

Bericht

*Analyse der Regelwerke und Ordnungssysteme/
Ortsreferenzierungssysteme der Bereiche Straßenin-
formationssysteme und Verkehrssysteme*

Projektleiter: Dr.-Ing. Andreas Kochs (momatec GmbH)

*Bearbeiter: Bernd Weidner (interactive instruments GmbH)
Werner Scholtes (Heusch/Boesefeldt GmbH)*

im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen



Vorhaben:

Analyse der Regelwerke und Ordnungssysteme/Ortsreferenzierungssysteme der Bereiche Straßeninformationssysteme und Verkehrssysteme

Auftragnehmer:

momatec GmbH
Weiern 171
52078 Aachen



Unterauftragnehmer:

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



und

Heusch/Boesefeldt GmbH
Tempelhofer Straße 4-6
52068 Aachen



Beginn des Projekts: 01.01.2011

Berichtsdatum: 28.06.2011

Version: 1.0

Status: vorgelegt

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	7
1.1 Metamodell.....	8
2. Analyse der Netzmodelle und Ordnungssysteme im Bereich der Straßeninformationssysteme	12
2.1 OKSTRA® (ASB).....	12
2.2 OKSTRA kommunal.....	18
3. Analyse der Netzmodelle und Ordnungssysteme im Bereich der Intelligenten Verkehrssysteme	27
3.1 RDS/TMC (Alert-C Location Code List).....	27
3.2 Bundeseinheitliche VRZ	36
3.3 Geographic Data Files (GDF)	44
3.4 Verortungsmöglichkeiten in DATEX II.....	49
4. Standards aus dem Bereich Geodaten	56
4.1 Lineare Referenzierung (ISO 19148).....	56
4.2 INSPIRE.....	59
5. On-the-fly-Referenzierungsmethoden.....	66
5.1 TPEG-Loc	66
5.2 TPEG2-GLR.....	70
5.3 AGORA-C.....	74
5.4 OpenLR	80
6. Anwendungsfälle für den Datenaustausch	84
6.1 Versorgung einer VMZ/VRZ mit Netz- und Bestandsdaten aus einer SIB	89
6.2 Versorgung einer SIB mit Fachdaten aus einer VMZ/VRZ.....	91
6.3 Erzeugung von Verkehrsmeldungen aus Daten einer SIB	92
7. Verknüpfungsansätze für die Referenzierungsmethoden.....	94
7.1 Identifikation der relevanten „Austauschprozesse“	94
7.2 Vereinbarkeit der Referenzierungsmodelle und Harmonisierungsbedarf.....	94
7.3 Anwendung der On-the-Fly-Referenzierung	120
7.4 Anwendung der Linearen Referenzierung	130

7.5 Transformation durch Integration von Netzmodellen oder –daten	136
8. Konzeption für ein Prototyping.....	142

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verortungselemente im OKSTRA®	13
Tabelle 2: Ortsreferenzen im OKSTRA®.....	15
Tabelle 3: Verortungselemente im OKSTRA kommunal	21
Tabelle 4: Ortsreferenzen im OKSTRA kommunal.....	23
Tabelle 5: Verortungselemente in der LCL.....	29
Tabelle 6: Topologische Beziehungen in der LCL	34
Tabelle 7: Verortungselemente im Teilmodell TmcGlobal	38
Tabelle 8: Verortungselemente im Teilmodell VerkehrGlobal.....	39
Tabelle 9: Ortsreferenzen im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ	40
Tabelle 10: Topologische Beziehungen im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ	41
Tabelle 11: Geometrieabbildung im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ	42
Tabelle 12: Verortungselemente in GDF	47
Tabelle 13: Topologische Beziehungen in GDF	48
Tabelle 14: Ortsreferenzen in DATEX II.....	52
Tabelle 15: Ortsreferenzen in TPEG-Loc	68
Tabelle 16: Location Typen in TPEG-Loc.....	69
Tabelle 17: Ortsreferenzen in TPEG2-GLR.....	72
Tabelle 18: Attribute von <i>CorePoint</i> und <i>ExtendedPoint</i> in AGORA-C.....	78
Tabelle 19: Relevante Standards und Fachobjekte für Anwendungsfall	90
Tabelle 20: Relevante Objektarten in DATEX II und OKSTRA®/OKSTRA kommunal	92
Tabelle 21: Verknüpfung OKSTRA – RDS/TMC.....	96
Tabelle 22: Verknüpfung OKSTRA – Bundeseinheitliche VRZ.....	101
Tabelle 23: Verknüpfung OKSTRA - GDF	107
Tabelle 24: Verknüpfung OKSTRA kommunal – RDS/TMC.....	112
Tabelle 25: Verknüpfung OKSTRA kommunal - GDF	116
Tabelle 26: Allgemeine Bewertung der On-the-Fly-Methoden	120

Tabelle 27: Bewertung von AGORA-C für den Fall OKSTRA <-> GDF	122
Tabelle 28: Bewertung von AGORA-C für den Fall OKSTRA kommunal <-> GDF	125
Tabelle 29: Bewertung von OpenLR für den Fall OKSTRA <-> GDF	127
Tabelle 30: Bewertung von OpenLR für den Fall OKSTRA kommunal <-> GDF	128
Tabelle 31: Anwendung der Linearen Referenzierung in DATEX II	132
Tabelle 32: Bewertung der Integrationsebene Schema	136
Tabelle 33: Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten für das Konzept des generischen Containers.....	138
Tabelle 34: Bewertung der Integrationsebene Objekt.....	141

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: UML-Modell des Knoten-Kanten-Modells im OKSTRA kommunal	20
Abbildung 2: UML-Modell für die LCL.....	28
Abbildung 3: Abbildung eines Streckenabschnitts aus primärer und sekundärer Location	34
Abbildung 4: Beispiel für Ortsreferenz in der LCL	35
Abbildung 5: UML-Modell des Teilmodells TmcGlobal	37
Abbildung 6: UML-Modell des Teilmodells VerkehrGlobal	39
Abbildung 7: Georeferenzierung im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ.....	43
Abbildung 8: UML-Modell für GDF	46
Abbildung 9: Mögliche Ortsreferenzierungen in DATEX II	51
Abbildung 10: UML-Modell des Common Transport Network in INSPIRE [Quelle: http://inspire-twg.jrc.ec.europa.eu/inspire-model/ ; abgerufen am 15.04.2011]	61
Abbildung 11: UML-Modell für das Road Transport Network in INSPIRE [Quelle: http://inspire-twg.jrc.ec.europa.eu/inspire-model/ ; abgerufen am 15.04.2011]	63
Abbildung 12: UML-Modell des Location Container [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1].....	67
Abbildung 13: UML-Modell des Location Description [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1].....	67
Abbildung 14: UML-Modell der Location Coordinates [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1].....	68
Abbildung 15: UML-Modell der TPEG2-GLR	72

Abbildung 16: UML-Modell der DynamicLocationReference [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]	75
Abbildung 17: UML-Modell der ExplicitArea [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1].....	76
Abbildung 18: UML-Modell der ImplicitArea [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1].....	76
Abbildung 19: UML-Modell der LinearLocation [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1].....	78
Abbildung 20: NIAM-Diagramm des Lösungskonzeptes zu Änderungsantrag 31	89
Abbildung 21: Darstellung der Verortungselemente im OKSTRA innerhalb von Knotenpunktsystemen im Netzknoten-Stationierungssystem	106
Abbildung 22: Darstellung der Verortungselemente im OKSTRA innerhalb von Knotenpunktsystemen in der „GDF-Sicht“	106
Abbildung 23: Darstellung der Verortungselemente in der Bundeseinheitl. VRZ innerhalb von Knotenpunktsystemen	107
Abbildung 24: Unterschiedliche Abbildung von Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen beim OKSTRA® und bei GDF	112
Abbildung 25: UML-Modell für die Nutzung der Linearen Referenzierung für Punktobjekte	131
Abbildung 26: UML-Modell für die Nutzung der Linearen Referenzierung für Linienobjekte	131
Abbildung 27: Datenmodell aus GDF zur linearen Referenzierung	135
Abbildung 28: Ablauf des Encodings	143
Abbildung 29: Ablauf des Decodings	143
Abbildung 30: Beispiel für eine prototypische Anwendung des Generischen Containers	145

1. Einleitung

Betrachtet man die IT-Verfahren in den Straßenbau- und Verkehrsverwaltungen der Länder, so stellt man fest, dass dort zwei Welten mit jeweils eigenen Standards existieren:

1. Die Welt der Straßeninformationssysteme, mit denen der Straßenbestand eines Landes verwaltet und seine Erhaltung und der Betrieb gesteuert wird. Entsprechend den Aufgaben dieser Bereiche sind auch die Regelwerke aufgebaut:

ASB-Netz und ASB-Bestand beschreiben das Ordnungssystem des Straßennetzes und die Methoden, wie Bestandsobjekte (das sind z.B. Informationen über den Straßenaufbau, den Zustand, die Beschilderung sowie Anlagen) für ein Informationssystem erfasst werden müssen. Die Struktur des Straßennetzes sowie sein Ordnungssystem (Stationierung) und die Zusammenhänge zwischen dem Straßennetz und den Bestandsobjekten werden im Objektkatalog OKSTRA[®] beschrieben. OKSTRA[®] ist die Grundlage für den diesbezüglichen Informationsaustausch und somit die Grundlage für IT-Entwicklungen (Straßeninformationssysteme).

2. Die Welt der intelligenten Verkehrssysteme (IVS), bei denen die verkehrlichen Verknüpfungen im Straßennetz, das Verkehrsmanagement über Verkehrsrechnerzentralen und der Austausch dynamischer Verkehrsdaten zwischen öffentlichen und privaten Akteuren im Vordergrund stehen. Während der Betriebsdienst für eine Straße an der Bundesgrenze endet (das Nachbarland kann sein Straßennetz nach anderen Kriterien strukturieren und erhalten), ist man bei der Steuerung von Verkehrsabläufen auch auf die Informationen des Nachbarlandes angewiesen. Beim Austausch von dynamischen Verkehrsdaten hat die Interoperabilität und Kompatibilität von Systemen verschiedener Betreiber grundsätzliche Bedeutung.

Hier wurde der Standard DATEX II entwickelt, der unterschiedliche Methoden der Ortsreferenzierung zulässt und wegen der länderübergreifenden Anforderungen auch als europäischer CEN-Standard veröffentlicht wird. Weitere internationale Standards unterstützen die Bereitstellung von Verkehrsinformationen für Informationsdienste.

In der Vergangenheit wurden in beiden Welten getrennte Objektstrukturen, Ordnungssysteme und Ortsreferenzierungsmethoden entwickelt und von den Experten für den jeweiligen Bereich optimiert. Mit den wachsenden Möglichkeiten der Straßeninformationssysteme und intelligenten Verkehrssysteme besteht seit längerem die Notwendigkeit, Informationen zwischen den beiden Welten auszutauschen. Hierzu existieren mittlerweile Einzellösungen im Ansatz und nur für eine Richtung, z.B. in NRW um Straßendaten aus der NWSIB an die Verkehrsrechnerzentrale zu liefern.

Im Rahmen dieser Studie werden die relevanten Standards und Regelwerke identifiziert und vergleichend analysiert. Nach dem im Folgenden beschriebenen Metamodell werden die einzelnen Standards dokumentiert. In einem zweiten Schritt werden die Gemeinsamkeiten und

Widersprüche zwischen den Ansätzen der Standards dargestellt und Vorschläge für die Harmonisierung bzw. für die Schaffung von Referenzierungsmethoden zwischen den einzelnen Ansätzen gemacht.

Zusätzlich werden Anwendungsfälle beschrieben, bei denen ein Datenaustausch zwischen Systemen aus den Bereichen Straßeninformationssysteme und intelligente Verkehrssysteme sinnvoll bzw. notwendig sind. Es wird ein Ansatz für einen Prototypen beschrieben, anhand dessen ein solcher Anwendungsfall in der Praxis umgesetzt werden kann.

1.1 Metamodell

Um bei der Bewertung der Verknüpfungsmöglichkeiten der Telematik-Datenmodelle mit den Modellen der Straßeninformationssysteme eine gemeinsame, einheitliche Methodik anwenden zu können, werden die zu betrachtenden Modelle anhand eines Metamodells analysiert, das im Folgenden beschrieben ist.

1.1.1 Kurzbeschreibung

Am Anfang der Beschreibung eines Netzmodells steht eine Darstellung seiner wesentlichen Merkmale wie etwa Entstehungsgeschichte und Einsatzgebiet.

1.1.2 Verortungselemente

Als Verortungselemente bezeichnen wir die Objekte, die die Verkehrswege der realen Welt im betrachteten Datenmodell wiedergeben. Hierzu gehören

- Lineare Objekte, die Straßen oder Teile davon repräsentieren (Beispiel für Teile: Abschnitt, Segment, Fahrbahn, Ast)
- Punktuelle Objekte, die Verbindungspunkte linearer Objekte oder Punkte besonderer Relevanz (Beispiel: TuR-Anlage) sein können
- Flächige Objekte, die administrative Gebiete (wie z.B. Städte, Bundesländer), Verkehrsflächen (z.B. große Parkplätze) oder sonstige Gebiete (z.B. Straßenwettergebiete wie Alpenrand oder Nordseeküste) repräsentieren

Die Verortungselemente sind atomar, wenn sie im Datenmodell nicht weiter in Bestandteile zerlegbar sind, andernfalls sind es Aggregate (Beispiel für ein Aggregat: ein ASB-Netzknoten, der aus Nullpunkten und Ästen gebildet wird)

Bei der Analyse eines Datenmodells sind für die Verortungselemente folgende Charakteristika zu vermerken:

- Klassenname (z.B. Abschnitt)
- Dimensionalität: linear, punktuell, gemischt (bei Aggregaten)
- Aggregat: ja/nein. Falls ja, ist die Art der Aggregation näher zu erläutern

- Identifikator, d.i. die eindeutige Bezeichnung für die Objektinstanzen und deren Struktur
- Stabilität der Identifikatoren: ja/nein (ja, falls die Identifikatoren von Verortungselementen über mehrere Versionen des Datenbestands stabil bleiben, sofern sich die Verkehrswege der realen Welt nicht verändert haben).

1.1.3 Ortsreferenzen

Eigenschaften werden an Verortungselemente mittels Ortsreferenzen gebunden.

Unter Eigenschaft verstehen wir hier die Abstraktion eines Sachverhaltes an einer bestimmten Stelle im Netz. Dazu können gehören (ohne Anspruch auf Vollständigkeit): numerische Werte (Beispiel: Zahl der Fahrstreifen, Breite), Klassifizierungen (Beispiel: Straßenklasse), Gegenstände (Beispiel: Verkehrsschild), Ereignisse (Beispiel: Unfall) oder komplexe, in sich weiter strukturierte Sachverhalte (Beispiel: Parkplatz)

Bei der Analyse eines Datenmodells sind für die möglichen Arten von Ortsreferenzen folgende Charakteristika zu vermerken:

- Klassenname (z.B. Strecke)
- Dimensionalität: punktuell, linear, flächig
- Referenzobjektklasse: Klasse der Verortungselemente, an die eine Eigenschaft mit dieser Art der Ortsreferenz gebunden wird (z.B. Abschnitte).
- Art der Anbindung: topologisch („liegt an/auf/in“-Relationen), linear-referenziert (topologisch + metrische Verortung in Bezug zum Referenzobjekt), implizit (z.B. geometrisch)
- Aggregat: ja/nein (Beispiel für ein Aggregat: ASB-Strecke)
- Bedingungen (z.B. Aufeinanderfolge der referenzierten Abschnitte)
- Hinweis: Die Analyse muss nicht den gesamten Katalog der Eigenschaften wiedergeben, es müssen nur die möglichen Arten ihrer Anbindung erfasst werden.

1.1.4 Topologie

Die Netztopologie ist die Beschreibung, wie die Verortungselemente räumlich miteinander verbunden sind. Dies wird durch Relationen ausgedrückt wie etwa „grenzt an“, „folgt auf“ oder „lässt Fahrt zu nach“.

Bei der Analyse eines Datenmodells sind für die Topologie folgende Charakteristika zu vermerken:

- Name der topologischen Relation
- Realisierung: explizit (Verknüpfung per Identifikatoren), implizit (über die exakte oder genäherte Übereinstimmung von Geometriemerkmale)

- Routingfähigkeit: keine (keine Aussage möglich, ob über die topologisch verknüpften Objekte auch Verkehr möglich ist), grob (grundsätzliche Aussage zur Verkehrsmöglichkeit ohne detaillierte Fahrwegbeschreibung), turn-by-turn (lässt detaillierte Fahrwegbeschreibung zu)

1.1.5 Geometrie

Falls ein Basisobjekt eine Verortung durch eine Koordinate oder eine Folge von Koordinaten in einem geodätischen Koordinatensystem zulässt, trägt es Geometrie.

Bei der Analyse eines Datenmodells sind für die Geometriefähigkeit folgende Charakteristika zu vermerken:

- Herkunft der Geometrie: selbst (Objekte tragen selbst geometrische Information), abgeleitet (die Geometrie kann aus relational verbundenen Objekten abgeleitet werden), keine

1.1.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Hier ist anzugeben, welche Ressourcen benötigt werden, um eine Ortsreferenz samt der davon betroffenen Verortungselemente sinnvoll zu erstellen oder interpretieren. Dies z.B. kann durch spezielle Kataloge (z.B. LCL) oder durch Bezug auf Netzbeschreibungen gemäß einem anderen Netzmodell (z.B. digitale Karte) erfolgen.

1.1.7 Datenübertragung

Hier ist darzustellen, ob bestimmte Standards bei der Datenübertragung vorgeschrieben sind (z.B. OKSTRA: CTE oder GML)

1.1.8 Detaillierungsgrad

Im Detaillierungsgrad eines Netzmodells ist beschrieben, wie detailliert die Elemente des beschriebenen Netzmodells die Verkehrswege der realen Welt wiedergeben:

- Detaillierungsgrad der Verortungselemente: Fahrbahn (mehrere physikalisch getrennte Fahrbahnen eines Straßenabschnitts müssen auch durch mehrere Verortungselemente abgebildet werden), Abschnitt oder Ast (ein Straßenabschnitt zwischen zwei Netzknoten wird durch ein Verortungselement beschrieben, auch wenn er aus mehreren Richtungsfahrbahnen besteht, Netzknoten werden jedoch als komplexe Aggregationen aus Ästen dargestellt), Netzknoten/Abschnitt (Netzknoten und Abschnitte zwischen Netzknoten werden als elementare Objekte dargestellt, die nicht weiter detailliert werden), nicht anwendbar (der Detaillierungsgrad ist nicht einheitlich bzw. nicht vorgegeben).

1.1.9 Quellen und Literatur

Hier werden die vorhandenen Quellen (Regelwerke, Wissensdokumente) als Literaturverweise bzw. URL für WWW-Quellen aufgeführt. Sie werden für jedes Datenmodell mit 1 beginnend durchgezählt.

2. Analyse der Netzmodelle und Ordnungssysteme im Bereich der Straßeninformationssysteme

2.1 OKSTRA® (ASB)

2.1.1 Kurzbeschreibung

OKSTRA® – Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen – ist die Bezeichnung für den nationalen Standard zum Austausch von Daten im Straßen- und Verkehrswesen. Er wurde von 1995 bis 1999 im Rahmen verschiedener Forschungsaufträge entwickelt und steht seit 2000 in der Version 1.001 zur Verfügung. Der OKSTRA® enthält Fachschemata sowohl für Bestandsdaten (also zur Abbildung des real existierenden Straßennetzes mit den damit verknüpften Einrichtungen und technischen Eigenschaften) als auch für die Prozesse des Straßenentwurfs und damit verbundener Bereiche (z.B. Grunderwerb, Landschaftspflege, Projektmanagement). Daneben gibt es Schemata für dynamische Daten und Ereignisse (Verkehrsdaten, Unfälle, Schwertransporte). Der OKSTRA® definiert für seine Fachschemata formale Modelle mit Hilfe von Modellierungssprachen. Bis zur aktuellen Version 1.015 wurden hierfür die grafische Sprache NIAM (Natural language Information Analysis Method) [OKS-1] verwendet sowie die text-basierte Sprache EXPRESS (ISO 10303-11), in Zukunft werden die Modelle in UML (Unified Modeling Language) [OKS-2] gepflegt.

Im Kontext dieser Studie wird nur das Modell für das Straßennetz betrachtet. Dieses Datenmodell des OKSTRA® gilt für das überörtliche, klassifizierte Netz und basiert auf dem konzeptionellen Modell der Anweisung Straßeninformationsbank (ASB), Teilsystem Netzdaten, die auch die Erfassungsrichtlinien enthält. [OKS-4]

Dieser Analyse liegt die aktuelle Version 1.015 des OKSTRA® zugrunde. Alle Ressourcen zum OKSTRA® finden sich unter [OKS-3].

2.1.2 Verortungselemente

Der OKSTRA® enthält zwei miteinander verknüpfte Verortungssysteme. Das grundlegende System setzt *Straßen* aus *Abschnitten* zusammen, wobei die *Abschnitte* in *Netzknoten* aneinander grenzen. Für viele Zwecke ist diese Sicht zu grob, weil die Verbindung zweier *Abschnitte* in einem *Netzknoten* auf komplizierte Weise realisiert sein kann, z.B. in einem Autobahnkreuz. Die verbindenden Verkehrswege in einem *Netzknoten* können hierzu in Form von *Ästen* aufgelöst werden. Um *Abschnitte* und *Äste* einheitlich behandeln zu können, wird der Oberbegriff *Abschnitt_oder_Ast*, abgekürzt *AoA*, eingeführt. Dieses grundlegende System, das Netzknoten-Stationierungssystem, wird hier verkürzt als Stationierungssystem bezeichnet.

Dieses System wurde der Kompatibilität mit GDF halber um ein damit verknüpftes Knoten-Kanten-System-System ergänzt, das aus *Straßenelementen* und *Verbindungspunkten* besteht.

Verbindungspunkte sind *Punktobjekte* im Sinne der Ortsreferenzen, ebenso sind *Straßenelemente* *Streckenobjekte*.

Durch Identifizierung von *Verbindungspunkte* als *Nullpunkte* werden beide Systeme zusätzlich miteinander verknüpft.

Abschnitt_oder_Ast (AoA)

Der Typ der Verortungselemente des OKSTRA® ist Supertyp von *Abschnitt* und *Ast*, der ihre gemeinsamen Eigenschaften bündelt. Ein *Abschnitt* ist ein gerichteter Teil des Straßennetzes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Netzknoten, während ein *Ast* eine Verbindung innerhalb eines Netzknotens ist. Ein *AoA* wird durch zwei *Nullpunkte* begrenzt. *AoA* und *Nullpunkte* bilden aber keinen zusammenhängenden Graphen, weil die *Nullpunkte* von Ästen nicht unbedingt Enden von anderen *AoA* sind.

Stabile Identifikatoren gibt es für *Netzknoten* in Form einer siebenstelligen Zahl, die aus der Blattnummer der Topographischen Karte TK25, in deren Gebiet der Netzknoten liegt, und einer dreistelligen laufenden Nummer innerhalb des Gebietes zusammengesetzt ist. Daraus werden zunächst Identifikatoren für *Nullpunkte* gebildet durch Anhängen eines Buchstabens an die Netzknotennummer, zu der der *Nullpunkt* gehört, und weiter Identifikatoren für *AoA* durch Aneinanderhängen der Identifikatoren der begrenzenden *Nullpunkte*.

Straßenelement

Zur Kompatibilität mit GDF wurde als zusätzlicher Typ linearer Elemente das *Straßenelement* eingeführt, das dem *Road Element* aus GDF entspricht. Das *Straßenelement* ist jedoch kein echtes Verortungselement, weil Eigenschaften nicht unmittelbar darauf verortet werden können. (siehe unter Topologie). Zu beachten ist außerdem: Die Führung von Straßenelementen und den damit relational verbundenen Objekten ist nicht verpflichtend.

Ein *Straßenelement* wird am Anfang und am Ende durch *Verbindungspunkte* (entsprechend GDF *Road Junction*) begrenzt. Die folgende Tabelle beschreibt die Verortungselemente.

Tabelle 1: Verortungselemente im OKSTRA®

Teilmodell	Klassenname	Dimension	Aggregat
Stationierungssystem	<i>Straße</i>	Linear	Ja, aus <i>AoA</i>
Stationierungssystem	<i>AoA</i>	Linear	Nein
Stationierungssystem	<i>Netzknoten</i>	Punktuell	Ja, aus <i>Nullpunkten</i>

Stationierungssystem	<i>Nullpunkt</i>	Punktuell	Nein
Stationierungssystem	<i>Nullpunktort</i>	Punktuell	Verortet einen <i>Nullpunkt</i> auf einen AoA
Knoten-Kanten-Modell	<i>Verbindungspunkt</i>	Punktuell	Nein
Knoten-Kanten-Modell	<i>Straßenelement</i>	Linear	Nein
Knoten-Kanten-Modell	<i>Teilnetz</i>	Linear	Ja, aus <i>Strassenelement</i>
Knoten-Kanten-Modell	<i>Route</i>	Linear	Ja, aus <i>Strassenelement</i> , linearer Zusammenhang gefordert

2.1.3 Ortsreferenzen

Ortsreferenzen werden auf den Verortungsobjekten durch Stationierung verortet. Eine Stationsangabe besteht aus einer Entfernungsangabe, gemessen vom Anfangsnulldpunkt eines AoA längs der Mittelachse, optional durch laterale und vertikale Abstände von der Mittelachse ergänzt.

Punkt-, Strecken- und Bereichsobjekte

Im Straßennetz verortete fachliche Eigenschaften (Objekte oder Attributwerte) können je nach Dimensionalität und topologischem Zusammenhang als *Punktobjekte*, *Streckenobjekte* und *Bereichsobjekte* auftreten.

Die Verortung im Netz durch Stationierung erfolgt durch die im Folgenden beschriebenen Objektklassen *Straßenpunkt*, *Teilabschnitt*, *Strecke* und *Netzbereich*. Diese sind nicht selbstständig lebensfähig, sondern nur als Bestandteil der sie beinhaltenden fachlichen Eigenschaft.

Straßenpunkt

Dient zur Anbindung von *Punktobjekten* an das Straßennetz, d.h. ein *Punktobjekt* ist ein Fachobjekt, das an einer bestimmten Stelle im Straßennetz lokalisiert ist. Die Verortung eines *Straßenpunktes* ergibt sich aus einem AoA als Bezug und einer Stationsangabe (s.o.).

Teilabschnitt

Dient zur Bildung von linearen, zusammenhängenden oder nicht zusammenhängenden Aggregaten, an die fachliche Eigenschaften gebunden werden. Ein Teilabschnitt ist durch einen *Straßenpunkt* als Anfang und einen *Straßenpunkt* als Ende gegeben, die beide auf demselben AoA liegen müssen.

Strecke

Dient zur Anbindung von linear ausgedehnten fachlichen Eigenschaften, den *Streckenobjekten*, an das Straßennetz.

Netzbereich

Dient zur Anbindung von fachlichen Eigenschaften an Teilnetze (auch mit Lücken), den *Bereichsobjekten*.

Tabelle 2: Ortsreferenzen im OKSTRA®

Klassenname	Dimension	Aggregat	Bedingung
<i>Punktobjekt</i>	Punktuell	Nein	
<i>Straßenpunkt</i>			
<i>Teilabschnitt</i>	Linear	Nein	Anfang und Ende liegen auf demselben <i>Abschnitt</i>
<i>Streckenobjekt</i>	Linear	Ja, aus <i>Teilabschnitten</i>	Teilabschnitte müssen linear, lückenlos und unverzweigt zusammenhängen
<i>Strecke</i>			
<i>Bereichsobjekt</i>	Punktuell	Ja, aus <i>Teilabschnitten</i> , <i>Strecken</i> und <i>Netzbereichen</i>	
<i>Netzbereich</i>			

2.1.4 Topologie

Alle topologischen Beziehungen werden explizit ausgedrückt.

Stationierungssystem

Im Stationierungssystem sind folgende topologischen Sachverhalte abgebildet:

- *Nullpunkt* begrenzt *AoA* (am Anfang, am Ende)
- *Nullpunkt* liegt in *Netzknoten*
- *Nullpunkt* hat *Nullpunktort*

Dies verortet einen Nullpunkt auf einem *AoA*, so dass eine Verbindung vom *AoA*, den der Nullpunkt begrenzt, auf den Ziel-*AoA* der Relation besteht.

- *Verbotene_Fahrbeziehung_NP*

Diese Beziehungen gestatten eine topologische Beschreibung des Straßennetzes, die eine Aussage ermöglicht, ob eine unmittelbare räumliche Verbindung zweier Netzelemente besteht. Eine *Verbotene Fahrbeziehung_NP* beschreibt eine Fahrverbindung, die unter Berücksichtigung der beteiligten *AoA* zwar möglich, aber aus verkehrstechnischen oder verkehrsrechtlichen Gründen verboten ist.

Straßenelement-System

Dieses System ist speziell für die verkehrliche Sicht auf das Straßennetz eingeführt worden. Es werden folgende Sachverhalte abgebildet:

- *Verbindungspunkt* begrenzt *Straßenelement* (am Anfang, am Ende)

Dies bildet die grundlegende Topologie für den Verkehr ab. Da *Straßenelemente* *Streckenobjekte* sind, ist eine Mehrfachzuordnung von Straßenelementen zu aneinander grenzenden *AoA* und damit die Abbildung von Richtungsfahrbahnen möglich.

- *Verkehrsrichtung*: Das *Straßenelement* enthält ein Attribut zur Angabe der *Verkehrsrichtung*, bezogen auf die durch Anfang und Ende gegebene Richtung des *Straßenelements*.
- *Verbotene Fahrbeziehung*

Eine *Verbotene Fahrbeziehung* beschreibt eine Fahrverbindung, die unter Berücksichtigung der Verkehrsrichtung der beteiligten Straßenelemente zwar möglich, aber aus verkehrstechnischen oder verkehrsrechtlichen Gründen verboten ist.

Routingfähigkeit

Im Stationierungssystem ist ein turn-by-turn-Routing möglich, falls die Relation *Verbote-ne_Fahrbeziehung_NP* gepflegt ist. Für ein echtes Routing müssen zusätzlich Informationen über verkehrliche Beschränkungen (Breite, Höhe, Gewicht, erlaubte Fahrzeugarten usw.) ausgewertet werden.

Im Straßenelement-System ist ebenfalls ein turn-by-turn-Routing möglich. Die für ein echtes Routing wichtigen Informationen über verkehrliche Beschränkungen müssen über Umreferenzierung aus dem Stationierungssystem bezogen werden, da nur dort Facheigenschaften verortbar sind.

2.1.5 Geometrie

AoA, *Netzknoten* und *Nullpunkte* können selbst Geometrie besitzen.

Straßenelemente und *Verbindungspunkte* können selbst Geometrie besitzen.

Alle anderen Objekte können ihre Geometrie nur implizit aus den Verortungselementen berechnen, in den Modellen ist dies jedoch nicht berücksichtigt.

2.1.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Um eine Ortsreferenz zu kodieren und zu dekodieren, werden nur die *AoA* des Netzes benötigt. In vielen Fachsystemen wird dies auch so gehandhabt, es gibt dort eine *AoA*-Tabelle, ohne dass *Nullpunkte* und *Netzknoten* objekthaft repräsentiert sind. Beim Austausch von Daten müssen dann Sender und Empfänger sicher sein, denselben Stand des Netzes als Datengrundlage zu verwenden.

Ist dies zweifelhaft, kann beim Austausch auch die gesamte benötigte Netzinformation übertragen werden.

2.1.7 Datenübertragung

Der OKSTRA[®] spezifiziert neben den Datenmodellen auch die Kodierungsregeln für Austauschdatensätze, und zwar die Formate CTE (Clear Text Encoding ISO 10303-21) sowie OKSTRA-XML, eine aus GML (Geography Markup Language, ISO 19136) abgeleitete Kodierung.

2.1.8 Detaillierungsgrad

Stationierungssystem

Das System lässt grundsätzlich unterschiedliche Detaillierungsgrade zu, z.B. muss die Detailstruktur von Netzknoten (über die Äste) nicht zwingend nachgewiesen werden. Richtungsfahrbahnen (getrennt verlaufende Fahrbahnen) werden nur dann getrennt nachgewiesen, wenn eine bestimmte räumliche Trennung überschritten wird.

Straßenelement-System

Richtungsfahrbahnen werden getrennt nachgewiesen. Es ist eine detaillierte Abbildung, z.B. bis zu Abbiegestreifen und Inselformen möglich.

2.1.9 Quellen und Literatur

- [OKS-1] <http://www.essentialstrategies.com/publications/modeling/niam.htm>, Stand 1997
- [OKS-2] <http://www.uml.org/>, Stand 14.02.2011
- [OKS-3] <http://www.okstra.de>

2.2 OKSTRA kommunal

2.2.1 Kurzbeschreibung

Mit der ASB und dem OKSTRA® existiert seit längerer Zeit eine Standardisierung für die Erfassung und den Datenaustausch von Bestandsdaten im überörtlichen Straßen- und Verkehrswesen bei Bund und Ländern. Da das dort eingesetzte Ordnungssystem für kommunale Netze nicht geeignet war, wurde im Rahmen des vom BMVBS geförderten FOPS-Projekts FE 77.480/22004 „Integrierte kommunale Verkehrsnetzdokumentation“ [Okom-1] ein an den OKSTRA® angelehnter Datenaustauschstandard OKSTRA kommunal entwickelt. Im Mittelpunkt des OKSTRA kommunal steht ein auf kommunale Anforderungen zugeschnittenes Netzmodell, das sowohl als Knoten-Kanten-Modell also auch Flächenmodell vorliegt.

Nach Abschluss des Forschungsprojektes hat sich der Verein „Kompetenzplattform Kommunales Infrastrukturmanagement Straße (KIM-Straße) e.V.“ gegründet, der die Weiterentwicklung und Pflege des OKSTRA kommunal organisiert. Zusätzlich zu dem Netzmodell (Ordnungssystem) ist im Verlaufe der Zeit eine Vielzahl von Fachdatenmodellen entstanden. Auch diese orientieren sich so weit wie möglich am OKSTRA®, da das Ziel eine möglichst weitgehende Kompatibilität zwischen den Standards ist.

Bei der Entwicklung und Pflege des OKSTRA kommunal werden die im OKSTRA® erfolgreichen Instrumentarien und Prozesse eingesetzt. Der OKSTRA kommunal wird von einer Pflegestelle federführend unter Einbeziehung von Expertengruppen weiterentwickelt. Die Modellierung erfolgt in UML [Okom-2], das Austauschformat liegt als GML-Applikationsschema vor.

Da das Flächenmodell für den Bereich der intelligenten Verkehrssysteme keine Rolle spielt, wird dieses hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt und nicht vertieft behandelt. Zusätzlich existiert ein Hausnummern-Modell im OKSTRA kommunal. Hier ist es möglich, dass Hausnummern den Straßen im Straßenverzeichnis zugeordnet werden. Diese Hausnummern können dann genutzt werden, um Sachverhalte über sie zu referenzieren.

2.2.2 Verortungselemente

Netzelemente existieren im OKSTRA kommunal in drei Ausprägungen:

- im Sinne eines Straßenverzeichnisses
- durch ein Knoten-Kanten-Modell und
- durch ein Flächenmodell

Straßenverzeichnis

Das Straßenverzeichnis erlaubt eine „tabellarische“ Darstellung der vorhandenen Straßen in einem kommunalen Netz (wie sie in jedem Straßenverzeichnis einer Kommune geführt wird). Es ist möglich, Fachdaten auf die im Straßenverzeichnis vorhandenen Netzelemente zu referenzieren.

Im Straßenverzeichnis sind das lineare, atomare Objekt *Segment_kommunale_Strasse* und das lineare Aggregat *kommunale_Strasse* definiert. Eine *kommunale_Strasse* setzt sich zusammen aus beliebig vielen *Segmenten_kommunale_Strasse*. Eine *kommunale_Strasse* besitzt die eindeutigen Identifikatoren „Bezeichnung“ (den offiziellen Straßennamen) und „Straßenschlüssel“ (den offiziellen Straßenschlüssel). Das Objekt *Segment_kommunale_Strasse* besitzt als eindeutigen Identifikator einen „Segmentschlüssel“.

Knoten-Kanten-Modell

Das Knoten-Kanten-Modell setzt sich im Grunde zusammen aus dem atomaren, punktuellen Objekt *Verbindungspunkt* und dem atomaren, linearen Objekt *Strassenelement*, die aus dem OKSTRA® übernommen worden sind.

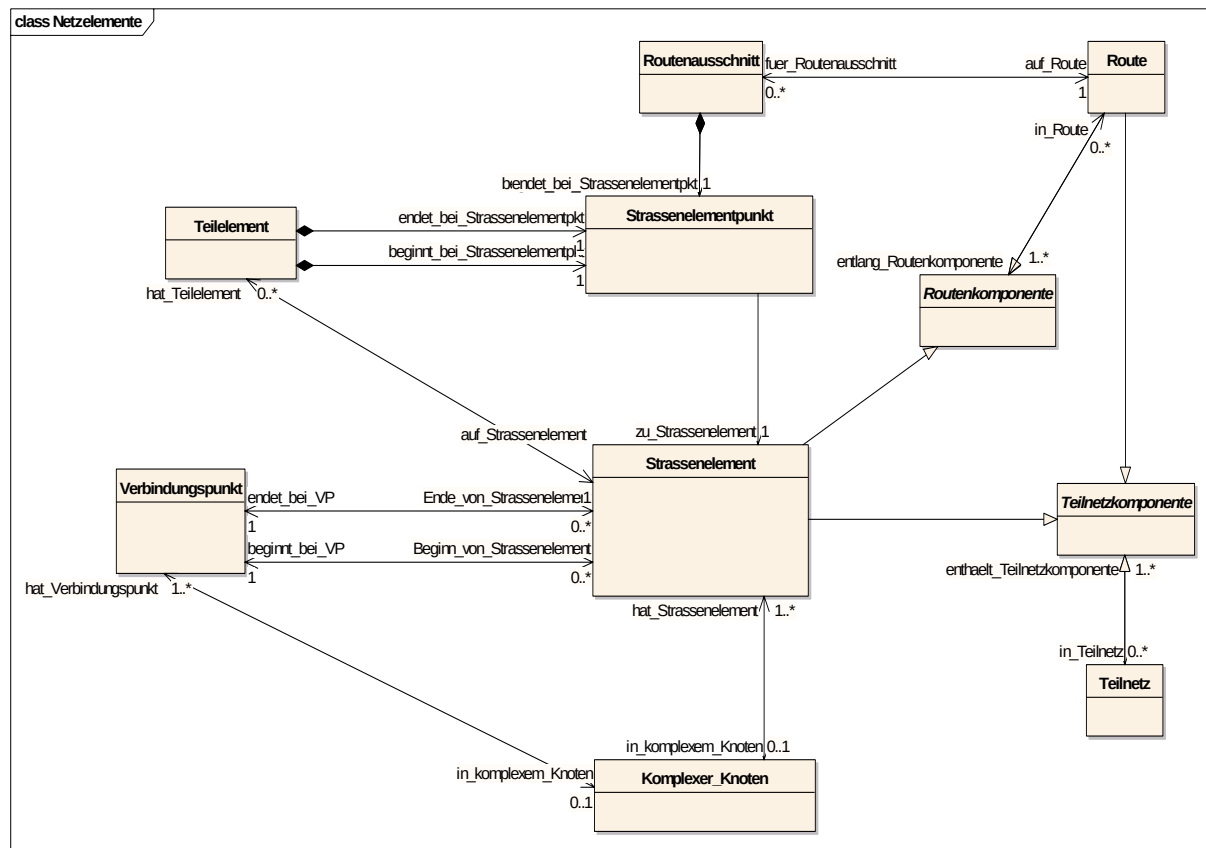


Abbildung 1: UML-Modell des Knoten-Kanten-Modells im OKSTRA kommunal

Ein *Strassenelement* ist durch jeweils einen *Verbindungspunkt* am Anfang und Ende begrenzt. Der eindeutige Identifikator eines *Verbindungspunkts* setzt sich zusammen aus einer achtstelligen „Schlüsselnummer“ (eindeutiger Gemeindeschlüssel der Kommune) und einer fortlaufend durchnummerierten zusätzlichen achtstelligen Nummer. Das *Strassenelement* besitzt keinen eigenen eindeutigen Identifikator, sondern übernimmt als Kennung die Identifikatoren der begrenzenden *Verbindungspunkte* (Schlüsselnummer und Nummer des Von-Knoten und Schlüsselnummer und Nummer des Bis-Knoten).

Aus diesen beiden atomaren Netzelementen können im Knoten-Kanten-Modell verschiedene Aggregate gebildet werden.

Das Objekt *Komplexer_Knoten* ist ein gemischtes Aggregat, welches sich aus *Verbindungspunkten* und *Strassenelementen* zusammensetzt, die einen Knotenpunkt ausbilden (z.B. ein planfreien Knotenpunkt oder einen Kreisverkehr). Der *Komplexe_Knoten* besitzt keinen eindeutigen Identifikator.

Zusätzlich ist es möglich beliebige Ausschnitte aus einem kommunalen Netz zu bilden. Dies kann durch die linearen Aggregate *Teilnetz* oder *Route* erfolgen, wobei sich das *Teilnetz* wiederum aus beliebig vielen linearen Aggregaten *Teilnetzkomponente* und die *Route* aus beliebig vielen (geordneten) linearen Aggregaten *Routenausschnitt* zusammensetzen kann. Ein *Teilnetz* sowie eine *Route* (und eine *Teilnetzkomponente* und ein *Routenausschnitt*) setzt sich

zusammen aus beliebig vielen *Strassenelementen*, wobei im *Teilnetz* immer ganze *Strassenelemente* enthalten sind; in der *Route* am Anfang und am Ende aber auch nur Teile eines *Strassenelementes* enthalten sein können. *Teilnetze* können Bestandteile anderer *Teilnetze* und *Routen* anderer *Routen* sein (hierarchische Schachtelung möglich).

Flächenmodell

Im Flächenmodell existiert mit dem atomaren, flächenhaften Objekt *Verkehrsflaeche* ein Netzelement zur Abbildung der im Verkehrsraum liegenden Flächen. Dieser *Verkehrsflaeche* können beliebig viele Objekte *Querschnittsstreifen* (flächig und atomar) zugeordnet werden. Die Verortungselemente werden in der folgenden Tabelle nochmals zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 3: Verortungselemente im OKSTRA kommunal

Teilmodell	Klassenname	Dimension	Aggregat
Straßenverzeichnis	<i>Kommunale_Strasse</i>	Linear	Ja, aus <i>Segment_kommunale_Strasse</i>
Straßenverzeichnis	<i>Segment_kommunale_Strasse</i>	Linear	Nein
Knoten-Kanten-Modell	<i>Verbindungspunkt</i>	Punktuell	Nein
Knoten-Kanten-Modell	<i>Strassenelement</i>	Linear	Nein
Knoten-Kanten-Modell	<i>Teilnetz</i>	Linear	Ja, aus <i>Teilnetz</i> <i>Teilnetzkomponente</i>
Knoten-Kanten-Modell	<i>Teilnetzkomponente</i>	Linear	Ja, aus <i>Strassenelement</i>
Knoten-Kanten-Modell	<i>Route</i>	Linear	Ja, aus <i>Route</i> <i>Routenausschnitt</i>
Knoten-Kanten-Modell	<i>Routenausschnitt</i>	Linear	Ja, aus <i>Strassenelement</i>

Knoten-Kanten-Modell	<i>Komplexer_Knoten</i>	Gemischt	Ja, aus <i>Strassenelement</i> <i>Verbindungspunkt</i>
Flächenmodell	<i>Verkehrsflaeche</i>	Fläche	Nein

2.2.3 Ortsreferenzen

Der OKSTRA kommunal bietet folgende Möglichkeiten, um Sachverhalte auf das „Netz“ zu referenzieren:

- Eine Referenzierung auf die *kommunale_Strasse* im Straßenverzeichnis ist indirekt über das *Segment_kommunale_Strasse* (über das *Strassenbezugsobjekt*) möglich oder über die Referenzierung einer *Hausnummer*, eines *Hausnummernbereiches* oder eines *Hausnummernblocks* (über *HsNrBezugsobjekt*“, *HsNrBereichBezugsobjekt* oder *HsNrBlockBezugsobjekt*).
- Eine Referenzierung auf das Knoten-Kanten-Modell ist über einen *Strassenelementpunkt* für punktuelle Objekte (über *Netzbezugsobjekt_Punkt*) oder über einen Routenausschnitt für lineare Objekte (*Netzbezugsobjekt_Strecke*) möglich. Weiterhin können Bezüge zu den Aggregaten *Komplexer_Knoten* und *Teilnetz* hergestellt werden (über *Netzbezugsobjekt_KompKnoten* bzw. *Netzbezugsobjekt_Teilnetz*). Für punktuelle Sachverhalte kann auch direkt ein *Verbindungspunkt* referenziert werden (über *Netzbezugsobjekt_VPunkt*).
- Im Flächenmodell erfolgt eine Referenzierung auf eine *Verkehrsflaeche* über ein *Flaechenbezugsobjekt*.

Bei der Referenzierung über das *Netzbezugsobjekt_Punkt* bzw. *Netzbezugsobjekt_Strecke* kann ein seitlicher Abstand vom *Strassenelement* (am Anfang und am Ende) angegeben werden.

Bei der Referenzierung von *Verbindungspunkten* und *Komplexen_Knoten* kann die genaue Lage im referenzierten Netzelement nur über die Geometrie des Sachverhaltes indirekt identifiziert werden, sofern vorhanden.

Die Verortung über *Hausnummern* ermöglicht eine „genauere“ Referenzierung für eine *kommunale_Strasse*. Existiert eine Referenzierung der *kommunalen_Strasse* auf das Knoten-Kanten-Modell, dann kann über die Hausnummern-Referenz indirekt auch eine grobe Verortung auf das Knoten-Kanten-Modell erfolgen.

Die Möglichkeiten zur Referenzierung sind in der folgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt:

Tabelle 4: Ortsreferenzen im OKSTRA kommunal

Klasse	Dimension	Referenz-Objekt	Art	Aggregat	Bedingung
Netzbezugsobjekt_Strecke	Linear	Routenausschnitt (Strassenelement)	Linear- referenziert	Ja	Referenzierung auf beliebig viele aufeinanderfolgende <i>Strassenelemente</i> am Anfang und Ende begrenzt sind.
Netzbezugsobjekt_Punkt	Punktuell	Strassenelementpunkt (auf Strassenelement)	Linear- referenziert	Nein	
Netzbezugsobjekt_VPunkt	Punktuell	Verbindungspunkt	topologisch	Nein	
Netzbezugsobjekt_Teilnetz	Linear	Teilnetz (div. Strassen- elemente)	topologisch	Ja	
Netzbezugsobjekt_KomKnoten	Punktuell	Komplexer_Knoten (div. Strassenelemente und Verbindungspunkte)	topologisch	Ja	
Strassenbezugsobjekt	Linear	Segment_kommunale_ Strasse	topologisch	Nein	
HsNrBezugsobjekt	Punktuell	Hausnummer	topologisch	Nein	
HsNrBereichBezugsobjekt	Linear	Hausnummern- bereich	topologisch	Ja	Hausnummern eines Hausnummern- bereiches müssen auf einem Segment_kommunale_Strasse bzw. auf einem Strassenelement liegen
HsNrBlockBezugsobjekt	Linear	Hausnummernblock	topologisch	Ja	
Flaechenbezugsobjekt	Flächig	Verkehrsflaechе	topologisch	Nein	

2.2.4 Topologie

Straßenverzeichnis und Flächenmodell

Das Straßenverzeichnis besitzt keine Topologie. Es stellt eine Liste von Straßenzügen mit den zugehörigen Straßensegmenten dar. Ebenso besitzt das Flächenmodell keine Topologie.

Knoten-Kanten-Modell

Das Knoten-Kanten-Modell stellt ein topologisches und routingfähiges Netz dar. Die Topologie wird durch die Beziehungen zwischen den Objekten *Strassenelement* und *Verbindungspunkt* hergestellt. Jedes *Strassenelement* besitzt die Relationen „beginnt_bei_VP“ und „endet_bei_VP“ und bekommt so genau einen „Von-Knoten“ und einen „Bis-Knoten“ zugeordnet. Umgekehrt besitzt jeder *Verbindungspunkt* beliebig viele Relationen „Beginn_von_Strassenelement“ und „Ende_von_Strassenelement“ zu beliebig vielen *Strassenelementen*. Durch diese Relationen kann abgebildet werden, welche *Strassenelemente* an welchen *Verbindungspunkten* zusammentreffen. Die Verknüpfung erfolgt explizit über die Identifikatoren der Netzelemente.

Allein über diese Topologie-Informationen ist eine grobe Routingfähigkeit gegeben (ohne Berücksichtigung von Einschränkungen z.B. durch Verkehrsregeln). Durch das Routing-Modell und das Objekt *Verbotene_Fahrbeziehung* können generell im Netz vorhandene topologische Verbindungen (von Verbindungspunkt, über Verbindungspunkt, nach Verbindungspunkt) untersagt werden. Diese Verbote können für verschiedene Randbedingungen (z.B. in Abhängigkeit der Art des Verkehrsmittels, des zul. Gesamtgewichts usw.) definiert werden. Damit ist ein Routing auch unter Berücksichtigung von verkehrlichen Beschränkungen z.B. durch Verkehrsregeln nach StVO möglich.

Ob mit dem OKSTRA kommunal ein turn-by-turn-Routing möglich ist, hängt von dem Detaillierungsgrad der Netzabbildung (siehe auch 2.2.8) ab. Der OKSTRA kommunal definiert nicht, wie fein das Netz durch Verbindungspunkte und *Strassenelemente* abgebildet wird. Liegt eine sehr detaillierte Netzaufnahme vor, bei der z.B. einzelne Fahrbahnen getrennt durch eigene *Strassenelemente* und komplexe Knotenpunktsituationen mit mehreren Verbindungspunkten und dazwischenliegenden *Strassenelementen* abbildet werden, dann ist unter Berücksichtigung der *Verbotenen_Fahrbeziehungen* auch ein turn-by-turn-Routing möglich.

2.2.5 Geometrie

Straßenverzeichnis und Hausnummern

Die Objekte im Straßenverzeichnis besitzen keine eigene Geometrie. Ein *Strassenelement* aus dem Knoten-Kanten-Modell kann über das *Strassenbezugobjekt* aber einem *Segment_kommunale_Strasse* zugeordnet werden, somit wäre es möglich eine abgeleitete Geometrie für die Netzelemente im Straßenverzeichnis zu ermitteln.

Gleiches gilt für die *Hausnummern*. Die *Hausnummern* (und Bereiche und Blöcke) besitzen keine eigene Geometrie. Indirekt kann über die Zuordnung der *Hausnummern* zu einer *kommunalen_Strasse* im Straßenverzeichnis und deren Verknüpfung mit einem *Strassenelement* im Knoten-Kanten-Modell eine ungefähre Lage der *Hausnummer* im Netz ermittelt werden.

Knoten-Kanten-Modell

Im Knoten-Kanten-Modell trägt der *Verbindungspunkt* eine eigene Punktgeometrie und das *Strassenelement* eine eigene Liniengeometrie. Alle anderen Netzelemente im Knoten-Kanten-Modell erben ihre Geometrie von diesen Objekten.

Geometrie von Sachdaten

Alle auf das Netz referenzierten Sachverhalte können die Geometrie des referenzierten Netzelementes übernehmen. Zusätzlich besitzen einige Fachobjekte die Möglichkeit ihre Geometrie als Attribut mitzuführen. Dabei ist es u.U. auch möglich, dass ein punktuell auf das Netz referenzierter Sachverhalt eine Linien- oder Flächengeometrie besitzen kann.

2.2.6 Kodierung und Dekodierung einer Netzreferenz

Beim Austausch von OKSTRA kommunal-Daten werden zusätzlich zu den Fachdaten des Sachverhaltes auch die Daten der referenzierten Netzelemente mitgeliefert. Dabei kann die gesamte Beschreibung der Netzreferenz mitgeliefert werden, so dass keine Kenntnis des zugrundeliegenden Netzes notwendig ist. Entsprechend der Festlegung von optionalen und verpflichtenden Eigenschaften eines Objektes kann es aber auch möglich sein, dass nur die Identifikatoren ausgetauscht werden, so dass das Ausgangsnetz beim Empfänger bekannt sein muss.

2.2.7 Datenübertragung

Die Datenübertragung erfolgt über das GML-Applikationsschema des OKSTRA kommunal.

2.2.8 Detaillierungsgrad

Der OKSTRA kommunal spezifiziert keine Erfassungsrichtlinie, die den Umfang und den Detaillierungsgrad der Netzaufnahme vorschreibt (so wie dies z.B. die ASB für das überörtliche Straßennetz regelt). Jedem Anwender ist es selbst überlassen, ob das Netz sehr fein oder

nur grob aufgenommen wird. Davon hängt es dann ab, wie genau eine Verortung im Netz oder ein Routing möglich ist.

2.2.9 Quellen und Literatur

- [Okom-1] Netzmodell-Spezifikation, Forschungsprojekt FE 77.480/2004 „Integrierte kommunale Verkehrsnetzdokumentation“, Hettwer, Kochs, Weidner, 2006, verfügbar im Internet unter www.kim-strasse.de
- [Okom-2] UML-Modell des OKSTRA kommunal, verfügbar im Internet unter www.kim-strasse.de

3. Analyse der Netzmodelle und Ordnungssysteme im Bereich der Intelligenten Verkehrssysteme

3.1 RDS/TMC (Alert-C Location Code List)

3.1.1 Kurzbeschreibung

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. Ende 2007 wurde das TMC-Forum mit dem TPEG-Forum in der Traveller Information Services Association (TISA) zusammengefasst, der RDS-TMC-Standard wird seither von der TISA gepflegt.

Der RDS-TMC-Standard ist in mehrere Teile aufgeteilt. Im dritten Teil des Standards [TMC-1] 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.

3.1.2 Verortungselemente

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, den sogenannten Location Code, identifiziert. Der Location Code liegt im Bereich zwischen 1 und 63487 und ist innerhalb einer LCL stabil. Zusammen mit der Location Table Number, die verwendet wird, um eine Location Table zu identifizieren, Location Table Number erweitert werden. *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.

Richtung einer Straße als positiv und die Gegenrichtung als negativ definiert. Welche Richtung als positive Richtung erfasst werden soll, ist im Standard nicht festgelegt. In Deutschland wird die Richtung Norden oder Osten als positiv und die Gegenrichtung als negativ codiert. Straßen können hierarchisch in Straßensegmente (*Order 1 segment* und *Order 2 segment*) aufgeteilt sein. Dabei sind Straßensegmente weiträumige Abschnitte, die in der Regel viele Netzknoten enthalten und verwendet werden, um sehr lange Straßen zu zerlegen. So ist z.B. die A1 in 11 *Order 1 segments* zerlegt.

Jede *Linear Location* ist genau einer *Area Location* zugeordnet. Dabei wird eine *Linear Location* immer dem kleinsten administrativen Gebiet zugeordnet, in dem sie vollständig enthalten ist.

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.

Point Locations

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*. Dabei wird eine *Point Location* immer dem kleinsten administrativen Gebiet zugeordnet, in dem sie vollständig enthalten ist.

Eine *Point Location* gehört zu höchstens einer *Linear Location* und damit zu einer oder keiner 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. Ein Netzknoten oder Markierungspunkt, der auf einer Straßen mit mehreren Straßennummern liegt, wird durch mehrere *Point Locations* beschrieben (für jede Straßenummer eine). 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. Die folgende Tabelle enthält die relevanten Verortungselemente:

Tabelle 5: Verortungselemente in der LCL

Klassenname	Dimensionalität	Aggregat	Beschreibung
<i>Continent</i>	Flächig	Ja	Kontinent (z.B. Europa)

Klassenname	Dimensionalität	Aggregat	Beschreibung
<i>Country group</i>	Flächig	Ja	Ländergruppe (z.B. Benelux)
<i>Country</i>	Flächig	Ja	Land (z.B. Deutschland)
<i>Water area</i>	Flächig	Nein	Gewässergebiet, das meldungsrelevant ist (z.B. Bodensee)
<i>Fuzzy area</i>	Flächig	Nein	Unscharf definiertes Gebiet, das meldungsrelevant ist (z.B. Nordschwarzwald)
<i>Order 1 area</i>	Flächig	Ja	Oberste Ebene der Verwaltungseinheiten innerhalb eines Landes (in Deutschland: Bundesland)
<i>Order 2 area</i>	Flächig	Ja	Zweite Ebene der Verwaltungseinheiten innerhalb eines Landes (in Deutschland: Regierungsbezirk)
<i>Order 3 area</i>	Flächig	Ja	Dritte Ebene der Verwaltungseinheiten innerhalb eines Landes (in Deutschland: Kreis/kreisfreie Stadt)
<i>Order 4 area</i>	Flächig	Ja	Vierte Ebene der Verwaltungseinheiten innerhalb eines Landes (in Deutschland: Gemeinde/Stadt)
<i>Order 5 area</i>	Flächig	Ja	Fünfte Ebene der Verwaltungseinheiten innerhalb eines Landes (in Deutschland: Gemeindeteil/Stadtteil)
<i>Application region</i>	Flächig	Nein	Teilgebiet einer Verwaltungseinheit einer beliebigen Ebene (z.B. Nordbayern als Teilgebiet von Bayern)
<i>Road</i>	Linear	Ja	Straße
<i>Ring road</i>	Linear	Ja	Ringstraße
<i>Order 1 segment</i>	Linear	Ja	Streckenabschnitt der ersten Ordnung (Aufteilung einer Straße oder Ringstraße)
<i>Order 2 segment</i>	Linear	Ja	Streckenabschnitt der zweiten Ordnung (Aufteilung eines Streckenabschnitts erster Ordnung)
<i>Urban street</i>	Linear	Ja	Gemeindestraße/Stadtstraße

Klassenname	Dimensionalität	Aggregat	Beschreibung
<i>Vehicular link</i>	Linear	Ja	Verkehrsverbindung, die nicht Teil einer Straße ist (z.B. Fährverbindung, Bahnverlad)
<i>Junction</i>	Punktuell	Nein	Knotenpunkt einer Straße oder Ringstraße
<i>Intermediate Point</i>	Punktuell	Nein	Zwischenpunkt einer Straße oder Ringstraße (Kilometrierungspunkte oder Verkehrsmessstellen)
<i>Other landmark point</i>	Punktuell	Nein	Sonstige Punkte wie z.B. Tankstellen, Rastanlagen, etc.

Die folgende Tabelle listet die möglichen Arten von TMC-Location auf.

AREA LOCATIONS		LINEAR LOCATIONS		POINT LOCATIONS	
Code (type, subtype)	Dargestellte Objekte	Code (type, subtype)	Dargestellte Objekte	Code (type, subtype)	Dargestellte Objekte
A1.0	Continent	L1.0	Road	P1.0	Junction
A2.0	Country group	L1.1	Motorway	P1.1	motorway intersection
A3.0	Country	L1.2	1st Class Road	P1.2	motorway triangle
A5.0	Water area	L1.3	2nd Class Road	P1.3	motorway junction
A5.1	sea	L1.4	3rd Class Road	P1.4	motorway exit
A5.2	lake	L2.0	Ring Road	P1.5	motorway entrance
A6.0	Fuzzy area	L2.1	Ring Motorway	P1.6	flyover
A6.1	tourist area	L2.2	Other Ring Road	P1.7	underpass
A6.2	metropolitan area	L3.0	Order 1 Segment	P1.8	roundabout
A6.3	industrial area	L4.0	Order 2 Segment	P1.9	gyratory
A6.4	traffic area	L5.0	Urban street	P1.10	traffic lights
A6.5	meteorological area	L6.0	Vehicular link	P1.11	cross-roads
A6.6	carpool area	L6.1	Ferry	P1.12	T-junction
A6.7	park and ride site	L6.2	Vehicular Rail Link	P1.13	Intermediate node
A6.8	car park area			P1.14	Connection
A7.0	Order 1 area			P1.15	Exit
A8.0	Order 2 area			P2.0	Intermediate point
A9.0	Order 3 area			P2.1	Distance marker
A9.1	rural county			P2.2	Traffic monitoring station
A9.2	urban county			P3.0	Other landmark point

A10.0	Order 4 area			P3.1	Tunnel
A11.0	Order 5 area			P3.2	bridge
A12.0	Application Region			P3.3	service area
				P3.4	rest area
				P3.5	View point
				P3.6	carpool point
				P3.7	park and ride site
				P3.8	car park
				P3.9	kiosk
				P3.10	P3.10kiosk with WC
				P3.11	petrol station
				P3.12	petrol station with kiosk
				P3.13	Motel
				P3.14	border/frontier
				P3.15	customs post
				P3.16	toll plaza
				P3.17	ferry terminal
				P3.18	harbour
				P3.19	square
				P3.20	fair
				P3.21	Garage
				P3.22	underground garage
				P3.23	retail park
				P3.24	theme park
				P3.25	tourist attraction
				P3.26	university
				P3.27	airport
				P3.28	station
				P3.29	hospital
				P3.30	church
				P3.31	stadium
				P3.32	palace
				P3.33	castle
				P3.34	town hall

				P3.35	exhibition/convention centre
				P3.36	community
				P3.37	place name
				P3.38	dam
				P3.39	dike
				P3.40	aqueduct
				P3.41	lock
				P3.42	mountain crossing/pass
				P3.43	railroad crossing
				P3.44	wade
				P3.45	ferry
				P3.46	industrial area
				P3.47	viaduct

3.1.3 Ortsreferenzen

Zur Ortsreferenzierung mit Hilfe von RDS-TMC-Locations werden die Location Codes verwendet, bei Referenzen, die international verwendet werden, muss zusätzlich die Location Table Number angegeben werden. Dabei wird entweder eine *Location* direkt referenziert, falls die Ortsreferenz durch eine *Area Location* oder eine *Point Location* beschreiben werden kann, oder es kann durch Angabe einer primären und einer sekundären Point Location ein Straßenabschnitt beschrieben werden. Die primäre Location liegt bei Ortsreferenzen, die nur eine Fahrtrichtung einer Straße beschreiben, immer in Fahrtrichtung hinter der sekundären Location. Bei Ortsreferenzen, die beide Fahrtrichtungen eines Straßenabschnitts beschreiben, ist die Reihenfolge für primäre und sekundäre Location nicht vorgeschrieben.

In der folgenden schematischen Abbildung wird ein Streckenabschnitt mit primärer und sekundärer Location dargestellt. Der Netzknoten mit dem Location Code 1000 ist die sekundäre Location und der Netzknoten mit dem Location Code 1002 ist die primäre Location:

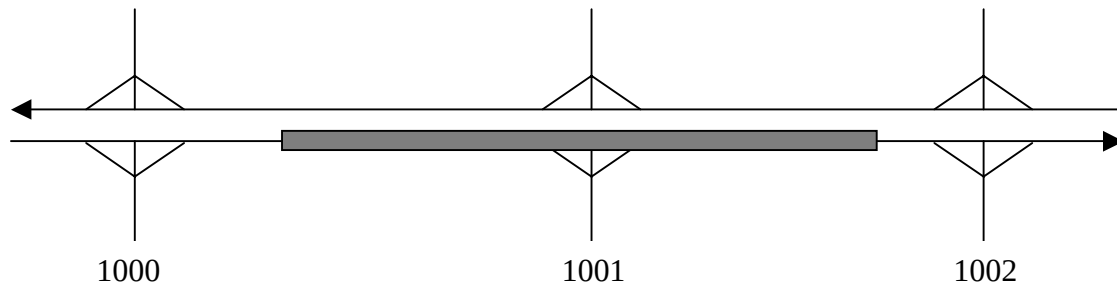


Abbildung 3: Abbildung eines Streckenabschnitts aus primärer und sekundärer Location

3.1.4 Topologie

Die folgende Tabelle werden die topologischen Beziehungen zusammengefasst:

Tabelle 6: Topologische Beziehungen in der LCL

Name	Beschreibung
<i>Area Reference</i>	Jede Location kann eine Referenz auf eine übergeordnete Area Location haben. Für <i>Linear Locations</i> und <i>Point Locations</i> ist diese Beziehung verpflichtend
<i>Linear Reference</i>	Jede <i>Linear</i> oder <i>Point Location</i> kann einer übergeordneten <i>Linear Location</i> zugeordnet sein
<i>Positive Offset</i>	Zuordnung einer <i>Linear</i> oder <i>Point Location</i> zu einer nachfolgenden <i>Location</i> (d.h. in positiver Richtung einer Straße). Bei <i>Linear Locations</i> ist der Nachfolger ebenfalls eine <i>Linear Location</i> , bei <i>Point Locations</i> ist es eine <i>Point Location</i> .
<i>Negative Offset</i>	Zuordnung einer <i>Linear</i> oder <i>Point Location</i> zu einer vorhergehenden <i>Location</i> (d.h. in negativer Richtung einer Straße). Bei <i>Linear Locations</i> ist der Vorgänger ebenfalls eine <i>Linear Location</i> , bei <i>Point Locations</i> ist es eine <i>Point Location</i> .
<i>Intersection</i>	Zuordnung einer <i>Point Location</i> zu einer anderen <i>Point Location</i> , die denselben Netzknoten oder Markierungspunkt beschreibt

3.1.5 Geometrie

In der LCL haben lediglich die *Point Locations* direkte Geometrieinformationen. Dabei werden Längen- und Breitengrad als WGS84 [TMC-3] Koordinaten angegeben. *Linear Locations* erben die Geometrie der untergeordneten *Point Locations*. Dadurch entsteht eine sehr grobe Karte (mit Geraden zwischen benachbarten *Point Locations*).

3.1.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

ALERT C ist ein Standard zur sprachunabhängigen Übertragung von Verkehrsinformationen über den RDS-TMC-Kanal. Im RDS-TMC-Standard werden vier verschiedene Methoden zur Bildung von Ortsreferenzen beschrieben, wobei in ALERT C lediglich die Methode 1 verwendet wird. In DATEX II (siehe Kap. 3.4) können, neben anderen, alle Methoden 2 und 4 verwendet werden.

Die folgende Abbildung veranschaulicht eine Ortsreferenz, die in den Methodenbeschreibungen als Beispiel verwendet wird:

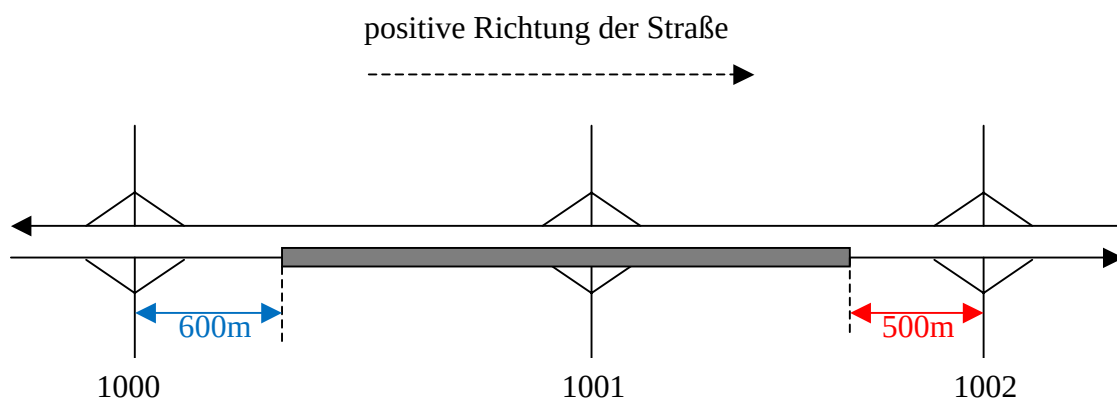


Abbildung 4: Beispiel für Ortsreferenz in der LCL

Methode 1: Primäre Location und Ausdehnung

Bei dieser Methode wird der Location Code der primären Location sowie Ausdehnung bis zur sekundären Location angegeben. Ist die Ausdehnung eine positive Zahl, so enthält sie die Anzahl der Point Locations entlang der Straße, die über die Beziehung *Positive Offset*, ausgehend von der primären Location, gefunden werden. Enthält die Ausdehnung eine negative Zahl, so wird die sekundäre Location analog über die Beziehung *Negative Offset* ermittelt.

Die oben dargestellte Beispiel-Ortsreferenz wird mit dieser Methode mit dem Location Code 1002 und der Ausdehnung -2 codiert.

Methode 2: Primäre und sekundäre Location

Bei dieser Methode werden die Location Codes der primären und der sekundären Location direkt angegeben. Das obige Beispiel wird mit dem primären Location Code 1002 und dem sekundären Location Code 1000 codiert.

Methode 3: Primäre Location und Ausdehnung mit Distanzen

Diese Methode entspricht der Methode 1. Zusätzlich werden hier noch die Distanzen der Ortsreferenz von der primären und der sekundären Location angegeben. Das oben dargestellte Beispiel wird hier mit dem Location Code 1002, der Ausdehnung -2, der primären Distanz 500m und der sekundären Distanz 600m codiert.

Methode 4: Primäre und sekundäre Location mit Distanzen

Diese Methode entspricht der Methode 2. Zusätzlich werden hier noch die Distanzen der Ortsreferenz von der primären und der sekundären Location angegeben. Das oben dargestellte Beispiel wird hier mit dem primären Location Code 1002, dem sekundären Location Code 1000, der primären Distanz 500m und der sekundären Distanz 600m codiert.

3.1.7 Datenübertragung

Das Location Table Exchange Format [TMC-2] ist das offizielle Datenaustauschformat für LCLs. Teilweise werden aber auch simplere CSV- bzw. Excel-basierte Eintabellenformate für den Austausch verwendet. Diese sind jedoch nicht bzw. nur national standardisiert.

3.1.8 Detaillierungsgrad

Im Autobahnnetz sind alle Knotenpunkte und alle Tank- und Rastanlagen sowie ausgewählte sonstige Markierungspunkte als *Point Locations* codiert. Im nachgeordneten Netz sind nur ausgewählte Netzknoten bzw. Markierungspunkte als Point Locations vorhanden. Insgesamt ist der Detaillierungsgrad am ehesten auf der Ebene Netzknoten / Abschnitt angesiedelt.

3.1.9 Quellen und Literatur

- [TMC-1] ISO 14819-3: Traffic and Traveller Information (TTI) — TTI messages via traffic message coding – Part 3: Location referencing for ALERT-C
- [TMC-2] TMC Handbook – Location Table Exchange Format; Version 06; 1.10.2005; TMC Forum
- [TMC-3] http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html; Stand: 07.2.2011

3.2 Bundeseinheitliche VRZ

3.2.1 Kurzbeschreibung

Um die Unabhängigkeit von Softwareherstellern zu erhöhen, hat der Bund-Länder-Arbeitskreis VRZ (BLAK) Ende der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts die Entwicklung einer bundeseinheitlichen VRZ begonnen. Derzeit wird die Entwicklung von der Nutzergemeinschaft einheitlich

che Rechnerzentrale (NERZ) fortgeführt. Teil der bundeseinheitlichen VRZ ist die Entwicklung eines Datenmodells, das unter anderem die Teilmodelle GeoReferenzierungGlobal, VerkehrGlobal und TmcGlobal enthält.

3.2.2 Verortungselemente

Teilmodell TmcGlobal

Das Teilmodell TmcGlobal beschreibt den Inhalt einer RDS-TMC-Location Code Liste (siehe Kap. 3.1) . Als abstrakte Basisklasse für alle TMC-Objekte wird die Klasse *TmcLocationCode* verwendet. Von dieser sind die Klassen *TmcPunkt* (punktförmige Objekte entsprechend der Klasse *Point Location* in Kap. 3.1), *TmcLinie* (lineare Objekte entsprechend der Klasse *Line Location* in Kap. 3.1) und *TmcGebiet* (flächige Objekte entsprechend der Klasse *Area Location* in Kap. 3.1) abgeleitet.

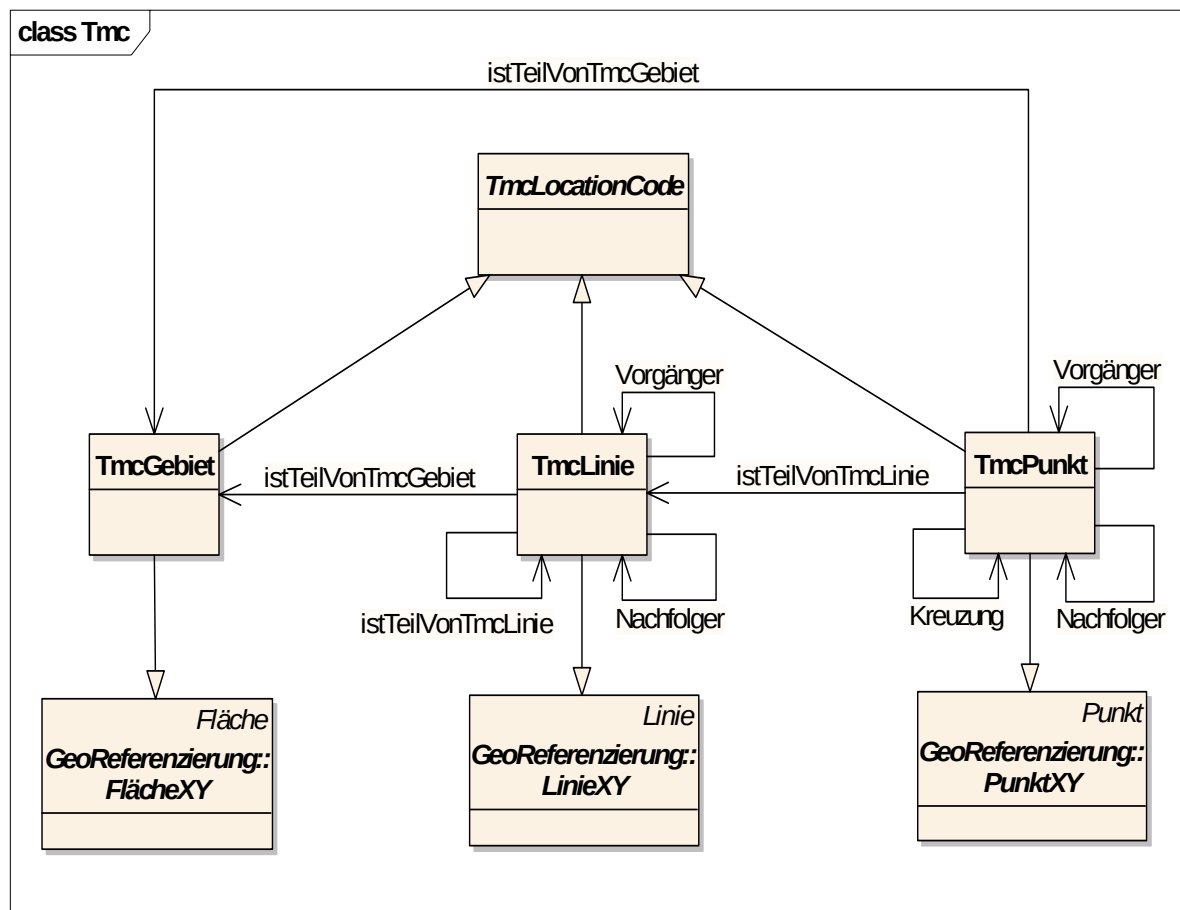


Abbildung 5: UML-Modell des Teilmodells TmcGlobal

Die folgende Tabelle enthält die Verortungselemente des Teilmodells TmcGlobal:

Tabelle 7: Verortungselemente im Teilmodell TmcGlobal

Klassenname	Dimensionalität	Aggregat
<i>TmcPunkt</i>	Punktuell	Nein
<i>TmcLinie</i>	Linear	Nein
<i>TmcGebiet</i>	Flächig	Nein

Teilmodell VerkehrGlobal

Die zentralen Klassen im Teilmodell VerkehrGlobal sind die abstrakte Klasse *StraßenSegment* und die konkrete Klasse *StraßenKnoten*. Ein *StraßenKnoten* entspricht einem Autobahnknoten (Anschlussstelle, Autobahndreieck, Autobahnkreuz). Ein *StraßenSegment* ist entweder ein *InneresStraßenSegment* oder ein *ÄußeresStraßenSegment*. Ein *ÄußeresStraßenSegment* beginnt an einem *StraßenKnoten* und endet am nächsten *StraßenKnoten*. Durch ein *ÄußeresStraßenSegment* wird eine Richtungsfahrbahn zwischen zwei benachbarten *StraßenKnoten* definiert. Ein *InneresStraßenSegment* ist der Verbindungsweg von einem *ÄußerenStraßenSegment* zu einem anderen *ÄußerenStraßenSegment* innerhalb eines *StraßenKnotens*. Dabei werden alle möglichen Verbindungsweg innerhalb eines *StraßenKnotens*, die zwischen angrenzenden *ÄußerenStraßenSegmenten* verlaufen als *InnereStraßenSegmente* definiert. *InnereStraßenSegmente* können sich dadurch (auch mehrfach) überlappen. Alle *StraßenSegmente* (*InneresStraßenSegment*, *ÄußeresStraßenSegment*) sind aus je einem oder mehreren *StraßenTeilSegmenten* zusammengesetzt. *StraßenSegmente* können einem Objekt vom Typ *Straße* zugeordnet sein.

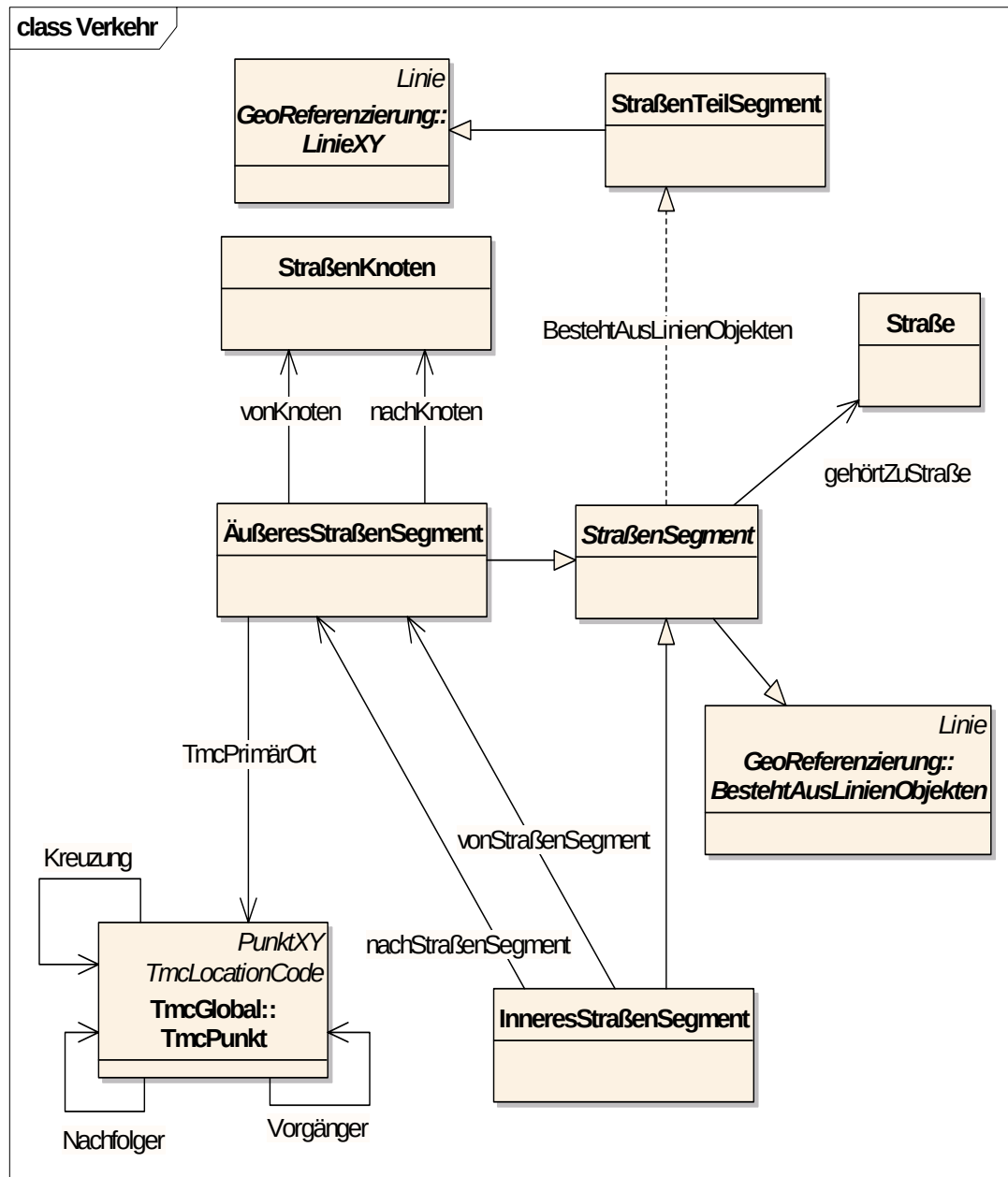


Abbildung 6: UML-Modell des Teilmodells VerkehrGlobal

Die folgende Tabelle enthält die konkreten Verortungselemente des Teilmodells VerkehrGlobal, die das Straßennetz beschreiben:

Tabelle 8: Verortungselemente im Teilmodell VerkehrGlobal

Klassenname	Dimensionalität	Aggregat
<i>Straße</i>	-	-
<i>InneresStraßenSsegment</i>	Linear	Ja, aggregiert aus <i>StraßenTeilSegment</i> durch Ableitung von der Klasse <i>BestehtAusLinienObjekten</i>

Klassenname	Dimensionalität	Aggregat
<i>ÄußeresStraßenSegment</i>	Linear	Ja, aggregiert aus <i>StraßenTeilSegment</i> durch Ableitung von der Klasse <i>BestehtAusLinienObjekten</i>
<i>Straßenteilsegment</i>	Linear	Nein
<i>StraßenKnoten</i>	-	-

3.2.3 Ortsreferenzen

Zur Beschreibung von Ortsreferenzen sind im Teilmodell GeoReferenzierungGlobal abstrakte Klassen definiert. Von dieser Basisklasse *GeoReferenzObjekt* sind die Klassen *Punkt*, *Linie*, *Fläche* und *Komplex* abgeleitet. In der Klasse *Punkt* sind punktförmige Objekte zusammengefasst. Davon abgeleitet sind die Klassen *PunktXY* (für Punktobjekte, die durch einen Koordinatenpunkt angegeben sind) und *PunktLiegtAufLinienObjekt* (für Punktobjekte, die durch eine Referenz auf ein Linienobjekt und einen Abstand vom Beginn der Linie angegeben werden). Die Klasse *Linie* enthält linienförmige Objekte. Davon abgeleitet sind die Klassen *LinieXY* (für Linienobjekte, die durch eine Polylinie angegeben sind) und *BestehtAusLinienObjekten* (für Linienobjekte, die als Aggregation von Linienobjekten angegeben werden). Die Klasse *Fläche* enthält flächenförmige Objekte. Davon abgeleitet ist die Klasse *FlächeXY* (für Flächenobjekte, die durch ein Polygon gegeben sind). In der Klasse *Komplex* sind komplexe Objekte zusammengefasst. Davon abgeleitet ist die Klasse *KomplexXY* (für komplexe Objekte, die durch Aggregation aus Objekten der Klassen *Punkt*, *Linie*, *Fläche* und/oder *Komplex* definiert sind).

Die Verortungselemente werden Ortsreferenzen zugeordnet, indem sie von einer der folgenden Klassen abgeleitet sind:

Tabelle 9: Ortsreferenzen im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ

Name	Beschreibung
<i>PunktXY</i>	Durch Koordinate definierter <i>Punkt</i>
<i>PunktLiegtAufLinienObjekt</i>	<i>Punkt</i> , der durch eine <i>Linie</i> und einen Abstand definiert wird
<i>LinieXY</i>	Durch Koordinaten definierte <i>Linie</i>
<i>BestehtAusLinienObjekten</i>	<i>Linie</i> , die aus <i>Linien</i> zusammengesetzt ist
<i>FlächeXY</i>	Durch Koordinaten definierte <i>Fläche</i>
<i>KomplexXY</i>	<i>Komplex</i> -Objekt, das aus <i>Punkt</i> -, <i>Linien</i> -, <i>Flächen</i> - und/oder <i>Komplex</i> -Objekten aggregiert ist

3.2.4 Topologie

Die folgende Tabelle enthält die wichtigsten topologischen Beziehungen:

Tabelle 10: Topologische Beziehungen im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ

Name	Beschreibung
<i>StraßenSegment.gehörtZuStraße</i>	Jedes <i>StraßenSegment</i> kann zu einer <i>Straße</i> gehören
<i>InneresStraßenSegment.vonStraßenSegment</i>	Ein <i>InneresStraßenSegment</i> beginnt an einem Objekt vom Typ <i>ÄußeresStraßenSegment</i>
<i>InneresStraßenSegment.nachStraßenSegment</i>	Ein <i>InneresStraßenSegment</i> endet an einem Objekt vom Typ <i>ÄußeresStraßenSegment</i>
<i>ÄußeresStraßenSegment.vonKnoten</i>	Ein <i>ÄußeresStraßenSegment</i> beginnt an einem <i>StraßenKnoten</i>
<i>ÄußeresStraßenSegment.nachKnoten</i>	Ein <i>ÄußeresStraßenSegment</i> endet an einem <i>StraßenKnoten</i>
<i>ÄußeresStraßenSegment.TmcPrimärOrt</i>	Ein <i>ÄußeresStraßenSegment</i> führt auf eine <i>TmcPunkt</i> zu
<i>TmcPunkt.Vorgänger</i>	Ein <i>TmcPunkt</i> hat möglicherweise einen <i>TmcPunkt</i> als Vorgänger
<i>TmcPunkt.Nachfolger</i>	Ein <i>TmcPunkt</i> hat möglicherweise einen <i>TmcPunkt</i> als Nachfolger
<i>TmcPunkt.Kreuzung</i>	Ein <i>TmcPunkt</i> hat möglicherweise einen <i>TmcPunkt</i> als Kreuzungspunkt
<i>TmcPunkt.istTeilVonTmcLinie</i>	Ein <i>TmcPunkt</i> ist möglicherweise Teil einer <i>TmcLinie</i>
<i>TmcPunkt.istTeilVonTmcGebiet</i>	Ein <i>TmcPunkt</i> ist Teil eines <i>TmcGebiets</i>
<i>TmcLinie.Vorgänger</i>	Eine <i>TmcLinie</i> hat möglicherweise eine <i>TmcLinie</i> als Vorgänger
<i>TmcLinie.Nachfolger</i>	Eine <i>TmcLinie</i> hat möglicherweise eine <i>TmcLinie</i> als Nachfolger
<i>TmcLinie.istTeilVonTmcLinie</i>	Eine <i>TmcLinie</i> ist möglicherweise Teil einer <i>TmcLinie</i>

Name	Beschreibung
<i>TmcLinie.istTeilVonTmcGebiet</i>	Eine <i>TmcLinie</i> ist Teil eines <i>TmcGebiets</i>

3.2.5 Geometrie

Die Verortungselemente der bundeseinheitlichen VRZ haben keine eigene Geometrie, sondern können von Geometrieobjekten (direkt oder indirekt) abgeleitet sein. Die folgende Tabelle beschreibt die Vererbung von Geometrieobjekten:

Tabelle 11: Geometrieabbildung im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ

Verortungselement	Geometrieobjekt
<i>Straße</i>	-
<i>InneresStraßenSegment</i>	<i>BestehtAusLinienObjekt</i>
<i>ÄußeresStraßenSegment</i>	<i>BestehtAusLinienObjekt</i>
<i>Straßenteilsegment</i>	<i>LinieXY</i>
<i>StraßenKnoten</i>	-
<i>TmcPunkt</i>	<i>PunktXY</i>
<i>TmcLinie</i>	<i>LinieXY</i>
<i>TmcGebiet</i>	<i>FlächeXY</i>

Die Geometrieobjekte *PunktXY*, *LinieXY* und *FlächeXY* enthalten einen (*PunktXY*) oder mehrere (*LinieXY*, *FlächeXY*) Koordinatenpunkte des geodätischen Referenzsystems WGS84 [VRZ-2].

Version 0.22, Stand 20.03.2006

[VRZ-2] http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html; Stand:
07.2.2011

3.3 Geographic Data Files (GDF)

3.3.1 Kurzbeschreibung

„Geographic Data Files, kurz GDF, ist ein von der Autonavigationsindustrie entwickeltes konzeptuelles und logisches Datenmodell mit Definition eines nicht binären Standard-Dateiaustauschformates für vektorisierte Kartendaten, im Speziellen für Straßenkarten. Es wurde unter der Norm ISO/DIS 14825:2004 beschrieben.“ [GDF-2]

GDF-Objekte sind in drei Ebenen gegliedert:

Level 0: Geometrie

Der Level 0 enthält die Geometrie aller Kartenobjekte. Diese sind als *Nodes* (Punkt), *Edges* (Polylinien) oder *Faces* (Flächen) modelliert.

Level 1: Features

Im Level 1 werden die einfachen (i.e. nicht zusammengesetzten) Objekte definiert. Objekte dieser Ebene (Features) können auf Geometrieobjekte verweisen, Attribute enthalten und durch Relationen einander zugeordnet werden. Je nach der Zuordnung zu *Nodes*, *Edges* oder *Faces* werden *Point*-, *Line*- oder *Area-Features* unterschieden.

Level 2: Complex Features

Im Level 2 werden zusammengesetzte Objekte (Complex Features) beschrieben, die aus einem oder mehreren (Simple-) Features bzw. Complex Features gebildet werden. Complex Features haben im Gegensatz zu Level 1-Features keine direkte Zuordnung zu Geometrieobjekten, sie können jedoch Attribute enthalten und in Relationen einander zugeordnet werden.

3.3.2 Verortungselemente

Road Elements und Junction

Das Straßennetz wird in GDF durch *Road Elements* und *Junction* abgebildet. *Road Elements* sind *Line-Features*, die durch genau zwei *Junction*, je eine am Anfang und am Ende, begrenzt sind. *Junction* sind *Point-Features*, die zur Begrenzung von *Road Elements* und zur Verbin-

dung 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 durch die Relation *Prohibited-Manoeuvre* modelliert. Diese Informationen bilden zusammengekommen einen routingfähigen, gerichteten Graphen, in dem ein turn-by-turn-Routing durchgeführt werden kann.

Chainage Referencing

GDF enthält außerdem die Möglichkeit, Daten mit Hilfe einer linearen Referenzierung (siehe Kap. 4.1) zu modellieren und dem Straßennetz zuzuordnen. Die Feature Klasse *Reference Point* enthält die 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.

Da der Chainage Referencing Mechanismus erst spät in den GDF Standard aufgenommen wurde, wird er zurzeit von den kommerziellen Kartenlieferanten noch nicht unterstützt.

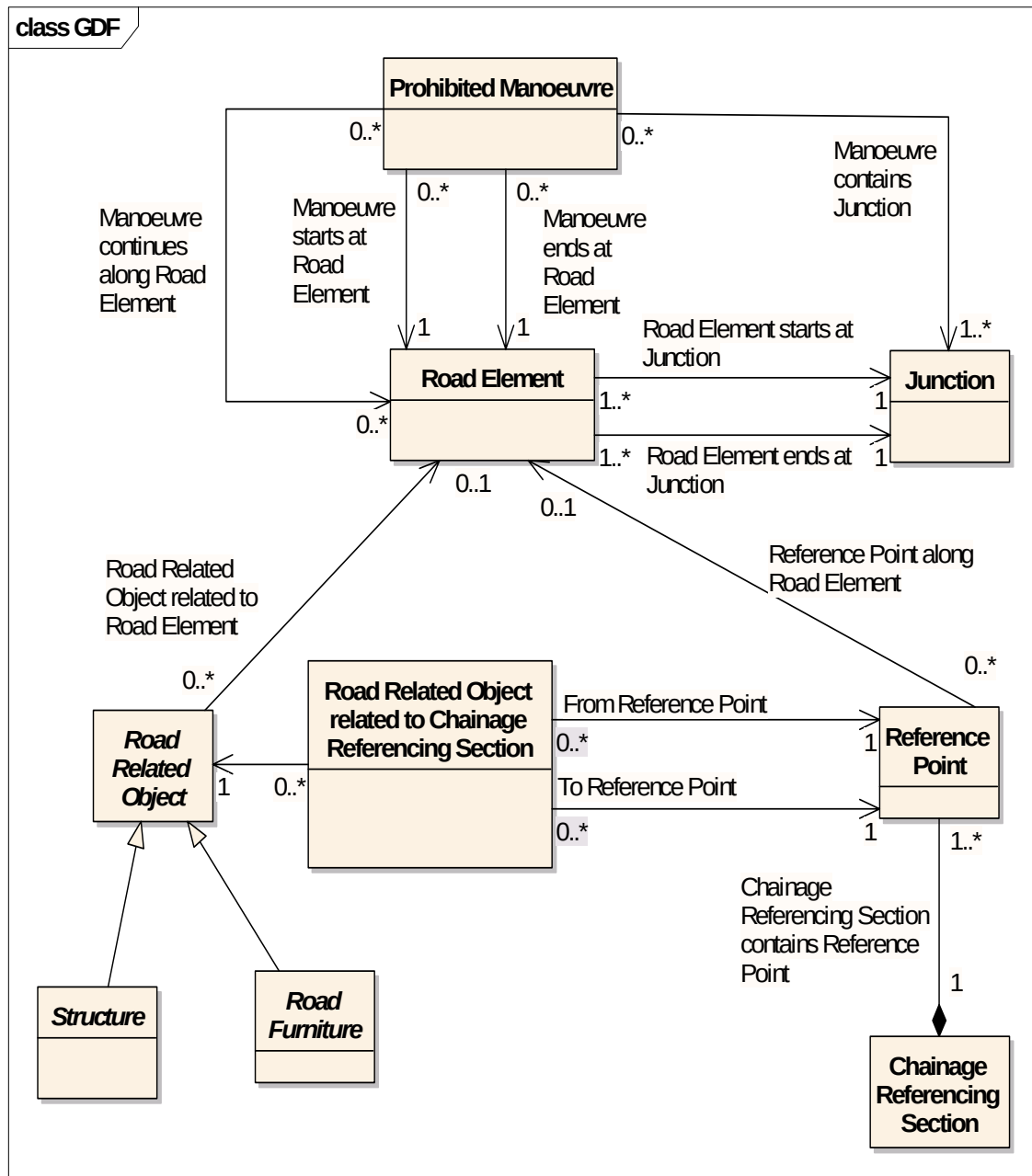


Abbildung 8: UML-Modell für GDF

Road Related Objects

Die Feature Klasse *Road Related Objects* ist eine abstrakte Basisklasse, die sich aus den ebenfalls abstrakten Klassen *Structures* und *Road Furnitures* zusammensetzt. Als *Structures* werden Bauwerke im Straßenraum wie z.B. Brücken oder Tunnel zusammengefasst während „Straßenmöblierungen“ wie z.B. Wegweiser oder Lichtsignalanlagen als *Road Furniture* zusammengefasst werden.

Die folgende Tabelle enthält die GDF-Verortungselemente, die das Straßennetz beschreiben:

Tabelle 12: Verortungselemente in GDF

Klassenname	Dimensionalität	Aggregat
<i>Road Element</i>	Linear	Nein
<i>Junction</i>	Punktuell	Nein
<i>Reference Point</i>	Punktuell	Nein
<i>Chainage Referencing Section</i>	Linear	Ja (geordnete Liste von Reference Points)
<i>Road Related Object</i>	Je nach konkreter Klasse	Je nach konkreter Klasse

Alle GDF Features werden durch Identifikatoren definiert, die sich aus drei bis zu 10-stelligen Dezimalzahlen (dem Dataset-Identifizier, Section-Identifizier und Feature-Identifizier) zusammensetzen. Die Identifikatoren der GDF-Features sind nicht stabil.

3.3.3 Ortsreferenzen

Eigenschaften, die nicht als eigenständiges Verortungselement modelliert sind, werden als segmented Attributes direkt mit den jeweiligen Features verknüpft. Bei *Point-* bzw. *Area-Features* gilt ein segmented Attribute immer für das gesamte Feature. Bei *Line-Features* kann ebenfalls das gesamte Objekt referenziert werden, es ist aber auch möglich, nur ein Teil des linearen Objekts (ein Segment) mit einem Attribut zu versehen. In diesem Fall sind ein Anfangs- und ein Endabstand angegeben, zwischen denen die Eigenschaft gilt. Beispiele für segmented Attributes sind Straßennamen, Straßenbreite, Anzahl Fahrstreifen etc.

Auch RDS-TMC-Locationcodes (siehe Kap.3.1) werden über diesen Ortsreferenzmechanismus an *Road Elements* gebunden: Ein *Road Element* enthält die RDS-TMC-Locationcodes der RDS-TMC-Pointlocations, auf die es zuführt, oder in denen es enthalten ist, als segmented Attributes.

Damit wird eine Verknüpfung zwischen den Ordnungssystemen GDF und RDS-TMC hergestellt.

3.3.4 Topologie

In GDF werden alle Beziehungen zwischen Objekten (also auch topologische Beziehungen) durch explizite Relationen ausgedrückt. Die folgende Tabelle enthält die wichtigsten Relationen des GDF Datenmodells:

Tabelle 13: Topologische Beziehungen in GDF

Name	Beschreibung
<i>Road-Element-starts-at-Junction</i>	Jedes <i>Road Element</i> startet an genau einer <i>Junction</i>
<i>Road-Element-ends-at-Junction</i>	Jedes <i>Road Element</i> endet an genau einer <i>Junction</i>
<i>Prohibited-Manoeuvre</i>	Diese Relation beschreibt Abbiegeverbote, indem ausgehend von einem <i>Road Element</i> die Navigation über eine <i>Junction</i> zu einem oder mehreren nachfolgenden <i>Road Elements</i> verboten wird.
<i>Reference-Point-along-Road-Element</i>	Mit dieser Relation werden <i>Reference Points</i> dem Straßennetz zugeordnet
<i>Road-Related-Object-related-to-Road-Element</i>	Zuordnung von <i>Road Related Objects</i> zum Straßennetz

Durch die beiden zuerst genannten Relationen wird, zusammen mit den Feature Klassen *Road Element* und *Junction*, das eigentliche Straßennetz als routingfähiger Straßennetzgraph aufgebaut, der ein turn-by-turn-Routing ermöglicht.

3.3.5 Geometrie

Die Verortungselemente in GDF haben keine eigene Geometrie, sondern können Geometrieobjekten (direkt oder indirekt) zugeordnet sein. *Point-Features* haben genau eine Zuordnung zu einem *Node*-Objekt, das einen Koordinatenpunkt enthält. *Line-Features* haben keine, eine oder mehrere Zuordnungen zu *Edge*-Objekten, die jeweils eine Polylinie enthalten. Somit kann ein *Line-Feature* aus keiner, einer oder mehreren (nicht zwangsläufig zusammenhängenden) Polylinien bestehen. *Area-Features* haben keine, eine oder mehrere Zuordnungen zu *Face*-Objekten, die jeweils ein Polygon enthalten. Somit können *Area-Features* aus keinem, einem oder mehreren (nicht zwangsläufig) zusammenhängenden) Polygonen bestehen. *Complex-Features* haben keine direkt zugeordneten Geometrie-Objekte, sie erben jedoch die Geometrien der Features, aus denen sie zusammengesetzt sind.

In GDF wird ausschließlich WGS84 als geodätisches Referenzsystem verwendet. [GDF-3]

3.3.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Sofern externe Ordnungssysteme wie z.B. RDS-TMC-Locationcodes, BAB-Kilometrierung oder Stationierung nach ASB (als *Chainage Referencing Sections*) verwendet werden, müssen diese Ordnungssysteme bekannt sein, um die externen Referenzen dekodieren zu können.

3.3.7 Datenübertragung

Ursprünglich ist im GDF Standard ist eine Übertragung in Text-Dateien vorgesehen, die syntaktisch in 80 Zeichen lange Records gegliedert sind und logisch in Datasets und Sections zerlegt werden. Die einzelnen Records können durch Continuation Records fortgesetzt werden. „Die jüngste Überarbeitung des GDF-Standards durch ISO sieht neuerdings auch XML- und SQL-basierte Formate vor.“ [GDF-2]

3.3.8 Detaillierungsgrad

In GDF wird das Straßennetz durch *Road Elements* und *Junction* beschrieben, wobei *Road Elements* jeweils ganze Fahrbahnen beschreiben. Sofern eine Straße aus mehreren physikalisch getrennten Fahrbahnen besteht (z.B. physikalisch getrennte Richtungs- oder Parallelfahrbahnen), müssen die einzelnen Fahrbahnen auch durch einzelne *Road Elements* abgebildet werden.

3.3.9 Quellen und Literatur

[GDF-1] ISO 14825:2004: Intelligent transport systems - Geographic Data Files (GDF) - Overall data specification

[GDF-2] http://de.wikipedia.org/wiki/Geographic_Data_Files; Stand: 07.2.2011

[GDF-3] http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html; Stand: 07.2.2011

3.4 Verortungsmöglichkeiten in DATEX II

3.4.1 Kurzbeschreibung

Der DATEX Standard wurde seit 1997 mit Unterstützung der europäischen Kommission entwickelt, um den grenzübergreifenden und sprachunabhängigen Austausch von Verkehrsinformationen zwischen Verkehrsmanagementzentralen zu unterstützen.[DTX-1] Im Jahr 2003 begann die Entwicklung des DATEX II Standards, deren Ziel es ist, die Anwendung auf einen größeren Nutzerkreis (insbesondere alle Arten von Verkehrsservice-Providern) auszudehnen. Eine erste Version des DATEX II Standards wurde 2006 vorgelegt, seit 2009 liegt die Version 2.0 des Standards vor, zurzeit ist die Version 2.0 Release Candidate 1 aktuell, es gibt jedoch schon Vorschläge für die Version 2.0 Release Candidate 2 [DTX-2] Es ist vorgesehen, dass DATEX II als multi-part-Technical Specification von der CEN (CEN Technical Committee 278) standardisiert wird.

Level-B-Erweiterungen

DATEX II sieht einen Mechanismus für Erweiterungen vor, der es einzelnen Anwendern oder Anwendergruppen erlaubt, das bestehende Format aufwärtskompatibel zu erweitern. Eine solche (sogenannte Level-B-Erweiterung) liegt dann vor, wenn lediglich zusätzliche Elemente in das Datenformat aufgenommen wurden, die von einem Empfänger ignoriert werden können, wenn dieser die Level-B-Erweiterung nicht versteht. Die Ortsreferenzierungsmethode OpenLR (siehe Kap. 5.4) wurde in einer solchen Level-B-Erweiterung in DATEX II integriert. [DTX-6] Diese Level-B-Erweiterung wird möglicherweise bei der Version 2.0 Release Candidate 2 aufgenommen, weshalb sie in diesem Dokument beschrieben wird, obwohl sie zurzeit noch nicht zum Standard gehört.

3.4.2 Verortungselemente

DATEX II verwendet verschiedene der in diesem Dokument beschriebenen Ortsreferenzierungsmethoden. Es beschreibt keine eigenen Verortungselemente.

3.4.3 Ortsreferenzen

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 – wie der Name bereits andeutet – 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.

Die gesamte Ableitungstaxonomie wird im folgenden UML-Diagramm dargestellt:

Ortsreferenzen zur Verfügung, die dann später nur noch per Identifier referenziert werden. Die folgende Tabelle enthält die konkreten DATEX II Klassen, die eine Ortsreferenz enthalten¹:

Tabelle 14: Ortsreferenzen in DATEX II

Klassenname	Beschreibung
<i>LocationByReference</i>	Referenz auf eine <i>Predefined Location</i>
<i>Area</i>	Flächige Ortsreferenz, die eine <i>AlertCArea</i> , eine <i>TpegGeometricArea</i> und/oder eine <i>TpegNamedAreaOnly</i> enthalten kann, wobei mindestens eine davon enthalten sein muss
<i>AlertCArea</i>	Flächige Ortsreferenz, die durch eine TMC <i>Area Location</i> gegeben ist (siehe Kap. 3.1)
<i>TpegGeometricArea</i>	Flächige Ortsreferenz, die durch eine TPEG <i>large area</i> gegeben ist (siehe Kap. 5.1)
<i>TpegNamedAreaOnly</i>	Flächige Ortsreferenz, die durch die TPEG <i>large area</i> ohne Angabe von Koordinaten gegeben ist (siehe Kap. 5.1)
<i>Linear</i>	Lineare Ortsreferenz, die eine <i>LinearWithinLinearElement</i> , eine <i>TpegLinearLocation</i> , eine <i>AlertCMethod2Linear</i> , eine <i>AlertCMethod4Linear</i> und/oder eine <i>AlertCLinearByCode</i> enthalten kann, wobei mindestens eine davon enthalten sein muss
<i>LinearWithinLinearElement</i>	Lineare Ortsreferenz, die durch eine Lineare Referenzierung definiert wird (siehe Kap. 4.1)
<i>TpegLinearLocation</i>	Lineare Ortsreferenz, die durch ein TPEG <i>segment</i> gegeben ist (siehe Kap. 5.1)
<i>AlertCMethod2Linear</i>	Lineare Ortsreferenz, die mithilfe der TMC Methode 2 kodiert wird (siehe Kap. 3.1)
<i>AlertCMethod4Linear</i>	Lineare Ortsreferenz, die mithilfe der TMC Methode 4 kodiert wird (siehe Kap. 3.1)
<i>AlertCLinearByCode</i>	Lineare Ortsreferenz, die durch eine TMC <i>Linear Location</i> gegeben ist (siehe Kap. 3.1)

¹ siehe [DTX-3]

Klassenname	Beschreibung
<i>OpenlrExtendedLinear</i>	Lineare Ortsreferenz, die durch eine OpenLR <i>Line</i> gegeben ist (siehe Kap. 5.4)
<i>Point</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die eine <i>PointByCoordinates</i> , eine <i>PointAlongLinearElement</i> , eine <i>TpegSimplePoint</i> , eine <i>TpegFramedPoint</i> , eine <i>AlertCMethod2Point</i> und/oder eine <i>AlertCMethod4Point</i> enthalten kann, wobei mindestens eine davon enthalten sein muss
<i>PointByCoordinates</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die durch einen Koordinatenpunkt angegeben wird
<i>PointAlongLinearElement</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die durch eine Lineare Referenzierung definiert wird (siehe Kap. 4.1)
<i>TpegSimplePoint</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die durch einen TPEG <i>non-linked point</i> gegeben ist (siehe Kap. 5.1)
<i>TpegFramedPoint</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die durch einen TPEG <i>framed point</i> gegeben ist (siehe Kap. 5.1)
<i>AlertCMethod2Point</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die mithilfe der TMC Methode 2 kodiert wird (siehe Kap. 3.1)
<i>AlertCMethod4Point</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die mithilfe der TMC Methode 4 kodiert wird (siehe Kap. 3.1). Diese Ortsreferenz gehört zurzeit noch nicht zum Standard, sondern ist als Level-B-Erweiterung definiert.
<i>OpenlrExtendedPoint</i>	Punktförmige Ortsreferenz, die durch eine OpenLR <i>Geo-Coordinate</i> , <i>PointAlongLine</i> oder <i>PoiWithAccessPoint</i> gegeben ist (siehe Kap. 3.1). Diese Ortsreferenz gehört zurzeit noch nicht zum Standard, sondern ist als Level-B-Erweiterung definiert.
<i>ItineraryByReference</i>	Beschreibung einer zusammenhängenden Route durch eine <i>Predefined Location</i>
<i>ItineraryByIndexedLocation</i>	Beschreibung einer zusammenhängenden Route durch mehrere, aufeinanderfolgende Ortsreferenzen

Klassenname	Beschreibung
	zen
<i>NonOrderedLocationGroupByList</i>	Beschreibung einer komplexen Ortsreferenz, die aus mehreren einzelnen Ortsreferenzen besteht.
<i>NonOrderedLocationGroupByReference</i>	Beschreibung einer komplexen Ortsreferenz durch eine <i>Predefined Location</i>

3.4.4 Topologie

Da keine eigenen Verortungselemente definiert sind, sind auch keine topologischen Beziehungen definiert.

3.4.5 Geometrie

Die meisten in DATEX II verwendeten Ortsreferenzen kommen ohne Geometrie aus. Falls Koordinaten verwendet werden, so wird ausschließlich ETRS89 als geodätisches Referenzsystem verwendet. [DTX-4]

3.4.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Alle DATEX II Ortsreferenzen sind in XML kodiert. [DTX-5]

3.4.7 Datenübertragung

In DATEX II sind vier verschiedene Protokolle für den Datenaustausch zwischen Client (Nutzer der Daten) und Supplier (Anbieter der Daten) definiert:

- **ClientPull:** Zustandsloses Protokoll, bei dem der Client die Daten beim Supplier erfragt
- **Subscription:** Zustandsbehaftetes Protokoll, bei dem sich ein Client beim Supplier unter Verwendung eines Filters auf Daten anmeldet. Anschließend erfragt der Client fortwährend, ob Daten, die dem Filter entsprechen, vorliegen. Abschließend meldet sich der Client beim Supplier ab.
- **SupplierPushOnOccurrence:** Zustandsbehaftetes Protokoll, bei dem der Supplier sich bei einem Client anmeldet und anschließend Daten immer dann an den Client überträgt, wenn Änderungen vorliegen. Abschließend meldet sich der Supplier beim Client ab.
- **SupplierPushPeriodic:** Zustandsbehaftetes Protokoll, bei dem der Supplier sich bei einem Client anmeldet und anschließend Daten zyklisch an den Client überträgt. Abschließend meldet sich der Supplier beim Client ab.

3.4.8 Detaillierungsgrad

Da verschiedene Methoden zur Ortsreferenzierung verwendet werden, gibt es keinen definierten Detaillierungsgrad. Es wird immer der Detaillierungsgrad der verwendeten Methode erreicht.

3.4.9 Quellen und Literatur

- [DTX-1] <http://www.datex2.eu/content/datex-background>; Stand 05.3.2011
- [DTX-2] DATEX II V2.0 User Guide, Document Version 1.0 – European Commission, Directorate General for Transport and Energy, 1.7.2009
- [DTX-3] http://www.datex2.eu/sites/www.datex2.eu/files/sites/test.datex2.eu/files/DATEX_II_PIM.zip; Stand: 05.3.2011
- [DTX-4] <http://etrs89.ensg.ign.fr/en/>; Stand: 05.3.2011
- [DTX-5] http://www.datex2.eu/sites/www.datex2.eu/files/sites/test.datex2.eu/files/DATEX_II_Schema_2_ORC1_2_0.zip; Stand: 05.3.2011
- [DTX-6] http://www.datex2.eu/sites/www.datex2.eu/files/DATEX_II_PIM_1.zip; Stand 05.3.2011

4. Standards aus dem Bereich Geodaten

4.1 Lineare Referenzierung (ISO 19148)

HINWEIS: ISO 19148 ist kein Standard speziell für das Straßen- und Verkehrswesen, sondern ein allgemeines Metamodell für lineare Referenzierungssysteme. Er wird im Rahmen dieser Studie in einem eigenen Kapitel beschrieben, weil es keinem der beiden Bereiche Straßeninformationssysteme oder Verkehrstelematik zugeordnet werden kann.

4.1.1 Kurzbeschreibung

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.

Zitat aus dem Standard:

„This International Standard proposes a consistent specification for describing linearly referenced locations which also enables translation between different referencing methods and/or linear elements. It also specifies how these position expressions can be used to specify how information which pertains to only a part of a linear element can be specified as linearly located events.

A Linear Referencing System is a set of Linear Referencing Methods (LRM) and the policies, records and procedures for implementing them. There are numerous, seemingly disparate, Linear Referencing Methods in use today. There is no single best method, as each has advantages in certain situations. It is therefore unreasonable to propose a single standard Linear Referencing Method. The Generalized Model for Linear Referencing has been developed which instead characterizes Linear Referencing Methods into a basic set of common concepts. The additional advantage of this approach is that it also enables a singular method for translating linearly referenced locations into locations specified by another method or along an alternative linear element. This translation method is both closed and transitive, insuring round-tripping and translation chaining.

The Generalized Model standardizes the content of a linearly referenced location as containing three components: that which is being measured (linear element), the method of measurement (Linear Referencing Method) and the measured value (distance expression).“

Der Text beschreibt den Standard also als Spezifikation zur Angabe von Orten längs linearer Strukturen. Er erkennt an, dass es viele solcher Verortungssysteme gibt und setzt daher das Hauptaugenmerk auf ein generelles, übergreifendes Modell aus einem Basisvorrat allgemei-

ner Konzepte. Spezielle Verortungssysteme sollen sich durch diese allgemeinen Konzepte beschreiben lassen, und damit soll die Grundlage geschaffen werden, Daten aus den speziellen Systemen ineinander übersetzen zu können.

Eine besondere Bedeutung erhält der Standard dadurch, dass die zukünftige Version der Geography Markup Language, 3.3, die Verortung von Features mit den Konstrukten des Standards zulassen soll. Auch für die nächste Version der INSPIRE Data Specifications für Netze ist die Nutzung des Standards angekündigt.

Der Standard definiert verschiedene Pakete, von denen hier ausführlich nur das Basispaket *LR* (der sog. Core) behandelt wird.

Wo sich Anknüpfungspunkte im Standard zu geometrischen oder topologischen Konzepten ergeben, wird dies durch Vererbung aus entsprechenden Konzepten der Norm ISO 19107 (Geoinformation – Raumbezugsschema) modelliert

Zur Beachtung: Zz. der Erstellung dieser Studie ist ISO 19148 noch Vornorm.

4.1.2 Verortungselemente

LR_LinearElement

Diese Klasse beschreibt das allgemeine Verortungselement des Standards. Es kann geometrisch (als Kurve) oder topologisch (als Graphenkante) charakterisiert sein (siehe die folgenden Abschnitte), muss aber als keins von beiden; in diesem Falle 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.

Die drei genannten Fälle werden dadurch abgedeckt, dass ein *LR_LinearElement* eines von folgenden Varianten enthalten muss:

- ein *LR_Feature*, das ist ein GML-Feature nach ISO 19109 ohne weitere Voraussetzungen
- ein *LR_DirectedEdge*, dies ist eine Graphen-Kante vom Typ *TP_DirectedEdge* nach dem Raumbezugsschema ISO 19107
- ein *LR_Curve*, das ist eine lineare Geometrie vom Typ *GM_Curve* nach dem Raumbezugsschema ISO19107

4.1.3 Ortsreferenzen

LR_PositionExpression

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

- der Angabe des Verortungselements, also des *LR_LinearElement*
- der Verortungsmethode; diese 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 Prozentwerte bezogen auf die Länge). Der Typ hierfür ist *LR_LinearReferencingMethod*.
- der Verortung, gegeben als Maß bezogen auf den Anfang des Verortungselementes oder einen Referenzort. Der Typ hierfür ist *LR_DistanceExpression*.

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.

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

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_VectorOffsetDistance Expression*.

(Für die Bildung von linear verorteten und zeitlich eingeordneten Fachobjekte hält der Standard ISO 19148 zusätzlich ein Metamodell bereit, das sich auf *LR_PositionExpressions* bezieht. Dieses Metamodell wird hier nicht weiter behandelt, da sich die Studie auf die Verortungsmechanismen konzentriert.)

4.1.4 Topologie

Topologie ist nicht unmittelbar Bestandteil des Standards. Falls die Verortungselemente untereinander topologische Beziehungen haben, müssen die Verortungselemente vom Typ

LR_DirectedEdge sein, der den Typ *TP_DirectedEdge* aus ISO 19107 (Spatial Schema) importiert.

Da der Standard nur die Verortbarkeit von Eigenschaften zum Thema hat, nicht aber die Beschreibung von Netzen, ist über Routingmöglichkeiten keine Aussage möglich.

4.1.5 Geometrie

Geometrie ist nicht unmittelbar Bestandteil des Standards. Falls Geometrie abgebildet werden soll, müssen die Verortungselemente vom Typ *LR_Curve* sein, der den Typ *GM_Curve* aus ISO 19107 (Spatial Schema) importiert.

4.1.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Als konzeptionelles Modell macht ISO 19148 keine Aussage zu benötigten Ressourcen. In konformen Datenbeständen können, wie bei den anderen ISO 191xx Modellen, die Eigenschaften eingebettet oder referenziert dargestellt sein.

4.1.7 Datenübertragung

Als konzeptionelles Modell macht ISO19148 keine Aussage zu Kodierungsregeln für die Datenübertragung.

4.1.8 Detaillierungsgrad

Als Metamodell Modell macht ISO19148 keine Aussage zur Detaillierung der damit modellierten Fachdaten (Features) hinsichtlich sachlicher, geometrischer oder topologischer Eigenschaften.

4.1.9 Quellen und Literatur

- [ISO-1] ISO/DIS 19148 Geographic information – Location based services – Linear referencing system, 2009
- [ISO-2] ISO 19107 Geographic Information - Spatial Schema, 2003
- [ISO-3] ISO 19109 Geographic information — Rules for application schema, 2005

4.2 INSPIRE

4.2.1 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.

Mit dem Geodatenzugangsgesetz (GeoZG) und analogen Gesetzen der Bundesländer betreffend die Daten der Länder und Kommunen, beispielsweise in NRW dem GeoZG NRW oder in Bayern dem BayGDIG, wurde die europäische Richtlinie in Deutschland in nationales Recht umgesetzt.

Die technische Umsetzung von INSPIRE wird durch eine Reihe von Durchführungsbestimmungen geregelt, die die Datenmodelle, die Dienste-Anforderungen, die Führung von Metadaten, den Betrieb der Infrastruktur sowie Lizenzrichtlinien betreffen.

Das für die Straßen- und Verkehrsverwaltungen unmittelbar relevante Datenmodell ist das für Straßennetze (Road Networks). Dieses Modell ist eine Spezialisierung eines allgemeineren Netzmodells, das allen definierten Arten von Verkehrsnetzen zugrunde gelegt wird (das sind neben der Straße die Netze für Schienenverkehr, Schiffsverkehr, Luftverkehr und Seilbahntransport).

Aus den abstrakten Objektarten des Verkehrsnetzmodells werden hierbei konkrete Objektarten für Straßennetze gebildet, die die für den Straßenverkehr im Rahmen von INSPIRE benötigten fachlichen Merkmale bündeln. Typische Beispiele für fachliche Merkmale sind Angaben zu Geschwindigkeitsbeschränkungen, zugelassenen Fahrzeugtypen und Verbindungsfunktionen.

Das abstrakte Verkehrsnetzmodell, das den Namen Common Transport Elements hat, ist selbst eine Ableitung aus einem allgemeinen Netzwerkmodell. Als Eigenschaften, die als relevant für alle Arten von Transport betrachtet werden, fügt das Transportnetzmodell dem allgemeinen Modell Merkmale hinzu wie etwa Zugangsbeschränkungen oder die vertikale Lage, klassifiziert als ebenerdig, unterirdisch, erhöht.

Das allgemeine Netzwerkmodell, das Generic Network Model, ist dazu gedacht, als Grundlage für Modelle aller Arten von Netzen in INSPIRE zu dienen, seien es solche für Verkehr, Energie, Information oder natürliche Strukturen wie Gewässer. Als Elemente von Netzwerken werden primär Knoten, Kanten und Flächen angesehen, dies sind auch die Geometrie tragenden Einheiten. Kanten werden durch Knoten begrenzt und treffen in ihnen zusammen, sie können gerichtet sein, zu linear zusammenhängenden Kantenfolgen aufgefädelt oder zu beliebigen Kantenmengen (Unternetzen) aggregiert werden. Netzwerke können in Übergangspunkten mit einander verknüpft sein. Flächen werden in Netzwerke rein geometrisch integriert, es gibt keine expliziten relationalen Bezüge zu andersartigen Netzelementen. Den Netzelementen können fachlich-thematische Eigenschaften zugeordnet sein, wobei bei Kanten und Kantenfolgen eine punkt- oder streckenförmige lineare Referenzierung durch Stationsangaben möglich ist.“ (Zitat aus [INS-1])

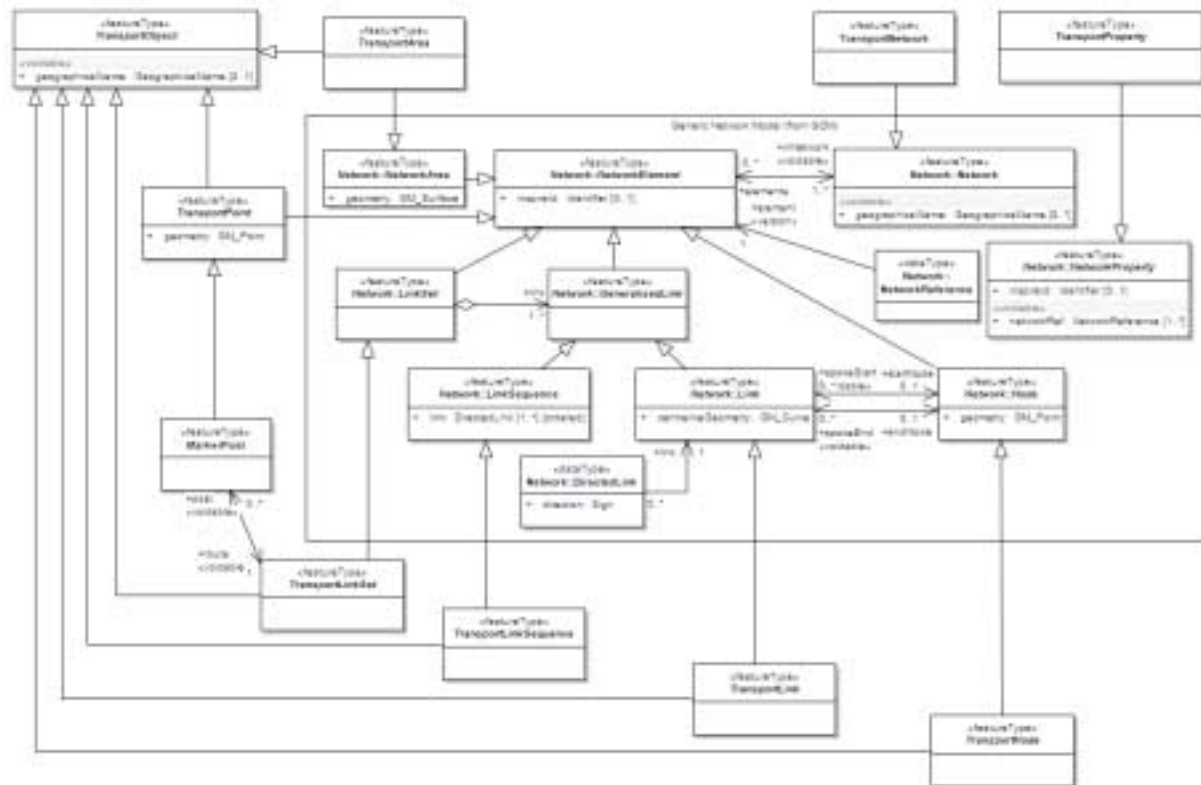


Abbildung 10: UML-Modell des Common Transport Network in INSPIRE [Quelle: <http://inspire-twg.jrc.ec.europa.eu/inspire-model/>; abgerufen am 15.04.2011]

Straßennetze werden im INSPIRE-Datenmodell durch Objekte aus dem Schema Road Transport Networks modelliert. Dieses Schema selbst ist eine Spezialisierung aus dem Schema Common Transport Elements. Dies wiederum ist eine Spezialisierung des generischen Network-Schemas aus dem Generic Conceptual Model, das ein Knoten-Kanten-Modell bestehend aus *Nodes* und *Links* beschreibt.

Daneben gestattet das Common Transport Elements Modell auch flächenhafte und punkthafte Objekte ohne direkten Netzbezug, sie sind dann rein geometrisch verortet. Diese Objekte werden hier nicht weiter betrachtet.

4.2.2 Verortungselemente

RoadLink

Das *RoadLink* ist das atomare lineare Element eines Road Transport Network. Es wird begrenzt durch zwei *RoadNodes*, in einem *RoadNode* können mehrere *RoadLinks* zusammen treffen. *RoadLink* erbt indirekt über das Common Transport Model vom generischen *Link*, analog verhält es sich mit *RoadNode* und *Node*.

Aus RoadLinks können lineare, zusammenhängende Aggregate gebildet werden vom Typ RoadLinkSequence, sowie Objekte vom Typ *Road* bzw. *ERoad* zur Abbildung realer Straßen und Europastraßen.

INSPIRE-Objekte werden mit einem stabilen, eindeutigen Identifier ausgestattet, der dann in allen Teilnehmerländern ansprechbar ist. (EU, Schweiz, Norwegen...). Der genaue Mechanismus hierfür liegt noch nicht fest.

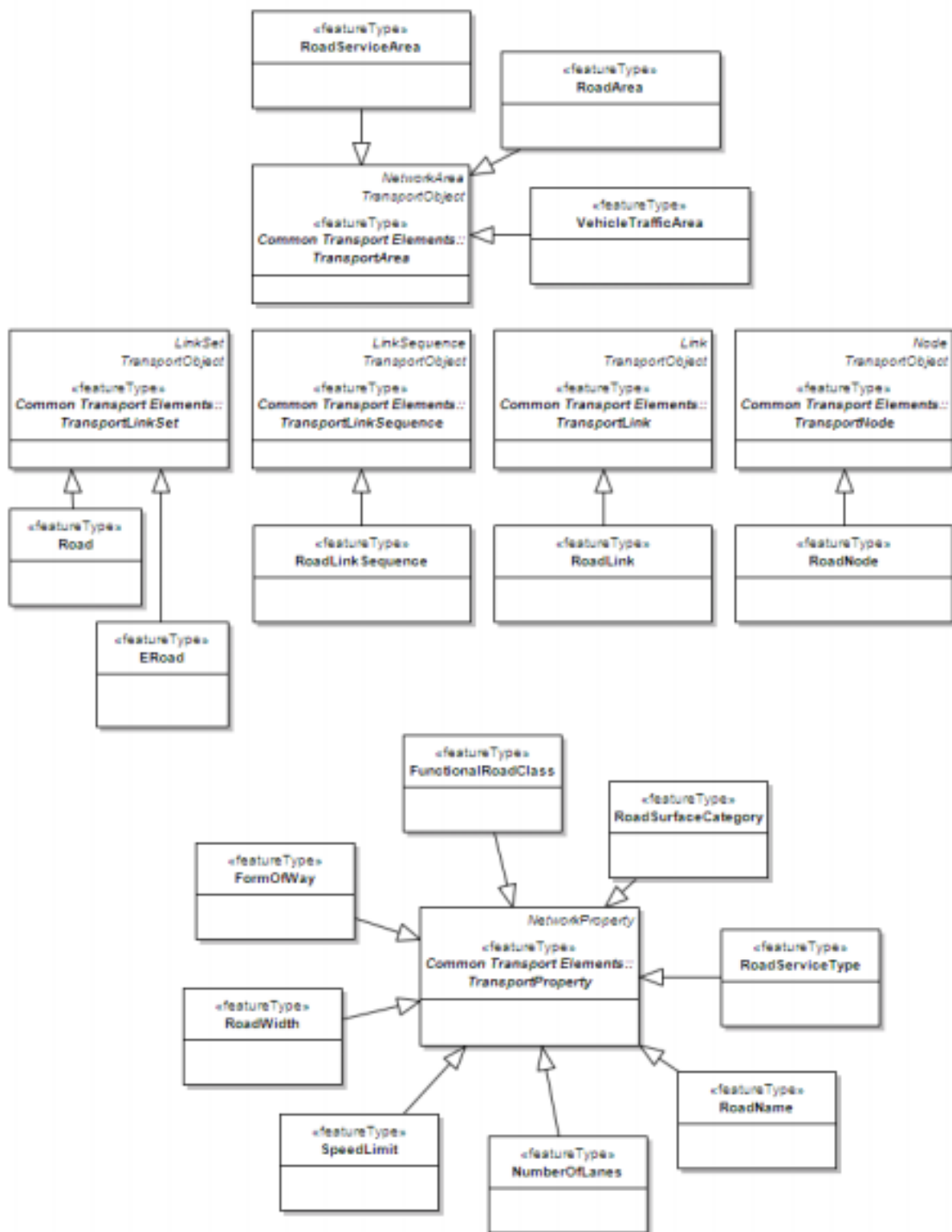


Abbildung 11: UML-Modell für das Road Transport Network in INSPIRE [Quelle: <http://inspire-twg.jrc.ec.europa.eu/inspire-model/>; abgerufen am 15.04.2011]

4.2.3 Ortsreferenzen

TransportProperty

An das Straßennetz werden Eigenschaften über Objekte vom Supertyp *TransportProperty* gebunden, dies ist eine abstrakte Klasse zur Bündelung des Netzbezugs. *TransportProperty* erbt selbst von *NetworkProperty*.

SimplePointReference, SimpleLinearReference

Eine *NetworkProperty* beinhaltet wenigstens eine *NetworkReference*. Für lineare Referenzierung gibt es hieraus abgeleitet die *LinkReference*, die sich auf genau ein Link bezieht und eine Richtungsangabe enthält, die angibt in welcher Richtung bezogen auf die Richtung vom Anfangs-Node zum End-Node des Links die Stationierung gemessen wird. *LinkReference* gibt es dann in zwei Ausprägungen, *SimplePointReference* für die Verortung eines Punktes mit einer Stationsangabe (analog ASB:Straßenpunkt) und *SimpleLinearReference* für die Verortung einer linearen Eigenschaft mit zwei Stationsangaben (analog ASB:Teilabschnitt). Optional sind zudem laterale Offsets möglich.

Hinweis: Das lineare Referenzierungsschema von INSPIRE soll mit der Finalisierung von ISO 19148 auf diesen Standard umgestellt werden.

4.2.4 Topologie

Die Topologie, also das Zusammentreffen von *Links* in einem *Node*, soll explizit durch Objektreferenzen ausgedrückt werden, dies ist jedoch nur eine Empfehlung, so dass auch implizite Darstellung durch geometrische Identifikation der Nodes gestattet ist.

Routingfähigkeit

Common Transport Elements und Road Transport Network spezifizieren Attribute für Verkehrsrichtung sowie Zugangs- und Verkehrsbeschränkungen. Auch ohne explizite Abbildung von Fahrbeziehungen an Knoten ist bei vollständiger Abdeckung der genannten Attributgruppen ein turn-by-turn-Routing möglich.

4.2.5 Geometrie

Nodes müssen verpflichtend eine selbstständige Punktgeometrie vom GML-Typ *GM_Point* haben, *Links* können optional eine oder mehrere Geometrien vom Typ *GM_Curve* haben. Alle anderen Objekte wie Aggregate und Ortsreferenzen beziehen ihre Geometrie per Ableitung.

4.2.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Beim Austausch von INSPIRE-Daten werden zusätzlich zu den Fachdaten des Sachverhaltes auch die Daten der referenzierten Netzelemente mitgeliefert. Dabei wird die gesamte Beschreibung der Netzreferenz mitgeliefert, so dass keine Kenntnis des zugrundeliegenden Netzes notwendig ist.

4.2.7 Datenübertragung

Da die INSPIRE-Datenmodelle als GML-Applikationsschemata implementiert sind, erfolgt die Datenübertragung mit Hilfe von XML-Dokumenten, die gegen diese Schemata validieren müssen.

4.2.8 Detaillierungsgrad

INSPIRE gestattet einen wählbaren Detaillierungsgrad. Dieser kann durch die Beistellung von Metadaten nach dem INSPIRE-Metadatenmodell und den themenspezifischen Ergänzungen hierzu beschrieben werden.

4.2.9 Quellen und Literatur

- [INS-1] A. Kochs, B. Weidner, T. Marquardt, Auswirkungen der Geodaten-Richtlinie INSPIRE auf das Straßen-und Verkehrswesen, Straßenverkehrstechnik Jg. 54 Heft 6, 2010
- [INS-2] INSPIRE Data Specifications - Generic Conceptual Model Version 3.3 18.6.2010
- [INS-3] INSPIRE Data Specifications on Transport Network – Guidelines Version 3.1 26.4.2010

5. On-the-fly-Referenzierungsmethoden

On-the-fly-Referenzierung bezeichnet den Vorgang der Ortsreferenzierung (Kodierung bzw. Dekodierung von Ortsreferenzen), der ohne zusätzliche Hilfsmittel wie z.B. Location Code Lists (siehe Kap. 3.1) durchgeführt werden kann. Dabei wird in der Regel vorausgesetzt, dass sowohl zum Kodieren als auch zum Dekodieren eine digitale Karte, die ein turn-by-turn-Routing ermöglicht, vorhanden ist. Beim Dekodieren kann eine andere digitale Karte verwendet werden als beim Kodieren. In einigen Fällen ist auch ein (vereinfachtes) Dekodieren ohne digitale Karte möglich. Die Ortsreferenzen werden erst, wenn sie benötigt werden, erzeugt. Daher stammt der Name On-the-fly-Referenzierung.

Ursprünglich war vorgesehen auch das Verfahren Local Dynamic Map (LDM) zu betrachten. Die Recherche hat ergeben, dass erstens keine (oder nur sehr oberflächliche) Informationen zu LDM öffentlich verfügbar sind und zweitens die Durchsicht des verfügbaren Materials ergeben hat, dass es sich bei LDM nicht wirklich um eine On-the-Fly-Referenzierungsmethode handelt. Aus diesem Grund wird LDM in Absprache mit dem AG in diesem Projekt nicht weiter behandelt und in diesem Dokument nicht dargestellt.

5.1 TPEG-Loc

5.1.1 Kurzbeschreibung

Die im Jahr 1997 gegründete Transport Protocol Expert Group (TPEG) entwickelte mit Fördermitteln der europäischen Kommission den TPEG Standard zum sprachunabhängigen Versenden von Verkehrsinformationen. Alle TPEG-Nachrichten enthalten Ortsreferenzen, die mit der On-the-fly-Referenzierungsmethode TPEG-Loc kodiert werden.

Das Hauptziel von TPEG-Loc ist, sowohl automatisch verarbeitbar als auch für Menschen lesbar zu sein. Im Unterschied zu den anderen hier vorgestellten On-the-Fly-Referenzierungen benötigt der Dekoder bei TPEG-Loc nicht zwangsläufig eine digitale Karte.

5.1.2 Verortungselemente

Wie bei allen On-the-fly-Referenzierungen sind auch in TPEG-Loc keine Verortungselemente definiert.

5.1.3 Ortsreferenzen

TPEG-LOC ist eine Methode zur Erzeugung von Ortsreferenzen. Die Methodik ist im Kap. 5.1.6 beschrieben.

5.1.4 Topologie

TPEG-Loc kennt keine vordefinierten Topologien.

5.1.5 Geometrie

In TPEG-Loc sind alle Koordinaten in WGS84 angegeben. [TPEG-2]

5.1.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Die Ortsreferenz einer TPEG-Message ist in einem *TPEG-Location Container* kodiert. [TPEG-1] Dieser enthält einen Bereich für die maschinelle Verarbeitung (*Location Coordinates*) und einen Bereich für die menschenlesbare Darstellung (*Additional Location Descriptions*) einer TPEG-Location. Zusätzlich ist als erstes Element ein Default-Sprachcode (*Default Language Code*) angegeben, der dann verwendet wird, wenn in den nachfolgenden Elementen kein Sprachcode angegeben ist.

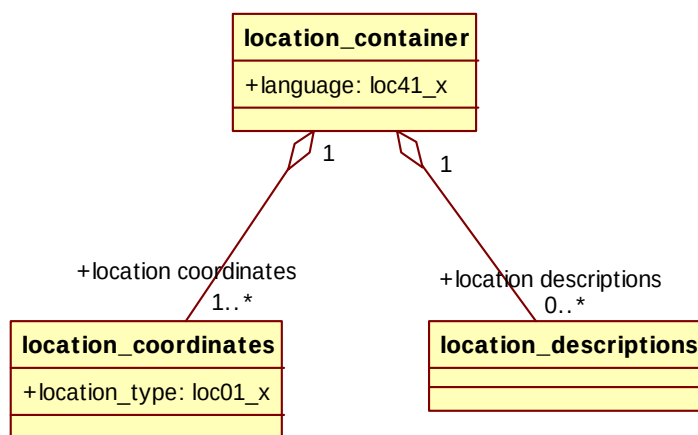


Abbildung 12: UML-Modell des Location Container [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]

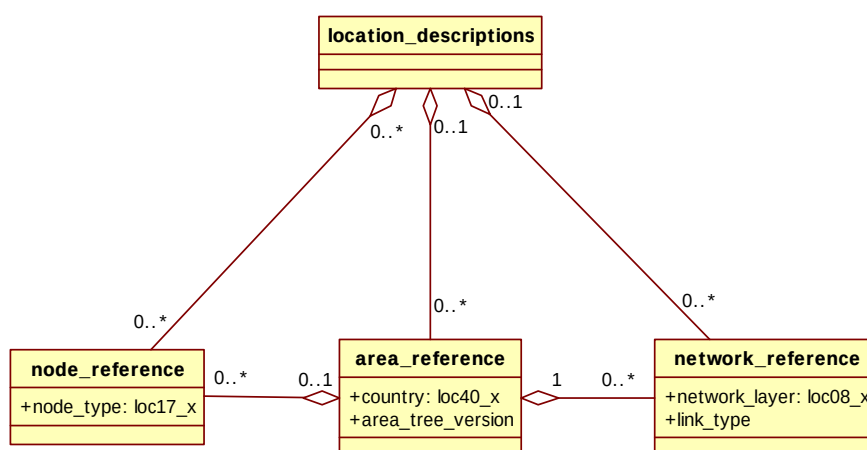


Abbildung 13: UML-Modell des Location Description [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]

Location Co-ordinates

Der Bereich Location Co-ordinates dient zur maschinellen Verarbeitung einer TPEG Location. Er enthält als erstes Element einen *Location Type Code*, der festlegt, welcher *Location Type* durch die nachfolgenden Elemente beschrieben wird. Die Struktur der nachfolgenden Elemente ist durch den *Location Type* festgelegt. Dabei können die folgenden Elemente vorkommen:

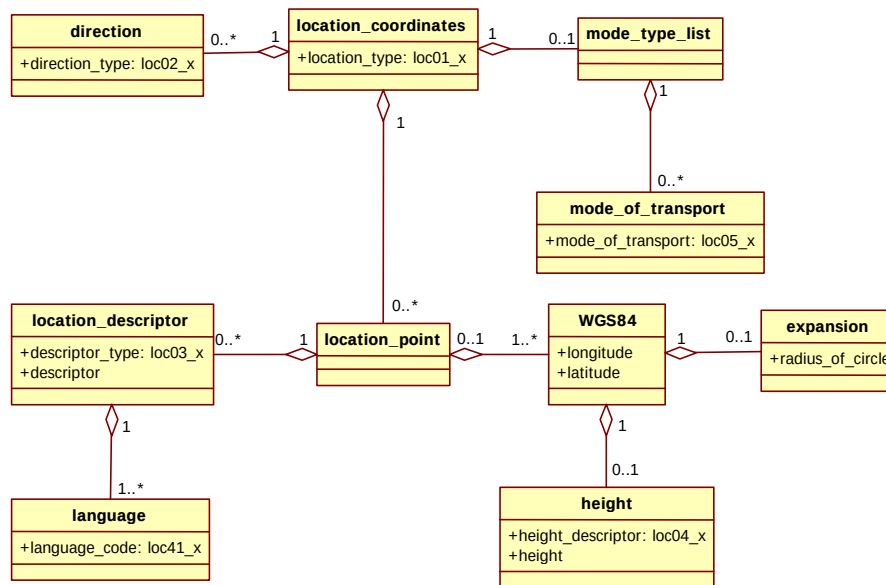


Abbildung 14: UML-Modell der Location Coordinates [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]

Tabelle 15: Ortsreferenzen in TPEG-Loc

Element	Beschreibung
<i>Location Type</i>	Legt fest, welcher Locationtyp kodiert ist. Die vorgesehenen Locationtypen sind in der nachfolgend aufgelisteten Tabelle angegeben.
<i>Mode Type List</i>	Liste der Verkehrsmodi, die von dieser Location betroffen sind. Die Verkehrsmodi sind kodiert.
<i>WGS 84</i>	Komplexes Element, das Koordinateninformationen enthält
<i>Descriptor</i>	Komplexes Element, das eine Beschreibung enthält
<i>Direction Type</i>	Durch dieses Element kann eine Einschränkung auf eine bestimmte Richtung angegeben werden
<i>WGS 84 Co-ordinates</i>	Teilelement von <i>WGS 84</i> , enthält die eigentlichen Koordinaten

Element	Beschreibung
	einer Location
<i>Radius of Expansion</i>	Teilelement von <i>WGS 84</i> , enthält den Ausdehnungsradius einer Location
<i>Height</i>	Teilelement von <i>WGS 84</i> , enthält die Höhe einer Location
<i>Descriptor Type</i>	Teilelement von <i>Descriptor</i> , enthält den (kodierten) Type der Beschreibung
<i>Descriptor Name</i>	Teilelement von <i>Descriptor</i> , enthält den Beschreibungstext
<i>Language Code</i>	Sprachcode der Beschreibung

Die folgende Tabelle enthält die in TPEG-Loc definierten Location Typen:

Tabelle 16: Location Typen in TPEG-Loc

Klassenname	Beschreibung
<i>large area</i>	Großes Gebiet wie z.B. Stadt, Region oder auch ganze Länder
<i>nodal area</i>	Gebiet mit Anschluss an ein oder mehrere Verkehrssysteme (z.B. ein Flughafen mit Anbindung an das Straßennetz, Bus- und Schienenverkehr)
<i>segment</i>	Abschnitt eines (Straßen-) Netzwerk, der zwei benachbarte Orte miteinander verbindet.
<i>intersection point</i>	Netzknoten an der Kreuzung zweier Straßen
<i>framed point</i>	Punkt im Straßennetz, dessen Name nicht überregional bekannt ist. Der Punkt wird durch zwei benachbarte, bekanntere Punkte und den Abstand zu diesen Punkten angegeben.
<i>non-linked point</i>	Punkt abseits des Straßennetzes, durch Koordinaten angegeben
<i>connected points</i>	Sammlung mehrerer zusammengehöriger Punkte in verschiedenen Verkehrssystemen

Additional Location Descriptions

Die Hauptanwendung des Bereichs *Additional Location Descriptions* liegt darin, menschenlesbare Informationen weiterzugeben bzw. einfache Lesegeräte, die nicht über eine digitale Karte verfügen, zu unterstützen. Er ist aus den Teilbereichen *Area Reference*, *Network Desc-*

ription und *Node Description* zusammengesetzt. Alle drei Teilbereiche sind strukturiert aufgebaut und können auch maschinell verarbeitet werden. Die *Area Reference* beschreibt das Gebiet, auf das sich die TPEG-Message auswirkt, in kodierter Form und in natürlicher Sprache. Sie wird hauptsächlich zu Filterungszwecken verwendet. Die *Network Description* enthält Informationen über das Netzwerk (z.B. Straßenname oder Straßenummer, aber auch Flugnummern oder Kursnummern sind möglich), auf das sich die TPEG-Message auswirkt. Der Bereich *Node Description* beschreibt den präzisen Ort, auf den sich die TPEG-Message bezieht. Die Struktur des Bereichs ist rekursiv und erlaubt damit eine Beschreibung aller Arten von Verkehrsknoten, vom einfachen Punkt bis hin zum komplexen Netzknoten.

5.1.7 Datenübertragung

TPEG ist unabhängig vom Datenübertragungskanal. Ursprünglich wurde es für die Verwendung zusammen mit digital Broadcasting wie Digital Audio Broadcasting (DAB) bzw. Digital Video Broadcasting (DVB) entwickelt. Es wird allerdings auch in Datenübertragungsprotokollen wie z.B. DATEX II (siehe Kap. 3.4) verwendet.

5.1.8 Detaillierungsgrad

Der Detaillierungsgrad von TPEG-Loc entspricht dem schlechtesten Detaillierungsgrad der im Kodierer und Dekodierer verwendeten digitalen Karten. Falls sowohl im Kodierer als auch im Dekodierer GDF-Karten verwendet werden (das entspricht dem Standard-Anwendungsfall), so entspricht der Detaillierungsgrad dem der GDF-Karten.

5.1.9 Quellen und Literatur

- [TPEG-1] ISO 18234-6: Traffic and Travel Information (TTI) — TTI via Transport Protocol Export Group (TPEG) data streams – Part 6: Location referencing applications
- [TPEG-2] http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html; Stand: 07.2.2011

5.2 TPEG2-GLR

5.2.1 Kurzbeschreibung

Die Traveller Information Services Association (TISA) wurde im November 2007 gegründet, um die in der Transport Protocol Expert Group und im TMC-Forum definierten Standards TPEG bzw. RDS/TMC weiter zu entwickeln.

Der TPEG2 Standard besteht aus mehreren Teilen, wobei die geographische Ortsreferenzierung (Teil 21) von relevanten TPEG Applikationen verwendet wird, um den Ortsbezug einer Verkehrsinformation zu beschreiben. [TPEG2-1]

Zum Kodieren einer TPEG2-GLR wird zwingend eine digitale Karte benötigt. Jedoch ist TPEG2-GLR so einfach gehalten, so dass es im Dekoder auch ohne Navigationsgeräte (d.h. ohne Benutzung einer digitalen Karte) verwendbar ist. Nichtsdestotrotz ist die Verwendung einer digitalen Karte im Dekoder der Standardfall. Im Gegensatz zu den meisten anderen On-the-Fly-Referenzierungsmethoden muss die verwendete digitale Karte nicht routingfähig sein.

TPEG2-GLR ist zurzeit ein TISA-Standard, es ist aber vorgesehen, dass der Standard Teil der ISO/TS 21219-Reihe wird.

5.2.2 Verortungselemente

Wie bei allen On-the-fly-Referenzierungen sind auch in TPEG2-GLR keine Verortungselemente definiert.

5.2.3 Ortsreferenzen

TPEG2-GLR ist eine Methode zur Erzeugung von Ortsreferenzen. Die Methodik ist im Kap.5.2.6 beschrieben.

5.2.4 Topologie

TPEG2-GLR kennt keine vordefinierten Topologien.

5.2.5 Geometrie

In TPEG2-GLR sind alle Koordinaten in WGS84 angegeben. [TPEG2-2]

5.2.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

Eine TPEG2 geographic location reference (TPEG2-GLR) wird durch die Klasse *GeographicLocationReference* gegeben. Eine *GeographicLocationReference* enthält eine der fünf konkreten geographischen Referenzen *GeographicBoundingBox*, *GeographicBoundingCircleSector*, *GeographicPointReference*, *GeographicLineReference* oder *GeographicAreaReference*:

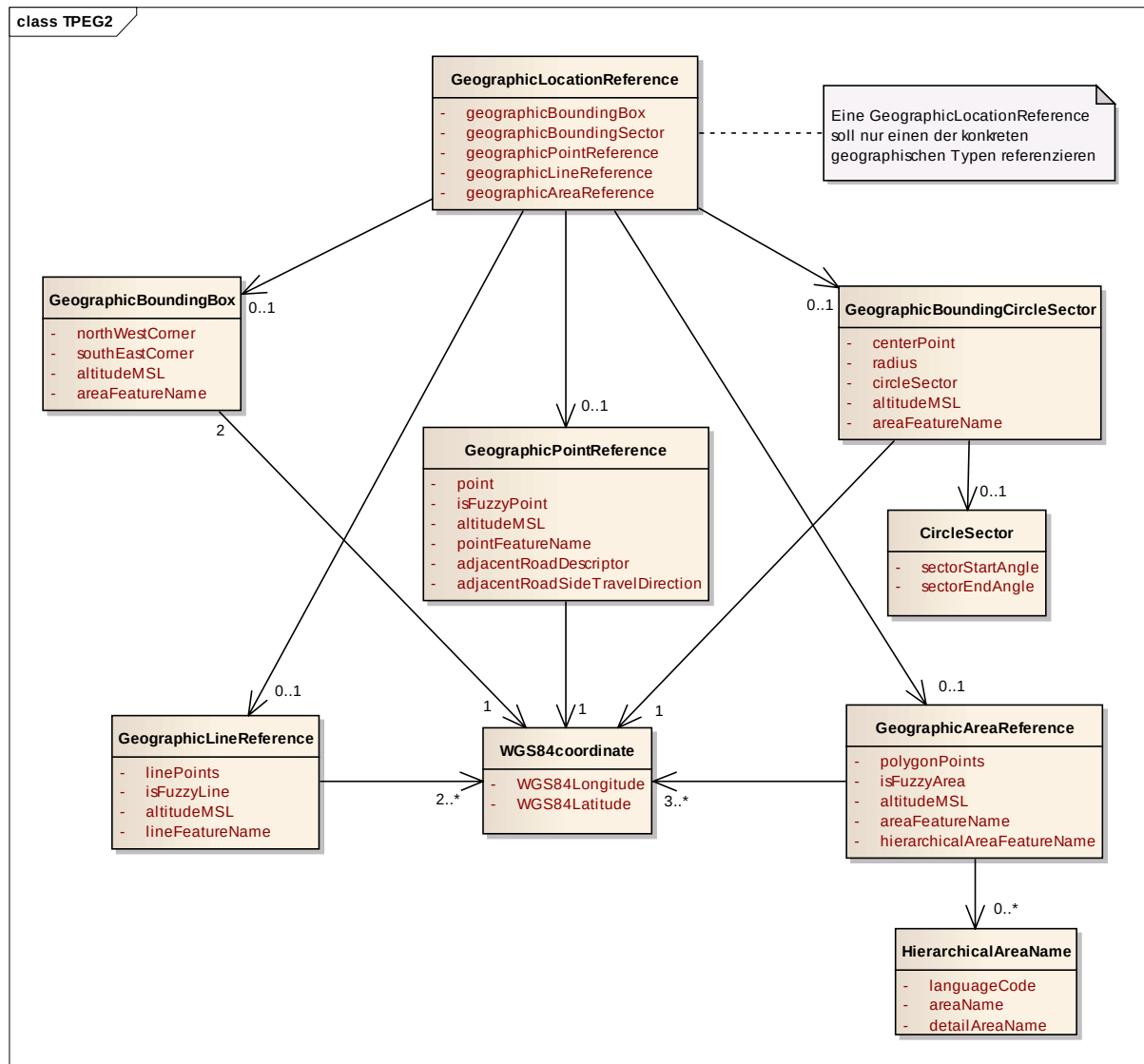


Abbildung 15: UML-Modell der TPEG2-GLR

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen geographischen Ortsreferenzen von TPEG2-GLR beschrieben.

Tabelle 17: Ortsreferenzen in TPEG2-GLR

Element	Beschreibung
<i>GeographicLocationReference</i>	Abstrakte Ortsreferenz, die eine der folgenden konkreten Ortsreferenzen enthält
<i>GeographicBoundingBox</i>	Diese Ortsreferenz beschreibt ein durch ein Rechteck angegebenes Gebiet. Zusätzlich zu den eigentlichen Koordinaten kann die Höhe über Normalnull sowie eine Liste von beschreibenden Namen angegeben werden.
<i>GeographicBundingCircle-</i>	Ein durch einen Kreis bzw. Kreissektor beschriebenes Ge-

Element	Beschreibung
<i>Sector</i>	biet. Auch hier kann zusätzlich die Höhe über Normalnull sowie eine Liste von beschreibenden Namen angegeben werden.
<i>GeographicPointReference</i>	Ein durch eine geographische Koordinate beschriebener Punkt. Das Flag <i>isFuzzyPoint</i> beschreibt, ob die Koordinate nur die ungefähre Position der Ortsreferenz beschreibt (z.B. im Falle eines Autobahnknotens). Optional kann die Höhe über Normalnull sowie eine Liste von beschreibenden Namen angegeben werden. Des Weiteren kann eine Liste von Straßennamen bzw. Routennummern sowie die betroffene Fahrtrichtung (als Himmelsrichtung) enthalten sein.
<i>GeographicLineReference</i>	Diese Ortsreferenz wird durch eine Polyline (zwei oder mehr geographische Koordinaten) beschrieben. Das Flag <i>isFuzzyLine</i> gibt an, ob eine ungefähre oder eine exakte Position der Ortsreferenz beschrieben ist. Auch hier kann optional die Höhe über Normalnull sowie eine Liste von beschreibenden Namen angegeben werden.
<i>GeographicAreaReference</i>	Ein durch ein geschlossenes Polygon (durch drei oder mehr geografische Koordinaten gegebenes Vieleck) beschriebenes Gebiet. Das Flag <i>isFuzzyArea</i> gibt an, ob eine ungefähre oder eine exakte Position der Ortsreferenz beschrieben ist. Optional kann die Höhe über Normalnull sowie eine Liste von beschreibenden Namen angegeben werden. Zusätzlich kann eine Liste hierarchisch angeordneter Gebiete (z.B. administrative Gebiete) als Beschreibung beigefügt werden.

5.2.7 Datenübertragung

TPEG2 ist in einem UML-Modell beschrieben. Dieses UML-Modell ist unabhängig vom physikalischen Format der Daten. Die physikalischen Formate werden unter Verwendung wohldefinierter Konvertierungsregeln aus dem UML-Modell entwickelt. Zurzeit sind zwei alternative physikalische Formate definiert: Ein kompaktes Binärformat zur Verwendung über die Luftschnittstelle und ein XML-Format zur Verwendung zwischen Services.

5.2.8 Detaillierungsgrad

Der Detaillierungsgrad von TPEG2-GLR entspricht dem schlechtesten Detaillierungsgrad der im Kodierer und Dekodierer verwendeten digitalen Karten. Falls sowohl im Kodierer als auch im Dekodierer GDF-Karten verwendet werden (das entspricht dem Standard-Anwendungsfall), so entspricht der Detaillierungsgrad dem der GDF-Karten.

5.2.9 Quellen und Literatur

- [TPEG2-1] Intelligent Transport Systems (ITS) – Traffic and Travel Information (TTI) via Transport Protocol Experts Group, Generation 2 (TPEG2) – Part 21: Geographic Location Referencing (TPEG-GLR_1.0/001)
- [TPEG2-2] http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html; Stand: 07.2.2011

5.3 AGORA-C

5.3.1 Kurzbeschreibung

Aufbauend auf die Erfahrungen, die mit TPEG-Loc gemacht wurden, wurden mehrere weitere Verfahren zur On-the-Fly-Referenzierung entwickelt, die das Dekodieren von Ortsreferenzen (das sogenannte Map-Matching) verbessern sollen.

In den europäischen Projekten EVIDENCE und AGORA wurde ein Verfahren zur On-the-Fly-Referenzierung entwickelt, das dann anschließend weiterentwickelt, in AGORA-C umbenannt und im Jahre 2008 als ISO Standard 17572-3 veröffentlicht wurde. [AGC-1] AGORA-C benutzt für Kodierer und Dekodierer eine routingfähige Karte (turn-by-turn-Routing) und verwendet beim Kodieren nicht nur Koordinaten, sondern auch zusätzliche Informationen, um das Dekodieren auf unterschiedlichen digitalen Karten zu verbessern.

Auf einige der AGORA-C Algorithmen sind Patente angemeldet. Zur Verwendung der AGORA-C Methodik müssen deshalb Lizenzgebühren bezahlt werden.

5.3.2 Verortungselemente

Bei AGORA-C gibt es keine Verortungselemente, wie bei allen On-the-fly-Referenzierungen.

5.3.3 Ortsreferenzen

AGORA-ist eine Methode zur Erzeugung von Ortsreferenzen. Die Methodik ist im Kap. 5.3.6 beschrieben.

5.3.4 Topologie

Da keine vordefinierten Verortungselemente existieren, gibt es auch keine topologischen Beziehungen.

5.3.5 Geometrie

In AGORA-C sind alle Koordinaten in WGS84 angegeben. [AGC-2]

5.3.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

In AGORA-C heißt die abstrakte Basisklasse für alle Ortsreferenzen *Dynamic Location Reference*. Von dieser abgeleitet sind die Klassen *Linear Location*, *Implicit Area* und *Explicit Area*.

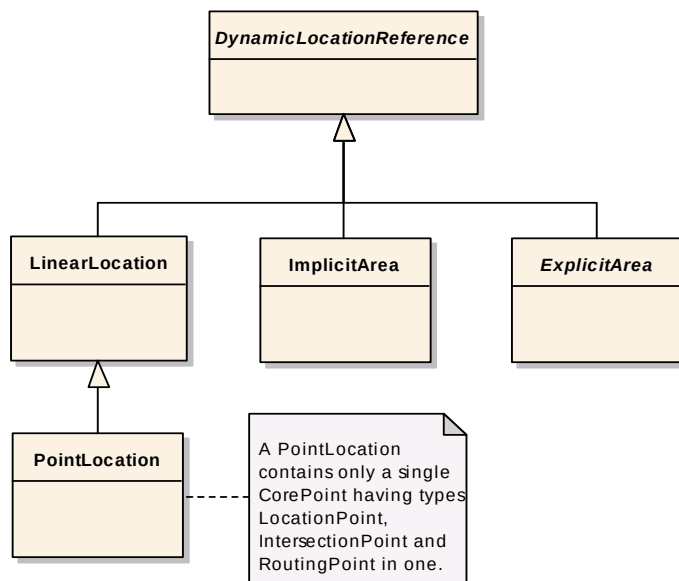


Abbildung 16: UML-Modell der DynamicLocationReference [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]

Explicit Area

Eine *Explicit Area* ist entweder als *Simple geometric area* oder als *Outlined area* definiert. Eine *Simple geometric area* ist ein Rechteck, ein Kreis oder eine Ellipse, während eine *Outlined area* durch eine oder mehrere Polylines angegeben wird.

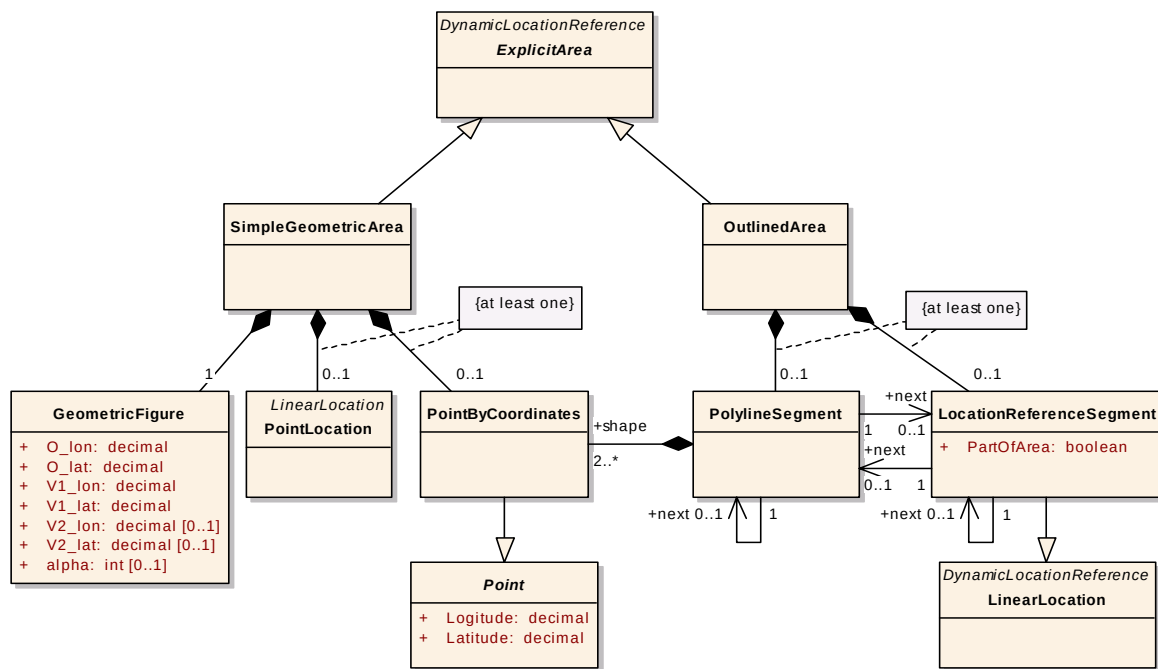


Abbildung 17: UML-Modell der ExplicitArea [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]

Implicit Area

Eine *Implicit Area* beschreibt ein vollständiges oder partielles Straßennetz durch Aggregation mehrerer *Linear Locations*.

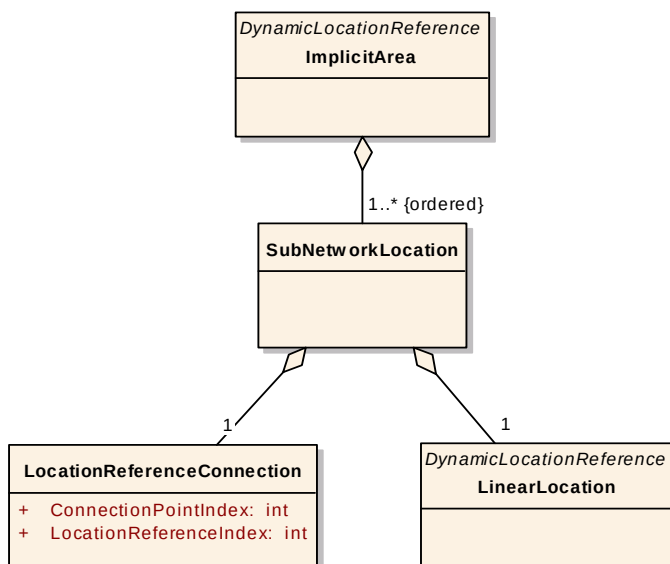


Abbildung 18: UML-Modell der ImplicitArea [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]

Linear Location

Der wichtigste *Dynamic Location Reference* Typ ist die *Linear Location*. Sie beschreibt eine punktuelle oder lineare Ortsreferenz als Liste von Punkten. Sie besteht aus einer *Core Location* und beliebig vielen *Extended Locations*. *Core Locations* können zur Übertragung von Verkehrsinformationen verwendet werden, während *Extended Locations* als Zielpunkt in Routingapplikationen Anwendung finden können. *Extended Locations* erweitern eine *Core Location* um sicher zu stellen, dass der Weg vom Hauptstraßennetz zum Zielpunkt des Routings in der *Dynamic Location Reference* enthalten ist. Eine *Extended Location* besteht aus einem oder mehreren *ExtendedPoints*, die neben einem Koordinatenpunkt weitere Attribute enthalten können, um das Map-Matching zu verbessern.

Eine *Core Location* besteht aus einem oder mehreren *CorePoints*, die ebenfalls Koordinatenpunkte und weitere Attribute enthalten können. Die *Core Points* werden in die Typen *Intersection Point*, *Location Point* und *Routing Point*. *Intersection Points* werden dort eingefügt, wo sich Straßename oder Routennummern entlang einer linearen Ortsreferenz ändern. *Routing Points* werden eingefügt, um das Dekodieren einer Ortsreferenz durch den Einsatz eines Routingalgorithmus zu verbessern. Jede *Linear Location* ist von *Location Points* beschränkt. Diese können mit *Intersection Points* oder *Routing Points* zusammenfallen.

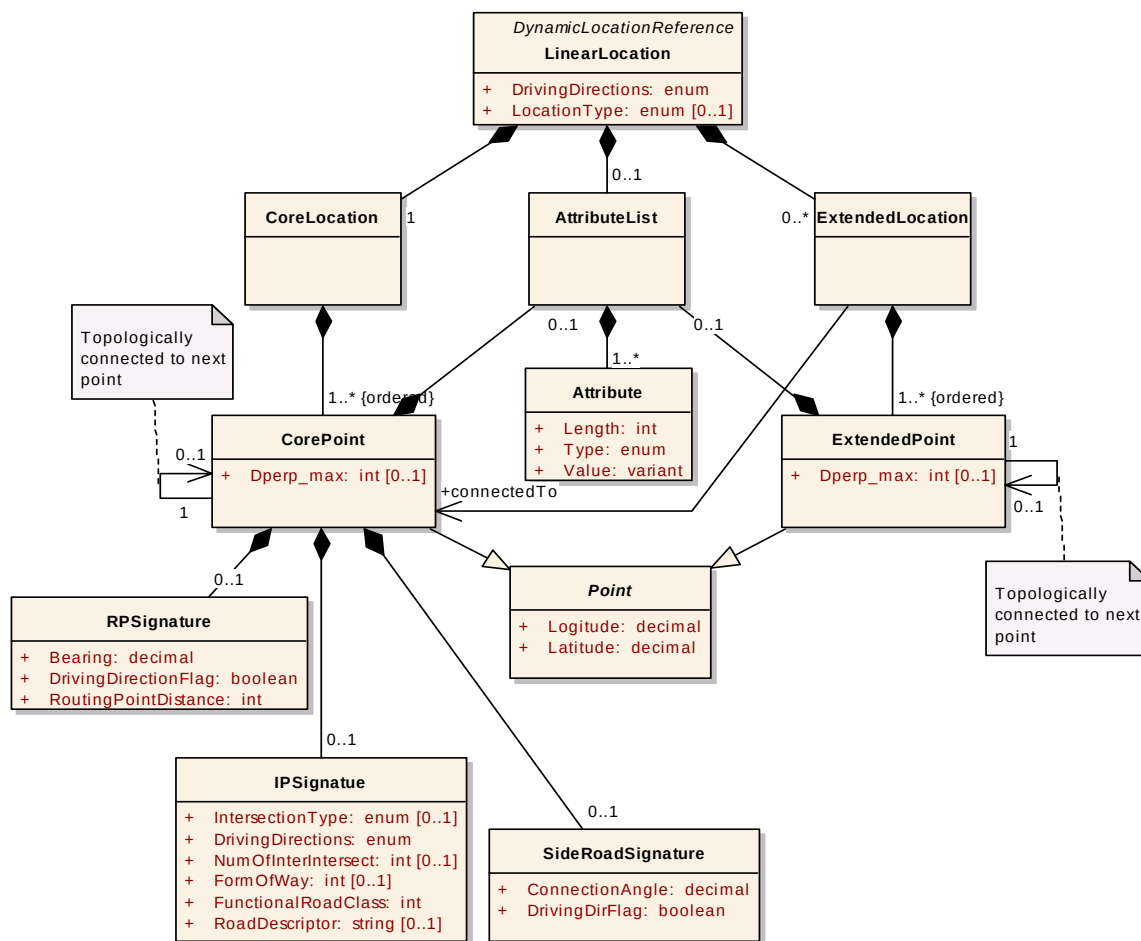


Abbildung 19: UML-Modell der LinearLocation [Quelle: eMOTION, Deliverable D5, Appendix 1]

Die folgende Tabelle beschreibt die Attribute, die in AGORA-C bei der Kodierung von *Core Points* bzw. *ExtendedPoints* verwendet werden:

Tabelle 18: Attribute von *CorePoint* und *ExtendedPoint* in AGORA-C

Attribut	Beschreibung
<i>Location type</i>	Aufzählung verschiedener Locationtypen wie z.B. Ortschaft, POI, Straße, Fährverbindung etc.
<i>Number of intermediate intersections</i>	Anzahl der <i>Intersection Points</i> bis zum nächsten Punkt desselben Typs
<i>Functional road class</i>	Funktionale Straßenklasse mit bis zu zehn verschiedenen Klassen
<i>Form of way</i>	Physikalischer Straßentyp als Aufzählungswert
<i>Road descriptor</i>	Straßennummer bzw. die ersten fünf Buchstaben des Straßennamens
<i>Bearing</i>	Winkel zwischen dem Anfang einer Linear Location und Norden

Attribut	Beschreibung
<i>Connection angle</i>	Beschreibt den Winkel, in dem eine Seitenstraße an die zu kodierende Linear Location in einem bestimmten <i>Location Point</i> anschließt.
<i>Parallel carriageway indicator</i>	Gibt an, welche parallele Fahrbahn für eine <i>Linear Location</i> gewählt werden soll, falls eine Straße aus mehreren getrennten parallelen Fahrbahnen besteht
<i>Intersection type</i>	Kategorisierung einer Kreuzung an einem bestimmten Punkt.
<i>Point distance</i>	Abstand zum nächsten Punkt (<i>Core Point</i> oder <i>ExtendedPoint</i>) der <i>Linear Location</i>
<i>Driving direction flag</i>	Gibt an, ob die gesamte <i>Linear Location</i> nur für eine oder für beide Fahrtrichtungen gilt
<i>Road descriptor of intersection</i>	Falls eine Kreuzung einen eigenen Namen hat, kann deren Namen analog zum Attribut <i>Road descriptor</i> angegeben werden
<i>Driving direction</i>	Gibt die erlaubte Fahrtrichtung zwischen zwei benachbarten Punkten einer <i>Linear Location</i> an
<i>Perpendicular distance maximum</i>	Maximaler Abstand eines Punktes der <i>Linear Location</i> von der Geraden, die den Anfangspunkt mit dem Endpunkt der <i>Linear Location</i> verbindet

AGORA-C enthält einen umfangreichen Regelsatz, wie Ortsreferenzen aus den oben genannten Elementen kodiert bzw. dekodiert werden. Der Regelsatz für *Core Locations* umfasst alleine 27 Regeln und wird um weitere vier Regeln zur Bildung von *Extended Locations* erweitert.

5.3.7 Datenübertragung

Für AGORA-C ist ein kompaktes Binärformat, das bei Datenübertragungen mit limitierten Bandbreiten verwendet werden kann, und ein einfach verwendbares XML-Format definiert. Außerdem ist zur Übertragung von großen Datenmengen (z.B. ganzen Straßennetzen oder Teilnetzen) ein Kompressionsverfahren definiert, bei dem eine Polyline zuerst durch einen Startpunkt und daran anschließende Winkel und Längen angenähert und anschließend durch Zahlen mit variabler Länge kodiert wird.

5.3.8 Detaillierungsgrad

Der Detaillierungsgrad von AGORA-C entspricht dem schlechtesten Detaillierungsgrad der im Kodierer und Dekodierer verwendeten digitalen Karten. Falls sowohl im Kodierer als auch

im Dekodierer GDF-Karten verwendet werden (das entspricht dem Standard-Anwendungsfall), so entspricht der Detaillierungsgrad dem der GDF-Karten.

5.3.9 Quellen und Literatur

[AGC-1] ISO 17572-3: Intelligent Transport Systems (ITS) – Location Referencing for Geographic Databases – Part 3: Dynamic Location References (Dynamic Profile)

[AGC-2] http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html; Stand: 07.2.2011

5.4 OpenLR

5.4.1 Kurzbeschreibung

OpenLR™ ist eine Methode zur Kodierung, Übertragung und Dekodierung von kartenunabhängigen Ortsreferenzen. [OLR-1] Zur Kodierung und zur Dekodierung werden digitale Karten, die ein turn-by-turn-Routing² unterstützen, benötigt. Dabei können für die Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz verschiedene Karten (auch von verschiedenen Herstellern) verwendet werden.

Die Methode wurde von der Firma TomTom International B.V. entwickelt und im Jahr 2009 vorgestellt. Sie wird auch von TomTom weiter entwickelt, ist allerdings als offener Standard angelegt. Sie ist frei verfügbar und – im Gegensatz zu AGORA-C – lizenzkostenfrei anwendbar.

5.4.2 Verortungselemente

OpenLR™ kennt – wie alle On-the-fly-Referenzierungen – keine vordefinierten Verortungselemente.

5.4.3 Ortsreferenzen

OpenLR™ ist eine Methode zur Erzeugung von Ortsreferenzen. Die Methodik ist im Kap. 5.4.6 beschrieben.

5.4.4 Topologie

OpenLR™ kennt keine vordefinierte Topologie.

5.4.5 Geometrie

In OpenLR™ sind alle Koordinaten in WGS84 angegeben. [OLP-2]

² in der Regel sind dies GDF-Karten

5.4.6 Kodierung und Dekodierung einer Ortsreferenz

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*. Dieser kann länger sein, als die zu beschreibende Location. In diesem Fall beschreiben Start- und End-Offsets die Lage der eigentliche Location auf dem *Location Reference Path*. Auch punktförmige Locations können durch Angabe von Offsets auf einem *Location Reference Path* beschrieben werden. Ein *Location Reference Path* besteht aus mindestens zwei *LRPs*, die den Anfang und das Ende des *Location Reference Paths* beschreiben. Zwischen diesen beiden *LRPs* können beliebig viele sogenannte *intermediate LRP*s angegeben werden.

Location Reference Point

Ein *Location Reference Point* enthält die Koordinaten eines Punktes in der digitalen Karte. Dabei soll der Punkt, wenn möglich, einem gültigen Knoten des zugrundeliegenden Straßennetzes entsprechen. Gültige Knoten des Straßennetzes sind echte Knotenpunkte des Straßennetzes, i.e. Junction, an denen nur ein Road Element oder mehr als zwei Road Elements zusammentreffen. Zusätzlich zu den Koordinaten können die folgenden Attribute in eines *LRP* kodiert werden:

- **Straßenklasse:** Klassifizierung der Wichtigkeit eines Straßenelements für das Routing. Acht verschiedene Kategorien sind vorgesehen. Falls die digitale Karte weniger oder mehr als acht Straßenklassen enthält, muss ein Mapping auf diese acht Kategorien definiert werden.
- **Art der Straße:** Die Art der Straße wird durch einen Aufzählungstypen angegeben (Autobahn, mehrbahnige Straße, einbahnige Straße, Zu- oder Abfahrt, Kreisverkehr, etc.)
- **Himmelsrichtung:** Winkel zwischen dem Anfang des *Location Reference Path* und Norden
- **Abstand zum nächsten LRP:** Die Länge des kürzesten Wegs zum nächsten *LRP*.
- **Niedrigste Straßenklasse zum nächsten LRP:** Die niedrigste Straßenklasse, für die Route bis zum nächsten *LRP*

Regeln zur Bildung eines Location Reference Path

Ein *Location Reference Path* wird durch zusammenhängende shortest paths beschrieben. Ein shortest path ist durch zwei *LRPs* gegeben. Ein shortest path darf eine maximale Länge von 15.000 Meter nicht überschreiten. Andernfalls muss ein *intermediate LRP* eingefügt werden, wodurch der shortest path in zwei shortest paths zerlegt wird.

Line

Eine *Line* ist ein eindimensionaler Teil einer Straße oder eines Straßennetzwerks. Sie wird durch einen *Location Reference Path* und optionale Offsets kodiert.

Geo-Coordinate

Eine *Geo-Coordinate* beschreibt einen Punkt ohne Bezug zum Straßennetz und wird lediglich durch eine Koordinate angegeben.

PointAlongLine

Ein *PointAlongLine* ist ein Punkt mit Bezug zum Straßennetz. Er wird durch zwei *LPRs* plus Offset vom Start angegeben.

PoiWithAccessPoint

Ein *PoiWithAccessPoint* beschreibt einen Poi (Point of interest) mit Bezug zum Straßennetz. Er wird durch den Koordinatenpunkt des Poi sowie durch zwei *LPRs* plus Offset vom Start angegeben.

5.4.7 Datenübertragung

Für OpenLR™ ist ein kompaktes Binärformat, das bei Datenübertragungen mit limitierten Bandbreiten verwendet werden kann, und ein einfach verwendbares XML-Format definiert.

5.4.8 Detaillierungsgrad

Der Detaillierungsgrad von OpenLR™ entspricht dem schlechtesten Detaillierungsgrad der im Kodierer und Dekodierer verwendeten digitalen Karten. Falls sowohl im Kodierer als auch im Dekodierer GDF-Karten verwendet werden (das entspricht dem Standard-Anwendungsfall), so entspricht der Detaillierungsgrad dem der GDF-Karten.

5.4.9 Quellen und Literatur

[OLR-1] OpenLR™ - An open standard for encoding, transmitting and decoding location

references in digital maps – White Paper Version 1.4

[OLR-2] http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html; Stand:
07.2.2011

6. Anwendungsfälle für den Datenaustausch

Die folgenden Anwendungsfälle für einen Datenaustausch zwischen Intelligenten Verkehrssystemen auf der einen und Straßeninformationssystemen auf der anderen Seite können identifiziert werden:

- Versorgung einer Verkehrsmanagementzentrale/Verkehrsrechnerzentrale mit Netz- und Bestandsdaten aus Straßeninformationssystemen
- Versorgung eines Straßeninformationssystems mit Fachdaten aus einer Verkehrsmanagementzentrale/Verkehrsrechnerzentrale
- Anreicherung von SIB-Netzdaten mit Netzdaten aus Telematiknetzen und umgekehrt
- Erzeugung von Verkehrsmeldungen aus Daten eines Straßeninformationssystems

Ein Datenaustausch zwischen den Systemen ist für diese Studie relevant, wenn eine „Übersetzung“ bzw. Umreferenzierung zwischen den vorne behandelten Standards notwendig wird.

Gegenstand des Datenaustauschs sind nicht nur die Netzdaten an sich, sondern auch der Austausch von Fachdaten mit der jeweiligen Netzreferenzierung. Damit sind als Anwendungsfälle alle Datenaustausche von Fachdaten relevant, die in mindestens jeweils einem Standard aus der Welt der Intelligenten Verkehrssysteme und der Straßeninformationssysteme abgebildet werden.

Bevor in den folgenden Kapitel die identifizierten Anwendungsfälle genauer betrachtet werden, sollen einige realisierte und in Betrieb befindliche Beispiele für den Umgang mit der Fragestellung zum Austausch bzw. der Verknüpfung von Daten aus dem Bereich der Straßeninformationssysteme und der Verkehrssysteme anhand von Projektbeispielen dargestellt werden. Neben den im Folgenden genannten Beispielen existieren auch andere Lösungen, die eine Zusammenführung von kommerziellen Netzdaten und Daten, die in den öffentlichen Straßen- und Verkehrsverwaltungen vorliegen, darstellen. Das Bayerische Projekt INTREST³ stellt beispielsweise eine Datenplattform bereit, in der auf Basis von kommerziellen (GDF)-Netzdaten, angereichert um zusätzliche für die öffentlichen Verwaltungen Sachdaten, Netzdaten von öffentlichen Straßen- und Verkehrsverwaltungen für verschiedenste Anwendungen (zumeist im Bereich des Verkehrsmanagements) genutzt werden können. Das INTREST-Datenmodell ist ein erweitertes GDF-Format. Soweit bekannt erfolgt für die Erzeugung des INTREST-Datenbestands kein Austausch von Daten zwischen den GDF-Grundlagendaten und Datensätzen aus dem Bereich der Straßeninformationssysteme, so dass INTREST keinen Anwendungsfall im Sinne dieser Studie darstellt.

³ vgl. www.intrest.org, Stand: 28.02.2011

Projekt Straßennetzgrundlage

Vor dem Hintergrund des VEMAGS-Projektes wurde unter Federführung des Landesbetriebs Straßenbau NRW eine Studie durchgeführt, die unter dem Titel „Konzeptstudie bundesweite Straßennetzgrundlage“⁴ das Ziel hatte, eine Vorgehensweise zur Erstellung eines bundeseinheitlichen, lückenlosen, routingfähigen, und ASB-konformen Straßennetzes, welches Grundlage für die Routenprüfung bei der Antragstellung von Großraum- und Schwerlasttransporten ist.

Das Projekt Straßennetzgrundlage fällt damit unter den Anwendungsfall „Anreicherung von SIB-Netzdaten mit Netzdaten aus Telematiknetzen und umgekehrt.“

Im Rahmen der Studie wurde ein Konzept entwickelt, wie unter Nutzung von kommerziellen GDF-Daten die bei den Bundesländern in den Straßeninformationssystemen vorliegenden ASB-konformen Daten

- um neue Sachattribute aus den GDF-Daten,
- mit Informationen zu erlaubten (bzw. verbotenen) Fahrtbeziehungen zur Erreichung einer Routingfähigkeit,
- räumlich um Straßenzüge aus dem untergeordneten Netz

ergänzt werden können, damit das oben formulierte Ziel eines bundeseinheitlichen, lückenlosen, routingfähigen, und ASB-konformen Straßennetzes erreicht werden kann. Neben dem Konzept wurde eine prototypische Software realisiert, welches über Abbildungsregeln eine Zuordnung der GDF-Netzelemente zu den vorhandenen ASB-Netzelementen erlaubt.

Die folgenden Objektarten waren relevant für die Netzabbildung:

OKSTRA®: *AoA*, *Nullpunkte*, *Netzknoten*, *Straßenelement* und *Verbindungspunkt* (zusätzlich noch diverse Objektarten, die Fachdaten repräsentieren, die von VEMAGS benötigt werden).

GDF: (*Road Element* und *Junction* (sowie diverse Objektarten, die Fachdaten repräsentieren, die von VEMAGS benötigt werden).

Soweit die Netzelemente eindeutig zugeordnet werden konnten⁵, werden die Sachdaten aus dem GDF-Netz auf das ASB-Netz umreferenziert. Dies gilt auch für die für das Routing relevanten Fahrbeziehungen. Im untergeordneten Netz, wo keine ASB-Netzelemente in den Länder-SIBs existieren, erfolgt nach definierten Regeln die Erzeugung eines ASB-Netzes. Damit es nicht zu einer Vermischung von „echten“ und „unechten“ ASB-Netzelemente im OKSTRA

⁴ Rosenthaler + Partner AG, Konzeptstudie bundesweite Straßennetzgrundlage, Konzeptbericht, Version 0.99, Muttentz, November 2009 (unveröffentlicht)

⁵ Es erfolgte eine Erzeugung von sogenannten Transformationsstrecken, die eindeutig einem GDF-Element und einem ASB-Element zugeordnet werden können. Dazu wurden die GDF-Elemente solange zerschlagen, bis eine eindeutige Zuordnung möglich war.

kommt, wurden für die Netzergänzung spezialisierte „OKSTRA-Klassen“ wie z.B. ein „Untergeordneter Netzknoten“ oder ein „Untergeordneter Abschnitt“ gebildet⁶.

Das Ergebnis des Prozesses stellt ein bundesweites und lückenloses⁷ routing-fähiges Netz dar, das ASB-konform⁸ über eine „angepasste“ OKSTRA®-Schnittstelle ausgetauscht werden kann. Der Prototyp des Systems kann zusätzlich noch GDF-Daten aus den Transformationsstrecken erzeugen, so dass auch ein Austausch von Informationen zurück zum GDF-Anbieter erfolgen kann.

CentroMap und CentroMap+ in NRW

Die CentroMap (Central European Regional Telematics Road Map) ist ursprünglich ein Projekt aus dem CENTRICO-Programm⁹. Ziel der CentroMap war es, im CENTRICO-Gebiet eine grenzüberschreitende einheitliche digitale Karte für Verkehrszentralen zu erstellen. Gewählt wurde eine auf GDF aufbauende Datenstruktur, in der neben der Geometrie vor allem die RDS/TMC-Locations und in der CentroMap+ auch die verkehrstechnische Infrastruktur (z.B. Anzeigen, Messstellen) enthalten sind. Die CentroMap+ wurde speziell für die Anwendung in der VIZ NRW 2.0 spezifiziert.

Die CentroMap fällt damit unter den Anwendungsfall „Versorgung einer Verkehrsmanagementzentrale/Verkehrsrechnerzentrale mit Netz- und Bestandsdaten aus Straßeninformationssystemen und umgekehrt.“

Für die Erzeugung der CentroMap+ würde für den Landesbetrieb Straßenbau.NRW ein Produktmanagement entwickelt, welches definiert, wie der Erzeugungsprozess für die CentroMap+ unter Nutzung verschiedener Datenquellen organisiert und technisch realisiert wird.¹⁰ Als Datenquelle für die Netzdaten, auf die dann die RDS/TMC-Location Code List sowie die verkehrstechnische Infrastruktur abgebildet wird wurde das ASB-Netz aus der Straßendatenbank NWSIB gewählt. Zur Erzeugung der CentroMap+-Daten war es notwendig, dass die OKSTRA-Daten aus der NWSIB in das an GDF angelehnte CentroMap-Format übersetzt werden.

Die Spezifikation der Anwendung zur Erzeugung der CentroMap+ sieht folgende Arbeitsschritte vor:

1. Anlegen der CentroMap-GDF-Datei
2. Auswahl der relevanten RDS/TMC-Location in der LCL

⁶ Bei der Bildung dieser Objekte können nicht alle in der ASB definierten Regeln erfüllt werden, weshalb keine „echten“ OKSTRA-Klassen erzeugt werden.

⁷ Soweit das Ausgangsnetz in GDF keine Lücken aufweist.

⁸ Mit Einschränkungen bei den neu erzeugten Netzteilen im untergeordneten Netz.

⁹ vgl. <http://www.centromap.org/>, Stand: 28.02.2011

¹⁰ Portele, Produktmanagement „Digitale Straßenkarten NRW“ - Spezifikation für die Datenquellen der CentroMap, 2002, unveröffentlichter Projektbericht

3. Referenzierung der ausgewählten RSDS/TMC-Punktlocations auf das OKSTRA-Netz aus der NWSIB
4. Bildung der RDS/TMC-Abschnitte zwischen den ausgewählten Punktlocations
5. Auswahl des OKSTRA-Netzes und der relevanten Strassenelemente, welche durch die LCL abgedeckt ist.
6. Bestimmung der Attribute der Strassenelemente
7. Export der relevanten Strassenelemente und Verbindungspunkte inkl. der Geometrie in die GDF-Datei
8. Bildung der Inner und Outer Road Segments und Export in die GDF-Datei
9. Bildung der Point Location Links und Export in die GDF-Datei
10. Bildung der CENTRO Point Locations und CENTRO Intersections gemäß Spezifikation und Export nach GDF-Datei
11. Bildung aller auf TMC-Abschnitten aufbauenden linearen Strukturen und Gebiete und Export in GDF-Datei
12. Transformation aller Koordinaten in WGS84

Digitale Straßenkarte in Baden-Württemberg

Wie bei der CentroMap in NRW (siehe unten) ist das Ziel der Digitalen Straßenkarte in Baden-Württemberg¹¹, dass aus Straßendaten der Straßeninformationsbank und der LCL eine Netzkartengrundlage für die Verkehrsrechnerzentrale (VRZ) erzeugt wird.

Die Digitale Straßenkarte in Baden-Württemberg fällt damit unter den Anwendungsfall „Versorgung einer Verkehrsmanagementzentrale/Verkehrsrechnerzentrale mit Netz- und Bestandsdaten aus Straßeninformationssystemen und umgekehrt.“

Die VRZ Baden-Württemberg basiert auf der Spezifikation der Bundeseinheitlichen VRZ (VRZ-Basis System) und nutzt das für diesen Zweck definierte Netzmodell. Der Erzeugungsprozess für die VRZ-Karte sieht vor, dass aus der Straßeninformationsbank TT-SIB OKSTRA-konforme Daten, Fahrbahngeometrien und die LCL in ein Pflege-Tool übernommen werden. Dort erfolgt (teilweise manuell) eine Abbildung der LCL auf dem ASB-Netz und anschließend die Erzeugung der VRZ-Netzelemente. Die Daten werden im GML-Format über einen WFS bereitgestellt und von einer sogenannten KEx VRZ-Netz in den Datenverteiler der VRZ übernommen.

¹¹ Vgl. C. Portele, Digitale Straßenkarte „VRZ3-Netz für die VRZ BW, Technische Spezifikation, Version 1.2, Bonn, Februar 2006

Erweiterung des OKSTRA® zur Abbildung der RDS/TMC-Location Code List

Basierend auf der Bearbeitung des Projektes zum Produktmanagement für die CentroMap wurde der Änderungsantrag 31¹² zur Ergänzung der Location aus der RDS/TMC Location Code List im OKSTRA® gestellt. Bisher wurde noch keine Umsetzung des Lösungsvorschlags durchgeführt, so dass es kein Datenmodell gibt, welches es erlaubt LCL-Location direkt auf eine ASB-Netz zu referenzieren.

Der existierende Umsetzungsvorschlag¹³ sieht die folgende grobe Struktur der Referenzierung von TMC-Location auf das ASB-Netz vor:

Die Objektart *TMC_Location* stellt eine abstrakte Oberklasse für alle Arten von Location dar, von denen die konkreten Locations die grundlegenden Eigenschaften wie den Code und den Namen erben.

Point Locations aus TMC werden als Objektart *TMC_Point_Location* auf das Netz referenziert. Dies erfolgt je nach Typ der Point Location durch eine Zuordnung zu einem *Netzknoten* einem *Verbindungspunkt* oder aber durch Verortung über einen *Strassenpunkt*.

TMC_Linear_Locations werden als *Streckenobjekt_historisch* auf das Netz referenziert sowie *TMC_Area_Locations* als *Bereichsobjekt_hist* abgebildet. Zwischen den unterschiedlichen Arten von TMC Locations werden über Relationen die Zugehörigkeiten abgebildet. Punktförmige Locations werden linearen und flächigen Locations und lineare Locations den Flächen-Locations zugeordnet.

Über die Objektart *TMC_Abschnitt* wird der Teil einer Straße abgebildet, der zwischen zwei benachbarten Point Location liegt.

Zusätzlich zu diesen Modellierungen zur Abbildung des TMC-Netzes werden die Intersection-Regelungen und hierarchische Schachtelungen von Locations durch rekursive Relationen bei den entsprechenden Objekten abgebildet.

Durch die enge Kopplung der LCL mit dem ASB-Netz in einem Straßeninformationssystem wäre es einfacher möglich, Sachverhalte, die auf ein ASB-Netz verortet sind, für ein Verkehrssystem bereit zu stellen, da die Umreferenzierung von ASB-Netz auf LCL direkt möglich wäre.

¹² vgl. www.okstra.de; Änderungsantrag 31

¹³ vgl. Lösungskonzept I0048 der OKSTRA-Pflegestelle zum Änderungsantrag A0031 (unveröffentlicht)

Entsprechende Datenaustauschprozesse existieren bereits z.B. in NRW und in Baden-Württemberg. Die folgenden Standards und Fachobjekte sind generell relevant für diesen Anwendungsfall.

Tabelle 19: Relevante Standards und Fachobjekte für Anwendungsfall

Bereich	Standard	Fachobjekte ¹⁵	Bemerkung
IVS	RDS/TMC Location Code List	Alle Arten von <i>Point-Location</i> , <i>LinearLocation</i> und <i>AreaLocation</i>	Zielsystem, z.B. bei Versorgung der LCL mit Geometrien aus der SIB Evtl. auch Datenquelle bei Erzeugung eines VRZ-Netzes auf GDF-Basis (wie z.B. CentroMap)
	GDF		Zielsystem, falls VMZ/VRZ-Netz auf GDF-Daten basiert.
	Bundeseinheitl. VRZ	<i>Straßensubsegment</i> , <i>Straßensegment</i> , <i>Knoten</i>	Zielsystem
SIB	ASB/OKSTRA®	<i>Netzknoten</i> , <i>AoA</i> , <i>Nullpunkt</i> , <i>Verbindungspunkt</i> , <i>Strassenelement</i> , <i>Verbote- ne_Fahrbeziehung</i> , <i>Querschnittstreifen</i>	Datenquelle
	OKSTRA kommunal	<i>Verbindungspunkt</i> , <i>Strassenelement</i> , <i>Verbote- tene_Fahrbeziehung</i> , <i>Querschnittstreifen</i>	Datenquelle; Relevant z.B. für städtische oder regionale Verkehrsleitzentrale

¹⁵ Bei den Fachobjekten werden nur diejenigen genannt, die grundsätzlich notwendig sind. Durch verpflichtende Relationen und Kompositionen können weitere Fachobjekte zur standardkonformen Bereitstellung notwendig werden. Diese müssen dann in einen entsprechenden Datenaustausch und ggf. Konvertierungsprozeduren eingebunden werden. Es ist ebenfalls bei einer konkreten Anwendung zu prüfen, welche Attribute für den Datenaustausch relevant sind.

6.2 Versorgung einer SIB mit Fachdaten aus einer VMZ/VRZ

Gegenstand dieses Anwendungsfalls ist es, Fachdaten (weniger Netzdaten) aus dem Bereich der Intelligenten Verkehrssysteme in Systeme zu integrieren, die auf den Standards der Straßeninformationssysteme aufsetzen. Eine beispielhafte Anwendung wäre die Integration von Informationen zur verkehrstechnischen Infrastruktur aus einer VRZ in ein System zur Instandhaltungsplanung, welches auf den Datenmodellen der ASB (OKSTRA®) oder innerorts des OKSTRA kommunal basiert. Der relevante Standard auf der Seite der IVS wäre vor allem der Datenkatalog der Bundeseinheitlichen VRZ.

Im Datenkatalog der Bundeseinheitlichen VRZ¹⁶, sind für Infrastrukturobjekte wie beispielsweise Anzeigen, Sensoren, Hochbauobjekte, Schränke oder Schächte, neben der Verortung dieser Infrastrukturobjekte (als Punktkoordinate oder als Referenz auf einen Straßenabschnitt) auch administrative Informationen (über eine Vererbung von der Objektart „KonkretesEtwas“) wie den Lieferanten, den Instandhalter, die Seriennummer, eine Referenznummer und das Baujahr sowie weitere Objekt-Spezifische Informationen verfügbar.

Weiterhin ermöglicht die Objektart *BetriebsMeldung* die Erzeugung von z.B. Störungsmeldungen, die relevant für ein Instandhaltungsmanagement sein könnten.

Es ist nicht davon auszugehen, dass ein Instandhaltungsmanagement, inkl. der betriebswirtschaftlichen Betrachtung der Infrastrukturobjekte, dem Controlling von Instandhaltungstätigkeiten und der Verwaltung von Verträgen (z.B. Wartungsverträge) VRZ-nah erfolgt. Es wird eher erwartet, dass die Aufgaben zur Instandhaltung der technischen Infrastruktur im Rahmen oder wenigstens im weiteren Umfeld des Straßenbetriebs durchgeführt wird und deshalb eine Datenmodellierung und Netzreferenzierung im Umfeld von OKSTRA® und OKSTRA kommunal sinnvoll ist.

Im OKSTRA kommunal ist die Modellierung technischer Infrastrukturobjekte bisher noch nicht weit ausgeprägt. Es besteht im Moment die Möglichkeit, Ausstattungsobjekte (vor allem über die Objektarten *Strassenausstattung_Punkt* und *Strassenausstattung_Strecke*) zu definieren, und auf das Netz zu referenzieren. Spezielle Daten zur Unterstützung des Instandhaltungsmanagements können aber im Moment nicht hinterlegt werden. Weiterhin können *Leitungen* (z.B. zur Stromversorgung) abgebildet werden.

Im OKSTRA® liegen die folgenden Schemata mit Relevanz für diesen Anwendungsfall vor:

- **Schema Straßenausstattung** mit der Abbildung allgemeiner Ausstattungsobjekte (vor allem *Strassenausstattung_Punkt* und *Strassenausstattung_Strecke*) ohne detaillierte Ausmodellierung der Objekte sowie die *Leitung* (z.B. Stromversorgung)
- **Schema Bauwerke**, in dem neben den Hochbauwerken/Ingenieurbauwerken auch die *Verkehrszeichenbrücken* behandelt werden.

¹⁶ vgl. AK-VRZ-Datenkatalog, Version: 0.22, Stand: 24.03.2006

- **Schema Dynamische Verkehrsdaten**, in dem die *Zaehlstelle* (vor allem die Lage) abgebildet wird.
- **Schema Umfelddatenmessstelle**, in dem diese (VBA-Umfeldmessstelle oder SWIS) abgebildet sind.
- **Schema dynamische Beschilderung**, in dem die Anlagen der Verkehrsbeeinflussung (SBA, NBA) abgebildet werden.
- **Schema Lichtsignalanlage**, in dem die LSA und dazugehörige Komponenten abgebildet sind. In diesem Datenmodell sind auch einige für das Instandhaltungsmanagement relevanten Daten modelliert.

Insgesamt müssten die Datenmodelle des OKSTRA und vor allem des OKSTRA kommunal zur Unterstützung des Anwendungsfalls „Instandhaltungsmanagement“ noch deutlich ergänzt werden.

6.3 Erzeugung von Verkehrsmeldungen aus Daten einer SIB

Dieser Anwendungsfall beinhaltet die Erzeugung einer Verkehrsmeldung aus Daten, die auf eine SIB-Netz referenziert sind und die Bereitstellung z.B. als DATEX II Situation Record. Bei der Erzeugung dieser Verkehrsmeldung ist es notwendig, dass die Netzreferenz des Meldungsinhaltes aus dem Ordnungssystem nach OKSTRA® oder OKSTRA kommunal in eine der Referenzierungsmethoden von DATEX II umreferenziert wird.

Grundlage für die Erzeugung einer Verkehrsmeldung ist, dass der Sachverhalt (Gegenstand der Verkehrsmeldung) sowohl im OKSTRA® bzw. OKSTRA kommunal als auch in DATEX II abgebildet werden. In der folgenden Tabelle sind Sachverhalte dargestellt, die Gegenstand einer Meldungserzeugung von OKSTRA®/OKSTRA kommunal-basierten Systemen nach DATEX II sein könnten. Teilweise sind die entsprechenden Objektarten im OKSTRA®/OKSTRA kommunal noch nicht modelliert. Inhalte von DATEX II, die noch nicht im OKSTRA®/OKSTRA kommunal abgebildet sind, werden trotzdem aufgenommen, weil die Daten generell aus dem Bereich der Straßenbewirtschaftung stammen könnten und eine Erweiterung von OKSTRA®/OKSTRA kommunal in diese Richtung sinnvoll sein könnte.

Tabelle 20: Relevante Objektarten in DATEX II und OKSTRA®/OKSTRA kommunal

DATEX II ¹⁷ Objektarten	OKSTRA® Objektarten	OKSTRA kom- munal Objektar- ten	Bemerkung
<i>EquipmentOrSystem-Fault</i>	Störungsmeldungen bisher nicht abgebildet. Integration vor dem Hin-	Störungsmeldungen bisher nicht abgebildet.	Defekt/Ausfall von verkehrstechnischer Infrastruktur. Quel-

¹⁷ Basis ist DATEX II V 2.0 RC2

(TrafficElement)	tergrund des Instandhaltungsmanagements sinnvoll.	Integration vor dem Hintergrund des Instandhaltungsmanagements sinnvoll.	le dieser Informationen könnte ein Instandhaltungssystem sein
InfrastructureDamage-Obstruction (TrafficElement - Obstruction)	Schadensmeldungen allgemein bisher nicht abgebildet. Integration vor dem Hintergrund des Instandhaltungsmanagements sinnvoll.	Schadensmeldungen allgemein bisher nicht abgebildet. Integration vor dem Hintergrund des Instandhaltungsmanagements sinnvoll.	Quelle dieser Informationen könnte ein Erhaltungs- oder Bauwerksmanagementsystem sein.
PublicEvent (TrafficElement - Activity)	Nicht abgebildet.	Ergänzung eines Datenmodells für Ereignisse wird derzeit erarbeitet.	Quelle dieser Informationen könnte ein Ereignismanagement sein.
DisturbanceActivity (TrafficElement - Activity)	Nicht abgebildet.	Ergänzung eines Datenmodells für Ereignisse wird derzeit erarbeitet.	Quelle dieser Informationen könnte ein Ereignismanagement sein.
ConstructionWorks (OperatorAction – Roadworks)	Arbeitsstelle_an_Strassen	Ergänzung eines Datenmodells für Ereignisse (inkl. Baustellen) wird derzeit erarbeitet.	Quelle dieser Informationen könnte ein Ereignis- oder Baustellenmanagement sein.
MaintenanceWorks (OperatorAction – Roadworks)	Arbeitsstelle_an_Strassen	Ergänzung eines Datenmodells für Ereignisse (inkl. Baustellen) wird derzeit erarbeitet.	Quelle dieser Informationen könnte ein Ereignis- oder Baustellenmanagement sein.
RoadOrCarriageway-OrLaneManagement (OperatorAction – NetworkManagement)	Arbeitsstelle_an_Strassen	Ergänzung eines Datenmodells für Ereignisse (inkl. Baustellen) wird derzeit erarbeitet.	Quelle dieser Informationen könnte ein Ereignis- oder Baustellenmanagement sein.

7. Verknüpfungsansätze für die Referenzierungsmethoden

7.1 Identifikation der relevanten „Austauschprozesse“

Grundlage der Beschreibung von Verknüpfungsansätzen ist die Identifikation von relevanten „Austauschprozessen“ zwischen jeweils einem Standard aus dem Bereich Straßeninformationssysteme“ und dem Bereich „Intelligente Verkehrssysteme“. Die Bewertung erfolgt anhand der in Kapitel 6 beschriebenen Anwendungsfälle.

Austauschprozess	Bewertung der Relevanz
OKSTRA – RDS/TMC	relevant
OKSTRA – Bundeseinh. VRZ	relevant
OKSTRA - GDF	relevant
OKSTRA – INSPIRE	relevant, wird aber nicht weiter betrachtet, weil dieser Austauschprozess bereits im Rahmen der OKSTRA-Pflege umfassend behandelt wird. Es wird auf die dortigen Ergebnisse verwiesen.
OKSTRA kommunal – RDS/TMC	relevant
OKSTRA kommunal – Bundeseinh. VRZ	Nicht relevant, das Netzmodell der Bundeseinh. VRZ bildet nur Autobahnen ab, sodass kommunale Netze nicht berücksichtigt werden.
OKSTRA kommunal - GDF	relevant
OKSTRA kommunal – INSPIRE	relevant, wird aber nicht weiter betrachtet, weil dieser Austauschprozess vom KIM-Straße e.V. umfassend behandelt werden wird. Es wird auf die dortigen Ergebnisse verwiesen.

Die in der Tabelle fett gedruckten Austauschprozesse werden im Folgenden weiter betrachtet.

7.2 Vereinbarkeit der Referenzierungsmodelle und Harmonisierungsbedarf

Für die Darstellung von Widersprüchen und Gemeinsamkeiten werden aus den Anwendungsfällen relevante Sachverhalte formuliert, anhand derer die Vereinbarkeit der Standards bewertet wird. Aus dieser Bewertung können Schlussfolgerungen zur Harmonisierung der Standards bzw. Anforderungen an die Versorgung der entsprechenden Netzdatensätze abgeleitet werden.

Die folgenden Aufgabenstellungen werden zur Bewertung herangezogen:

1. Abbildung der Netze aufeinander:

- 1.1 Knoten und deren Eigenschaften aus Modell A müssen Knoten aus Modell B zugeordnet werden können.
- 1.2 Knoten aus Modell A müssen auf Kanten aus Modell B stationiert werden können.
- 1.3 Kanten und deren Eigenschaften aus Modell A müssen auf Kanten in Modell B stationiert werden können.
- 1.4 Verkehrliche Beziehungen an Knoten aus Modell A müssen Knoten in Modell B zugeordnet werden können.
- 1.5 Die Geometrie von Knoten in Modell A muss auf Knoten in Modell B übertragen werden können.
- 1.6 Die Geometrie von Kanten in Modell A muss auf Kanten in Modell B übertragen werden können.
- 1.7 Für Aggregate aus Modell A müssen Aggregate in Modell B, bestehend aus den entsprechenden Verortungselementen, mit den entsprechenden Eigenschaften gebildet werden können.

2. Umreferenzierung von Sachverhalten:

- 2.1 Punktuelle Sachverhalte müssen einem Knoten zugeordnet werden können.
- 2.2 Punktuelle Sachverhalte müssen auf eine Kante stationiert werden können.
- 2.3 Lineare Sachverhalte müssen auf eine Abfolge von Kanten abgebildet werden können, wobei der Anfangs- und Endpunkt auf den ersten/letzten Abschnitt stationiert werden können muss.
- 2.4 Lineare Sachverhalte müssen einer „freien Gruppe“ von Kanten zugeordnet werden können, wobei Anfangs- und Endpunkt auf jeder Kante stationiert werden können muss.

In den folgenden Tabellen wird dargestellt, wie die unterschiedlichen Standards und Netzmodelle aufeinander abgebildet werden können bzw. wo eine solche Abbildung nicht oder nur unter Einschränkungen möglich ist.

Die Aussagen der Analyse wären die Grundlage für die Entwicklung von Regeln zur Umreferenzierung zwischen den jeweiligen Netzmodellen (wenn eine solche Umreferenzierung nicht über eine On-the-Fly-Methode erfolgt).

Tabelle 21: Verknüpfung OKSTRA – RDS/TMC

(A) OKSTRA – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Richtung	Beschreibung
1.1	A -> B	Ein <i>Netzknoten</i> kann mehreren <i>PointLocation</i> zugeordnet werden, da in der LCL an einem Knotenpunkt für jede Straße eine <i>PointLocation</i> definiert ist. <i>Nullpunkte</i> eines <i>Netzknotens</i> können entsprechend den <i>PointLocation</i> zugeordnet werden. Die Lage des Zentralen <i>Nullpunkt</i> entspricht dabei am ehesten der Lage der <i>PointLocation</i> der LCL. Durch die Abbildung der <i>Netzknoten</i> in der LCL kann nicht der gesamte Bestand der <i>PointLocation</i> erzeugt werden, da in der LCL Arten von <i>PointLocation</i> definiert sind, die im OKSTRA als „Fachdaten“ über <i>Strassenpunkte</i> auf das Netz referenziert werden. <i>Verbindungspunkte</i> könnten wie <i>Nullpunkte</i> den <i>PointLocation</i> zugeordnet werden. Die Lage derjenigen <i>Verbindungspunkte</i>, die auf dem Schnittpunkt der Hauptfahrbahnen liegen, entsprechend dabei am ehesten der Lage der <i>PointLocation</i>.
	B -> A	Eine <i>PointLocation</i> der LCL, die einen Knotenpunkt repräsentiert (Typ P1.1 – P1.5, P1.8, P1.9, P1.11, P1.12, P1.14, P1.15), kann einem <i>Netzknoten</i> eindeutig zugeordnet werden. Eine <i>PointLocation</i> der oben genannten Arten kann mehreren <i>Nullpunkten</i> und <i>Verbindungspunkten</i> zugeordnet werden, die in dem entsprechenden Knotenpunktsystem liegen. Die Lage der <i>PointLocation</i> entspricht dabei am ehesten der Lage des Zentralen <i>Nullpunkts</i> des <i>Netzknotens</i>. Die Lage der <i>PointLocation</i> entspricht dabei der Lage eines <i>Verbindungspunktes</i> nur, wenn dieser im Schnittpunkt der Straßenachsen liegt. <i>PointLocation</i> mit anderen Arten können z.T. über einen <i>Strassenpunkt</i> auf das Netz referenziert werden. Einige <i>PointLocation</i> werden im OKSTRA eher als Linienobjekte abgebildet (z.B. Brückenbauwerke).
1.2	A -> B	Eine Verortung von <i>Netzknoten</i>, <i>Nullpunkten</i> und <i>Verbindungspunkten</i> zwischen <i>PointLocation</i> (über die Angabe eines Offsets) ist nicht sinnvoll.

(A) OKSTRA – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Richtung	Beschreibung
	B -> A	Einige <i>PointLocation</i>, die nicht den oben genannten Arten entsprechen, können über den <i>Strassenpunkt</i> auf einen <i>AoA</i> stationiert werden, wobei hier nur eine Stationierung auf einen <i>Abschnitt</i> sinnvoll ist. Andere <i>PointLocation</i> werden im OKSTRA eher als Linienobjekte abgebildet (siehe oben). Eine Stationierung auf ein <i>Strassenelement</i> ist im OKSTRA nicht möglich.
1.3	A -> B	Ein <i>Abschnitt</i> kann mehreren <i>LinearLocation</i> zugeordnet werden. Diese Mehrdeutigkeit folgt einerseits aus der hierarchischen Struktur der <i>LinearLocation</i> und andererseits aus der Definition einer <i>LinearLocation</i> zu jeder Straße (wenn ein Abschnitt zu zwei Straßen gehört z.B. zur A3 und A4 im Kölner Ring). Die Zuordnung ist rein topologisch. Ein <i>Ast</i> kann nicht sinnvoll einer <i>LinearLocation</i> zugeordnet werden. Ein <i>Strassenelement</i> kann einer <i>LinearLocation</i> nur dann sinnvoll zugeordnet werden, wenn es eine Hauptfahrbahn repräsentiert.
	B -> A	Eine <i>LinearLocation</i> kann mehreren <i>Abschnitten</i> oder <i>Strassenelementen</i>, wenn diese die Hauptfahrbahn repräsentieren, zugeordnet werden. Eine Zuordnung von <i>LinearLocation</i> zu <i>Ästen</i> ist nicht sinnvoll.
1.4	A -> B	Verkehrliche Beziehungen, die <i>Verbindungspunkten</i> oder <i>Nullpunkten</i> zugeordnet sind, können „aggregiert“ denjenigen <i>PointLocation</i> zugeordnet werden, die dem <i>Verbindungspunkt</i> zugeordnet sind. Dazu sind Aggregationen vorzunehmen. Ein Routing in der LCL wird dadurch nur eingeschränkt möglich.
	B -> A	In der LCL sind eigentlich keine Verkehrsbeziehungen abgebildet. Die <i>Intersection_Reference</i> könnte als solche interpretiert werden. Aus dieser Information könnten die „erlaubten“ Verkehrsbeziehungen zwischen <i>Abschnitten</i> teilweise werden, wobei eine Referenzierung allenfalls auf einen zentralen Nullpunkt sinnvoll wäre. Hier werden aber allenfalls grobe bauliche Fahrbeziehungen ermittelt, so dass eine umfassende Erzeugung von <i>Verbotenen_Fahrbeziehungen</i> nicht möglich ist.

(A) OKSTRA – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Richtung	Beschreibung
1.5	A -> B	Die Geometrie eines zentralen <i>Nullpunkts</i> kann auf eine <i>PointLocation</i> übertragen werden. Die Geometrie eines <i>Verbindungspunktes</i> kann nur dann sinnvoll auf eine <i>PointLocation</i> übertragen werden, wenn dieser wie der zentrale <i>Nullpunkt</i> den Schnittpunkt von Hauptfahrbahnen darstellt.
	B -> A	Die Geometrie von <i>PointLocation</i> kann für zentrale <i>Nullpunkte</i> und <i>Verbindungspunkte</i> übernommen werden, für die die oben genannten Randbedingungen erfüllt sind. Für <i>PointLocation</i>, die keine „Kreuzung“ repräsentieren, kann die Geometrie für den zu definierenden <i>Strassenpunkt</i> übernommen werden.
1.6	A -> B	RDS/TMC sieht eigentlich keine Geometrien für <i>LinearLocation</i> vor. Die Geometrien der <i>Abschnitte</i> könnten auf die entsprechenden <i>LinearLocation</i> übertragen werden. Geometrien von <i>Ästen</i> können nicht sinnvoll übertragen werden. Geometrien von <i>Strassenelementen</i> könnten nur sinnvoll übertragen werden, wenn diese die Hauptfahrbahnen repräsentieren.
	B -> A	Die <i>LinearLocation</i> besitzen keine auf <i>Abschnitte</i> übertragbare Geometrie.
1.7	A -> B	Das Aggregat <i>Straße</i> kann eindeutig einer <i>LinearLocation</i> mit dem Typ L1.x, L2.x oder L5.0 zugeordnet werden. Ein <i>Netzknoten</i> wird wie oben dargestellt als <i>PointLocation</i> abgebildet. Ein <i>Teilnetz</i> oder eine <i>Route</i> kann, wenn sie nur für eine Straße definiert sind, <i>Order 1 Segmenten</i> bzw. <i>Order 2 Segmenten</i> zugeordnet werden, wenn diese entsprechend in der LCL definiert sind.
	B -> A	Die als Aggregate definierten <i>LinearLocation</i> werden wie oben beschrieben abgebildet. Andere Aggregate (vor allem <i>AreaLocation</i>) können nicht abgebildet werden.

(A) OKSTRA – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Richtung	Beschreibung
2.1	A -> B	Eine direkte Verortung auf einen Knoten ist im OKSTRA nicht möglich. Punktuelle Sachverhalte, die am Anfang oder Ende eines <i>Abschnittes</i> stationiert sind, könnten theoretisch einer entsprechenden <i>PointLocation</i> am Anfang oder Ende des <i>Abschnitts</i> zugeordnet werden. Punktuelle Sachverhalte, die auf einem <i>Ast</i> stationiert sind, könnten derjenigen <i>PointLocation</i> zugeordnet werden, in der der <i>Ast</i> liegt.
	B -> A	Punktuelle Sachverhalte, die auf eine <i>PointLocation</i> referenziert sind, könnten theoretisch auf einem <i>Abschnitt</i> bei der Station Null oder am Ende verortet werden, wobei der <i>Abschnitt</i> durch einen <i>Netzknoten</i> bzw. zentralen <i>Nullpunkt</i> begrenzt werden muss, der der <i>PointLocation</i> entspricht..
2.2	A -> B	Punktuelle Sachverhalte, die auf <i>Abschnitte</i> referenziert sind, können unter Nutzung des Offsets und der begrenzenden <i>PointLocation</i> auf <i>LinearLocation</i> verortet werden. Punktuelle Sachverhalte, die auf <i>Äste</i> verortet sind, können nicht sinnvoll auf <i>LinearLocation</i> verortet.
	B -> A	Punktuelle Sachverhalte, die in der LCL zwischen <i>PointLocation</i> verortet sind, können auf <i>Abschnitte</i> stationiert werden.
2.3	A -> B	Lineare Sachverhalte, die auf eine Abfolge von <i>Abschnitten</i> verortet sind, können unter Nutzung des Offsets und der begrenzenden <i>PointLocation</i> auf <i>LinearLocation</i> verortet werden. Lineare Sachverhalte, die auf <i>Äste</i> verortet sind, können nicht verortet werden.
	B -> A	Lineare Sachverhalte, die mittels der Angabe von Offsets zwischen <i>PointLocation</i> der LCL verortet sind, können auf <i>Abschnitte</i> stationiert werden.
2.4	A -> B	Lineare Sachverhalte, die auf ein <i>Teilnetz</i> oder eine <i>Route</i> abgebildet sind, müssten in n lineare Sachverhalte aufgesplittet werden, die alle auf n <i>LinearLocation</i> abgebildet werden, wobei eine <i>LinearLocation</i> dabei immer nur eine Straße betrifft.

(A) OKSTRA – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Richtung	Beschreibung
	B -> A	Dies ist in RDS/TMC nicht möglich. Dazu müssen separate einzelne Sachverhalte mit eigener Verortung auf jeweils eine Straße gebildet werden (siehe oben).
Bewertung und Empfehlung		Für die Abbildungen der beiden Systeme aufeinander benötigt man einen Abbildungskatalog, der angibt, welche OKSTRA-Objekt-klassen auf welche TMC-Codes abgebildet werden. Dabei bilden gerade die Codes der <i>PointLocations</i> eine Vielfalt, die so ein Vorhaben zu einer schwierigen Aufgabe macht. RDS/TMC-Locations können in ein OKSTRA-konformes-Netz integriert werden, allerdings ist die Abbildung auf OKSTRA-Klassen komplex, z.B. können <i>PointLocations</i> zu <i>Nullpunkten</i> oder <i>Punktobjekten</i> anderer Klassen oder auch zu <i>Streckenobjekten</i> gehören. <i>PointLocations</i> werden daher am besten als neuartige <i>Punktobjekte</i> repräsentiert, die eine Verknüpfung zu den zugehörigen OKSTRA-Objekten enthalten. Die Geometrie der <i>PointLocations</i> muss bei Neuerzeugung aus den OKSTRA-Referenzobjekten berechnet werden; ist sie aber a priori gegeben, muss sie in einem zu vereinbarenden Sinne verträglich mit der Geometrie der Referenzobjekte sein. Ortsreferenzen aus dem RDS/TMC-System können über die primären und sekundären Locations und die Offsets in OKSTRA-<i>Strecken</i> umgerechnet werden, falls man weiß, über welche <i>Abschnitte</i> die Offsets abzutragen sind. Dazu müssen die <i>LinearLocations</i> auf die <i>Abschnitte</i> abgebildet sein Für die Ableitung von RDS/TMC Locations aus Objekten eines OKSTRA-konformen Netzes bildet man zuerst die <i>LinearLocations</i> aus Abschnittsfolgen und macht dann die daran liegenden passenden OKSTRA-Objekte zu <i>PointLocations</i>. Über die Abschnittsfolgen erhält man auch die Verwaltungsbezirke des OKSTRA, die dann zu <i>AreaLocations</i> werden, so dass die Assoziation <i>PointLocation-AreaLocation</i> instanziiert werden kann. (Die Auswahl der Abschnittsfolgen ist eine fachlich determinierte Aufgabe, die hier nicht betrachtet wird.) Die Umrechnung von <i>Strecken</i> in RDS/TMC-Ortsreferenzen funktioniert, in dem die erste und letzte <i>PointLocation</i> auf der Strecke ermit-

(A) OKSTRA – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Richtung	Beschreibung
		telt wird und dann über die Verkettung die vor der ersten bzw. nach der letzten liegende <i>PointLocation</i> bestimmt wird; diese beiden werden dann zur primären bzw. sekundären Location der Referenz. Der Knackpunkt sind wieder die Offsets gemessen von den Enden der <i>Strecke</i> ; zu ihrer Berechnung muss man über die <i>LinearLocations</i> die <i>Abschnitte</i> zwischen den Streckenenden und den Locations herausfinden.

Tabelle 22: Verknüpfung OKSTRA – Bundeseinheitliche VRZ

(A) OKSTRA – (B) Bundeseinheitliche VRZ ¹⁸		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.1	A -> B	Ein <i>Netznoten</i> kann einem <i>StraßenKnoten</i> eindeutig zugeordnet werden. Relevant sind nur Knotenpunkte auf Autobahnen. <i>Nullpunkte</i> können ebenfalls einem <i>StraßenKnoten</i> (topologisch) zugeordnet werden. Allenfalls der zentrale <i>Nullpunkt</i> entspricht in seiner Lage einem <i>StraßenKnoten</i> . Für <i>Verbindungspunkte</i> gilt gleiches, wenn sie einem <i>Netznoten</i> zugeordnet werden können.
	B -> A	Ein <i>StraßenKnoten</i> kann einem <i>Netznoten</i> eindeutig zugeordnet werden. Zusätzlich könnte ein <i>StraßenKnoten</i> n <i>Nullpunkten</i> bzw. <i>Verbindungspunkten</i> , die zum entsprechenden <i>Netznoten</i> gehören, (topologisch) zugeordnet werden. Hinsichtlich der Lage entspricht am ehesten der zentrale <i>Nullpunkt</i> einem <i>StraßenKnoten</i> .

¹⁸ Die Abbildung 21 bis Abbildung 23 (dargestellt hinter der Tabelle) zeigen beispielhaft an einem Autobahnkreuz die Definition der Verortungselement im OKSTRA und im Netzmodell der Bundeseinheitlichen VRZ. Nicht betrachtet werden in Vergleich OKSTRA – Bundeseinheitliche VRZ das Datenmodell TeilmodellTmcGlobal.

(A) OKSTRA – (B) Bundeseinheitliche VRZ ¹⁸		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.2	A -> B	Ein <i>Netzknoten</i> könnte je Fahrtrichtung und beteiligter Straße auf ein <i>InneresStraßenSegment</i> im Knotenpunkt referenziert werden (über <i>PunktLiegtAufLinienObjekt</i>), wobei die Lage des zentralen <i>Nullpunktes</i> für die Berechnung des Offsets genutzt werden könnte. <i>Nullpunkte</i> und <i>Verbindungspunkte</i> können je nach Lage auf den Anfang oder das Ende eines <i>ÄußerenStraßenSegments</i> oder auf die jeweiligen <i>InneresStraßenSegmente</i> stationiert werden.
	B -> A	Die Stationierung von <i>StraßenKnoten</i> auf einen AoA ist nicht sinnvoll.
1.3	A -> B	Ein <i>Abschnitt</i> kann pro Fahrtrichtung mindestens einem <i>ÄußerenStraßenSegment</i> topologisch zugeordnet werden, wobei dieses nur den Teil des <i>Abschnitts</i> repräsentiert, der „außerhalb“ des Knotenpunkts liegt. Ein <i>Abschnitt</i> kann weiterhin denjenigen <i>InnerenStraßenSegmenten</i> zugeordnet werden, die die durchgehende Fahrbahn repräsentieren, wobei diese nur den Teil des <i>Abschnitts</i> repräsentiert, der „innerhalb“ des Knotenpunkts liegt. Ein <i>Ast</i> kann n <i>InnerenStraßenSegmenten</i> (topologisch) zugeordnet werden. Eine geometrische Zuordnung ist nur eingeschränkt möglich. Eine Folge von <i>Strassenelementen</i> kann einem <i>InnerenStraßenSegment</i> zugeordnet werden. Jedes <i>Strassenelement</i> kann damit Teil von n <i>InnerenStraßenSegmenten</i> sein.
	B -> A	Ein <i>ÄußeresStraßenSegment</i> kann eindeutig einem <i>Abschnitt</i> und einem <i>Strassenelement</i> zugeordnet werden. Ein <i>InneresStraßenSegment</i> kann einer Folge von <i>Strassenelementen</i> eindeutig zugeordnet werden. Außerdem kann ein <i>InneresStraßenSegment</i> , welche die durchgehende Fahrbahn repräsentiert, einem <i>Abschnitt</i> zugeordnet werden. Die Zuordnung eines <i>InnerenStraßenSegmentes</i> zu Ästen ist nur eingeschränkt möglich.

(A) OKSTRA – (B) Bundeseinheitliche VRZ ¹⁸		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.4	A -> B	Verkehrliche Beziehungen sind in der Bundeseinheitlichen VRZ nicht vorgesehen.
	B -> A	Verkehrliche Beziehungen sind in der Bundeseinheitlichen VRZ nicht vorgesehen.
1.5	A -> B	Die <i>StraßenKnoten</i> im Netzmodell der Bundeseinheitlichen VRZ besitzen keine Geometrie.
	B -> A	Die <i>StraßenKnoten</i> im Netzmodell der Bundeseinheitlichen VRZ besitzen keine Geometrie.
1.6	A -> B	Die Geometrie eines <i>Abschnitts</i> kann nur sinnvoll auf ein <i>StraßenTeilSegment</i> (trägt die Geometrie im Datenmodell der Bundeseinhl. VRZ)) abgebildet werden, welches Bestandteil eines <i>ÄußerenStraßenSegments</i> ist. Da der <i>Abschnitt</i> die Bestandsachse repräsentiert, müsste die Geometrie in Abhängigkeit der Richtung nach links oder rechts abgerückt werden. Die Geometrie von <i>Ästen</i> kann nur unzureichend auf <i>InnereStraßenSegment</i> übertragen werden. Die Geometrie von <i>Strassenelementen</i> kann sowohl auf <i>InnereStraßenSegmente</i> als auch auf <i>ÄußereStraßenSegmente</i> übertragen werden. Bei den <i>InnerenStraßenSegmenten</i> wäre die Geometrie einer Folge von <i>Strassenelemente</i> zu übertragen.
	B -> A	Die Geometrie eines <i>ÄußerenStraßenSegment</i> kann auf einen <i>Abschnitt</i> übertragen werden, wobei der <i>Abschnitt</i> über die Grenzen des <i>ÄußerenStraßenSegments</i> hinausgeht. Die Geometrie eines <i>InnerenStraßenSegments</i> kann, wenn es die durchgehende Fahrbahn repräsentiert, auf einen <i>Abschnitt</i> übertragen werden (wobei hier jeweils der Anfangsbereich und der Endbereich eines <i>Abschnitts</i> dargestellt wird). Ein <i>InnereStraßenSegment</i>, welches Rampen repräsentiert, könnte auf die <i>Äste</i> abgebildet werden, wobei die Geometrie des <i>InnereStraßenSegments</i> mehrfach aufteilt werden müsste, da es sich jeweils aus mehreren <i>Ästen</i> zusammensetzt.

(A) OKSTRA – (B) Bundeseinheitliche VRZ ¹⁸		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.7	A -> B	Der <i>Netzknoten</i> kann dem <i>StraßenKnoten</i> zugeordnet werden, wobei nur teilweise dessen Attribute übertragen werden können. Im OKSTRA sind z.B. die Knotennummer und die Knotenpunktform in eigene Objektklassen ausgelagert, so dass diese mitbetrachtet werden müssen. Die <i>Strasse</i> kann der <i>Straße</i> zugeordnet werden. Im OKSTRA ist aber die Straßenbezeichnung in eine eigene Objektklasse ausgelagert, so dass diese mitbetrachtet werden muss.
	B -> A	Siehe oben
2.1	A -> B	Eine Verortung von punktuellen Sachverhalten auf einen Knoten ist weder im OKSTRA noch in der bundeseinheitl. VRZ vorgesehen. Eine Verortung kann allenfalls auf den Anfang bzw. das Ende einer Kante erfolgen.
	B -> A	Siehe oben
2.2	A -> B	Eine Verortung über einen <i>Strassenpunkt</i> kann auf eine Verortung über <i>PunktLiegtAufLinienObjekt</i> übertragen werden, wenn die referenzierten Linienobjekte zugeordnet werden können.
	B -> A	Eine Verortung über eine <i>PunktLiegtAufLinienObjekt</i> kann auf eine Verortung über <i>Strassenpunkt</i> übertragen werden, wenn die referenzierten Linienobjekte zugeordnet werden können.
2.3	A -> B	Eine Verortung über einen <i>Teilabschnitt</i> oder eine <i>Strecke</i> kann auf eine Verortung über <i>BestehtAusLinienObjekten</i> übertragen werden, wenn die referenzierten Linienobjekte zugeordnet werden können.
	B -> A	Eine Verortung über <i>BestehtAusLinienObjekten</i> kann auf eine Verortung über <i>Teilabschnitt</i> bzw. <i>Strecke</i> übertragen werden, wenn die referenzierten Linienobjekte zugeordnet werden können.
2.4	A -> B	Eine Verortung über <i>Netzbereich</i> kann auf eine Verortung über <i>BestehtAusLinienObjekten</i> übertragen werden, wenn die referenzierten Linienobjekte zugeordnet werden können.

(A) OKSTRA – (B) Bundeseinheitliche VRZ ¹⁸		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
	B -> A	Eine Verortung über <i>BestehtAusLinienObjekten</i> kann auf eine Verortung über <i>Netzbereich</i> übertragen werden, wenn die referenzierten Linienobjekte zugeordnet werden können.
Bewertung und Empfehlung		Die Hauptprobleme bei der Abbildung beider Systeme aufeinander entstehen durch die unterschiedliche Strukturierung der <i>Netzknoten</i> des OKSTRA gegenüber den <i>StraßenKnoten</i> des VRZ-Systems. Es sind dies: • Die Zerschlagung von <i>Abschnitten</i> in <i>ÄußereStraßenSegmente</i> und <i>InnereStraßenSegmente</i> (Aufteilung in Richtungsfahrbahnen, Separierung der Abschnittsbestandteile im <i>Netzknoten</i>) sowie die Zusammenführung von Abschnittsteilen zu <i>InnerenStraßenSegmenten</i>. • Die Behandlung der Beziehung von Ästen zu <i>InnerenStraßenSegmenten</i>. Innerhalb eines OKSTRA-konformen Netzes können <i>Netzknoten</i> eineindeutig auf <i>StraßenKnoten</i> abgebildet werden und <i>StraßenSegmente</i> als <i>Streckenobjekte</i> repräsentiert werden, dazu muss aber die Zugehörigkeit der <i>StraßenSegmente</i> zu <i>Abschnitten</i> ermittelt werden und dann noch die Lage der Endpunkte der <i>StraßenSegmente</i> auf <i>Abschnitte</i>. Das bekommt man nur über geometrische Suche heraus, wobei auftauchende Mehrdeutigkeiten durch Heuristiken oder manuell beseitigt werden müssen. Für das Teilmodell <i>TmcGlobal</i> gilt das für das System RDS/TMC gesagte.

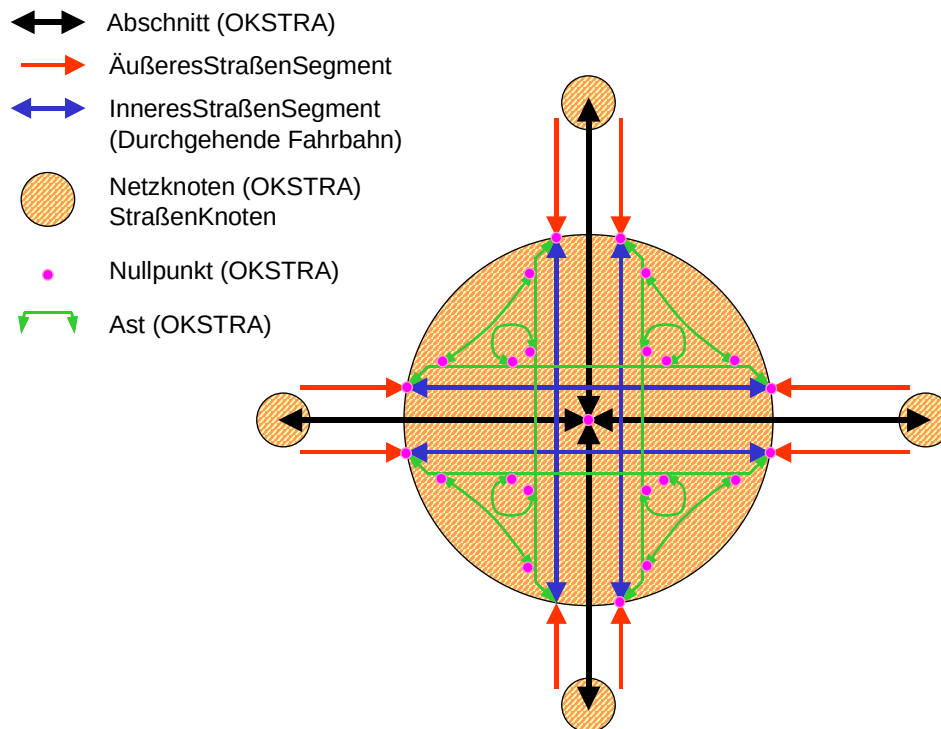


Abbildung 21: Darstellung der Verortungselemente im OKSTRA innerhalb von Knotenpunktsystemen im Netzknoten-Stationierungssystem

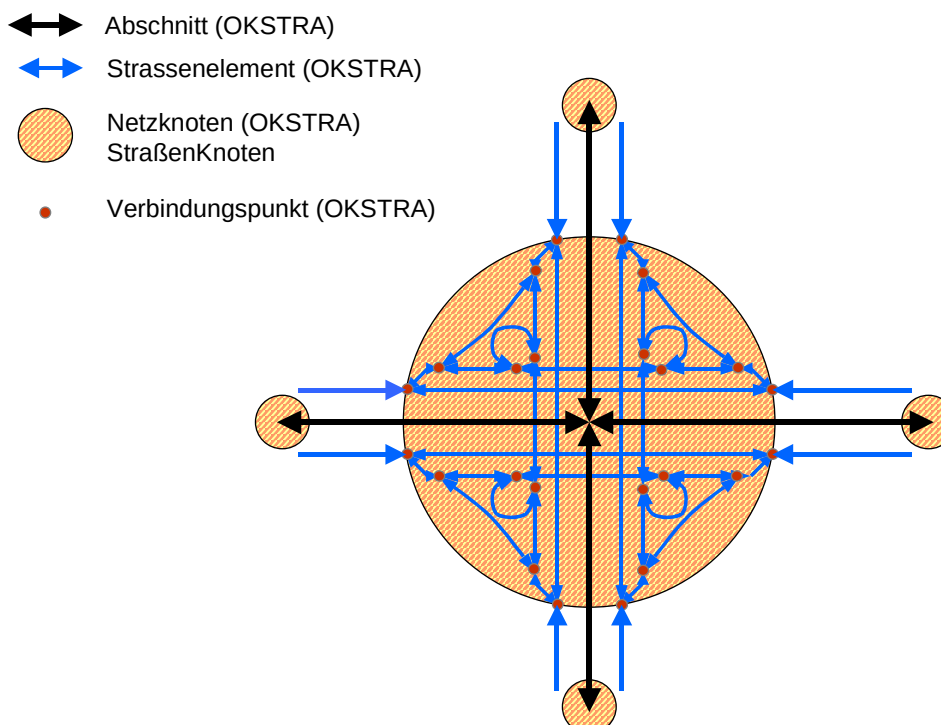


Abbildung 22: Darstellung der Verortungselemente im OKSTRA innerhalb von Knotenpunktsystemen in der „GDF-Sicht“

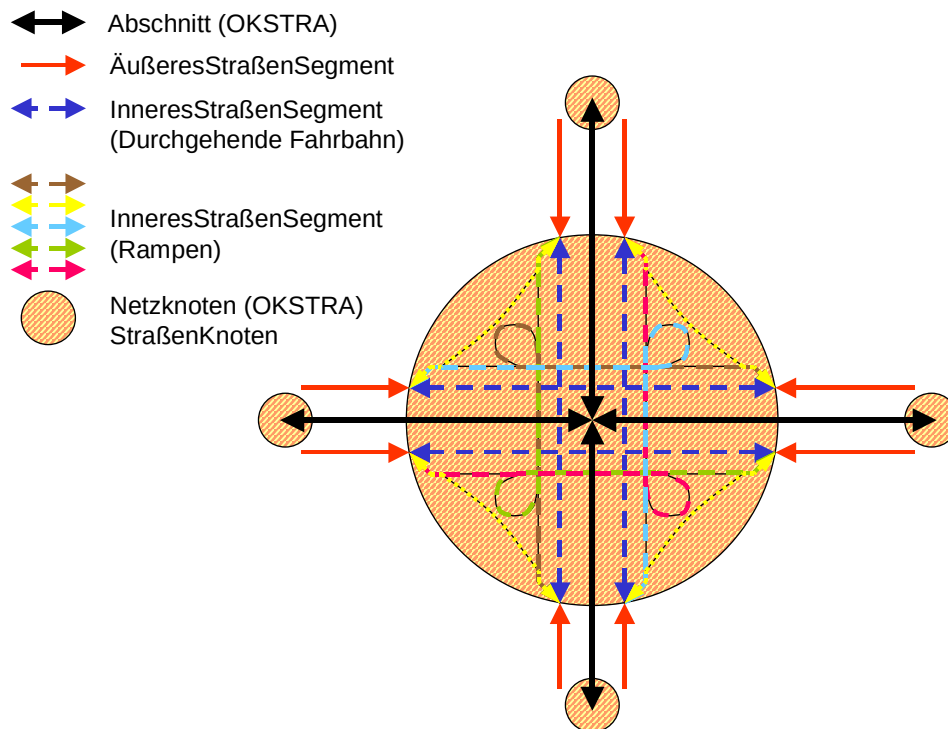


Abbildung 23: Darstellung der Verortungselemente in der Bundeseinheit. VRZ innerhalb von Knotenpunktsystemen

Tabelle 23: Verknüpfung OKSTRA - GDF

(A) OKSTRA – (B) GDF ¹⁹		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.1	A -> B	Netzknoten können <i>Intersection</i> zugeordnet werden. Nullpunkte können <i>Junction</i> zugeordnet werden, wenn diese Knotenpunkte mit verkehrlichen Beziehungen repräsentieren. Die Lage der <i>Nullpunkte</i> entspricht dabei aber häufig nicht der Lage der <i>Junction</i>. Verbindungspunkte können <i>Junction</i> zugeordnet werden, wenn diese Knotenpunkte mit verkehrlichen Beziehungen repräsentieren.
	B -> A	Siehe oben.

¹⁹ Bezüglich einer detaillierteren Beschreibung der Abbildung von OKSTRA auf GDF und umgekehrt wird auf das Dokument Forschungsbericht FE-Nr. 09.092 G95D, Standardisierung graphischer Daten im Straßen- und Verkehrswesen, Teil 2 – Realisierung, Teilbericht F: Abbildungen auf andere Standards, Stand: 28.01.2000, veröffentlicht auf www.okstra.de verwiesen. Weitere Hinweise zur Abbildung von OKSTRA und GDF gibt der Schlussbericht des Projektes SNG (siehe oben)

(A) OKSTRA – (B) GDF ¹⁹		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.2	A -> B	Eine Stationierung von Knoten auf eine Kante in GDF ist nicht möglich.
	B -> A	Für <i>Junction</i> , die nicht im Bereich von <i>Netzknoten</i> liegen und damit keinen <i>Nullpunkten</i> zugeordnet werden können, könnte ein <i>Straßenpunkt</i> auf einem <i>Abschnitt</i> erzeugt werden.
1.3	A -> B	Ein <i>Abschnitt</i> kann einer <i>Road</i> zugeordnet werden, wobei die <i>Road</i> innerhalb der <i>Intersection</i> nicht wie der <i>Abschnitt</i> durchgehend verläuft. Gleichzeitig kann ein <i>Abschnitt</i> einem oder mehreren <i>Road Elements</i> zugeordnet werden. Diese Mehrdeutigkeit resultiert daraus, dass entweder mehrere <i>Road Elements</i> aufgrund einer Änderung der Attribute gebildet worden sind, oder aber dass zwei <i>Fahrbahnen</i> durch zwei <i>Road Elements</i> abgebildet werden. Ein <i>Ast</i> kann einem oder mehreren <i>Road Elements</i> im Knotenpunkt zugeordnet werden, wobei die Lage nicht identisch ist. Äste sind in GDF meistens als <i>Slip Road</i> oder als <i>Parallel Road</i> gekennzeichnet. Ein <i>Straßenelement</i> kann einem oder mehreren <i>Road Elements</i> zugeordnet werden. Das <i>Road Element</i> entspricht dabei einer <i>Fahrbahn</i>, wobei das <i>Straßenelement</i> jeweils für jede Fahrtrichtung auf einer <i>Fahrbahn</i> gebildet wird.
	B -> A	Siehe oben, wobei die <i>Road Elements</i> auf die <i>Abschnitte</i>, Äste bzw. <i>Straßenelemente</i> stationiert werden müssten, da u.U. die Abfolge mehrere <i>Road Elements</i> einen <i>Abschnitt</i>, <i>Ast</i> oder ein <i>Straßenelement</i> bilden. In GDF wird der Beschleunigungs- bzw. Verzögerungstreifen, der im OKSTRA® als <i>Ast</i> ausgebildet wird, als zusätzlicher Fahrstreifen des <i>Road Elements</i> auf der Hauptfahrbahn angesehen. Die <i>Junction</i> liegt in GDF entsprechend an der Markierungsspitze bei den Ein- und Ausfahrten. Im Bereich des Beschleunigungs- und Verzögerungstreifens muss eine <i>Road Element</i> also sowohl der dem <i>Abschnitt</i> auf der Hauptfahrbahn als auch dem <i>Ast</i> für die Rampe zugeordnet werden (siehe auch Abbildung 24).
1.4	A -> B	Die <i>Verbotene_Fahrbeziehung</i> kann auf <i>ProhibitedManoeuvre</i> abgebildet werden.

(A) OKSTRA – (B) GDF ¹⁹		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
	B -> A	<i>ProhibitedManoeuvre</i> kann auf <i>Verbotene_Fahrbeziehung</i> abgebildet werden. Die anderen Fahrbeziehungen aus GDF können nicht direkt abgebildet werden. Sind für eine Kreuzung <i>RestrictedManoeuvre</i> explizit erlaubt, dann können alle anderen Fahrbeziehungen an diesem Knoten als <i>Verbotene_Fahrbeziehung</i> abgebildet werden.
1.5	A -> B	Die Lage von <i>Netzknoten</i> entspricht der Lage der zugeordneten <i>Intersection</i> . Die Lage von <i>Nullpunkten</i> entspricht der Lage der zugeordneten <i>Junction</i> nur ungefähr. Die Lage des <i>Verbindungspunkts</i> entspricht der Lage der zugeordneten <i>Junction</i> .
	B -> A	Siehe oben
1.6	A -> B	Die Lage des <i>Abschnitts</i> entspricht der Lage der <i>Road</i> , wobei die <i>Road</i> außerhalb der <i>Intersection</i> endet (und damit keinen durchgehenden Straßenverlauf bildet), wogegen der <i>Abschnitt</i> in den <i>Netzknoten</i> hineinläuft. Die Lage von <i>Ästen</i> entspricht in etwa der Lage von <i>Road Elements</i> , die als <i>Slip Road</i> oder <i>Parallel Road</i> definiert sind. Insbesondere der Einfahr- und Ausfahrstreifen bei Anschlussstellen oder Autobahnkreuzen gehört zwar zum <i>Ast</i> , aber in GDF nicht zum entsprechend <i>Road Element</i> . Gleiches gilt für <i>Straßenelemente</i> .
	B -> A	Siehe oben
1.7	A -> B	Die Aggregate <i>Teilnetz</i> und <i>Route</i> können einem <i>Aggregated Way</i> , bestehend aus den entsprechenden <i>Road Elements</i> , zugeordnet werden.
	B -> A	Außer der <i>Road</i> und der <i>Intersection</i> , die bereits oben behandelt worden sind, sind in GDF keine weiteren relevanten Aggregate definiert.
2.1	A -> B	Dies ist sowohl im OKSTRA als auch in GDF nicht vorgesehen.
	B -> A	Siehe oben.

(A) OKSTRA – (B) GDF ¹⁹		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
2.2	A -> B	Punktuelle Sachverhalte, die über einen <i>Straßenpunkt</i> auf einen <i>AoA</i> referenziert sind, können über die Objektart <i>Road Related Object Related to Road Element</i> auf ein <i>Road Element</i> stationiert werden, wobei dies in GDF nur für Bauwerke und Straßenausstattung vorgesehen ist.
	B -> A	Für punktuelle Sachverhalte, die über die Objektart <i>Road Related Object Related to Road Element</i> auf ein <i>Road Element</i> stationiert werden, kann ein <i>Straßenpunkt</i> auf einen <i>AoA</i> gebildet werden. Eine Verortung auf das entsprechende <i>Straßenelement</i> ist nicht möglich.
2.3	A -> B	Lineare Sachverhalte, die über eine <i>Strecke</i> auf einen <i>AoA</i> stationiert sind, können über die Objektart <i>Road Related Object Related to Road Element</i> auf ein <i>Road Element</i> stationiert werden, wobei dies in GDF nur für Bauwerke und Straßenausstattung vorgesehen ist. Lineare Sachverhalte, die über mehrere <i>AoA</i> verlaufen, müssen in GDF aufgeteilt und jeweils einem <i>Road Element</i> zugeordnet werden.
	B -> A	Für lineare Sachverhalte, die über die Objektart <i>Road Related Object Related to Road Element</i> auf ein <i>Road Element</i> stationiert werden, kann eine <i>Strecke</i> auf einem <i>AoA</i> gebildet werden. Eine Verortung auf das entsprechende <i>Straßenelement</i> ist nicht möglich.
2.4	A -> B	Lineare Sachverhalte, die über mehrere <i>AoA</i> verlaufen, müssen in GDF aufgeteilt und jeweils einem <i>Road Element</i> zugeordnet werden.
	B -> A	Dies ist in GDF nicht möglich.
Bewertung und Empfehlung		Die Zuordnung von <i>Nullpunkten</i> zu <i>Junction</i> sowie von <i>Abschnitten</i> und <i>Ästen</i> zu <i>Road Elements</i> ist generell möglich, erscheint aber aufgrund der unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Auflösung von komplexen Knotenpunktsituationen und der Abbildung von Rampen und Hauptfahrbahnen schwierig, da die Lage der unterschiedlichen Elemente teilweise deutlich voneinander abweicht. Der OKSTRA enthält zur Verbesserung der Kompatibilität mit GDF das <i>Straßenelement</i>-System. Werden <i>Verbindungspunkte</i> und

(A) OKSTRA – (B) GDF ¹⁹		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
		<i>Straßenelemente</i> entsprechend gebildet (permanent oder temporär), ist eine Abbildung der Netze ineinander über deren Durchschnitt möglich, also die Menge gemeinsamer <i>Verbindungspunkte/ Junctions</i>. Die Identifizierung gemeinsamer Knoten wird i.A. geometrisch erfolgen müssen. Über das gemeinsame Netz können dann zusätzliche Netzelemente vom Quell- in das Zielnetz übertragen werden, z.B. können im Quellnetz vorhandene <i>Junctions</i>, die zwischen zwei im Zielnetz benachbarten <i>Verbindungspunkten</i> liegen, dort zu neuen <i>Verbindungspunkten</i> samt der Zerschlagung des ursprünglichen <i>Straßenelements</i> führen. Da im Straßenelement-System selbst keine fachlichen Sachverhalte referenziert werden, kann eine solche Referenzierung nur gelingen, wenn eine Umreferenzierung innerhalb des OKSTRA-Netzes von AoA auf <i>Straßenelemente</i> möglich ist. Die automatische Bildung von <i>Verbindungspunkten</i> und <i>Straßenelementen</i> aus den Objekten des Stationierungssystems ist eine sehr anspruchsvolle und oft nur teilweise lösbare Aufgabe.

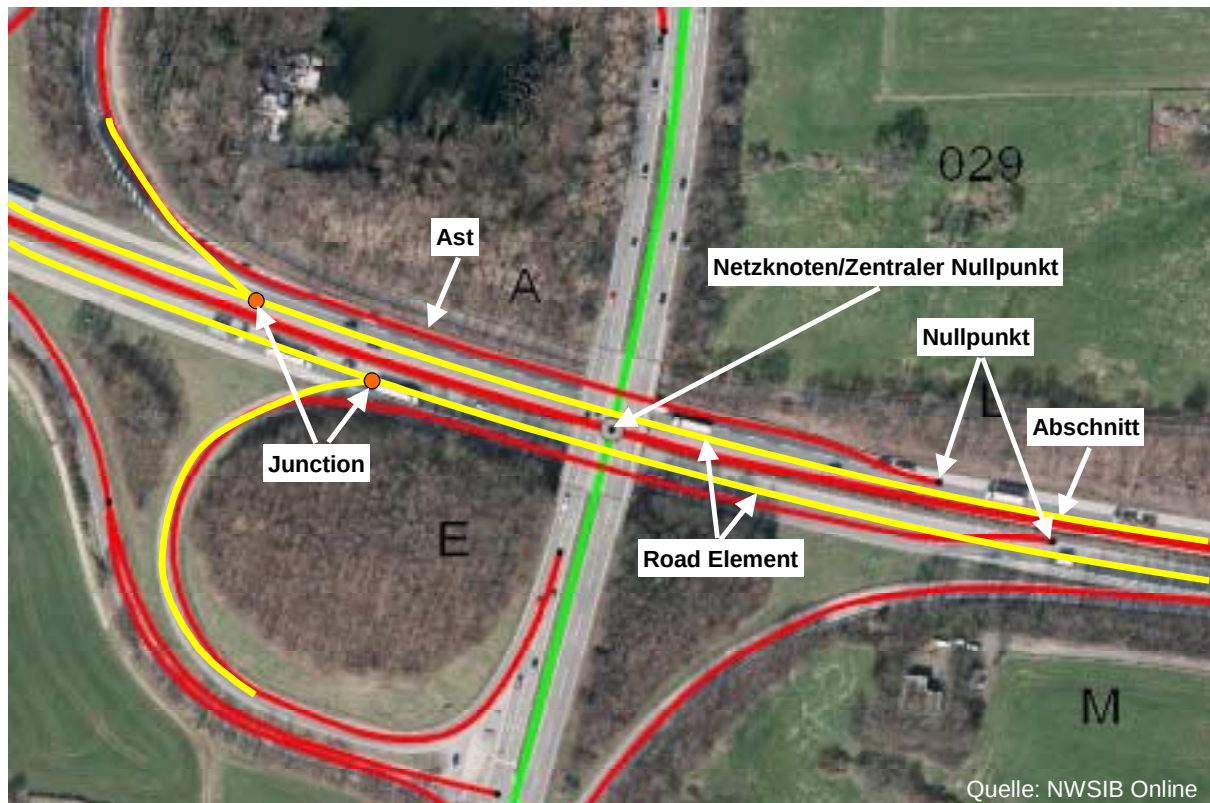


Abbildung 24: Unterschiedliche Abbildung von Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen beim OKSTRA® und bei GDF

Tabelle 24: Verknüpfung OKSTRA kommunal – RDS/TMC

(A) OKSTRA kommunal – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.1	A -> B	Da in der LCL eine <i>PointLocation</i> für jede Straße definiert ist, kann ein <i>Verbindungspunkt</i> mehreren <i>PointLocation</i> zugeordnet werden. Durch die Abbildung der <i>Verbindungspunkte</i> in der LCL kann nicht der gesamte Bestand der <i>PointLocation</i> erzeugt werden, da in der LCL Arten von <i>PointLocation</i> definiert sind, die im OKSTRA kommunal als „Fachdaten“ über <i>Strassenelementpunkte</i> auf das Netz referenziert werden.

(A) OKSTRA kommunal – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
	B -> A	<i>PointLocation</i> der LCL, die einen Knotenpunkt repräsentieren (Typ P1.1 – P1.5, P1.8, P1.9, P1.11, P1.12, P1.14, P1.15). können einem <i>Verbindungspunkt</i> eindeutig zugeordnet werden. <i>PointLocation</i> mit anderen Arten können nur über einen <i>Strassenelementpunkt</i> auf das Netz referenziert werden.
1.2	A -> B	<i>Verbindungspunkte</i> können nicht sinnvoll auf Kanten stationiert werden.
	B -> A	Alle <i>PointLocation</i> , die nicht den oben genannten Arten entsprechen, können über den <i>Strassenelementpunkt</i> auf ein <i>Strassenelement</i> stationiert werden.
1.3	A -> B	Ein <i>Strassenelement</i> kann mehreren <i>LinearLocation</i> zugeordnet werden. Diese Mehrdeutigkeit folgt einerseits aus der hierarchischen Struktur der <i>LinearLocation</i> und andererseits aus der Zuordnung einer <i>LinearLocation</i> zu jeder Straße. Die Zuordnung ist rein topologisch.
	B -> A	Eine <i>LinearLocation</i> kann mehreren <i>Strassenelementen</i> zugeordnet werden.
1.4	A -> B	Verkehrliche Beziehungen, die <i>Verbindungspunkten</i> zugeordnet sind, können denjenigen <i>PointLocation</i> zugeordnet werden, die dem <i>Verbindungspunkt</i> zugeordnet sind. Dabei erfolgt eine „Vergrößerung“ der möglichen Verkehrsbeziehungen auf Ebene eines „Knotenpunktsystems“.
	B -> A	In der LCL sind eigentlich keine Verkehrsbeziehungen abgebildet. Die <i>Intersection_Reference</i> könnte als solche interpretiert werden. Aus dieser Information könnten die „erlaubten“ Verkehrsbeziehungen zwischen <i>Strassenelementen</i> ermittelt werden, wobei das Problem zu lösen ist, auf welchen <i>Verbindungspunkt</i> diese zu beziehen wären. Es werden allenfalls baulich bedingte Fahrtbeziehungen abgebildet, so dass ein routingfähiges Netz nicht aus RDS/TMC-Daten erzeugt werden kann.

(A) OKSTRA kommunal – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.5	A -> B	Die Geometrie eines <i>Verbindungspunktes</i> kann nur dann sinnvoll auf eine <i>PointLocation</i> übertragen werden, wenn dieser den Schnittpunkt von angrenzenden Hauptfahrbahnen darstellt.
	B -> A	Die Geometrie von <i>PointLocation</i> kann für <i>Verbindungspunkte</i> übernommen werden, für die die oben genannten Randbedingungen erfüllt sind. Für <i>PointLocation</i> , die keine „Kreuzung“ repräsentieren, kann die Geometrie für den zu definierenden <i>Strassenelementpunkt</i> übernommen werden.
1.6	A -> B	Geometrien von <i>Strassenelementen</i> können nur sinnvoll übertragen werden, wenn diese die Hauptfahrbahnen repräsentieren.
	B -> A	Die <i>LinearLocation</i> besitzen keine Geometrie.
1.7	A -> B	Ein <i>Teilnetz</i> oder eine <i>Route</i> kann, wenn sie nur für eine Straße definiert sind, <i>Order 1 Segmenten</i> bzw. <i>Order 2 Segmenten</i> zugeordnet werden, wenn diese entsprechend in der LCL definiert sind.
	B -> A	Die als Aggregate definierten <i>LinearLocation</i> werden wie oben beschrieben abgebildet. Andere Aggregate (vor allem <i>AreaLocation</i>) können nicht abgebildet werden.
2.1	A -> B	Punktuelle Sachverhalte können im OKSTRA kommunal unmittelbar an <i>Verbindungspunkte</i> angebunden sein und so einer entsprechenden <i>PointLocation</i> zugeordnet werden.
	B -> A	Punktuelle Sachverhalte, die auf eine <i>PointLocation</i> referenziert sind, die einen Knotentyp repräsentiert, können auf einen entsprechenden <i>Verbindungspunkt</i> abgebildet werden.
2.2	A -> B	Punktuelle Sachverhalte, die auf <i>Strassenelemente</i> referenziert sind, können unter Nutzung des Offsets und der begrenzenden <i>PointLocation</i> auf <i>LinearLocation</i> verortet werden.
	B -> A	Punktuelle Sachverhalte, die in der LCL zwischen <i>PointLocation</i> verortet sind, können auf <i>Strassenelemente</i> stationiert werden.

(A) OKSTRA kommunal – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
2.3	A -> B	Lineare Sachverhalte, die auf einen <i>Routenausschnitt</i> verortet sind, können unter Nutzung des Offsets und der begrenzenden <i>PointLocation</i> auf <i>LinearLocation</i> verortet werden.
	B -> A	Lineare Sachverhalte, die in der LCL zwischen <i>PointLocation</i> verortet sind, können auf <i>Routenausschnitte</i> stationiert werden
2.4	A -> B	Lineare Sachverhalte, die auf ein <i>Teilnetz</i> oder einen <i>Routenausschnitt</i> abgebildet sind, müssten in n lineare Sachverhalte aufgesplittet werden, die alle auf <i>LinearLocation</i> abgebildet werden, wobei eine <i>LinearLocation</i> dabei immer nur eine Straße betrifft.
	B -> A	Dies ist in RDS/TMC nicht möglich. Dazu müssen separate einzelne Sachverhalte mit eigener Verortung auf jeweils eine Straße gebildet werden.
Bewertung und Empfehlung		Für die Abbildung der beiden Systeme aufeinander benötigt man einen Abbildungskatalog, der angibt, welche OKSTRA kommunal-Objektklassen auf welche Codes abgebildet werden. Dabei bilden gerade die Codes der <i>PointLocations</i> eine Vielfalt, die so ein Vorhaben zu einer schwierigen Aufgabe macht. RDS/TMC-Locations können in ein OKSTRA kommunal-konformes Netz integriert werden, allerdings ist die Abbildung auf OKSTRA-Klassen komplex, z.B. können <i>PointLocations</i> zu <i>Verbindungspunkten</i> oder <i>Strassenelementpunkten</i> anderer Klassen oder auch zu <i>Routenausschnitten</i> gehören. <i>PointLocations</i> werden daher am besten als neuartige <i>Netzbezugsobjekt_Punkt</i> oder <i>Netzbezugsobjekt_VPunkt</i> repräsentiert, die eine Verknüpfung zu den zugehörigen OKSTRA-kommunal Objekten enthalten. Die Geometrie der <i>PointLocations</i> muss bei Neuerzeugung aus den OKSTRA kommunal Referenzobjekten berechnet werden; ist sie aber a priori gegeben, muss sie in einem zu vereinbarenden Sinne verträglich mit der Geometrie der Referenzobjekte sein. Ortsreferenzen aus dem RDS/TMC-System können über die primären und sekundären Locations und die Offsets in OKSTRA kommunal-<i>Verbindungspunkte</i>, <i>Strassenelementpunkte</i> und <i>Routenausschnitte</i> umgerechnet werden, falls man weiß, über welche Stras-

(A) OKSTRA kommunal – (B) RDS/TMC		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
		<i>senelemente</i> die Offsets abzutragen sind. Dazu müssen diese auf die <i>LinearLocations</i> abgebildet sein. Für die Ableitung von RDS/TMC Locations aus Objekten eines OKSTRA kommunal-konformen Netzes bildet man zuerst die <i>LinearLocations</i> aus <i>Routen</i> und macht dann die daran liegenden passenden OKSTRA-Objekte zu <i>PointLocations</i>. Über die <i>Routen</i> erhält man auch die administrativen Einheiten, die dann zu <i>AreaLocations</i> werden, so dass die Assoziation <i>PointLocation-AreaLocation</i> instanziiert werden kann. (Die Auswahl der <i>Routen</i> ist eine fachlich determinierte Aufgabe, die hier nicht betrachtet wird.) Die Umrechnung von <i>Routenausschnitten</i> in RDS/TMC-Ortsreferenzen funktioniert, in dem die erste und letzte <i>PointLocation</i> darauf ermittelt wird und dann über die Verkettung die vor der ersten bzw. nach der letzten liegende <i>PointLocation</i> bestimmt wird; diese beiden werden dann zur primären bzw. sekundären Location der Referenz. Der Knackpunkt sind wieder die Offsets gemessen von den Enden der <i>Strecke</i>, zu ihrer Berechnung muss man über die <i>LinearLocations</i> die <i>Strassenelemente</i> zwischen den Streckenenden und den Locations herausfinden.

Tabelle 25: Verknüpfung OKSTRA kommunal - GDF

(A) OKSTRA kommunal ²⁰ – (B) GDF		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.1	A -> B	Ein <i>Verbindungspunkt</i> kann einer <i>Junction</i> zugeordnet werden, wenn diese einen Knotenpunkt im Netz (mit verkehrlicher Beziehung) abbildet und nicht nur die Änderung der Attribute des <i>Road Element</i> .

²⁰ Da für den OKSTRA kommunal keine Regelungen hinsichtlich der Erfassung des Netzes definiert sind, kann der Vergleich mit GDF nur auf Basis der folgenden Annahme durchgeführt werden: Komplexe Knotenpunktsystem werden im OKSTRA kommunal durch mehrere Verbindungspunkte abgebildet so wie in GDF-Netzen. Für jede Fahrbahn wird im OKSTRA kommunal ein Strassenelement definiert.

(A) OKSTRA kommunal ²⁰ – (B) GDF		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
	B -> A	Die <i>Junction</i> kann einem <i>Verbindungspunkt</i> zugeordnet werden, wenn die <i>Junction</i> einen Knotenpunkt im Netz (mit verkehrlicher Beziehung) abbildet und nicht nur die Änderung der Attribute des <i>Road Element</i> . <i>Intersection</i> können nicht abgebildet werden.
1.2	A -> B	Ein <i>Verbindungspunkt</i> kann nicht sinnvoll auf eine Kante (<i>Road Element</i>) referenziert werden. Grundsätzlich sollte aber jeder <i>Verbindungspunkt</i> einer <i>Junction</i> entsprechen.
	B -> A	Eine <i>Junction</i> könnte über den <i>Strassenpunkt</i> auf ein <i>Strassenelement</i> stationiert werden.
1.3	A -> B	Ein <i>Strassenelement</i> kann auf ein oder mehrere <i>Road Elements</i> abgebildet werden.
	B -> A	Ein <i>Road Element</i> kann auf ein oder mehrere <i>Strassenelemente</i> abgebildet werden. <i>Road</i> kann nicht abgebildet werden.
1.4	A -> B	Die <i>Verbotene_Fahrbeziehung</i> kann auf <i>ProhibitedManoeuvre</i> abgebildet werden.
	B -> A	<i>ProhibitedManoeuvre</i> kann auf <i>Verbotene_Fahrbeziehung</i> abgebildet werden. Die anderen Fahrbeziehungen aus GDF können nicht direkt abgebildet werden. Sind für eine Kreuzung <i>RestrictedManoeuvre</i> explizit erlaubt, dann können alle anderen Fahrbeziehungen an diesem Knoten als <i>Verbotene_Fahrbeziehung</i> abgebildet werden.
1.5	A -> B	Die Geometrie eines <i>Verbindungspunkts</i> kann auf die Geometrie der <i>Junction</i> abgebildet werden, wenn diese einen Knotenpunkt im Netz (mit verkehrlicher Beziehung) abbildet und nicht nur die Änderung der Attribute des <i>Road Element</i> .
	B -> A	Die Geometrie der <i>Junction</i> kann auf die Geometrie des <i>Verbindungspunkts</i> abgebildet werden, wenn die <i>Junction</i> einen Knotenpunkt im Netz (mit verkehrlicher Beziehung) abbildet und nicht nur die Änderung der Attribute des <i>Road Element</i> . <i>Intersection</i> können nicht abgebildet werden.

(A) OKSTRA kommunal ²⁰ – (B) GDF		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
1.6	A -> B	Die Geometrie eines <i>Strassenelementes</i> kann auf die Geometrie eines oder mehrerer <i>Road Elements</i> abgebildet werden.
	B -> A	Die Geometrie eines <i>Road Elements</i> kann auf die Geometrie eines oder mehrerer <i>Strassenelemente</i> abgebildet werden.
1.7	A -> B	Der <i>Komplexe_Knoten</i> kann auf eine <i>Interchange</i> oder eine <i>Intersection</i> abgebildet werden.
	B -> A	Eine <i>Interchange</i> oder eine <i>Intersection</i> kann auf einen <i>Komplexen_Knoten</i> abgebildet werden.
2.1	A -> B	Die Zuordnung von punktuellen Sachverhalten auf Knoten ist in GDF nicht vorgesehen.
	B -> A	Siehe oben
2.2	A -> B	Punktuelle Sachverhalte, die ein Bauwerk oder eine Ausstattung darstellen, können über die Objektart <i>Road Related Object</i> auf ein <i>Road Element</i> referenziert werden.
	B -> A	Punktuelle Sachverhalte, die als <i>Road Related Object</i> abgebildet sind, können über das <i>Netzbezugsobjekt_Punkt</i> auf ein <i>Strassenelement</i> referenziert werden.
2.3	A -> B	Bestimmte lineare Sachverhalte können aus einem <i>Netzbezugsobjekt_Strecke</i> attributiv einem <i>Road Element</i> zugeordnet werden, wenn sie den gesamten Abschnitt betreffen. Als <i>segmented Attribute</i> können auch Sachverhalte, die nur einen Teil eines Abschnitts betreffen über eine Stationierung auf eine <i>Road Element</i> bezogen werden. Lineare Sachverhalte, die ein Bauwerk oder eine Ausstattung darstellen, können über die Objektart <i>Road Related Object</i> auf ein <i>Road Element</i> referenziert werden.
	B -> A	Die einem <i>Road Element</i> attributiv zugeordneten Eigenschaften können über das <i>Netzbezugsobjekt_Strecke</i> auf ein oder mehrere <i>Strassenelemente</i> stationiert werden. Gleiches gilt für Sachverhalte, die als <i>Road Related Object</i> abgebildet sind.
2.4	A -> B	Lineare Sachverhalte, die einem <i>Teilnetz</i> zugeordnet sind, müssten aufgesplittet und einzelnen <i>Road Elements</i> zugeordnet werden.

(A) OKSTRA kommunal ²⁰ – (B) GDF		
Aufgabenstellung	Austauschrichtung	Beschreibung
	B -> A	Eine Referenzierung von Sachverhalten auf eine „freie Gruppe“ von Kanten ist in GDF nicht vorgesehen.
Bewertung und Empfehlung		Der OKSTRA kommunal stützt sich auf ein Ordnungssystem, das dem von GDF Level 1 entspricht. <i>Verbindungspunkte</i> entsprechen Junctions und <i>Strassenelemente</i> den <i>RoadElements</i>, eine Abbildung zweier Netze ineinander ist also über deren Durchschnitt möglich, also die Menge gemeinsamer <i>Verbindungspunkte/Junctions</i>. Die Identifizierung gemeinsamer Knoten wird i.A. geometrisch erfolgen müssen. Über das gemeinsame Netz können dann zusätzliche Netzelemente vom Quell- in das Zielnetz übertragen werden, z.B. können im Quellnetz vorhandene <i>Junctions</i>, die zwischen zwei im Zielnetz benachbarten <i>Verbindungspunkten</i> liegen, dort zu neuen <i>Verbindungspunkten</i> samt der Zerschlagung des ursprünglichen <i>Strassenelements</i> führen. Im OKSTRA kommunal können punktuelle und lineare Sachverhalte auf Strassenelemente (oder Aggregate davon) referenziert werden. Ist also die Netzabbildung vorhanden, können auch Fachdaten von Quell- in das Zielnetz übertragen werden. Falls das Zielnetz z.B. nach GDF strukturiert ist, werden hierzu entweder neue <i>RoadRelatedObjects</i> zu bilden sein oder es sind neue <i>segmented attributes</i> an vorhandene Features anzubinden.

Zusammenfassend können die folgenden grundlegenden Unterschiede zwischen den betrachteten Netzmodellen genannt werden, die eine Umreferenzierung erschweren, so dass hier ein Harmonisierungsbedarf gegeben wäre:

- Die Netzmodelle von GDF und der Bundeseinheitl. VRZ sehen jeweils eine Achse pro Fahrbahn vor. Der OKSTRA[®] sieht hingegen nur eine Achse auch bei zweibahnigen Straßen vor. Dies führt dazu, dass umfangreiche Umreferenzierungen notwendig werden und teilweise keine eindeutigen Zuordnungen erfolgen können.
- Im OKSTRA[®] ist es nicht möglich, dass Fachdaten auf die GDF-nahe Sicht der *Straßenelemente* und *Verbindungspunkte* referenziert werden. Um diese Fachdaten z.B. auf GDF umzureferenzieren, wäre erst eine „interne“ Umreferenzierung aus dem Netzknoten-Stationierungssystem auf die GDF-Sicht im OKSTRA[®] notwendig bevor eine Umreferenzierung auf GDF möglich wäre.

- Im OKSTRA® werden die Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen an Anschlussstellen den Rampen (also den *Ästen*) zugeordnet, in GDF stellen sie einen zusätzlichen Fahrstreifen der Hauptfahrbahn dar. Aus dieser unterschiedlichen Sichtweise folgt, dass die Lage der *Nullpunkte* im OKSTRA® und der *Junction* in GDF deutlich voneinander abweichen und die Länge der *Äste* deutlich von der Länge der entsprechenden *Road Elements* in GDF abweicht.
- Die Strukturierung von komplexen Knotenpunktsystemen im Netzmodell der bundeseinheitlichen VRZ weicht deutlich von den Ansätzen im OKSTRA® und in GDF ab, so dass umfangreiche Zerschlagungen und Neu-Aggregationen von Linienhaften Objekten bei einer Umreferenzierung notwendig sind.

7.3 Anwendung der On-the-Fly-Referenzierung

Bewertet werden soll, ob die On-The-Fly-Referenzierung, die ursprünglich für den Austausch zwischen zwei verschiedenartigen GDF-Datensätzen eingesetzt werden, auch für den Austausch zwischen anderen Standards nutzbar ist.

7.3.1 Allgemeine Bewertung

Zu allererst soll eine allgemeine Bewertung der Verfahren vorgenommen werden.

Tabelle 26: Allgemeine Bewertung der On-the-Fly-Methoden

On-the-Fly-Methode	Allgemeine Bewertung
TPEG-Loc	Bei TPEG-Loc handelt es sich um eine der ersten Methoden zur On-the-Fly-Referenzierung. Das Verfahren wurde ursprünglich im Umfeld der DAB-Technik entwickelt, die sich aber bisher nicht durchgesetzt hat. In Folge dessen existieren bisher auch keine relevanten Anwendungen von TPEG-Loc. Die Methode ist zwar in DATEX II vorgesehen, scheint aber in Zukunft keine Relevanz für die Praxis zu haben. Die weiterentwickelten Methoden wie AGORA-C und dem darauf basierenden OpenLR scheinen auch aufgrund der besseren Performanz in Zukunft zum Einsatz zu kommen. Aus diesem Grund wird TPEG-Loc nicht weiter behandelt.
AGORA-C	AGORA-C ist eine umfangreich getestete Methode zur On-the-Fly-Referenzierung, die gute Ergebnisse bei der Kodierung und Dekodierung von unterschiedlichen GDF-Datensätzen erreicht. AGORA-C ist als ISO-Standard verabschiedet, steht aber gleichzeitig unter dem Schutz kommerzieller Lizenzen, so dass eine Nutzung kostenpflichtig ist. Aus diesem Grund wird erwartet, dass sich AGORA-C in der

On-the-Fly-Methode	Allgemeine Bewertung
	Praxis nicht weiter verbreiten wird, da gleichzeitig mit OpenLR eine ähnlich leistungsfähige Open Source-Lösung zur Verfügung steht. AGORA-C wird trotz dieser Bewertung in die weiteren Betrachtungen einbezogen.
OpenLR	OpenLR basiert auf AGORA-C und ist als Open Source-Lösung frei ohne kommerzielle Lizenzen verfügbar. Die Methode setzt auf den Methoden von AGORA-C auf, ist aber bisher nicht so umfangreich getestet worden wie AGORA-C. OpenLR liegt bereits als Level B-Extension für DATEX II vor, so dass zu erwarten ist, dass in einer neuen Version OpenLR voll in DATEX II integriert ist. Gegenüber AGORA-C steht OpenLR ohne patentrechtlichen Schutz zur freien Verfügung. Dies könnte ein ausschlaggebender Aspekt für eine schnellere Einführung in die Praxis von OpenLR gegenüber AGORA-C sein. OpenLR wird aufgrund dieser Bewertung in die weiteren Betrachtungen einbezogen.
LDM	LDM stellt keine On-the-Fly-Referenzierung im engeren Sinne dar. LDM wurde speziell für die Anwendung im Bereich der In-Car-Systeme bzw. der C2C oder C2X-Kommunikation entwickelt. Bisher sind nur wenige Informationen zu LDM öffentlich zugänglich. Eine genaue Spezifikation ist nicht verfügbar. Da LDM bisher nicht ausreichend dokumentiert ist und für die hier zu behandelnden Fragestellungen nicht als relevant erscheint, wird LDM in die folgenden Betrachtungen nicht einbezogen.

7.3.2 Anwendung von AGORA-C für Austausch OKSTRA <-> GDF

Betrachtet werden soll die Nutzung von AGORA-C zur Abbildung einer Linear Location. Für die Beschreibung der Location werden drei Arten von Point Location genutzt, die unterschiedliche Attribute und Aufgaben haben. Im Folgenden soll bewertet werden, ob die in AGORA-C genutzten Informationen im OKSTRA vorhanden sind und ob der Detaillierungsgrad des Netzes ausreicht um eine verlässliche Dekodierung der Location unter Nutzung eines Routings möglich ist.

Tabelle 27: Bewertung von AGORA-C für den Fall OKSTRA <-> GDF

Location /Attribute	OKSTRA <-> GDF
Core Point Allgemein	Es können nur Referenzen aus dem klassifizierten Netz identifiziert werden. Vor allem können Punkte aus GDF identifiziert werden, die als <i>Nullpunkt</i>, <i>Verbindungspunkt</i> oder <i>Strassenpunkt</i> (<i>Kreuzung_Straße_Weg</i>) im OKSTRA-Netz existieren. Liegen Core Points z.B. am Anfang und Ende der Referenzstrecke auf einem <i>Abschnitt</i>, dann kann diese Geometrie zwischen GDF und OKSTRA stark abweichen. Zur Definition der relevanten Punkte werden soweit möglich <i>Nullpunkte</i> und <i>Verbindungspunkte</i> herangezogen. <i>Strassenpunkte</i>, die auf einem Abschnitt liegen, besitzen bei einem zweibahnigen <i>Abschnitt</i> nur die ungefähre Lage der entsprechenden Punkte in GDF.
Location Point	Die <i>Location Points</i> definieren mindestens den Anfang und das Ende der zu referenzierenden Location. Hier sind <i>Strassenpunkte</i> auf den entsprechenden <i>Abschnitten</i> und <i>Ästen</i> zu bilden bzw. wenn der Anfang oder das Ende in einem Knotenpunkt liegt, die entsprechenden <i>Nullpunkte</i> oder <i>Verbindungspunkte</i>.
Intersection Point	Zur Definition der <i>Intersection Point</i> sollten <i>Nullpunkte</i> bzw. <i>Verbindungspunkte</i> gewählt werden, da diese in der Lage eher den <i>Junction</i> in GDF entsprechen. Bei einem <i>Intersection Point</i> auf einer durchgehenden Strecke sollte der zentrale <i>Nullpunkt</i> angegeben werden. Zu berücksichtigen ist, dass nicht alle Kreuzungen als <i>Netzknoten</i> ausgebildet sind. Zusätzlich <i>Intersection Points</i> können durch Auswertung der Objektart <i>Kreuzung_Straße_Weg</i> definiert werden.
Routing Point	Zur Definition eines <i>Routing Point</i> kann ein <i>Strassenpunkt</i> definiert werden, der eindeutig einem AoA zugeordnet werden kann.
Attribute	
locationType	Die location type „Intersection“ und „Road“ können aus dem OKSTRA heraus erzeugt werden und ist entsprechend zu wählen.
number of intermediate intersections	Kann ermittelt werden aus der Anzahl der <i>Netzknoten</i> zwischen zwei Punkten und zusätzlich der Anzahl der <i>Kreuzung_Straße_Weg</i> .
functional road class	Kann bedingt aus der <i>Strassenklasse</i> abgeleitet werden, wobei es hierfür bisher keine einheitlichen Abbildungsregeln gibt.

Location /Attribute	OKSTRA <-> GDF
form of way	Kann bedingt aus Eigenschaften eines <i>AoA</i> abgeleitet werden. <i>Ab-schnitte</i> erhalten den entsprechenden Wert in Abhängigkeit der <i>Strassenklasse</i> . Falls es sich nicht um eine Autobahn handelt, kann die <i>Bahnigkeit</i> hinzugezogen werden (für multiple or single carriageway). Äste können generell als <i>Slip Road</i> eingeordnet werden.
road descriptor	Kann aus der <i>Strassenbezeichnung</i> erzeugt werden. Straßennamen sind im OKSTRA nicht vorgesehen.
bearing	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
connection angle	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
parallel carriageway indicator	Sollten mehrerer Fahrbahnen für eine Fahrrihtung existieren, dann dürfen diese eigentlich nicht an den gleichen <i>Netzknoten</i> beginnen und enden. Durch die Definition von entsprechenden <i>Intersection Points</i> und <i>Routing Points</i> sollte eine eindeutige Zuordnung zu einer Fahrbahn möglich sein. Ansonsten wäre dieses Attribut nur sehr aufwändig aus den Informationen zu <i>Querschnittsstreifen</i> zu ermitteln.
intersection type	Können weitgehend aus der <i>Knotenpunktform</i> und der <i>Knotenpunktfunktion</i> erzeugt werden.
point distance	Kann aus der Geometrie berechnet werden (oder aus dem <i>Laenge-Attribut</i> von <i>AoA</i>).
driving direction flag	Muss in Bezug auf Stationierungsrichtung ermittelt werden.
Road descriptor of intersection	Kann aus dem Knotenname des <i>Netzknotens</i> erzeugt werden.
driving direction	Muss in Bezug auf Stationierungsrichtung ermittelt werden.
perpendicular distance maximum	Maximumwert muss entsprechend AGORA-C-Regeln definiert werden. Reale Distanz kann aus Geometrie ermittelt werden.
minimal Functional road class	Kann aus der <i>Strassenklasse</i> abgeleitet werden.
Koordinaten	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
Bewertung	Im OKSTRA-Netz sind nur Teilausschnitte eines GDF-Netzes vorhanden. Die Referenz muss durch <i>Intersection Point</i> und <i>Routing Points</i> sowie durch eine Angabe der <i>minimal functional road class</i> so genau angegeben werden, dass im Austausch von OKSTRA nach GDF nicht „durch das untergeordnete Netz geroutet wird“. Zu beachten ist, dass

Location /Attribute	OKSTRA <-> GDF
	nicht alle <i>Intersection</i> aus GDF im OKSTRA abgebildet sind und deshalb hier die Informationen zu <i>Kreuzung_Straße_Weg</i> ausgewertet werden muss. Die Lage der <i>Nullpunkte</i> entspricht auch nicht der Lage der <i>Junction</i> in GDF, außerdem sind in GDF <i>Junction</i> definiert (zur Aufteilung der <i>Road Elements</i>), wo keine Knotenpunkte existieren, so dass hier keine <i>Nullpunkte</i> oder <i>Verbindungspunkte</i> im OKSTRA angelegt werden. Bezüglich der Geometrie liegen bei zweibahnigen Abschnitten größere Unterschiede zwischen OKSTRA und GDF vor, so dass hier Dekodierfehler auftreten könnten. Gleiches gilt für komplexe Knotenpunktsystem, wo die <i>Nullpunkte</i> (bzw. die <i>Nullpunktsorte</i>) von der Lage der <i>Junction</i> abweichen können. Am geeignetsten für die Nutzung wären die <i>Verbindungspunkte</i> sowie auf den <i>Strassenelementen</i> stationierte Punkte (was aber im OKSTRA nicht möglich ist). Bei einer Dekodierung im OKSTRA-Netz müsste ein kürzestes Weg-Routing im Netzknoten-Stationierungssystem durchgeführt werden. Dazu könnte die neu eingeführte <i>Verbotene_Fahrbeziehung_NP</i> genutzt werden. Die Identifikation einer Location, die nur auf einem Straßenzug liegt erscheint mit AGORA-C mit großer Sicherheit möglich zu sein. Die Identifikation einer Location innerhalb eines Knotenpunktes erscheint mit AGORA-C möglich zu sein, wenn auch mit größerer Unsicherheit. Die Identifikation einer Location, die über mehrere Straßenzüge und Knotenpunkte verläuft, erscheint mit AGORA-C möglich zu sein, wobei eine größere Sicherheit gegeben ist, wenn der Start- und Endpunkt auf der freien Strecke liegt. Die Sicherheit bei der Identifikation von Location ist bei einbahnigen Straßen größer als bei zweibahnigen.

7.3.3 Anwendung von AGORA-C für Austausch OKSTRA kommunal <-> GDF

Betrachtet werden soll die Nutzung von AGORA-C zur Abbildung einer Linear Location. Für die Beschreibung der Location werden drei Arten von Point Location genutzt, die unterschiedliche Attribute und Aufgaben haben. Im Folgenden soll bewertet werden, ob die in AGORA-C genutzten Informationen im OKSTRA kommunal vorhanden sind und ob der De-

taillierungsgrad des Netzes ausreicht um eine verlässliche Dekodierung der Location unter Nutzung eines Routings möglich ist.

Tabelle 28: Bewertung von AGORA-C für den Fall OKSTRA kommunal <-> GDF

Location /Attribute	OKSTRA kommunal <-> GDF
Core Point Allgemein	Ein OKSTRA kommunal-Netz sollte im Umfang und der Netzabdeckung einem GDF-Netz entsprechen. Es kann davon ausgegangen werden, dass alle <i>Intersection</i> aus GDF auch im OKSTRA kommunal-Netz vorhanden sind. Die Lage der <i>Verbindungspunkte</i> sollte der Lage der <i>Junction</i> in etwa entsprechen, wobei dies von der Detaillierungstiefe des jeweiligen kommunalen Netzes abhängt.
Location Point	Die <i>Location Points</i> definieren mindestens den Anfang und das Ende der zu referenzierenden Location. Hier sind <i>Strassenelementpunkte</i> auf den entsprechenden <i>Strassenelementen</i> zu bilden bzw. wenn der Anfang oder das Ende in einem Knotenpunkt liegt, die entsprechenden <i>Verbindungspunkte</i> zu nutzen.
Intersection Point	Zur Definition der <i>Intersection Point</i> werden die <i>Verbindungspunkte</i> gewählt.
Routing Point	Zur Definition eines <i>Routing Point</i> kann ein <i>Strassenelementpunkt</i> definiert werden, der eindeutig einem <i>Strassenelement</i> zugeordnet werden kann.
Attribute	
locationType	Die location type „Intersection“ und „Road“ können aus dem OKSTRA kommunal heraus erzeugt werden und ist entsprechend zu wählen.
number of intermediate intersections	Kann ermittelt werden aus der Anzahl der <i>Verbindungspunkte</i> zwischen zwei Punkten, wenn diese einfache Knotenpunkte repräsentieren. Sollten komplexere Knotenpunktsysteme vorhanden sein, so könnte die Auswertung der Anzahl der Objektart <i>Komplexer_Knoten</i> notwendig werden.
functional road class	Eine Strassenklasse im Sinne von GDF ist nicht vorgesehen. Es ist zwar eine <i>Strassenklasse_kommunal</i> vorgesehen, diese wird aber in der Praxis nicht im Sinne von GDF genutzt werden.
form of way	Ist im OKSTRA kommunal nicht vorgesehen.
road descriptor	Eine Straßennummer ist im OKSTRA kommunal nicht vorgesehen.

Location /Attribute	OKSTRA kommunal <-> GDF
	Der Straßenname kann aus der Objektart <i>kommunale_Strasse</i> übernommen werden.
bearing	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
connection angle	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
parallel carriageway indicator	Sollten mehrere Fahrbahnen für eine Fahrrichtung existieren, dann dürfen diese eigentlich nicht an den gleichen <i>Verbindungspunkten</i> beginnen und enden. Durch die Definition von entsprechenden <i>Intersection Points</i> und <i>Routing Points</i> sollte eine eindeutige Zuordnung zu einer Fahrbahn möglich sein. Ansonsten wäre dieses Attribut nur sehr aufwändig aus den Informationen zu <i>Querschnittsstreifen</i> zu ermitteln.
intersection type	Rudimentäre Informationen zur Art des Knotenpunktes können nur aus der <i>Art_komplexer_Knoten</i> abgeleitet werden.
point distance	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
driving direction flag	Muss in Bezug auf Stationierungsrichtung ermittelt werden.
Road descriptor of intersection	Eine Beschreibung der <i>Verbindungspunkte</i> ist im OKSTRA kommunal nicht vorgesehen.
driving direction	Muss in Bezug auf Stationierungsrichtung ermittelt werden.
perpendicular distance maximum	Maximumwert muss entsprechend AGORA-C-Regeln definiert werden. Reale Distanz kann aus Geometrie ermittelt werden.
minimal Functional road class	Eine Strassenklasse im Sinne von GDF ist nicht vorgesehen. Es ist zwar eine <i>Strassenklasse_kommunal</i> vorgesehen, diese wird aber in der Praxis nicht im Sinne von GDF genutzt werden.
Koordinaten	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
Bewertung	Es kann erwartet werden, dass die Geometrie eines OKSTRA kommunal-Netzes voraussichtlich weitgehend einem GDF-Netz entsprechen wird, wenn der Detaillierungsgrad bei der Netzaufnahme entsprechend gewählt worden ist. Es werden voraussichtlich alle Knotenpunkte sowohl im OKSTRA kommunal-Netz als auch im GDF-Netz vorhanden sein. Problematisch ist, dass die beschreibenden Attribute aus GDF wie z.B. <i>functional road class</i> und <i>form of way</i> im OKSTRA kommunal fehlen. Auch ein Knotenpunkttyp ist im OKSTRA kommunal so nicht vorgesehen.

7.3.4 Anwendung von OpenLR für Austausch OKSTRA <-> GDF

Betrachtet werden soll die Nutzung von OpenLR zur Abbildung einer Linear Location. Für die Beschreibung der Location werden *Location Reference Points* genutzt, die unterschiedliche Attribute und Aufgaben haben. Im Folgenden soll bewertet werden, ob die in OpenLR genutzten Informationen im OKSTRA vorhanden sind und ob der Detaillierungsgrad des Netzes ausreicht um eine verlässliche Dekodierung der Location unter Nutzung eines Routings möglich ist.

Tabelle 29: Bewertung von OpenLR für den Fall OKSTRA <-> GDF

Location /Attribute	OKSTRA <-> GDF
Location Reference Points Allgemein	Für die Beschreibung der Location sollen nur wirkliche Knotenpunkte (und hier <i>Junction</i>) genutzt werden. Im OKSTRA sollten deshalb <i>Nullpunkte</i> bzw. <i>Verbindungspunkte</i> zur Beschreibung der <i>Location Reference Points</i> genutzt werden.
Attribute	
functional road class	Kann bedingt aus der <i>Strassenklasse</i> abgeleitet werden.
form of way	Kann bedingt aus Eigenschaften eines <i>AoA</i> abgeleitet werden. <i>Ab-schnitte</i> erhalten den entsprechenden Wert in Abhängigkeit der <i>Strassenklasse</i> . Falls es sich nicht um eine Autobahn handelt, kann die <i>Bahnigkeit</i> hinzugezogen werden (für multiple or single carriageway). Äste können generell als <i>Slip Road</i> eingeordnet werden. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass geeignete Abbildungsregeln entwickelt werden.
bearing	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
distance to next point	Kann aus der Geometrie berechnet werden (oder aus dem Laenge-Attribut von <i>AoA</i>).
lowest FRC	Kann aus der <i>Strassenklasse</i> abgeleitet werden. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass geeignete Abbildungsregeln entwickelt werden.
side of road	Ist nur bei Point of Interests relevant.
orientation information	Ist nur bei Point of Interests relevant.
positive offset	Kann aus der Lage des <i>Strassenpunktes</i> am Beginn der Location ermittelt werden.
negative offset	Kann aus der Lage des <i>Strassenpunktes</i> am Ende der Location ermittelt werden.
Koordinaten	Kann aus der Geometrie berechnet werden.

Location /Attribute	OKSTRA <-> GDF
Bewertung	Eine OpenLR Location wird immer durch zwei wirkliche Knotenpunkte begrenzt, so dass im OKSTRA die <i>Nullpunkte</i> in den <i>Netzknoten</i> oder <i>Verbindungspunkte</i> zu wählen sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im OKSTRA nicht alle Knotenpunkte als <i>Netzknoten</i> abgebildet sind, so dass u.U. die gewählten Offsets über reale Knotenpunkte, die in GDF abgebildet sind, hinausgehen. Zu berücksichtigen ist, dass im OKSTRA und in GDF die Lage von <i>Nullpunkten</i> und <i>Junction</i> zum Teil deutlich voneinander abweichen. Ansonsten können aus dem OKSTRA alle relevanten Attribute gebildet werden, wobei ein Mapping zu den aus GDF bekannten Ausprägungen z.B. zur <i>functional road class</i> erfolgen muss.

7.3.5 Anwendung von OpenLR für Austausch OKSTRA kommunal <-> GDF

Betrachtet werden soll die Nutzung von OpenLR zur Abbildung einer Linear Location. Für die Beschreibung der Location werden *Location Reference Points* genutzt, die unterschiedliche Attribute und Aufgaben haben. Im Folgenden soll bewertet werden, ob die in OpenLR genutzten Informationen im OKSTRA kommunal vorhanden sind und ob der Detaillierungsgrad des Netzes ausreicht um eine verlässliche Dekodierung der Location unter Nutzung eines Routings möglich ist.

Tabelle 30: Bewertung von OpenLR für den Fall OKSTRA kommunal <-> GDF

Location /Attribute	OKSTRA kommunal <-> GDF
Location Reference Points Allgemein	Für die Beschreibung der Location sollen nur wirkliche Knotenpunkte (und hier <i>Junction</i>) genutzt werden. Im OKSTRA kommunal sollten deshalb <i>Verbindungspunkte</i> zur Beschreibung der von <i>Location Reference Points</i> genutzt werden. Die Lage der <i>Verbindungspunkte</i> sollte der Lage der <i>Junction</i> in etwa entsprechen, wobei dies von der Detaillierungstiefe des jeweiligen kommunalen Netzes abhängt.
Attribute	
functional road class	Eine Strassenklasse im Sinne von GDF ist nicht vorgesehen. Es ist zwar eine <i>Strassenklasse_kommunal</i> vorgesehen, diese wird aber in der Praxis nicht im Sinne von GDF genutzt werden.
form of way	Ist im OKSTRA kommunal nicht vorgesehen.

Location /Attribute	OKSTRA kommunal <-> GDF
bearing	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
distance to next point	Kann aus der Geometrie berechnet werden (oder aus dem Laenge-Attribut vom <i>Strassenelement</i>).
lowest FRC	Eine Strassenklasse im Sinne von GDF ist nicht vorgesehen. Es ist zwar eine <i>Strassenklasse_kommunal</i> vorgesehen, diese wird aber in der Praxis nicht im Sinne von GDF genutzt werden.
side of road	Ist nur bei Point of Interests relevant.
orientation information	Ist nur bei Point of Interests relevant.
positive offset	Kann aus der Lage des <i>Strassenelementpunktes</i> am Beginn der Location ermittelt werden.
negative offset	Kann aus der Lage des <i>Strassenelementpunktes</i> am Ende der Location ermittelt werden.
Koordinaten	Kann aus der Geometrie berechnet werden.
Bewertung	Die Geometrie der OpenLR Location (im Vergleich zu GDF) kann durch den OKSTRA kommunal (bei einer entsprechenden Detaillierungstiefe bei der Aufnahme des Netzes) wahrscheinlich abgebildet werden. Eine Problematik ist, dass wichtige Attribute wie die <i>functional road class</i> oder <i>form of way</i> im OKSTRA kommunal nicht verfügbar sind.

7.3.6 Fazit

Der Einsatz von On-the-Fly-Methoden mit unterschiedlichen Quell- und Zielnetzen aus den Bereichen Straßeninformationssysteme und Intelligente Verkehrssysteme ist bisher noch nicht erprobt worden. Generell erscheint es möglich, dass On-the-Fly-Referenzierungen als Methode genutzt werden können, um Sachverhalte aus einem OKSTRA® oder OKSTRA kommunal-Netz in eine GDF-Netz umzureferenzieren. Die Güte der Umreferenzierung ist abhängig davon, wie komplex die Netzreferenz sich darstellt. Einfache lineare Referenzierungen auf einem Straßenzug bzw. innerhalb eines Abschnitts erscheinen mit hoher Güte möglich zu sein. Netzreferenzen innerhalb von Knotenpunktsystemen und mit komplexen Routen über verschiedenste Straßenzüge hinweg stellen hohe Ansprüche an die Beschreibung der On-the-Fly-Referenz. Folgende Faktoren beeinflussen die Güte der On-the-Fly-Referenzierung vor allem:

- Die Ausbildung von komplexen Knotenpunkten im OKSTRA® und in GDF weichen (hinsichtlich der Lage von *Nullpunkten* und *Junction*) stark voneinander ab.
- Im OKSTRA® wird nur das übergeordnete Netz abgebildet. Knotenpunkte mit untergeordneten Straßen liegen nicht als *Netzknoten* (inkl. *Nullpunkte*) vor.
- Die Ausprägungen für Form of Way und Functional Road Class von GDF müssen im OKSTRA® aus verschiedensten Attributen der Netzelemente abgeleitet werden, wobei hier u.U. auch nur eine teilweise Abbildung möglich wird. Im OKSTRA kommunal liegen diese Informationen quasi nicht vor.
- Da sowohl ein OKSTRA-Netz als auch ein OKSTRA kommunal-Netz nur einen Teilausschnitt eines GDF-Netzes darstellen, muss durch eine entsprechende Ausbildung der On-The-Fly-Referenz beim shortest path-Routing sichergestellt werden, dass nur relevante Netzbereiche berücksichtigt werden.

Aufgrund der Bereitstellung von OpenLR ohne patentrechtlichen Schutz, erscheint es sinnvoll, die Anwendung von OpenLR in einer Pilotanwendung zu testen. Da OpenLR als Level B-Extension für DATEX II existiert, wäre hiermit eine Möglichkeit gegeben, über DATEX II auf ein OKSTRA oder OKSTRA kommunal-Netz referenzierte Sachverhalte zu transportieren, wobei der Empfänger die Netzreferenz auf ein GDF-Netz umreferenzieren könnte.

7.4 Anwendung der Linearen Referenzierung

In diesem Kapitel soll die Anwendung der Linearen Referenzierung, so wie sie in DATEX II und in GDF definiert ist, bewertet werden. Die Zielsetzung ist, dass eine lineare Referenzierung in diesen Standards auf Basis der Referenzierungssysteme aus OKSTRA und OKSTRA kommunal möglich wird.

7.4.1 Lineare Referenzierung in DATEX II

Abbildung 25 und Abbildung 26 zeigen das UML-Modell zum Einsatz der Linearen Referenzierung in DATEX II (einmal für eine punktuelle und einmal für eine linienhafte Verortung).

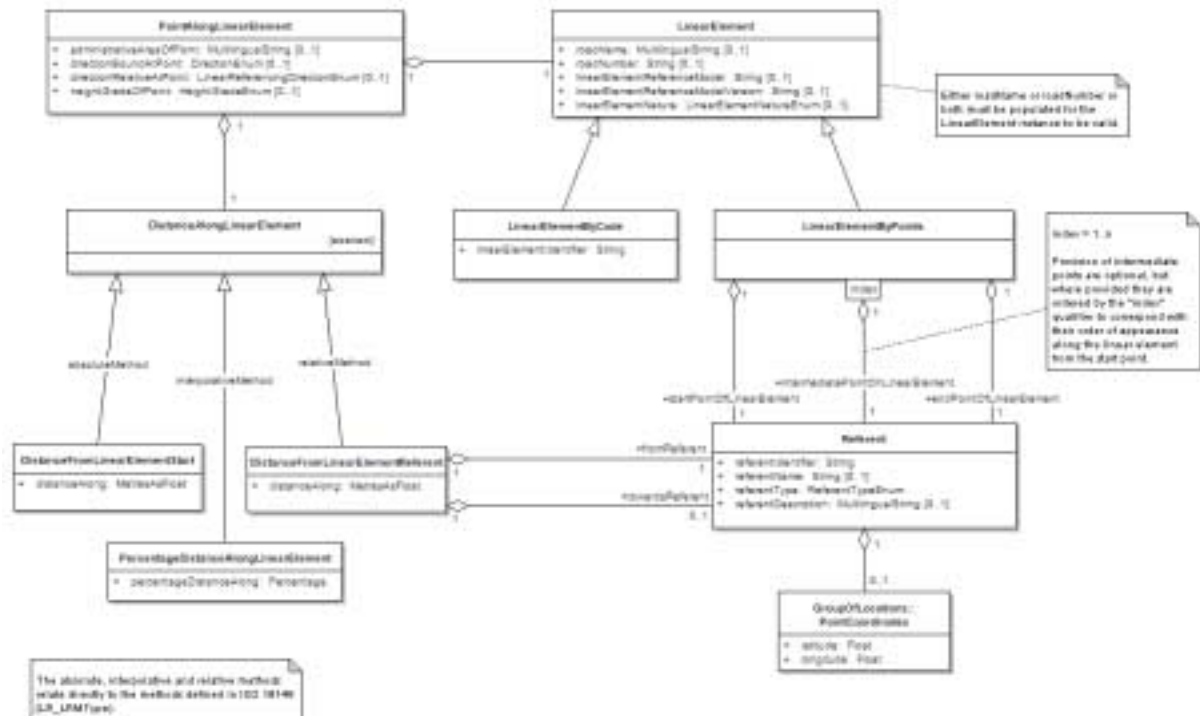


Abbildung 25: UML-Modell für die Nutzung der Linearen Referenzierung für Punktoobjekte

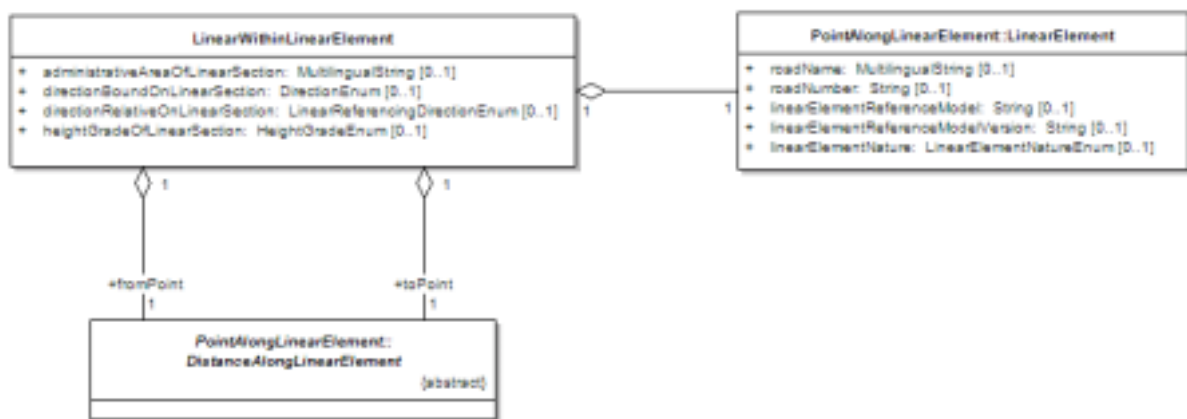


Abbildung 26: UML-Modell für die Nutzung der Linearen Referenzierung für Linienobjekte

Dieses Datenmodell erlaubt für die Verortung von Punktoobjekten folgende Angaben für die Verortung von Punktoobjekten, die aus einem OKSTRA bzw. OKSTRA kommunal-konformen Datensatz für DATEX II bereitgestellt werden können.

Tabelle 31: Anwendung der Linearen Referenzierung in DATEX II

Objektart DATEX II	Attribut DATEX II	Information aus OKSTRA/ OKSTRA kommunal
<i>PointAlongLinearElement</i>	<i>directionRelativeAtPoint</i>	Angabe, für welche Richtung in Bezug auf die Stationierungsrichtung des AoA bzw. des <i>Strassenelements</i> die Information gilt
<i>DistanceFromLinearElementStart</i>	<i>distanceAlong</i>	Stationsangabe in Meter bezogen auf den Anfang der referenzierten Kante (AoA oder <i>Strassenelement</i>) (dies ist eine von drei Alternativen zur Stationierung des Punktes auf der referenzierten Kante)
<i>PercentageDistanceAlongLinearElement</i>	<i>percentageDistanceAlong</i>	Stationsangabe als Anteil der Gesamtlänge in Prozent, gemessen vom Anfang der Kante (AoA oder <i>Strassenelement</i>) (dies ist eine von drei Alternativen zur Stationierung des Punktes auf der referenzierten Kante)
<i>DistanceFromLinearElementReferent</i>	<i>distanceAlong</i>	Stationierungsangabe in Metern, bezogen auf einen auf der referenzierten Kante selbst stationierten Referenzpunkt (dies ist eine von drei Alternativen zur Stationierung des Punktes auf der referenzierten Kante). Dieser Referenzpunkt kann ein <i>Strassenpunkt</i> aus dem OKSTRA oder ein <i>Strassenelementpunkt</i> aus dem OKSTRA kommunal sein.
<i>LinearElement</i>	<i>roadName</i>	Straßenname im OKSTRA kommunal, im OKSTRA® nicht vorgesehen
	<i>roadNumber</i>	Straßennummer im OKSTRA®, im OKSTRA kommunal nicht vorgesehen
	<i>linearElementReferenceModel</i>	Beschreibung des Herkunftsdatenmodells
	<i>linearElementReferenceModelVersion</i>	Version des Herkunftsdatenmodells

Objektart DATEX II	Attribut DATEX II	Information aus OKSTRA/ OKSTRA kommunal
	linearElementNatu- re	Beschreibung der Art des referenzierten linearen Objektes, wobei die folgenden Arten aus einer Enumeration ausgewählt werden können: • Road • RoadSection • SlipRoad • Other Äste im OKSTRA können als SlipRoad und Abschnitte als RoadSection abgebildet werden. Im OKSTRA kommunal wäre nur eine generelle Abbildung der <i>Strassenelemente</i> als RoadSection möglich.
<i>LinearElementByCode</i>	linearElementIdentifizier	ID der referenzierten Kante im Herkunftsdatenmodell (z.B. Abschnitts-/Astnummer oder ID des Strassenelements) (dies ist eine von zwei Alternativen zur Identifikation der Kante)
<i>LinearElementByPoints</i>		Beschreibung der Kante durch Referenzpunkte (<i>Referent</i>), wobei mindestens ein Anfangspunkt und ein Endpunkt (<i>Netzknoten</i>, <i>Nullpunkte</i> oder <i>Verbindungspunkte</i>) definiert werden muss. Zusätzlich können beliebig viele Zwischenpunkte definiert werden. (dies ist eine von zwei Alternativen zur Identifikation der Kante)
Referent	referentIdentifizier	ID des Punktes im Herkunftsdatenmodell (z.B. Netzknoten-/Nullpunktnummer oder Nummer des Verbindungspunkts)
	referentName	Name des Punktes im Herkunftsdatenmodell, wobei nur der Netzknoten einen Namen besitzt.

Objektart DATEX II	Attribut DATEX II	Information aus OKSTRA/ OKSTRA kommunal
	referentType	Art des Referenzpunktes, wobei die folgenden Arten aus einer Enumeration ausgewählt werden können: • Boundary • Intersection • ReferenceMarker • Landmark • RoadNode Kann beim <i>Netzknoten</i> aus der Knotenpunktfunktion abgeleitet werden, im OKSTRA kommunal könnte allenfalls eine Auswertung der Art eines <i>Komplexen_Knotens</i> erfolgen.
	referentDescription	Freitext zur Beschreibung des Referenzpunktes
<i>PointCoordinates</i>	latitude	Geokoordinaten des Referenzpunktes
	longitude	Geokoordinaten des Referenzpunktes

Die lineare Referenzierung erfolgt also durch eine Beschreibung der Kante, auf die ein Sachverhalt verortet werden soll, durch seine Eigenschaften wie die Bezeichnung oder eine ID und alternativ (oder zusätzlich) durch die Geometrie. Der Empfänger einer DATEX II-Meldung, die diese Art der Verortung nutzt, muss also

- entweder den Netzdatensatz aus dem Quellsystem (der SIB) kennen
- oder aber anhand der Eigenschaften und/oder Geometrie die entsprechende Kante identifizieren,

damit er die Verortungsinformationen richtig interpretieren kann.

7.4.2 Lineare Referenzierung in GDF

Das Datenmodell in GDF erlaubt es, dass auf die *Road Elements* sogenannte *Reference Points* verortet werden, die die Stützpunkte eines alternativen Ordnungssystems darstellen. Mit der Objektart *Road Related Object related to ChainageReferencing Section* können dann Sachverhalte auf dieses neue Ordnungssystem bezogen werden.

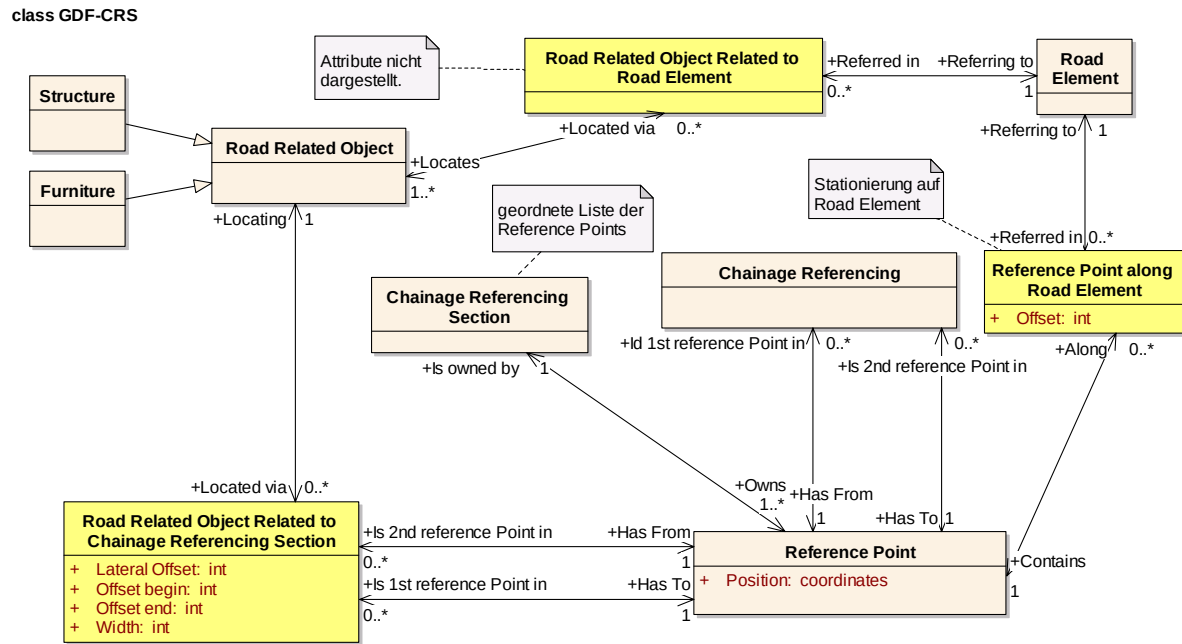


Abbildung 27: Datenmodell aus GDF zur linearen Referenzierung

Durch die Abbildung der Standorte der Kilometrierungstafeln könnte somit z.B. das Kilometrierungssystem an Autobahnen abgebildet werden. Durch die Abbildung der *Nullpunkte* aus einem OKSTRA-Netz oder der *Verbindungspunkte* aus einem OKSTRA kommunal-Netz könnten die dortigen Stationierungssysteme in den GDF-Datensatz integriert werden und als Grundlage für eine lineare Referenzierung dienen.

Damit dies funktioniert müssen die GDF-Daten Provider allerdings die entsprechenden Daten für *Reference Points* und *Chainage Reference Section* in ihre Netzdatensätze aufnehmen. Es ist unwahrscheinlich, dass Unternehmen wie NavTeq oder TeleAtlas den dazu notwendigen Aufwand leisten.

7.4.3 Fazit

Die Anwendung des Datenmodells für die Lineare Referenzierung in DATEX II stellt eine Möglichkeit dar, um eine OKSTRA oder OKSTRA kommunal-Netzreferenz in einer DATEX II-Meldung abzubilden. Der Empfänger der Daten muss zur Interpretation aber das jeweilige Ursprungsnetz kennen. Es ist im Moment nicht davon auszugehen, dass komplette Netze ausgetauscht werden, damit entsprechende Lineare Referenzierungen in DATEX II interpretiert werden können. Sollte die Variante der „On-the-Fly“-Interpretation genutzt werden, dann bietet sich eher die Anwendung von OpenLR an, welches auch Bestandteil von DATEX II ist.

Die Nutzung der Linearen Referenzierung in GDF ist bisher nicht praxisrelevant. Hier müssten die Provider von GDF-Netzdaten die entsprechenden Referenzierungssysteme in ihre Datenbestände aufnehmen, wobei im Moment nicht davon ausgegangen werden kann, dass dies aufgrund des Versorgungsaufwands geschieht.

7.5 Transformation durch Integration von Netzmodellen oder – daten

7.5.1 Integrationsebene Schema

Es gibt zwei Varianten zur Integration von Schemata verschiedener Datenstandards:

1. Nachmodellierung einer in Modell A benötigten Objektklasse aus Modell B bei Übernahme der Semantik aus Modell B unter Berücksichtigung der Modellierungsregeln aus Modell A. (Beispiel: Integration von RDS/TMC-LCL in OKSTRA® oder in Netzmodell der Bundeseinheitlichen VRZ). Problem ist die hohe Abhängigkeit zwischen den Fortschreibungen dieser beiden Standards A und B.
2. Einführung eines generischen Containers (Containerobjektklassen) in Modell A, der die benötigten Objektklassen aus Modell B enthalten kann. Vorteil ist die lose Kopplung der Standards. Außerdem kann der Container Objektklassen aus beliebigen anderen Modellen enthalten.

Tabelle 32: Bewertung der Integrationsebene Schema

Standard SIB	Standard IVS	Variante 1	Variante 2	Bewertung/Empfehlung
OKSTRA®	RDS/TMC	Vorschlag zur Integration der LCL in OKSTRA® liegt vor (I0048.doc), müsste nur übernommen werden.	Integration von „generischem Container“ in OKSTRA® müsste spezifiziert werden.	Integration auf Schemaebene generell sinnvoll. Variante 1 könnte schnell umgesetzt werden, Variante 2 wäre nachhaltiger, müsste aber erst noch spezifiziert werden. Empfehlung: Langfristig Variante 2 anstreben
OKSTRA®	Bundeseinh. VRZ	nicht sinnvoll	Integration von „generischem Container“ in OKSTRA® müsste spezifiziert werden.	Eher kein Bedarf für Integration auf Schemaebene. Empfehlung: Falls Integration erforderlich werden würde, Variante 2 umsetzen
OKSTRA®	GDF	Modellierung von GDF-Objekten durch die Abbil-	Integration von „generischem Container“ in	Im OKSTRA® existieren mit den Objektklassen für die <i>Verbindungspunk-</i>

Standard SIB	Standard IVS	Variante 1	Variante 2	Bewertung/Empfehlung
		dung von <i>Straßenelementen</i> und <i>Verbindungspunkten</i> möglich. <i>Strassenelement</i> kann GDF-ID von <i>Road Element</i> attributiv tragen. Problem: ID ist nicht permanent.	OKSTRA® müsste spezifiziert werden.	<i>te</i> und die <i>Straßenelemente</i> Möglichkeiten zur Abbildung von GDF-Strukturen. Eine weitere Integration auf Schemaebene ist nicht notwendig. Die Versorgung der GDF-Sicht muss erfolgen und die Möglichkeit zur Verortung auf diese GDF-Sicht geschaffen werden. Zur Integration von in GDF verorteten Sachverhalten im OKSTRA® bietet sich die Variante 2 an.
OKSTRA kommunal	RDS/TMC	Vorschlag für Integration von LCL in OKSTRA kommunal müsste entwickelt werden, wobei Ansatz aus dem OKSTRA als Vorlage dienen kann.	Integration von „generischem Container“ in OKSTRA kommunal müsste spezifiziert werden.	Integration auf Schemaebene generell sinnvoll. Variante 1 könnte verhältnismäßig schnell umgesetzt werden, Variante 2 wäre nachhaltiger, müsste aber erst noch spezifiziert werden. Empfehlung: Langfristig Variante 2 anstreben
OKSTRA kommunal	GDF	Modellierung von GDF-Objekten durch die Abbildung von <i>Straßenelementen</i> und <i>Verbindungspunkten</i> möglich. <i>Strassenelement</i>	Integration von „generischem Container“ in OKSTRA® müsste spezifiziert werden.	Struktur des OKSTRA kommunal ist sehr GDF-nah. Werden bei der Erfassung der Netzdaten die Netzstrukturen wie bei GDF abgebildet, dann sind ein OKSTRA kommunal-Netz und ein

Standard SIB	Standard IVS	Variante 1	Variante 2	Bewertung/Empfehlung
		kann GDF-ID von <i>Road Element</i> attributiv tragen. Problem: ID ist nicht permanent		GDF-Netz aufeinander abbildbar. Eine weitere Integration auf Schemaebene ist nicht notwendig. Zur Integration von in GDF verorteten Sachverhalten im OKSTRA® bietet sich die Variante 2 an.

Empfehlung: Für den OKSTRA® und den OKSTRA kommunal werden Änderungsanträge zur Ergänzung der Datenmodelle um generische Container zur Referenzierung von „externen Netzelemente“ gestellt. Durch diese Konstruktion können beliebige externe Referenzen aufgenommen werden, ohne dass eine Abhängigkeit von der Entwicklung des jeweiligen Standards besteht.

Generische Container

Die Technik der generischen Container bietet sich für Daten an, deren Struktur durch XML-Schemata oder Spezialisierungen davon wie etwa GML-Applikationsschemata beschrieben ist. Die Aufgabenstellung ist, das Modell des Standards A so zu erweitern, dass dem entsprechende Objektinstanzen (unten mit OI abgekürzt) Informationen aufnehmen können, die gemäß weiterer Modelle B, C usw. strukturiert sind. Die folgende Tabelle beschreibt Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten.

Tabelle 33: Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten für das Konzept des generischen Containers

Anforderung	Lösungsmöglichkeit
OI nach Modell A sollen Zusatzinformationen beliebiger, XML-basierter Standards aufnehmen können, auch mehrerer zugleich	Es wird eine Eigenschaft <i>fremdInhalt</i> mit Kardinalität 0..* in das Modell A integriert. Der Typ von <i>fremdInhalt</i> muss ein Element <i>Inhalt</i> zur Aufnahme der Zusatzinformation enthalten. <i>Inhalt</i> muss den Typ <i>anyType</i> haben.

Anforderung	Lösungsmöglichkeit
Es muss möglich sein, auch Inhalte abzubilden, die keiner der Objektklassen von A zuzuordnen sind.	Es wird eine Klasse <i>fremdObjekt</i> in das Modell A integriert, das nur eine Eigenschaft <i>fremdInhalt</i> enthält.
Die notwendige Änderung an Modell A soll so gering wie möglich ausfallen.	Für Objektklassen aus A wird die Eigenschaft <i>fremdInhalt</i> der Wurzelklasse des Vererbungsgraphen zugewiesen. (Hinweis: Die Auswirkungen von Mehrfachvererbung wären näher zu untersuchen.)
Es soll ersichtlich sein, welche Informationen nach den Strukturen der Modelle B, C usw. aufgebaut sind.	<i>fremdInhalt</i> muss anzeigen, welches Modell verwendet wurde. Der Typ von <i>fremdInhalt</i> muss ein Element oder Attribut dafür aufweisen.
Es müssen verschiedene Versionen der Modelle B, C usw. ansprechbar sein.	<i>fremdInhalt</i> muss anzeigen, welche Version verwendet wurde. Der Typ von <i>fremdInhalt</i> muss ein Element oder Attribut dafür aufweisen.
Applikationen nach Modell A, die keine Zusatzinformation verarbeiten, müssen auch mit Daten zurechtkommen, in denen solche enthalten sind.	<i>fremdInhalt</i> muss korrekt validieren. Alle relevanten <i>schemaLocations</i> sind anzugeben.
Applikationen, die Zusatzinformation ausnutzen, müssen sicher sein, dass diese entsprechend dem zugehörigen Modell kodiert sind.	Mit dem Attribut <i>xsi:type</i> an <i>Inhalt</i> kann dieser näher bestimmt werden.

Neben dieser Möglichkeit sind innerhalb des Rahmens von XML Schema bzw. GML auch noch andere Möglichkeiten denkbar, z.B. die Verwendung von Elementen, die durch beliebige Elemente anderer XML-Sprachräume ersetzbar sind. Eine nähere, vergleichende Analyse dieser Alternativen setzt entsprechende Praxistests voraus, die im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt werden können. Hier soll zunächst demonstriert werden, dass es eine implementierbare Möglichkeit zur Umsetzung des Konzeptes des Generischen Containers gibt.

7.5.2 Integrationsebene Objekt

Hier gibt es zwei Varianten

- Zusammenführung von Datenbeständen aus zwei Quellen durch Verschmelzung (Conflation) und Erzeugung eines Transformationsnetzes, welches die Eigenschaften der beiden Ausgangsnetze enthält (Beispiel: SNG). Für diese Variante ist es unabdinglich, zunächst das Modell festzulegen, nach dem das Transformationsnetz aufgebaut werden soll. Im nächsten Schritt sind
 - a. die gemeinsamen Objekte der Netze zu identifizieren
 - b. ausgehend von der gemeinsamen Netzstruktur die im Zielnetz fehlenden netzkonstituierenden Objekte einzurichten
 - c. die im Zielnetz fehlenden Fachobjekte bzw. die Eigenschaften der dort vorhandenen Objekte zu ergänzen

Hierfür sind dann die Regeln aus Abschnitt 1.1 des vorliegenden Dokumentes anzuwenden.

Das zentrale Problem dabei ist die Identifizierung der den beteiligten Netzen gemeinsamen Objekte. Die Ergänzung netzkonstituierender Objekte hängt zudem davon ab, wie exakt sich die neu hinzukommenden Fachobjekte auf das Gesamtnetz referenzieren lassen. Dies ist häufig nur durch menschliche Beurteilung zu gewährleisten.

- Verknüpfung von Ausgangsnetzen durch das Abspeichern von Beziehungen zwischen den Objekten und Erzeugung von Referenzierungstabellen.

Dieser Ansatz erfordert nicht die explizite Überführung von Fachobjekten eines Systems in ein anderes. Dennoch ist für eine erfolgreiche Anwendung des Verfahrens eine Vorschrift erforderlich, die Auskunft darüber gibt, wie die fachlichen Eigenschaften eines Datenbestandes semantisch auf die eines anderen abzubilden sind.

Für die gegenseitige Umreferenzierung der Netze (ohne Berücksichtigung der Fachsemantik) werden Tabellen benötigt, die punkt- und linienförmige Referenzierungen der Netze auf einander abbilden können. Die Abbildung erfolgt im einfachsten Falle dadurch, dass Ortsreferenzen, gegeben durch eine Identifikation eines linearen Objekts (z.B. im Falle OKSTRA Abschnittskennungen) und eine punktuelle oder lineare Verortung darauf im Quellsystem auf ebensolche im Zielsystem umgesetzt werden. Konkret muss dabei die Zuordnung $ID_A[a:b]$ (Teilstück auf A von a nach b) auf $ID_B[x:y]$ für alle in den Netzen vorliegenden Referenzen vorgenommen werden. Voraussetzung dafür sind stabile Identifikatoren in beiden Systemen. (Wegen der Fortschreibungen in den beteiligten Netzen sind die Tabellen nachzuführen, wenn sich Änderungen ergeben haben.) Liegen keine stabilen Identifikatoren vor, oder wird die Identifizierung der zugrundeliegenden linearen Netzelemente wie etwa bei RDS/TMC durch eine Kombination von Identifikatoren vorgenommen (primäre und sekundäre Locations), wird die Aufgabe der Referenzabbildung entsprechend schwieriger.

Prinzipiell müssen bei beiden Ansätzen dieselben Probleme gelöst werden:

- Objektweise Abbildung der Netzstrukturen aufeinander, wobei weder gewährleistet ist, ob geometrische oder topologische Sachverhalte verlustfrei aufeinander abgebildet werden können
- Objektklassenweise Abbildung der Fachsemantik der beteiligten Systeme aufeinander

Tabelle 34: Bewertung der Integrationsebene Objekt

Standard SIB	Standard IVS	Variante 1	Variante 2	Bewertung/Empfehlung
OKSTRA®	RDS/TMC		vorzuziehen	Referenzierungstabellen sind zwar schwierig, aber wegen stabiler IDs möglich
OKSTRA®	Bundeseinh. VRZ		vorzuziehen	dito
OKSTRA®	GDF	vorzuziehen		GDF hat keine stabilen IDs, Referenzierungstabellen müssten immer wieder neu berechnet werden
OKSTRA kommunal	RDS/TMC		vorzuziehen	Siehe OKSTRA®
OKSTRA kommunal	GDF	vorzuziehen		Siehe OKSTRA®

Insgesamt erscheint eine Integration auf der Ebene Objekt sehr aufwendig. Die erzeugten Datenbestände müssen regelmäßig aktualisiert und gepflegt werden. Entgegen dem Konzept des Generischen Containers auf der Schema-Ebene wird mit einer Verschmelzung bzw. einer Referenzierungstabelle immer nur eine konkrete Fragestellung gelöst ohne grundsätzlich die Austauschbarkeit von Daten zu verbessern.

Mit SNG steht eine pilothafte Lösung für den relevanten Fall GDF – OKSTRA® zur Verfügung. Für die anderen Fälle ist die Anwendung des Generischen Containers bzw. von On-the-Fly-Methoden wie OpenLR (soweit die Anwendbarkeit nachgewiesen ist) der Integration auf Objektebene (auch aus wirtschaftlichen Gründen) vorzuziehen.

8. Konzeption für ein Prototyping

In einem Prototyping sollen Lösungsansätze für die Verbesserung der Durchgängigkeit von Informationen aus den Bereichen IVS und Straßeninformationssystemen getestet werden. Basierend auf den Analysen der vorhandenen Standards haben sich die folgenden Themenfelder als sinnvolle Inhalte eines Prototyps herausgestellt:

- Nutzen der On-The-Fly-Referenzierungsmethode OpenLR für die Umreferenzierung zwischen Netzen aus dem Bereich der IVS und der Straßeninformationssysteme
- Entwicklung eines „Generischen Containers“ zur Ermöglichung eines Austauschs von „fremden“ Inhalten in einem XML-basierten Datenaustausch

Das Prototyping umfasst die folgenden Aufgabenstellungen:

Bereich: Einsatz von OpenLR

1. Entwicklung einer prototypischen Anwendung von OpenLR für die Umreferenzierung von Daten

Der Prototyp setzt das Encoding und das Decoding einer OpenLR-Referenz um. Dazu wird die von TomTom bereitgestellte Open Source-Software genutzt. Der Prototyp erlaubt die Definition einer Netzreferenz in einem Quellnetz. Das Quellnetz, das Zielnetz und die jeweiligen Netzreferenzen in diesen Netzen können visualisiert werden. Der Prototyp ermöglicht die Auswertung der Referenzierungsaktionen.

Grundlage für die Quell- und Zielnetze sind z.B. Daten aus OKSTRA®, OKSTRA kommunal, GDF sowie aus der bundeseinheitlichen VRZ. Die Daten aus OKSTRA® und OKSTRA kommunal werden über die entsprechenden Klassenbibliotheken zugänglich gemacht. Für die GDF-Daten und die Daten der Bundeseinheitlichen VRZ sind entsprechende Software-Komponenten – soweit nicht vorhanden – zu entwickeln.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Prozess des Encodings sowie des Decodings.

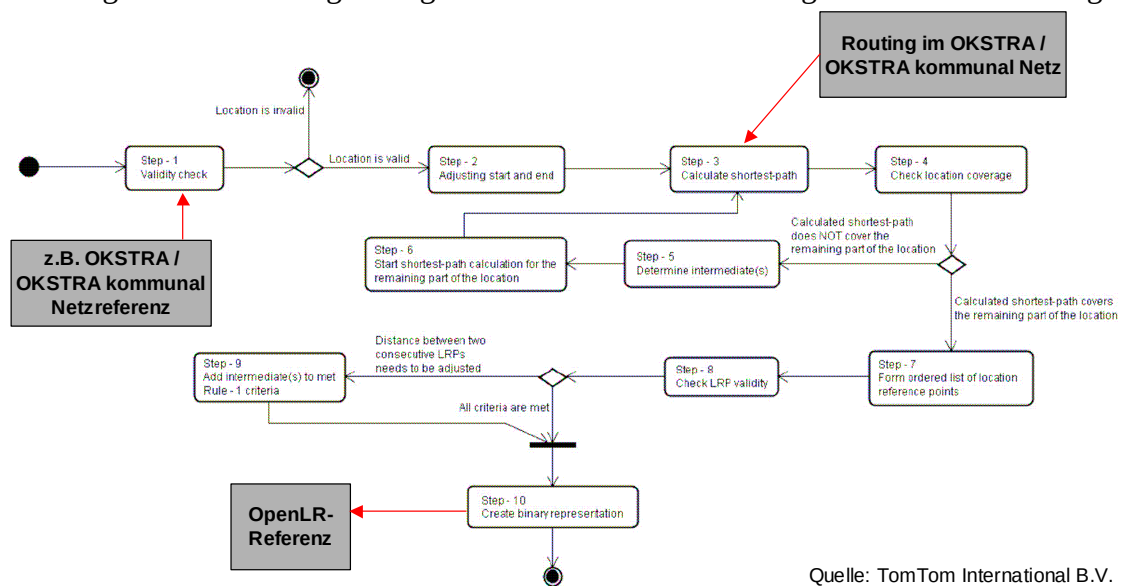


Abbildung 28: Ablauf des Encodings

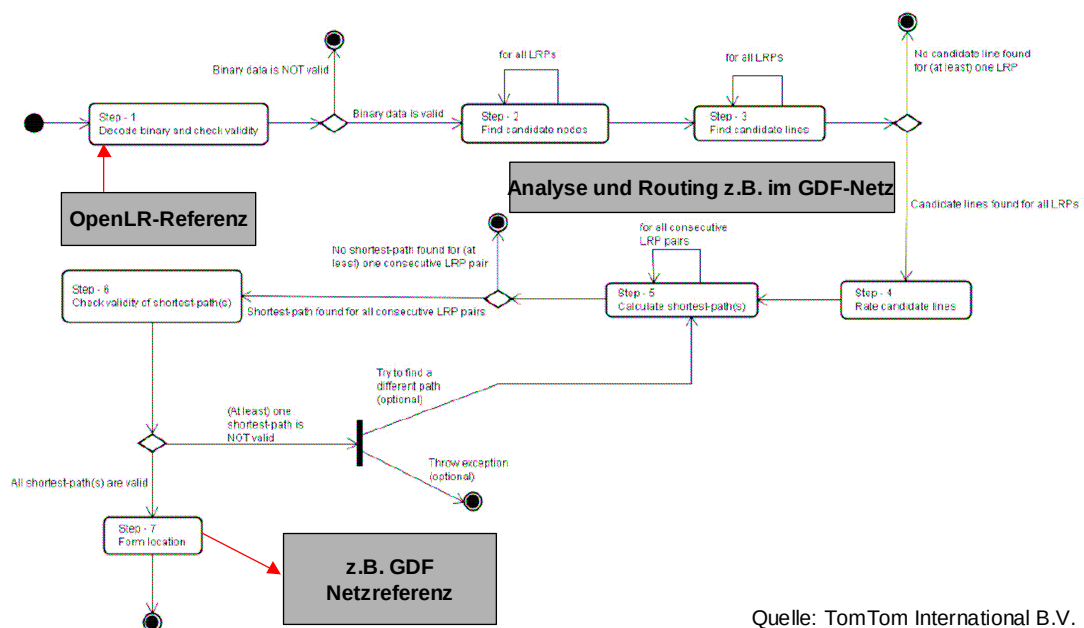


Abbildung 29: Ablauf des Decodings

2. Auswertung der Qualität der „Referenzierungsübersetzung“ mittels OpenLR

Die prototypische Anwendung wird vor allem für die Referenzierungsübersetzung zwischen einem OKSTRA-Netz und einem GDF-Netz eingesetzt. Zusätzlich kann die Referenzierungsübersetzung auch für den Fall OKSTRA – Bundeseinheitliche VRZ bzw. OKSTRA kommunal – GDF ergänzend untersucht werden. Dazu wird ein Netzausschnitt gewählt, der verschiedenartige Netzbereiche (BAB, Bundes- und Landes-

straßen sowie Kreisstraßen und Straßen im nichtklassifizierten Netz) abdeckt. GDF-Datensätze können von der Bast zur Verfügung gestellt werden, OKSTRA-Daten und Netzdaten der Bundeseinheitlichen VRZ müssen bei den Bundesländern angefragt werden (z.B. NRW). Kommunale Netzdaten müssen bei einer Kommune angefragt oder z.B. aus Open Street Map-Daten erzeugt werden. Da zurzeit davon ausgegangen wird, dass kein Content Provider OKSTRA kommunal-konforme Daten bereitstellen kann, werden diese für das Prototyping aus den beigestellten Daten erzeugt.

Für die Bewertung der Qualität werden verschiedenste Fälle der Referenzierungsübersetzung ausgewertet. Es wird ein Bewertungsverfahren für die Qualitätsbewertung entwickelt und die Güte der Referenzierung bewertet.

3. Erarbeitung von Vorschlägen zur Anpassung der Netzmodelle zur Verbesserung der Qualität

Basierend auf den Ergebnissen der Referenzierungsübersetzung werden Vorschläge zur Änderung/Ergänzung der Datenmodelle des OKSTRA, OKSTRA kommunal bzw. ggf. des Netzmodells der Bundeseinheitlichen VRZ gemacht. Dazu werden die Datensätze z.B. im Hinblick auf die Attribute Functional Road Class, Form of Way usw. untersucht.

Bereich: Generischer Container

4. Entwicklung eines Konzeptes für den Generischen Container

Es wird ein Datenmodell für den Generischen Container entwickelt.

5. Integration des Generischen Containers in das Datenmodell des OKSTRA und OKSTRA kommunal

Das Datenmodell für den Generischen Container wird in die Datenmodelle des OKSTRA und des OKSTRA kommunal integriert und die entsprechenden GML-Applikationsschemata erzeugt

6. Entwicklung einer Experimental-Version der Klassenbibliothek für OKSTRA und OKSTRA kommunal

Die Klassenbibliotheken für den OKSTRA und den OKSTRA kommunal werden entsprechend der Änderungen der Datenmodelle angepasst und eine Experimental-Version erstellt, die Grundlage für einen prototypischen Datenaustausch ist.

7. Entwicklung einer prototypischen Softwareumgebung und Durchführung des XML-basierten Datenaustauschs

Es wird eine prototypische Softwareumgebung entwickelt, in der aufgezeigt werden kann, wie „fremder Inhalt“ in ein OKSTRA®- bzw. OKSTRA kommunal-XML integriert werden kann.

Es wird ein Datenaustausch durchgeführt, wobei das OKSTRA-XML bzw. das OKSTRA kommunal-XML fremde Inhalte im Generischen Container enthält. Auf der Empfängerseite wird gezeigt, dass das XML gegen das Schema validiert und die Inhalte des Generischen Containers im Zielsystem verarbeitet werden können. Inhalte des Generischen Containers können dabei z.B. zusätzliche Netzreferenzen oder die Functional Road Class aus GDF o.ä. sein.

Beispiel für eine Anwendung des Prototypings:

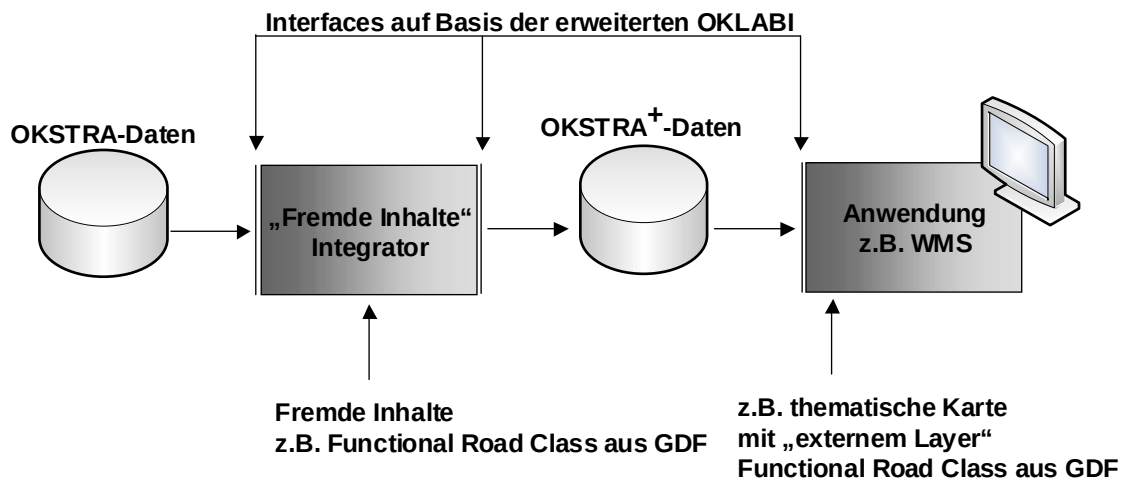


Abbildung 30: Beispiel für eine prototypische Anwendung des Generischen Containers

In der prototypischen Anwendung werden beispielsweise OKSTRA-Daten, die über die OKLABI bereitgestellt werden, durch einen „Integrator“ um „fremde Inhalte“ angereichert. Dabei könnte es sich z.B. um die Ergänzung von Informationen zur Functional Road Class aus GDF handeln. Diese OKSTRA⁺-Daten werden einer Anwendung im OKSTRA-XML zugeführt. Die Anwendung validiert das XML gegen das Schema und visualisiert die Inhalte z.B. über einen WMS. Dabei kann z.B. der „fremde Inhalt“ in einem eigenen Layer in einer thematischen Karte dargestellt werden.