geometrie transformiert. Die realen Längen (U-Koordinaten der Lokalisierungen) werden auf die unkalibrierte, geometrische Länge umgerechnet. Alle für die Kalibrierung relevanten Informationen werden als Attribute mitgegeben (insbesondere reale Sektorlängen und die originären U-Distanzen). Mit diesen Attributen kann bei der Rücktransformation von Ifc nach RBBS die Kalibrierung wieder hergestellt werden (sofern nötig).

Auf die Materialisierung der Bezugspunkte (Materialization, Plate) wird im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen, da sie für die Definition des linearen Referenzsystems von untergeordneter Bedeutung sind.

6.1.3 Raumbezug

Der Raumbezug eines Fachobjekts ins Räumliche Basisbezugssystem wird über eine (konzeptuelle) Klasse «OrtsbezugRBBS» abgebildet. Diese Klasse definiert einen Ort (Punkt) im linearen Raum. Dieser Ort ist definiert durch eine Assoziation auf einen Sektor sowie attributive Angaben zur linearen Distanz u zum Sektor (die Entfernung zum Sektorbeginn entlang des Achssegments) sowie die horizontale (v) und vertikale (w) Distanz zum Achssegment (siehe auch Abbildung 17).

6.2 Konzeptuelles Datenmodell IfcAlignment

Das konzeptuelle Datenmodell von Ifc-Alignment besteht aus einem "semantischen" und einem "geometrischen" Schema. Im semantischen Schemabereich sind alle Klassen vorhanden um strukturiert Alignment-Daten ohne geometrische Darstellung auszutauschen. Der geometrische Schemabereich erlaubt hingegen das Alignment als reine Polylinegeometrie auszutauschen. Das aktuelle Schema erlaubt somit die grösstmögliche Freiheit beim Austausch von Alignment und auf das Alignment referenzierte Daten. Eine Austauschdatei kann somit nur den semantischen Teil, nur den geometrischen Teil oder beides beinhalten.

6.2.1 Semantisch

Das nachfolgende Klassenmodell stellt den semantischen Teil des gesamten Alignment-Schemas dar. Es besitzt die Fähigkeit linear referenzierte Daten über die Klassen IfcPositioningElement und die Subtypen IfcAlignment und IfcReferent zu übermitteln. Zusätzlich können damit auch Trassierungselemente wie Geraden, Kreisbogen oder Klothoiden von Achsgeometrien (Horizontalachse, Vertikalachse) ausgetauscht werden.

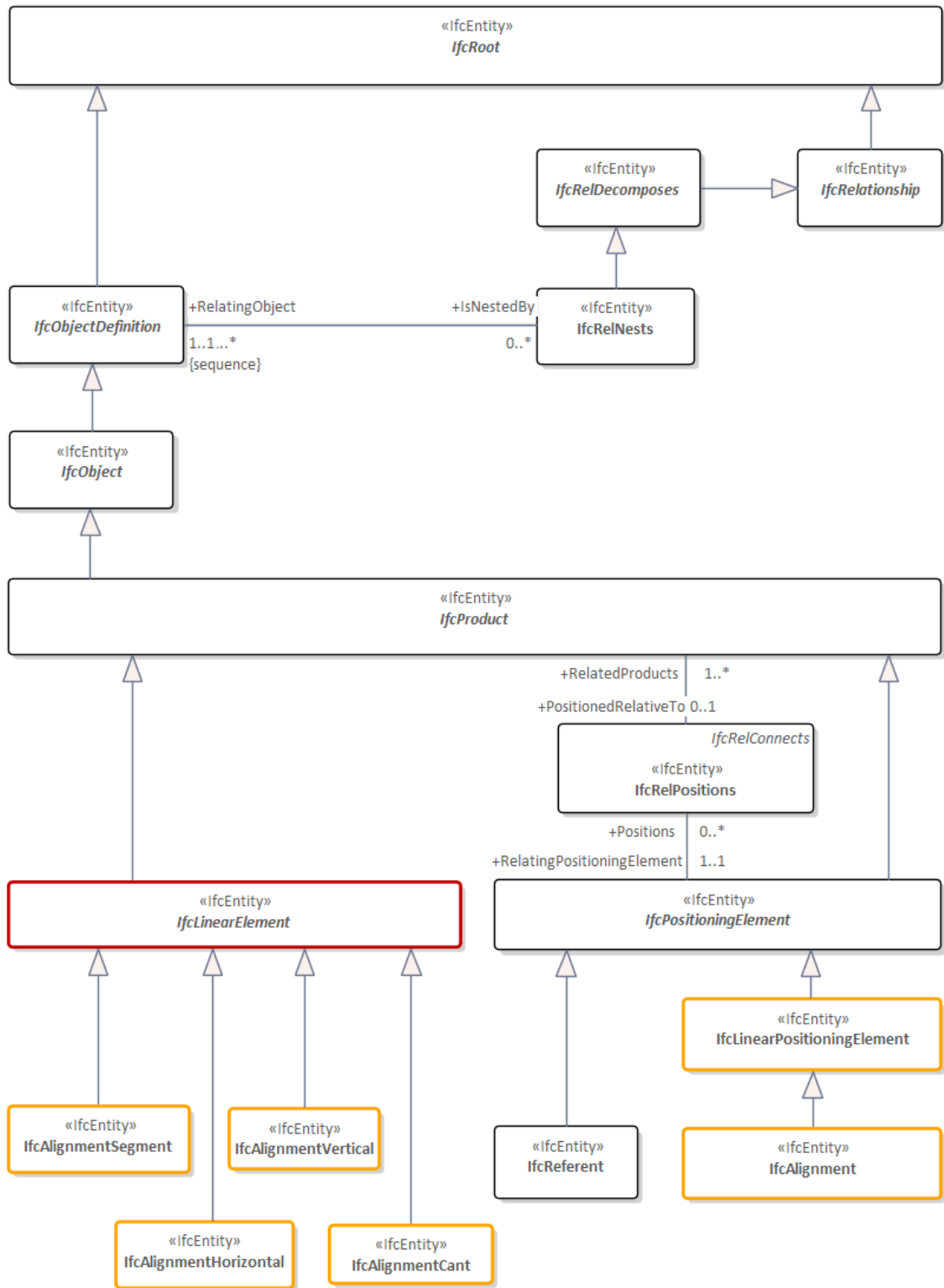


Abb. 18: IfcAlignment, semantischer Teil.

Für die Betrachtungen im Rahmen dieses Projekts sind aus dem Gesamtkonzept von IfcAlignment für die semantische Sicht im Wesentlichen die folgenden Klassen und Beziehungen von Relevanz (Abbildung 19):

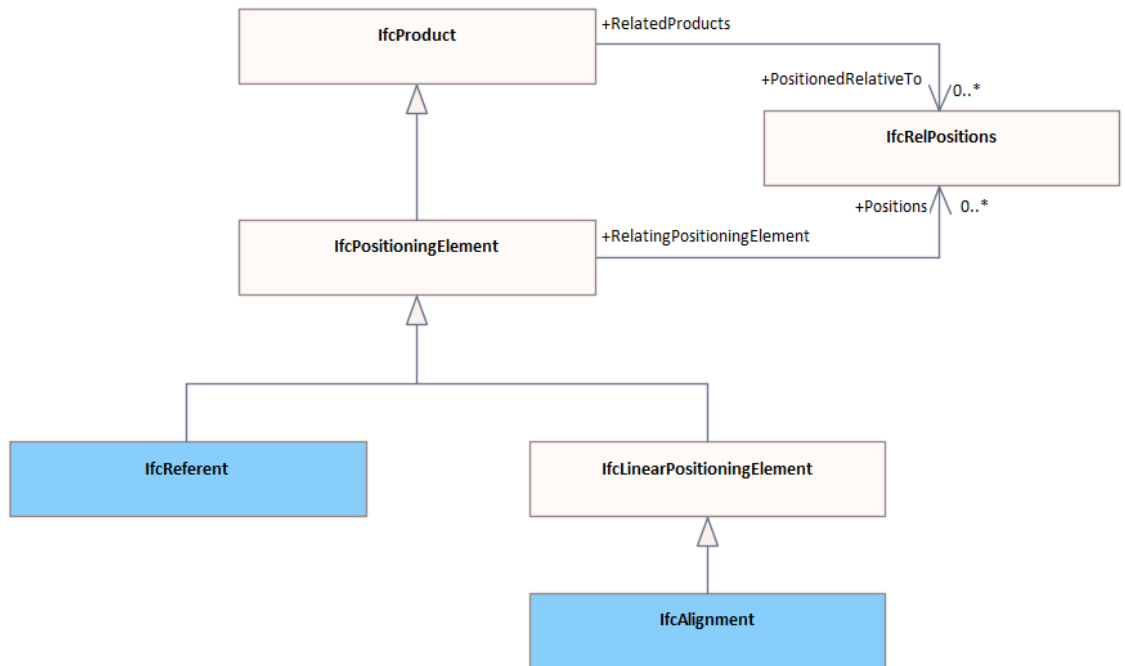


Abb. 19: Lineares Bezugssystem und Raumbezug *IfcAlignment*, semantische Sicht (vereinfacht).

In der semantischen Struktur von IFC kann ein linearer Bezug eines Objekts über die Beziehungsentität *IfcRelPositions* definiert werden, siehe auch Abbildung 19. Konkret kann ein *IfcProduct* eine Positionierung (*IfcRelPositions*) auf ein *IfcPositioningElement* aufweisen. Das abstrakte *IfcPositioningElement* kann im Kontext der linearen Referenzierung im Speziellen ein *IfcReferent* oder ein *IfcAlignment* sein. D.h. der Raumbezug kann sich direkt auf eine Linie (*IfcAlignment*) beziehen oder aber auf einen (linear verorteten) Referenzpunkt auf einer Linie (*IfcReferent*).

6.2.2 Geometrisch

Die Fähigkeit linear referenzierte Daten auf dem geometrischen Schema auszutauschen, wird über die Klassen *IfcGradientCurve* und *IfcAxis2PlacementLinear* ermöglicht. *IfcGradientCurve* beschreibt eine beliebige 3D-Kurve. *IfcAxis2PlacementLinear* beinhaltet die horizontalen und vertikalen Richtungen für die lineare Positionierung auf *IfcGradientCurve*.

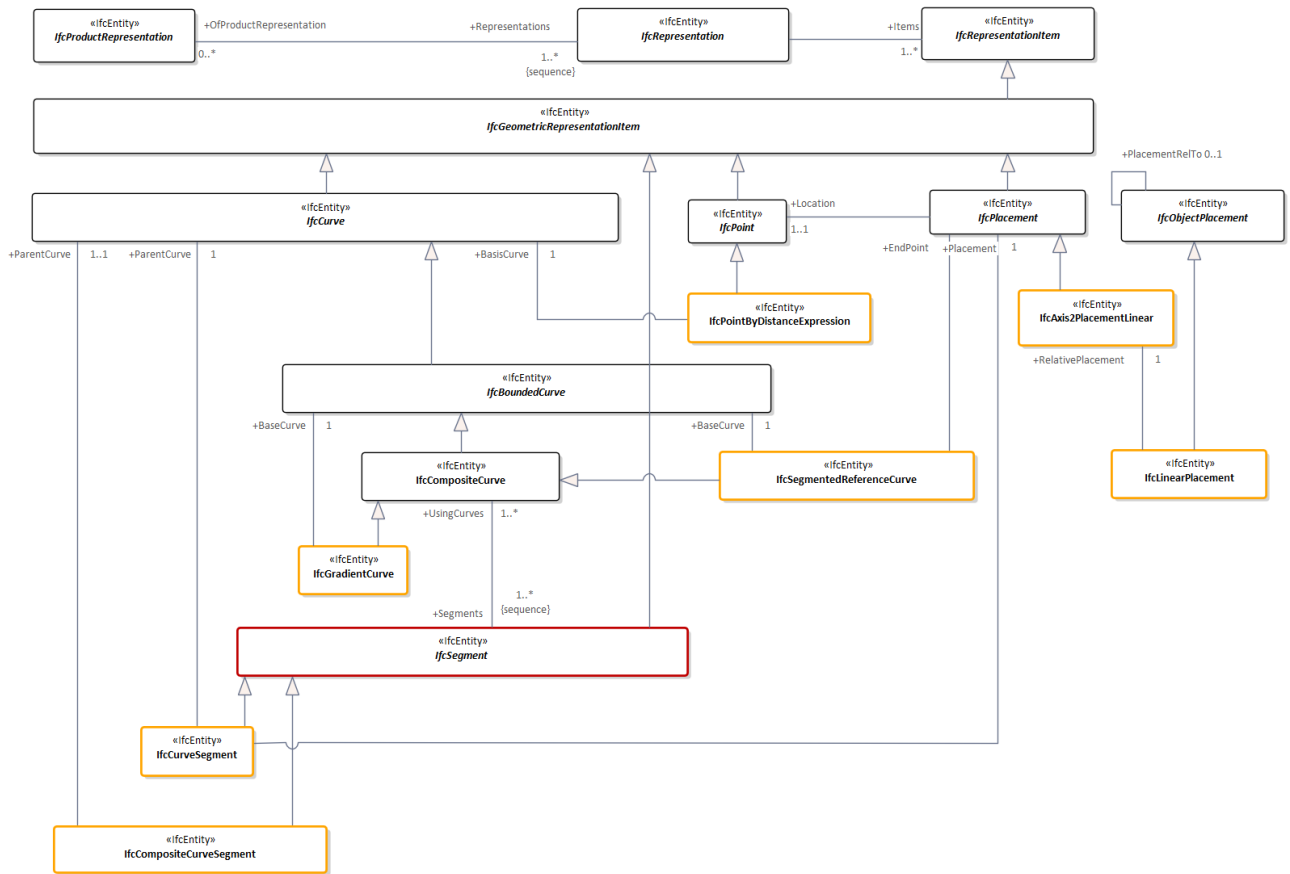


Abb. 20: IfcAlignment, geometrischer Teil.

6.2.3 Anwendung des Ifc-Alignment-Modells

Diese konzeptuellen Modelle werden konkret wie folgt angewandt (siehe Abbildung 21):

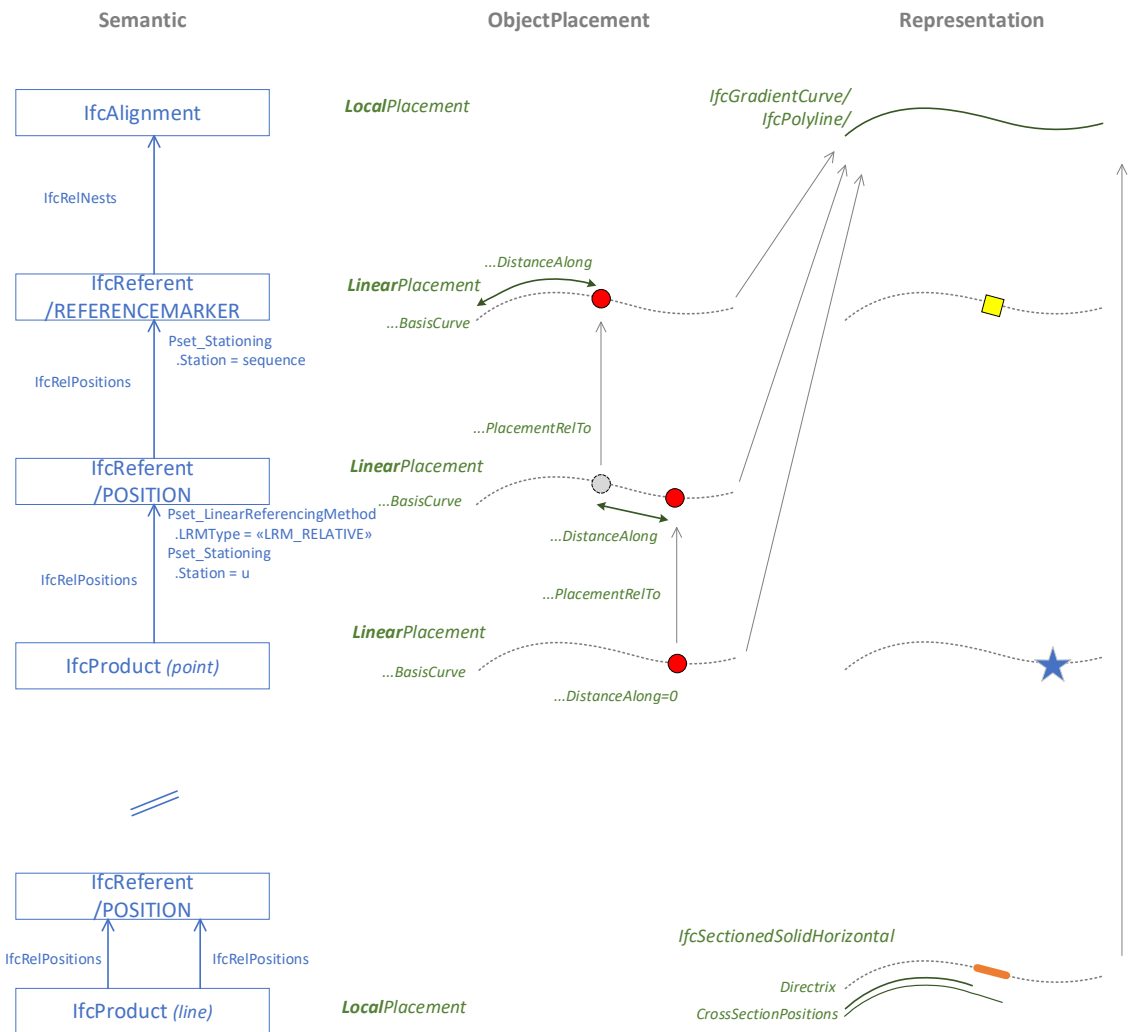


Abb. 21: Instanziierung IfcAlignment (schematisch).

Die grundsätzliche Unterscheidung der semantischen Sicht (blau, links) sowie der geometrischen Sicht (grün, Mitte und rechts) wird in der vertikalen Anordnung wiedergegeben.

Das Schema stellt ein Fachobjekt dar, bei welchem es sich um eine Spezialisierung von IfcProduct handelt.

Semantische Sicht:

- Der lineare Bezug eines Fachobjekts wird über einen (oder mehrere) lineare Orte definiert.
- Jeder lineare Ort wird durch einen IfcReferent (vom Typ Position) abgebildet. Der lineare Ort wird über eine Beziehung der Art IfcRelPositions mit dem entsprechenden Fachobjekt verbunden.
- Der lineare Ort wird bezüglich eines IfcReferent (vom Typ Referencemarker) indirekt linear positioniert. Die linearen Attribute werden über spezifische Properties gespeichert (PSet_Stationing).
- IfcReferent vom Typ Referencemarker sind absolut linear positioniert bezüglich eines IfcAlignment. Diese Beziehung wird über eine IfcRelNests-Beziehung definiert. Die linearen Attribute werden über spezifische Propertysets gespeichert (PSet_Stationing).

Geometrische Sicht:

- Bei der geometrischen Sicht wird unterschieden zwischen der eigentlichen geometrischen Form (Representation) und der Positionierung der Geometrie (ObjectPlacement)
- Punktobjekte (IfcReferent, IfcProduct) werden über das ObjectPlacement linear positioniert (LinearPlacement). Die Positionierung erfolgt dabei immer entlang einer Kurvengeometrie (Basiscurve, z.B. IfcGradientCurve oder IfcPolyline) sowie entlang einem Offset (DistanceAlong) (wie auch laterale Offsets, in Grafik nicht dargestellt).
- Dabei kann die lineare Positionierung absolut sein (Offset bezüglich des Beginns der Basiscurve) oder sie kann relativ sein (Offset bezüglich einer anderen Positionierung/ObjectPlacement).
- IfcReferent vom Typ Referencemarker werden dabei absolut positioniert (in Analogie zur semantischen Sicht).
- IfcReferent vom Typ Position werden dabei relativ positioniert (in Analogie zur semantischen Sicht).
- Implementierungshinweis: Eine lineare Definition von Strecken wird in der geometrischen Sicht immer lokal positioniert!

6.3 Konzeptuelles Mapping RBBS

Mit dem konzeptuellen Mapping wird strukturell auswertbar eine Beziehung zwischen den Klassen des konzeptuellen Modells des RBBS und denjenigen aus Ifc-Alignment hergestellt. Zur Darstellung des Mappings zwischen zwei Klassen wird die UML-Beziehungsart "Realization" mit dem Stereotype "instanceOf" verwendet: rote Beziehungen auf dem Klassendiagramm weiter unten. Die Richtung der Beziehung geht immer von RBBS zu Ifc aus. Zum Beispiel: RBBS:Axis kann als Instanz von IfcRoad ausgetauscht werden.

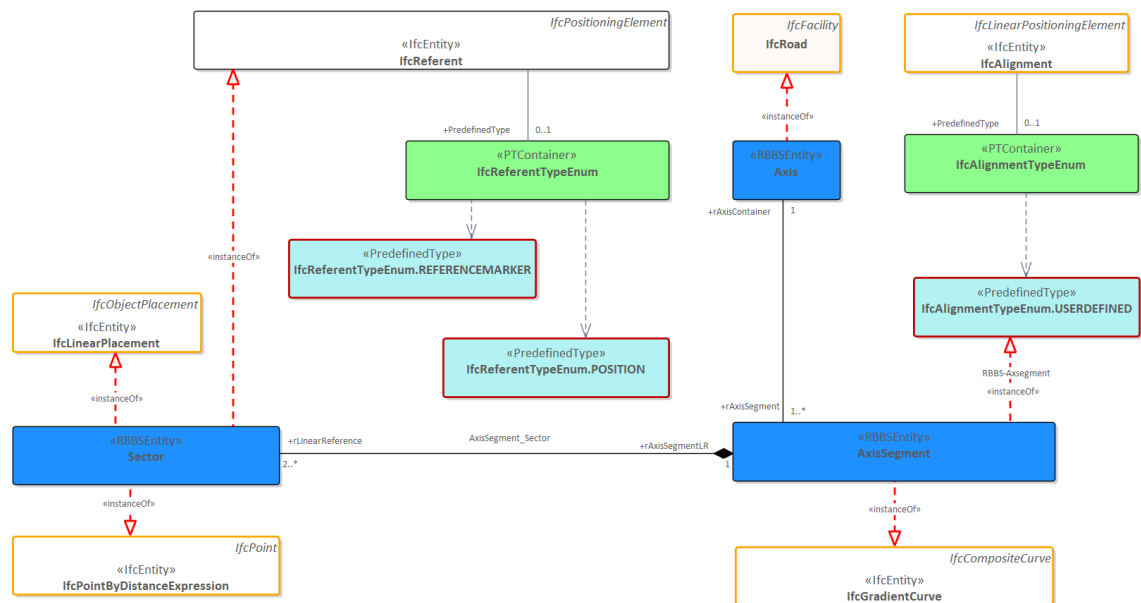


Abb. 22: Konzeptuelles Mapping des RBBS (Übersicht).

Das Mapping kann zusammenfassend tabellarisch wie folgt dargestellt werden:

Axis	IfcRail
AxisSegment	IfcAlignment (PredefinedType=USERDEFINED) IfcCurve (Geometrie)
Sector	IfcReferent IfcLinearPlacement

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Mapping-Regeln im Detail, auch auf Stufe einzelner Attribute. Es wird bei den Darstellungen wiederum unterschieden zwischen der semantischen und der geometrischen Sicht.

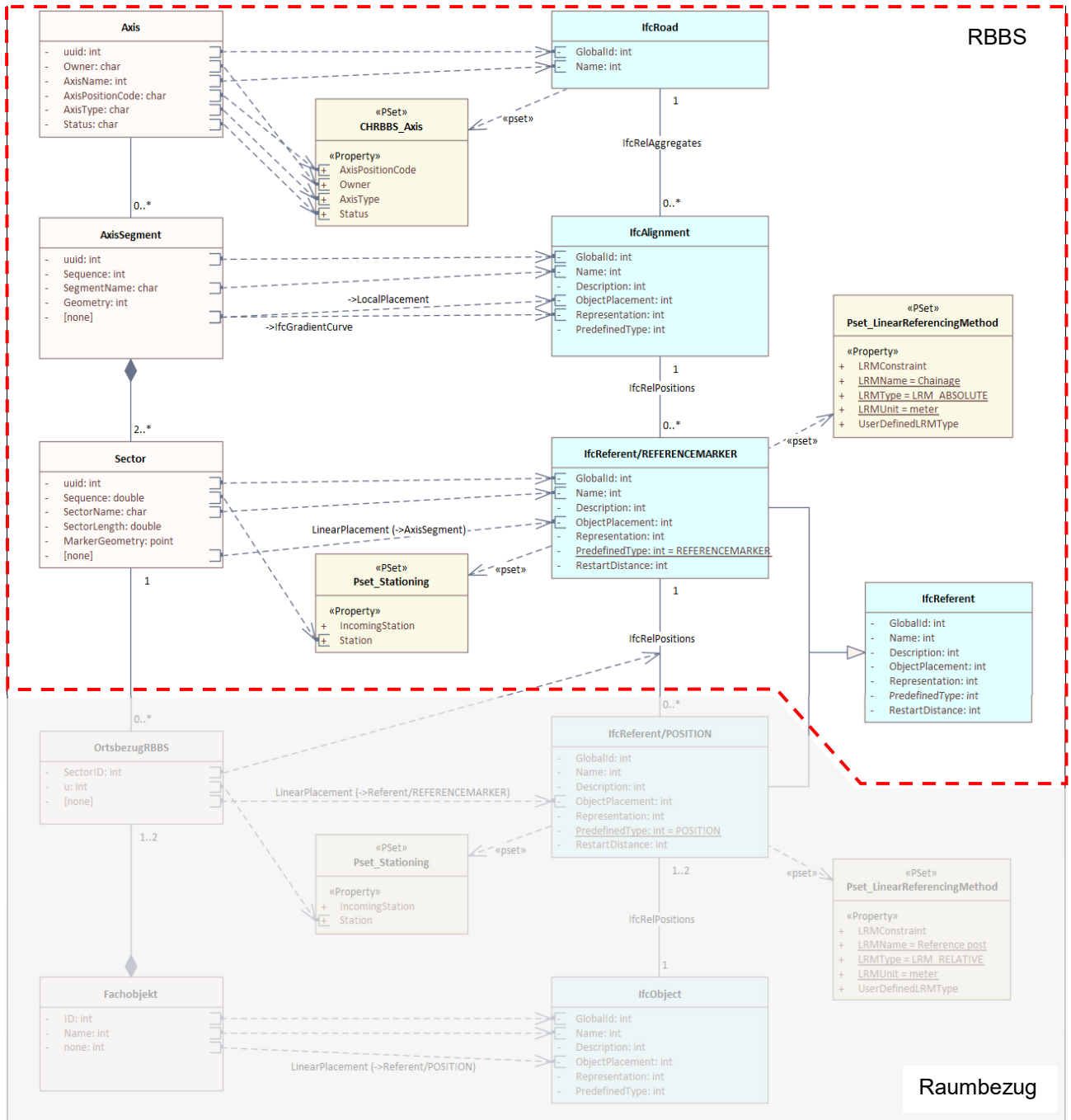


Abb. 23: Konzeptuelles Mapping der semantischen Definitionen (RBBS).

Die wichtigen, aber spezifischen Eigenschaften der Achse (Axis) werden über ein benutzerdefiniertes PropertySet (CHRBBBS_Axis) gespeichert.

Die lineare Distanz des Sektors ab Achssegment-Beginn (Sector.Sequence) wird in die Property Pset_Stationing.Station übertragen.

Die Methode der linearen Referenzierung, welche durch das RBBS definiert ist, wird im PropertySet Pset_LinearReferencingMethod als Typ=LRM_ABSOLUTE sowie mit Name=Chainage abgebildet.

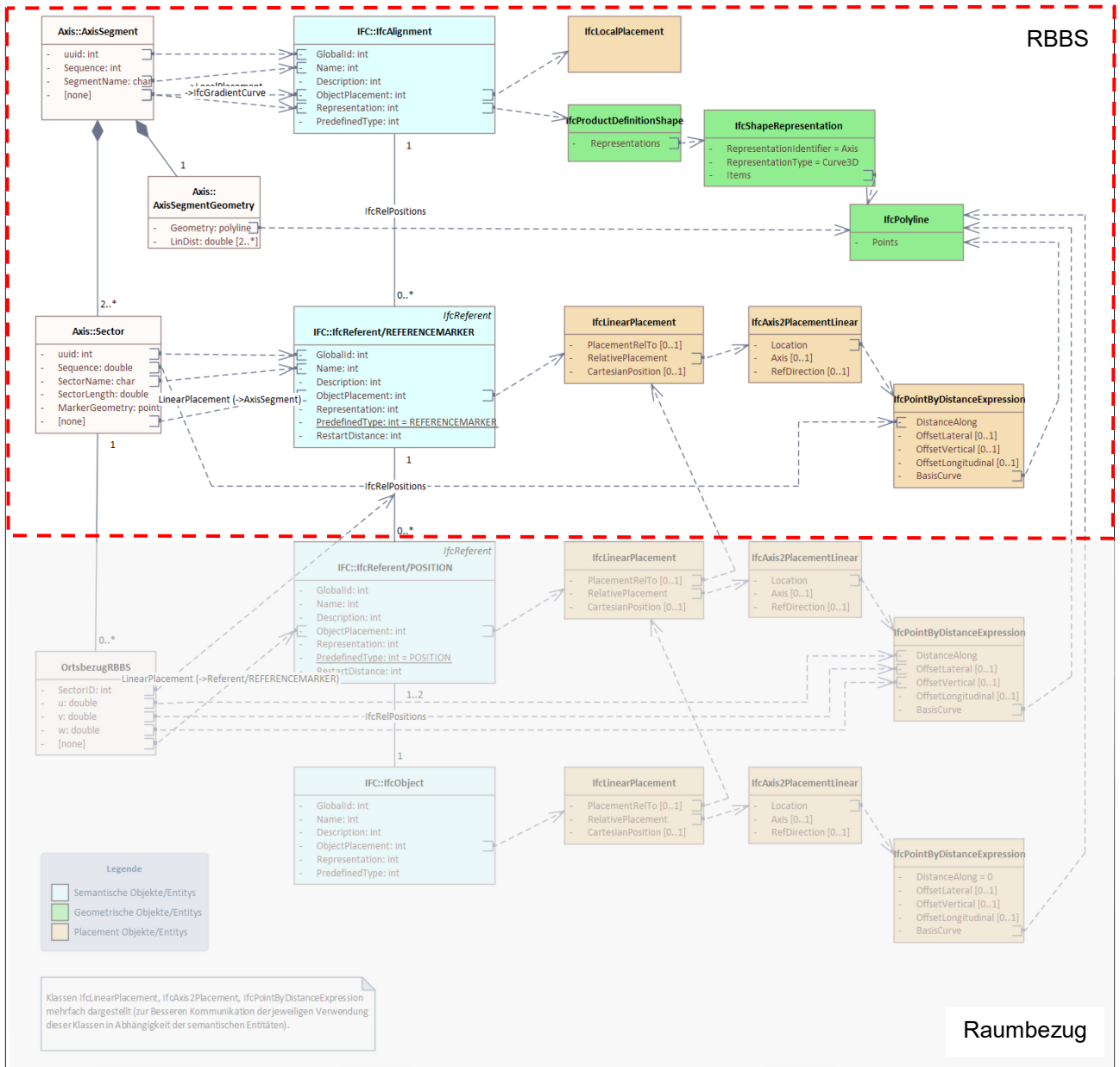


Abb. 24: Konzeptuelles Mapping der geometrischen Definitionen (RBBS).

6.4 Konzeptuelles Mapping Raumbezug

Das Mapping für den Raumbezug auf Sektoren unterscheidet punktuell referenzierte Objekttypen (Point Event) und von-bis referenzierte Objekttypen (Line Event). Dafür wird das Grundkonzept IfcReferent verwendet. In diesem wird die Referenzierungsmethode angegeben werden (Pset_LinearReferencingMethod). Die eigentlichen linearen Distanzen werden über den Subtypen "Position" von IfcReferent (IfcReferentTypeEnum.POSITION) übermittelt.

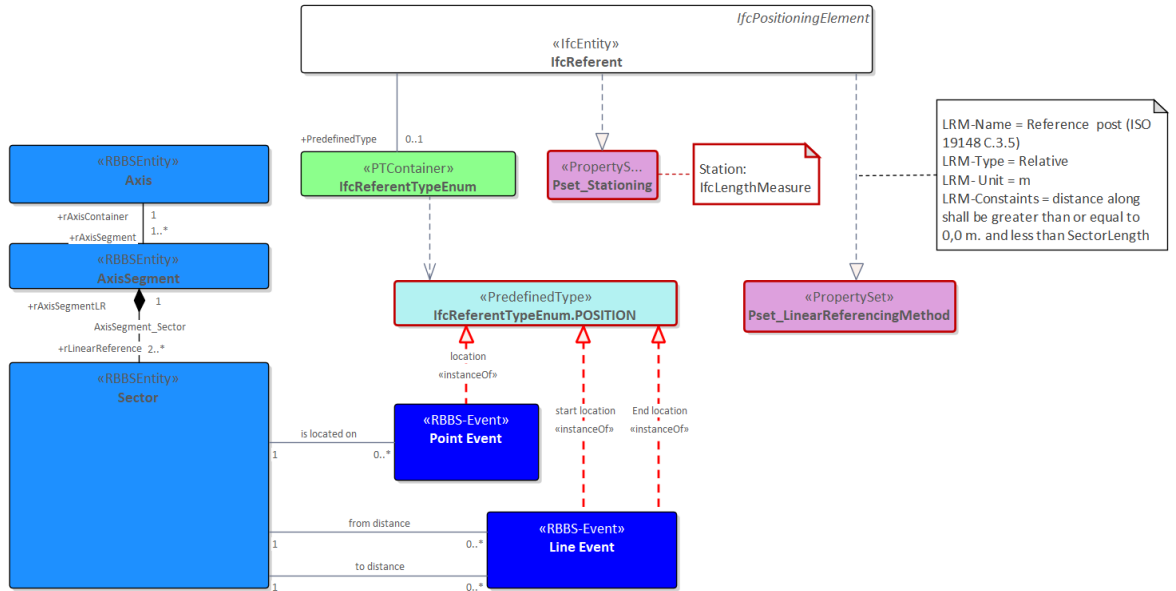


Abb. 25: Konzeptuelles Mapping Raumbezug (Übersicht).

Das Mapping kann zusammenfassend tabellarisch wie folgt dargestellt werden:

RBBS	Ifc
Point Event	IfcReferentTypeEnum.POSITION
Line Event	From distance: IfcReferentTypeEnum.POSITION To distance: IfcReferentTypeEnum.POSITION

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Mapping-Regeln im Detail, auch auf Stufe einzelner Attribute. Es wird bei den Darstellungen wiederum unterschieden zwischen der semantischen und der geometrischen Sicht.

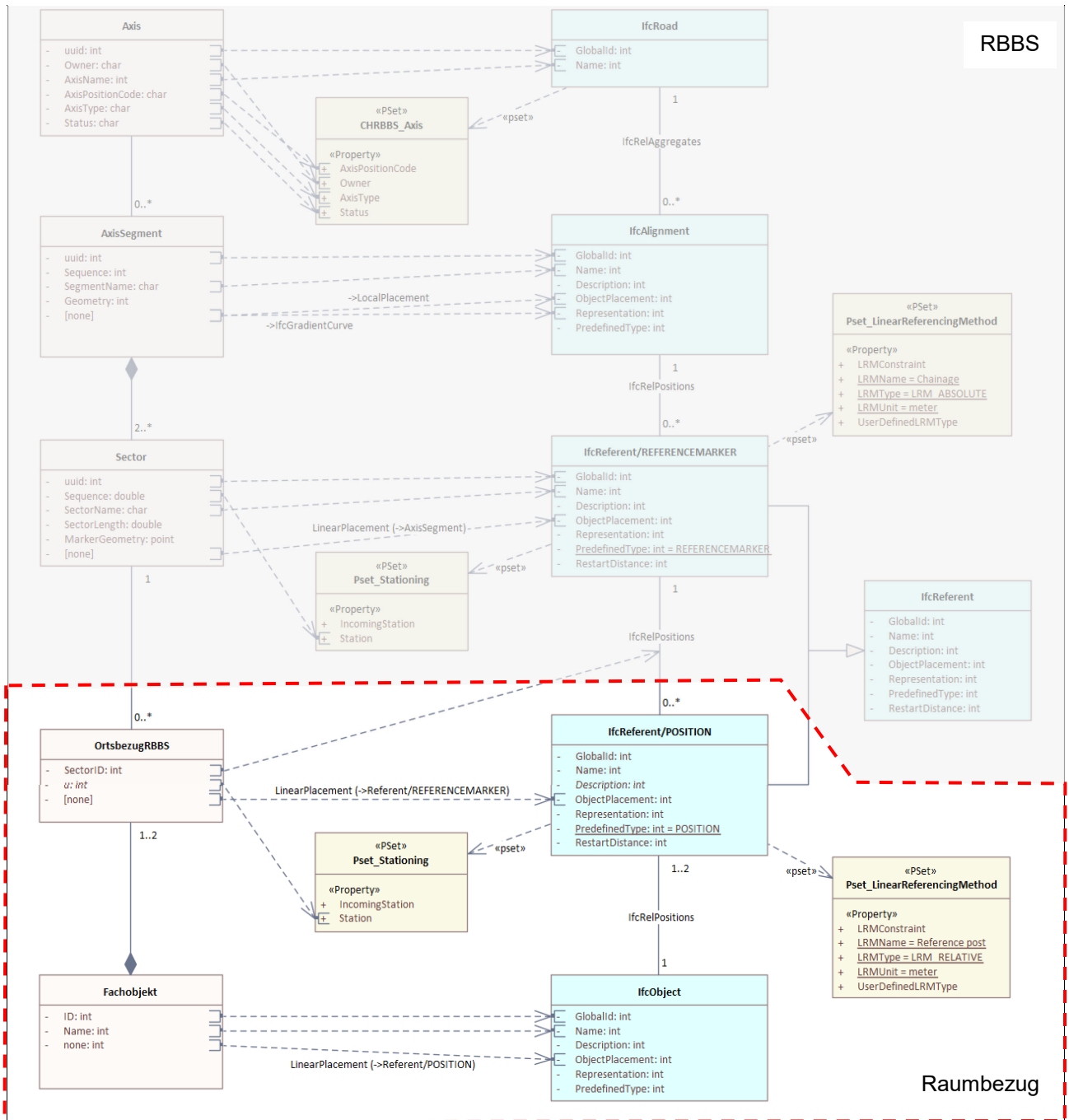


Abb. 26: Konzeptuelles Mapping der semantischen Definitionen (Raumbezug).

Der Ortsbezug eines Fachobjekts ist in den Systemen von MISTRA üblicherweise Bestandteil des Fachobjekts und stellt kein eigenständiges Objekt dar. Bei der Abbildung des Ortsbezugs in den Strukturen von IFC wird jedoch aus einem (unselbstständigen) Ortsbezug ein Objekt **IfcReferent** mit eigenständiger Identität (GlobalID, Name). Hier liegt demnach ein konzeptueller Unterschied zwischen den beiden Modellen vor. Mittels vereinfachender Konventionen lässt sich diese Abweichung aber beherrschen (z.B. durch den bewussten Verzicht auf eine stabile, reproduzierbare Generierung von **IfcReferent/POSITION**).

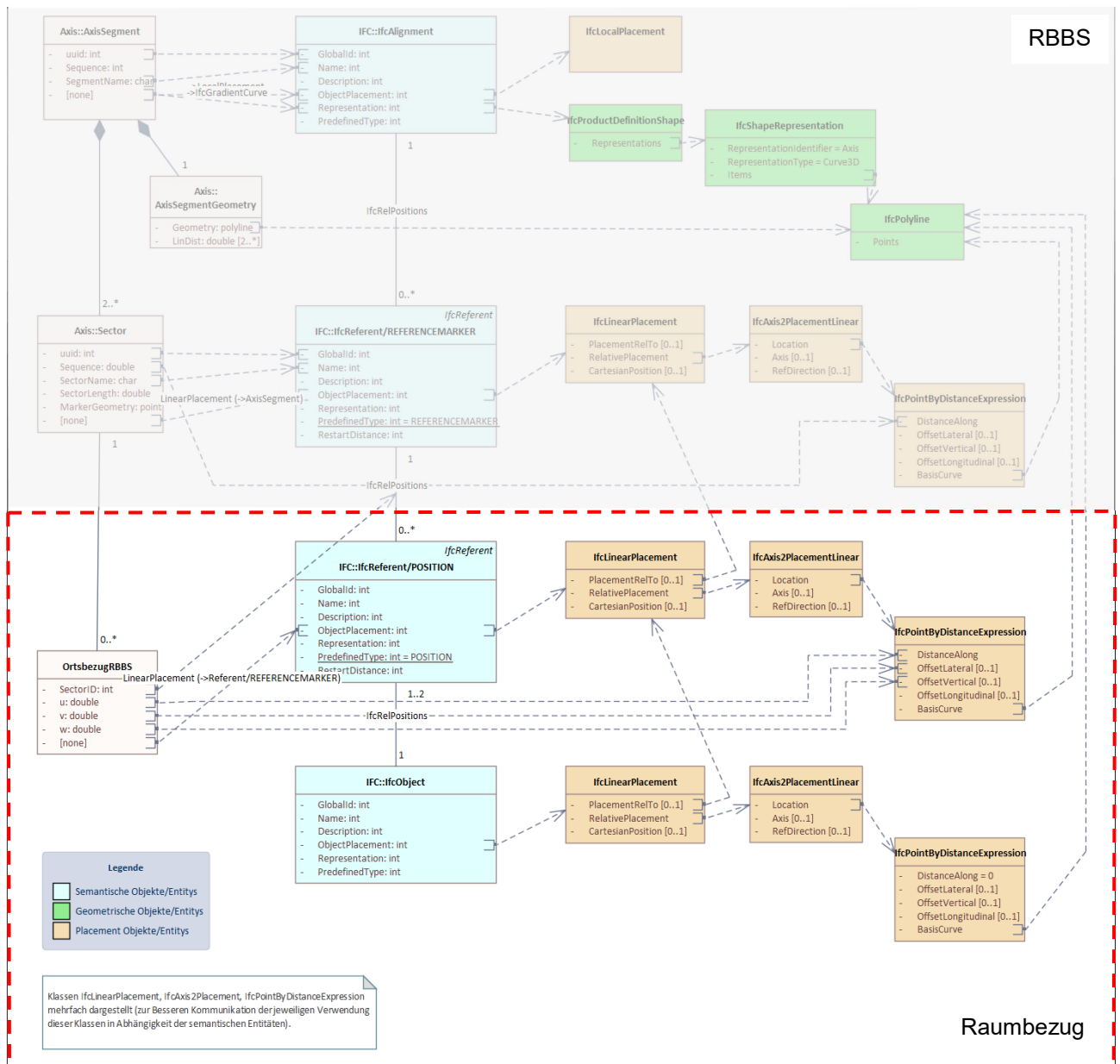


Abb. 27: Konzeptuelles Mapping der geometrischen Definitionen (Raumbezug).

7 Proof of concept

7.1 Zielsetzung und Anwendungsbereich

Der "Proof-of-Concept" (PoC) hat ein doppeltes Ziel:

- Die oben beschriebenen theoretischen Konzepte sollen in einem konkreten Fall umgesetzt werden.
- Eine Analyse der derzeit verfügbaren Instrumente soll vorgenommen und hinsichtlich ihres Leistungspotenzials beurteilt werden.

In diesem Projekt wurde beschlossen, sich auf eine begrenzte Anzahl von repräsentativen Anwendungsfällen zu konzentrieren. (Siehe Kapitel 4.2.1).

Räumlich war der PoC auf einen Autobahnanschluss beschränkt. Die sich dadurch ergebende begrenzte Anzahl von Objekten machte es einfacher, im Rahmen der zeitlichen Rahmenbedingungen, ein Ergebnis zu erhalten und dessen Qualität zu analysieren.

7.2 Daten und Verarbeitung

Die als Input verwendeten Daten sind:

- Ein Datensatz im Interlis-Format (RBBS-Daten), strukturiert nach dem Axis.ili-Datenmodell. Diese Daten liegen in 2D vor, entsprechend dem aktuellen Mistra-Datenmodell.
Er enthält Objektklassen zur Bezeichnung von Achsen, Achssegmenten und Bezugspunkten auf der N12 im Anschluss Matran.
- Daten des Entwässerungsnetzes (Leitungen und Schächte). Diese Daten enthalten Höhenangaben (z.B. Deckelhöhe). Diese Daten wurden ausgewählt, um die Kontextdaten zu "simulieren", die von den Planungsbüros verwaltet werden.

Die Implementierung des für den PoC eingerichteten Prozesses führt die folgenden Operationen durch:

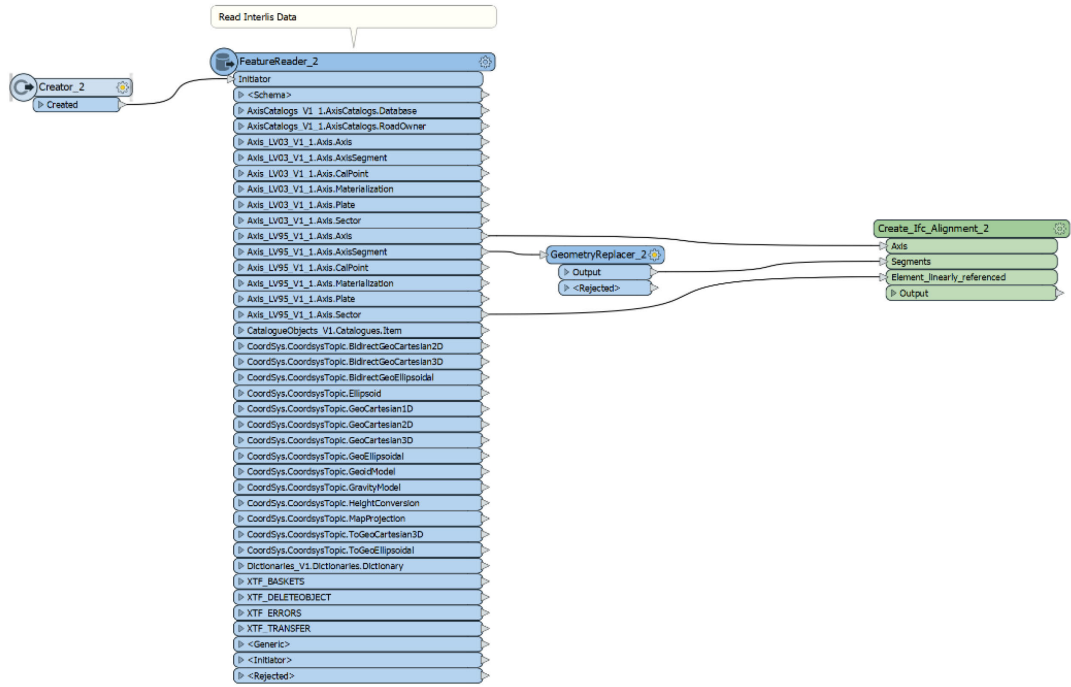
1. Die Daten der RBBS-Objektklassen "Achssegmente" und "Bezugspunkte" dreidimensional machen.

Dies ist notwendig, damit diese Daten im BIM-Kontext, im Verhältnis zu den anderen Objektklassen, verwendet und visualisiert werden können.

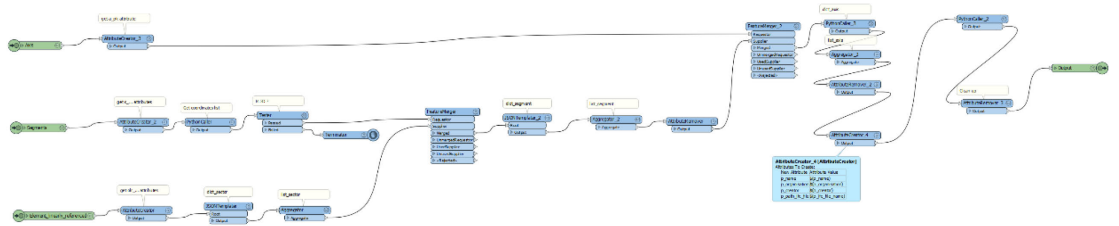
Die Umwandlung geschieht durch die Verwendung der Deckelhöhe und durch die Projektion der Achssegmente (Polylinien) und Bezugspunkte (Punkte).

2. Umwandlung der RBBS-Daten in das ifc 4.3 RC4-Format entsprechend den im Mapping definierten Klassen (siehe oben).

Dies geschieht mit Hilfe eines FME-Skripts (Workspace), das die 3D-Daten einliest und mit Hilfe eines Python-Skripts konvertiert. Dieses Python-Skript verwendet die ifcOpenShell-Bibliothek.



Im grünen Block (Custom Transformer) erfolgt die effektive Transformation:

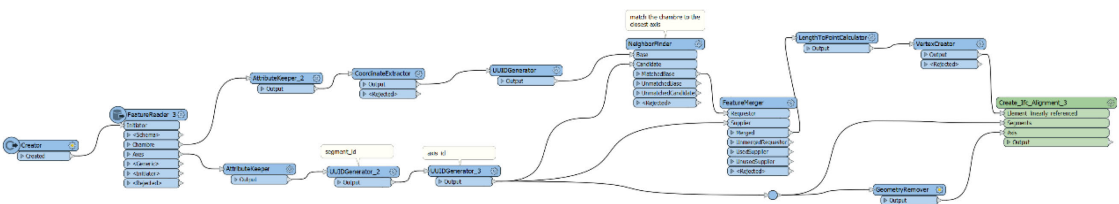


3. Konvertierung von Schacht- und Leitungsdaten in das ifc-Format

Diese Konvertierung kann mit den Standardfunktionalitäten von FME durchgeführt werden (ohne den Umweg über ifcOpenShell), da wir eine Standardobjektklasse des ifc-Modells verwenden.

4. Herstellung der semantischen Verlinkung zwischen den 2 Objektklassen, um die Schächte und Leitungen linear auf den Achsenelementen zu verorten.

Dies geschieht ebenfalls mit Hilfe eines in FME integrierten Python-Skripts, um die durch das ifcAlignment gebotenen Fähigkeiten nutzen zu können.



NB: der gleiche Custom Transformer wie oben wird für das Schreiben der ifc-Daten eingesetzt.

5. Anzeige des Ergebnisses im Online-Viewer Acca-Viewer

Die FME-Workspaces sind im Anhang nochmals lesbarer dargestellt.

7.3 Werkzeuge

Dieser PoC zeigte die Notwendigkeit, eine Bibliothek (IfcOpenShell) zu verwenden, um die Vorteile von ifc4.3 RC4 zu nutzen. Die auf dem Markt vorhandenen Tools sind derzeit nicht in der Lage, diese Version nativ zu verarbeiten. Dies ist verständlich, da es sich um einen Release-Kandidaten handelt. Es ist daher notwendig, eine Bibliothek zu integrieren, um flexibler und reaktionsfähiger zu sein.

Um das Ergebnis zu visualisieren, haben wir den Acca Viewer verwendet. Dank einer guten Zusammenarbeit mit den Entwicklern war es möglich, diesen Viewer mit den erforderlichen ifc-Funktionen anzupassen.

Der PoC hat somit gezeigt, dass die zur Verfügung stehenden Werkzeuge sowohl für die Transformation als auch für die Visualisierung des Ergebnisses nicht allgemein zugänglich sind, sondern angepasst werden müssen.

7.4 Ergebnisse

Der implementierte Prozess hat die Verwendung von IfcOpenShell zur Durchführung dieser Transformationen validiert.

Wir stellen fest, dass:

- Dieser Vorgang nur durch Python-Programmierung durchgeführt werden kann und erfordert daher einige Programmierkenntnisse.
- Die Konvertierungsschnittstelle ermöglicht eine flexible Nutzung. FME kann viele Eingangsdatenformate akzeptieren. Darüber hinaus benötigt IfcOpenShell eine Input-Datenstruktur (JSON), die von Drittanbieterprogrammen bereitgestellt werden kann. Die Nutzung von FME ist daher nicht unbedingt zwingend.

Der erzeugte Datensatz zeigt deutlich, dass die Konvertierung von RBBS-Daten in IfcA-Alignment machbar ist und dass die notwendigen Werkzeuge vorhanden sind.

Die Schächte sind ebenfalls im BIM-Viewer sichtbar, obwohl die Darstellung nicht optimal ist.

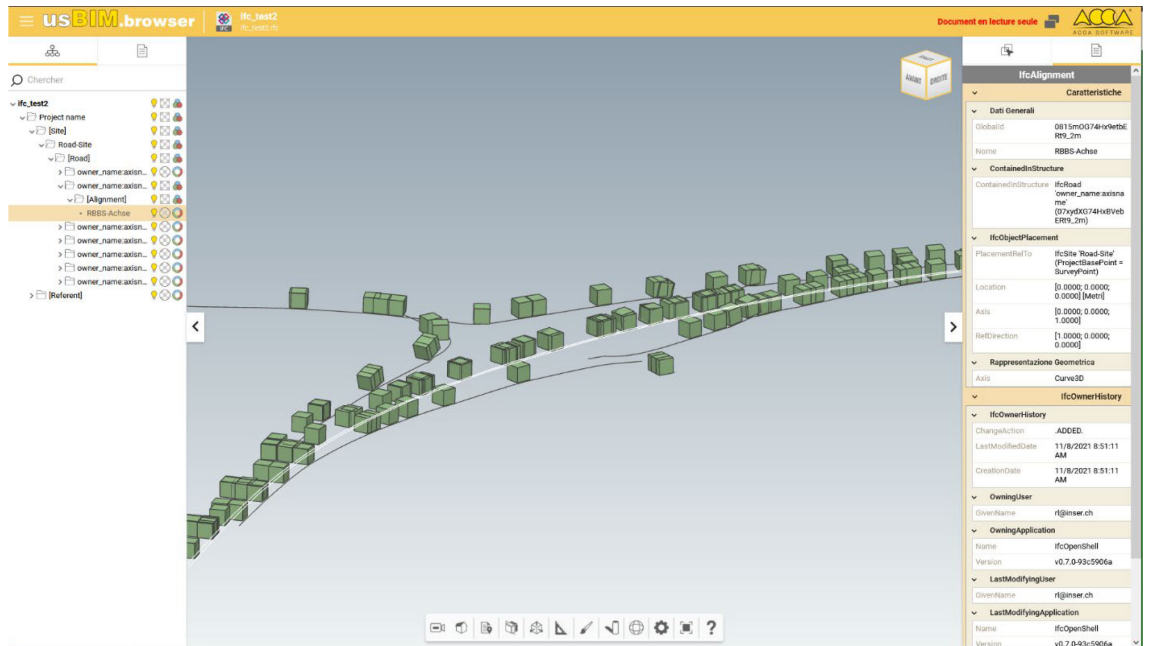


Abb. 28: Darstellung des RBBS und der Schächte im ACCA-Viewer.

Zum Vergleich die Darstellung aus MISTRA des RBBS und der Schächte im Anschluss Matran:

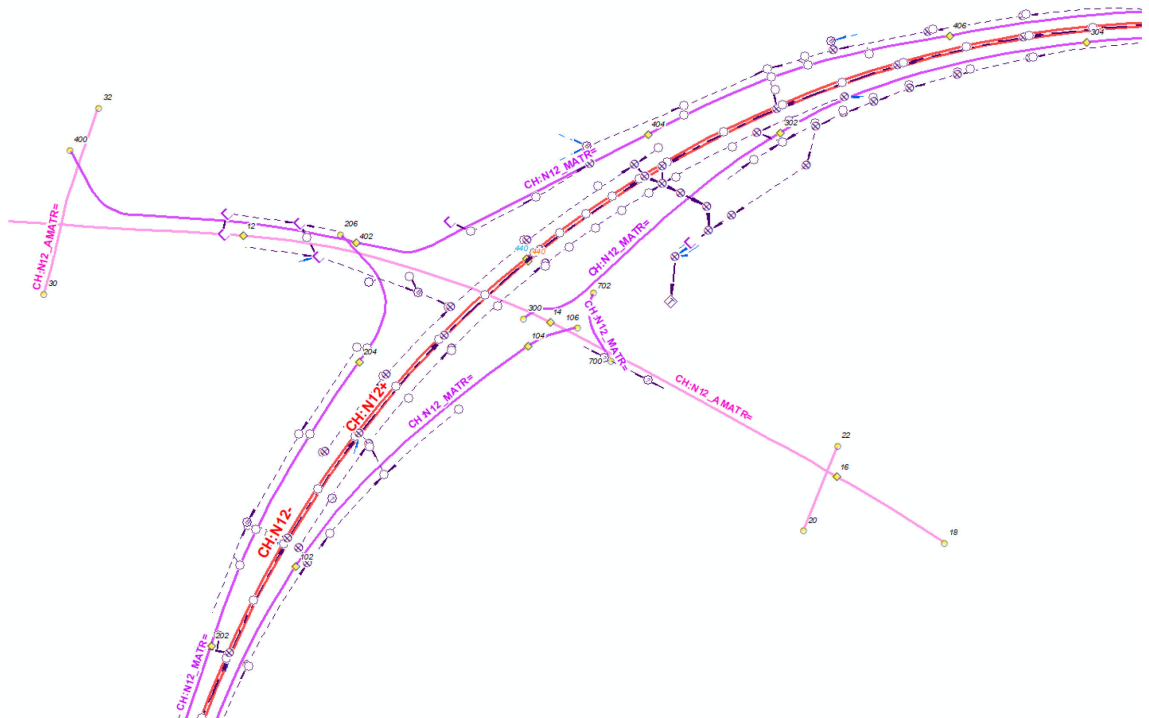


Abb. 29: Darstellung des RBBS und der Schächte im ACCA-Viewer.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

8.1 Fachprozesse

Aus der Analyse der Fachprozesse ist ersichtlich, dass das RBBS resp. die lineare Referenzierung für die Projektierung und den Bau eher eine untergeordnete Rolle spielt. Es existieren einzelne Fachprozesse, die Objekte bezogen auf die Projektierungsachse linear referenzieren (z.B. die Trassierungselemente wie Linie, Kreisbogen oder Klothoide).

Das RBBS und die lineare Referenzierung wird in den Fachprozessen des Betriebs und des Erhaltungsmanagements genutzt.

Folgerung:

RBBS und lineare Referenzierung sind zentrale Elemente für die Fachprozesse des Erhaltungsmanagements und des Betriebs. Die Informationen liegen deshalb in diesem Lokalisierungssystem vor. Eine Transformation für IFC ist also nötig. Umgekehrt müssen die Resultate aus der Realisierung wieder in den RBBS-Bezug gebracht werden können.

8.2 Anwendungsfälle

Aus Sicht ASTRA sind die beiden Anwendungsfälle, die sich auf der Schnittstelle zwischen dem Erhaltungsmanagement und den Projekten befinden besonders von Interesse. Es sind dies:

- Projektstart: die in MISTRA- Inventarsystemen verfügbaren Daten vom Erhaltungsmanagement können dem Projekt bereitgestellt werden. Das Projekt profitiert in der Startphase, wo das sog. Bestandsmodell erstellt wird.
- Projektende: die Daten der durch das Projekt veränderten oder neu erzeugten Objekte (z.B. Fahrbahnaufbau) können dem Erhaltungsmanagement bereitgestellt werden. Dies unterstützt die Bereitstellung strukturierter Daten für die Dokumentation des ausgeführten Werks (DAW).

Die gemäss dem IFC-Standard strukturierten Daten aus den Projekten sind maschinenlesbar d.h. auswertbar an das Erhaltungsmanagement zu liefern.

In den Projekten erzeugte Daten müssen beim Bereitstellen an das Erhaltungsmanagement linear referenziert sein resp. bei der Integration linear referenziert werden.

Das RBBS (Achsen, Achssegmente, Bezugspunkte) soll Teil der Lieferung aus den Projekten sein, damit Änderungen am RBBS in das MISTRA-Basissystem über eine INTERLIS-Schnittstelle übernommen werden können und somit eine manuelle Bearbeitung in MISTRA-Basissystem überflüssig macht.

Zusätzlich zum RBBS sollen von den Projekten auch weitere Daten (z.B. Linienführung, Fahrbahnbreite, ...) bereitgestellt werden.

Handlungsbedarf, Fragestellungen:

- Abklären, welche Daten müssen linear referenziert sein?
- Gibt es Daten, die mindestens eine Achsreferenz haben sollen?
- Welche Auswirkungen hat das auf zukünftige Arbeitsprozesse der Projektierung?
- Welche funktionalen Anforderungen existieren an die Projektierungssoftware?

8.3 Datenmodell

Die Folgerungen aus dem Projekt in Bezug auf das Ifc-Datenmodell können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Konzepte von IfcAlignment passen, mit Ausnahme der Kalibrierung, gut auf das Konzept RBBS.
- Ein Lösungsvorschlag ist im Kapitel 5.3 dargestellt, wo die Auswirkungen der Kalibrierung vor der Datenlieferung an die Projekte resp. nach der Datenübernahme aus den Projekten geregelt ist.
- Die im Ifc-Standard enthaltenen Konzepte sind nur mit vertieften Kenntnissen verständlich. Das Ifc-Schema ist stark hierarchisch verschachtelt, nutzt mehrstufige Vererbungen und ist generisch aufgebaut.
- IfcAlignment trennt die beschreibende, rein alphanumerische Definition von der geometrischen Definition. In der Modellierung der Daten der Strassendatenbank MISTRA ist die Geometrie wie auch die räumliche Lokalisierung (linear oder planar) eine Eigenschaft des Objekts. (z.B. sichtbar im Modell Axis.ili). Ein Mapping zwischen IfcAlignment und dem Axis.ili ist aber trotzdem eineindeutig möglich (trennen der Geometrie vom Objekt bei RBBS2IfcAlignment und Zusammenfügen der Geometrie mit Objekt bei der Rücktransformation)
- Aufgrund der Tatsache, dass der ISO-Standard von Ifc4.3 noch nicht publiziert ist und im Bereich von IfcAlignment einige Anpassungen vorgenommen wurden, ist IfcAlignment in dieser Version noch nicht praxiserprobt.
- Ifc hat das Potential die Effizienz bei der Datenübernahme zu steigern. Dies bedingt aber, dass man die Schnittstellen standardisiert.

Handlungsbedarf:

- Praktische Erprobung in ASTRA-Pilotprojekten anstreben.
- Erfahrungen dokumentieren

8.4 Proof of concept (POC)

Die Erkenntnisse und die Empfehlungen aus dem Proof of concept sind wie folgt:

- Es gibt bisher praktisch keine Tools, die Ifc 4.3 unterstützen. Der Markt ist noch nicht reif.
- Interesse zur Umsetzung ist aber bei den Softwareherstellern steigend (aktueller Trend, der bei Ifc-Rail festgestellt wird).

Empfehlungen:

- Für Entwicklungen soll der Einsatz von Code-Bibliotheken bevorzugt werden (z.B. IfcOpenShell)
- Langfristig ist der Druck auf die Softwarehersteller zu erhöhen
- Datenlieferung gem. Ifc 4.3 verbindlich in Ausschreibung verlangen
- zusammen mit anderen Infrastrukturbetreiber (D, F, I, ... N, S, DK, ...) agieren

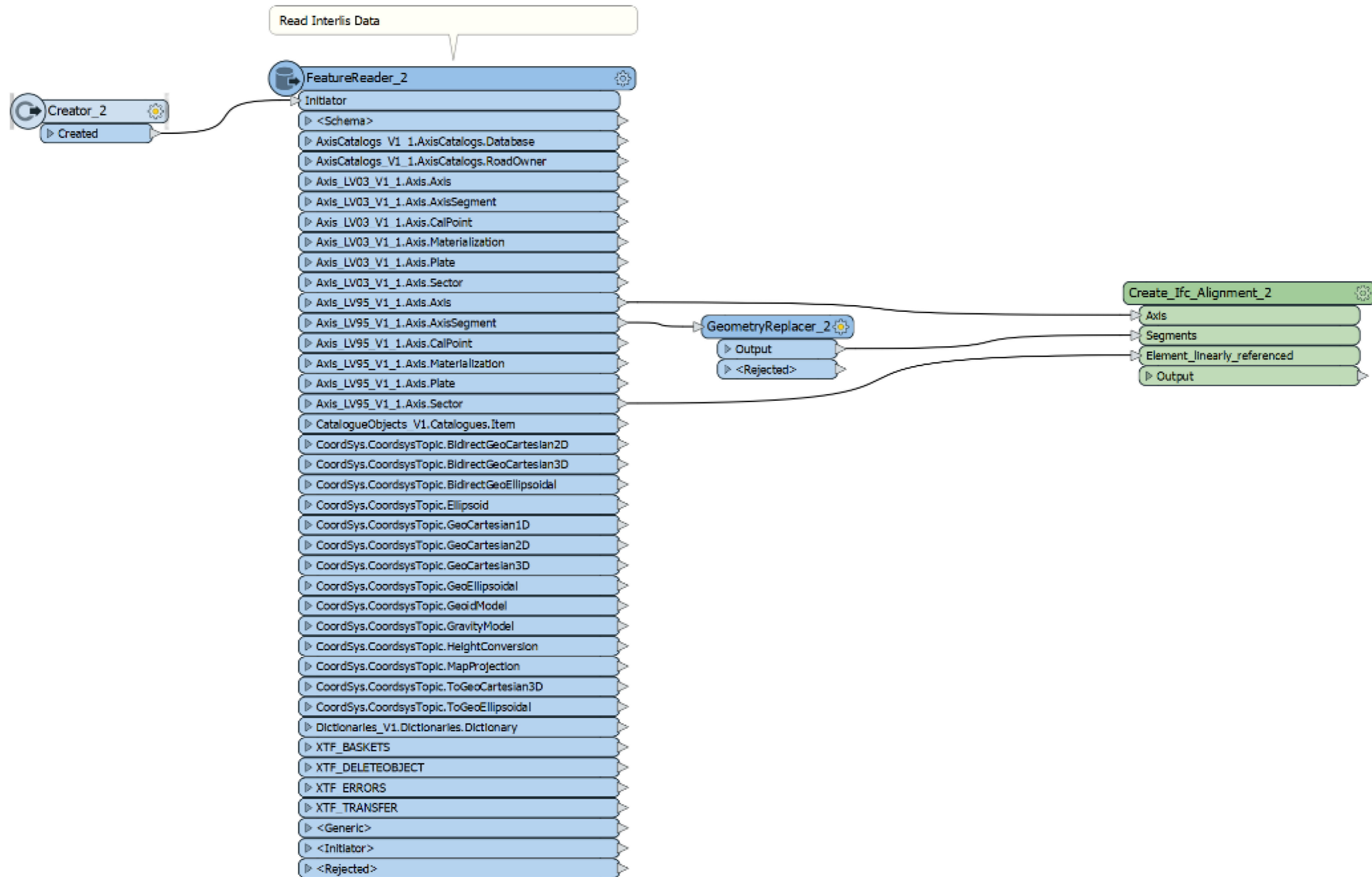
Handlungsbedarf:

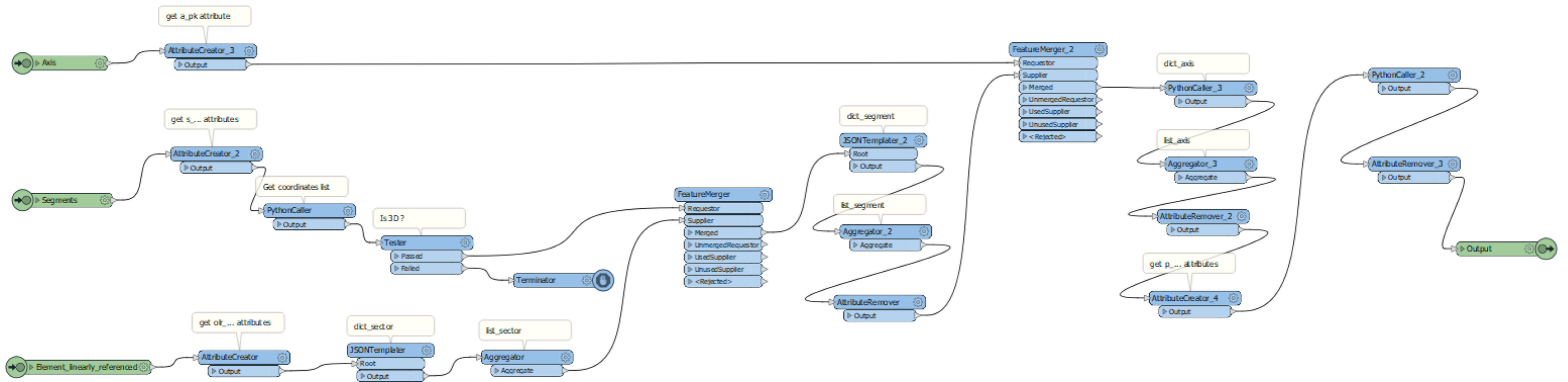
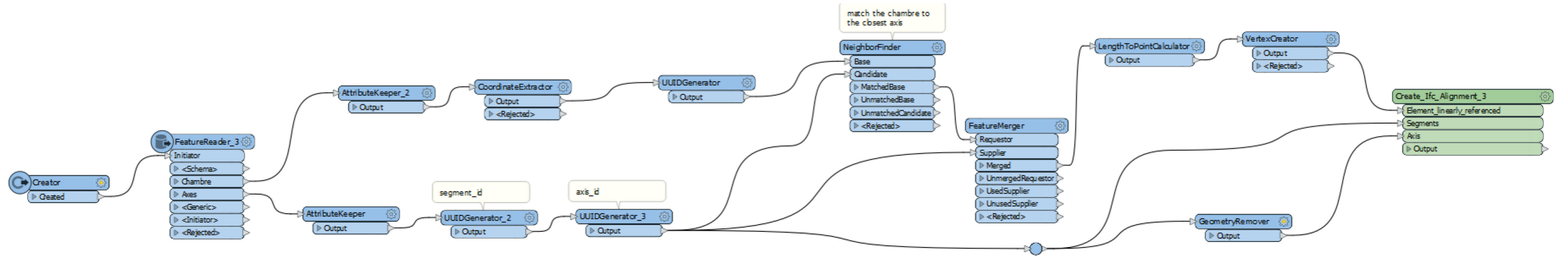
- Schnittstellen von MISTRA nach Ifc und von Ifc nach MISTRA realisieren
 - Mapping je Fachbereich (für BS und Trasse)
 - Eine auf der bestehenden INTERLIS-Schnittstelle basierende Lösung soll angestrebt werden. So können die bestehenden Mechanismen für Export und Import weiter genutzt werden.
- Evtl. zentraler Service INTERLIS → Ifc für linear referenzierte Daten in einem Fachbereich (Architektur prüfen).

Hinweis zur Nutzung von Ifc:

In der IFC-Transferdatei muss das lineare Bezugssystem immer mitgeliefert werden, da sonst für die Fachobjekte der lineare Bezug nicht definiert werden kann. Dies bedeutet, dass beim Zusammenzug/Integration von Fachobjekten aus unterschiedlichen Quellen das RBBS mehrfach mitgeliefert wird.

Anhänge Proof of concept, FME-Workspaces





Glossar

Begriff	Bedeutung
BIM	Building Information Modelling; Nutzung einer gemeinsamen digitalen Darstellung eines baulichen Vermögensgegenstand (Asset) zur Erleichterung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen als zuverlässige Entscheidungsgrundlage [QUELLE: SN EN ISO 19650-1:2018, Abschnitt 3.3.14]
IFC	Industry Foundation Classes; Das Datenmodell Industry Foundation Classes (IFC) ist eine computerinterpretierbare Darstellung von Bau- und Gebäudemanagement-Informationen für die Dokumentation und den Austausch von Bauwerksdaten. Ziel ist es, einen (anbieter)neutralen Mechanismus bereitzustellen, der in der Lage ist, Bauwerke und ähnliche Einrichtungen in der gebauten Umwelt während ihres gesamten Lebenszyklus' zu beschreiben. Dieser Mechanismus eignet sich nicht nur für den neutralen Dateiaustausch, sondern auch als Grundlage für die Implementierung, gemeinsame Nutzung von Produkt-datenbanken und als Grundlage für die Archivierung [QUELLE: SN EN ISO 16739:2013]
RBBS	Räumliches Basisbezugssystem: Das RBBS ist eine abstrahierte Abbildung des Strassenverlaufs, als lineares Raumbezugssystem für die Lokalisierung von strassenbezogenen Fachdaten (Unfallort, Bauwerke, Fahrbahnzustand, Signalisation, usw.). Dadurch kann jeder Ort auf dem N-Netz im Feld und in der Strassendatenbank eindeutig identifiziert werden.

Literaturverzeichnis

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA (2017), „**Richtlinie Nationalstrassennetz als räumliches Basisbezugssystem RBBS**“, *Richtlinie ASTRA 10001, V1.20*, www.astra.admin.ch.
-

Normen

- [2] BuildingSMART International bsi (2022), „**Industry Foundation Classes IFC Specifications database**“, *Version 4.3.0.0*
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2022	1.00	06.07.2022	<ul style="list-style-type: none">Inkrafttreten Ausgabe 2022 (Originalversion in Deutsch)

