

Bernd Weidner (Hrsg.)

**OKSTRA[®] und seine Nachbarn – Untersuchungen zur Kopplung und
Wiederverwendung von Datenaustauschstandards**

Bericht
zum gleichnamigen Forschungsvorhaben

Im Auftrag des
Bundesministeriums für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung

Forschungsvorhaben FE-Nr. 03.0496/2012/AGB

OKSTRA® und seine Nachbarn – Untersuchungen zur Kopplung und
Wiederverwendung von Datenaustauschstandards

von

Dipl.-Math. Matthias Frei (Obermeyer Planen + Beraten GmbH)
Dr.-Ing. Jochen Hettwer (interactive instruments GmbH)
Dr.-Ing. Stefan von der Ruhren (momatec GmbH)
Dipl.-Phys. Bernd Weidner (interactive instruments GmbH)

interactive instruments
Gesellschaft für Softwareentwicklung mbH
Trierer Straße 70-72
53115 Bonn

2014

Forschungsprogramm Straßenwesen

FE 03.0496/2012/AGB

OKSTRA und seine Nachbarn – Untersuchungen zur Kopplung und Wiederverwendung von Datenaustauschstandards

Betreuungsgruppe

Bernd Lips
Landesbetrieb Straßenbau.NRW
Fachcenter Vermessung/Straßeninformationssysteme
Deutz-Kalker-Straße 18-26
50679 Köln

Stefan Wick
Landesbetrieb Straßenbau.NRW
Fachcenter Vermessung/Straßeninformationssysteme
Deutz-Kalker-Straße18-26
50679 Köln

Ingobert Roth
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Referat StB 12
Robert-Schuman-Platz 1
53170 Bonn

Hans D. Stüwe
Berliner Straße 43
61449 Steinbach / Taunus

Thomas Giemula
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Referat A 13
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Nikolaus Kemper
Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
Göttinger Chaussee 76A
30453 Hannover

BASt

Herr Stein, Fachbetreuung, Referat V2
Frau Schwarz, Projektbetreuung, Referat Z5

Auftragnehmer

interactive instruments
Gesellschaft für Software-Entwicklung mbH
Dipl.-Phys. Bernd Weidner
Trierer Straße 70-72
53115 Bonn

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
2	Methodik	12
2.1	Untersuchungsgegenstand	12
2.2	Anwendungsfälle für fachliche Austauschprozesse.....	13
2.3	Technische Realisierungsmöglichkeiten	14
2.4	Kriterienkatalog	14
2.5	Bewertung der Nachbarstandards.....	14
2.6	Prototyping	15
3	Der Untersuchungsgegenstand: Parallele Welten	15
3.1	Kommunale Straßennetze.....	15
3.2	Europäische Geodateninfrastruktur INSPIRE	16
3.3	Öffentlicher Verkehr: IDMVU	20
3.4	Öffentlicher Verkehr: Transmodel.....	23
3.5	Verkehrsmanagement und Verkehrstelematik	27
3.5.1	DATEX II	28
3.5.2	GDF	33
3.5.3	RDS-TMC.....	36
3.5.4	Modell Bundeseinheitliche VRZ	40
3.5.5	OpenLR.....	44
3.6	Planen und Bauen.....	50
3.6.1	ISYBAU	50
3.6.2	CityGML	52
3.6.3	IFC	54
3.6.4	LandXML.....	56
3.6.5	AFIS-ALKIS-ATKIS	57
3.7	Open Street Map	59
3.8	Projekte in europäischen Nachbarländern	63
3.9	ISO-Norm 19148	64
3.10	Basisstandards des W3C	67
3.10.1	Formatierter Text: HTML.....	67
3.10.2	MathML	68
3.10.3	Vektorgrafik: SVG	68
4	Anwendungsfälle	68
4.1	AFIS-ALKIS-ATKIS	68

4.2	CityGML	69
4.3	IDMVU.....	70
4.4	IFC	71
4.5	ISYBAU	72
4.6	Verkehr.....	73
5	Verknüpfungen von Standards.....	77
5.1	Vereinigung.....	77
5.2	Nachmodellierung	78
5.3	Aggregation.....	79
5.4	Container.....	80
5.5	Generischer Container	81
5.6	Referenzierungen.....	83
5.7	Wilde Kopplung	84
5.8	Paralleltransport	85
5.9	Linked Data	85
6	Kriterienkatalog	88
6.1	Methodik.....	88
6.1.1	Bewertungsskala.....	88
6.1.2	Verrechnung.....	88
6.1.3	Weitere Anmerkungen	89
6.2	Organisatorische Voraussetzungen	89
6.3	Technische Voraussetzungen an den Nachbarstandard.....	89
6.4	Auswirkungen auf die Standardpflege.....	89
6.5	Auswirkungen auf das entstehende Datenformat.....	90
6.6	Auswirkungen auf die Softwareprodukte	90
7	Bewertung der Nachbarstandards	91
7.1	Begründungen für die Punktevergabe.....	91
7.1.1	Technische Voraussetzungen des Nachbarstandards	91
7.1.2	Auswirkungen auf die Standardpflege.....	91
7.1.3	Auswirkungen auf das entstehende Datenformat.....	92
7.1.4	Auswirkungen auf die Softwareprodukte	93
7.1.5	Nicht durchführbare Kopplungen.....	93
7.2	Bewertungsergebnisse.....	94
7.2.1	Einzelbewertung.....	94
7.2.2	Gesamtbewertung Szenario 1	94
7.2.3	Gesamtbewertung Szenario 2.....	94

8	Handlungsempfehlungen	95
8.1	Kommunale Straßennetze	95
8.2	INSPIRE	95
8.3	Öffentlicher Verkehr	95
8.4	Verkehrsmanagement und Verkehrstelematik	96
8.5	Planen und Bauen	96
8.6	Open Street Map	96
8.7	Europäische Nachbarn	97
8.8	ISO 19148	97
8.9	W3C-Basisstandards	97
9	Evaluierung durch Prototypen	97
9.1	ISYBAU und OKSTRA [®]	98
9.1.1	Grundlagen	98
9.1.2	OKSTRA [®] -Datenmodell	98
9.1.3	Erweiterungen in ProVI	99
9.1.4	Erweiterungen der OKLABI	99
9.1.5	Erweiterung des OKSTRA [®] -Werkzeugs	100
9.1.6	Szenario zur Demonstration des Prototyps	100
9.1.7	Ergebnisse, Folgerungen, Empfehlungen	100
9.2	DATEX II, MDM und OKSTRA [®]	102
9.2.1	Grundlagen	102
9.2.2	Die DATEX II-Erweiterungsmechanismen	103
9.2.3	Das MDM-Containerformat	105
9.2.4	Umfang des Prototypings	107
9.2.5	Publikation über Container	108
9.2.6	Publikation über Level-C-Extension	108
9.2.7	Ergebnisse, Folgerungen, Empfehlungen	113
9.3	OKSTRA [®] und IDMVU	115
9.3.1	Grundlagen	115
9.3.2	Umfang des Prototypings	115
9.3.3	Ergebnisse, Folgerungen, Empfehlungen	116
10	Zusammenfassung und Ausblick	117
11	Abkürzungsverzeichnis	119
12	Literaturverzeichnis	122

1 Einleitung

OKSTRA[®] ist seit dem Jahr 2000 der eingeführte Standard für den Datenaustausch im Straßen- und Verkehrswesen in Deutschland. Er definiert sowohl ein konzeptionelles Datenmodell als auch, daraus abgeleitet, physische Austauschformate, basierend auf den Standards CTE (ISO 10303-21) und XML.

Durch einen formalisierten Pflegeprozess wird der Standard kontinuierlich fortgeschrieben, wobei neben fachlichen und technischen Korrekturen auch die Fortentwicklung der zugrundeliegenden fachlichen Regelwerke sowie die Erschließung neuer Anwendungsfälle berücksichtigt werden.

Neben dem OKSTRA[®] haben sich im Straßen- und Verkehrswesen selbst und in weiteren Fachgebieten, die mit dem Straßen- und Verkehrswesen in enger Beziehung stehen, national und international weitere Standards für Datenmodelle etabliert. Diese bilden entweder Objektwelten ab, die im OKSTRA[®] keine Entsprechung haben, oder sie modellieren zwar Objektklassen, die im OKSTRA[®] ebenfalls vorhanden sind, richten dabei aber ihre Sicht auf Anwendungsfälle, die in der OKSTRA[®]-Modellierung nur unzureichend oder gar nicht berücksichtigt wurden.

Für diese Situation gibt es nun die folgenden Alternativen: Entweder werden die fehlenden Objektklassen bzw. Sichten im OKSTRA[®] neu modelliert, oder es werden Regeln und Mechanismen geschaffen, die eine Nutzung der vorhandenen Datenmodelle in Schnittstellen von Software-Anwendungen gestatten.

Es liegt daher nahe, zu untersuchen, wie die zweite Alternative systematisch umgesetzt werden kann, also die parallele Verwendung von Modellen, die aus mehreren verschiedenen Standards stammen.

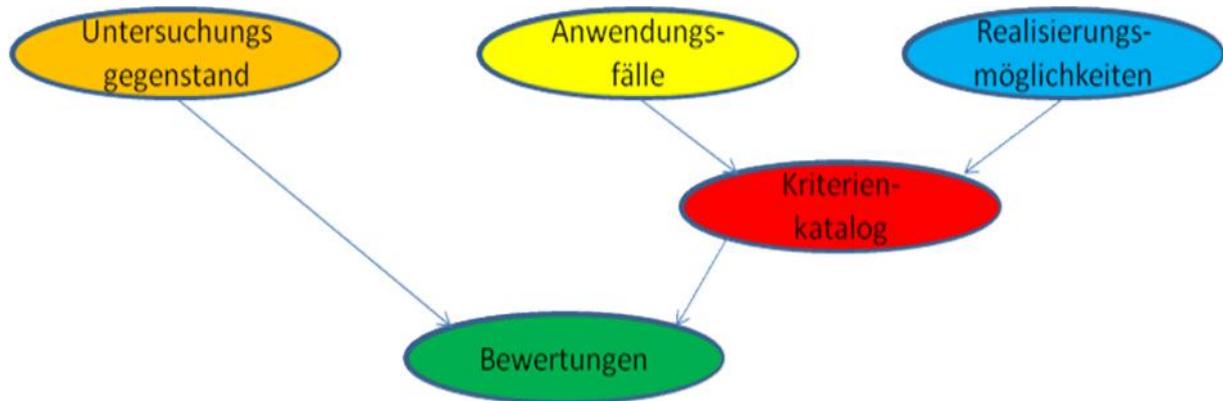
Eine derartige Untersuchung verspricht eine Reihe von vorteilhaften Auswirkungen.

Durch die Kopplung von Datenaustauschstandards sind zunächst Verbesserungen der Effizienz und Zuverlässigkeit bei der Abwicklung komplexer Geschäftsprozesse des Straßen- und Verkehrswesens zu erwarten, in denen bisher Datenbestände mit unterschiedlichem Fokus in Formaten nach unterschiedlichen Standards separat voneinander transportiert werden. Ein derartiger un geregelter, separater Transport erschwert Prüfungen auf Vollständigkeit und wechselseitige Konsistenz erheblich. Es wird erwartet, dass in manchen Fällen Geschäftsprozesse sogar erst ermöglicht werden, die bis dato wegen der Komplexität der Datenaustauschproblematik als nicht durchführbar galten.

Unterschiedliche Sichtweisen auf die Objekte des Straßen- und Verkehrswesens können leichter miteinander abgeglichen und kombiniert werden, so dass entsprechende Datenbestände zu neuen Möglichkeiten der Analyse und damit besseren Voraussetzungen für Entscheidungen führen.

Zudem können die Projektergebnisse auch als Vorbild für andere Standardisierungsinitiativen gelten, in denen analoge Probleme diskutiert werden.

2 Methodik



2.1 Untersuchungsgegenstand

Zunächst werden die für die Untersuchung relevanten Standards ermittelt. Ausgewählte Standards werden in diesem Dokument als *Nachbarstandard* oder *Parallelstandard* tituliert. Für jeden Standard wird ein Steckbrief aus Metadaten angelegt. Ein solcher Steckbrief ist im Folgenden beispielhaft abgebildet.

Name	OKSTRA®
Kurzbeschreibung	Fachstandard für alle Bereiche des Straßen- und Verkehrswesens Wird zz. mit dem Schwesterstandard OKSTRA kommunal vereinigt, um eine sinnvolle Grundlage für den Einsatz im Integrationsnetz Straße, die Abgabe von Daten an den Mobilitätsdatenmarktplatz MDM, die geplante XÖV-Standardisierung und eine einheitliche Abgabe an INSPIRE zu ermöglichen
Norm nach ISO/CEN/DIN	n/a
Verbindlichkeit	
Verantwortliche Institution	Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
Verbreitung	national
Aktuelle Versionen	1.001-1.015, 2.015
Objektwelt	Straßennetz, Bauliche Eigenschaften, Straßenausstattung, Beschilderung, Verkehr, Entwurf, Zustandsdaten, Liegenschaften und Kataster, Ökologie und Landschaftsplanung, Maßnahmen und Kosten (Details siehe Dokumentation)
Prozesse	Entwurf, Bestandsführung, Controlling und AVA, ZEB
Referenzmodell (Schema)	Version 1.001-1.015: EXPRESS Version 2.015 und höher: UML

Kodierungen (Encodings)	Version 1.001-1.015: CTE, OKSTRA [®] -XML (GML) Version 2.015 und höher: OKSTRA [®] -XML (GML)
Dokumentation	http://www.okstra.de
Objektidentifikation	Eindeutige OKSTRA [®] -ID, optional
Raumbezug	Koordinaten; Netzreferenzierung; für kommunale Anwendungen auch Hausnummerreferenzen; Flächenmodell
Topologie	Knoten-Kantenmodelle: Nullpunkt-AoA; Straßenelement-Verbindungspunkt
Präsentationsangaben	Keine
Implementation	OKSTRA [®] -Klassenbibliothek (C/C++, .NET, Java) , FME
Unterstützende Produkte	Entwurfssysteme (Card/1, PROVI, STRATIS, VESTRA, ...) Straßeninformationsbanken (NWSIB, TT-SIB, Hessen-SIB)

Durch das für die Steckbriefe zugrundeliegende Metadatenmodell können später hinzukommende Standards ebenfalls klassifiziert und analysiert werden.

2.2 Anwendungsfälle für fachliche Austauschprozesse

In diesem Schritt werden fachlich sinnvolle Datenaustauschszzenarien im Kontakt mit Anwendern und Softwareherstellern ermittelt. Die Dokumentation erfolgt wiederum in Form tabellarischer Steckbriefe. Beispiel:

Name	Planung
Kurzbeschreibung	Austausch von Straßendaten inklusive der Entwässerung (zwischen Auftraggeber und Ingenieurbüro sowie zwischen Ingenieurbüros)
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , ISYBAU
Prozesse	Vorplanung, Entwurfsplanung, Ausführungsplanung
Datenfluss zwischen Systemen	Entwurfssystem (ES) Straßenplanung -> ES Entwässerung ES Entwässerung -> ES Straßenplanung ES Straßenplanung -> ES Straßenplanung
Relevante Regelwerke	RAA, RAL/RAS, RAS, RAS-Ew
Wichtigkeit	Erhebliche Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Regelmäßig

2.3 Technische Realisierungsmöglichkeiten

In diesem Schritt wird untersucht, welche Kopplungsmöglichkeiten vorstellbar sind, wie sie konkret aussehen könnten, welche Vor- und Nachteile sie besitzen und ob man sie für technisch realisierbar hält oder nicht.

Scheint eine Realisierbarkeit gegeben, kann sich die weitere Untersuchung auf folgende Fragestellungen erstrecken (weitere Aspekte nicht ausgeschlossen!):

- die Auswirkungen auf die konzeptionelle Modellierung im OKSTRA[®] (OKSTRA[®]-UML-Profil, OKSTRA[®]-Metamodell)
- die Auswirkungen auf das physische Datenaustauschformat (Encoding), also das aus dem konzeptionellen Modell abgeleitete GML-Applikationsschema des OKSTRA[®]
- notwendige Maßnahmen an der OKSTRA[®]-Klassenbibliothek (oder vergleichbaren Komponenten)
- Auswirkungen auf konkret durchzuführende Datentransporte
- die Anforderungen an einen zu koppelnden Datenaustauschstandard (z. B. Existenz stabiler IDs, Verhalten in Geodateninfrastrukturen)
- wirtschaftlicher Aufwand für Modellierung und Implementierung

Die technischen Möglichkeiten weisen eine erhebliche Bandbreite in der „Festigkeit“ der Kopplung auf (wobei dieser Begriff selbstverständlich näher definiert werden muss).

2.4 Kriterienkatalog

Die Erkenntnisse aus den in 2.2 und 2.3 beschriebenen Untersuchungen werden in einem Katalog von Kriterien für die Kopplung von Datenaustauschstandards umgesetzt. Die Kriterien werden nach einem einfach zu handhabenden Punktesystem gewichtet. Die Kriterien gliedern sich in:

- fachliche Kriterien, z. B. Füllung fachlicher Lücken oder fachliche „Nähe“ mit entsprechenden Definitionen
- technische Kriterien, z. B. Schwierigkeit der technischen Durchführung
- ergonomische Kriterien, z. B. wirtschaftliche Vorteile durch technische Effizienzsteigerung, Verbesserung der Zuverlässigkeit und Arbeitersparnis

2.5 Bewertung der Nachbarstandards

Die Kriterien aus 2.4 werden nun auf die Nachbarstandards nach 2.1 angewendet. Nach Abschluss der Bewertung ergeben sich Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen:

- Welche Nachbarstandards können sinnvoll mit dem OKSTRA[®] verbunden werden?

- Welches Verfahren sollte jeweils verwendet werden?
- Wie groß ist der erwartete Vorteil?
- Welche Schwierigkeiten könnten sich bei der Umsetzung ergeben?

2.6 Prototyping

Zur Qualitätssicherung werden drei Prototypings durchgeführt, um die Umsetzbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse praktisch nachzuweisen.

Dazu werden im einem für diese Tests präparierten OKSTRA[®]-Modell die jeweils notwendigen Ergänzungen eingeführt und der automatisierte Prozess der Ableitungen der Produkte GML-Applikationschema und Schemadatenbank für die OKSTRA[®]-Klassenbibliothek wird darauf aufgesetzt. Darüber hinaus notwendige Erweiterungen der Bibliothek werden implementiert und schließlich wird die Wirksamkeit an physisch durchgeführten Austauschvorgängen getestet.

3 Der Untersuchungsgegenstand: Parallele Welten

Eine Vorabuntersuchung hat eine Reihe von thematischen Bereichen ergeben, die Berührungspunkte mit dem OKSTRA[®] aufweisen. Das vorliegende Kapitel ist entsprechend gegliedert. In jedem Abschnitt werden die Nachbarstandards in eigenen Unterabschnitten behandelt. Jeder Unterabschnitt beginnt zur Übersicht mit dem entsprechenden Steckbrief. Danach werden die für die Fragestellung wichtigen Charakteristika jedes Standards – zumeist anhand von Auszügen aus der betreffenden Originaldokumentation – erläutert.

3.1 Kommunale Straßennetze

Mit der Anweisung Straßeninformationsbank (ASB) [ASB11] und dem OKSTRA[®] liegt die Standardisierung für die Erfassung und den Datenaustausch von Bestandsdaten im überörtlichen Straßen- und Verkehrswesen bei Bund und Ländern vor. Da das dort eingesetzte Ordnungssystem für kommunale Netze nicht geeignet war, wurde im Rahmen des vom BMVBS geförderten FOPS-Projekts FE77.480/2004 „Integrierte kommunale Verkehrsnetzdokumentation“ ein an den OKSTRA[®] angelehnter Datenaustauschstandard OKSTRA kommunal entwickelt [KKW06], [OKS11]. Im Mittelpunkt des OKSTRA kommunal steht ein auf kommunale Anforderungen zugeschnittenes Netzmodell, das sowohl als Knoten-Kanten-Modell als auch als Flächenmodell vorliegt.

Im Rahmen des Projektes „Integrationsnetz Straße“ soll ein Straßennetz definiert werden, das sowohl die überörtlichen Bestandteile gemäß ASB als auch die kommunalen Netze verbinden soll [SNG09]. Als Folge dieses Vorhabens wurde bei der OKSTRA[®]-Pflegestelle der Änderungsantrag A0108 „Integration des OKSTRA kommunal in den OKSTRA[®]“ eingereicht. Außerdem liegen weitere Harmonisierungsanträge für die beiden „Geschwisterstandards“ vor (Anträge A0089, A0090, A0108).

Der OKSTRA kommunal enthält folgende Komponenten:

Bereich	Teilschemata
Basismodelle	S_Allgemeine_Objekte, S_Historisierung,

Verortung	S_ASB_Netz_Referenzierung, S_Flächenmodell, S_Hausnummern, S_Knoten_Kanten, S_Straßenverzeichnis
Fachmodelle	S_Administration, S_Bauliche_Straßeneigenschaften, S_Beschilderung, S_Routing, S_Straßenausstattungen, S_Verkehrsnutzungen, S_Vermessungspunkt

Detaillierte Beschreibungen der Objektarten sind zu finden in: [KKW06], [KIM]. Einen Überblick über die Verortungsmöglichkeiten, insbesondere das Netzmodell gibt zusätzlich [KSW11].

Die Harmonisierung ist beschrieben in [IOO13] (noch nicht veröffentlicht, auf Anfrage bei der OKSTRA[®]-Pflegestelle einzusehen). Der dort dokumentierte Prozess ist eine spezielle Variante der Kopplung zweier nahe verwandter Standards, siehe 5.1. Mit der Veröffentlichung der Version 2.016 des OKSTRA[®] zum 17.02.2014 ist das harmonisierte Datenmodell offizieller Standard.

Aufgrund der Zusammenführung von OKSTRA[®] und OKSTRA kommunal wird in diesem Dokument fortan nur mehr vom OKSTRA[®] gesprochen.

3.2 Europäische Geodateninfrastruktur INSPIRE

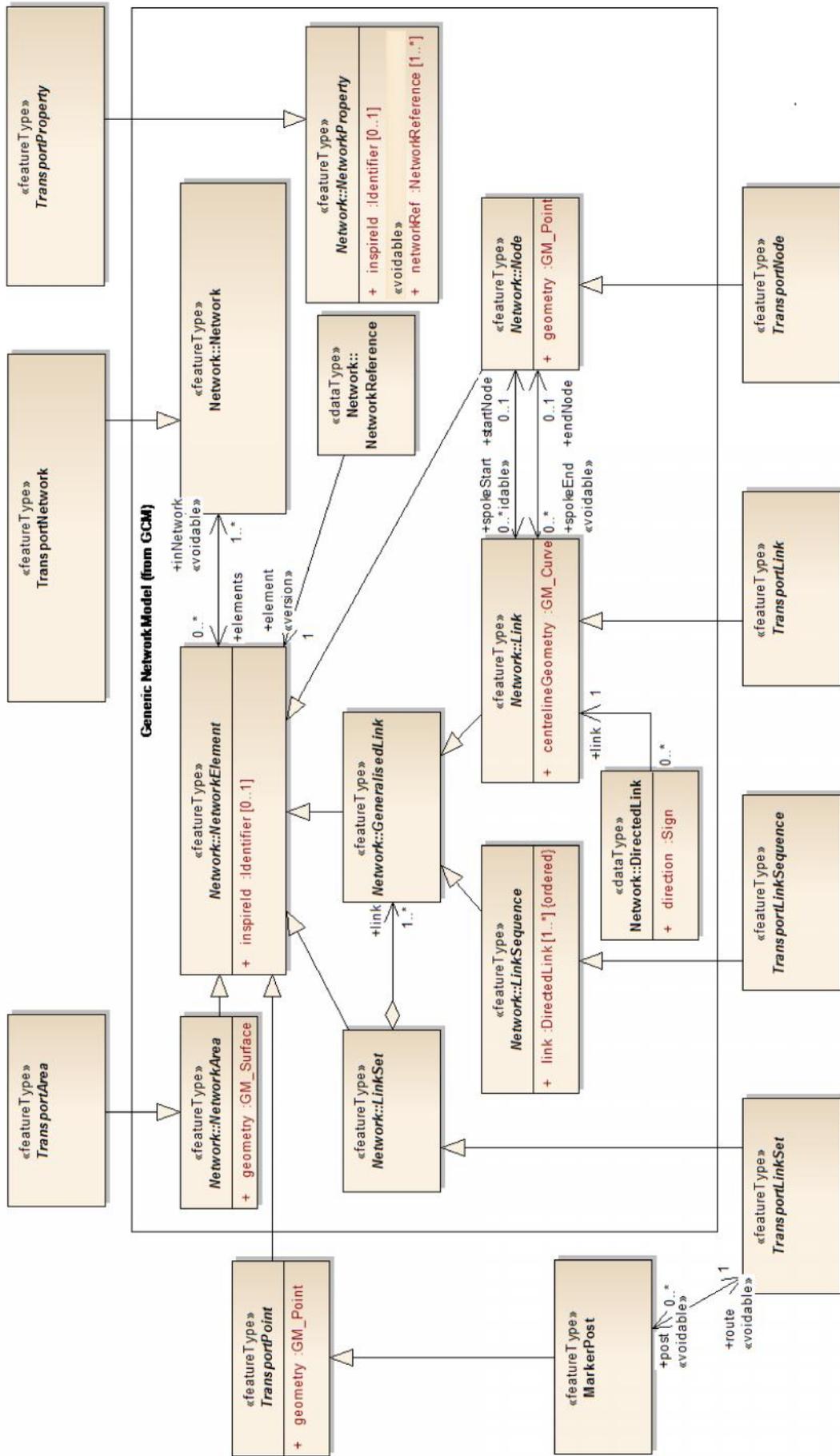
Name	INSPIRE
Kurzbeschreibung	„Im Jahr 2007 ist die EU-Richtlinie INSPIRE zur Schaffung einer europäischen standardisierten Geodateninfrastruktur eingeführt worden. Das Ziel definiert die Richtlinie wie folgt: „Die Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE) sollte die Entscheidungsfindung in Bezug auf politische Konzepte und Maßnahmen, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Umwelt haben können, unterstützen.“ In einem Anhang 1 (Annex I) beschreibt die Richtlinie die Themenbereiche, die in einer ersten Umsetzungsstufe über INSPIRE-konforme Web-Dienste verfügbar gemacht werden müssen. Eines der Themen in diesem Annex I sind auch die Transportnetze, also die Netze des Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehrs.“ (zitiert aus [KSW11])
Anknüpfungspunkte	Straßennetz, verkehrlich relevante, statische Eigenschaften.
Norm nach ISO/CEN/DIN	n/a
Verbindlichkeit	EU-Richtlinie, Gesetz
Verantwortliche Institution	Europäische Kommission, Brüssel
Verbreitung	europaweit
Aktuelle Versionen	Basismodell: 3.3, Verkehrsnetze: 3.1
Objektwelt	Siehe Abbildungen unten

Prozesse	Betrieb einer Geodateninfrastruktur
Referenzmodell (Schema)	UML
Kodierungen (Encodings)	GML 3.2.1
Dokumentation	http://inspire.jrc.ec.europa.eu/
Objektidentifikation	Eindeutige INSPIRE-ID, verpflichtend
Raumbezug	Koordinaten; Netzreferenzierung;
Topologie	Knoten-Kantenmodell
Präsentationsangaben	Keine
Implementation	
Unterstützende Produkte	z. B. ArcGIS for INSPIRE, FME INSPIRE Solution Pack, Snowflake GO, degree Webservices, GeoServer INSPIRE plugin

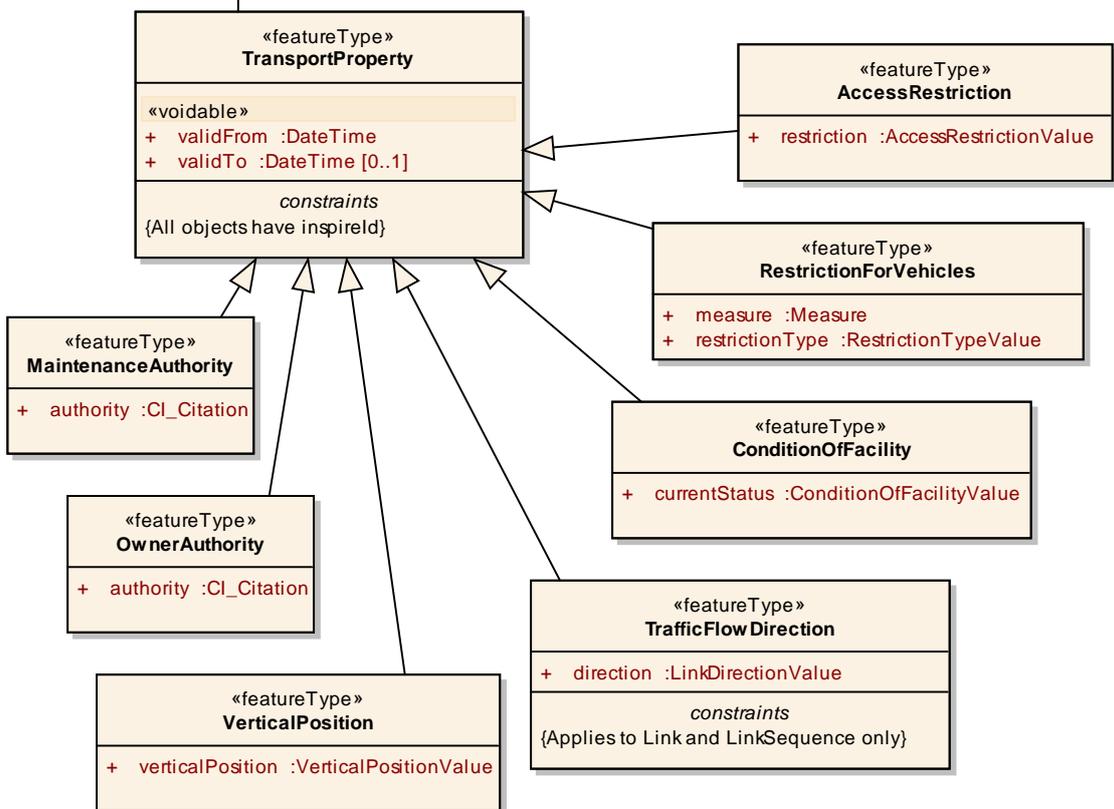
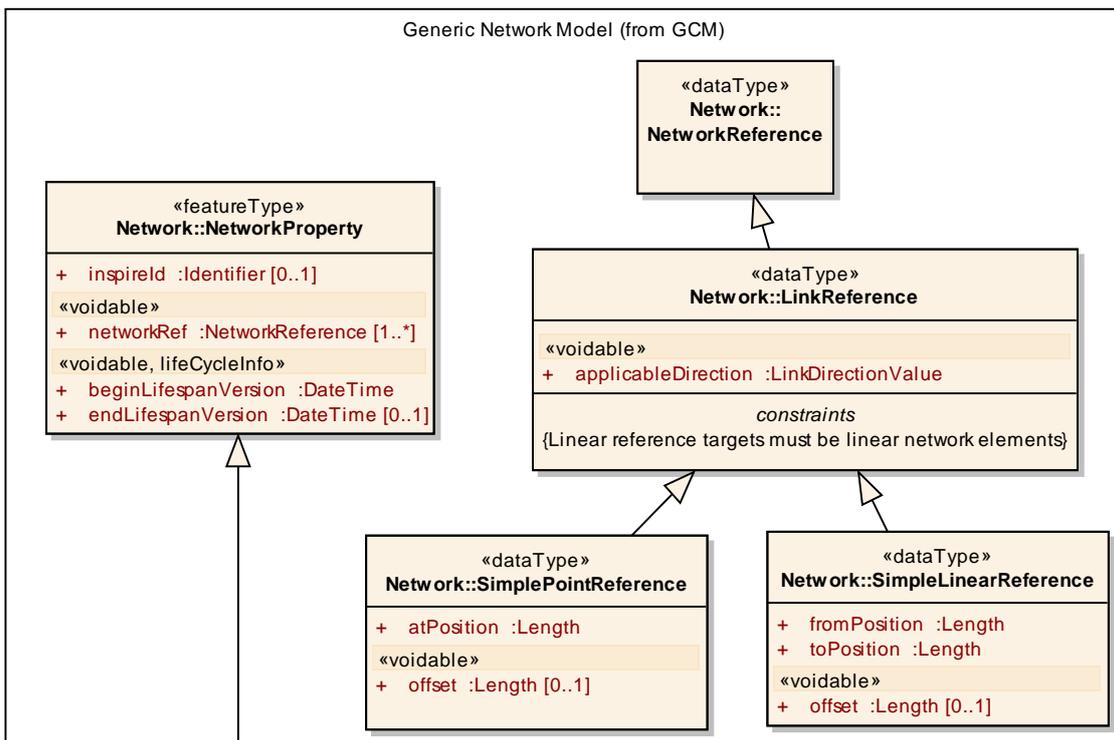
Aufgrund des Gesetzescharakters der INSPIRE-Richtlinie sind die Straßen- und Verkehrsverwaltungen in der Pflicht, INSPIRE-konforme Datenbestände nach den maßgebenden Regelwerken [INS110], [INS210], [INS310], [INS11] zu liefern. Es ist eine naheliegende Idee, hier den OKSTRA[®] als Standardformat für Daten aus den Straßeninformationsbanken der Länder zu nutzen, um daraus durch einen Umwandlungsprozess INSPIRE-Daten zu generieren. Hierfür liegt mit [O2I12] ein Feinkonzept vor. Eine prototypische Implementierung auf der Basis dieses Feinkonzeptes ist ebenfalls durchgeführt worden und hat die Validität des Ansatzes bestätigt. Allerdings zeigen die Abbildungsregeln für Fachdaten eine hohe Komplexität und an vielen Stellen Defizite.

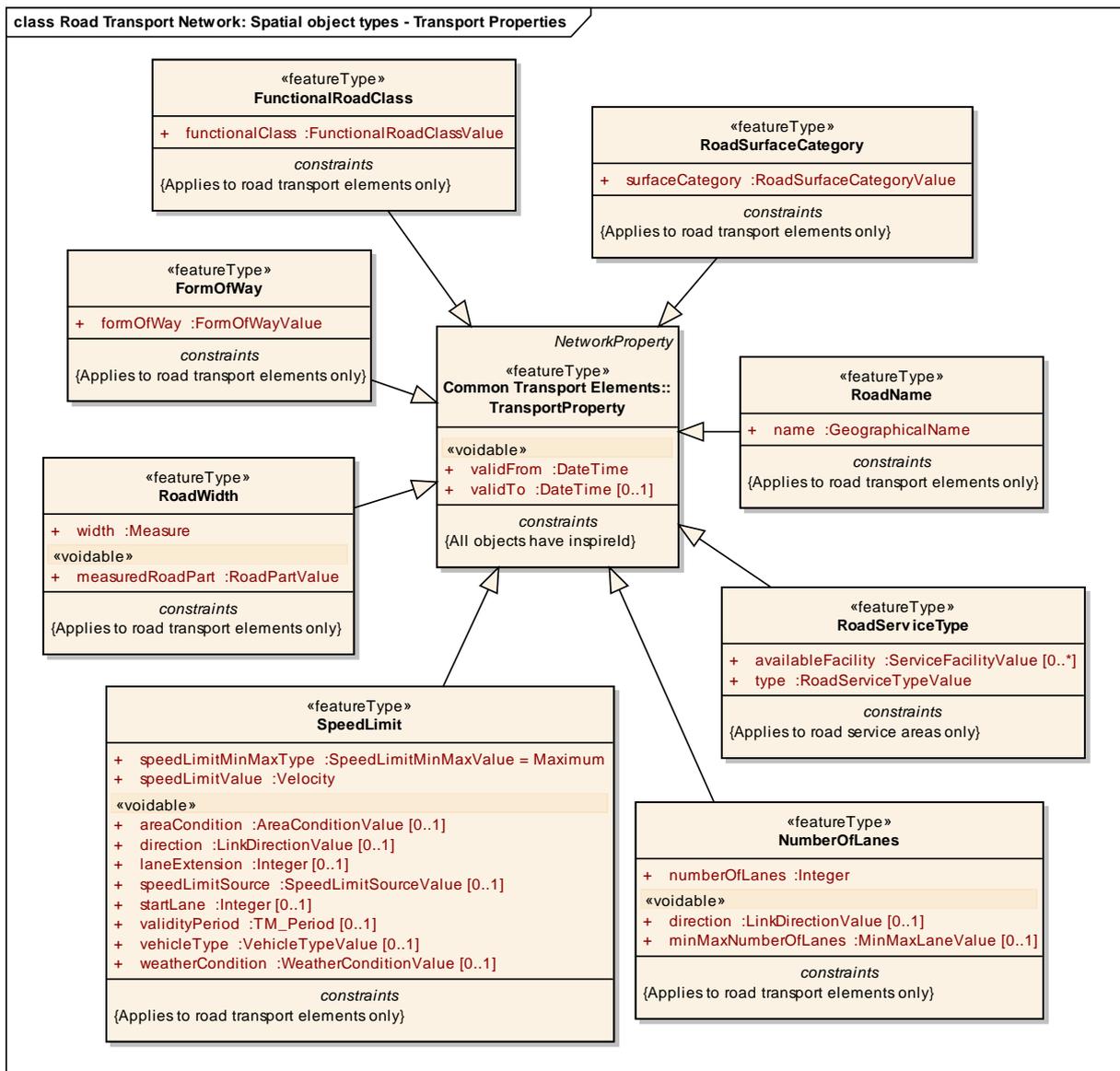
Im Folgenden wird die Struktur des hier relevanten INSPIRE-Datenmodells auf Objektart-Ebene dargestellt. Für eine Beschreibung der Objektarten in deutscher Sprache wird auf [INS310] verwiesen.

class Common Transport Elements Overview



class Common Transport Elements: Spatial object types - Transport Properties





3.3 Öffentlicher Verkehr: IDMVU

Name	IDMVU
Kurzbeschreibung	Fachstandard für das Infrastrukturdatenmanagement von Verkehrsunternehmen
Anknüpfungspunkte	Abbildung von Bus- und Bahnlinien auf das Straßennetz, Bauwerke (gemeinsame Nutzung, planfreie Kreuzungen), Bahnübergänge, Infrastrukturobjekte im Straßenraum (Gleise, Haltestellen, P+R Plätze), Entwässerungseinrichtungen und Vermessungsobjekte, Liegenschaften, Bus- und Straßenbahnlinienverläufe im Straßenraum
Norm nach ISO/CEN/DIN	n/a

Verbindlichkeit	keine, jedoch vom VDV zur Anwendung durch die Verkehrsunternehmen empfohlen
Verantwortliche Institution	Fachstelle IDMVU, Wiesbaden und VDV, Köln
Verbreitung	national
Aktuelle Versionen	VDV 456, 2.0
Objektwelt	Schiennetz, Gleiskörper, Leit- und Sicherungstechnik, Haltestellen samt Ausstattung, Stromversorgung, Bauwerke, Zustands- und Maßnahmedaten, Verbindung zu betrieblichen und kaufmännischen Prozessen
Prozesse	Bestandsführung, Instandhaltungsmanagement, Stammdaten für weitere Prozesse, Fusion von betrieblichen und Infrastrukturdaten
Referenzmodell (Schema)	UML
Kodierungen (Encodings)	GML (unter Nutzung des OKSTRA [®] -Metamodells)
Dokumentation	http://www.idmvu.org
Objektidentifikation	Eindeutige ID
Raumbezug	Koordinaten; Netzreferenzierungen (IDMVU, OKSTRA [®])
Topologie	Generisches Knoten-Kantenmodell: Strecke/Gleis/Gleiskante, Gleisknoten
Präsentationsangaben	Keine
Implementation	Klassenbibliothek (C/C++, .NET, Java) , FME
Unterstützende Produkte	MR Pro, PROVI, RailTrack, GeoTrAMS, NetroIDM, STRADIS

Das „Infrastruktur-Daten-Management für Verkehrsunternehmen“, kurz IDMVU, definiert Leitlinien für eine effiziente, redundanzfreie und konsistente Nutzung von Infrastrukturdaten in Verkehrsunternehmen. Hierzu gehört auch ein Datenaustauschstandard zum Transport von Infrastrukturdaten zwischen Erfassungs-, Datenhaltungs- und nutzenden Fachsystemen. Der Standard liegt als konzeptionelles UML-Modell und als GML-Applikationsschema vor.

Das Projekt IDMVU befindet sich zz. in Stufe 4. In den vorausgegangenen Stufen wurde das Datenmodell [IDM10] für die Infrastruktur entwickelt, das in Stufe 4 fortgeschrieben wird.

Der Standard IDMVU hat viele Anleihen beim OKSTRA[®] gemacht. Dies betrifft:

- die Möglichkeit, IDMVU-Objekten auch OKSTRA[®]-Verortungen mitzugeben,
- die Modellierung von Bauwerken und Vermessungspunkten,
- das zur Modellierung verwendete Metamodell und UML-Profil,

- die (vorläufige) Konzeption des Pflegeprozesses,
- die Nutzung der Klassenbibliothek, die für den OKSTRA[®] entwickelt wurde.

Darüber hinaus wird zur Abbildung von straßengebundenem ÖPNV (Busverkehr) im Rahmen von IDMVU die Nutzung von OKSTRA[®] als Netzgrundlage empfohlen, vgl. hierzu auch [IDM13].

Weitere fachliche Anknüpfungspunkte zwischen den Standards IDMVU und OKSTRA[®] sind im Steckbrief aufgeführt. Eine entsprechende Analyse wurde in [IDM09] voruntersucht und in [IDM12] systematisch durchgeführt. Zur Illustration ist der mögliche Harmonisierungsbedarf, der sich aus der Analyse ergab, hier aufgeführt (Auszug aus der Änderungsliste für IDMVU Stufe 4):

3.1.	Netzmodelle: Eine Vereinheitlichung der Modellierungen ist nicht sinnvoll. Sinnvoll ist jedoch die Schaffung einer Möglichkeit, wie die Netzelemente des OKSTRA [®] /OKSTRA kommunal und des IDMVU-Standards aufeinander abgebildet werden können. Hierzu wird empfohlen, die OKSTRA [®] -Verortungslogik als neue, zusätzliche Netzreferenzierungsmethode im IDMVU-Modell vorzusehen. Über diese zusätzliche Referenzierungsmethode könnten beliebige IDMVU-Fachobjekte auf Elemente eines OKSTRA [®] / OKSTRA kommunal-Netzes verortet werden.
3.2.	Gleiskörper/Straßenkörper: Vor einer Empfehlung zur weitergehenden Harmonisierung sollte die fachliche Notwendigkeit evaluiert werden, ob es sinnvoll ist, die Aufbaudaten des Gleisköpers im IDMVU und die Aufbaudaten des Straßenkörpers im OKSTRA [®] -Schema Aufbau zu vereinheitlichen.
3.3.	Bahnkreuzungen: Um Bahnkreuzungen zwischen Schiene und Straße (plangleich / planfrei) umfassend abbilden zu können, wird angeregt, ein Objekt <i>Bahnkreuzung</i> als Netzobjekt in IDMVU neu aufzunehmen. Das Objekt <i>Bahnkreuzung</i> unterhält Beziehungen zum Objekt <i>Gleisquerung</i> (im Falle plangleicher Bahnkreuzungen) bzw. zum Objekt <i>Ingenieurbauwerk</i> (im Falle planfreier Bahnkreuzungen).
3.4.	Bahnkreuzungen: Das Objekt <i>Ingenieurbauwerk</i> sollte dahingehend erweitert werden, dass auch Bahnkreuzungen in Form von Straßenunterführungen (Brücke, bei der eine Straße unter einer Bahnanlage geführt wird) explizit abgebildet werden können.
3.5.	Bauwerke / Ingenieurbauwerke: Es wird angeregt, die grundlegende Modellierungslogik von Ingenieurbauwerken aus dem OKSTRA [®] /OKSTRA kommunal zu übernehmen. Ein Bauwerk / Ingenieurbauwerk besteht aus einem oder mehreren Teilbauwerken. Aus einem Teilbauwerk können verschiedene konkrete Ingenieurbauwerke (Tunnel, Brücke, Lärmschutzwand etc.) mit jeweils spezifischen Attributen abgeleitet werden.
3.6.	Ingenieurbauwerke: Das Objekt <i>Ingenieurbauwerk</i> (bzw. zukünftig davon abgeleitete Ingenieurbauwerksobjekte) sollten um relevante Eigenschaften (Fachattribute) aus dem OKSTRA [®] /OKSTRA kommunal erweitert werden. Der genaue Umfang ist im Rahmen der Expertenworkshops ‚Bauwerke‘ zu diskutieren.
3.7.	Ingenieurbauwerke: Der generelle Umgang mit gemeinsam durch Schiene und Straße genutzten / betriebenen Bauwerken (z. B. Straße + Schiene nutzen gemeinsam ein Brückenbauwerk) in IDM-Systemen ist zu diskutieren (Expertenworkshop ‚Bauwerke‘).
3.8.	Liegenschaften: Vor einer Empfehlung zur weitergehenden Harmonisierung sollte die fachliche Notwendigkeit evaluiert werden, ob es sinnvoll ist, die Modellierung von Liegenschaften im IDMVU-Modell und im OKSTRA [®] -Standard zu vereinheitlichen, oder ob nicht eine Anbindung von Liegenschaftsobjekten an ALKIS-Objekte ausreichend und sinnvoller wäre.
3.9.	Grenzpunkt / Vermessungspunkt: Es wird angeregt, die Logik eines generischen Supertyps <i>Vermessungspunkt</i> nach IDMVU zu übernehmen. Vom Objekt <i>Vermessungspunkt</i> können verschiedenste Arten von Vermessungspunkten (Grenzpunkte etc.) zur Verwendung in beliebigen TOP-Ebenen abgeleitet werden.

3.10.	Verkehrszeichen: Vor einer Empfehlung zur weitergehenden Harmonisierung sollte die fachliche Notwendigkeit evaluiert werden, ob es sinnvoll ist, Elemente der sehr detaillierten Modellierung von Verkehrszeichen aus OKSTRA [®] /OKSTRA kommunal nach IDMVU zu übernehmen. Zu klären ist, ob diese detaillierten Informationen in einem IDM-System eines VU benötigt werden (u.a. abhängig davon, ob das VU oder der Baulastträger der Straße für die entsprechenden Verkehrszeichen zuständig ist).
3.11.	Wegweisung: Es wird angeregt, das Objekt <i>Wegweiser</i> zur Abbildung von wegweisenden Beschilderungen (z. B. in bzw. im Umfeld von Haltestellen) in IDMVU aufzunehmen.
3.12.	Lichtsignalanlagen: Vor einer Empfehlung zur weitergehenden Harmonisierung sollte die fachliche Notwendigkeit evaluiert werden, ob es sinnvoll ist, Elemente der sehr detaillierten Modellierung von LSA aus OKSTRA [®] /OKSTRA kommunal nach IDMVU zu übernehmen. Zu klären ist, ob diese detaillierten Informationen in einem IDM-System eines VU benötigt werden. Dies ist u.a. abhängig davon, ob das VU oder der Baulastträger der Straße für eine durch Schiene und Straße gemeinsam genutzte LSA (bzw. Teile davon wie Signalgeber oder Erfassung) zuständig ist. Die fachliche Notwendigkeit ist im Rahmen des Expertenworkshops ‚LST‘ zu diskutieren.
3.13.	Zustandsdaten: Eine Harmonisierung erscheint nicht sinnvoll, da vermutlich kein fachlicher Austauschbedarf von Zustandsdaten zwischen Schiene und Straße erforderlich ist.
3.15.	Haltestellen: Eine fachliche Erweiterung des IDMVU-Modells erscheint nicht erforderlich. Zielführend ist jedoch die Schaffung der Möglichkeit einer losen Kopplung des IDM-Objektes Haltestelle an ein OKSTRA [®] -Netz auf Basis eines erweiterten Netzreferenzierungsmechanismus (vgl. Vorschlag 3.1).
3.16.	Routen und Linienverläufe: Es ist zu klären, ob die fachliche Notwendigkeit der Modellierung von Linienverläufen / Liniennetzen in IDMVU besteht (wenn, dann besteht eine Notwendigkeit vermutlich aus Sicht der betrieblichen Daten). Falls ja, dann sollte ein entsprechendes Linienobjekt neu in IDMVU geschaffen werden. Die fachliche Notwendigkeit ist im Rahmen der Expertenworkshops ‚Betriebliche Daten‘ zu diskutieren.
3.17.	Kabel und Leitungen: Eine fachliche Erweiterung des IDMVU-Modells erscheint nicht erforderlich. Zielführend ist jedoch die Schaffung der Möglichkeit einer losen Kopplung der IDM-Objekte aus der TOP-Ebene Kabel und Leitungen an ein OKSTRA [®] -Netz auf Basis eines erweiterten Netzreferenzierungsmechanismus (vgl. Vorschlag 3.1).
3.18.	Historisierung: Vor einer Empfehlung zur Übernahme des Konzeptes aus dem OKSTRA [®] /OKSTRA kommunal sollte geprüft werden, ob im IDMVU-Modell Anforderungen an die Erweiterung des derzeitigen Historisierungskonzeptes bestehen.
3.19.	Umfeldmessstellen: Es ist zu klären, ob die fachliche Notwendigkeit der Modellierung von Umfeldmessstellen in IDMVU besteht (existieren Umfeldmessstellen im Bereich von ÖV-systemen?). Falls diese Notwendigkeit besteht, sollten Umfeldmessstellen (in Anlehnung an OKSTRA [®] /OKSTRA kommunal) in IDMVU aufgenommen werden.
3.20.	Entwässerungseinrichtungen: Es ist zu klären, ob die fachliche Notwendigkeit der Modellierung von Entwässerungseinrichtungen in IDMVU besteht. Falls ja, sollten Entwässerungseinrichtungen (in Anlehnung an OKSTRA [®] / OKSTRA kommunal) in IDMVU aufgenommen werden.
3.21.	Schutzeinrichtungen für Tiere: Es ist zu klären, ob die fachliche Notwendigkeit der Modellierung von Schutzeinrichtungen für Tiere (z. B. Wildzäune) in IDMVU besteht. Falls ja, sollten Schutzeinrichtungen für Tiere (in Anlehnung an OKSTRA [®] / OKSTRA kommunal) in IDMVU aufgenommen werden.

3.4 Öffentlicher Verkehr: Transmodel

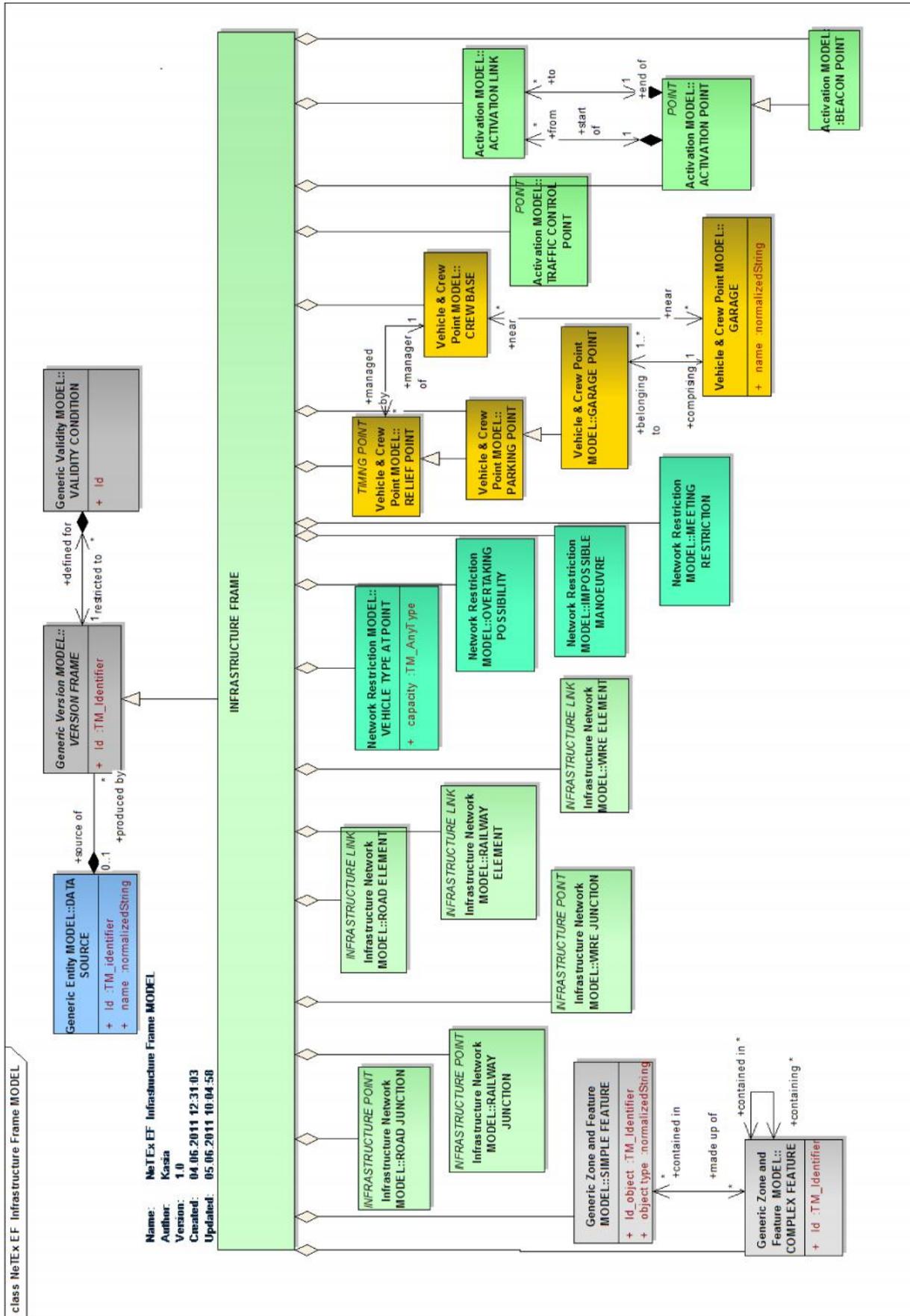
Name	NeTEx (Network Exchange)
Kurzbeschreibung	NeTEx hat die Bereitstellung einer allgemeinen europaweit einsatzfähigen Austauschschnittstelle für die Daten im öffentlichen Verkehr zum Ziel. Die Schnittstelle soll verkehrsträgerunabhängig für alle Bereiche (Bahn, Bus, Fähre, ...) verwendbar sein. Während IDMVU das

	Ziel einer exakten technischen Abbildung der Objekte verfolgt, stehen in NeTeX die funktionalen Aspekte der Infrastruktur-Objekte im Vordergrund. NeTeX ist die Weiterführung der unter dem Namen Transmodel begonnenen Modellierungsinitiative. Näheres hierzu in [TRMWP].
Anknüpfungspunkte	Fachlich verwandter Nachbarstandard aus dem Bereich Öffentlicher Verkehr.
Norm nach ISO/CEN/DIN	zukünftige europäische Norm (CEN TC 278 WG9)
Verbindlichkeit	derzeit (noch) keine
Verantwortliche Institution	CEN TC 278 WG9 deutscher Vertreter: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) e.V.
Verbreitung	europaweit
Aktuelle Versionen	0.99.1 (Entwurf)
Objektwelt	Öffentlicher Verkehr (Fokus: betriebliche Sicht) <ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktur für den ÖV-Betrieb, insbesondere Haltestellen • ÖV-Netz, Linien, Routenbildung • POI • Fahrpläne, Fahrzeugeinsatz, Dienste des (Fahr)personals • Tarife
Prozesse	Fahrgastinformationssysteme
Referenzmodell (Schema)	UML
Kodierungen (Encodings)	XML
Dokumentation	http://www.netex.org.uk
Objektidentifikation	Eindeutige ID
Raumbezug	<ul style="list-style-type: none"> • Generisches Konstrukt, so genannte Projektionen u.a. für punktbezogene, abschnittsbezogene, flächenbezogene oder „komplexe“ Referenzierung (darüber lineare Referenzierung möglich) • Koordinaten • Adressangaben
Topologie	routingfähiges Knoten-Kanten-Netzmodell
Präsentationsangaben	Keine

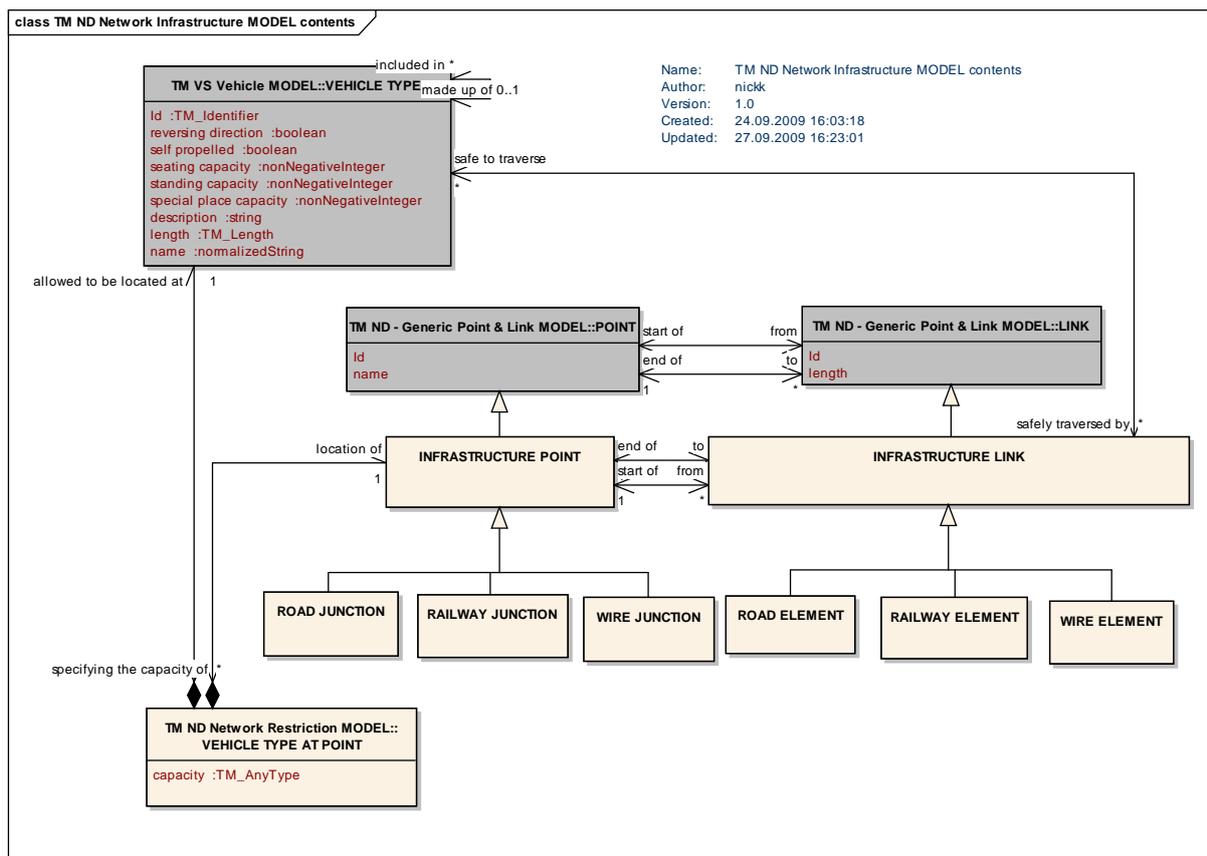
Implementation	Keine bekannt
Unterstützende Produkte	Keine bekannt

Auch auf europäischer Ebene gibt es Standardisierungen für den Bereich des öffentlichen Verkehrs. Diese richten ihr Augenmerk hauptsächlich auf Anwendungen wie Fahrgastinformation, Betriebsleitung, Personaleinsatz usw. Zu nennen wäre hier Network Exchange [NTX] (CEN TC 278 WG9 (pre/CEN/TS-xxx)), ein Standard auf der Basis von Transmodel [TRM]. Die europäische Normung wird in Deutschland vom Verband Deutscher Verkehrsunternehmen VDV unterstützt.

Die für die Untersuchung möglicherweise relevanten Teilmodelle zur Abbildung von Infrastruktur werden im Folgenden grafisch vorgestellt:



Name: NetEx EF Infrastructure Frame MODEL
 Author: Kasia
 Version: 1.0
 Created: 04.06.2011 12:31:03
 Updated: 05.06.2011 10:04:50



(Hinweis: Die Fehler in der Beschriftung sind so bereits im Original vorhanden.)

Das Gesamtmodell ist sehr groß und umfasst viele betriebliche und funktionale Aspekte, die für Verkehrsunternehmen und ihre Kunden von Bedeutung sind.

Eine detaillierte Untersuchung des Modells wurde im Rahmen des Forschungsprojekts IDMVU Stufe 4 durchgeführt, die Resultate finden sich in [IDM12].

Anknüpfungspunkte zum OKSTRA[®] ergeben sich auf fachlicher Ebene bei ÖPNV-Infrastrukturobjekten, die im Straßenraum liegen, wie z. B. Haltestellen, P&R-Plätze, ÖPNV-Sonderspuren etc. Eine weitergehende Untersuchung der Verknüpfung zu OKSTRA[®] (z. B. über gemeinsam nutzbare Netzreferenzierungsmethoden) muss bei Bedarf noch erfolgen, sollte jedoch vorbehaltlich der Identifikation sinnvoll zu unterstützender Anwendungsfälle erfolgen. Dabei ist außerdem zu berücksichtigen, dass bereits durch die Harmonisierung von IDMVU mit NeTeX in IDMVU Stufe 4 Teile von NeTeX, die für die Infrastrukturbeschreibung relevant sind, ihren Niederschlag im IDMVU-Datenmodell gefunden haben.

3.5 Verkehrsmanagement und Verkehrstelematik

In den Bereichen Verkehrsmanagement und Verkehrstelematik gibt es eine Vielzahl von Verfahren und Standards, z. B. [DAT12], [GDF04], [OLR] u.v.a.m. Diese wurden in der Studie [KSW11] eingehend auf Zusammenhänge mit den Standards OKSTRA[®]/OKSTRA kommunal untersucht. Die Untersuchung umfasste nur den Vergleich der Netzmodelle und der Verfahren, in den Netzen Eigenschaften und Objekte zu verorten, Fachdatenobjekte wurden nicht betrachtet. Die Studie ist auch deshalb ein wichtiger Ausgangspunkt für das vorliegende FE-Vorhaben, weil darin Ansätze für eine Einbindung von Objekten diskutiert werden, die nach den Nachbarstandards modelliert sind.

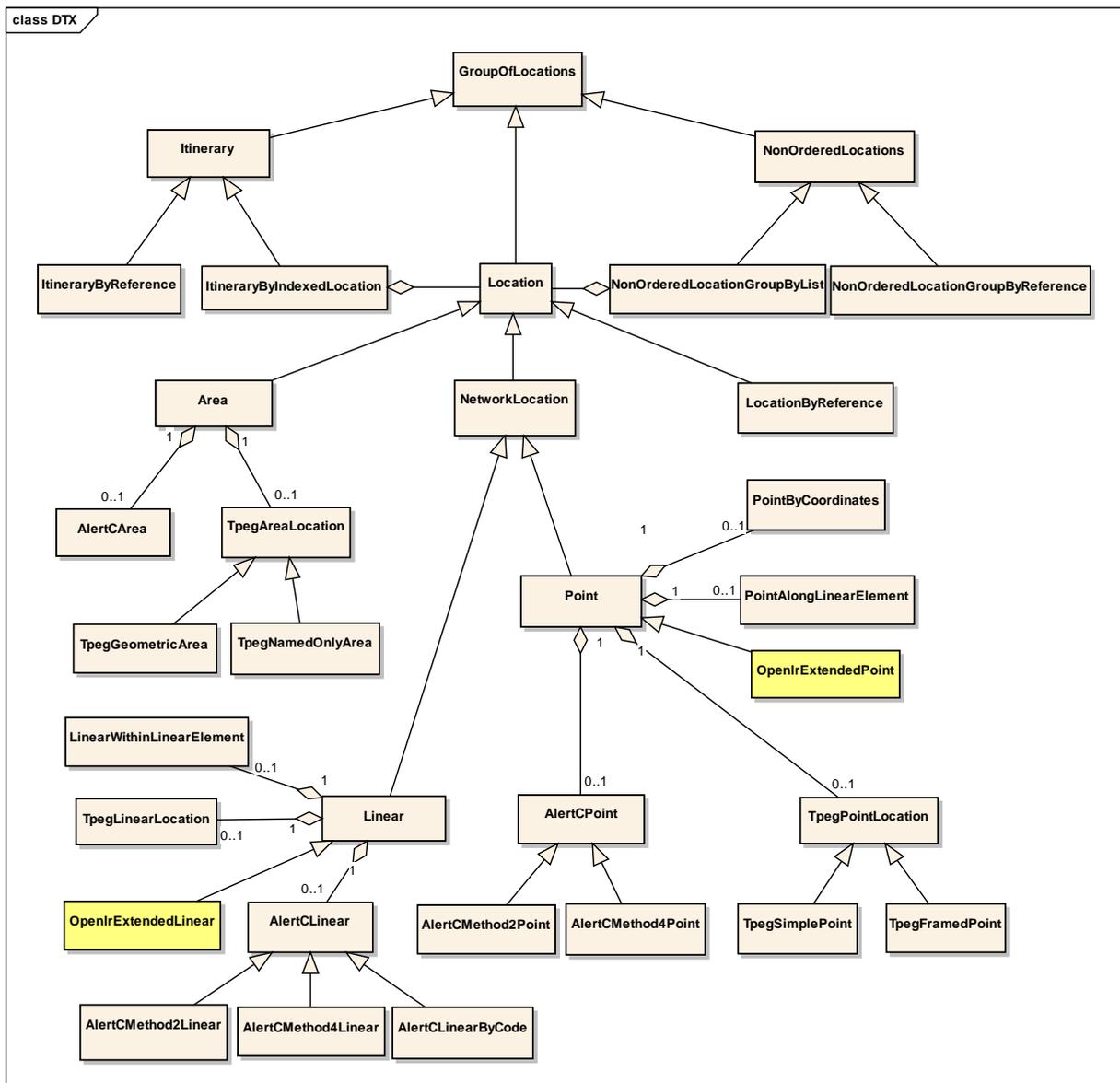
3.5.1 DATEX II

Name	DATEX II
Kurzbeschreibung	Standard, entwickelt mit Unterstützung der europäischen Kommission, für den grenzüberschreitenden und sprachunabhängigen Austausch von Verkehrsinformationen zwischen Verkehrsmanagementzentralen (untereinander) sowie zu Verkehrsservice-Providern.
Anknüpfungspunkte	Anknüpfungspunkte zum OKSTRA [®] : Datenaustausch zwischen ITS-Systemen und Straßeninformationssystemen, insbesondere Erzeugung von Verkehrsmeldungen aus Daten eines Straßeninformationssystems
Norm nach ISO/CEN/DIN	CEN TS 16157 (CEN/TC278 WG8) Part 1: Context and framework (approved) Part 2: Location referencing (approved) Part 3: Situation publication (approved) Part 4: VMS publications (Standardisierung vorbereitet) Part 5: measured and elaborated data (zur Standardisierung eingereicht) Part 6: Parking information (geplant) Part 7: Traffic view (geplant)
Verbindlichkeit	Keine grundsätzliche Verbindlichkeit Zur Anwendung empfohlen im Rahmen des Datenaustausches über den Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) der BAST
Verantwortliche Institution	Organisation von Interessensvertretern im Rahmen des EasyWay-Projektes (so genannte „Expert and Studies Group“ ESG5 – Datex II) Für Standardisierung: CEN TC278 WG8 (Deutsches Spiegelgremium ist der DKE/GK717 AK8 unter Leitung der BAST)
Verbreitung	Im Kontext von Verkehrsrechnerzentralen gängiger Standard zum Datenaustausch mit Externen in Europa (UK, NL, DE, ES, FR, HU, IE, PT, SE, SI). Verwendung im Rahmen des Mobilitäts Daten Marktplatzes Verwendung im Rahmen von zukunftsweisenden ITS-Initiativen (z. B. FE-Projekt ACTIV)
Aktuelle Versionen	2.1
Objektwelt	Verkehrsinformation, Verkehrsmanagement (i. d. R. dynamische Daten) <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsinformation (Verkehrslage, Stau, Störungen, Baustellen, ...) • Verkehrsdaten (Messdaten, Modelldaten z. B. Prognosedaten)

	<ul style="list-style-type: none"> • Messstellen, Datenerfassungseinrichtungen, Aktorik (z. B. VMS) • Anzeigehalte dynamischer Anzeigequerschnitte (VMS) • Parkdaten (Parkeinrichtungen, Status/Auslastung, Tarife) <p>Der DATEX II-Standard (Level A) kann über sogenannte LevelB- und LevelC-Extensions erweitert werden.</p>
Prozesse	Online-Datenaustausch
Referenzmodell (Schema)	UML
Kodierungen (Encodings)	XML
Dokumentation	http://www.datex.eu
Objektidentifikation	Globally Unique Identifier (UUID)
Raumbezug	Koordinaten (ETRS89); Orts-/Netzreferenzierung (AlertC, Tpeg, keine eigenen Verortungselemente) Die Unterstützung der On-the-Fly-Referenzierung OpenLR durch DATEX II ist vorgesehen (draft).
Topologie	Da keine eigenen Verortungselemente definiert sind, sind auch keine topologischen Beziehungen definiert.
Präsentationsangaben	Keine
Implementation	Keine
Unterstützende Produkte	GEWI TIC, ALMO, Siemens Concert OTS2-Produkte (OTS2 ist ein auf DATEX II-basierender Standard zum Datenaustausch für städtische Verkehrsmanagement- und Verkehrssteuerungssysteme)

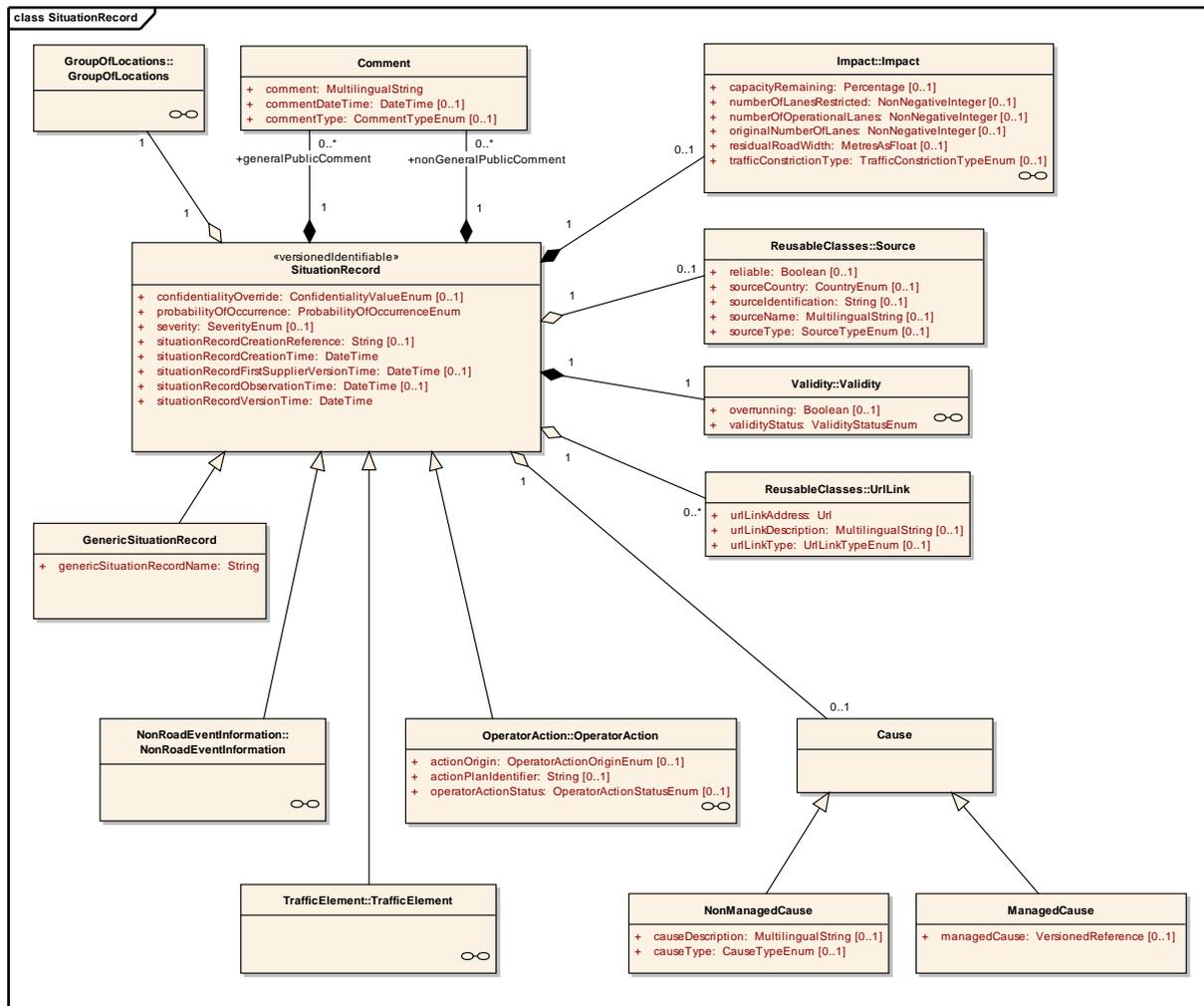
Der DATEX Standard wurde seit 1997 mit Unterstützung der europäischen Kommission entwickelt, um den grenzüberschreitenden und sprachunabhängigen Austausch von Verkehrsinformationen zwischen Verkehrsmanagementzentralen zu unterstützen. Im Jahr 2003 begann die Entwicklung des DATEX II Standards, dessen Ziel es ist, die Anwendung auf einen größeren Nutzerkreis (insbesondere Verkehrsservice-Provider) auszudehnen. Eine erste Version des DATEX II Standards wurde 2006 vorgelegt, seit 2009 liegt die Version 2.0 vor, zurzeit ist die Version 2.1 aktuell. DATEX II wird als multi-part Technical Specification von der CEN standardisiert. In Teilen ist die Standardisierung bereits erfolgt.

Eine Beschreibung der Verortungsmöglichkeiten in DATEX II ist detailliert in [KSW11] erfolgt. Die wichtigsten Aspekte werden nachfolgend an Hand einer Übersicht über das DATEX-II Geometrie- und Netzbezugsmodell (aus [KSW11]) dargestellt.



Ortsreferenzen werden in DATEX II in einem generischen Datenmodell beschrieben, das es erlaubt, verschiedene Ortsreferenzierungsmethoden zu verwenden. Alle mit DATEX II austauschbaren Informationen sind mit Ortsreferenzen versehen. Als Basisklasse für alle Ortsreferenzen dient die abstrakte Klasse *GroupOfLocations*. Diese kann eine oder mehrere Ortsreferenzen enthalten. Von dieser Klasse sind drei weitere abstrakte Klassen abgeleitet: *Itinerary*, *NonOrderedLocations* und *Location*. Die Klassen *Itinerary* und *NonOrderedLocations* enthalten Gruppen von Locations, die entweder ungeordnet sind (*NonOrderedLocations*) oder eine geordnete Route beschreiben (*Itinerary*). Jede Location kann – unabhängig von der jeweiligen konkreten Klasse – zusätzlich mit einem Koordinatenpunkt sowie einer externen Referenz versehen werden. Für Locations, die häufig verwendet werden, bietet DATEX II zudem den Mechanismus der *Predefined Location Publication*. Dabei stellt ein DATEX II System eine Menge von vordefinierten Ortsreferenzen zur Verfügung, die dann später nur noch per Identifier referenziert werden [KSW11].

Wie im Steckbrief dargestellt umfasst DATEX2 eine Reihe von Fachdatenmodellen zur Beschreibung der relevanten Objektwelten. Im Kontext des OKSTRA[®] erscheint insbesondere das Fachdatenmodell der *SituationPublication* zur Beschreibung von Verkehrsinformationen (insbesondere Baustellen) interessant.



Eine *SituationPublication* kann mehrere *Situations* enthalten. Eine *Situation* beschreibt eine (unter Umständen komplexe) verkehrliche Situation, welche aus verschiedenen Komponenten (*SituationRecord*) bestehen kann. Ein *SituationRecord* ist somit ein Element einer verkehrlichen Situation und ist durch Beschreibung eines Zustandes zu einem definierten Zeitpunkt charakterisiert. Ein *SituationRecord* kann

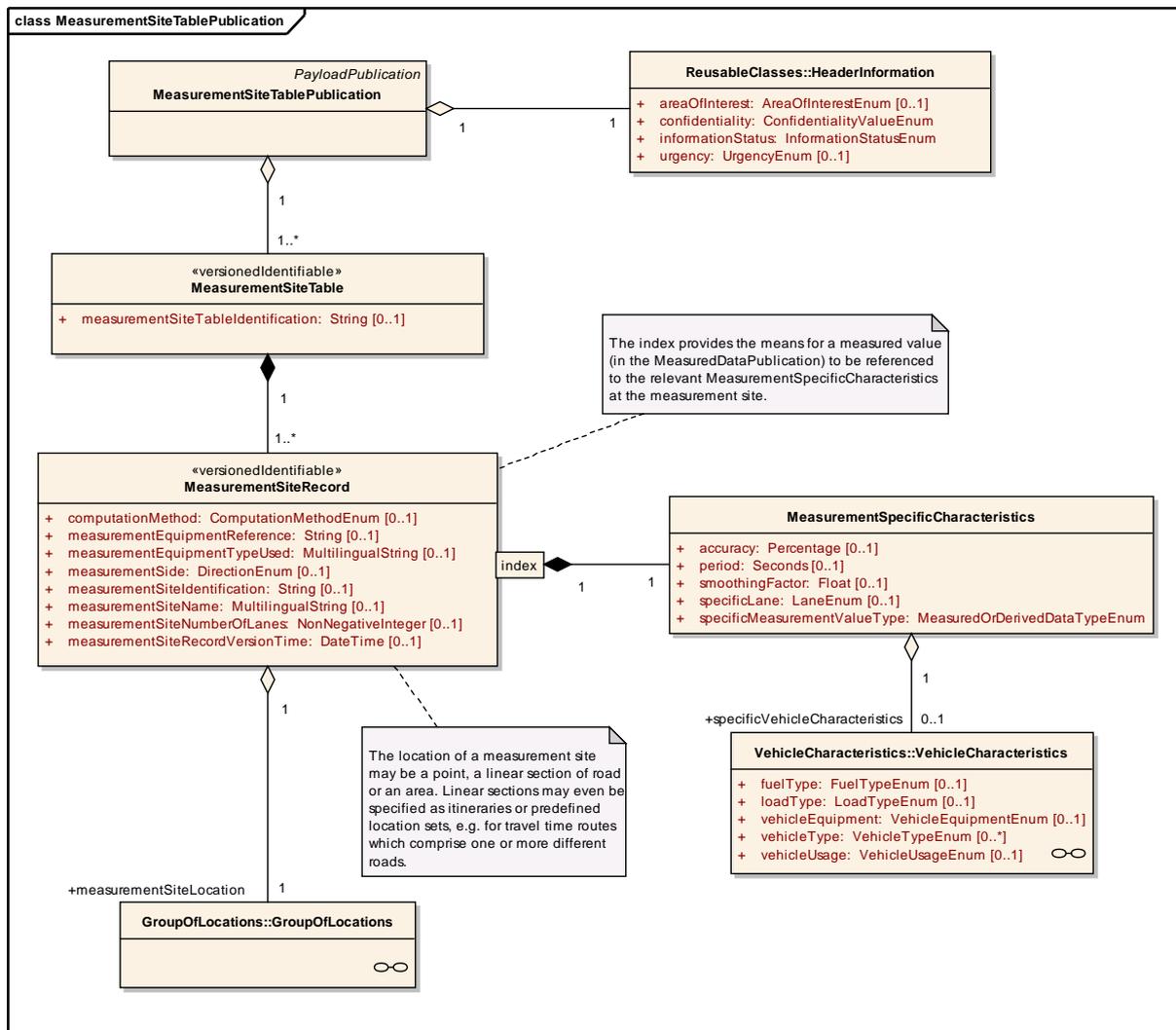
- ein *TrafficElement* (straßen- oder verkehrsbezogenes Ereignis, z. B. Wetter- oder Straßeneigenschaften, Stau oder zählfließender Verkehr, ein Unfall oder ein Hindernis auf der Straße),
- eine *OperatorAction* (Maßnahme des Netzbetreibers, z. B. Baustelle, Verkehrsbeeinflussungsmaßnahme, Umleitung) oder
- eine *NonRoadEventInformation* (nicht straßenbezogene Ereignisinformation, z. B. Ausfall von Notrufeinrichtungen o.ä.)

sein. Ein *SituationRecord* kann darüber hinaus hinsichtlich seiner verkehrlichen Wirkungen (*Impact*, z. B. Sperrung von Fahrstreifen) und einer Ursachenbeschreibung (*ManagedCause*, *NonManagedCause*) beschrieben werden.

Weiterhin interessant sind die Fachdatenmodelle für die *MeasurementSiteTablePublication* sowie *VMSTablePublication*, da diese Infrastruktur beschreiben und somit potenzielle fachliche Anknüpfungspunkte zum OKSTRA[®] bieten.

Die *MeasurementSiteTablePublication* beschreibt die straßenseitigen Erfassungseinrichtungen (Sensorik) zur Messung von Verkehrs- und Umfelddaten, während die

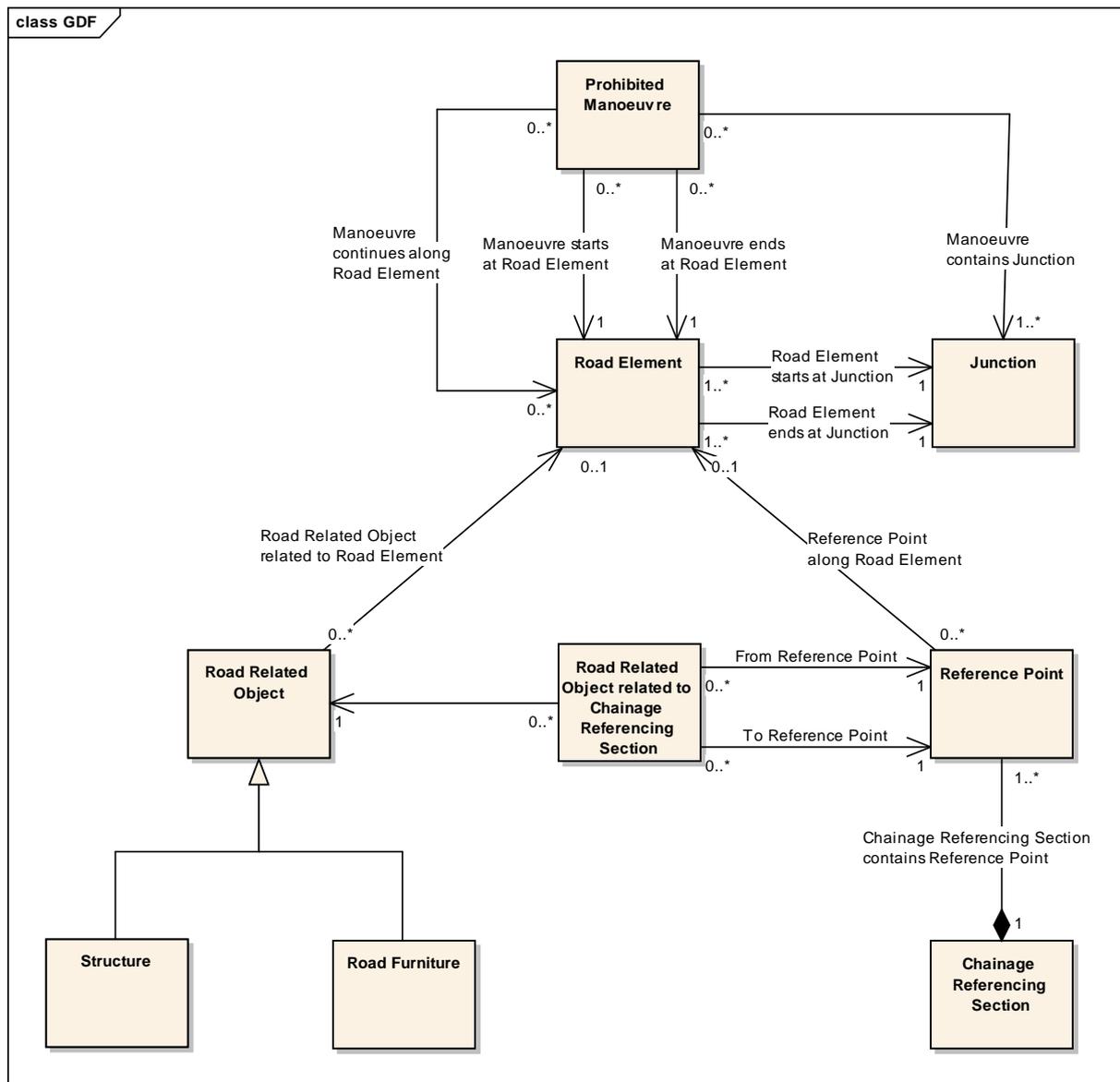
VMSTablePublication die verkehrstelematische Aktorik (Infrastruktur zur Steuerung und Beeinflussung des Verkehrs) beschreibt.



	<p>Telematiknetzen und umgekehrt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Versorgung einer Verkehrsmanagementzentrale / Verkehrsrechnerzentrale mit Netz- und Bestandsdaten aus Straßeninformationssystemen und umgekehrt
Norm nach ISO/CEN/DIN	ISO/DIS 14825:2011 (zuvor: ISO/DIS 14825:2004)
Verbindlichkeit	Keine grundsätzliche Verbindlichkeit
Verantwortliche Institution	ISO / TC 204 Intelligent Transport Systems
Verbreitung	starke Verbreitung im Bereich der Autonavigationsindustrie
Aktuelle Versionen	GDF 5.0 (ersetzt GDF 4.0 von 2004)
Objektwelt	<p>Straßenkarten / Straßennetz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Straßennetz (Abschnitte, Kreuzungen, Routing) • Bauwerke im Straßenraum (Brücken, Tunnel, ...) • Straßenmöblierung (Wegweiser, Lichtsignalanlagen, ...)
Prozesse	Kartendatenaustausch (Versorgung, Systemkonfiguration)
Referenzmodell (Schema)	UML
Kodierungen (Encodings)	proprietäres Textformat (Records fester Breite) seit GDF 5.0 auch XML
Dokumentation	www.iso.org (nicht kostenfrei verfügbar)
Objektidentifikation	<ul style="list-style-type: none"> • 3- bis 10-stellige Dezimalzahl (Dataset-ID, Section-ID, Feature-ID) • nicht stabil
Raumbezug	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinaten (WGS84: Punkt, Polylinie, Polygon) • Lineare Referenzierung (z. B. BAB-Kilometrierung, ASB-Stationierung; in der Praxis kaum genutzt) • unterstützt Orts-/Netzreferenzierung durch RDS-TMC-Locationcodes (AlertC)
Topologie	<p>Routingfähiger, gerichteter Graph:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Knoten-Kanten-Modell durch RoadElements (Abschnitte) und Junctions • Fahrtrichtungsdefinition durch Attribut Direction-of-traffic-flow • Definition Abbiegeverbote durch Relation Prohibited-Manoeuvre <p>Alle topologischen Beziehungen werden durch explizite Relationen ausgedrückt.</p>
Präsentationsangaben	Keine

Implementation	Keine bekannt.
Unterstützende Produkte	Navteq, TomTom

Eine Beschreibung und Analyse des GDF-Standards ist detailliert in [KSW11] erfolgt. Die wichtigsten Aspekte werden nachfolgend an Hand einer Übersicht über das GDF-Objektmodell zusammengefasst, für eine detaillierte Darstellung wird auf [KSW11] verwiesen.



Das Straßennetz wird in GDF durch *Road Elements* und *Junctions* abgebildet. *Road Elements* sind *Line-Features*, die durch genau zwei *Junctions*, je eine am Anfang und am Ende, begrenzt sind. *Junctions* sind *Point-Features*, die zur Begrenzung von *Road Elements* und zur Verbindung zwischen *Road Elements* verwendet werden. Durch das Attribut *Direction-of-traffic-flow* wird festgelegt, in welche Richtungen ein *Road Element* durchfahren werden kann. Abbiegeverbote werden in Form von *Prohibited-Manoeuvres* dargestellt. Diese Informationen bilden zusammengekommen einen routingfähigen, gerichteten Graphen, in dem ein turn-by-turn-Routing durchgeführt werden kann [KSW11].

GDF enthält außerdem die Möglichkeit, Daten über lineare Referenzierung auf dem Straßennetz zu verorten. Die Feature Klasse *Reference Point* dient zur Darstellung der Referenzpunkte eines linearen Referenzierungssystems. Die Relation *Reference-Point-along-Road-Element* enthält die Zuordnung von *Reference Points* zu *Road Elements*. Eine *Chainage Referencing Section* beschreibt ein lineares Referenzierungssystem als geordnete Menge von *Reference Points*. Dabei bildet z. B. die Kilometrierung einer Autobahn eine *Chainage Referencing Section*, bei der die Hektometrierungspunkte als *Reference Points* abgebildet werden. Ein anderes Beispiel für eine *Chainage Referencing Section* ist die Stationierung auf einem ASB-Abschnitt [KSW11].

Die Feature Klasse *Road Related Object* ist eine abstrakte Basisklasse, aus der die ebenfalls abstrakten Klassen *Structure* und *Road Furniture* abgeleitet werden. Die Klasse *Structure* bildet Bauwerke im Straßenraum wie z. B. Brücken oder Tunnel ab, während „Straßenmöblierungen“ wie z. B. Wegweiser oder Lichtsignalanlagen über die Klasse *Road Furniture* dargestellt werden [KSW11].

Die Verortungselemente in GDF haben keine eigene Geometrie, sondern können Geometrieobjekten (direkt oder indirekt) zugeordnet sein. *Point-Features* haben stets eine Zuordnung zu einem *Node*-Objekt, das einen Koordinatenpunkt enthält. *Line-Features* haben beliebig viele Zuordnungen zu *Edge*-Objekten, die jeweils eine Polylinie enthalten, *Area-Features* haben entsprechend beliebig viele Zuordnungen zu *Face*-Objekten, die jeweils ein Polygon enthalten. *Complex-Features* besitzen zwar keine eigenen Zuordnungen zu Geometrieobjekten, erhalten aber indirekt Geometriezuordnungen über die Features, aus denen sie zusammengesetzt sind [KSW11].

3.5.3 RDS-TMC

Name	RDS/TMC (Alert-C Location Code List)
Kurzbeschreibung	<p>Standard zur Übertragung digitaler Verkehrsinformationen im nicht-hörbaren Bereich von UKW-Signalen. Der RDS-TMC-Standard wurde vom TMC-Forum entwickelt und gepflegt. Ende 2007 wurde das TMC-Forum mit dem TPEG-Forum in der Traveller Information Association (TISA) zusammengefasst.</p> <p>RDS-TMC-Meldungen werden nach dem Alert-C-Standard codiert. Dieser beinhaltet eine Liste mit ungefähr 1460 Ereignissen. Mit Hilfe dieser Liste kann die Meldung in eine für den Benutzer verständliche Form umgesetzt werden.</p> <p>Ein Teil des RDS/TMC-Standards beschreibt, wie das Location Referencing mithilfe vordefinierter Locations realisiert wird. Dabei wird ein RDS-TMC-Netz in einer so genannten Location Table bzw. Location Code List (LCL) beschrieben.</p>
Anknüpfungspunkte	CentroMap (Versorgung VMZ/VRZ mit Daten aus SIB), Änderungsantrag zur Abbildung der RDS/TMC-LCL in OKSTRA [®] (Versorgung SIB mit Fachdaten aus dem Bereich Telematik), Erzeugung von Verkehrsmeldungen aus Daten

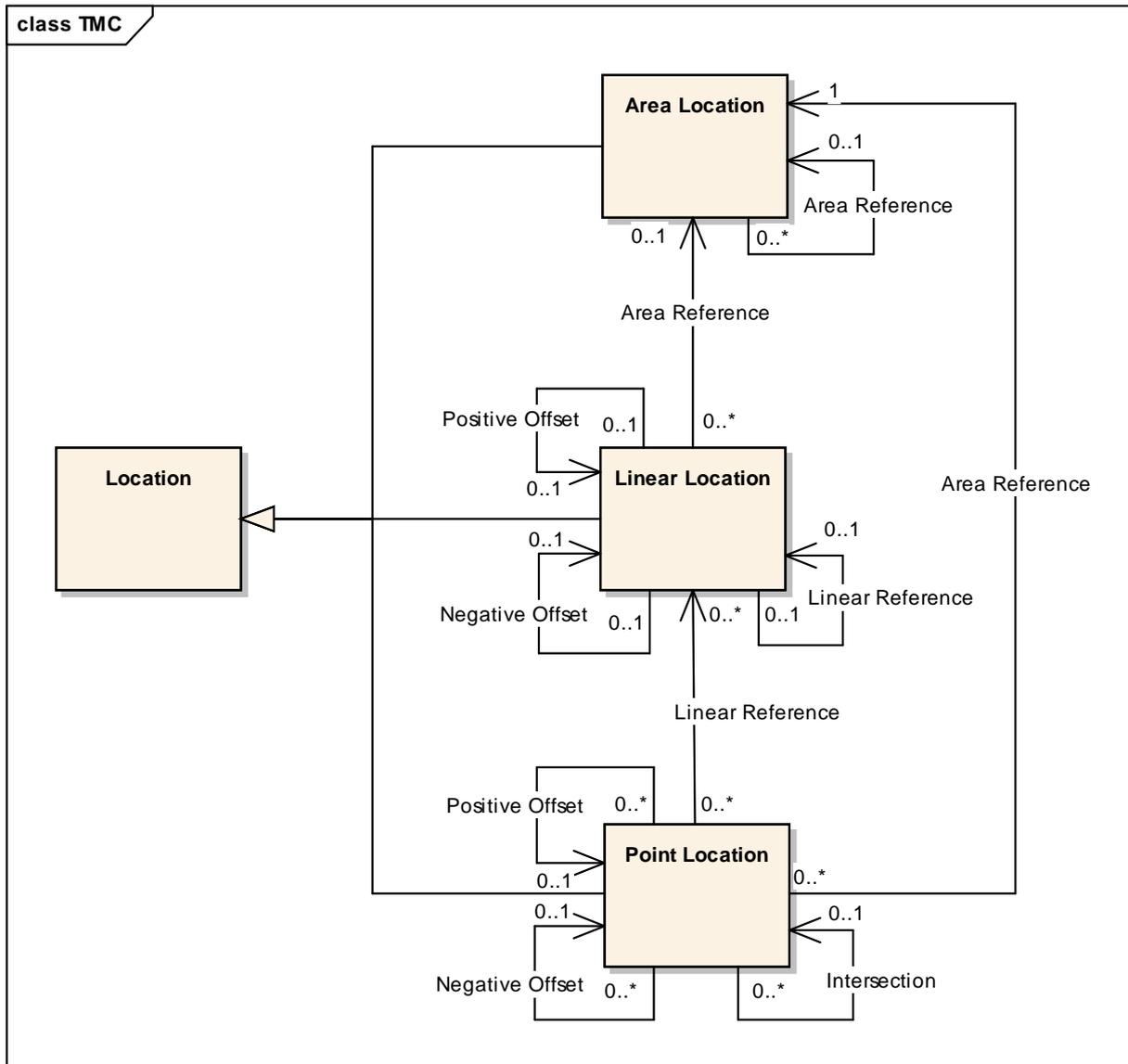
	einer SIB.
Norm nach ISO/CEN/DIN	ISO 14819: <ul style="list-style-type: none"> • ISO 14819-1 Codierung/Decodierung • ISO 14819-2 Event-List • ISO 14819-3 Location-Table
Verbindlichkeit	Keine grundsätzliche Verbindlichkeit
Verantwortliche Institution	Traveller Information Service Association (TISA): Vereinigung (weltweit) von Geräteherstellern, Autoindustrie, Straßenbauverwaltungen und Straßenbetreibern, Rundfunkanstalten, Dienstleistern und Service Providern In Deutschland wird die nationale LCL von der BAST veröffentlicht und von den Landesbehörden gepflegt.
Verbreitung	Weltweite Verbreitung im Kontext des Verkehrsinformationsmanagements
Aktuelle Versionen	RDS-TMC-Standard ISO 14819): Ed. 1, Stage 90.92 Deutsche Location Code List (LCL): 12.0
Objektwelt	Verkehrsinformation, Verkehrswarndienstmeldungen (i.d.R. dynamische Daten)
Prozesse	Online-Datenaustausch
Referenzmodell (Schema)	keines
Kodierungen (Encodings)	Location Table Exchange Format (offizielles Format für den Austausch von LCL), daneben werden auch csv- bzw. Excel-basierte Formate für den Austausch verwendet (nicht bzw. nur national standardisiert).
Dokumentation	www.tisa.org , www.iso.org
Objektidentifikation	Locations werden über einen numerischen Code (Zahl zwischen 1 und 63487) identifiziert. Die Location Codes sind lediglich innerhalb einer LCL-Version stabil.
Raumbezug	Location Referencing mittels vordefinierter Locations (Location Code List): <ul style="list-style-type: none"> - Point Locations (z. B. Anschlussstelle, Rastplatz, ...) - Linear Locations (z. B. Straße) - Area Locations (Gebiet, z. B. Bundesland) Lediglich die Point Locations verfügen über Geometrieinformationen (WGS84-Koordinaten)
Topologie	Abbildung von Vorgänger- / Nachfolgerrelationen

	(PositiveOffset, NegativeOffset) von Punkt- und Linienobjekten sowie Zuordnung von Punkten, die denselben Netzknoten beschreiben (Intersection) über Beziehungen. Darüber ist die Ableitung eines topologischen Netzes möglich. Abbildung von Hierarchien: Zuordnung von Point Locations zu übergeordneten Linear Locations, Zuordnung von Locations auf übergeordnete Area Locations.
Präsentationsangaben	Keine
Implementation	Keine bekannt
Unterstützende Produkte	Zahlreiche: insbesondere GEWI TIC

Über RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel) werden digitale Verkehrsinformationen im nicht-hörbaren Bereich von UKW-Signalen übertragen. Der RDS-TMC-Standard wurde vom TMC-Forum entwickelt und gepflegt, seit Ende 2007 wird der RDS-TMC-Standard von der Traveller Information Services Association (TISA) gepflegt.

Der RDS-TMC-Standard ist in mehrere Teile aufgeteilt. Im dritten Teil des Standards „Location referencing for ALERT-C“ [TMC04] wird beschrieben, wie das Location Referencing mithilfe vordefinierter Locations realisiert wird. Dabei wird ein RDS-TMC-Netz in einer sogenannten Location Table (LT) bzw. Location Code Liste (LCL) beschrieben. In Deutschland wird die LCL von der BASt veröffentlicht und von den Landesbehörden gepflegt.

Eine Beschreibung und Analyse des RDS-TMC-Location Referencings ist detailliert in [KSW11] erfolgt. Die wichtigsten Aspekte werden nachfolgend an Hand einer Übersicht über das RDS-TMC-Objektmodell zusammengefasst, für eine detaillierte Darstellung wird auf [KSW11] verwiesen.



Die LCL enthält *Locations*, die einen Ort beschreiben, der für Verkehrsmeldungen relevant ist oder zur Strukturierung der LCL dient. *Locations* werden über einen numerischen Code (Zahl zwischen 1 und 63487), den sogenannten Location Code, identifiziert. *Locations* werden in die Kategorien *Area Locations*, *Linear Locations* und *Point Locations* aufgeteilt. Innerhalb der Kategorien gibt es noch Aufteilungen in spezifische Typen und Subtypen [KSW11].

Area Locations beschreiben eine hierarchische Struktur von Flächenobjekten: Ein *Continent* enthält *Country groups* und *Countries*, *Countries* enthalten administrative Gebiete innerhalb eines Landes (*Order 1 areas* bis *Order 5 areas*) usw. Die meisten *Area Locations* werden lediglich zur hierarchischen Strukturierung der *Locations* verwendet [KSW11].

Linear Locations sind hierarchisch geordnete Straßenabschnitte (*Order 1 segment* und *Order 2 segment*), *Urban street* (Stadtstraße) sowie *Vehicular link* (Fähr- oder Bahnverbindungen). Dabei wird eine beliebige Richtung einer Straße als positiv und die Gegenrichtung als negativ definiert. Die Straßensegmente sind weiträumige Abschnitte, die in der Regel viele Netzknoten enthalten und verwendet werden, um sehr lange Straßen zu zerlegen. Jede *Linear Location* ist genau einer *Area Location* zugeordnet. *Linear Locations*, die zur gleichen übergeordneten *Linear Location*

gehören, sind mit einer Vorgänger- und einer Nachfolger-*Linear Location* verknüpft, sofern diese vorhanden sind. *Linear Locations* werden in der Regel nicht direkt zur Ortsreferenzierung verwendet. Sie dienen zur hierarchischen Strukturierung der *Locations* und zur Verbesserung der sprachlichen Beschreibung einer Ortsreferenz [KSW11].

Point Locations sind in die Typen *Junction* (Netzknoten), *Intermediate Point* (Zwischenpunkte wie z. B. Kilometrierungspunkte) oder *Other landmark point* (sonstige Markierungspunkte wie z. B. Tank- und Rastanlagen, Tunnel, Brücken usw.) aufgeteilt. Jede *Point Location* gehört zu genau einer *Area Location*. Eine *Point Location* gehört zu höchstens einer *Linear Location* und damit zu maximal einer Straße. Ein Netzknoten, der zu mehreren Straßen gehört, wird durch mehrere *Point Locations* abgebildet. So wird z. B. ein Autobahnkreuz in der Regel durch zwei *Point Locations* abgebildet. Verschiedene *Point Locations*, die den gleichen Netzknoten oder Markierungspunkt beschreiben, sind durch die *Intersection*-Beziehung miteinander verknüpft. *Point Locations*, die zur gleichen *Linear Location* gehören, sind mit einer Vorgänger- und einer Nachfolger-*Point Location* verknüpft, sofern sie nicht Anfang oder Ende der *Linear Location* beschreiben [KSW11].

In der LCL haben lediglich die *Point Locations* direkte Geometrieinformationen. Dabei werden Längen- und Breitengrad als WGS84-Koordinaten angegeben [KSW11].

Der OKSTRA[®]-Pflegestelle liegt ein Änderungsantrag (A0031) vor, der die Nachmodellierung von RDS-TMC-Locations im OKSTRA[®]-Straßennetzmodell zum Ziel hat.

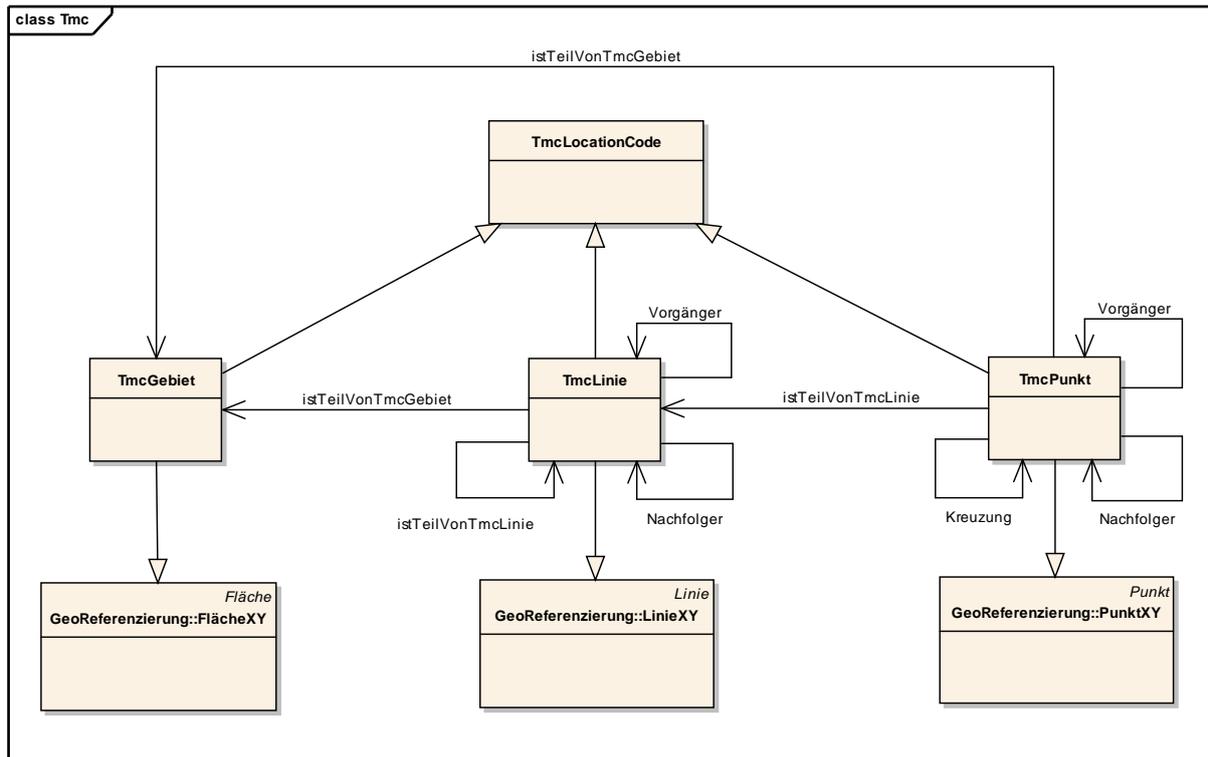
3.5.4 Modell Bundeseinheitliche VRZ

Name	Bundeseinheitliche VRZ
Kurzbeschreibung	Initiative des Bundes und der Bundesländer zur Schaffung einer bundeseinheitlichen Software zur Realisierung einer Verkehrsrechnerzentrale (VRZ). Teil der bundeseinheitlichen VRZ ist die Entwicklung eines Datenmodells.
Anknüpfungspunkte	Versorgung einer VRZ mit Netz- / Bestandsdaten aus einer SIB, Versorgung einer SIB mit Fachdaten aus einer VMZ/VRZ
Norm nach ISO/CEN/DIN	nein
Verbindlichkeit	Keine
Verantwortliche Institution	NERZ e.V. (Nutzer der einheitlichen Rechnerzentralensoftware, www.nerz-ev.de)
Verbreitung	Folgende Bundesländer nutzen derzeit die bundeseinheitliche VRZ: Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein

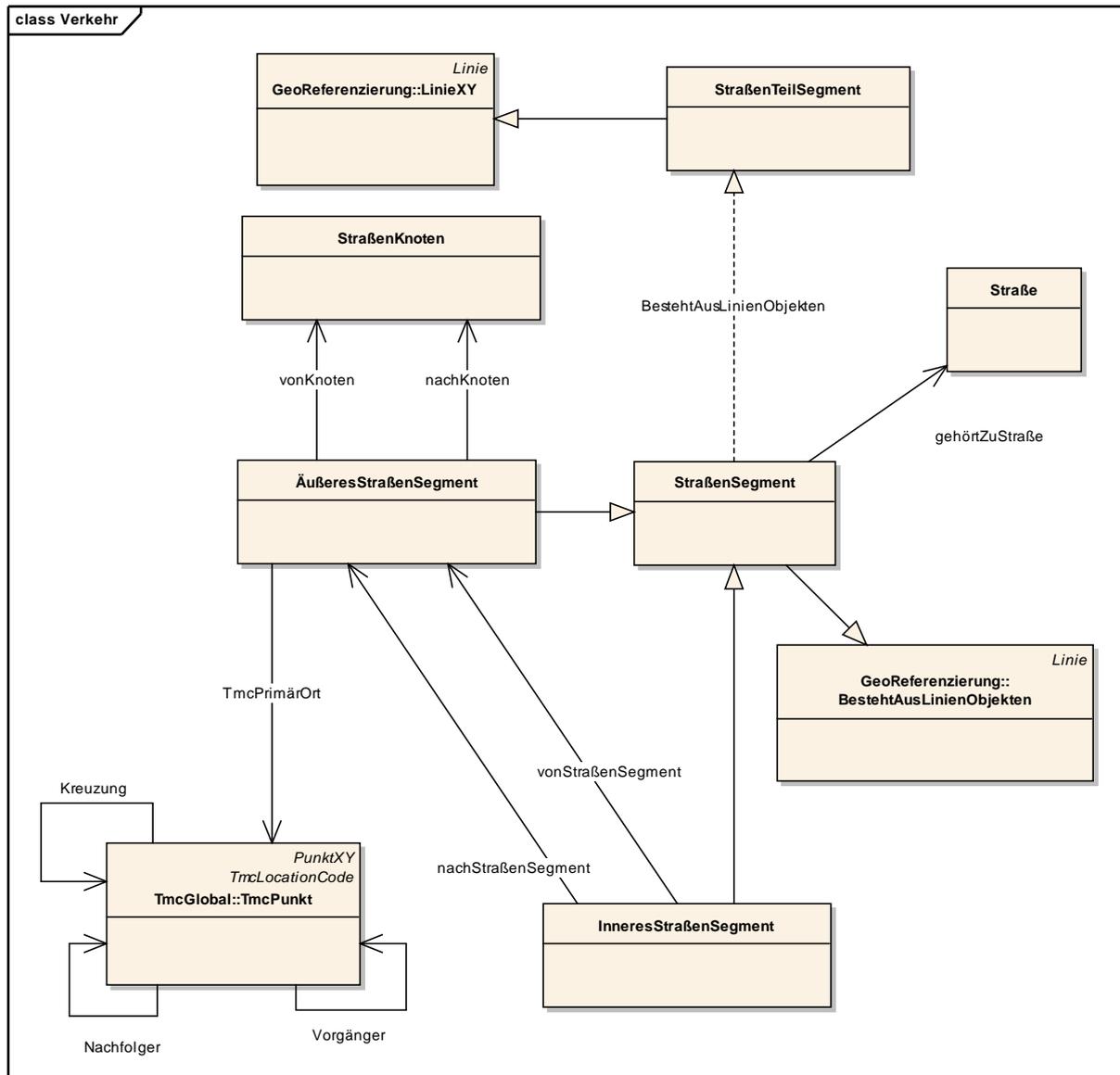
Aktuelle Versionen	Datenkatalog zur Kernsoftware: siehe http://www.nerz-ev.de/www.nerz-ev.de/produkte/konfiguration/konfiguration.php Kernsoftware: V3.5.0
Objektwelt	<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrs- und Umfelddaten (dynamische Daten) • Telematische Infrastruktur (Sensorik, Aktorik)
Prozesse	Datenübernahme und –aufbereitung, Verkehrssteuerung
Referenzmodell (Schema)	Keines
Kodierungen (Encodings)	Die Software zur bundeseinheitlichen VRZ sieht vor, dass Konfigurationen in einem XML-Format abgelegt werden. Zur Datenübertragung liegen keine Festlegungen vor.
Dokumentation	http://www.nerz-ev.de
Objektidentifikation	Keine Festlegungen bekannt.
Raumbezug	<p>Es existieren mehrere Teilmodelle zur Beschreibung der Verortungselemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilmodell TmcGlobal beschreibt den Inhalt einer RDS-TMC-LCL • Teilmodell VerkehrGlobal beschreibt ein topologisches Netzmodell <p>Die Verortungselemente haben keine eigene Geometrie, sondern können von Geometrieobjekten abgeleitet sein. Die Geometrieobjekte (PunktXY, LinieXY, FlächeXY) enthalten WGS84-Koordinatenpunkte.</p>
Topologie	<p>Im Teilmodell TmcGlobal: Modellierung der topologischen Beziehungen analog zur RDS-TMC-LCL (vgl. Kapitel 3.5.3)</p> <p>Im Teilmodell VerkehrGlobal: Explizite Modellierung der topologischen Beziehungen im Netzmodell.</p>
Präsentationsangaben	Keine
Implementation	Bundeseinheitliche VRZ-Software (Open Source)
Unterstützende Produkte	U.a. folgende Hersteller bieten Softwarelösungen im Bereich bundeseinheitliche VRZ an: Swarco, BitCtrl, Logos, Transver, Gevas, ALMO, inovat, KS, Siemens, ...

Eine Beschreibung und Analyse des VRZ-Objektmodells ist detailliert in [KSW11] erfolgt. Die wichtigsten Aspekte werden nachfolgend an Hand einer Übersicht über das VRZ-Objektmodell zusammengefasst, für eine detaillierte Darstellung wird auf [KSW11] verwiesen.

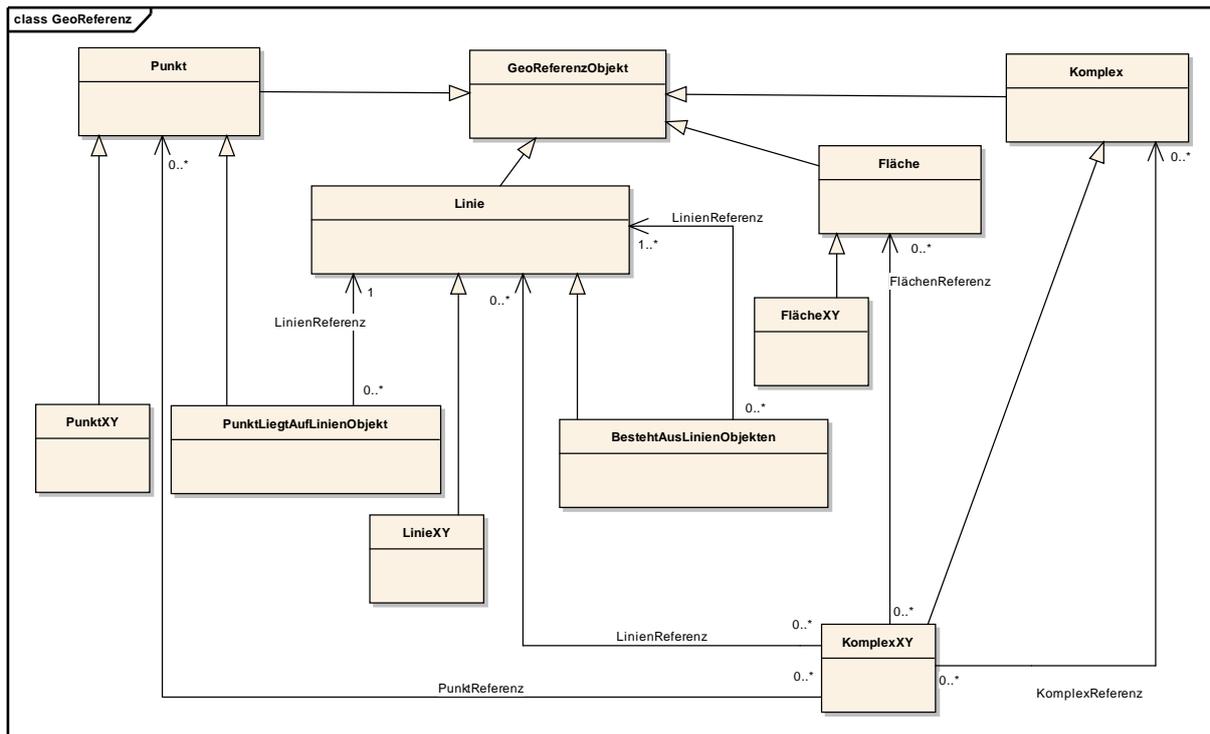
Teil der bundeseinheitlichen VRZ ist die Entwicklung eines Datenmodells, das unter anderem die Teilmodelle GeoReferenzierungGlobal, VerkehrGlobal und TmcGlobal enthält.



Das Teilmodell TmcGlobal beschreibt den Inhalt einer RDS-TMC-Location Code Liste (vgl. Kap.3.5.3) mit ihren topologischen Beziehungen.



Das Teilmodell VerkehrGlobal beschreibt ein topologisches Straßennetzmodell. Die zentralen Klassen sind das *StraßenSegment* und der *StraßenKnoten*. Ein *StraßenKnoten* entspricht einem Autobahnknoten (Anschlussstelle, Autobahndreieck, Autobahnkreuz). Ein *StraßenSegment* ist entweder ein *InneresStraßenSegment* oder ein *ÄußeresStraßenSegment*. Ein *ÄußeresStraßenSegment* beginnt und endet jeweils an einem *StraßenKnoten*. Es definiert eine Richtungsfahrbahn zwischen zwei benachbarten *StraßenKnoten*. Ein *InneresStraßenSegment* ist der Verbindungsweg von einem *ÄußerenStraßenSegment* zu einem anderen *ÄußerenStraßenSegment* innerhalb eines *StraßenKnotens*. Alle *StraßenSegmente* sind aus je einem oder mehreren *StraßenTeilSegmenten* zusammengesetzt. *StraßenSegmente* können einem Objekt vom Typ *Straße* zugeordnet sein [KSW11].



Zur Beschreibung von Ortsreferenzen sind im Teilmodell GeoReferenzierungGlobal folgende Klassen definiert:

- *PunktXY* für Punktobjekte, die durch einen Koordinatenpunkt angegeben sind
- *PunktLiegtAufLinienObjekt* für Punktobjekte, die durch eine Referenz auf ein Linienobjekt und einen Abstand vom Beginn der Linie angegeben werden
- *LinieXY* für Linienobjekte, die durch eine Polylinie angegeben sind
- *BestehtAusLinienObjekten* für Linienobjekte, die als Aggregation von Linienobjekten angegeben werden
- *FlächeXY* für Flächenobjekte, die durch ein Polygon gegeben sind
- *KomplexXY* für komplexe Objekte, die durch Aggregation aus Objekten der Klassen *Punkt*, *Linie*, *Fläche* und/oder *Komplex* definiert sind.

Die Verortungselemente der bundeseinheitlichen VRZ haben keine eigene Geometrie, sondern können von Geometrieobjekten (direkt oder indirekt) abgeleitet sein. Die Geometrieobjekte enthalten Koordinatenpunkte des geodätischen Referenzsystems WGS84 [KSW11].

3.5.5 OpenLR

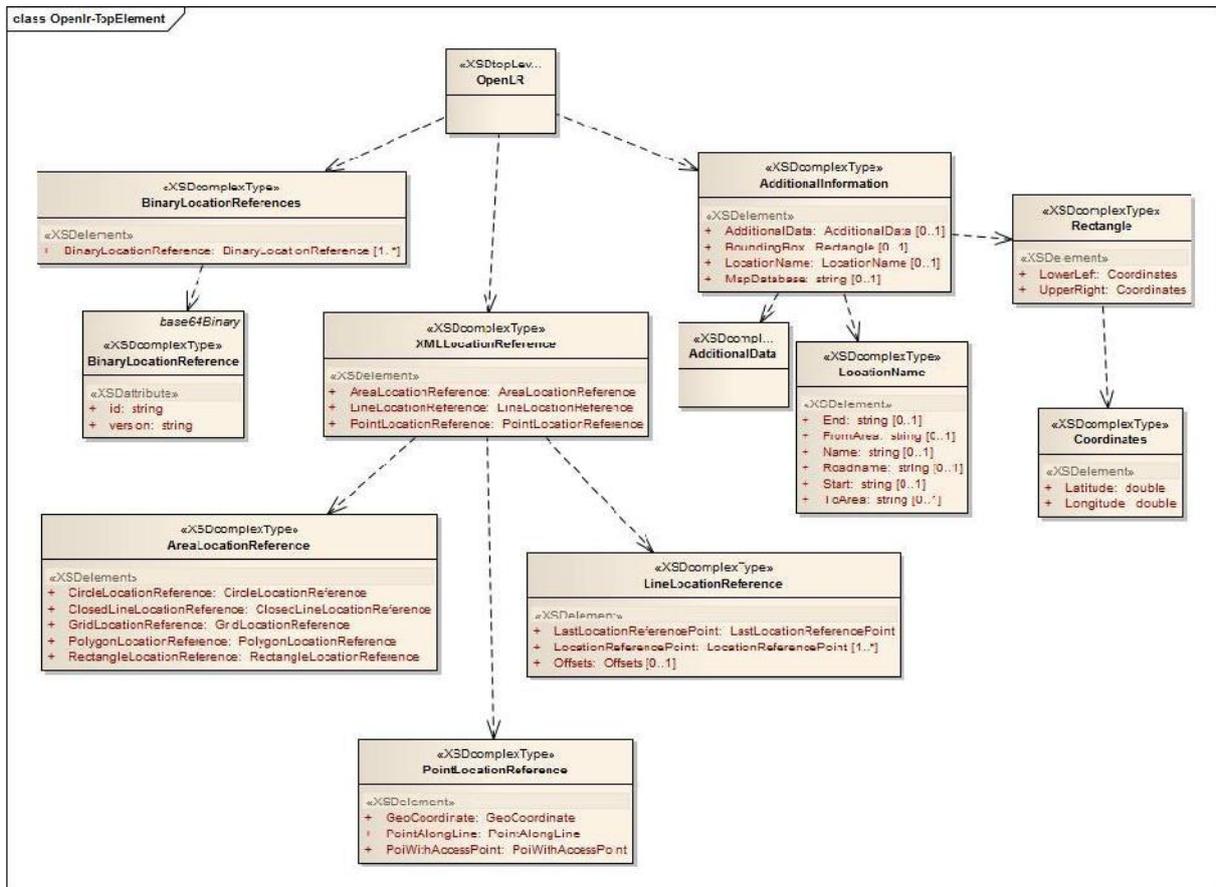
Name	OpenLR
Kurzbeschreibung	OpenLR ist eine Methode zur Kodierung, Übertragung und Dekodierung von kartenunabhängigen Ortsreferenzen (On-the-Fly-Referenzierung). Zur Kodierung und Dekodierung werden digitale routingfähige Karten benötigt, dabei können für die Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz verschiedene Karten (auch von verschiedenen Herstellern) verwendet werden.

Anknüpfungspunkte	Datenaustausch zwischen ITS-Systemen und Straßeninformationssystemen: <ul style="list-style-type: none"> • Umreferenzierung von Sachverhalten aus einem OKSTRA[®]-Netz in ein GDF-Netz • Anreicherung von Telematiknetzdaten mit Netz- und Bestandsdaten aus Straßeninformationssystemen
Norm nach ISO/CEN/DIN	n/a
Verbindlichkeit	Keine Verbindlichkeit, offener und freier Standard
Verantwortliche Institution	Firma TomTom International B.V.
Verbreitung	Als Referenzierungsmethode in DATEX II vorgesehen, somit auch im Rahmen des Datenaustausches über den Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) nutzbar.
Aktuelle Versionen	Dokumentation Version 1.5 Software Version 1.4.0
Objektwelt	Beschreibung/Erzeugung von Ortsreferenzen, Punkte im Netz (Location Reference Point), Routen (kürzeste Wege), POI
Prozesse	Umreferenzierung von Ortsreferenzen (Online-Datenaustausch, Systemkonfiguration, Netzpflege)
Referenzmodell (Schema)	Keines
Kodierungen (Encodings)	proprietäres Binärformat XML-Format
Dokumentation	www.openlr.org
Objektidentifikation	n/a
Raumbezug	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinaten (WGS84) • On-the-Fly-Referenzierung
Topologie	OpenLR kennt keine vordefinierte Topologie
Präsentationsangaben	Keine
Implementation	OpenLR Referenzimplementierung (Java)
Unterstützende Produkte	TomTom

OpenLR[™] ist eine Methode zur Kodierung, Übertragung und Dekodierung von kartenunabhängigen Ortsreferenzen [OLR]. Zur Kodierung und zur Dekodierung werden digitale Karten, die ein turn-by-turn-Routing unterstützen, benötigt. Dabei können für die Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz verschiedene Karten (auch von verschiedenen Herstellern) verwendet werden.

Eine Beschreibung und Analyse von OpenLR ist detailliert in [KSW11] erfolgt. Die wichtigsten Aspekte werden nachfolgend an Hand einer Übersicht über das OpenLR-

Objektmodell (aus [OLR]) zusammengefasst, für eine detaillierte Darstellung wird auf [KSW11] verwiesen.

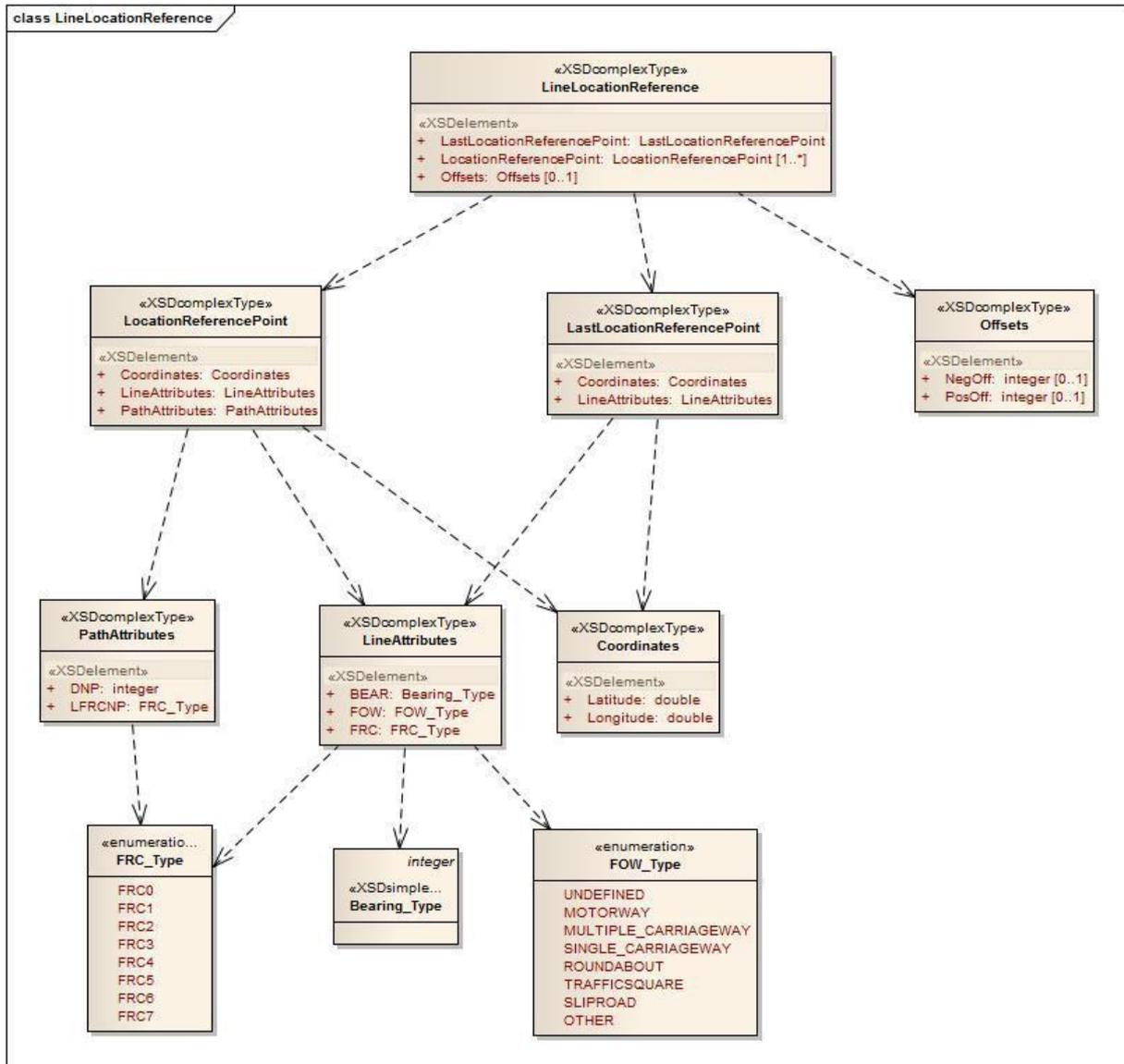


In OpenLR™ sind zurzeit vier verschiedene Location Typen definiert: *Line*, *Geo-Coordinate*, *PointAlongLine* und *PoiWithAccessPoint*.

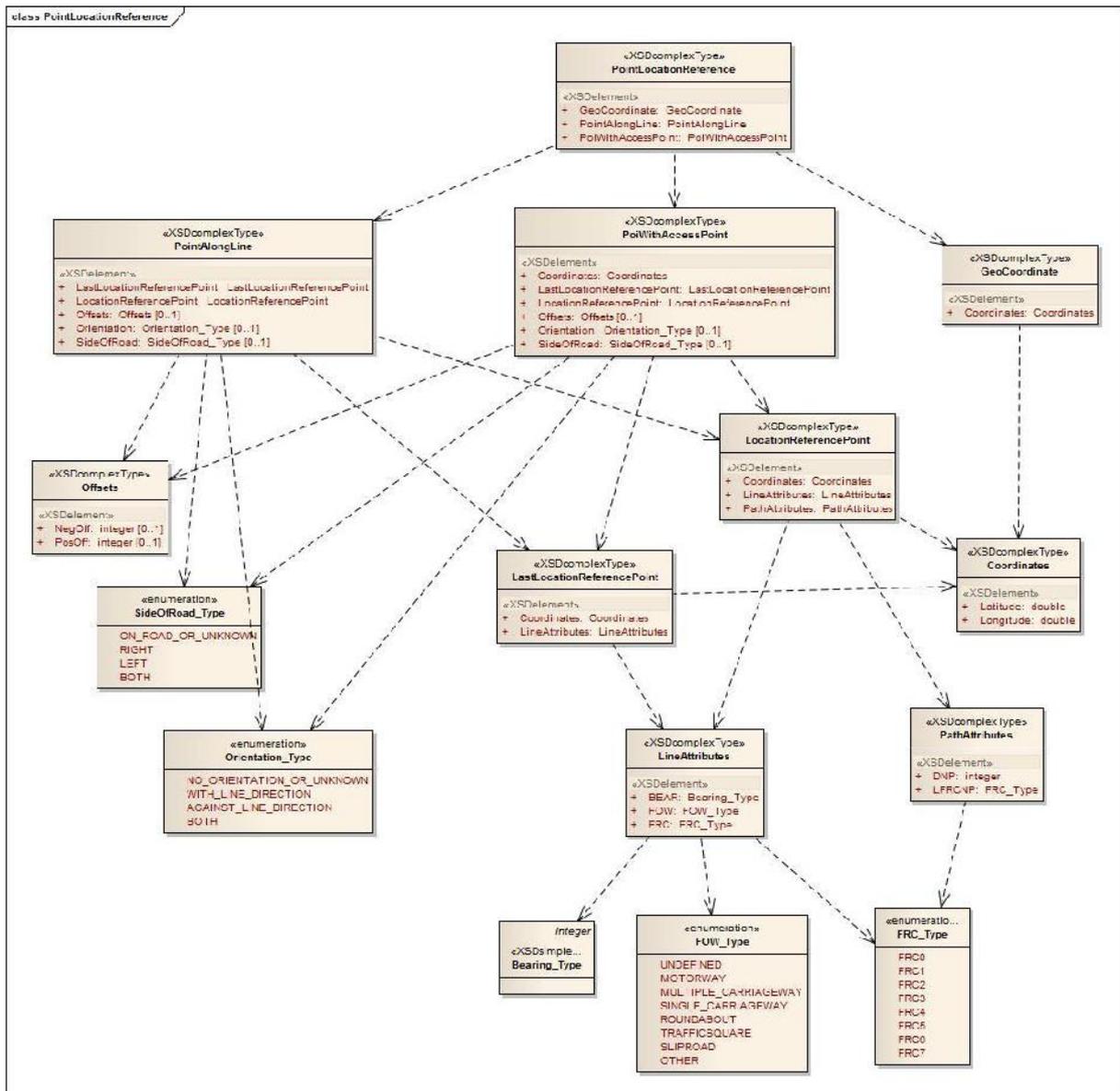
Jede Location außer *Geo-Coordinate* wird beschrieben durch eine geordnete Sequenz von *Location Reference Points (LRP)* vom Start zum Ende der Location. Zwischen je zwei aufeinander folgenden *LRPs* wird die Location durch den *shortest path* (kürzesten Weg) von einem zum nächsten *LRP* beschrieben. Diese *shortest paths* bilden hintereinander gehängt den sogenannten *Location Reference Path*. Auch punktförmige Locations können durch Angabe von *Offsets* auf einem *Location Reference Path* beschrieben werden [KSW11].

Ein *Location Reference Point* enthält die Koordinaten eines Punktes in der digitalen Karte. Zusätzlich zu den Koordinaten können die folgenden Attribute in einem *LRP* kodiert werden: Straßenklasse, Art der Straße (z. B. Autobahn, mehrbahnige Straße, einbahnige Straße, Zu- oder Abfahrt, Kreisverkehr, etc.), Himmelsrichtung, Abstand zum nächsten *LRP*, Niedrigste Straßenklasse zum nächsten *LRP* [KSW11].

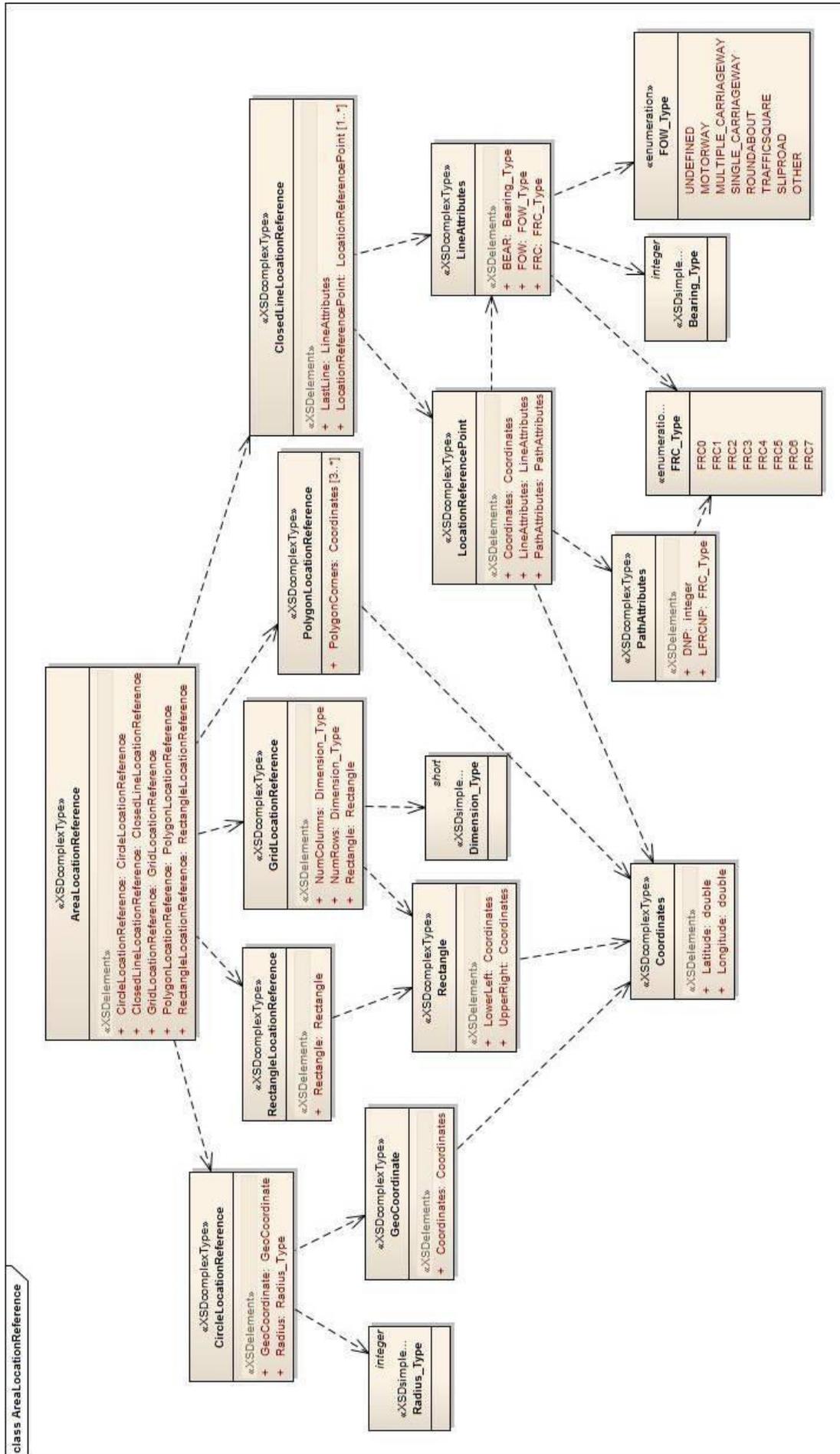
Das nachfolgende Diagramm zeigt die lineare Location-Referenzierung in OpenLR [OLR]:



Das nachfolgende Diagramm zeigt die punktförmige Location-Referenzierung in OpenLR [OLR]:



Das nachfolgende Diagramm zeigt die flächenhafte Location-Referenzierung in OpenLR [OLR]:



3.6 Planen und Bauen

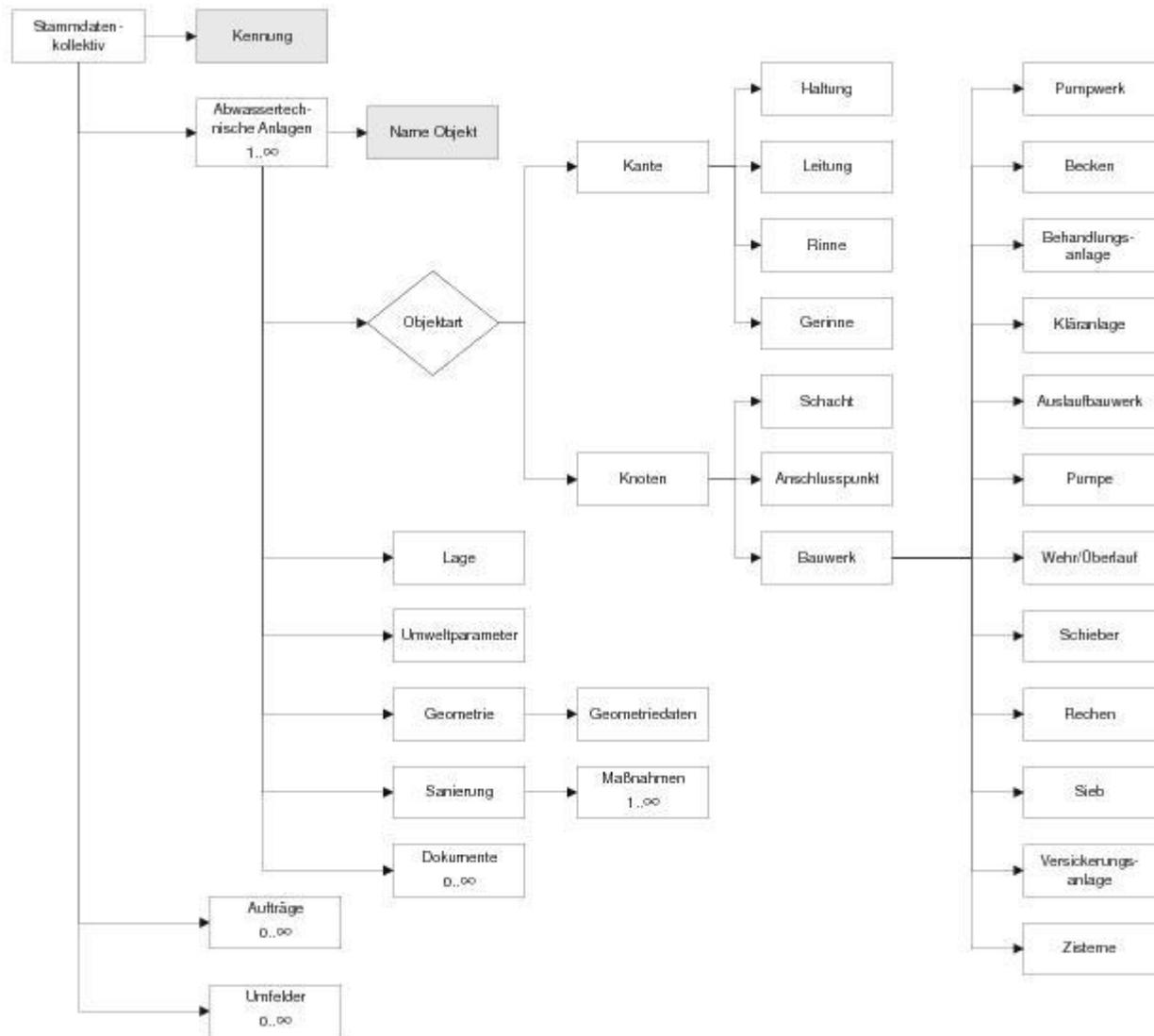
3.6.1 ISYBAU

Name	ISYBAU
Kurzbeschreibung	ISYBAU ist ein in den "Arbeitshilfen Abwasser" definiertes Datenaustauschformat und beschreibt Entwässerungsanlagen wie z. B. Schächte, Haltungen oder Anschlussleitungen (straßenbegleitend oder als Kanalnetz).
Anknüpfungspunkte	Bei der Planung von Straßen sind i. a. auch die Entwässerungseinrichtungen zu berücksichtigen. Im OKSTRA [®] gibt es hierfür noch keine geeigneten Fachobjekte. Umgekehrt enthalten ISYBAU-Daten keine Informationen über den Verlauf der Straße (Achse, Gradiente, Fahrbahnoberfläche). Beide Formate ergänzen sich somit.
Norm nach ISO/CEN/DIN	-
Verbindlichkeit	Die Arbeitshilfen Abwasser gelten für die Planung, den Bau und den Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes gemäß der Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau).
Verantwortliche Institution	Oberfinanzdirektion Niedersachsen, Bau und Liegenschaften, Waterloostraße 4, 30169 Hannover, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und des Bundesministeriums der Verteidigung
Verbreitung	Deutschland, Österreich
Aktuelle Versionen	XML-2006 01/96, 06/01 (alt)
Objektwelt	Abwassertechnische Anlagen: Stammdaten (z. B. Haltungen, Leitungen, Schächte, Bauwerke) Zustandsdaten (z. B. Inspektionsdaten, Bewertungsdaten) Hydraulikdaten (z. B. Einzugsflächen, Berechnungsergebnisse) Betriebsdaten (z. B. Grundwassermessstellen, Bodenkennwerte)
Prozesse	-
Referenzmodell (Schema)	XML-2006: XSD
Kodierungen (Encodings)	XML-2006: XML 01/96, 06/01: spaltenorientierte Textdatei (ASCII)
Dokumentation	http://www.arbeitshilfen-abwasser.de
Objektidentifikation	Abwassertechnische Anlagen:

	Eindeutiger Schlüssel aus Objektbezeichnung und Objektart LISA-GUID (mit dem Liegenschaftsinformationssystem Außenanlagen LISA des Bundes erstellter global eindeutiger 32-stelliger Objektschlüssel, optional)
Raumbezug	Koordinaten (für Punkte, Linien, Polylinien, Flächen- Polygone)
Topologie	Knoten-Kantenmodell (Knoten: Schächte, Sonderbauwerke, Straßeneinläufe Kanten: Haltungen, Leitungen, Entwässerungsrinnen, Entwässerungsgräben)
Präsentationsangaben	-
Implementation	-
Unterstützende Produkte	Straßenentwurfssysteme (z. B. BBSOft, CARD/1, ProVI, Stratis, Vestra, ...) Kanal- und Hydraulikprogramme (z. B. BaSYS, HYSTEM EXTRAN, Rehm, ...) ...

Bei der OKSTRA[®]-Pflegestelle fiel bei der Analyse zur Modellierung von Objekten zu Entwässerungsanlagen auf, dass in diesem Bereich mit ISYBAU bereits ein gut akzeptierter Standard eingeführt ist [AAB11]. Wenn der OKSTRA[®] über eine Möglichkeit verfügen würde, ISYBAU-Objekte mit zu transportieren, würde die Notwendigkeit einer eigenen Modellierung dieser Objekte im OKSTRA[®] entfallen.

Es folgt das sog. Stammdatenmodell aus ISYBAU.



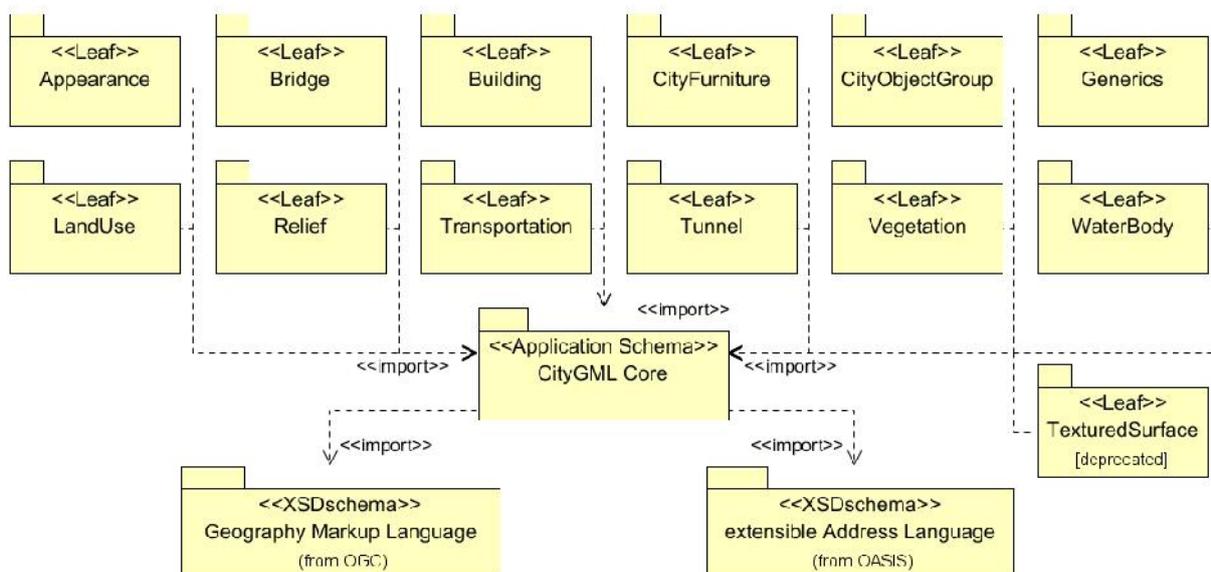
3.6.2 CityGML

Im Bereich der 3D-Gebäudemodellierung liegt mit CityGML [CIT12] ein vom Open Geospatial Consortium OGC[®] standardisiertes Datenmodell vor.

Name	CityGML
Kurzbeschreibung	CityGML (City Geography Markup Language) ist ein Standard zur Beschreibung von 3D-Stadtmodellen.
Anknüpfungspunkte	Verkehrswege als Bauwerke, digitale Geländemodelle, Brücken und Tunnel.
Norm nach ISO/CEN/DIN	OGC-Standard (Open Geospatial Consortium), ISO TC211
Verbindlichkeit	-
Verantwortliche Institution	Open Geospatial Consortium (OGC) Special Interest Group 3D (SIG 3D) Geodateninfrastruktur

	Deutschland (GDI-DE).
Verbreitung	International
Aktuelle Versionen	2.0, 1.0
Objektwelt	Digitales Geländemodell, Gebäude, Tunnel, Brücke, Gewässer, Verkehr (Straßen, Plätze, Gleise, Parkplätze, etc.), Vegetation, Ausstattung (z. B. Straßenlaternen, Wartehäuschen), Landnutzung
Prozesse	-
Referenzmodell (Schema)	UML
Kodierungen (Encodings)	XML (GML3)
Dokumentation	http://www.opengeospatial.org/standards/citygml
Objektidentifikation	gml:id (optional)
Raumbezug	Koordinaten
Topologie	-
Präsentationsangaben	Angaben zum Aussehen von Objekten, z. B. Texturierungen für Oberflächen
Implementation	-
Unterstützende Produkte	Diverse Programme in den Bereichen Stadtplanung, GIS, Visualisierung und Facility Management, siehe http://www.citygmlwiki.org Nutzung für die EU-Lärmkartierung in NRW

Die folgende Grafik zeigt die einzelnen Teilbereiche des CityGML Standards (entnommen aus [CIT12]).



3.6.3 IFC

Mit den Industry Foundation Classes [IFC] existiert ein weiteres Framework für 3D-Gebäudedaten, das von der Industrieallianz buildingSMART International standardisiert wurde.

Name	IFC
Kurzbeschreibung	<p>Bei den IFC (Industry Foundation Classes) handelt es sich um einen Standard zur Beschreibung von Gebäudemodellen (BIM Building Information Modeling).</p> <p>Abgebildet werden die Gebäudestrukturen (z. B. Fenster, Wand, Geschoss, Gebäude) mit ihrer Geometrie, Beziehungen untereinander (wie Fenster in der Wand, Wand auf Geschoss) und zugehörigen Attributen (z. B. Material, Dicke, Fläche).</p>
Anknüpfungspunkte	Für zukünftige IFC-Versionen sind Erweiterungen in den Bereichen Brückenbau, Tunnelbau und Straßenbau sowie eine Verbindung zu GIS geplant.
Norm nach ISO/CEN/DIN	IFC4 wird zeitgleich als internationaler Standard ISO 16739 erscheinen, eine Übernahme in einen DIN Standard wäre zukünftig möglich.
Verbindlichkeit	-
Verantwortliche Institution	buildingSMART International buildingSMART e.V. (deutsches Chapter)
Verbreitung	International
Aktuelle Versionen	IFC2x3, IFC2x2, IFC2x voraussichtlich ab Frühjahr 2013: IFC2x4 (= IFC4)
Objektwelt	<p>CoordinationView: 3D-Objekte in den Bereichen Architektur (z. B. Wand, Stütze, Fenster, Fundament) und technische Gebäudeausrüstung (z. B. Rohre, Kanäle, Heizungen, Lüftungsauslässe)</p> <p>StructuralAnalysisView: Statisches Modell mit Stab- und Flächenelementen, Punkt-, Linien- und Flächenlasten, Auflagern und Auflagerbedingungen, Lastfällen, etc.</p> <p>FMHandOverView: Alphanumerische Bestandsdaten für CAFM Systeme (Facility Management)</p> <p>Andere: Energieberechnung, Bauprozesse (4D) etc.</p>
Prozesse	IFC4 enthält ein Prozessmodell, welches in Verbindung mit dem Objektmodell zur Ablaufsimulation (4D) genutzt werden kann.
Referenzmodell (Schema)	EXPRESS und XSD (ifcXML)
Kodierungen	STEP physical file format (ISO10303-21) und XML

(Encodings)	
Dokumentation	http://www.buildingsmart-tech.org/specifications siehe auch http://www.buildingsmart.de/4/4_01.htm
Objektidentifikation	Globally Unique Identifier (UUID) für alle wesentlichen Objekte Objekt-ID innerhalb der Austauschdatei
Raumbezug	Geometrisch: absolute und relative Koordinaten, Projektkoordinatenursprung kann in globalen GIS Koordinaten angegeben werden Logisch: Zuordnung zur Gebäudestruktur
Topologie	-
Präsentationsangaben	Geometrische Präsentationen immer im Modellbereich (keine Planableitungen - oder Papierbereich), Präsentationsinformationen (Farbe, Oberfläche, Rendering, Texturen) werden unterstützt.
Implementation	IFC Entwicklungstools, http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/get-started siehe auch http://www.buildingsmart.de/4/4_01.htm
Unterstützende Produkte	Derzeit ca. 150 Programme in den Bereichen Architektur, technische Gebäudeausrüstung, Ingenieurbau, Statik und Facility Management, Baumanagement, und allgemeine Viewer (weltweit), http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/implementations siehe auch http://www.buildingsmart.de/2/2_01_01.htm

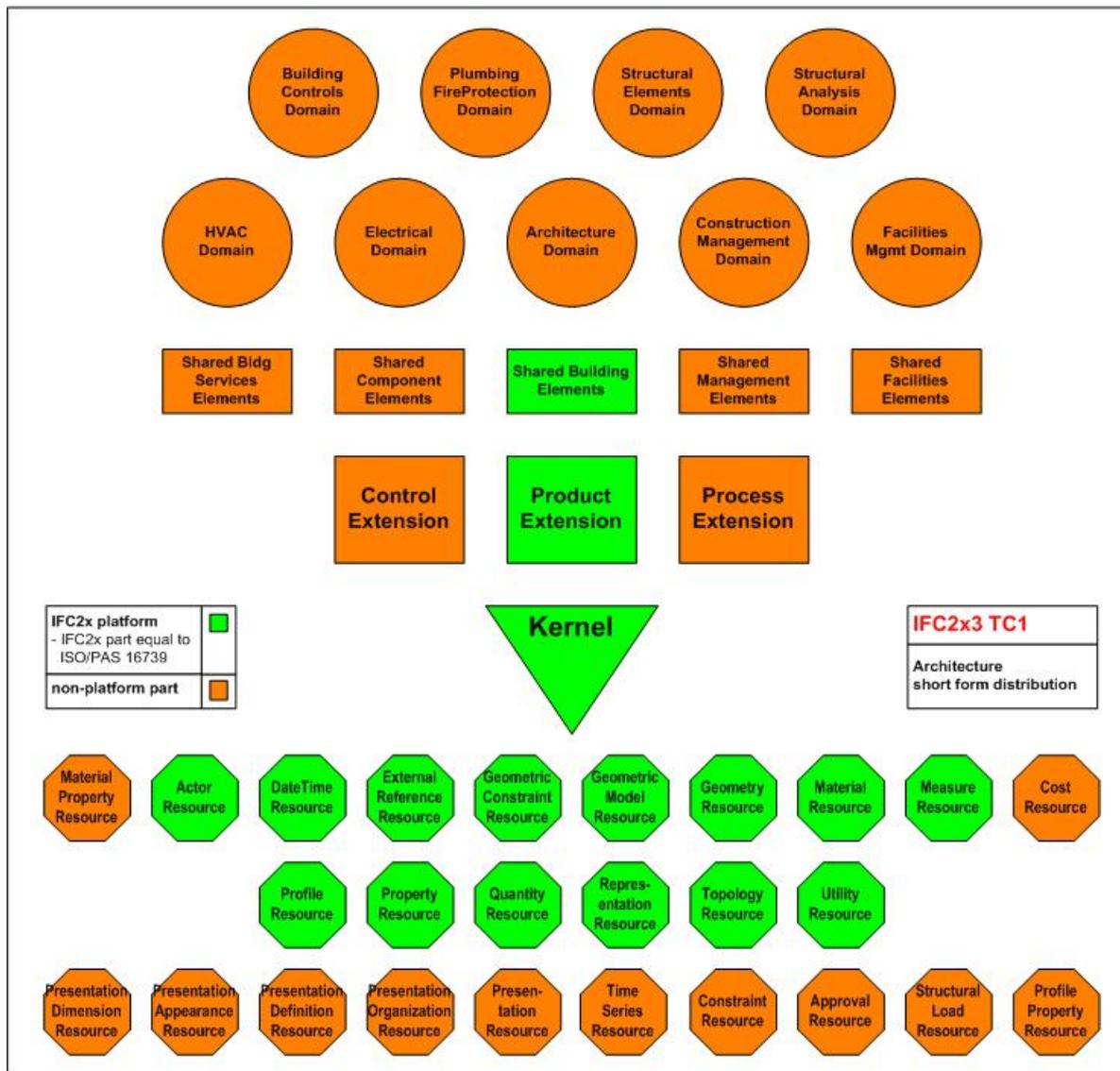
IFC ist modular aufgebaut. Die folgende Grafik zeigt die Komponenten, aus denen IFC Modelle aufgebaut werden können.

Dabei stützen sich die einzelnen Teilbereiche (Domains, z. B. Architektur, Statik, Facility Management) auf einen gemeinsam genutzten Kern aus allgemeinen Ressourcen (z. B. Geometrie, Mengen, Material).

Die Grafik findet sich unter

<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>

und dient dort als Navigationshilfe zum Browsen im Modell.



Mittlerweile hat sich eine Initiative gebildet, die die spezifischen Anforderungen des Straßen- und Brückenbaus berücksichtigt. Sie wurde z.B. Anfang Oktober 2013 in München vorgestellt [LEB13].

3.6.4 LandXML

Name	LandXML
Kurzbeschreibung	<p>LandXML ist ein internationales Datenaustauschformat für Vermessungs- und Tiefbauanwendungen.</p> <p>Die Entwicklung steht zurzeit still, es gibt aber in buildingSmart und OGC Bemühungen, das Format zu übernehmen und weiterzuentwickeln.</p>
Anknüpfungspunkte	LandXML und OKSTRA [®] überschneiden sich an vielen Stellen (z. B. Achse, Gradienten, DGM), mit LandXML können aber auch Eisenbahndaten übertragen werden.
Norm nach ISO/CEN/DIN	-

Verbindlichkeit	-
Verantwortliche Institution	LandXML.org Industry Consortium (siehe http://www.landxml.org/org.htm)
Verbreitung	International
Aktuelle Versionen	1.2, 1.1, 1.0
Objektwelt	Vermessung Digitales Geländemodell Entwurfsdaten (z. B. Achse, Gradiente, Querprofil) Entwässerung
Prozesse	-
Referenzmodell (Schema)	XSD
Kodierungen (Encodings)	XML
Dokumentation	http://www.landxml.org
Objektidentifikation	Objekt-ID (optional) für Hauptobjekte (z. B. Achse, DGM)
Raumbezug	Koordinaten
Topologie	-
Präsentationsangaben	-
Implementation	LandXML SDK (siehe http://www.landxml.org)
Unterstützende Produkte	Straßenentwurfssysteme, Vermessungs- und Tiefbauprogramme siehe u. a. http://www.landxml.org/landxmlapps.htm

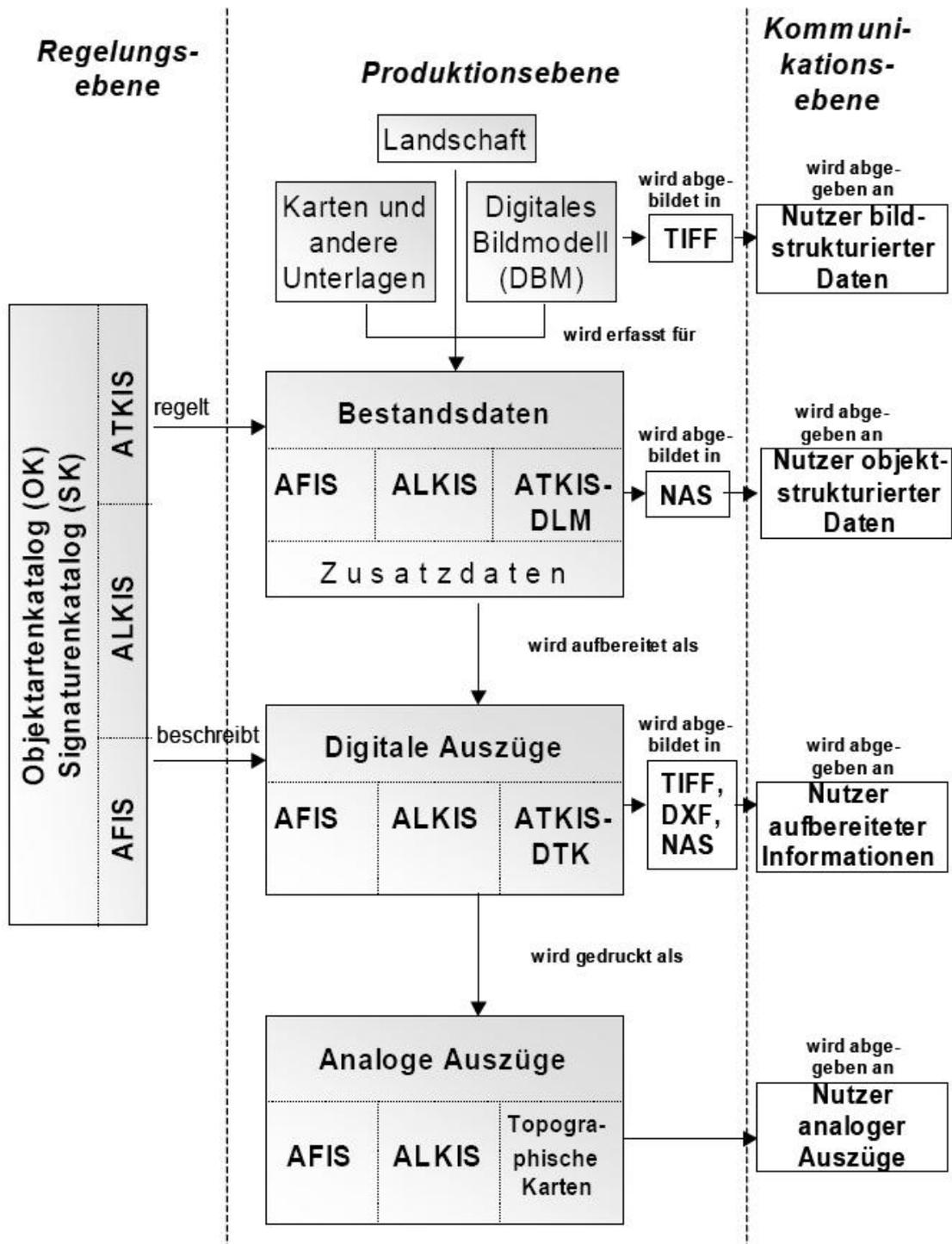
3.6.5 AFIS-ALKIS-ATKIS

Im deutschen Vermessungswesen werden Vermessungsdaten von den hierfür zuständigen Verwaltungen nach den Datenmodellen abgegeben, die in dem „GeoInfoDok“ genannten Regelwerk angegeben sind [GEO]. Im OKSTRA[®] gibt es hierzu teilweise Parallelmodellierungen, etwa das Flurstück aus den Geschäftsprozessen Grunderwerb und Liegenschaftsverwaltung.

Name	AAA
Kurzbeschreibung	Mit Hilfe des AAA-Modells stellen die Vermessungs- und Katasterverwaltungen der Bundesländer raumbezogene Basisdaten (Geobasisdaten) zur Verfügung. Es fasst die folgenden drei Bereiche zusammen: ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem), ALKIS (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) und AFIS (Amtliches Festpunktinformationssystem). Der Datenaustausch erfolgt über die normbasierte Austauschchnittstelle (NAS), die eine XML-Repräsentierung bereitstellt.

Anknüpfungspunkte	Überschneidungen mit dem OKSTRA [®] gibt es in den Bereichen Kataster, Digitales Geländemodell und Vermessungspunkt.
Norm nach ISO/CEN/DIN	-
Verbindlichkeit	Geobasisdaten werden von den Vermessungs- und Katasterverwaltungen zukünftig in diesem Format geliefert (zum Teil heute schon).
Verantwortliche Institution	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)
Verbreitung	Deutschland
Aktuelle Versionen	6.0.1, 6.0
Objektwelt	<p>ATKIS: Digitale Landschafts- und Geländemodelle (enthält z. B. auch Gebäude, Vegetation, Gewässer, Bauwerke), digitale topographische Karten</p> <p>ALKIS: Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK, z. B. Flurstücke) und Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB, z. B. Eigentümerdaten).</p> <p>AFIS: Festpunkte</p>
Prozesse	-
Referenzmodell (Schema)	UML
Kodierungen (Encodings)	XML
Dokumentation	http://www.adv-online.de
Objektidentifikation	Eindeutiger Objektidentifikator (gml:identifier), für alle Fachobjekte zwingend erforderlich
Raumbezug	Koordinaten
Topologie	-
Präsentationsangaben	Präsentationsobjekte für Text und Signaturen, Kartengeometrieobjekte
Implementation	-
Unterstützende Produkte	Programme der Vermessungs- und Katasterverwaltungen, GIS-Programme, Vermessungssoftware, Straßenentwurfssysteme (z. B. BBSOft, CARD/1, ProVI, Stratis, Vestra, ...)

Das folgende Diagramm zeigt das gemeinsame AFIS-ALKIS-ATKIS-Referenzmodell (entnommen aus [GEO]).



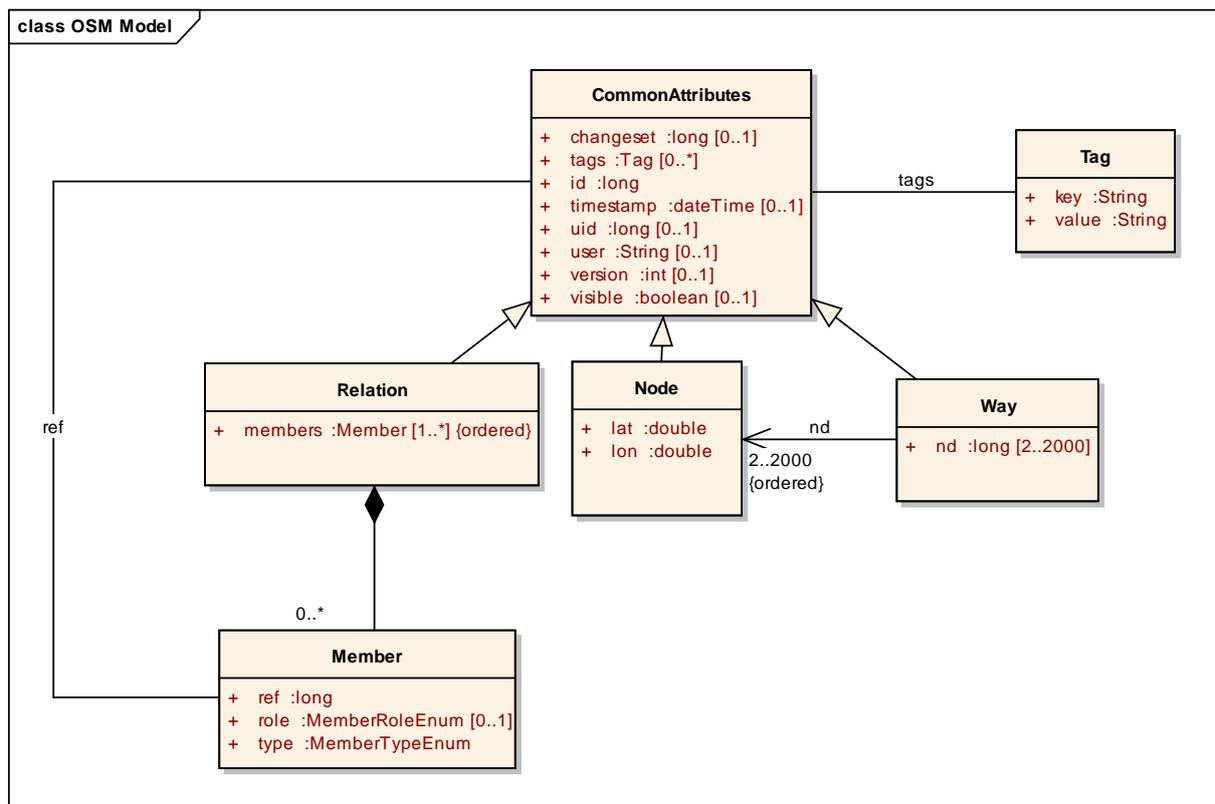
3.7 Open Street Map

Open Street Map (kurz OSM) ist ein Projekt, das zum Ziel hat, Geodaten zu erfassen und bereitzustellen, die jedermann ohne Entgelt und ohne Einschränkung von Nutzungsart und Weitergabe verwenden kann; lediglich der Verweis auf Open Street Map als Datenquelle ist erforderlich. Wie der Name andeutet, ist ein wesentlicher Nutzen die Abbildung des Straßen- und Wegenetzes. Das zugrundeliegende Netzmodell ist außerdem tauglich für Routingaufgaben. Für OSM gibt es unter [OSM1] eine Dokumentation für Entwickler.

Name	OpenStreetMap OSM
Kurzbeschreibung	OpenStreetMap.org ist ein im Jahre 2004 gegründetes internationales Projekt mit dem Ziel, frei nutzbare Geodaten zu sammeln und eine freie Weltkarte zu erschaffen.
Anknüpfungspunkte	Nutzung durch Straßenbauverwaltungen z. B. für Verkehrsinformationsdienste
Norm nach ISO/CEN/DIN	n/a
Verbindlichkeit	Keine
Verantwortliche Institution	OpenStreetMap Foundation (internationale Non-Profit Organisation zur Entscheidungsfindung und Verantwortung für das Projekt)
Verbreitung	sehr weite Verbreitung in zahlreichen Bereichen
Aktuelle Versionen	v0.6 (Version der API zum Editieren der Rohdaten, entspricht der aktuellen Version der Architektur des OSM-Modells) Kartendaten selbst: wöchentliches Update
Objektwelt	Kartendaten, dabei insbesondere relevant <ul style="list-style-type: none"> • Straßen- und Wegenetz • POI
Prozesse	Bereitstellung von Kartendaten Bereitstellung von Kartendarstellungen Routenberechnung und Navigation
Referenzmodell (Schema)	n/a
Kodierungen (Encodings)	OSM-XML daneben werden weitere Formate angeboten und genutzt: <ul style="list-style-type: none"> • PBF: hoch-komprimiertes Binärformat • o5m: Binärformat (PBF-Kodierung) entsprechend der Struktur des XML-Formats, optimiert für möglichst schnelle Datenverarbeitung
Dokumentation	http://www.openstreetmap.org http://wiki.openstreetmap.org
Objektidentifikation	keine verpflichtenden Regelungen
Raumbezug	Koordinaten (WGS84)
Topologie	Das Datenmodell erlaubt den Aufbau eines routingfähigen Knoten-Kanten-Modells (nodes, ways, relations). Einbahnstraßenregelungen und Abbiegerestriktionen können abgebildet werden.

Präsentationsangaben	Keine
Implementation	OpenSource
Unterstützende Produkte	zahlreiche Produkte unterstützen/nutzen OSM (v.a. Nutzung Karten/Kartendaten)

Das Objektmodell ist vollständig generisch, es kann für alle Arten geometrischer Strukturen verwendet werden. So ist z. B. das Konzept Fläche nicht explizit abgebildet, sondern über das *tag key="area"*. Um eine sinnvolle Verbindung mit der Objektwelt des OKSTRA[®] herzustellen, muss man die für Infrastruktureinrichtungen des Verkehrs fachlichen tags und relations kennen, zusätzlich zu denen, die allgemeine Eigenschaften (und Beziehungen) für Geometrien abbilden.



Den OSM-Grundelementen (nodes, ways, areas) werden Attribute in Form von Schlüssel-Wert-Paaren zugewiesen. In einem allgemeinen Erfassungsleitfaden [OSM2] wird festgelegt, welche Basiseigenschaften der Kartenobjekte durch welche Datenrepräsentation ausgedrückt werden sollten. Neben dem allgemeinen Erfassungsleitfaden existiert ein Leitfaden zur Attributierung von Straßen in Deutschland [OSM3].

Zum besseren Verständnis der Definition der Kartenobjekte mit Schlüssel-Wert-Paaren nachfolgend einige exemplarische Beispiele aus [OSM2]:

Beispiele zum Tagging von Straßen

Schlüssel (key)	Wert (value)	Element	Kommentar
highway	motorway	way	Autobahn, Straße mit baulich getrennten Fahrtrichtungen und besonderen Nutzungsbeschränkungen. Zusätzlich sollten oneway=yes ref=A x (mit x = Autobahnnummer)

			gesetzt werden.
highway	motorway_link	way	Autobahn-Zubringer oder Autobahnanschlussstelle
highway	motorway_junction	node	Autobahnausfahrt. ref sollte die Nummer oder andere ID der Ausfahrt enthalten. Kann auch für nicht-Autobahnen verwendet werden.
highway	primary	way	Bundesstraßen. Hauptverbindungsstraße unter zentraler Verwaltung (Bund), die meist größere Städte verbindet und dem überregionalem Verkehr dient. Außerdem: Straßen mit übergeordneter Verkehrsbedeutung (beispielsweise mindestens 10.000 Kfz / Tag)
highway	secondary	way	Land-, (Staats-,) oder sehr gut ausgebaute Kreisstraße. Straße mit Mittellinie, die kleinere Städte oder größere Orte verbindet. Diese Straßen dienen dem zwischen-regionalem Verkehr.
highway	tertiary	way	Kreisstraße, sehr gut ausgebaute Gemeindeverbindungsstraße. Auch: Innerstädtische Vorfahrtstraßen mit Durchfahrtscharakter (urban).
highway	living_street	way	Verkehrsberuhigter Bereich (umgangssprachlich auch „Spielstraße“)
highway	residential	way	Straße an und in Wohngebieten, die keiner anderen Straßenklasse angehört (unclassified, secondary, usw.)
highway	bus_stop	node	Bushaltestelle
highway	crossing	node	Fußgängerüberweg
highway	traffic_signals	node	Ampel
junction	roundabout	node way	Kreisverkehr

In [OSM3] wird explizit darauf hingewiesen, dass die Verwaltungsklassen Bundesstraße, Landes-/Staatsstraße und Kreisstraße bei der Unterscheidung zwischen den Attributen highway=primary, highway=secondary und highway=tertiary nur als Richtschnur dienen und nicht 1:1 zu übernehmen sind. Die OSM-Attribute beschreiben somit die Verkehrsbedeutung in der jeweiligen Umgebung und nicht zwangsläufig Verwaltungszuständigkeiten. Erfasser mit Ortskenntnis sollen durchaus bewusst vom Schema abweichen.

Beispiele zum Tagging von Straßeneigenschaften

Schlüssel (key)	Wert (value)	Element	Kommentar
cycleway	lane / opposite / opposite_lane / opposite_track / shared / share_busway / shared_lane / track	way	Fahrradwege
lanes	<Zahl>	way	Anzahl der Fahrstreifen für den Verkehrsgebrauch (inkl. Busspuren und Streifen für andere Fahrzeugklassen). Zusätzlich zur Gesamtanzahl der Fahrstreifen kann auch die Anzahl der Fahrstreifen für den öffentlichen Verkehr mit lanes:psv=*, für Busse mit lanes:bus=* und für Taxis mit lanes:taxi=* angegeben werden.
maxspeed	<Zahl> / signals / none	node, way, area	<Zahl>: Angabe der zulässigen Höchstgeschwindigkeit signals: Die (variable) zulässige Höchstgeschwindigkeit wird durch Signalanlagen geregelt. none: Es existiert keine rechtliche Beschränkung der

			Höchstgeschwindigkeit. Gelten unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten für verschiedene Fahrzeugarten, können diese mittels maxspeed:<fahrzeug>=* angegeben werden. Gelten unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten pro Fahrtrichtung, können diese mittels maxspeed:forward=* bzw. maxspeed:backward=* angegeben werden, wobei sich forward auf die Höchstgeschwindigkeit in Richtung des OSM-Weges bezieht und backward auf die Höchstgeschwindigkeit in Gegenrichtung. Gelten unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten pro Fahrspur, können diese mittels maxspeed:lanes=* angegeben werden.
maxheight	<Zahl> none	way area	Höhenbeschränkung für die Straße. Für Brücken an denen keine Höhenangabe ausgeschildert ist (meistens bei ausreichend hohen Brücken über Bundesstraßen usw.) verwende maxheight=none.
junction	roundabout	node way	Kreisverkehr
tunnel	yes	way	Tunnel
turn	left / slight_left / sharp_left /through / right / slight_right / sharp_right / reverse / merge_to_left / merge_to_right / none	way	Der Schlüssel turn=* wird verwendet, um die angezeigte Folgerichtung eines Weges oder einer Spur anzugeben. Er wird verwendet ab der ersten Anzeige mittels Fahrbahnmarkierung, Schild oder ähnlichem bis zur zugehörigen Kreuzung bzw. dem Ende des Fahrstreifens.
restriction	only_right_turn / only_left_turn / only_straight_on / no_left_turn / no_right_turn / no_straight_on / no_u_turn	relation	Eine restriction-Relation dient der Definition von Abbiegebeschränkungen an Kreuzungen oder Einmündungen. Das Abbiegeverbot kann mit zusätzlichen Tags (day_on, day_off, hour_on, hour_off) zeitlich eingeschränkt werden. Mit dem zusätzlichen Tag except können einzelne Fahrzeugtypen ausgenommen werden.

OSM-Daten werden auch von Straßen- und Verkehrsverwaltungen genutzt, z. B. im entstehenden Verkehrsinformationsportal VERKEHR.NRW von Straßen.NRW.

3.8 Projekte in europäischen Nachbarländern

Einem Beitrag zum OKSTRA[®]-Symposium 2011 zu einem Projekt namens GraphenIntegrationsPlattform in Österreich ist zu entnehmen, dass sich auch die Nachbarländer Deutschlands mit ähnlichen Fragen befassen, wie sie das vorliegende FE-Projekt aufwirft:

„OKSTRA hat sich als Standard für die Verwaltung von Objekten mit Straßenbezug bewährt und ist in den letzten Jahren sukzessive ausgebaut worden. (...)

Zunehmende Herausforderungen ergeben sich jedoch an zwei Punkten:

- Parallele Datenpflege von identen oder zumindest inhaltlich ähnlichen Objekten in anderen Systemen und unter Nutzung anderer Standards (wie GDF, OpenStreetMap oder INSPIRE).
- Nutzung der Daten durch Dritte, insbesondere für Mobilitätsfragen (Verkehrsmanagement, Routing, ...) und für Anwendungen im Bereich der Verkehrstelematik.

Im vorliegenden Beitrag werden diese Herausforderungen als Ausgangslage zusammenfassend vorgestellt und in ihren Konsequenzen / Anforderungen beschrieben. Darauf aufbauend wird der Ansatz der GraphenIntegrationsPlattform GIP erläutert, wie er in österreichischen Verwaltungen in den letzten fünf Jahren als Lösungsansatz für die skizzierten Problemstellungen entwickelt wurde.“ [KOL11]

Bei der Fa. PRISMA Solutions wurde eine Nachfrage nach technischen Ressourcen zum Gebrauch im vorliegenden Forschungsprojekt eingereicht, leider ohne Erfolg.

3.9 ISO-Norm 19148

ISO 19148 (Geographic Information – Location based services – Linear referencing system) definiert einen allgemeinen konzeptionellen Standard für die Verortung von Eigenschaften auf linearen Strukturen. Im Sinne der Modellierung handelt es sich um ein Metamodell, in das sich spezifische Referenzierungsmethoden wie z. B. die von GDF oder dem OKSTRA[®] übersetzen lassen. Der Standard ist internationale Norm.

Eine besondere Bedeutung erhält diese Norm im vorliegenden Kontext dadurch, dass die Version 3.3.0 der Geography Markup Language GML die Verortung von Features mit den Mitteln zulässt, die in der Norm beschrieben werden. Auch für die nächste Version der INSPIRE Data Specifications für Netze ist die Nutzung des Standards angekündigt, und das generische Linearreferenzierungsmodell für Datex II ist nach eigener Aussage normkonform.

Die grundlegenden Konzepte werden hier grafisch dargestellt. UML-Modelle sind in der zugehörigen Normungsliteratur zu finden [ISO112] und werden hier aus Urheberrechtsgründen nicht wiedergegeben. Die folgenden Ausführungen sind eine Kurzfassung der relevanten Ausführungen aus [KSW11] sowie einem Vortrag zum OKSTRA[®]-Symposium 2011 [WE111]

LR_LinearElement

Diese Klasse beschreibt das allgemeine Verortungselement des Standards. Ein *LR_LinearElement* kann geometrisch (als Kurve) oder topologisch (als Graphenkante) charakterisiert sein (siehe die folgenden Abschnitte). Falls es keine der beiden Charakterisierungen aufweist, muss es wenigstens ein Feature im Sinne von ISO 19109 sein. Die einzige Voraussetzung, die gemacht wird, ist, dass es auf dem *LR_LinearElement* ein eindimensionales Maß gibt, mit dem sich Orte auf dem Element unterscheiden lassen.

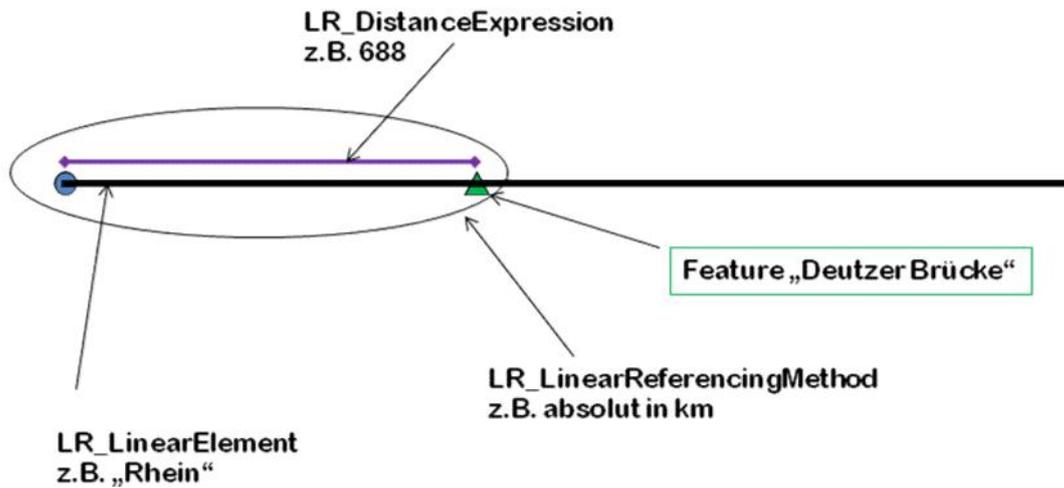
LR_PositionExpression

Ortsreferenzen werden durch Objekte vom Typ *LR_PositionExpression* ausgedrückt. Eine Ortsreferenz besteht aus

- der Angabe des Verortungselements, also des *LR_LinearElements*,
- der Verortungsmethode,
- der Verortung, gegeben als Maß bezogen auf den Anfang des Verortungselementes oder einen Referenzort. Der Typ hierfür ist *LR_DistanceExpression*.

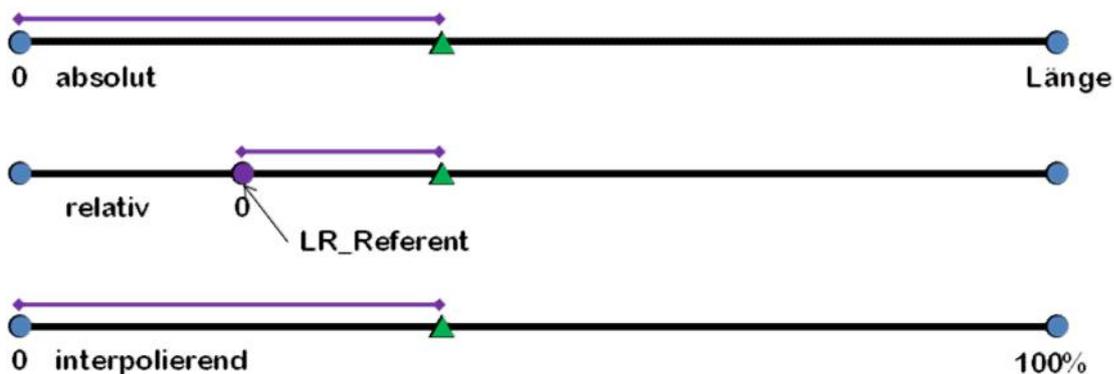
Ortsreferenzen können Features im Sinne der ISO 19109 als Eigenschaften zugeschrieben werden.

LR_PositionExpression



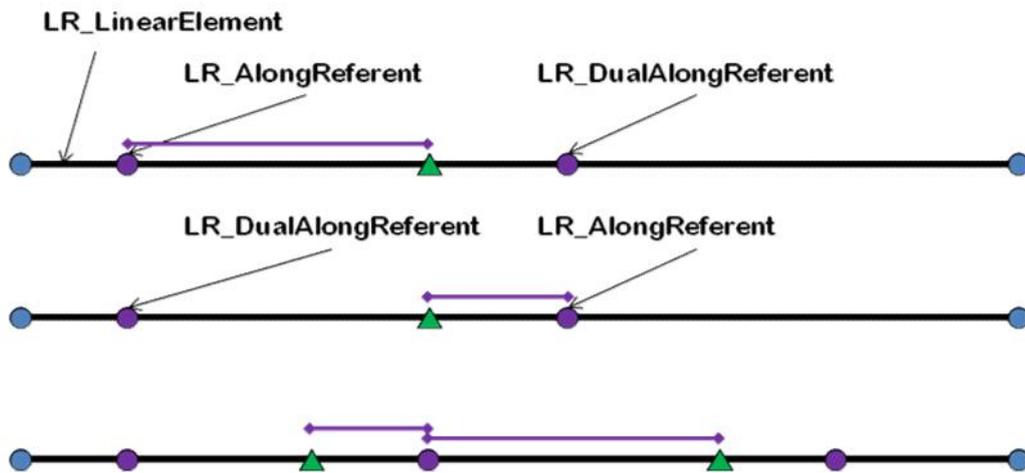
Die Verortungsmethode kann absolut sein (gemessen wird vom Anfang des Verortungselementes, relativ (gemessen wird von einem in der Ortsreferenz gegebenen Referenzort, s. o.) oder interpolativ (z. B. als Prozentwert bezogen auf die Länge). Der Typ hierfür ist *LR_LinearReferencingMethod*.

LR_LinearReferencingMethod

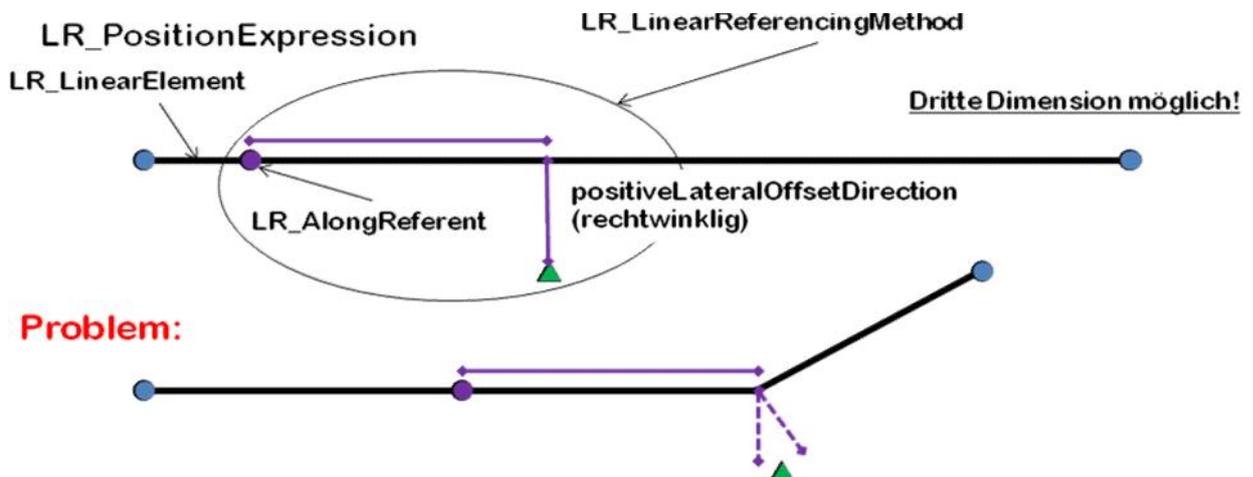


Falls die Verortung relativ zu auf dem Element gelegenen Referenzorten geschieht, muss das Bezugs-Verortungselement ein *LR_Feature* sein (s. o.); es enthält dann eine Reihe von Referenzorten vom Typ *LR_Referent*. Diese können optional geometrisch als *GM_Point* oder selbst wieder per Linearreferenzierung als *LR_PositionExpression* verortet sein.

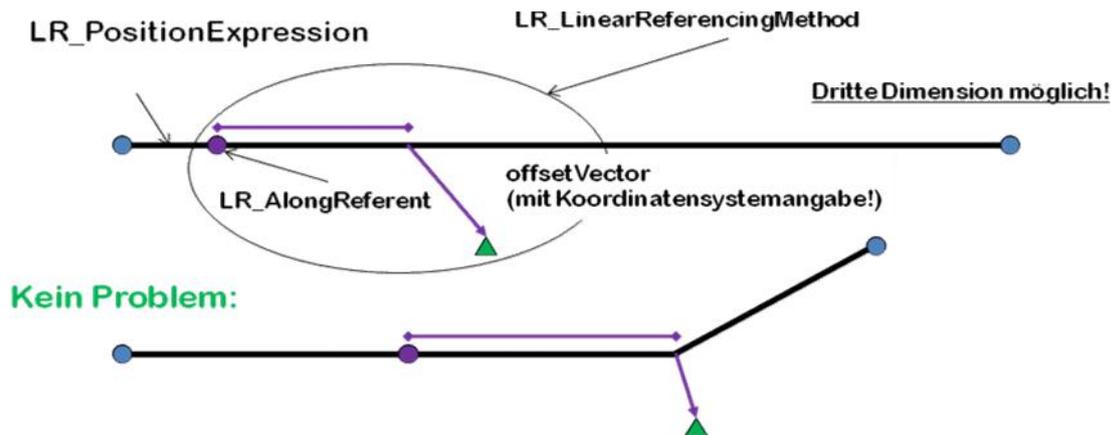
LR_PositionExpression



Sollen auch laterale und vertikale Offsets für Eigenschaften berücksichtigt werden, die nicht auf dem Verortungselement selbst, sondern abseits davon liegen, so wird für die Verortung statt einer *LR_DistanceExpression* eine *LRO_LateralOffsetDistanceExpression* verwendet. Diese enthält zusätzlich vertikale und/oder laterale, senkrecht gemessene Abstände vom Ort, der durch die lineare Referenzierung auf dem *LR_LinearElement* bestimmt ist.

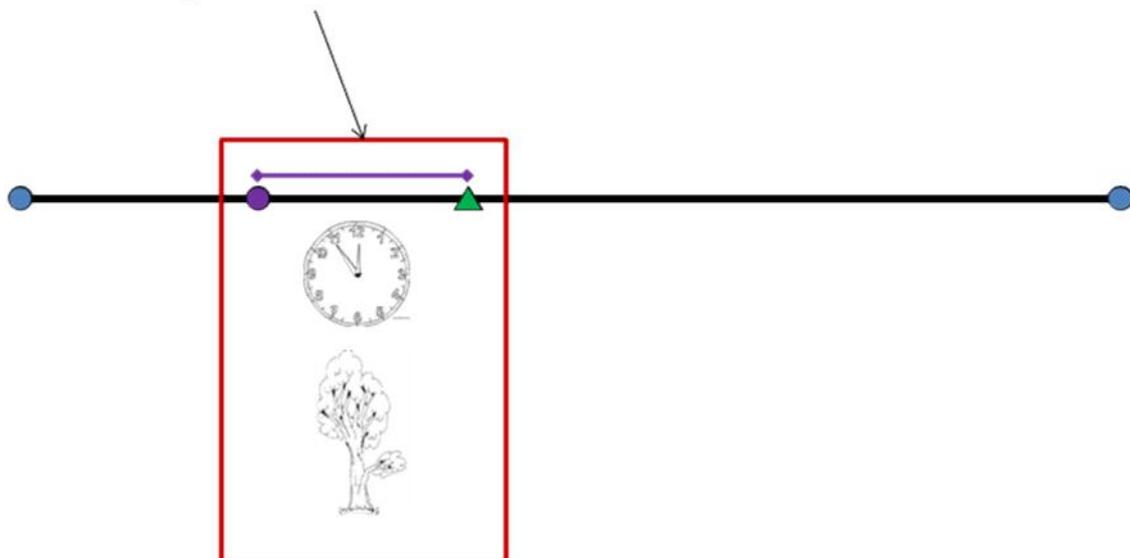


Statt Abständen können für solche abseits liegenden Eigenschaften auch Vektoren in einem räumlichen Koordinatensystem angegeben werden. Der Ursprung eines solchen Vektors ist wieder der Ort, der durch die lineare Referenzierung auf dem *LR_LinearElement* bestimmt ist. Der Typ für solche Angaben ist *LROV_VectorOffsetDistanceExpression*.



Die Pakete LE und LS definieren einen Referenzierungsmechanismus ähnlich den Punkt- und Streckeneigenschaften im OKSTRA[®], d. h. Klassen für „Aufhängerobjekte“ für Fachdaten.

**LE_Event = Lineare Ortsangabe
+ Zeitangabe + fachlicher Inhalt**



3.10 Basisstandards des W3C

Das World Wide Web Consortium (W3C) ist die Institution, die die Standards erarbeitet, die den Datentransport im World Wide Web (landläufig „dem Internet“) regeln. Viele dieser Standards basieren auf XML. Es handelt sich dabei zumeist nicht um Fachstandards, also solche, die wie der OKSTRA[®] Modelle für ein umrissenes technisch-wissenschaftliches Fachgebiet bereitstellen, sondern um Standards, die fachübergreifend Basisfunktionen abbilden. Aus der Vielzahl dieser Standards sind hier beispielhaft die folgenden herausgegriffen.

3.10.1 Formatierter Text: HTML

HTML ist die Sprache, die es erlaubt, miteinander über Internetadressen (URLs) verbundene Textdokumente (Hypertext) in einem Internetbrowser für einen Menschen lesbar darzustellen. HTML-Fragmente werden im OKSTRA[®] jetzt schon genutzt, um Textformatierungen zu übertragen (Objektart *Beschriftung*, Attribut *Text*).

Eine weitergehende, zz. nicht genutzte Möglichkeit bestünde darin, in OKSTRA[®]-Daten in solchen Dokumentationen auch andere Inhalte als Text, z.B. Bilder, eingebettet oder als Verweise (links) zu transportieren.

3.10.2 MathML

MathML ist eine Sprache, die mathematische Formeln mit Hilfe einer XML-Grammatik ausdrücken kann.

3.10.3 Vektorgrafik: SVG

SVG (Scalable Vector Graphics) ist eine Sprache, die es erlaubt, Zeichnungen zu kodieren. Der OKSTRA[®] unterstützt zz. keinen Transport von Präsentationsgraphik, es sind jedoch Anwendungsfälle denkbar, wo dies nützlich wäre, z.B. Übertragung von Plänen im Entwurf (Ausgestaltung für *Allgemeine Geometrieobjekte*).

4 Anwendungsfälle

Die folgenden Abschnitte beschreiben mögliche Szenarien für einen kombinierten Datenaustausch von OKSTRA[®]-kodierten Daten und solche, die sich nach einem Nachbarstandard richten. Die „Nachbarn“ werden nach dem Alphabet abgehandelt.

4.1 AFIS-ALKIS-ATKIS

Name	Grunderwerb
Kurzbeschreibung	Austausch von Grunderwerbsdaten zusammen mit den Basisdaten (Flurstücke mit Eigentümern)
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , AAA
Prozesse	Grunderwerb
Datenfluss zwischen Systemen	Entwurfssystem (ES) Straße/Grunderwerb -> ES Straße/Grunderwerb ES Straße/Grunderwerb -> Liegenschaftsverwaltung
Relevante Regelwerke	RE
Wichtigkeit	Mäßige Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Auf Anforderung
Status	Getrennter Austausch und Zusammenführung im importierenden System, wenn Schnittstellen die hierfür vorgesehenen OKSTRA [®] - Objekte nicht unterstützen.

Name	DGM
Kurzbeschreibung	Austausch von Straßendaten inklusive Raster-DGM aus den Geobasisdaten der Bundesländer
Beteiligte	OKSTRA [®] , AAA

Standards	
Prozesse	Vorplanung
Datenfluss zwischen Systemen	ES Straßenplanung -> ES Straßenplanung
Relevante Regelwerke	RAA, RAL/RAS, RASt
Wichtigkeit	Geringe Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Selten
Status	Getrennter Austausch und Zusammenführung im importierenden System

4.2 CityGML

Name	Visualisierung
Kurzbeschreibung	Austausch von Straßendaten inklusive der angrenzenden Gebäude und Infrastruktur im Hinblick auf eine Visualisierung der Planung
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , CityGML
Prozesse	Visualisierung
Datenfluss zwischen Systemen	Entwurfssystem (ES) Straßenplanung -> ES Straßenplanung ES Straßenplanung -> Visualisierungsprogramm
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	Mäßige Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Selten
Status	Zur Zeit sind keine ES Straßenplanung mit CityGML-Schnittstelle bekannt

Name	Verkehrssimulation
Kurzbeschreibung	Austausch von Straßendaten inklusive der angrenzenden Gebäude und Infrastruktur im Hinblick auf eine Verkehrssimulation
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , CityGML
Prozesse	Simulation
Datenfluss	ES Straßenplanung -> Simulationsprogramm

zwischen Systemen	
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	Mäßige Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Selten
Status	Zur Zeit sind keine ES Straßenplanung mit CityGML-Schnittstelle bekannt

4.3 IDMVU

Name	Bestandsdokumentation von Straßen- und Busliniendaten
Kurzbeschreibung	<p>Austausch von Straßendaten inklusive der darauf vorhandenen Buslinien und sowie weiteren für den ÖPNV relevanten Infrastrukturobjekten (Haltestellenausstattung etc.) im Hinblick auf die Bestandsdokumentation.</p> <p>Anmerkung: In diesem Anwendungsfall erfolgt nicht nur der Datenaustausch, sondern auch die Datenhaltung hybrid, d. h. für Teile der Daten gemäß OKSTRA[®] und für Teile gemäß IDMVU.</p>
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , IDMVU
Prozesse	<p>Erstversorgung eines datenhaltenden Systems mit den Daten eines anderen Systems</p> <p>Aktualisierung der Daten eines datenhaltenden Systems</p> <p>Synchronisierung von Systemen</p>
Datenfluss zwischen Systemen	Datenfluss zwischen den jeweils verwendeten datenhaltenden (GIS-)Systemen
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	in den Fällen Aktualisierung/Synchronisierung bei entsprechend gewählter IT-Architektur unverzichtbar
Häufigkeit	<p>Erstversorgung: selten</p> <p>Aktualisierung: häufiger</p> <p>Synchronisierung: ständig</p>
Status	Zur Zeit sind keine datenhaltenden Systeme mit kombinierter OKSTRA [®] - und IDMVU-Schnittstelle bekannt

4.4 IFC

Name	Gebäude
Kurzbeschreibung	Austausch von Gebäudedaten inklusive der Infrastrukturanbindung im Rahmen eines Hochbauprojekts (BIM)
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , IFC
Prozesse	Vorplanung, Entwurfsplanung, Ausführungsplanung
Datenfluss zwischen Systemen	Entwurfssystem (ES) Straßenplanung -> Hochbauprogramm Hochbauprogramm -> ES Straßenplanung
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	Mäßige Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Auf Anforderung
Status	Zur Zeit sind keine ES Straßenplanung mit IFC-Schnittstelle bekannt

Name	Brücke
Kurzbeschreibung	Austausch von Straßendaten inklusive Brücken (IFC-Brückenmodell ist aktuell in der Entwicklung)
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , IFC
Prozesse	Entwurfsplanung, Ausführungsplanung
Datenfluss zwischen Systemen	ES Straßenplanung -> ES Brückenplanung ES Brückenplanung -> ES Straßenplanung ES Straßenplanung -> ES Straßenplanung
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	Erhebliche Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Regelmäßig
Status	Zur Zeit sind keine ES Straßenplanung mit IFC-Schnittstelle bekannt, IFC-Brückenmodell ist noch in der Entwicklung

4.5 ISYBAU

Name	Planung
Kurzbeschreibung	Austausch von Straßendaten inklusive der Entwässerung (zwischen Auftraggeber und Ingenieurbüro sowie zwischen Ingenieurbüros)
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , ISYBAU
Prozesse	Vorplanung, Entwurfsplanung, Ausführungsplanung
Datenfluss zwischen Systemen	Entwurfssystem (ES) Straßenplanung -> ES Entwässerung ES Entwässerung -> ES Straßenplanung ES Straßenplanung -> ES Straßenplanung
Relevante Regelwerke	RAA, RAL/RAS, RAS _t , RAS-Ew
Wichtigkeit	Erhebliche Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Regelmäßig
Status	Austausch in getrennten Dateien und evtl. manuelle Zusammenführung im importierenden System

Name	Grundlagendaten
Kurzbeschreibung	Grundlagendaten (Straße + Entwässerung) für die Planung zur Verfügung stellen
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , ISYBAU
Prozesse	Vorplanung, Entwurfsplanung
Datenfluss zwischen Systemen	Straßeninformationsbank -> ES Straßenplanung ES Straßenplanung -> ES Straßenplanung
Relevante Regelwerke	ASB, RAA, RAL/RAS, RAS _t , RAS-Ew
Wichtigkeit	Erhebliche Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Auf Anforderung
Status	Austausch in getrennten Dateien und evtl. manuelle Zusammenführung im importierenden System

Name	Bestandsdokumentation
Kurzbeschreibung	Übernahme von Planungsdaten (Straße + Entwässerung) in den Bestand
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , ISYBAU

Prozesse	Übernahme in die Bestandsverwaltung
Datenfluss zwischen Systemen	ES Straßenplanung -> Straßeninformationsbank
Relevante Regelwerke	ASB, RAA, RAL/RAS, RASSt , RAS-Ew
Wichtigkeit	Erhebliche Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Regelmäßig
Status	Austausch in getrennten Dateien und evtl. manuelle Zusammenführung im importierenden System

4.6 Verkehr

Unter dieser Überschrift sind Anwendungsfälle zusammengefasst, die einen oder mehrere Standards aus dem Bereich Verkehrsmanagement und Verkehrstelematik involvieren.

Name	„MDM als Datenvermittler zwischen kommunaler Straßenbewirtschaftung und Verkehrsinformationsdiensten“
Kurzbeschreibung	Erschließung von Daten aus der kommunalen Straßenbewirtschaftung (Baustellen, Ereignisse) für Verkehrsinformationsdienste
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , DATEX II, OSM
Prozesse	Baustellenmanagement, Genehmigung von Baumaßnahmen, Aufbrüchen, verkehrlichen Sondernutzungen, Verkehrsinformationsmanagement
Datenfluss zwischen Systemen	Systeme der kommunalen Straßenbewirtschaftung (Baustellenmanagement, Baustellenkataster, Genehmigungen) (OKSTRA [®] , OSM) – Mobilitäts Daten Marktplatz MDM (DATEX II) – Systeme der Verkehrsinformation/Verkehrstelematik (DATEX II, RDS TMC, GDF...)
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	Erhebliche Nutzenpotenziale
Häufigkeit	regelmäßig, bis hin zum zyklischen Online-Prozess
Status	Auf der Website des KIM-Straße e.V. wird unter dem Titel „Die kommunale Baustelle im Navi“ [KBN] ein von der Bundesanstalt für Straßenwesen gefördertes Projekt vorgestellt, in dem Verkehrsinformationsdienste mit Daten zu Baustellen oder anderen Ereignissen versorgt werden können, die die Nutzung des Straßennetzes einschränken. Technisch basiert das Projekt auf dem Mobilitätsdatenmarktplatz (MDM), der über einen DATEX-II-basierten Datenaustausch von „Access Points“

	bedient wird. Diese wiederum erhalten ihre Daten aus kommunalen Datenquellen über OKSTRA [®] . Über den MDM können die Verkehrsinformationsdienste dann auf die Ereignisdaten zugreifen. (Genauer Projekttitel: „Mobilitäts Daten Marktplatz als Datenvermittler zwischen der kommunalen Straßenbewirtschaftung und Verkehrsinformationsdiensten“)
--	---

Name	Versorgung einer VMZ/VRZ mit Netz- und Bestandsdaten aus einer SIB
Kurzbeschreibung	Übernahme der relevanten Netzdaten inkl. netznahen Bestandsdaten aus einer SIB als Datengrundlage für die Versorgung einer VMZ/VRZ, siehe auch BAST-Projekt „Analyse der Regelwerke und Ordnungssysteme/Ortsreferenzierungssysteme der Bereiche Straßeninformationssysteme und Verkehrssysteme“
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , RDS/TMC, GDF, Bundeseinheitliche VRZ
Prozesse	Netz-/Bestandsdatenpflege, Versorgung
Datenfluss zwischen Systemen	SIB (ASB/OKSTRA [®]), VRZ/VMZ (RDS/TMC, Bundeseinheitliche VRZ, ggf. GDF)
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	mäßige Arbeitserleichterung, u.U. hohe Kosteneinsparung (durch Entfall der Beschaffung kommerzieller Kartendaten)
Häufigkeit	Selten
Status	Entsprechende Datenaustauschprozesse existieren bereits z. B. in NRW (Beispiel CentroMap) und in Baden-Württemberg.

Name	Versorgung einer SIB mit Fachdaten aus einer VMZ/VRZ
Kurzbeschreibung	Integration von Fachdaten aus dem Bereich ITS in SIB-Systeme, z. B. Integration von Informationen zur verkehrstechnischen Infrastruktur in Systeme zur Instandhaltungsplanung etc., siehe auch BAST-Projekt „Analyse der Regelwerke und Ordnungssysteme/Ortsreferenzierungssysteme der Bereiche Straßeninformationssysteme und Verkehrssysteme“
Beteiligte Standards	Bundeseinheitliche VRZ, GDF, OKSTRA [®]
Prozesse	Bestandsdatenpflege, Infrastrukturkataster
Datenfluss zwischen Systemen	VRZ/VMZ (Bundeseinheitliche VRZ) / GDF - SIB (ASB/OKSTRA [®])

Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	mäßige Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Selten
Status	Ein entsprechendes Vorgehen wird z. B. im Rahmen des Projektes „Bundesweite Straßennetzgrundlage“ verfolgt.

Name	Verkehrsmeldungen
Kurzbeschreibung	Erzeugung von Verkehrsmeldungen aus Störungs- und/oder Schadensmeldungen aus Instandhaltungsmanagementsystemen, siehe auch BAST-Projekt „Analyse der Regelwerke und Ordnungssysteme/ Ortsreferenzierungssysteme der Bereiche Straßeninformationssysteme und Verkehrssysteme“
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , DATEX II
Prozesse	Instandhaltungsmanagement, Verkehrsinformationsmanagement
Datenfluss zwischen Systemen	Instandhaltungsmanagement (OKSTRA [®]) – Verkehrsinformationssysteme (DATEX II, RDS-TMC, ...)
Relevante Regelwerke	
Wichtigkeit	mäßige Arbeitserleichterung
Häufigkeit	Regelmäßig
Status	Es ist keine Realisierung bekannt.

Name	Publikation von Fachdaten aus einer SIB über den MDM
Kurzbeschreibung	Transport von OKSTRA [®] -Datenbeständen über den Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM), somit Erschließung von Bestandsdaten (z.B. Bauwerksdaten) aus der Straßenbewirtschaftung z.B. für Verkehrsinformationsdienste
Beteiligte Standards	OKSTRA [®] , DATEX II, „MDM Container Format“
Prozesse	Verkehrsinformationsmanagement, Navigation/Routing insbesondere für Schwerlastverkehre o.ä.
Datenfluss zwischen Systemen	SIB (Bestandsdaten, z.B. zu Bauwerken) (OKSTRA [®]) – Mobilitäts Daten Marktplatz MDM (DATEX II / MDM Container Format) – Systeme der Verkehrsinformation/Verkehrstelematik (DATEX II, RDS TMC, GDF...)
Relevante	

Regelwerke	
Wichtigkeit	mäßige Arbeitserleichterung
Häufigkeit	selten
Status	es ist keine Praxisumsetzung bekannt der Anwendungsfall ist Gegenstand des Prototypings, vgl. Kap 9.2

5 Verknüpfungen von Standards

Damit eine Verknüpfung von Standards einen Niederschlag bei den OKSTRA[®]-Schnittstellen in existierenden Software-Anwendungen findet, müssen deren Hersteller gegenüber dem jeweils aktuellen Stand der Produkte einen wirtschaftlichen und technischen Mehrwert erkennen. So wurden in der Vergangenheit teilweise Nachmodellierungen von Objektarten anderer Modelle von den Herstellern sogar explizit gefordert, um alle Daten für einen bestimmten Anwendungsfall über eine Schnittstelle austauschen zu können.

Als *Nachbarstandard* wird ein standardisiertes Regelwerk bezeichnet, das mit dem OKSTRA[®] fachliche Überschneidungen oder Berührungspunkte aufweist und ein Datenmodell definiert. Dieses Modell wird im Folgenden als *Nachbarmodell* bezeichnet.

Unter dem Stichwort *Konzepte* werden im Folgenden Subschemata, Objektarten (Klassen), Eigenschaften (Attribute, relationale Bezüge), Wertekataloge usw. zusammengefasst. Beziehen sich diese auf ein Nachbarmodell, so werden diese Bezeichnungen mit dem Vorsatz *Fremd-* versehen, also z.B. *Fremdobjektart*.

Daten, die gemäß dem Nachbarmodell strukturiert sind, werden als *nachbarkonform* bezeichnet.

Auf der Ebene der Objektinstanzen werden die Begriffe *Fremdobjekt*, *Fremdinhalt* (die in den Fremdobjekten abgelegten Daten) und *Fremdreferenz* (Verweis auf ein Fremdobjekt im OKSTRA[®]-Datenbestand) verwendet

5.1 Vereinigung

Bei der Vereinigung von zwei Standards werden die konzeptuellen Datenmodelle miteinander harmonisiert und danach zu einem neuen Regelwerk zusammengefasst.

Vorgehensweise

Als erstes müssen die für die Standards verantwortlichen Organisationen sich über das Vorgehen bei der Bildung des neuen Standards und insbesondere zu seiner Publikation einigen.

Dann müssen die technischen Standards, nach denen die Modelle gebildet wurden, aufeinander abgestimmt werden. Das betrifft:

- Modellierungssprachen,
- Profile/Metamodelle, also zusätzliche Regeln zur Verwendung der Modellierungssprachen
- Dokumentationsstandards,
- IT-Werkzeuge, die zur Bildung der Modelle und darauf basierender Produkte verwendet werden.

Mit dem derart konsolidierten Modellierungsverfahren werden sodann die Datenmodelle harmonisiert. Dabei werden unterschiedliche Abbildungen von Realweltobjekten und -beziehungen der bestehenden Modelle zusammengeführt. Typische Probleme in dieser Phase sind:

- Abwärtskompatibilität zu den vorherigen, separaten Versionen der Vorgängermodelle,
- Auflösung von Widersprüchen, z. B. differierende Festlegungen von Kardinalitäten in den Vorgängermodellen.

Beides führt in der Regel dazu, dass das neue, vereinigte Modell weniger strikt ist als die Vorgänger.

Bei der Vereinigung können die Strukturen der Ursprungsmodelle auch sehr weitgehend umgestaltet werden.

Anforderungen an den Nachbarstandard

Die für die Pflege verantwortliche Stelle muss zustimmen. Es gibt keine besonderen technischen Anforderungen, die Durchführung wird aber umso anspruchsvoller, je größer die technischen Unterschiede sind.

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Es entsteht ein neues Regelwerk „aus einem Guss“, Brüche zwischen den Standard-Welten werden vermieden. Es gibt ein einheitliches Encoding und eine durchgängige Dokumentation.

Auswirkungen auf Datenbestände

Neue Datenbestände sind vollständig validierbar.

Verzichtet man auf Abwärtskompatibilität, müssen Datenbestände, die nach den Regeln der Vorgängerstandards aufgebaut sind, in solche nach dem neuen Regelwerk migriert werden.

Auswirkungen auf Softwareanwendungen und -bibliotheken

Wie bei regulären Versionierungen.

Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Die Vereinigungsprozedur kann im Rahmen der regulären Versionspflege erledigt werden.

Die Voraussetzung, dass sich die verantwortlichen Institutionen einigen müssen, ist aber nur selten erfüllbar. Auch die Möglichkeiten zur Harmonisierung zweier Regelwerke stoßen leicht an Grenzen (Beispiel: OKSTRA[®] und INSPIRE)

Beispiele

AFIS-ALKIS-ATKIS aus ALK, ALB und ATKIS. Umstellung erforderte Migration.

OKSTRA[®] und OKSTRA kommunal im Rahmen des OKSTRA[®]-Änderungsantrages A0108.

5.2 Nachmodellierung

Bei der Nachmodellierung werden die gewünschten Konzepte des Nachbarmodells in die Sprache des OKSTRA[®] übersetzt (unter Berücksichtigung seiner Modellierungsregeln) und in dessen Modell eingefügt.

Vorgehensweise

Zuerst müssen die Objektarten, die nachmodelliert werden sollen, aus dem Nachbarmodell ausgewählt werden. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

Eine gewünschte Objektart existiert noch nicht im OKSTRA[®]. In diesem Fall wird die Objektart nach OKSTRA[®]-Regeln neu in das OKSTRA[®]-Modell eingeführt, alle oder auch ausgewählte Eigenschaften werden übernommen (das kann zur Übernahme weiterer Objektarten führen). Am Ende werden die gebildeten Objektarten semantisch mit vorhandenen verbunden; das erfolgt über Vererbung oder die Bildung von neuen Eigenschaften (Attribute, Relationen)

Eine gewünschte Objektart existiert bereits im OKSTRA[®], ist aber anders als dort modelliert. Dieser Fall ist wie bei der Verschmelzung zu behandeln, d. h. es ist eine Harmonisierung notwendig.

Anforderungen an den Nachbarstandard

Keine.

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Der OKSTRA[®] wird nach den für ihn gültigen Regeln und Verfahren erweitert, alle benötigten Produkte zur Verwendung des ergänzten Modells werden im Rahmen der Versionierung bereitgestellt. Es gibt ein einheitliches Encoding und eine durchgängige Dokumentation.

Auswirkungen auf Datenbestände

Wie bei regulären Versionierungen.

Auswirkungen auf Softwareprodukte

Wie bei regulären Versionierungen.

Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Die Nachmodellierung ist wirtschaftlich günstiger als eine eigene, vollständige Neumodellierung, weil man auf fertige Konzepte zurückgreift und keine Arbeitsgruppe zu ihrer Erarbeitung gebildet werden muss.

Da dieselbe Objektwelt nun in zwei Standards abgebildet ist, muss geregelt werden, wie mit einer neuen Version des Nachbarmodells vorzugehen ist. Um allen Anforderungen gerecht zu werden, müssten alle Kombinationen von OKSTRA[®]-Versionen und Versionen des Nachbarmodells berücksichtigt werden

Beispiele

Das Vermessungspunkte-Modell des OKSTRA[®] ist eine Nachmodellierung des AFIS-Modells.

5.3 Aggregation

Die Modelle (auch Teile) der Nachbarstandards werden *unverändert* in den OKSTRA[®] importiert.

Vorgehensweise

Das UML-Modell des Nachbarstandards wird über einen geeigneten Import in das Modellierungswerkzeug des OKSTRA[®] übernommen und dort parallel zum OKSTRA[®]-Modell gehalten. Über die Namen der Top-Level-Pakete ist die Auflösung von Konflikten bei der Benennung der Objektarten möglich.

Im OKSTRA[®]-Modell werden die benötigten Konzepte aus dem Nachbarmodell über Eigenschaften (Attribute, relationale Bezüge) oder Bildung von abgeleiteten Klassen verfügbar gemacht. Der umgekehrte Weg ist nicht möglich, weil dann die übernommene Kopie des Nachbarmodells nicht mit ihrem Ursprung übereinstimmen würde.

Anforderungen an den Nachbarstandard

Das Modell aus dem Nachbarstandard muss wie das OKSTRA[®]-Modell in UML konform zur ISO 19100-Normenreihe modelliert sein.

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Das OKSTRA[®]-UML-Teilmodell wird nach den für ihn gültigen Regeln und Verfahren erweitert. Es gibt ein einheitliches, XML-basiertes Encoding. Für den Nachbarstandard kann auf dessen Originaldokumentation verwiesen werden.

Auswirkungen auf Datenbestände

Wie bei regulären Versionierungen.

Auswirkungen auf Softwareprodukte

Zur Nutzung der nachbarkonformen, mittransportierten Daten müssen Softwareprodukte befähigt werden, den hinzukommenden XML-Dialekt zu lesen und zu schreiben.

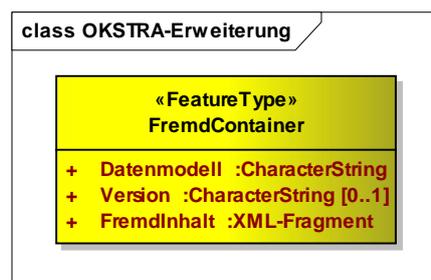
Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Zur Ableitung der Produkte (Dokumentation, GML-Applikationsschemas, OKLABI-SchemaDB) müssen die Produktgeneratoren erweitert werden, um eine gegenüber dem OKSTRA[®] abweichende Modellierungsmethodik des Nachbarstandards (Metamodell, UML-Profil) von der des OKSTRA[®] zu berücksichtigen.

Beispiele: Keine existierenden bekannt. Mögliche Kandidaten z.B. IDMVU, AAA, INSPIRE, prinzipiell alle, die konform zur ISO 19100-Normenreihe modelliert sind.

5.4 Container

Der OKSTRA[®] wird um eine Container-Objektart erweitert, in die (auf der Ebene der XML-Schnittstelle) beliebige Fremdobjekte aufgenommen werden können. Der Container muss Metadaten enthalten, die Nachbarmodell und Version des enthaltenen Objektes angeben (es können auch mehrere, verknüpfte sein), so dass der Inhalt validiert werden kann. Siehe hierzu folgendes UML-Diagramm:



Vorgehensweise

Das Containerobjekt wird im Rahmen einer regulären Versionierung in den OKSTRA[®] aufgenommen.

OKSTRA[®]-Objekte, die Inhalte gemäß dem Nachbarmodell nachweisen sollen, bekommen Eigenschaften, die auf einen Container verweisen. Solche Inhalte können jedoch ihrerseits nicht auf OKSTRA[®]-Objekte verweisen (weil der Nachbarstandard nicht verändert werden kann).

Anforderungen an den Nachbarstandard

Das Austauschformat muss auf XML basieren.

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Das OKSTRA[®]-UML-Modell wird nach den für ihn gültigen Regeln und Verfahren erweitert. Es gibt ein gemischtes, jedoch XML-basiertes Encoding. Für den Nachbarstandard kann auf dessen Originaldokumentation verwiesen werden.

Auswirkungen auf Datenbestände

Zur Nutzung von Daten nach dem Nachbarstandard müssen Softwareprodukte befähigt werden, den hinzukommenden XML-Dialekt zu lesen und zu schreiben.

Auswirkungen auf Softwareprodukte

Zur Nutzung der im Container enthaltenen nachbarkonformen Daten müssen Softwareprodukte befähigt werden, den hinzukommenden XML-Dialekt zu lesen und zu schreiben. Falls für den Nachbarstandard Implementierungen als Bibliotheken vorliegen, kann die OKSTRA[®]-Klassenbibliothek u. U. über eine generische Erweiterung die von solchen Bibliotheken gebildeten Objekte nachweisen. Das OKLABI-Fachobjekt Container würde Modell, Version, Typ und Objektverweis auf das Fremdobjekt nachweisen.

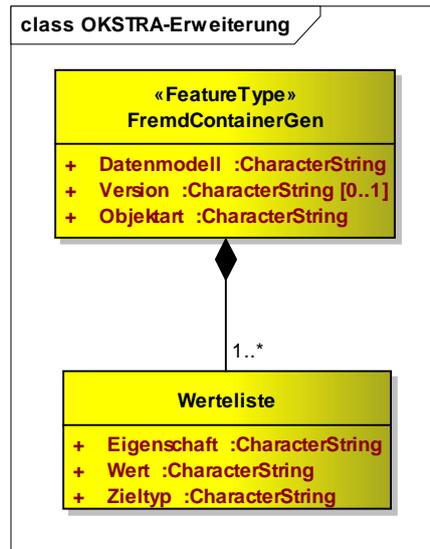
Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Nur geringfügige, rein technische und generische Modifikation des OKSTRA[®]-Modells, so dass hierdurch beliebige Nachbarmodelle, die die Anforderungen erfüllen, mit genutzt werden können.

Beispiele sind nicht bekannt. Möglicher Kandidat: Transport von SVG-Präsentationsgraphik.

5.5 Generischer Container

Der OKSTRA[®] wird um eine Container-Objektart erweitert, in die beliebige Fremdobjekte aufgenommen werden können. Die Fremdobjekte werden dabei generisch in Form von Objektart-Attributname-Wert-Einträgen gespeichert (sog. entity-attribute-value-Datenmodell - EAV). Der Container muss Metadaten enthalten, die Nachbarmodell und Version des enthaltenen Objektes angeben. Siehe hierzu folgendes UML-Diagramm:



Der Zieltyp gibt an, in welchem Datentyp in der Anwendung der Wert zu konvertieren ist.

Vorgehensweise

Das Containerobjekt wird im Rahmen einer regulären Versionierung in den OKSTRA[®] aufgenommen.

OKSTRA[®]-Objekte, die Inhalte gemäß dem Nachbarmodell nachweisen sollen, bekommen Eigenschaften, die auf einen Container verweisen. Solche Inhalte können jedoch ihrerseits nicht auf OKSTRA[®]-Objekte verweisen (weil der Nachbarstandard nicht verändert werden kann).

Anforderungen an den Nachbarstandard

Keine.

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Das OKSTRA[®]-UML-Modell wird nach den für ihn gültigen Regeln und Verfahren erweitert. Es gibt ein einheitliches Encoding. Für den Nachbarstandard kann auf dessen Originaldokumentation verwiesen werden.

Auswirkungen auf Datenbestände

Daten müssen eventuell beim Austausch vom Encoding des Nachbarstandards in die EAV-Form gebracht werden bzw. umgekehrt. Bei Kodierungen, die dem EAV-Muster entsprechen, z. B. OSM, ist das nicht erforderlich.

Eine Validierung der Daten gegen das Schema des Nachbarmodells ist schwierig, weil dieses zuerst in eine mit der EAV-Muster kompatible Form gebracht werden muss. Diese müsste angeben, welche Objektart-Attributname-Kombinationen überhaupt zulässig sind, und dann, welche Typen und evtl. Wertebereiche für jede zulässige Kombination erlaubt sind.

Auswirkungen auf Softwareprodukte

Zur Nutzung der Daten im generischen Container müssen Softwareprodukte befähigt werden, die EAV-Kodierten Objekte zu lesen und zu schreiben. Die OKSTRA[®]-Klassenbibliothek kann über eine generische Erweiterung so gebildete Objekte nachweisen, da sie selbst nach dem EAV-Muster arbeitet. Das OKLABI-Fachobjekt GenContainer würde Modell, Version, Typ und EAV-kodierten Inhalt nachweisen.

Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Nur geringfügige, rein technische und generische Modifikation des OKSTRA[®]-Modells, so dass hierdurch beliebige Nachbarmodelle mit genutzt werden können.

Beispiele sind nicht bekannt. Möglicher Kandidat: Transport von OSM-Daten.

5.6 Referenzierungen

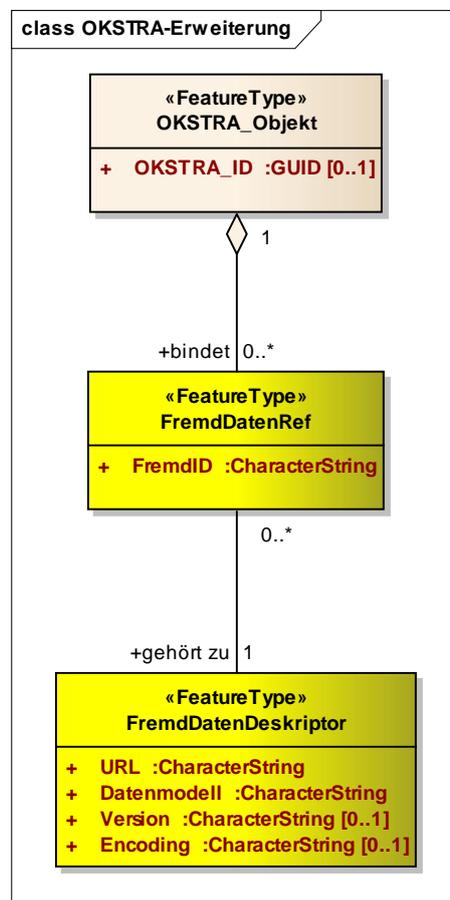
Auf Nachbarobjekte werden nur Referenzen gehalten. Wenn Datenbestände ausgetauscht werden, werden die Daten zum Nachbarstandard im nativen Encoding gehalten.

Vorgehensweise

Im OKSTRA[®]-Modell wird an geeigneten Klassen der Vererbungshierarchie die Möglichkeit zur Angabe von Fremddatenreferenzen geschaffen. Diese können als Attribute, z. B. URIs oder eindeutige Identifikatoren (z. B. IDMVU-ID), oder als eigene Objektklassen, z. B. Linearreferenzen auf Netzelemente, modelliert werden. Standardisierte Formen (z. B. URIs oder Referenzen gemäß ISO 19148) sind von Vorteil, weil eine einheitliche Darstellung für Ziele aus verschiedenen Objektwelten verwendet werden kann.

Jede Referenz muss sagen können, zu welchem Modell das referierte Objekt gehört. Die Referenzierungsmöglichkeit sollte multiple Bezüge zulassen, um 1:n-Relationen und Referenzen eines OKSTRA[®]-Objekts in verschiedene Objektwelten zuzulassen.

Das folgende UML-Diagramm illustriert dies:



Rückreferenzen auf OKSTRA[®]-Objekte sind möglich, wenn der Nachbarstandard ebenfalls Referenzierungen im hier erklärten Sinn unterstützt. Dies ist z.B. bei IDMVU der Fall.

Anforderungen an den Nachbarstandard

Zur Angabe von Referenzen müssen die Entitäten des Nachbarstandards in eindeutiger Weise angesprochen werden können (z. B. über Identifikatoren).

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Das OKSTRA[®]-UML-Modell wird nach den für es gültigen Regeln und Verfahren erweitert. Es gibt kein einheitliches Encoding, die nachbarkonformen Objekte werden jeweils nach dem für sie gültigen Standard kodiert. Für den Nachbarstandard kann auf dessen Originaldokumentation verwiesen werden.

Auswirkungen auf Datenbestände

Beim Datenaustausch müssen mehrere Datenströme übertragen werden können (parallel oder nacheinander). Bei der Archivierung solcher Bestände muss gewährleistet sein, dass die zusammengehörigen Dateien zusammenbleiben.

Auswirkungen auf Softwareprodukte

Zur Nutzung der nachbarkonformen Daten müssen vorhandene Schnittstellen und Werkzeuge angepasst werden, um gegenseitige Referenzen zwischen den Datenströmen beim Import intern mitzuführen und beim Export entsprechend auszuschreiben.

Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Nur geringfügige, rein technische und generische Modifikation des OKSTRA[®]-Modells, so dass hierdurch beliebige Nachbarmodelle mitgenutzt werden können.

Beispiele: Die Angabe von IDs aus Nachbarstandards und damit arbeitenden Systemen ist im OKSTRA[®] über die Objektart *Objekt_mit_ID* bereits realisiert. Allerdings ist dort nur die Angabe eines Namensraums möglich, eine Beschreibung des Speicherortes müsste zusammen mit den Modellmetadaten dort hinein kodiert werden.

Auch IDMVU verfügt über diesen Mechanismus und kann zusätzlich lineare Referenzen auf OKSTRA[®]-Netzobjekte mitführen. Das ESRI-shape-Format arbeitet ebenfalls mit mehreren Datenströmen und Referenzen dazwischen.

5.7 Wilde Kopplung

Nachbarkonforme Daten werden über nicht-validierbare Mechanismen und Formate, z. B. in Kommentaren oder XML-CDATA-Elemente, in OKSTRA[®]-XML-Dateien übertragen.

Vorgehensweise

Im OKSTRA[®]-UML-Modell werden die Modellelemente, für die dieses Verfahren vorgesehen ist, gekennzeichnet, z. B. durch tagged values oder Kommentare. Der zu verwendende Mechanismus ist zu dokumentieren (z.B. XML-CDATA).

Anforderungen an den Nachbarstandard

Keine. Insbesondere sind beliebige, nicht auf XML-basierende Encodings unmittelbar verwertbar.

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Siehe unter Vorgehensweise. Für den Nachbarstandard kann auf dessen Originaldokumentation verwiesen werden.

Auswirkungen auf Softwareprodukte

Zur Nutzung der so kodierten nachbarkonformen Daten müssen Softwareprodukte befähigt werden, diese zu lesen und zu schreiben. Eine Validierung solcher Daten kann erst nach Entnahme erfolgen, nicht während der OKSTRA[®]-XML-Validierung

Das Verfahren ist empfindlich gegen Fehler, wenn Mechanismen benutzt werden, die eigentlich ganz anderen Zwecken dienen, z.B. Kommentare.

Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Die betroffenen OKSTRA[®]-Objektarten und Eigenschaften sind entsprechend zu kennzeichnen.

Beispiele: OKSTRA[®]-Objektart *Beschriftung*, Attribut *Text*.

5.8 Paralleltransport

Austausch in getrennten Dateien und eventuelle Zusammenführung im importierenden System.

Vorgehensweise

Im OKSTRA[®]-UML-Modell sind keine Arbeiten erforderlich. Es ist für die betroffenen Anwendungsfälle festzulegen, ob eine strukturelle Zusammenführung der Daten gewünscht ist und, wenn ja, wie sie herzustellen ist.

Anforderungen an den Nachbarstandard

Keine. Insbesondere sind beliebige, nicht auf XML-basierende Encodings unmittelbar verwertbar.

Auswirkungen auf das Datenmodell und die Datenformate

Keine.

Auswirkungen auf Softwareprodukte

Eine Zusammenführung von Objekten muss über geometrische und/oder fachliche, speziell auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnittene ad-hoc-Kriterien erfolgen. Dabei können auch interaktive Eingriffe des Anwenders nötig werden. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere für diejenigen Fälle, in denen die Daten im importierenden System nebeneinander gehalten werden sollen und keine strukturellen Verbindungen (Relationen) zwischen ihnen hergestellt werden müssen. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn die Daten lediglich grafisch überlagert werden sollen.

Auswirkungen auf den OKSTRA[®]-Pflegeprozess

Keine. Das Verfahren berührt ausschließlich die Implementationsebene.

Beispiele: Der gegenwärtige Umgang mit ISYBAU-Daten.

5.9 Linked Data

Die Wikipedia erklärt das Konzept von Linked [Open] Data im gleichnamigen Artikel wie folgt (Juli 2013):

„Während das WWW ein Netz aus Webseiten ist, soll mit Linked Open Data ein Netz aus Daten entstehen, die aus verschiedenen Quellen zusammen automatisch weiterverwendet werden können (Informationsintegration). Das Konzept von Linked Open Data geht im Wesentlichen auf Tim Berners Lee zurück, der auch Ende 2007 die Bezeichnung „Giant Global Graph“ (GGG) vorschlug. Er prägte vier Regeln für Linked Data [TBL]:

- „1. Verwende zur Bezeichnung von Objekten URIs.
2. Verwende HTTP-URIs, so dass sich die Bezeichnungen nachschlagen lassen.
3. Stelle zweckdienliche Informationen bereit, wenn jemand eine URI nachschlägt (mittels der Standards RDF und SPARQL).
4. Zu diesen Informationen gehören insbesondere Links auf andere URIs, über die weitere Objekte entdeckt werden können.“

Es handelt sich hierbei also um ein Kopplungsverfahren, das ausschließlich mit wenigen Konzepten des Internet arbeitet.

Im Hinblick auf die vorliegende Aufgabenstellung soll dies an einem hypothetischen Beispiel deutlich gemacht werden:

Autobahnen sind repräsentiert in den Straßeninformationsbanken der Länder, in der OSM-Datenbasis, in den GDF-Datenbeständen der kommerziellen Netzdatenanbieter sowie in den ATKIS-Datenbeständen der Vermessungsverwaltungen. Jede dieser Datenbestände führt zu den Autobahnen zahlreiche Fachdaten, die unterschiedliche Sichten auf sie repräsentieren (wobei sich auch Überschneidungen und Konflikte ergeben können). Die Umsetzung von Linked Data in diesem Bereich würde bedeuten, dass

- durch Verlinkung dafür gesorgt wird, dass sich die verschiedenen Repräsentierungen einer realen Autobahn gegenseitig kennen (wobei nicht jeder jeden kennen muss, es muss nur ein zusammenhängendes Netz von Links vorliegen),
- jedes der genannten Systeme seine Sicht auf die Autobahn und die damit verbundenen Objekte durch (Meta-)Daten in einem gemeinsamen Format (RDF) beschreibt.

In Bezug auf den OKSTRA[®] bedeutet das dann, dass die beim Datenaustausch übertragenen OKSTRA[®]-XML-Dokumente zu jeder Autobahn (oder ihren Teilen – Abschnitte bzw. Straßenelemente) diese Verlinkungen (URIs) mit überträgt. Das empfangende System kann dann bei Bedarf hierüber auf die RDF-kodierte Beschreibung zugreifen und so die Repräsentation als NAS-, OSM- oder GDF-Objekt abholen, entweder für die Autobahn selbst oder für verbundene Fachobjekte. Dieser Zugriff würde über die Verwendung einer der RDF-Abfragesprachen, z.B. SPARQL, erfolgen.

RDF (Resource Description Framework) ist eine Formalisierung (z.B. kodiert als XML Dialekt) für Aussagen über Objekte. Jede Aussage besteht aus den drei Teilen Subjekt, Prädikat, (RDF-)Objekt. In unserem Beispiel könnte eine Aussage lauten:

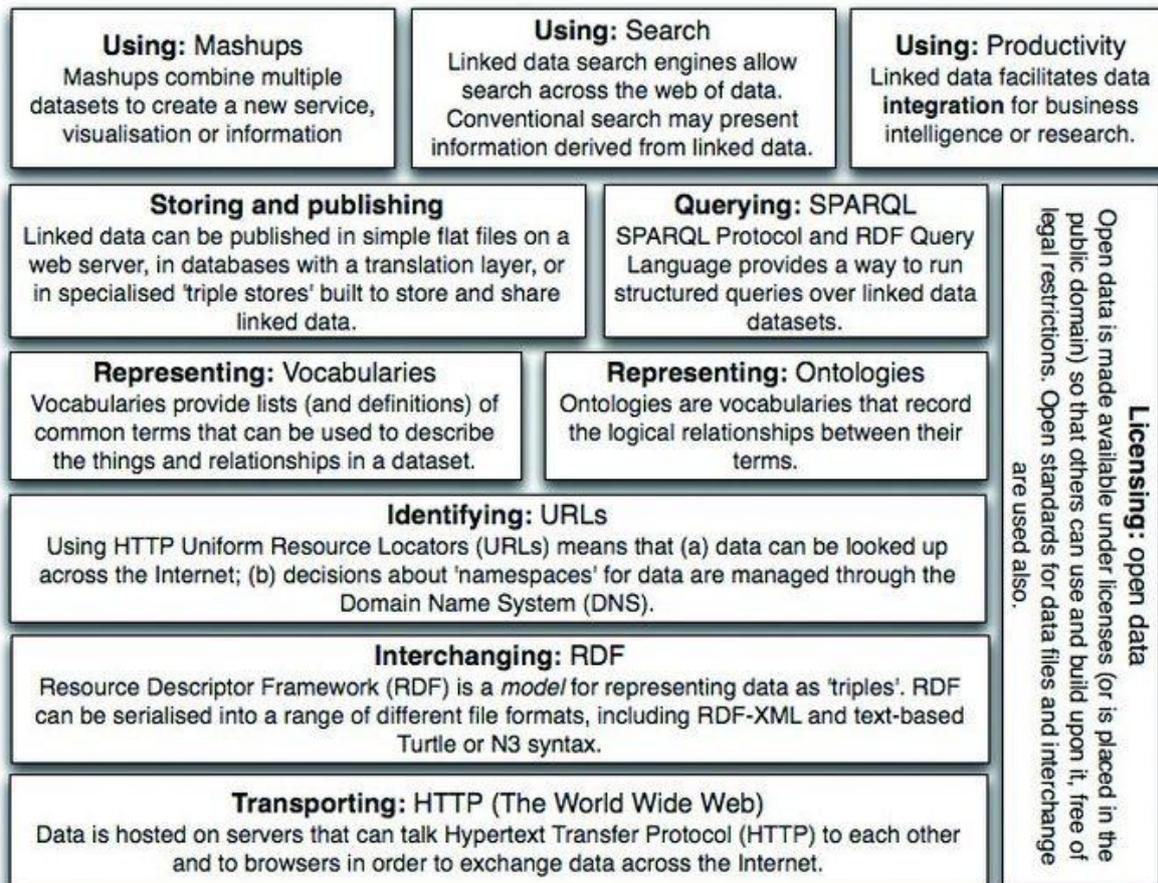
(Autobahn A3) (führt über) (Autobahndreieck Heumar)

Das (Autobahndreieck Heumar) kann dann selbst wieder eine im Netz verfügbare Repräsentation als OKSTRA[®]-, GDF- usw. Objekt haben.

Die Bestandteile Subjekt und (RDF-)Objekt dürfen selbst auch RDF-Aussagen sein, was auf der gemeinsprachlichen Ebene der Verwendung von Nebensätzen entspricht.

Prototypische Untersuchungen zu Linked Data liegen z.B. aus Großbritannien [SWCBRJ] und den Niederlanden vor [PILOD], dort werden viele technische und organisatorische Aspekte behandelt.

Aus dem letztgenannten Projekt stammt folgende Grafik, die Bausteine und Fragestellungen aufzeigt:



Elements of the Linked Open Data Puzzle (revision 2) - 2nd May 2011. CC BY-SA-NC
Draft sketch by Tim Davies (@timdavies / tim@practicalparticipation.co.uk) for IKM Working Paper on Linked Open Data for Development. Comments welcome. Search 'linked open data puzzle' on <http://www.opendataimpacts.net> for latest version.

Idea based on Semantic Web Stack at http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web_Stack

Eine praktische Umsetzung dieser an sich sehr plausiblen Idee liegt jedoch in weiter Ferne, falls sie denn überhaupt eine Chance hat. Das liegt an vielen technischen Aspekten, die hierbei zu lösen wären:

- Zunächst müsste das Problem der Zugriffsberechtigung gelöst werden. Wer darf auf welche der verlinkten Repräsentierungen zugreifen?
- Dann müssten die RDF-Aussagen generiert und natürlich selbst als netzzugängliche Datenobjekte gespeichert werden.
- Alle Software-Produkte, die verbundene Daten nutzen wollen, müssten hierfür ertüchtigt werden, und das würde nur geschehen, wenn das Verfahren einen eindeutigen wirtschaftlichen Nutzen gegenüber mehr „klassischen“ Verfahrensweisen hätte.

Aus diesen Gründen erfolgt hier keine weitere Betrachtung dieses Verfahrens.

6 Kriterienkatalog

In diesem Abschnitt werden Kriterien dargestellt, mit denen die Verknüpfung eines Nachbarstandards mit dem OKSTRA[®] über eine bestimmte Verknüpfungsmethode in bewertet werden kann.

Zu einem Nachbarstandard ergibt sich dabei für jede Verknüpfungsmethode eine eigene Bewertung. Die Kombinationen aus Nachbarstandards und Verknüpfungsmethoden, die Gegenstand der Bewertung sind, werden im Folgenden als „Ansätze“ bezeichnet.

6.1 Methodik

6.1.1 Bewertungsskala

Die Bewertungsskala gibt an, welche Werte für die einzelne Bewertung vergeben werden können. Die Skala sollte nicht zu wenige Werte umfassen, um genügend aussagekräftig zu sein, aber auch nicht zu viele, weil das eine Differenzierbarkeit voraussetzt die möglicherweise nicht einzuhalten ist. Im vorliegenden Fall wird im Hinblick auf jedes Kriterium einheitlich mit 0 bis 5 Punkten bewertet, wobei 5 Punkte die beste Bewertung darstellt und 0 Punkte „nicht möglich“ bzw. „nicht durchführbar“ bedeutet. Dieses Verfahren findet sich auch sonst häufig, z.B. bei Tests von Waren oder Dienstleistungen in den Medien.

6.1.2 Verrechnung

Die Verrechnung kombiniert die Einzelbewertungen zu einer Gesamtbewertung. Im vorliegenden Fall geschieht dies durch Summation der gewichteten Einzelbewertungen. Dabei gilt die Sonderregelung, dass ein Ansatz insgesamt mit 0 Punkten bewertet wird, falls er bei mindestens einem Kriterium 0 Punkte erhalten hat, da dieser Ansatz nicht realisierbar ist.

Die Vergabe der Gewichte wird offensichtlich die Gesamtbewertung (möglicherweise entscheidend) beeinflussen. Um diesen Einfluss abzuschätzen, wurde das gesamte Verrechnungsverfahren in einer EXCEL-Tabelle implementiert, so dass mit verschiedenen Gewichtssätzen experimentiert werden konnte. Für diesen Bericht wurden dabei zwei ausgewählt und gegenübergestellt, von denen der als Szenario 1 bezeichnete einen Schwerpunkt auf die Handhabbarkeit des Datenformats (Kriterium 6.5) und den Implementierungsaufwand in Software (Kriterium 6.6) legt, der andere (Szenario 2) auf die erforderlichen technischen Voraussetzungen (Kriterium 6.3) und den Aufwand im Pflegeprozess (Kriterium 6.4). Die für beide Szenarien gewählten Gewichte sind unten bei der Beschreibung der Kriterien vermerkt.

Da es ein Hauptanliegen dieses Projektes ist, andere Verfahren als die bisher durchweg geübte Strategie der Nachmodellierung zu untersuchen, werden in einem weitere Schritt pro Standard die Bewertungen der „neuen“ Kopplungsverfahren mit der Bewertung für die Nachmodellierung durch Quotientenbildung in Beziehung gesetzt. Die so pro Kopplungsverfahren und Standard entstehende Kennzahl gibt also an, welche Eignung das neue Verfahren im Vergleich zur Nachmodellierung (=100%) aufweist.

6.1.3 Weitere Anmerkungen

Das gewählte Verfahren ist nicht frei von Kritik, da es eine Abhängigkeit von den konkreten Anwendungsfällen nicht berücksichtigt.

So kann man hinsichtlich der Füllung fachlicher Lücken zwar auch generelle Aussagen dazu treffen, wie komplementär zwei Standards sind bzw. wie gut sie sich inhaltlich ergänzen. Es kann aber auch für Kopplungen wenig komplementärer Standards wichtige und sinnvolle Anwendungsfälle geben. Entscheidend ist somit, welche fachliche Lücke im jeweiligen Anwendungsfall geschlossen werden kann.

Die Bewertung des wirtschaftlichen Vorteils / der Effizienzsteigerung lässt sich im Grunde *nur* auf der Ebene des einzelnen Anwendungsfalls beantworten, da hier Größen wie Häufigkeit der Ausführung, manueller Aufwand usw. eine Rolle spielen.

Dennoch wird hier zunächst von dieser Dimension abgesehen, weil sie die Komplexität der Bewertung nochmals erhöht. Sie kann aber in einem zweiten Schritt einbezogen werden, nachdem man zunächst unter allen Kandidaten nur die technisch aussichtsreichsten identifiziert und diese dann noch anwendungsabhängig untersucht.

6.2 Organisatorische Voraussetzungen

Dieses Kriterium dient zur Beurteilung, inwieweit die gewünschte Form der Verknüpfung aus organisatorischer Sicht umsetzbar ist. Es kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn verschiedene Stellen zur Realisierung der gewünschten Verknüpfungsmethode eingebunden werden müssen und entsprechender Abstimmungsbedarf besteht. Bei den in Kapitel 5 beschriebenen Verknüpfungsmethoden ist die organisatorische Umsetzbarkeit im Grunde nur bei der Vereinigung von Standards (vgl. 5.1) oder ggf. noch bei einer beidseitigen Referenzierung (vgl. 5.6) von Bedeutung, da die übrigen Methoden nur Änderungen am OKSTRA[®] und nicht am Nachbarstandard vorsehen.

6.3 Technische Voraussetzungen an den Nachbarstandard

Mit diesem Kriterium kann beurteilt werden, inwieweit der für die Verknüpfung vorgesehene Nachbarstandard die für die gewählte Verknüpfungsmethode erforderlichen Voraussetzungen mitbringt. Bei der Anwendung der Referenzierungsmethode (vgl. 5.6) müssen die Objekte des Nachbarstandards beispielsweise in irgendeiner Form referenzierbar sein (z. B. über Objektidentifikatoren).

	Gewichte
Szenario 1	10%
Szenario 2	20%

6.4 Auswirkungen auf die Standardpflege

Dieses Kriterium dient

- zur Beurteilung der Aufwände, die sich durch die Anwendung der jeweiligen Art der Verknüpfung auf der Ebene des OKSTRA[®]-UML-Modells ergeben,

- zur Beurteilung der Aufwände, die sich durch die Anwendung der jeweiligen Art der Verknüpfung auf der Ebene des OKSTRA[®]-XML-Schemas ergeben. Dazu gehören insbesondere ggf. nötige Anpassungen am Generator-Tool.

	Gewichte
Szenario 1	20%
Szenario 2	40%

6.5 Auswirkungen auf das entstehende Datenformat

Mit diesem Kriterium wird beurteilt, welche Auswirkungen die jeweilige Form der Verknüpfung auf das entstehende Datenformat hat. Hierunter fallen

- der Umfang der zusätzlich nötigen Spezifikation (da ein Format in jedem Fall hinreichend beschrieben werden muss, ist alles, was der OKSTRA[®]-Standard nicht enthält, separat festzulegen. Beispiel: Welche Inhalte darf ein Container-Objekt bei der Verwendung generischer Container konkret enthalten? Wie werden dort Relationen dargestellt? etc.).
- die Komplexität der entstehenden Schnittstellendefinition (Struktur, Anzahl der Austauschdatenbestände für einen Austauschvorgang etc.).

	Gewichte
Szenario 1	40%
Szenario 2	20%

6.6 Auswirkungen auf die Softwareprodukte

Dieses Kriterium dient zur Bewertung der Auswirkungen auf die betroffenen Softwareprodukte. Hierunter fallen folgende Aspekte:

- Implementierungsaufwand (Einlesen, Ausgeben, Validieren von Daten),
- Performance der Schnittstelle (Einlesen, Ausgeben, Validieren von Daten),
- Robustheit / Fehleranfälligkeit.

Zwischen diesen Kriterien und der in 6.5 erwähnten Komplexität der Schnittstellendefinition existieren enge Zusammenhänge. So ist zu erwarten, dass bei steigender Komplexität der Schnittstellendefinition der Implementierungsaufwand und die Fehleranfälligkeit tendenziell steigen und die Performance im Gegenzug eher abnimmt.

	Gewichte
Szenario 1	30%
Szenario 2	20%

7 Bewertung der Nachbarstandards

7.1 Begründungen für die Punktevergabe

7.1.1 Technische Voraussetzungen des Nachbarstandards

Punkte	Begründung
5	<p>Der Nachbarstandard verfügt über sehr gute Voraussetzungen für die Anwendung des Kopplungsverfahrens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachmodellierung / Aggregation: UML-Modell gemäß ISO 19100 vorhanden • Container / Generischer Container / Referenzierungen: Leichte Erweiterbarkeit um die benötigten Container- bzw. Referenzierungskonstrukte • Wilde Kopplung / Paralleltransport: Nachbarstandard besitzt ein spezifiziertes Datenaustauschformat
4	<p>Der Nachbarstandard verfügt über gute Voraussetzungen für die Anwendung des Kopplungsverfahrens. (nicht vergeben)</p>
3	<p>Der Nachbarstandard verfügt über mittlere Voraussetzungen für die Anwendung des Kopplungsverfahrens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachmodellierung: UML-Modell vorhanden, jedoch nicht konform zu ISO 19100 • Referenzierungen: Objektidentifikatoren vorhanden, aber nicht dauerhaft stabil
2	<p>Der Nachbarstandard verfügt über schlechte Voraussetzungen für die Anwendung des Kopplungsverfahrens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachmodellierung: Beschreibung des Datenmodells vorhanden, aber nicht in Form eines UML-Modells
1	<p>Der Nachbarstandard verfügt über sehr schlechte Voraussetzungen für die Anwendung des Kopplungsverfahrens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Referenzierungen: Nicht für alle Objekte Identifikatoren vorhanden, d. h. Verfahren nur teilweise anwendbar

7.1.2 Auswirkungen auf die Standardpflege

Punkte	Begründung
5	<p>Kein oder minimaler Änderungsaufwand am OKSTRA[®] zur Umsetzung des Kopplungsverfahrens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Container / Generischer Container / Referenzierungen: Ergänzung der benötigten Container- bzw. Referenzierungskonstrukte im OKSTRA[®]-UML-Modell, bei der Container-Methode ggf. noch leichte Erweiterung des XML-Schemas um ein <i>anyType</i>-Element • Wilde Kopplung / Paralleltransport: Keine Änderungen am OKSTRA[®]

	erforderlich
4	Geringer Änderungsaufwand am OKSTRA [®] zur Umsetzung des Kopplungsverfahrens. (nicht vergeben)
3	Mittlerer Änderungsaufwand am OKSTRA [®] zur Umsetzung des Kopplungsverfahrens. <ul style="list-style-type: none"> • Nachmodellierung: Erweiterung der OKSTRA[®]-UML-Modells um die neuen Modellteile
2	Größerer Änderungsaufwand am OKSTRA [®] zur Umsetzung des Kopplungsverfahrens. <ul style="list-style-type: none"> • Aggregation: Import des neuen UML-Teilmodells in das OKSTRA[®]-UML-Modell, ggf. Bildung abgeleiteter Klassen und Anreicherung mit den benötigten Relationen, Anpassungen am XML-Schema-Generator, damit das hybride UML-Modell verarbeitet werden kann
1	Sehr großer Änderungsaufwand am OKSTRA [®] zur Umsetzung des Kopplungsverfahrens. (nicht vergeben)

7.1.3 Auswirkungen auf das entstehende Datenformat

Punkte	Begründung
5	Datenformat sehr guter Qualität <ul style="list-style-type: none"> • Nachmodellierung / Aggregation: Einheitliches, vollständig validierbares XML-Schema, prinzipiell kein Unterschied zu einer „normalen“ OKSTRA[®]-Versionierung
4	Datenformat guter Qualität (nicht vergeben)
3	Datenformat mittlerer Qualität <ul style="list-style-type: none"> • Referenzierungen: Formatübergreifende Referenzen müssen bei einem Datenimport in einem Nachverarbeitungsschritt ausgewertet werden und sind nicht validierbar.
2	Datenformat schlechter Qualität <ul style="list-style-type: none"> • Container / Generischer Container / Wilde Kopplung: Die über die Container bzw. die wilde Kopplung zu transportierenden Inhalte müssen separat festgelegt werden und sind nur schwer validierbar. • Referenzierungen: Durch nicht dauerhaft stabile Objektidentifikation nur unter geeigneten Voraussetzungen nutzbar.
1	Datenformat sehr schlechter Qualität <ul style="list-style-type: none"> • Referenzierungen: Format ermöglicht nicht auf alle Objekte Referenzen, somit nur für bestimmte Anwendungsfälle einsetzbar

7.1.4 Auswirkungen auf die Softwareprodukte

Punkte	Begründung
5	Sehr geringer Aufwand zur Umsetzung des Verfahrens in Softwareprodukten. <ul style="list-style-type: none"> Nachmodellierung / Aggregation: Aufwand wie bei „normaler“ OKSTRA®-Versionierung
4	Geringer Aufwand zur Umsetzung des Verfahrens in Softwareprodukten. <ul style="list-style-type: none"> Referenzierungen: Sofern eine Software bereits über Einzelschnittstellen für die zu koppelnden Standards verfügt, muss nur noch der Import und Export der Referenzen sowie beim Import ein Nachverarbeitungsschritt zur Auswertung der Referenzen ergänzt werden.
3	Mittlerer Aufwand zur Umsetzung des Verfahrens in Softwareprodukten. <ul style="list-style-type: none"> Paralleltransport: Sofern Bezüge zwischen den parallel transportierten Daten erwünscht sind, müssen diese über geeignete Algorithmen und / oder Nutzerinteraktion hergestellt werden.
2	Größerer Aufwand zur Umsetzung des Verfahrens in Softwareprodukten. <ul style="list-style-type: none"> Container / Generischer Container / Wilde Kopplung: Die Software muss mit größerem Aufwand in die Lage versetzt werden, mit den über Fremdmechanismen (Container, wilde Kopplung) zu transportierenden Inhalten umgehen zu können
1	Sehr großer Aufwand zur Umsetzung des Verfahrens in Softwareprodukten. (nicht vergeben)

7.1.5 Nicht durchführbare Kopplungen

0 Punkte werden für ein Kopplungsverfahren vergeben, wenn ein Vorgehen gemäß diesem Verfahren technisch nicht implementierbar ist. Dies betrifft im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen die folgenden Fälle:

- Die Aggregation kann bei den Standards IFC, ISYBAU, DATEX II, OSM, RDS-TMC, GDF und VRZ nicht zur Anwendung kommen, weil diese Standards kein UML-Modell gemäß ISO 19100 besitzen.
- Das Container-Verfahren ist bei den Standards RDS-TMC und VRZ aufgrund des fehlenden XML-Datenformats nicht anwendbar.
- Die Verknüpfung über Referenzierungen ist im Falle der Standards OSM und VRZ wegen fehlender Objektidentifikatoren nicht umsetzbar.
- Die Methoden der wilden Kopplung und des Paralleltransports können beim Standard VRZ nicht zur Anwendung kommen, weil dieser Standard kein Datenaustauschformat definiert.

7.2 Bewertungsergebnisse

7.2.1 Einzelbewertung

Methode	Kriterium	AAA CityGML IDMVU	IFC	ISYBAU	DATEX II	OSM	RDS- TMC	GDF	VRZ
Nachmodellierung	Voraus. Nachbar	5	3	2	3	2	2	3	2
	Standardpflege	3	3	3	3	3	3	3	3
	Format	5	5	5	5	5	5	5	5
	Software	5	5	5	5	5	5	5	5
Aggregation	Voraus. Nachbar	5	0	0	0	0	0	0	0
	Standardpflege	2	0	0	0	0	0	0	0
	Format	5	0	0	0	0	0	0	0
	Software	5	0	0	0	0	0	0	0
Container	Voraus. Nachbar	5	5	5	5	5	0	5	0
	Standardpflege	5	5	5	5	5	0	5	0
	Format	2	2	2	2	2	0	2	0
	Software	2	2	2	2	2	0	2	0
Generischer Container	Voraus. Nachbar	5	5	5	5	5	5	5	5
	Standardpflege	5	5	5	5	5	5	5	5
	Format	2	2	2	2	2	2	2	2
	Software	2	2	2	2	2	2	2	2
Referenzierungen	Voraus. Nachbar	5	5	5	5	0	1	3	0
	Standardpflege	5	5	5	5	0	5	5	0
	Format	3	3	3	3	0	1	2	0
	Software	4	4	4	4	0	4	4	0
Wilde Kopplung	Voraus. Nachbar	5	5	5	5	5	5	5	0
	Standardpflege	5	5	5	5	5	5	5	0
	Format	2	2	2	2	2	2	2	0
	Software	2	2	2	2	2	2	2	0
Paralleltransport	Voraus. Nachbar	5	5	5	5	5	5	5	0
	Standardpflege	5	5	5	5	5	5	5	0
	Format	1	1	1	1	1	1	1	0
	Software	3	3	3	3	3	3	3	0

7.2.2 Gesamtbewertung Szenario 1

	AAA CityGML IDMVU	IFC	ISYBAU	DATEX II	OSM	RDS-TMC	GDF	VRZ
Aggregation	96%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Container	63%	66%	67%	66%	67%	0%	66%	0%
Generischer Container	63%	66%	67%	66%	67%	67%	66%	67%
Referenzierungen	85%	89%	91%	89%	0%	63%	75%	0%
Wilde Kopplung	63%	66%	67%	66%	67%	67%	66%	0%
Paralleltransport	61%	64%	65%	64%	65%	65%	64%	0%

7.2.3 Gesamtbewertung Szenario 2

	AAA CityGML IDMVU	IFC	ISYBAU	DATEX II	OSM	RDS-TMC	GDF	VRZ
Aggregation	90%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Container	90%	100%	106%	100%	106%	0%	100%	0%

Generischer Container	90%	100%	106%	100%	106%	106%	100%	106%
Referenzierungen	105%	116%	122%	116%	0%	89%	100%	0%
Wilde Kopplung	90%	100%	106%	100%	106%	106%	100%	0%
Paralleltransport	90%	100%	106%	100%	106%	106%	100%	0%

8 Handlungsempfehlungen

8.1 Kommunale Straßennetze

Aufgrund der in Abschnitt 3.1 angesprochenen Vereinigung des OKSTRA[®] mit dem OKSTRA kommunal besteht in diesem Bereich momentan kein Handlungsbedarf.

8.2 INSPIRE

Anwendungsfälle, die eine Übertragung von INSPIRE-Datenobjekten zusammen mit OKSTRA[®]-Objekten erforderlich oder wünschenswert erscheinen lassen, sind zurzeit nicht bekannt.

Die Übertragung solcher Objekte könnte für Objektarten sinnvoll sein, die für das Straßen- und Verkehrswesen Bedeutung haben und nicht im OKSTRA[®] modelliert sind. Beispiele hierfür sind zurzeit nur aus dem INSPIRE-Bereich *Road Transport Networks* bekannt. Ein solches Beispiel wäre die *Vertical Position*, die in drei Kategorien angibt, ob ein Verkehrsweg erhöht, ebenerdig oder unterirdisch verläuft. (Näheres zur Abbildung OKSTRA[®]-INSPIRE in [O2I12]).

8.3 Öffentlicher Verkehr

Ein Anwendungsfall bezüglich IDMVU ist in 4.3 beschrieben. Zurzeit ist unbekannt, ob Verkehrsunternehmen, die IDMVU-konforme Systeme einsetzen (wollen), mit den Kommunen, in denen sie den öffentlichen Verkehr betreiben, Daten austauschen (wollen). Wenn es solche Fälle gibt, stellt sich weiter die Frage, ob die Kommunen eine Straßeninformationsbank nutzen, die OKSTRA[®]-Importe oder Exporte zulässt.

Mögliche Anwendungsfälle könnten auch zwischen der Deutschen Bahn und den Landesbetrieben für das Straßen- und Verkehrswesen bestehen. Entsprechende Kontakte zu Straßen.NRW und der Deutschen Bahn konnten aktiviert werden. Beide Institutionen erklärten sich freundlicherweise bereit, Daten zu ihren Netzen bereitzustellen.

Da es sich bei Straße und Schiene um Teile der Gesamtinfrastruktur für den Verkehr handelt, erscheint eine weitergehende Untersuchung möglicher gemeinsamer Anwendungsfälle angeraten.

Wie die diesbezüglichen Untersuchungen zur Kopplung OKSTRA[®]-IDMVU belegen, bestehen technisch sehr gute Voraussetzungen für gemeinsame Szenarien.

Der Bereich, der durch die Transmodel-Standards, insbesondere NeTeX, abgedeckt wird, bezieht sich auf Anwendungsfälle der Fahrgastinformation und des Routings im öffentlichen Verkehr, weniger auf die Infrastruktur der Verkehrswege. Die für den Infrastrukturbereich relevanten Berührungspunkte sind bereits im Projekt IDMVU Stufe 4 berücksichtigt worden, so dass eine eigene Kopplung der NeTeX-Objektwelt mit der des OKSTRA[®] zurzeit nicht notwendig erscheint.

8.4 Verkehrsmanagement und Verkehrstelematik

Einige Anwendungsfälle hierfür sind in 4.6 aufgeführt.

8.5 Planen und Bauen

In diesem Bereich wird bezüglich LandXML kein Handlungsbedarf gesehen, weil der Standard anscheinend nicht mehr weitergepflegt wird.

In Bezug auf AFIS-ALKIS-ATKIS ist festzuhalten, dass die aus Sicht des OKSTRA[®] interessanten Objektarten (z. B. Flurstücke, Vermessungspunkte) bereits seit geraumer Zeit durch Nachmodellierung verfügbar sind (auch wenn nicht alle Softwaresysteme alle damit möglichen Austauschvorgänge unterstützen). Deshalb wird auch hierfür zurzeit kein Handlungsbedarf gesehen.

Bezüglich ISYBAU besteht die Situation, dass seitens der Anwendergemeinschaft im Entwurfsbereich Bedarf besteht und gegenüber der OKSTRA[®]-Pflegestelle geäußert wurde. Zurzeit werden gemeinsame Datenaustauschvorgänge über das Verfahren Paralleltransport abgewickelt. Hier dürften sich durch eine stärkere und sicherere Integration beim Datenaustausch Vorteile ergeben. Auch technisch bestehen, wie die Bewertungen zeigen, gute Voraussetzungen hierfür.

Die Anwendungsfälle in Bezug auf die Standards IFC und CityGML zeigen, dass hierfür ein möglicher Bedarf besteht. Allerdings ist die Situation auf der Seite der Anwendungssoftware so, dass keines der im Straßenentwurf eingesetzten Anwendungssysteme über entsprechende Schnittstellen verfügt (und daher auch keine Funktionalität zur Abwicklung solcher Anwendungsfälle), umgekehrt sind die Konstruktionssysteme für Ingenieurbauwerke nicht mit Schnittstellen für OKSTRA[®]-XML-Dokumente ausgestattet (nach dem laufenden Stand der Recherche).

Zwei neuere Entwicklungen sind in diesem Zusammenhang erwähnenswert:

- Innerhalb der buildingSmart-Initiative gibt es unter den Namen „IFC-Bridge“ und „IFC for Roads“ Projekte, BIM mit IFC auch für den Straßenbau nutzbar zu machen.
- Hersteller von BIM-Software und CAD-Software stellen Schnittstellen bereit, um diese Systeme miteinander zu verbinden. Diese Verbindung kann auch für Straßenbauprojekte nutzbar gemacht werden (z.B. iTWO und iTWO civil von der Fa. RIB).

Es kann daher nur die Empfehlung gegeben werden, die weitere technische Entwicklung zu beobachten.

8.6 Open Street Map

OSM spielt im Bereich der institutionellen Anwender im Straßen- und Verkehrswesen eine Rolle zum einen bei Informationsdiensten wie Verkehrsinformationsportalen zur Visualisierung des Straßennetzes (etwa bei VERKEHR.NRW, das von Straßen.NRW betrieben wird), zum anderen als Datengrundlage für den Aufbau von Straßeninformationsbanken (z. B. in der Region Hannover).

Anwendungsfälle für einen gemeinsamen Transport von Netzdaten nach OKSTRA[®] und OSM haben sich hieraus jedoch nicht ergeben.

Zudem sind die Objektwelten der beiden Standards so dicht beieinander, dass sich alles, was sich im OKSTRA[®] durch ausmodellierete Objektklassen ausdrücken lässt, bei Bedarf auch in das generische OSM-Modell übertragen ließe. Die in OSM realisierte Objektwelt ist zudem nicht institutionell standardisiert, sondern nur durch Verabredung der lokalen Gruppen, die die Datenpflege betreiben. Über die lang- und mittelfristige Stabilität dieser Verabredung kann keine Aussage gemacht werden.

8.7 Europäische Nachbarn

Auch wenn keine technischen Unterlagen zur Bewertung möglicher Verbindungen der in- und ausländischen Modelle vorliegen, sollten eventuelle Austauschszenarien im Rahmen zukünftiger realer Projekte nach der in diesem Forschungsvorhaben aufgezeigten Methodik bewertet werden.

8.8 ISO 19148

Das OKSTRA[®]-XML-Datenmodell ist als GML-Applikationsschema ausgebildet, d.h. es unterliegt den in der Norm ISO 19136 (Geographic Information – Geography Markup Language(GML)) festgelegten Regeln. Die ab der OKSTRA[®]-Version 2.015 unterstützte GML-Version ist 3.2. Ab der Version 3.3 unterstützt GML auch das Konzept der linearen Referenzierung durch eigene Datentypen, wie es in 3.9 beschrieben ist. Damit besteht die Möglichkeit, das im OKSTRA[®] vorhandene Konzept der Stationierung (z.B. im Strassenpunkt) durch diese Datentypen auszudrücken. Eine Änderung des zugrundeliegenden Regelwerks ASB ist hierfür nicht erforderlich. Mit einer solchen Umstellung würde sich der OKSTRA[®] in die Reihe der europäischen Standards INSPIRE (zukünftig auch ISO 19148 konform) und DATEX II einreihen. Darüber hinaus ergäbe sich durch die Nutzung standardisierter Datentypen die Möglichkeit, in Zukunft standardisierte Umreferenzierungsdienste realisieren zu können. Siehe hierzu auch [WE111].

8.9 W3C-Basisstandards

Eine Untersuchung, wie SVG zur Mitführung von Präsentationsgraphik in OKSTRA[®]-Objekten verwendet werden kann, wurde bei der Pflegestelle bereits angeregt. Verfahren wie die Nachmodellierung oder die Aggregation sind wegen des nicht vorhandenen UML-Modells nicht anwendbar. Da SVG aber ein XML-Dialekt ist, könnte das Container-Verfahren zum Einsatz kommen.

Für die oben in 3.10 genannten Sprachen MathML und HTML (als XHTML 1.0 oder HTML 5 in der XHTML5-Darstellung) ist zz. kein Bedarf erkennbar. Das für SVG vorgeschlagene Verfahren könnte jedoch vermutlich ohne Probleme auch für diese Sprachen verwendet werden und ggf. auch bei weiteren XML-basierten Sprachen für andere fachübergreifende Funktionen zum Einsatz kommen.

9 Evaluierung durch Prototypen

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wurde durch eine Reihe von praktischen Implementierungen (Prototypen) untersucht, inwieweit verschiedene Kopplungsverfahren zur gemeinsamen Übertragung von OKSTRA[®]-Daten und Fremddaten technisch umsetzbar sind, welche technischen Probleme sich durch die in Kapitel 5 dokumentierten Auswirkungen auf Datenmodell, Datenformate,

Datenbestände, Softwareprodukte und Pflegeprozess ergeben und wie diese ggf. zu lösen sind.

Dazu wurden, angeregt durch die Handlungsempfehlungen in Kapitel 8, drei Szenarien implementiert:

- Austausch von ISYBAU-Daten zusammen mit darauf referenzierenden OKSTRA[®]-Daten
- Transport von OKSTRA[®]-Infrastrukturdaten über die Mechanismen des MDM (DATEX II, MDM Container Format)
- Gemeinsamer Transport von OKSTRA[®]-Straßen- und IDMVU-Schienennetzdaten

Diese Szenarien werden in den folgenden Abschnitten im Detail beschrieben und bewertet.

9.1 ISYBAU und OKSTRA[®]

9.1.1 Grundlagen

In beiden Bewertungsszenarien aus Kapitel 7.2 schneidet für den ISYBAU-Standard die Kopplungsmethode mit der Verwendung von Referenzierungen am besten ab. Der Prototyp sollte daher zum Nachweis der Umsetzbarkeit und Handhabbarkeit dieser Methode dienen.

Für die Implementierung des Prototyps wurde das Programm ProVI[®] der Firma Obermeyer Planen + Beraten GmbH gewählt, da es sowohl über eine OKSTRA[®]- als auch über eine ISYBAU-Schnittstelle verfügt. Die Erweiterung des Programms zum gleichzeitigen Transport von Objekten beider Welten war daher mit vertretbarem Aufwand realisierbar.

Für die Demonstration eines Datenaustauschs war die Implementierung in einem zweiten Programm wünschenswert. Hierfür bot sich das OKSTRA[®]-Werkzeug an, da dieses naturgemäß OKSTRA[®]-Daten verarbeiten kann. Es musste aber noch dahingehend erweitert werden, dass ISYBAU-Daten ausgewertet und auf einfache Weise visualisiert werden konnten.

Um den Transport einzelner Dateien zu vermeiden, erfolgte der Datenaustausch über eine Zip-Datei, die neben der OKSTRA[®]-Datei eine zugeordnete ISYBAU-Datei enthielt. Das Packen und Entpacken übernahm dabei das jeweilige exportierende oder importierende Programm. Als Konvention wurde festgelegt, dass die Zip-Datei den Namen der OKSTRA[®]-Datei mit Endung "zip" erhält.

9.1.2 OKSTRA[®]-Datenmodell

Der Prototyp wurde auf Basis der OKSTRA[®]-Version 1.014 erstellt (diese Version wurde zum Zeitpunkt des Prototypins im Bereich der Entwurfssysteme verwendet).

Um eine Zuordnung der Entwässerungsdaten zu ermöglichen, wurde das bereits vorhandene Attribut *Informationstext* des Objekts *Achse*, das beliebig viele Strings enthalten kann, zweckentfremdet. Jeder *Informationstext* stellte eine Referenz auf ein Objekt vom Typ *AbwassertechnischeAnlage* in einer ISYBAU-XML-Datei dar. Für Objekte vom Typ *AbwassertechnischeAnlage* gab es innerhalb einer ISYBAU-Datei einen eindeutigen Identifier, der sich aus einer Objektbezeichnung (String mit maximal 30 Zeichen) und einer Objektart (Integerwert: 1 = Kante, 2 = Knoten)

zusammensetzte. Zur eindeutigen Referenzierung von *AbwassertechnischenAnlagen* über Dateigrenzen hinweg benötigte man im *Informationstext* also 3 Komponenten: Name der ISYBAU-Datei, Objektbezeichnung und Objektart.

Eine Erweiterung des OKSTRA[®]-Datenmodells und eine damit verbundene OKSTRA[®]-Arbeitsversion wurden somit für den Prototypen nicht benötigt. Für eine spätere Standardisierung ist dieses Vorgehen aber nicht geeignet, weil es zum einen den nicht überall verfügbaren *Informationstext* verwendet und zum anderen nicht formal im OKSTRA[®]-Modell beschreibbare Konventionen fordert.

9.1.3 Erweiterungen in ProVI

Die Import- und Exportfunktionen der OKSTRA[®]-Schnittstelle von ProVI wurden wie folgt erweitert.

Die Programmoberfläche musste um die Auswahl des gemeinsamen OKSTRA[®]-ISYBAU-Exports oder Imports ergänzt werden. Beim Export wurde außerdem die Möglichkeit der Angabe der zu exportierenden Entwässerungsdaten eingebaut.

Die bestehenden Import- und Export-Funktionen aus der ISYBAU-Schnittstelle mussten für den gemeinsamen Transport von Daten in die bestehende OKSTRA[®]-Schnittstelle integriert werden, wobei die Entwässerungsdaten wie oben beschrieben mit der zugehörigen Achse verknüpft wurden.

Zu exportierende Daten wurden in einer Zip-Datei zusammengefasst.

Für den Import wurde die Angabe einer Zip-Datei anstelle einer CTE- oder XML-Datei vorgesehen. Diese wurde bei der Programmausführung entpackt und die darin enthaltenen OKSTRA[®]- und ISYBAU-Dateien wurden eingelesen. Die beim Exportieren oder Importieren erzeugte Protokollierung musste ebenfalls angepasst werden.

9.1.4 Erweiterungen der OKLABI

Das in der OKLABI implementierte Verfahren verwendete einige neue Objektarten: *Fremdobjekt*, *Fremddatenbestand* und *ISYBAUObjekt* als Ableitung aus dem *Fremdobjekt*.

Fremdobjekt war eine abstrakte Basisklasse, die folgenden Funktionen anbot:

- Erfragen der referierten OKSTRA[®]-Fachobjekte,
- Verknüpfen und Lösen von Verknüpfungen zwischen Fremdobjekten und OKSTRA[®]-Fachobjekten.

Zusätzlich wurden für Ableitungen (Unterklassen) die Methoden

- Laden einer Datei mit Fremdobjekten in einen Fremddatenbestand,
- Erfragen des Identifikationsmerkmals (*FremdID*) des Fremdobjekts,
- Erfragen der Fremdobjektart und
- Erfragen der Geometrie des Fremdobjekts

gefordert.

ISYBAUObjekt war die Ableitung aus *Fremdobjekt* für ISYBAU-Daten. In einem produktiven System würde diese Klasse alle weiteren Funktionen zur fachlichen Verarbeitung der ISYBAU-Daten bzw. Verankerungen dafür bereitstellen.

Ein *Fremddatenbestand* war in Analogie zum Datenbestand der OKLABI eine Sammlung von Fremdobjekten. Folgende Funktionen wurden implementiert:

- Hinzufügen und Entfernen von Fremdobjekten,
- Aufsuchen eines Fremdobjekts per *FremdID*,
- Erfragen der Anzahl der enthaltenen Fremdobjekte,
- Rückgabe eines Fremdobjekts per Index (0 bis Anzahl-1).

9.1.5 Erweiterung des OKSTRA[®]-Werkzeugs

Das OKSTRA[®]-Werkzeug wurde um die Möglichkeit erweitert, eine Zip-Datei anstelle einer CTE- oder XML-Datei auszuwerten.

Weiterhin wurden einige grundlegende Informationen aus der ISYBAU-Datei benötigt: Objektbezeichnung und Koordinaten bei den Knoten sowie Objektbezeichnung und die begrenzenden Knoten bei den Kanten.

Im OKSTRA[®]-Werkzeug wurde eine grafische Anzeige der Fremdobjekte implementiert, die es erlaubte, ihre Objektart und Identifikation anzuzeigen. Die ISYBAU-Knoten wurden durch Kreise und die ISYBAU-Kanten als Verbindungslinien zwischen den Knoten dargestellt.

9.1.6 Szenario zur Demonstration des Prototyps

Zum Nachweis der Durchführbarkeit wurde folgendes Datenaustauschscenario realisiert:

1. Import einer OKSTRA[®]-Datei mit mehreren Achsen und Gradienten in ProVI über die OKSTRA[®]-Schnittstelle.
2. Import von zwei ISYBAU-Dateien in ProVI über die ISYBAU-Schnittstelle. Beim Import erfolgte die Zuordnung zu zwei verschiedenen Achsen.
3. Visualisierung der eingelesenen Daten in ProVI.
4. Export einer gekoppelten Austauschdatei (Zip-Datei mit einer OKSTRA[®]- und einer ISYBAU-Datei) über die erweiterte OKSTRA[®]-Schnittstelle von ProVI.
5. Übergabe der Austauschdatei an einen zweiten Rechner und dort erneuter Import in ProVI.
6. Visualisierung der eingelesenen Daten in ProVI.
7. Import der Austauschdatei im OKSTRA[®]-Werkzeug.
8. Visualisierung der eingelesenen Daten im OKSTRA[®]-Werkzeug.

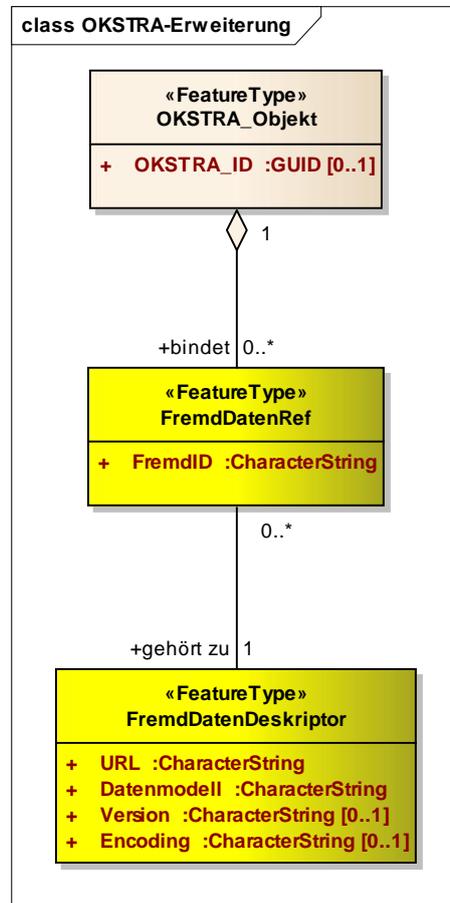
9.1.7 Ergebnisse, Folgerungen, Empfehlungen

Das in den vorangegangenen Abschnitten beschriebene Konzept wurde erfolgreich umgesetzt und am 07.01.2014 auf der Sitzung der Betreuergruppe demonstriert.

Das Verfahren ist bereits nahe an der Praxistauglichkeit. Für eine produktive Version müssten noch Ergänzungen im OKSTRA[®] vorgenommen werden. Zusätzlich kann auch die OKLABI noch ausgebaut werden, um eine möglichst standardisierte Verarbeitung von Fremddaten zu ermöglichen. Damit würde die Nutzung des Fremd-Referenzierungsverfahrens erleichtert.

9.1.7.1 Ergänzungen im OKSTRA®

Der OKSTRA® müsste um ein hoch in der Objekthierarchie aufgehängtes Konstrukt zur Aufnahme beliebiger Referenzen erweitert werden, das z.B. wie folgt aussehen könnte:



Die Objektart *FremdDatenRef* realisiert die Verweise von OKSTRA®-Objekten auf Fremdobjekte (die Fremdreferenzen). Der *FremdDatenDeskriptor* beschreibt den Speicherort und verweist auf das den Fremdobjekten zugrunde liegende Datenmodell. Beim Einlesen einer OKSTRA®-Datei würden die Instanzen dieser beiden Objektarten wie andere Fachobjekte behandelt.

Die beschriebene Änderung müsste mit vorhandenen Konzepten und Anträgen harmonisiert werden (vorhandene Objektart *Objekt_mit_ID*, Änderungsantrag A0115 „Modellierung von Punktwolken“).

9.1.7.2 Ergänzungen in der OKLABI

Prinzipiell können Fremdreferenzen in einer Anwendung ohne zusätzliche Funktionen der OKLABI verarbeitet werden, weil sie reguläre OKSTRA®-Objekte sind.

Um Fremddaten möglichst standardisiert zur Verfügung zu stellen, könnten in der OKLABI jedoch über die oben beschriebenen Punkte hinaus folgende Erweiterungen ergänzt werden:

- Definitionen für Lade- und Entladefunktionen analog zu den Ein- und Ausgabekonvertern der OKLABI,
- Definitionen für Setze- und Erfrage-Schnittstellen für Fremdinhalte,
- Definitionen für Schnittstellen zum Erfragen von Schemainformationen für Nachbarstandards.

Diese Zusatzfunktionen können auf verschiedenen Arten in die OKLABI eingebracht werden, ohne die Design- und Implementierungsgrundsätze der Bibliothek, wie sie im Programmierhandbuch beschrieben sind, zu verlassen. Von den möglichen Ansätzen sollte derjenige gewählt werden, der möglichst sparsam mit neuen Konzepten (Klassen, Methoden) auskommt.

9.2 DATEX II, MDM und OKSTRA[®]

9.2.1 Grundlagen

Der europäische Standard DATEX II dient dem Austausch von Verkehrsinformationen zwischen Verkehrsmanagementzentralen sowie zu Verkehrsservice-Providern. DATEX II ist zudem das bevorzugte Datenaustauschformat des *Mobilitäts Daten Marktplatzes* (MDM). Der Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) hat zum Ziel, den Datenaustausch zwischen Datengebern und Datennehmern mit Hilfe von Schnittstellen zu unterstützen und stellt gleichzeitig ein zentrales Portal mit den gesammelten Informationen über verfügbare Online-Verkehrsdaten einzelner Datengeber und existierender (Teil-) Plattformen dar [MDM13]. Im Bereich der Straßeninformationssysteme, deren Objektwelt durch den OKSTRA[®] beschrieben wird, existieren infrastrukturnahe bzw. infrastrukturbezogene Informationen, die für die Welt der Verkehrsinformationsdienste von Interesse und Bedeutung sind. Beispiele hierfür sind z.B.

- Informationen zur Tragfähigkeit von Brücken,
- zustandsabhängige Tragfähigkeitsbeschränkungen,
- Durchfahrtshöhen von Brücken oder Unterführungen.

Zwar können in DATEX II entsprechende Informationen im Sinne einer Verkehrsinformation/Verkehrsmeldung abgebildet werden. Hierzu wäre eine Umwandlung der entsprechenden Informationen aus der Objektwelt des OKSTRA[®] in entsprechende DATEX II-Objekte erforderlich. Eine vollständige und adäquate Abbildung der infrastrukturbezogenen Informationen wie im OKSTRA[®] ist in DATEX II jedoch ohne weiteres nicht möglich.

Idee des Prototypings war es, den Transport von OKSTRA[®]-Daten über die Mechanismen des MDM zu untersuchen. Der MDM unterstützt zwei Mechanismen/Formate, um Daten zu transportieren:

- DATEX II,
- MDM-Containerformat.

Das Prototyping betrachtete beide MDM-Mechanismen zum Transport von OKSTRA[®]-Informationen über den MDM. Zum einen bietet der MDM die Möglichkeit, nicht DATEX II-konforme Dateninhalte in einem Containerformat über den MDM zu transportieren. Darüber hinaus sollte auch die direkte Kopplung der Standards OKSTRA[®] und DATEX II untersucht und ermittelt werden, ob und wie ein Transport

von OKSTRA[®]-Objekten in DATEX II unter Nutzung der DATEX II-Erweiterungsmechanismen („Extensions“) möglich und umsetzbar ist.

9.2.2 Die DATEX II-Erweiterungsmechanismen

Ein Überblick über die Datex-II-Objektwelt findet sich oben in Abschnitt 3.5.1. An dieser Stelle werden die Erweiterungsmechanismen von DATEX II beschrieben, die im Prototypen verwendet wurden.

Das Datenmodell des DATEX II-Standards selbst wird als *Level A-Modell* bezeichnet. Das Level A-Modell kann über sogenannte *Level B-* bzw. *Level C-Extensions* erweitert werden, womit es zu einem *Level B-* bzw. *Level C-Modell* wird.

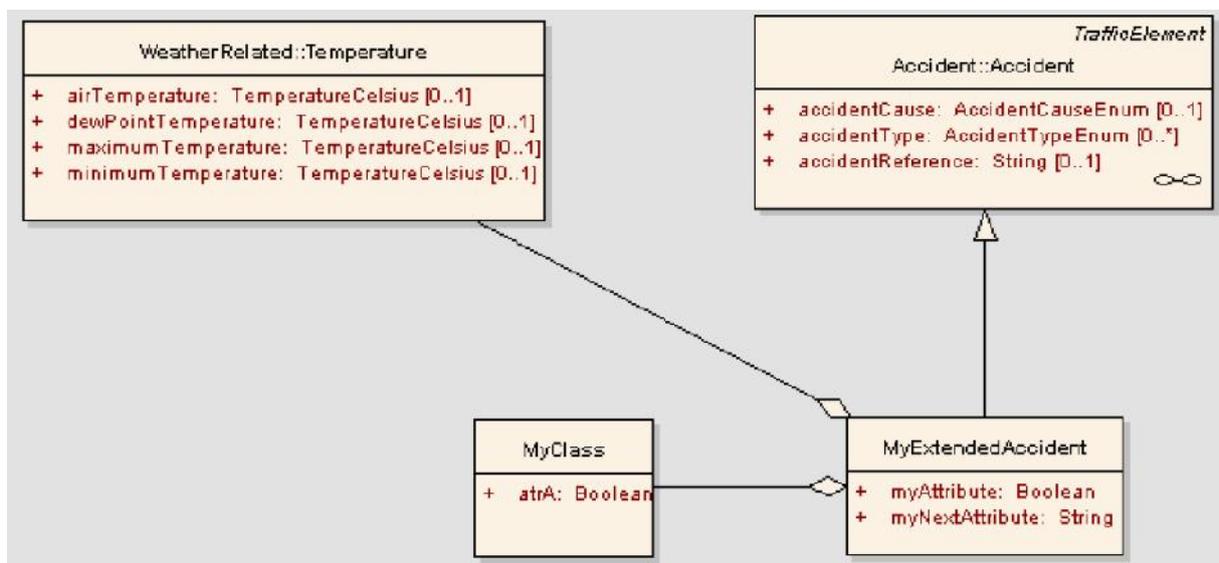
Level B-Extensions

Bei Level B-Extensions handelt es sich um die Erweiterung des Level A-Datenmodells um Anforderungen einzelner Anwender(gruppen). Das ursprüngliche Level A-Modell deckt weiterhin einen Großteil der Anforderungen ab, es erfolgt eine „Bereicherung“ des A-Modells um zusätzliche, applikationsspezifische Informationen (z. B. zusätzliche Attribute). Die grundlegenden Strukturen des A-Modells bleiben unangetastet.

Ein mögliches Anwendungsbeispiel wäre z. B. die Abbildung von Sachverhalten, die nur in einem nationalen Kontext sinnvoll (und daher im Level A-Datenmodell nicht enthalten) sind.

Level B-Extensions können auf www.datex2.eu registriert werden und können – sofern der Vorschlag einen breiteren Konsens findet – in einer zukünftigen Version in das Level A-Datenmodell aufgenommen werden.

Das folgende Diagramm zeigt ein (theoretisches) Beispiel für eine valide Level B-Extension [DAT13a]:



Level B-Extensions dürfen nur nach den folgenden, streng vorgegebenen Regeln erfolgen, damit die Interoperabilität zu Level A-Modellen erhalten bleibt:

- Gestattet ist ausschließlich die Erweiterung bestehender Klassen durch Attribute, Kompositionen und Aggregationen.

- Die Erweiterung erfolgt durch Ableitung einer neuen Klasse von einer bestehenden Level A-Klasse (Spezialisierung).
- Zu dieser neuen (abgeleiteten) Klasse dürfen
 - Attribute hinzugefügt werden (bestehende oder neue Datentypen),
 - Kompositionen oder Aggregationen zu bestehenden oder neuen Klassen hinzugefügt werden.
- Von einer erweiterten Klasse dürfen keine Spezialisierungen abgeleitet werden.
- Von einer bestehenden Klasse dürfen keine Assoziationen zu einer erweiterten Klasse hinzugefügt werden.

Ein Level A-System kann weiterhin Datenpublikationen eines Level B-Systems interpretieren (jedoch ohne die Inhalte der Erweiterung). Somit bleibt die Interoperabilität zwischen einem Level A- und einem Level B-System erhalten:

- Ein nach Level B erweitertes System kann Daten aus einem Level A-System validieren und verarbeiten.
- Eine Level A-konformes System kann ohne Veränderung die Level-A-Anteile von Daten aus einem nach Level B erweiterten System validieren und verarbeiten.

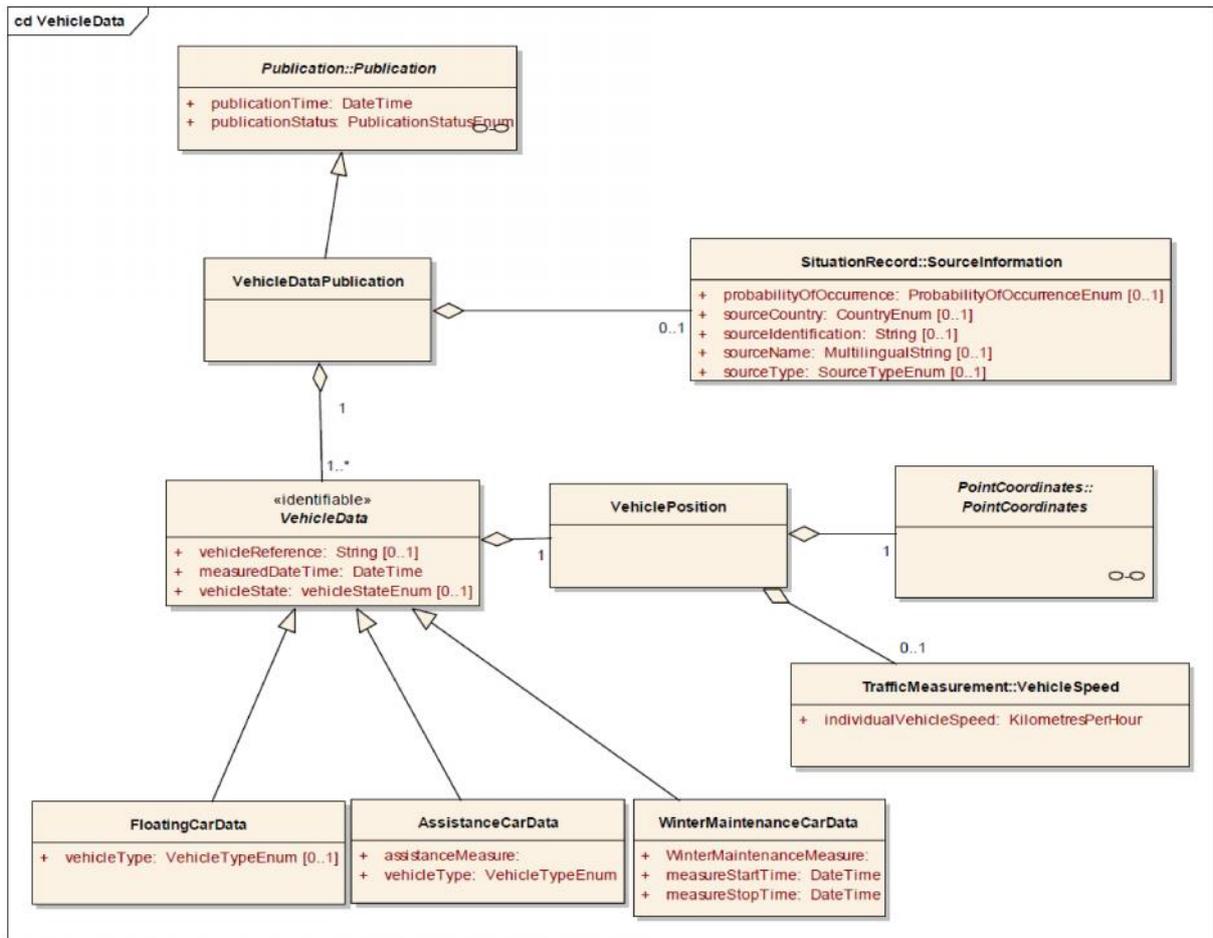
Level C-Extensions:

Die vorgegebenen Regeln zur Bildung von Level B-Extensions können zur Folge haben, dass bestimmte Nutzeranforderungen (z. B. ein spezifisches Datenmodell) nicht in DATEX II abgebildet werden können, wenn die spezifischen Modelle zu stark vom Level A-Modell abweichen oder wenn sie komplett DATEX II-fremde Objektwelten beschreiben. Für diese Fälle wurde das Konzept der Level C-Extensions geschaffen:

- Level C-Extensions bieten die Möglichkeit der DATEX II-Erweiterung um anwenderspezifische Datenmodelle, die sich nicht in das Level A-Datenmodell integrieren lassen oder die komplett „fremde“ Objektwelten beschreiben.
- Level C-Modelle sind nicht konform mit Level A/B-Datenmodellen. Sie sind jedoch konform mit allen anderen Aspekten der DATEX II-Spezifikation (z. B. gemeinschaftliche Modellierungsregeln und gemeinschaftliches Austauschprotokoll).
- Eine Level C-Extension kann im Prinzip ein Level A-Modell beliebig ändern / erweitern.
- Es wird jedoch die Beachtung der Regeln analog zu den Level B-Extensions empfohlen.

Zwei Systeme mit gleicher Level C-Extension sind interoperabel, es besteht jedoch keine Interoperabilität zwischen Level A-Systemen und Level C-Systemen, d. h. ein Level A-System kann eine Datenpublikationen eines Level C-Systems in der Regel nicht ohne weiteres interpretieren (und umgekehrt).

Das folgende Diagramm zeigt ein Beispiel für eine Level C-Extension [DAT13a]:

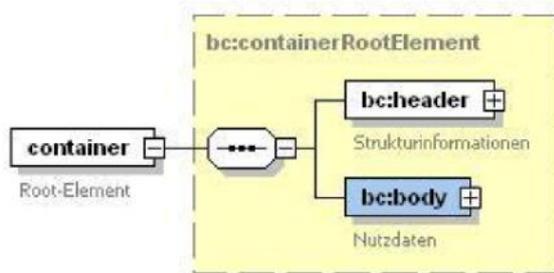


Diese Extension erzeugt eine vollständig neue, im DATEX II-Level A-Modell fachlich nicht vorgesehene *VehicleDataPublication* durch Ableitung von der generischen *Publication*. Zu dieser neuen *VehicleDataPublication* wurde eine Mischung aus neuen Klassen und bestehenden Klassen des Level A-Modells hinzugefügt. In diesem Diagramm sind alle Klassen ohne Paket-Präfix im Klassennamen neu hinzugekommen. Die Klasse *VehicleData* ist **keine** Erweiterung einer bestehenden Level-A-Klasse, daher ist die entsprechende Level-B-Regel verletzt.

9.2.3 Das MDM-Containerformat

Zusätzlich zum DATEX II Standard wird durch die MDM-Plattform ein weiteres auf XML basierendes Format zur Übermittlung von Daten unterstützt. Dieses als Containerformat bezeichnete Datenformat wurde eigens für den Datenaustausch über den MDM geschaffen. Das Schema des Datenformats findet sich in der Containerformat Spezifikation [MDM14]. Das Datenformat erlaubt es, neben den eigentlichen Nutzdaten, die in einem Body-Element enthalten sind, weitere Strukturinformationen im einem Header-Element zu übertragen, die insbesondere zur Steuerung des Kommunikationsprozesses benutzt werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht über das Containermodell [MDM14]:

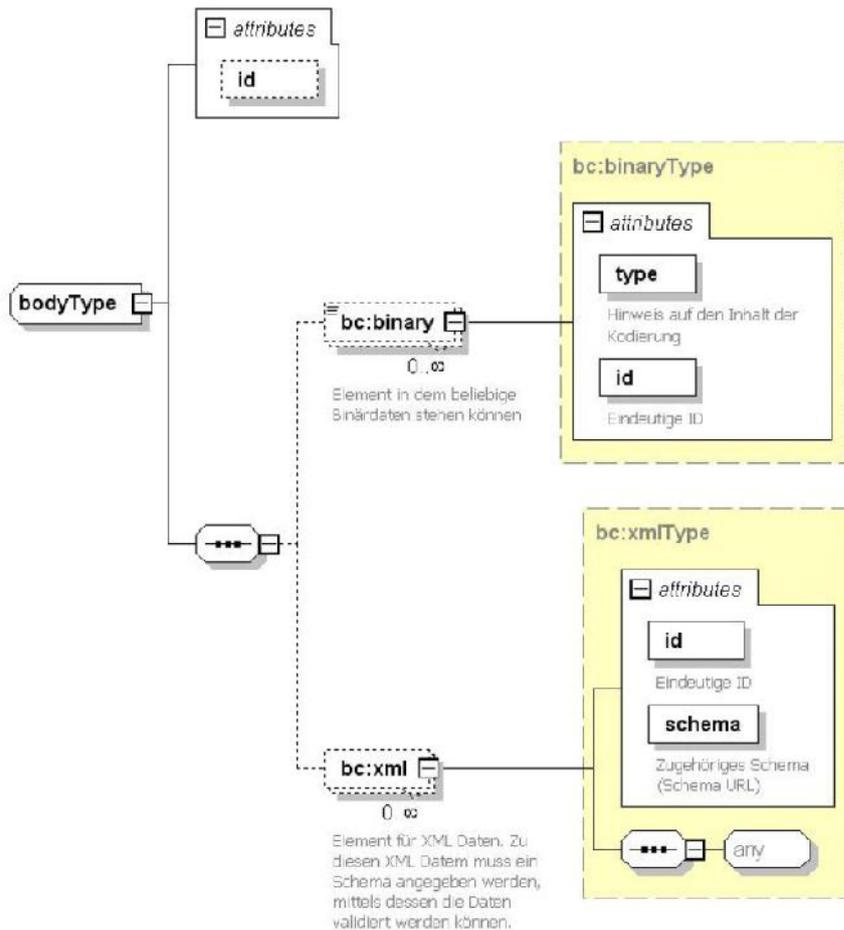


Im header Element werden Metadaten zu den übermittelten Nutzdaten gespeichert. Innerhalb des Headers sind Elemente definiert, die Informationen über den Ursprung der Daten, die Gültigkeit der Nutzdaten und die Signatur der Nutzdaten enthalten. Zusätzlich kann ein Statuscode übermittelt werden. Die nachfolgende Tabelle [nach MDM14] gibt einen Überblick über die Metadaten im header Element.

Information	Beschreibung
Identifizier	Enthält Angaben zur Identifizierung der Daten <ul style="list-style-type: none"> • Publikations-ID • Subscriptions-ID
Gültigkeit (optional)	Informationen über die Gültigkeit der Daten <ul style="list-style-type: none"> • Zeitpunkt des Erstellens • Zeitpunkt des Verfallens • Referenz auf die Daten, für die diese Gültigkeit bestimmt ist
Signatur (optional)	Informationen über die Signatur der Daten <ul style="list-style-type: none"> • Art der Signatur • Referenz auf die signierten Daten
Status (optional)	Zur Übermittlung eines Statuscodes

Die Nutzdaten werden im body-Element des Containers abgelegt. Die Kinder des Body Elements enthalten eine zusätzliche Kennzeichnung des Inhaltstyps. In einem Container gibt es genau ein body-Element. Unterhalb dieses Elements können beliebig viele xml- und binary-Elemente gruppiert werden, in denen die eigentlichen Nutzdaten untergebracht sind. So können nicht nur Daten im XML Format im Container transportiert werden, sondern auch Binärdaten. Des Weiteren ist es möglich, über dieses Modell mehr als nur ein Datenpaket (d. h. mehrere Kinder im Body-Element) in einem Container zu versenden [MDM14].

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Aufbau des body Elementes [MDM14]:



Liegen die Nutzdaten in einem auf XML basierendem Format vor, so werden die Nutzdaten unterhalb des *xml*-Elements untergebracht. Das Attribut *schema* verweist dabei auf ein zur XML-Struktur gehöriges XSD-Schema, welches zur Validierung der Daten herangezogen werden kann. Das Attribut *id* weist den Nutzdaten eine eindeutige ID zu, die von den Header-Elementen *Timestamp* (Gültigkeit, s.o.) und *Signature* (Signatur, s.o.) referenziert wird.

Liegen die Nutzdaten als Binärdaten vor, werden diese unterhalb des *binary*-Elements in BASE64-kodierter Form abgelegt. Das Attribut *type* kennzeichnet die Art der Daten. Das Attribut *id* weist den Nutzdaten eine eindeutige Id zu, die von den Header-Elementen *Timestamp* und *Signature* referenziert wird [MDM14].

9.2.4 Umfang des Prototypings

In einem ersten Schritt wurden OKSTRA[®]-Objekte identifiziert, die für die Welt der Verkehrsinformationen relevante Informationen enthalten, beispielsweise zur Tragfähigkeit von Brücken oder Durchfahrtshöhen von Brücken und Unterführungen.

Zur Bereitstellung entsprechender OKSTRA[®]-bezogener Infrastrukturinformationen über den MDM bietet der MDM prinzipiell zwei Möglichkeiten, welche im Rahmen des Prototypings beide untersucht und evaluiert wurden:

- Nutzung des so genannten MDM-Containerformates, d. h. Publikation der OKSTRA[®]-Daten in einem OKSTRA[®]-Datenformat über den MDM.

- Nutzung von DATEX II, d. h. Entwicklung einer entsprechenden Level-C-Extension, mit welcher OKSTRA[®]-Objekte in DATEX II eingebettet und so quasi „Huckepack“ im Nachbarstandard DATEX II transportiert werden können.

Im Rahmen des Prototypings erfolgte eine probeweise Veröffentlichung ausgewählter OKSTRA[®]-Daten (räumlicher und inhaltlicher Teilausschnitt) als entsprechende Publikation über den MDM.

9.2.5 Publikation über Container

Für die Realisierung des Prototypings konnten Bauwerksdaten aus der NWSIB im OKSTRA[®]-Format genutzt werden, die freundlicherweise von Straßen.NRW zur Verfügung gestellt wurden. Der Datenbestand enthielt Daten zu Bauwerken in der Baulast des Bundes für das Gebiet der Regionalniederlassung Vile-Eifel.

Im Rahmen des Prototypings wurde eine Java-Applikation „OKSTRA[®]-Tunnel“ erstellt, welche sowohl eine Publikation (d.h. den „Upload“) von OKSTRA[®]-Objekten im MDM im Containerformat als auch die Subskription (d.h. den „Download“) des veröffentlichten OKSTRA[®]-Datensatzes vom MDM durchführt. Hierzu realisierte die Applikation „OKSTRA[®]-Tunnel“ folgende Arbeitsschritte:

„Upload“:

- Erzeugung des MDM-Containerformates durch Einbettung von OKSTRA[®]-Objekten (OKSTRA[®]-File) in einen MDM-Container.
- Publikation des OKSTRA[®]-Datensatzes gemäß MDM-Containerprotokoll im MDM inklusive Handling der dazu notwendigen Zertifikate¹.

„Download“:

- Subskription (Download) des OKSTRA[®]-Datensatzes gemäß MDM-Containerprotokoll von MDM inklusive Handling der dazu notwendigen Zertifikate.
- Erzeugung des OKSTRA[®]-Formates durch Entpacken der OKSTRA[®]-Objekte aus dem MDM-Container.

Die Publikation der durch Straßen.NRW bereitgestellten OKSTRA[®]-Bauwerksdaten auf dem Mobilitäts Daten Marktplatz über den MDM-Container wurde mittels der OKSTRA[®]-Tunnel-Applikation erfolgreich durchgeführt. Hierzu wurde eine nicht öffentliche Testpublikation im MDM-Portal angelegt.

9.2.6 Publikation über Level-C-Extension

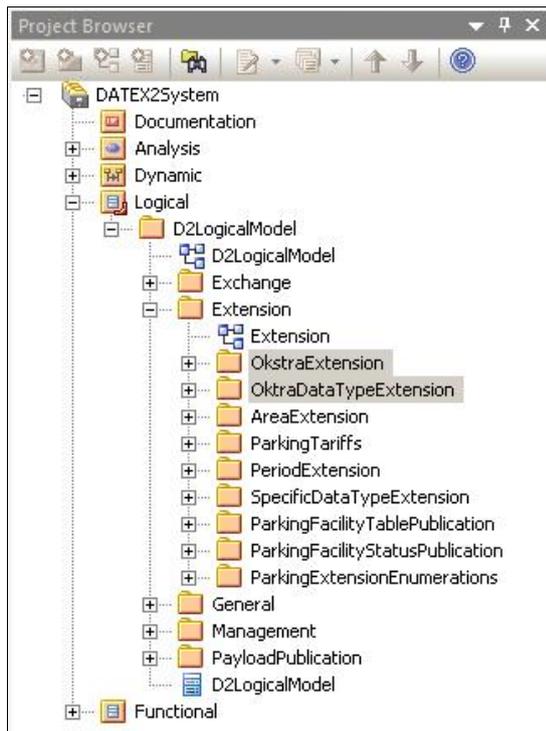
Gegenstand dieses Schrittes war die Entwicklung einer DATEX II-Level C-Extension zur Abbildung ausgewählter OKSTRA[®]-Fachobjekte. Dabei wurden folgende Fachobjekte berücksichtigt:

OKSTRA [®] -Objekt	Bedeutung/Relevanz für das Prototyping
Bauwerk	Übergeordnete Objektart zur Darstellung eines im Zuge

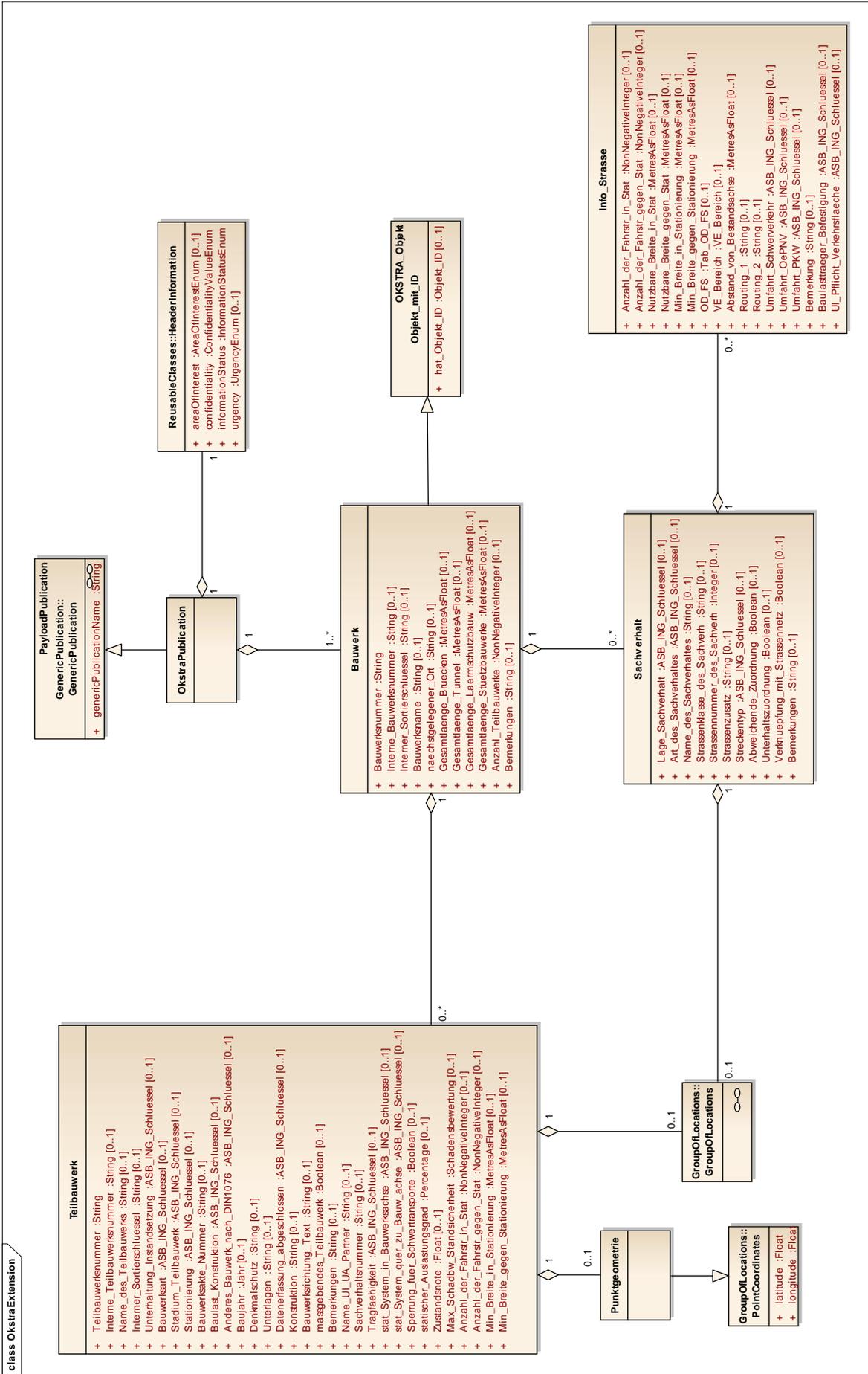
¹ Nutzer der Plattform und ihre Systeme (z.B. Server, die mit dem MDM kommunizieren) müssen sich für wesentliche Funktionen gegenüber der Plattform authentifizieren. Die Authentifizierung geschieht unter Verwendung digitaler Zertifikate.

	einer Straße erfassten Bauwerks. Zu einem <i>Bauwerk</i> muss mindestens ein <i>Teilbauwerk</i> bestehen.
Teilbauwerk	Objektart zur Darstellung eines Teils eines <i>Bauwerks</i> . Für Verkehrsinformationen potenziell relevante Attribute: <ul style="list-style-type: none"> • Tragfähigkeit • Sperrung für Schwertransporte • Anzahl Fahrstreifen je Richtung • Minimale Breite je Richtung
Sachverhalt	Ein <i>Teilbauwerk</i> erhält seine Position über seine <i>Sachverhalte</i> , die im ASB-Straßennetz verortet sein können.
Info_Strasse	Objektart zur Angabe von Informationen zur Straße zu einem für ein <i>Teilbauwerk</i> erfassten <i>Sachverhalt</i> (sofern sich der <i>Sachverhalt</i> auf eine Straße bezieht): <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der Fahrspuren • Nutzbare / Minimale Fahrbahnbreiten • Angaben zur Organisation des Routings • Umfahrmöglichkeiten für Schwerverkehr, ÖPNV, Pkw

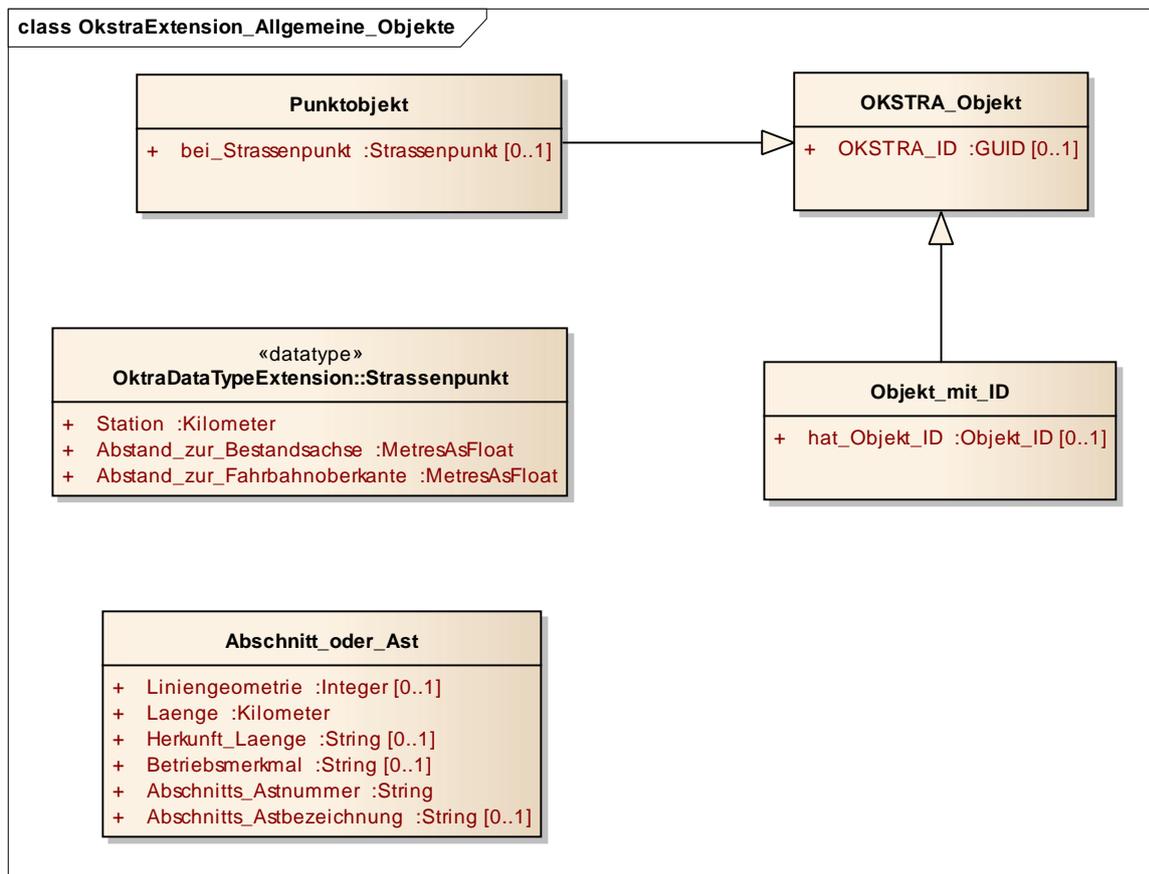
Die Erstellung der DATEX II-Level C-Extension erfolgte durch Modellierung der Erweiterung im DATEX II-UML-Modell mit der Software EnterpriseArchitect. Gemäß den DATEX II-Modellierungsregeln wurden dazu neue Packages im Package „Extensions“ des DATEX II-Modells angelegt, und zwar die beiden Packages „OkstraExtension“ und „OkstraDataTypeExtension“:



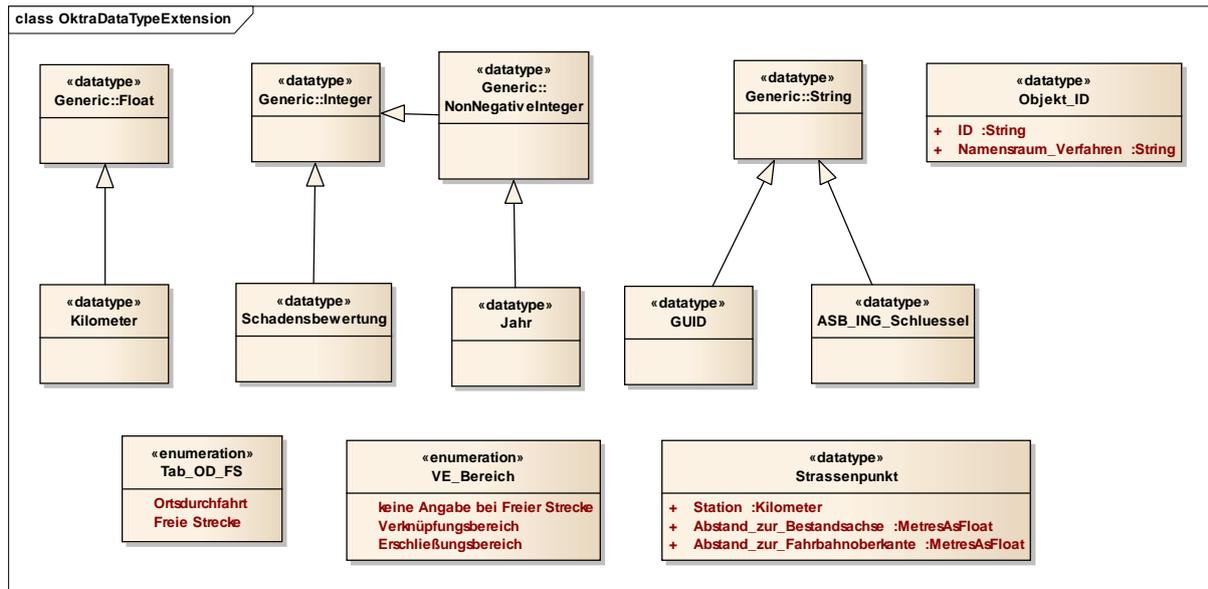
Das Package „OkstraExtension“ enthielt die für die Extension erforderlichen zusätzlichen Fachdatenobjekte aus dem OKSTRA[®], das Package „OkstraDataTypeExtension“ die erforderlichen zusätzlichen Datentypen. Das nachfolgende Diagramm zeigt das Fachdatenmodell der Extension:



Die Extension besteht im Kern aus dem neuen Publikationstyp *OkstraPublication*, der aus der *GenericPublication* des Level A-Modells abgeleitet wird und aus einer *HeaderInformation* des Level A-Modells sowie aus mindestens einem bis beliebig vielen *Bauwerk*-Objekten besteht. Weiterhin existieren in der Extension die neuen Objektklassen *Teilbauwerk*, *Sachverhalt* und *Info_Strasse* und einige allgemeine, aus dem OKSTRA[®]-Datenmodell entnommene Klassen, die zur adäquaten Abbildung der zu transportierenden Fachinformationen benötigt werden: *Objekt_mit_ID*, *OKSTRA_Objekt*, *Punktobjekt* usw, siehe nachfolgendes Diagramm:



Die neu eingeführten Objektklassen wurden in ihrer Struktur (Attribute) und mit ihren gegenseitigen Relationen entsprechend dem OKSTRA[®]-Bauwerksmodell in die DATEX-Extension eingeführt. Letztlich erfolgte im Rahmen der Erzeugung der Extension somit eine möglichst vorbildgetreue Nachmodellierung der OKSTRA[®]-Objekte. Es waren jedoch einige Anpassungen erforderlich, die den Datex II-Modellierungsregeln [DAT 13c] geschuldet sind (Datex II gestattet z. B. keine allgemeinen Assoziationen zwischen Klassen wie im OKSTRA[®], sondern nur Aggregationen und Kompositionen). Bei den Attributen wurde soweit wie möglich auf bestehende DATEX II-Datentypen zurückgegriffen, sofern diese den im OKSTRA[®] verwendeten Datentypen sinngemäß entsprachen (z. B. *String* in DATEX II zur Abbildung des *CharacterString* in OKSTRA[®], *MetresAsFloat* in DATEX II zur Abbildung des Datentyps *Meter* in OKSTRA[®] usw.). Für Fälle, in denen in DATEX II keine geeigneten Datentypen existierten, wurden im Rahmen der Extension neue Datentypen eingeführt (in der Regel durch Ableitung/Spezialisierung von existierenden Datentypen des Level A-Modells), siehe nachfolgendes Diagramm:



Im Rahmen der entwickelten Extension wurden die im DATEX II-Level A-Modell vorhandenen Verortungsmechanismen genutzt, um eine der OKSTRA[®]-ASB-Verortung entsprechende Verortung nachzubilden: Im OKSTRA[®] erhalten die *Teilbauwerke* ihre Positionen im Straßennetz über *Sachverhalte*, die im ASB-Straßennetz verortet sind. Die *Sachverhalte* (als Ableitung vom *Punktobjekt*) referenzieren *Strassenpunkte*, die mit einer Stationsangabe auf einem *Abschnitt_oder_Ast* liegen. In der DateX II-Extension wurde dem *Teilbauwerk* (oder alternativ dem *Sachverhalt*) stattdessen per Aggregation eine *GroupOfLocations* zugeordnet. Damit standen nun prinzipiell die vollständigen Verortungsmechanismen des DATEX II-Level A-Modells zur Verfügung (vgl. Kapitel 3.5.1), welche unterem anderem auch eine Verortung gemäß ASB-Logik unterstützen.

Mit Hilfe des frei verfügbaren DATEX II-Schema Generation Tools [DAT13b] wurde aus dem im Enterprise Architect entwickelten UML-Modell das entsprechende XML Schema (.xsd) erzeugt. Die Entwicklung der OKSTRA[®]-Level C-Extension war damit abgeschlossen.

Auf die weitere softwaretechnische Implementierung dieses Austauschschemas wurde verzichtet, weil der dafür erforderliche Aufwand den Rahmen des Prototypings gesprengt hätte. Zudem war zu erwarten, dass dem Aufwand ein eher geringer praktischer Nutzen gegenübersteht, vgl. hierzu Kapitel 9.2.7.

Zur vollständigen Umsetzung des Szenarios hätte man die OKSTRA[®]-Testdaten in die Struktur der entwickelten DATEX II-Extension überführen müssen, was aufgrund der durchgeführten Nachmodellierung weitestgehend verlustfrei möglich gewesen wäre. Nach Einrichtung einer entsprechenden Publikation im MDM und Hinterlegung des erzeugten XML-Schemas auf dem MDM hätte man die Daten dann im Format der DATEX II-Level C-Extension über den MDM publizieren können.

Die Nutzung des MDM-Containerformates bietet einen relativ einfachen und schlanken Weg, originäre OKSTRA[®]-Datenbestände über den MDM zu transportieren und zu publizieren. Im Prinzip lässt sich das hier realisierte Vorgehen

auf den im Kapitel 5.5 beschriebenen Verknüpfungsmechanismus des „generischen Containers“ zurückführen. Jedoch erfolgt im vorliegenden Fall nicht wie in Kapitel 5.5 beschrieben die Erweiterung des OKSTRA[®] um den Mechanismus eines generischen Containers, sondern umgekehrt: Im OKSTRA[®]-XML-Format vorliegende Datenbestände werden in einem generischen „Fremdcontainer“ entsprechend der Standards des Mobilitäts Daten Marktplatzes transportiert.

Somit besteht bei dieser Vorgehensweise kein Änderungsbedarf auf Seiten des OKSTRA[®], der Mechanismus bleibt auch bei Weiterentwicklungen des OKSTRA[®] stabil nutzbar.

Der softwaretechnische Entwicklungsbedarf für einen generischen OKSTRA[®]-Tunnel kann als überschaubar bewertet werden. Im Rahmen des Prototypings wurde dieser Tunnel für XML-basierte OKSTRA[®]-Datenbestände realisiert. Prinzipiell kann der generische MDM-Container aber auch für beliebige andere Formate genutzt werden. Somit wäre auch ein OKSTRA[®]-Tunnel für die OKSTRA[®]-Formate CTE und komprimierte GZ-Dateien denkbar.

Ein Datenempfänger hinter dem MDM muss den OKSTRA[®] interpretieren können, um die übermittelten Informationen verwenden zu können.

Nutzung einer DATEX II-Extension

Die im Rahmen des Prototypings durchgeführte Entwicklung einer DATEX II-Level C-Extension zum Transport von OKSTRA[®]-Informationen über den MDM lässt sich im Prinzip auf den im Kapitel 5.2 beschriebenen Verknüpfungsmechanismus der „Nachmodellierung“ zurückführen. Jedoch erfolgte im vorliegenden Fall nicht wie im Kapitel 5.2 beschrieben eine Nachmodellierung von Elementen eines Fremdstandards im OKSTRA[®], sondern umgekehrt die Nachmodellierung von OKSTRA[®]-Objekten im Fremdstandard DATEX II. Hierzu wurde der in DATEX II verfügbare generischen Erweiterungsmechanismus genutzt, welcher entsprechende Aufhängemechanismen zum „Einhängen“ der Fremdobjekte bzw. Modelle in das DATEX II-Modell vorsieht. (Man stellt hierbei im Übrigen fest, dass die Erweiterungsmechanismen von DATEX II **nur** das Verfahren der Nachmodellierung unterstützen. Andere hier untersuchte Alternativen sind also nicht anwendbar.)

Bei dieser Vorgehensweise besteht kein Änderungsbedarf auf Seiten des OKSTRA[®]. Auch der DATEX II-Standard selbst (Level A-Modell) kann vollständig unverändert bleiben. Je nach konkretem Anwendungsfall (Art und Umfang der zu transportierenden OKSTRA[®]-Objekte) kann jedoch ein hoher Aufwand bei der Nachmodellierung der OKSTRA[®]-Objekte im Rahmen der Entwicklung der DATEX-Extension entstehen. Veränderungen im OKSTRA[®]-Modell durch Weiterentwicklungen erfordern dann auch ein paralleles Nachmodellieren der betroffenen Objekte der Level C-Extension.

Da eine Level C-Extension nicht kompatibel mit dem Level A-Modell ist, kann der Mechanismus nur von Empfängern genutzt werden, die das gleiche DATEX II-Level C-Modell wie der Datenversender nutzen. Der Datenempfänger hinter dem MDM muss sowohl den Standard DATEX II als auch zusätzlich die relevanten Teile des OKSTRA[®]-Standards beherrschen, damit er die übermittelten Inhalte interpretieren kann.

Zur Erzeugung des DATEX II-XML muss der Datenversender seine zu transportierenden OKSTRA[®]-Daten in das Format der DATEX II-Extension überführen, was mit entsprechenden, aber überschaubaren Aufwänden verbunden

ist. Der so entstehende „OKSTRA[®]-DATEX II-Dialekt“ ist dem originären OKSTRA[®] zwar sehr ähnlich, aber nicht identisch, da aufgrund der Voraussetzungen der zu koppelnden Standards keine Aggregation (vgl. Kapitel 5.3) möglich ist, sondern eine Nachmodellierung erfolgen musste. Möchte der Datenempfänger hinter dem MDM die übermittelten OKSTRA[®]-Inhalte als originäre OKSTRA[®]-Objekte nutzen, so muss er eine entsprechende umgekehrte Formatwandlung durchführen.

Im Vergleich mit der realisierten Publikation von OKSTRA[®]-Daten über den MDM im MDM-Containerformat lässt die Vorgehensweise unter Nutzung einer Level C-Extension keine wirklichen Vorteile erkennen. Der Weg erscheint eher aufwändiger, da sowohl der Versender der Informationen als auch die potenziellen Datennehmer hinter dem MDM neben dem OKSTRA[®] zusätzlich auch DATEX II interpretieren können müssen.

9.3 OKSTRA[®] und IDMVU

9.3.1 Grundlagen

IDMVU ist, wie aus Abschnitt 3.3 hervorgeht, ein nationaler Standard zur Beschreibung der Infrastruktur von Schienennetzen sowohl auf konzeptionellem Niveau einerseits als auch zum Datenaustausch zwischen Fachapplikationen andererseits. Er erfüllt damit für Schienennetze eine analoge Funktion wie der OKSTRA[®] für Straßennetze. Da der Schienenverkehr ebenfalls eine zentrale Komponente im öffentlichen Verkehr ist, definiert der Standard viele für den ÖV allgemein, d.h. auch den straßengebundenen, interessante Objektarten, wie z. B. Haltestellen.

Straßen- und Schieneninfrastruktur haben mancherlei Verknüpfungspunkte:

- gemeinsam genutzte Objekte (z. B. Bauwerke, Bahnübergänge),
- parallelgeführte Verkehrswege (z. B. A3/ICE Schnellstrecke Köln-Frankfurt, Rheintal),
- ÖPNV-Objekte im Straßenraum (z. B. Haltestellen, Linienwege, Fahrweg der Straßenbahn als Verkehrsfläche, intermodaler Verkehr),
- Gegenseitige Konsistenzprüfungen, Datenabgleich,
- Kombinierte Maßnahmen (z. B. Sanierung der Konrad-Adenauer-Brücke in Bonn im März/April 2014).

Der IDMVU-Standard wird in Abschnitt 3.3 vorgestellt. Dort wird auch auf gemeinsame Grundlagen beider Standards hingewiesen.

9.3.2 Umfang des Prototypings

Mit dem Prototyping sollte gezeigt werden, dass OKSTRA[®]- und IDMVU-Daten gemeinsam in demselben XML-Dokument transportiert und in einer Applikation gemeinsam ausgewertet werden können.

Hierzu wurden Streckendaten der DB Netze AG zunächst aus einer PostgreSQL/PostGIS-Datenbank in IDMVU Stufe 4-GML-Daten umgewandelt und mit OKSTRA[®]-Daten von Straßen.NRW in einem XML-Dokument zusammengefasst. Als Klammer für die Objekte aus den beiden Standards wurde das XML-Element *FeatureCollection* aus dem wfs-Namespaces verwendet. Der geografische Untersuchungsraum umfasste das südliche Nordrhein-Westfalen rechts des Rheins

mit den Autobahnen A3 etwa von Köln bis zur Landesgrenze Rheinland-Pfalz, der A560 sowie den dort verlaufenden Bahnstrecken mit ihren Brücken.

Die OKLABI wurde dahingehend ertüchtigt, solche Daten einzulesen. Dazu wurde eine OKLABI-Schemadatenbank hergestellt, die sowohl die OKSTRA[®]- als auch die IDMVU-Schemainformation enthielt. Eine neue Art von Eingabekonverterfunktion in der OKLABI wurde eingebaut, die aus einem eingelesenen Dokument mehrere OKLABI-Datenbestände befüllen und entsprechende Metadaten nachweisen kann.

Zur Demonstration wurde das OKSTRA[®]-Werkzeug so erweitert, dass mehrere Datenbestände zusammen dargestellt werden können.

Parallel hierzu konnte der aggregierte Datenbestand auch anders genutzt werden. Dies wurde mit Hilfe des Open Source-Produktes QGIS (ein vollwertiges GIS) demonstriert. Anhand der so gewonnenen Visualisierung konnte etwa die Parallelführung der Hochgeschwindigkeitsstrecke Köln-Frankfurt und der Autobahn A3 auf Konsistenz geprüft werden. Brücken der Bahn über Straßen konnten ebenfalls identifiziert werden. Da diese nicht in der NWSIB erfasst werden (Straßen.NRW hat keine Zuständigkeit), erfolgt bisher ein Austausch nur bei Bedarf ohne besondere Rücksicht auf Standards. Hier ergibt sich möglicherweise ein interessantes Feld für eine engere Zusammenarbeit beim Datenaustausch zwischen den Verkehrsträgern.

9.3.3 Ergebnisse, Folgerungen, Empfehlungen

Ähnlich wie beim ISYBAU-Prototypen können mit dem gezeigten Verfahren Datentransporte durchgeführt werden, die Objekte verschiedener Objektwelten enthalten, wobei die Objekte auch aufeinander verweisen können (sowohl OKSTRA[®] als auch IDMVU gestatten Externverweise in den Objekten).

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen darin, dass eine durchgängige Schemavalidierung durchgeführt werden kann und dass Geo-Web-Dienste in Form von WFS (Web Feature Service) solche verbundenen Daten liefern bzw. annehmen können.

Gegenüber der Bewertung der Aggregationsmethode in 7.1.2 hat sich bei der Auswertung des Prototypen gezeigt, dass beim OKSTRA[®]-Modell überhaupt kein Änderungsaufwand entsteht. Die Aggregation von Datenbeständen zu unterschiedlichen Standards erfolgt lediglich auf der GML-Ebene. Allerdings sind in der nutzenden Software entsprechende Vorkehrungen zu treffen, um die Objekte der Nachbarwelten auseinander zu halten. In der OKLABI wurde dies für den Prototypen nur auf der lesenden Seite implementiert.

Das gezeigte Verfahren gestattet als Nebeneffekt auch den Transport von Daten, die unterschiedlichen OKSTRA[®]-Versionen angehören.

Aus den Umfeldern von OKSTRA[®] und IDMVU hat sich bereits eine Arbeitsgruppe gebildet, die Synergien der beiden Modellwelten fachlich, technisch und organisatorisch fördern soll. Die Empfehlung geht dahin, die Möglichkeiten des in diesem Prototypen gezeigten Verfahrens anhand realistischer, fachlich begründeter Szenarien aufzuzeigen.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Das Forschungsprojekt zeigt zunächst, dass sich neben dem OKSTRA[®] viele weitere Standardisierungen für Daten für alle möglichen Prozesse des Verkehrswesens etabliert haben, deren Objektwelten sich z. T. überschneiden.

Eine Zusammenführung all dieser Standardisierungen ist weder technisch noch organisatorisch durchführbar. Die Standardisierung erfolgt auf vielen Ebenen, etwa national/international, durch etliche verschiedene Akteure, mit unterschiedlichen technischen Ansätzen, Zielvorgaben und Fokussierungen.

Aus diesem Grund kommt dem gemeinsamen Transport von Daten, die auf der Grundlage unterschiedlicher Datenmodelle und Datenformate kodiert sind, und der Herstellung und Erhaltung von Bezügen zwischen ihnen besondere Bedeutung zu. Für diese Aufgabe bietet der vorliegende Bericht praktikable Bewertungsgrundlagen und Lösungsmöglichkeiten.

Als besonders fruchtbar und flexibel hat sich die Methode der (möglicherweise auch wechselseitigen) Referenzierung von OKSTRA[®]- und Fremdobjekten erwiesen. Bei der Kombination von Daten, die nach verschiedenen GML-Applikationsschemata kodiert sind, lässt sich auch ein gemeinsamer Transport in einer XML-Datei realisieren, hierbei ist dann sogar die Möglichkeit einer durchgängigen Validierung gegeben.

Die Container-Methode bietet ebenfalls die Möglichkeit des Transports in einer gemeinsamen Datei und wird, wie das Beispiel MDM zeigt, auch praktisch angewendet.

Es bleiben jedoch auch Fragestellungen offen, die in anderem Rahmen weiter untersucht werden sollten:

Technische und fachliche Weiterentwicklungen: Zuerst ist festzuhalten, dass sich viele der aufgeführten Standards sowohl fachlich als auch informationstechnisch weiterentwickeln. Dies gilt fachlich etwa für DATEX II, IFC, CityGML, GeoInfoDok, um nur Beispiele zu nennen. Technisch beginnen sich neben XML-basierten Formaten JSON und sein räumlich orientierter Ableger GeoJSON als weitere Serialisierungsplattformen zu etablieren. Es gibt bereits Spezifikationen für eine JSON-Variante von RDF sowie für Linked Data ohne RDF (JSON-LD), die vom World Wide Web Consortium W3C weiter vorangetrieben werden. Auch das OGC[®] berücksichtigt GeoJSON zunehmend als Alternative zu GML, wie eine Suche auf der OGC[®] Homepage www.opengeospatial.org enthüllt.

In diesem Zusammenhang sollte auch die weiterführende Beschäftigung mit Linked Data gesehen werden. Um diesen an sich viel versprechenden Ansatz eventuell nutzbar zu machen, müssen anderswo existierende Projekte auf praktische Erfahrungen (z. B. erzielte Nutzeffekte, aber auch Umsetzungshürden) hin untersucht werden. Ein auf das Straßen- und Verkehrswesen passendes Szenario müsste entwickelt und auf seine praktische Realisierbarkeit untersucht werden. Ein herkömmliches Prototyping isoliert von real existierenden IT-Strukturen erscheint hierfür nicht ausreichend (dass es technisch funktioniert, weiß man etwa aus [PILOD] oder [SWCBRJ]). Es muss vielmehr nachgewiesen werden, dass es in die vorhandenen IT-Infrastrukturen einbindbar wäre).

Semantische Analyse: Das Forschungsvorhaben hat sich auf Grund seiner Fokussierung auf praktische Fragen des Datentransports nicht intensiv mit einer sehr wichtigen, aber auch nur sehr aufwändig zu beantwortenden Frage

auseinandergesetzt, nämlich dem fachlichen Vergleich der Objektwelten der verschiedenen Standards mit einer Identifizierung von Analogien, Überschneidungen und Widersprüchen. Dazu gehört auch die Analyse möglicher Prozessketten der Datenfusionierung, wie an einem Beispiel erläutert werden soll:

Für ein brauchbares Fußgängerouting sind sowohl Wege in Gebäuden, Wege im Straßenraum (auch über Brücken, durch Tunnels und über Außentreppe(n)), intermodale Anschlussstellen (z. B. Parkgelegenheiten, Bahnhöfe und Haltestellen, Fähranleger usw.) sowie Points-of-Interest (POI) mit ihrer Lage im Straßenraum wichtig. Die innere Struktur von Gebäuden könnte grundsätzlich aus BIM-Daten ermittelt werden, wie sie auch für Facility Management benötigt werden. Diese könnten in CityGML-Objekte gewandelt werden, die zusammen mit OKSTRA[®]-Daten für kommunale Straßen in ein routingfähiges Stadtmodell eingebaut werden. Hinzu kommen ÖV-Infrastrukturdaten und POIs, die über Adressinformationen sowohl als Koordinatengeometrie (per Gazetteer) als auch ins Straßennetz (OKSTRA[®] Straße-Hausnummer-Verortung) verortet werden können.

Eine entsprechenden Analyse darf deshalb die Objektwelten nicht nur vergleichen und die jeweiligen Sichtweisen herausarbeiten, sondern muss möglichst alle zwischen den Objekten verschiedener Welten bestehenden Verbindungen ausfindig machen. (Stichwort: *Herstellung einer Modell-übergreifenden Ontologie*)

Ergänzende Betrachtungen: Das in diesem Bericht vorgestellte Bewertungsmodell für Datenkopplungen berücksichtigt nicht die eventuelle Abhängigkeit von den Anwendungsfällen. Es könnte also sein, dass für verschiedene Anwendungsfälle verschiedene Kopplungen in Frage kämen.

Auch die Interaktion mit den geographischen Nachbarn in Europa bezüglich der Standards im Verkehrswesen ist in diesem Projekt nicht näher untersucht worden und verdient eine weitergehende Betrachtung. Von Interesse wäre hierbei, inwieweit außer den in diesem Bericht vorgestellten internationalen Standards weitere offene, jedoch national vereinbarte, Anwendung finden.

11 Abkürzungsverzeichnis

AAA	AFIS-ALKIS-ATKIS (<i>siehe dort</i>)
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
AFIS	Amtliches Festpunkt-Informationssystem
ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
Alert-C	Advice and Problem Location for European Road Traffic - Version C
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
ASB	Anweisung Straßeninformationsbank
ATKIS	Amtliches topographisches-kartographisches Informationssystem
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BIM	Building Information Modeling
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
CEN	Comité européen de normalisation (<i>Europäisches Komitee für Normung</i>)
CTE	Clear Text Encoding (<i>Kodierung von EXPRESS-konformen Daten</i>)
DATEX	Data Exchange (<i>Standard für die Übertragung von Verkehrsinformation</i>)
DB	Deutsche Bahn
EAV	Entity-Attribute-Value (<i>Objekt-Attribut-Wert-Kodierung von Daten</i>)
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
FGSV	Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen
FME	Feature Manipulation Engine (<i>eine Software</i>)
FOPS	Forschungsprogramm Stadtverkehr
GDF	Geographic Data Files
GIS	Geographisches Informations-System
GML	Geography Markup Language
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transport Protocol
IDMVU	Infrastruktur Daten Management für Verkehrsunternehmen
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
ISYBAU	Integriertes DV-System-Bauwesen
IT	Informationstechnologie
ITS	Intelligent Transport Systems

JSON	JavaScript Object Notation
LCL	Location Code List
LSA	Lichtsignalanlage
MathML	Mathematical Markup Language
MDM	Mobilitäts Daten Marktplatz
NERZ	Nutzer der einheitlichen Rechnerzentralensoftware e.V.
NeTeX	Network Exchange
NWSIB	Straßeninformationsbank Nordrhein-Westfalen
OGC	Open GIS Consortium
OKLABI	OKSTRA [®] -Klassenbibliothek
OKSTRA [®]	Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
OpenLR	Open Location Referencing
ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
OSM	Open Street Map
POI	Point of Interest
P&R	Park and Ride
RAS	Richtlinie für die Anlage von Straßen
RDF	Resource Description Framework
RDS	Radio Data System
SchemaDB	Schema-Datenbank (<i>der OKLABI</i>)
SIB	Straßeninformationsbank
SPARQL	SPARQL Protocol And Resource Query Language (<i>selbst-referentielle Abk.</i>)
SVG	Scalable Vector Graphics
TC	Technical Committee
TISA	Traveller Information Services Association
TMC	Traffic Message Channel
TPEG	Transport Protocol Experts Group
UML	Unified Modeling Language
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VMS	Variable Message Sign
VMZ	Verkehrsmanagementzentrale
VRZ	Verkehrsrechnerzentrale
VU	Verkehrsunternehmen
W3C	World Wide Web Consortium
WFS	Web Feature Service

WG	Working Group
WGS	World Geodetic System
XHTML	Extensible HTML
XML	Extensible Markup Language

12 Literaturverzeichnis

- [AAB11] Arbeitshilfen Abwasser, 2. Auflage, Juni 2011 (http://www.arbeitshilfen-abwasser.de/Materialien/Texte/110615arbeitshilfen_abwasser.zip)
- [ASB11] ASB, Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem: Netzdaten, Version 2.02, 2011
- [CIT12] OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard (OGC-Nr. 12-019), Version 2.0.0, 04.04.2012 (https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842)
- [DAT13] DATEX II v.2.2 – User Guide v.2.2 and Software Developers Guide v.2.2, 2013 (<http://www.datex2.eu/current-version-supporting>)
Registrierung erforderlich
- [DAT13a] DATEX II Extension Guide v.2.2 (<http://www.datex2.eu/current-version-supporting>) Registrierung erforderlich
- [DAT13b] DATEX II Schema Generation Tool Guide v.2.2 (<http://www.datex2.eu/current-version-supporting>) Registrierung erforderlich
- [DAT13c] DATEX II Modelling Methodology v.2.2 (<http://www.datex2.eu/current-version-supporting>) Registrierung erforderlich
- [GDF04] ISO 14825:2004: Intelligent transport systems - Geographic Data Files (GDF) - Overall data specification, 2004
- [GEO] GeoInfoDok, Version 6.0, 2008, und 6.0.1, 2009, zu beziehen über <http://www.adv-online.de>
- [IDM09] Diskussionspapier zu IDMVU und OKSTRA[®]/OKSTRA kommunal, 2009 (http://www.idmvu.org/34.0.html?&eID=dam_frontend_push&docID=257)
- [IDM10] VDV-Schrift 456 v2.0 – Standardschnittstelle Infrastruktur-Daten-Management (IDM) Datenaustauschformat auf Basis des IDM – Datenmodells, 2010 (http://www.idmvu.org/34.0.html?&eID=dam_frontend_push&docID=315)
- [IDM12] IDMVU – Kompatibilität zu anderen Standards, Bericht im Rahmen des IDMVU Forschungsvorhabens Stufe 4 (FE 70.866/2011), 2012 (z. Zt. noch unveröffentlichte Entwurfsversion)
- [IDM13] Abbildung von Busverkehren in IDMVU – Anwendungsleitfaden, Bericht im Rahmen des IDMVU Forschungsvorhabens Stufe 4 (FE 70.866/2011), 2012 (z. Zt. noch unveröffentlichte Entwurfsversion)
- [IFC] <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview/ifc-overview-summary>, Seite angefordert am 22.05.2012
- [INS110] INSPIRE Data Specifications - Generic Conceptual Model Version 3.3 18.6.2010
- [INS210] INSPIRE Data Specifications on Transport Network – Guidelines Version 3.1, 26.4.2010
- [INS310] VERORDNUNG (EG) Nr. 1089/2010 DER KOMMISSION vom 23.

November 2010 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatenätzen und -diensten

- [INS11] VERORDNUNG (EU) Nr. 102/2011 DER KOMMISSION vom 4. Februar 2011 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1089/2010 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatenätzen und -diensten
- [IOO13] OKSTRA[®]-Pflegestelle, Vorschlag zur Integration des OKSTRA kommunal in den OKSTRA, 2013, Dokument N0148 auf www.okstra.de
- [ISO112] Norm DIN EN ISO 19148 Geoinformation - Lineares Bezugssystem (ISO 19148:2012); Englische Fassung EN ISO 19148:2012, Beuth Verlag
- [KBN] <http://www.kim-strasse.de/newsartikel/newseinzelsicht/datum/2011/09/28/die-kommunale-baustelle-im-navi.html> (auch zu erreichen über den Link „zum Archiv“ unter Aktuelles auf der Startseite)
- [KIM] <http://www.kim-strasse.de/> >OKSTRA kommunal-Pflege
- [KKW06] H. Kirschfink, A. Kochs, B. Weidner, J. Hettwer, Netzmodell-Spezifikation, Forschungsprojekt FE 77.480/2004 „Integrierte kommunale Verkehrsnetzdokumentation“, 2007, (<http://www.kim-strasse.de>)
- [KOL11] S. Kollarits, GraphenIntegrationsplattform (GIP) und OKSTRA: Herausforderungen, Lösungsansätze und Integration, 2011, in: kollarits/kollarits.pdf auf der Tagungs-CD zum OKSTRA[®]-Symposium 2011
- [KSW11] A. Kochs, W. Scholtes, B. Weidner, Analyse der Regelwerke und Ordnungssysteme/ Ortsreferenzierungssysteme der Bereiche Straßeninformationssysteme und Verkehrssysteme, 2011 (<http://www.okstra.de>, Dokument N0136)
- [LEB13] Eric Lebègue, IFC-Bridge & IFC for Roads, 2013. <http://iug.buildingsmart.org/resources/itm-and-iug-meetings-2013-munich/infra-room/ifc-bridge-ifc-for-roads/view>
- [MDM11] MDM Mobilitäts Daten Marktplatz - Containerformat Spezifikation, Version 1.0, http://hilfe.mdm-portal.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Hilfeseite/MDM-Spezifikation_Container-v1-0.pdf
- [MDM13] MDM Mobilitäts Daten Marktplatz – Technische Schnittstellenbeschreibung, Version 2.3.1 (<http://hilfe.mdm-portal.de>)
- [NTX] <http://www.kizoom.com/standards/netex/schema/index.htm>
- [OKS11] OKSTRA[®], Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen, Version 1.015, 2011, (<http://www.okstra.de>)
- [O2I12] OKSTRA[®]-Pflegestelle, Feinkonzept für ein Werkzeug zur Transformation von OKSTRA[®]-Daten in das INSPIRE-Modell, 2013 (<http://www.okstra.de>, Dokument N0137)

- [OLR] OpenLR™ - An open standard for encoding, transmitting and decoding location references in digital maps – White Paper Version 1.5 (<http://www.openlr.org>)
- [OSM1] http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Main_Page
- [OSM2] OSM-Wiki „Map Features“, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map_Features
- [OSM3] OSM-Wiki „Attributierung von Straßen in Deutschland“, http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Germany_roads_tagging
- [PILOD] PiLOD (Platform implementatie Linked Open Data), <http://www.pilod.nl>
- [SNG09] R. Koch, C. Marschal, L. Schildknecht, C. Komma, H. Willenbacher, Konzeptstudie bundesweite Straßennetzgrundlage, Konzeptbericht, Version 0.99, 20.11.2009
- [SWCBRJ] Arif Shaon, Andrew Woolf, Shirley Crompton, Robert Boczek, Will Rogers, Mike Jackson, An Open Source Linked Data Framework for Publishing Environmental Data under the UK Location Strategy , www.ceur-ws.org/Vol-798/paper6.pdf
- [TBL] Tim Berners-Lee, Linked Data – Design Issues, <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- [TMC04] Norm ISO 14819-3:2004. Traffic and Travel Information (TTI) -- TTI messages via traffic message coding -- Part 3: Location referencing for ALERT-C
- [TRM] <http://www.transmodel.org/en/cadre1.html>
- [TRMWP] <https://en.wikipedia.org/wiki/Transmodel>
- [WEI11] B. Weidner, Ein internationaler Standard für Verortung durch Stationierung: ISO19148 – Geographic information – Linear referencing auf der Tagungs-CD zum OKSTRA®-Symposium 2011