

ASTRA

VSS 1999 / 261  
Architektur und Zeitaspekte des Raumbezuges von SVT-  
Daten

**Bericht**

Rosenthaler + Partner AG  
Management und Informatik  
Feldrebenweg 16  
CH-4132 Muttenz 2

Autoren:  
Rainer Koch  
Claude Marschal  
Franz Mühlethaler  
Jeff Konnen

Version 1.20  
30.11.2005

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>7</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
1.1 Ausgangslage und Auftrag .....	11
1.2 Abgrenzung des Forschungsauftrags.....	12
1.3 Positionierung im Projekt MISTRA.....	13
1.4 Grundlagen .....	14
1.4.1 Grundlagen CH.....	14
1.4.2 Grundlagen International.....	14
<b>2 Konzeptionelle Aspekte</b> .....	<b>16</b>
2.1 Konkretisierungsstufen.....	17
2.2 Geometrische Grundelemente .....	20
2.3 Bezugssystem-Konzepte.....	21
2.4 Beziehungen zwischen Konzepten .....	23
2.5 Transformationskonzepte .....	27
2.5.1 Transformation über die Identifikation gemeinsamer Orte .....	29
2.5.2 Transformation über ein gemeinsames Raumbezugssystem .....	30
2.5.3 Transformation der Lokalisierungsmethode.....	31
2.6 Detaillierungsgrad der Bezugssysteme.....	32
<b>3 Verkehrstelematik</b> .....	<b>33</b>
3.1 Dienste der Verkehrstelematik .....	33
3.2 Anforderungen der Verkehrstelematik an den Raumbezug.....	33
3.2.1 Anforderung der VT an die Raumaspekte .....	33
3.2.2 Anforderung der VT an die Zeitaspekte .....	34
3.2.3 Anforderung der VT an die Transformation.....	34
3.3 Anforderungen an die Bezugssysteme .....	34
<b>4 Existierende Bezugssysteme</b> .....	<b>36</b>
4.1 Beschreibungsmethodik .....	36
4.1.1 Klassierung nach Bezugskonzepten .....	36
4.1.2 Nutzung der Grundelemente.....	37
4.2 Beschreibung der existierenden Bezugssysteme .....	38
4.2.1 SN-Norm (VSS-Bezugssystem) .....	38
4.2.2 GDF .....	40
4.2.3 TPEG .....	42
4.2.4 ALERT-C, mit CH-Erweiterung .....	44
4.2.5 VDV / ÖPNV Version 5.0 (Transmodel ENV 12896) .....	46
4.3 Synthese der betrachteten Bezugssysteme .....	48
4.4 Anforderungen an das Gesamtmodell .....	49

---

<b>5 Gesamtmodell .....</b>	<b>51</b>
5.1 Grundlagen und Vorgehen .....	51
5.2 Gesamtmodell: Planares Bezugskonzept.....	52
5.3 Gesamtmodell: lineares Bezugskonzept.....	53
5.4 Gesamtmodell: Topologisches Bezugskonzept.....	54
5.5 Beziehungen zwischen Bezugskonzepten .....	55
5.5.1 Grundprinzip.....	56
5.5.2 Beziehung Linear zu Linear .....	57
5.5.3 Beziehung Linear zu Planar.....	57
5.5.4 Beziehung Topologisch zu Linear.....	58
5.5.5 Beziehung Topologisch zu Planar .....	59
5.5.6 Beziehung Topologisch zu Topologisch .....	60
5.6 Zusammenfassende Eigenschaften des Gesamtmodells.....	60
<b>6 Dynamik der Bezugssysteme .....</b>	<b>62</b>
6.1 Änderung der Raumdefinition.....	62
6.2 Änderung des Raums.....	62
6.3 Anforderungen an das Gesamtmodell .....	63
<b>7 Zeitaspekte der Bezugssysteme .....</b>	<b>64</b>
7.1 Grundlagen der Zeitaspekte der Bezugssysteme .....	64
7.2 Anforderungen an die Zeitaspekte der Bezugssysteme .....	67
<b>8 Inhalt der Norm.....</b>	<b>68</b>
<b>9 Ausblick.....</b>	<b>69</b>
9.1 Automatisierbarkeit der Transformation .....	69
9.2 Raummodellierung von (VT-)Objekten .....	69
9.3 Modellbasiertes Vorgehen für die Schnittstellenspezifikation und Datenflussorganisation ...	70
<b>Anhang A Anforderungen aus den Dateninhalten.....</b>	<b>A-1</b>
<b>Anhang B Gesamtmodell.....</b>	<b>B-10</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geometrische Grundelemente .....	20
Tabelle 2: Bezugskonzepte.....	21
Tabelle 3: Eigenschaften der Bezugskonzepte .....	22
Tabelle 4: Beziehungen zwischen den Konzepten .....	25
Tabelle 5: Zusammenstellung der Referenzierungsmethoden.....	25
Tabelle 6: Die innere Topologie von topologischen Bezugssystemen.....	26
Tabelle 7: Fachliche Aussagen mit topologischer Bedeutung und deren Abbildung in den verschiedenen Bezugssystemen .....	35
Tabelle 8: Beispielumrechnung der Lokalisierung zwischen zwei Bezugskonzepten .....	56

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehen .....	12
Abbildung 2: Projekt Management Informationssystem Strasse (Quelle: Pflichtenheft MISTRA) .....	13
Abbildung 3: Konkretisierungsstufen .....	17
Abbildung 4: Abstraktion der Realität .....	20
Abbildung 5: Beziehungen zwischen Konzepten.....	23
Abbildung 6: Bezugsarten .....	24
Abbildung 7: Beziehung zwischen Systemen mit gleichen Konzepten .....	25
Abbildung 8: Beispiel der Lokalisierung eines Objekts in verschiedenen Bezugssystemen .....	27
Abbildung 9: Bezug von verschiedenen Lokalisierungsmethoden des gleichen Objekts .....	28
Abbildung 10: Finden gemeinsamer Orte in zwei Systemen .....	28
Abbildung 11: Finden gemeinsamer Orte über ein drittes System.....	29
Abbildung 12: Finden gemeinsamer Strecken einer räumlichen Analyse .....	30
Abbildung 13: Klassierung nach Bezugs-Konzepten.....	36
Abbildung 14: Bezugssystem SN-Norm .....	38
Abbildung 15: Bezugssystem GDF.....	40
Abbildung 16: Bezugssystem TPEG.....	42
Abbildung 17: Bezugssystem ALERT-C / CH .....	44
Abbildung 18: Bezugssystem VDV / ÖPNV .....	46
Abbildung 19: Allgemeine Form des Modells .....	48
Abbildung 20: Anforderungen Gesamtmodell .....	49
Abbildung 21: Allgemeine Form des Modells .....	51
Abbildung 22: Gesamtmodell, planares Bezugskonzept.....	52
Abbildung 23: Gesamtmodell, lineares Bezugskonzept.....	53
Abbildung 24: Gesamtmodell, topologisches Bezugskonzept .....	54
Abbildung 25: Ablauf Transformation über die Beziehung zwischen Bezugskonzepten.....	56
Abbildung 26: Beispiel Transformationsstrecke Linear-Linear .....	57
Abbildung 27: Beziehung Linear zu Linear .....	57
Abbildung 28: Beispiel Transformationsstrecke Linear-Planar .....	58
Abbildung 29: Beziehung Linear zu Planar .....	58
Abbildung 30: Beispiel Beziehung Topologisch zu Linear über Topo-Punkt .....	58
Abbildung 31: Beziehung Topologisch zu Linear.....	59
Abbildung 32: Beispiel Beziehung topologisches Bezugssystem zu planarem Bezugssystem über Geometrie.....	59
Abbildung 33: Beziehung Topologisch zu Planar .....	60
Abbildung 34: Das Gesamtmodell in seiner endgültigen Form .....	61
Abbildung 35: Nachführungsrhythmus unterschiedlicher Bezugssysteme .....	65
Abbildung 36: Unschärfe der Gültigkeitsbeschreibung .....	65
Abbildung 37: Transformationszeitpunkt und unterschiedliche Aktualisierungsstände .....	66
Abbildung 38: Einfluss des Nachführungszeitpunkts auf die Transformationsparameter (Transformationspunkte und Transformationsstrecken).....	66
Abbildung 39: Zusammenhang der Zeitaspekte der Realität, Bezugssysteme und Transformationsparameter .....	67

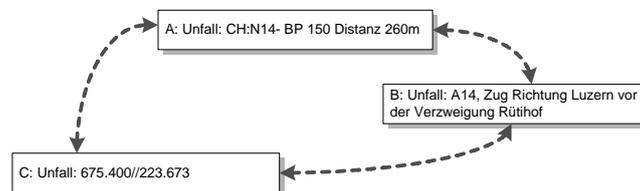
---

<b>Version</b>	<b>Datum</b>	<b>Kommentar</b>	<b>Status</b>
0.60	23.2.2005	Abgabe an EK 9.03	in Bearbeitung
0.80	15.7.2005		in Bearbeitung
0.85	26.7.2005	Redaktion Kapitel 5, Abbildungsverzeichnis	in Bearbeitung
0.90	22.8.2005		zur internen Prüfung
0.95	1.9.2005	Abgabe an EK 9.03	zur externen Prüfung
0.99	24.10.2005	Interner Schlussreview, Einarbeitung Feedback EK	zur internen Prüfung
1.00	27.10.2005	Schlussversion zur Genehmigung durch die EK 9.03	zur externen Prüfung
1.10	14.11.2005	Einarbeiten Feedback EK 9.03, Schlussredaktion	freigegeben
1.20	30.11.2005	Freigabe durch FK 9	freigegeben

## Zusammenfassung

EINLEITUNG

Die Verkehrstelematik (VT) umfasst eine Reihe von Diensten zur Verbesserung des Verkehrs bezüglich Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Umwelt und Reisekomfort. Diese Dienste verwenden raumbezogene Informationen für die Beschreibung von Zuständen und Ereignissen auf dem Verkehrsnetz. Je nach Dienst (Verkehrsinformation, Reiseinformation, Fahrzeugüberwachung, usw.) werden unterschiedliche Anforderungen an den Raumbezug gestellt: linearer Raumbezug entlang einer Verkehrsachse, topologischer Bezug auf einem Verkehrsnetz, semantische Beschreibung eines Ortes auf dem Netz usw. Auf Grund dieser Anforderungen verwenden die Verkehrstelematikdienste, je nach Bedürfnis unterschiedliche Raumbezugsmodelle. Falls die gleiche Information von verschiedenen Verkehrstelematikdiensten verwendet werden soll, ist es notwendig, den Raumbezug der Information in die entsprechenden Modelle überführen zu können. Damit eine derartige Überführung stattfinden kann, müssen neben der Raumbeschreibung auch die Zeitaspekte der Raumbezugsysteme bekannt sein, da die an einem Informationsaustausch beteiligten Raumbezugsysteme in der Regel unterschiedliche Nachführungsstände aufweisen.



KONZEPTE

Der Forschungsauftrag liefert folgende konzeptionelle Aspekte für den Aufbau des Gesamtmodells:

- **Geometrische Grundelemente:** Die geometrischen Grundelemente (Punkt, Linie, Fläche) bilden die Basis für den Aufbau von Bezugssystemen und der Referenzierung von Fachobjekten.
- **Bezugssystem-Konzepte:** Jede Beziehung zwischen Informations-Objekten basiert auf einem Bezugskonzept. Im Forschungsauftrag werden diejenigen Bezugs-Konzepte erläutert, welche für die Lokalisierung/Positionierung von Strassenverkehrstelematik-Daten von Bedeutung sind (lineare, planare und topologische Raumbezugskonzepte).
- **Beziehungen zwischen Bezugssystemen:** Die Bezugssysteme nutzen in der Regel mehr als nur ein Bezugssystem-Konzept. Insbesondere im Gesamtmodell, welches in diesem Forschungsauftrag erarbeitet wird, soll ja auch zwischen verschiedenen Systemen und damit zwischen verschiedenen Konzepten ein Datenaustausch ermöglicht werden.
- **Transformationskonzepte:** Schlussendlich sollen Fachobjekte, respektive deren Lokalisierung/Positionierung von einem Bezugssystem in ein anderes Bezugssystem transformiert werden können. Hier wird aufgezeigt, welche grundsätzlichen Möglichkeiten dazu bestehen.

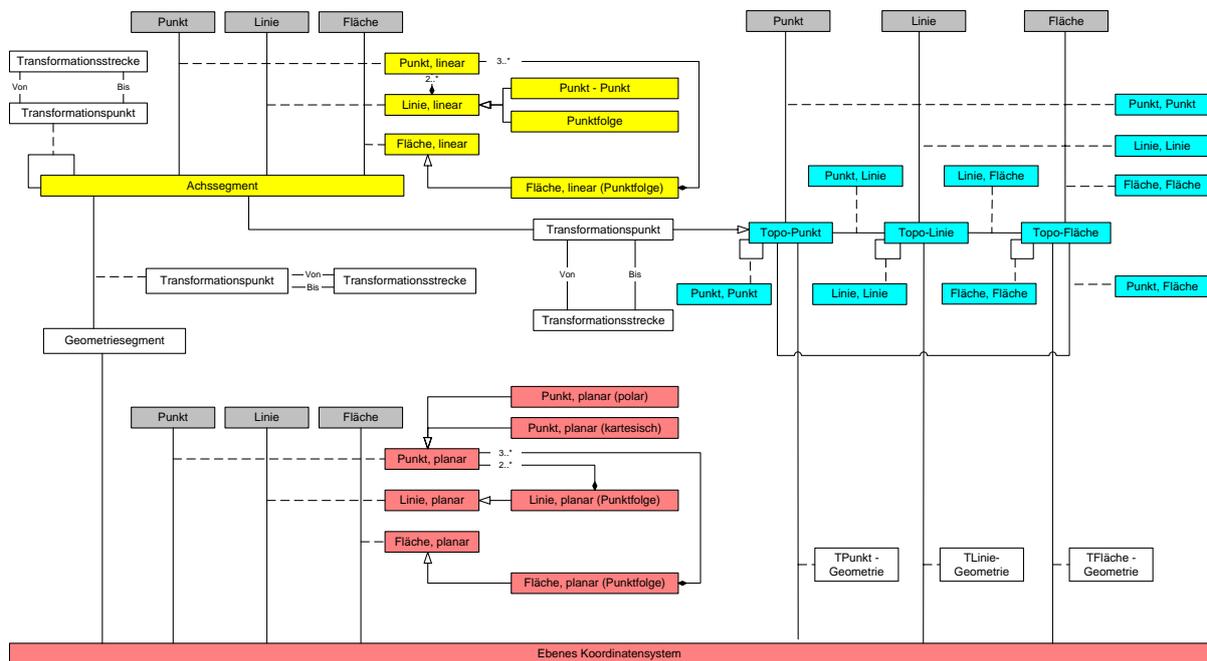
ANFORDERUNGEN

Aufgrund der fundamentalen Dienste der Verkehrstelematik (ISO 1413-1) werden die Anforderungen bezüglich Raum, Zeit und Transformation erarbeitet. Bezüglich der räumlichen Referenzierung müssen durch das Gesamtmodell folgende Methoden abgebildet werden können:

- Referenzierung auf ein ganzes Objekt
- Referenzierung durch die Abbildung eines Punktes auf einer Linie
- Referenzierung durch die Abbildung einer Strecke auf einer Linie
- Referenzierung durch Koordinaten (linear oder planar)

Bezüglich der Zeitaspekte muss sichergestellt werden, dass das Bezugssystem für jeden Ort und jede Zeit abgebildet werden kann, also historisierbar sein muss.

Die Erarbeitung des Gesamtmodells berücksichtigt die drei Bezugskonzepte linear, topologisch und planar. Ausgehend von dieser Systematik werden alle für die Beschreibung des Gesamtmodells notwendigen Klassen und Beziehungen erarbeitet.



Die Raumbezugssysteme (Daten) sind inhaltlich nicht stabil. Laufend finden Veränderungen statt. Dafür sind zwei Kategorien von Veränderungen verantwortlich:

- **Änderung der Raumdefinition:** Der mit dem Bezugssystem abgebildete Raum bleibt erhalten, jedoch verändert sich die Beschreibung des Raums (z.B. kann die Orientierung einer Strassenachse gedreht werden)
- **Änderung des Raums:** Bei der Veränderung des Raums werden effektiv Veränderungen der Realität durchgeführt, welche zu einer Veränderung des entsprechenden Bezugssystems führen. (z.B. Umbau eines Verkehrsknotens von einem rechtwinkligen Knoten zu einem Kreisel)

Aus diesem Grund müssen im Gesamtmodell die Informationen historisiert werden können. Die Historisierung selber ist aber sehr aufwändig, muss doch für jeden Ort im Bezugssystem die Historisierung vorhanden sein. Im vorliegenden Forschungsauftrag wird deshalb vorgeschlagen, die Transformationsparameter (Transformations-Punkte und -Strecken) zu historisieren. Bei einer Veränderung der Bezugssysteme müssen diese Parameter jeweils überprüft und angepasst werden. Bei der späteren Transformation der Fachobjekte müssen dafür nur noch die Zeitaspekte der Transformationsparameter und nicht der einzelnen Bezugssysteme betrachtet werden (die Zeitaspekte der Bezugssysteme sind in diesen implizit vorhanden). Dies vereinfacht die Anwendung des Modells in der Praxis wesentlich.

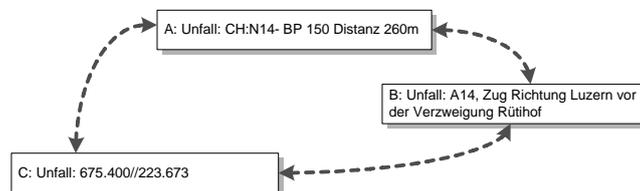
Der Forschungsbericht beinhaltet alle wesentlichen Elemente für die Erarbeitung einer entsprechenden Norm. Für die rasche und effiziente Nutzung der Norm werden drei Folgeprojekte vorgeschlagen:

- Automatisierbarkeit der Transformation: Grundlage für die automatische Gewinnung der Transformationsparameter
- Raummodellierung von (VT-) Objekten: Typisierung der Form von Fachobjekten
- Modellbasiertes Vorgehen für die Schnittstellenspezifikation und Datenflussorganisation: Semantische Transformation der vorhandenen und genutzten Informationsquellen der Verkehrstelematik in das Gesamtmodell

## Résumé

INTRODUCTION

La télématique des transports (TT) comprend un ensemble de services pour l'amélioration du trafic en matière de sécurité, d'efficacité, de protection de l'environnement et du confort à l'utilisateur. Ces services utilisent des informations à repérage spatial pour décrire les états et les événements sur le réseau. Les exigences par rapport au repérage spatial sont différentes en fonction des services (information trafic, information au voyageur, contrôle de véhicules, etc.). On parle ainsi de repérage linéaire le long d'un axe, de repérage topologique sur un réseau de transport ou encore de description sémantique d'un lieu sur le réseau. En tenant compte de ces exigences, les services de la télématique des transports utilisent en fonction de leur besoin différents modèles de repérage spatial. Il est nécessaire de pouvoir transformer le repérage spatial dans les différents modèles au cas où une même information doit être utilisée par différents services. De façon générale les systèmes participant à un échange de données présentent différents états de mise à jour. En plus de la description du repérage spatial il est nécessaire de connaître les aspects temporels des systèmes impliqués afin de pouvoir convertir les données d'un système à l'autre.



CONCEPT

Pour l'élaboration du modèle général de repérage spatial le rapport de recherche traite les aspects conceptuels suivants:

- **Éléments géométriques de base:** Les éléments géométriques de base (point, ligne, surface) forment la base pour la construction de systèmes de repérages et pour le référencement des objets métier.
- **Concepts de systèmes de repérage:** Chaque relation entre des objets d'information se base sur un concept de système de repérage. Le projet de recherche décrit les concepts de système de repérage utilisés pour la localisation et le positionnement des données de la télématique routière (concepts linéaires, planaires et topologiques).
- **Relations entre les systèmes de repérage:** Les systèmes de repérage utilisent en règle générale plus d'un concept de repérage. En particulier le modèle général élaboré dans ce projet de recherche a pour objectif de supporter l'échange de données entre différents systèmes et de ce fait entre différents concepts de repérage.
- **Concepts de transformation:** Finalement il est nécessaire de pouvoir transformer la localisation ou le positionnement des objets métier d'un système de repérage vers un autre système de repérage. Le projet de recherche montre les possibilités fondamentales qui existent pour cette transformation.

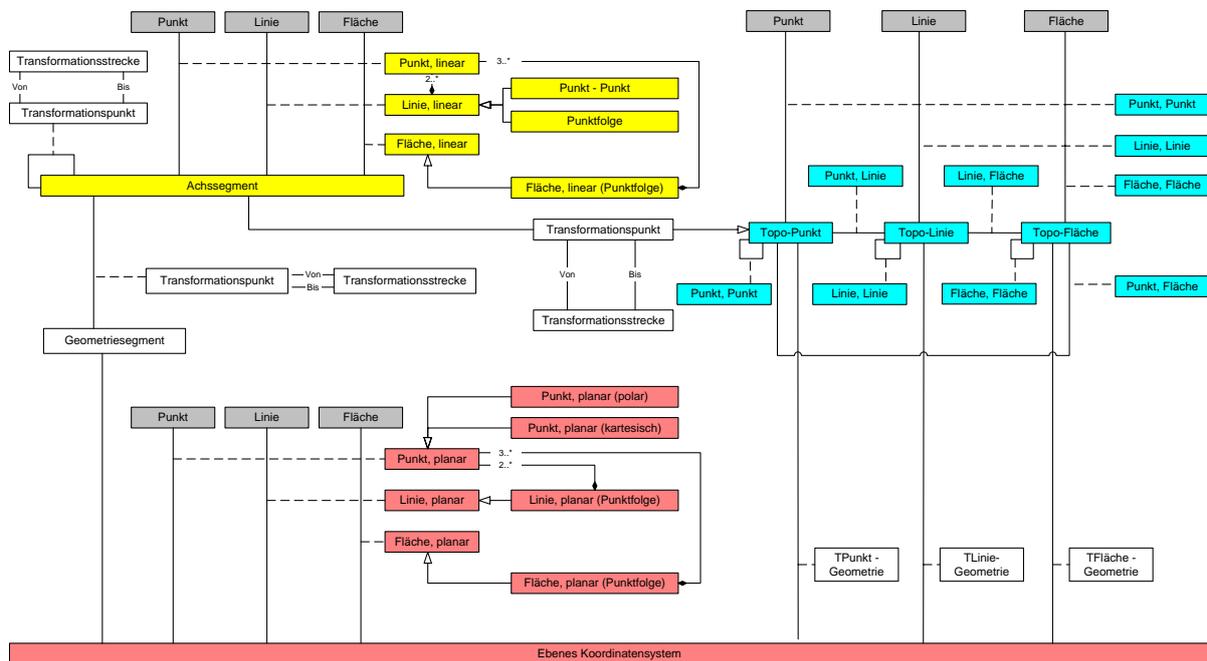
EXIGENCES

Les exigences du repérage spatial / temporel ainsi que celles de la transformation sont définies sur la base des services fondamentaux de la télématique des transports (selon ISO 1413-1). Les méthodes de repérage spatial à prendre en compte par le modèle général sont les suivantes:

- Repérage par rapport à un objet
- Repérage par la description d'un point sur une ligne
- Repérage par la description d'une section sur une ligne
- Repérage à l'aide de coordonnées (linéaire ou planaire)

Par rapport aux aspects temporels il faut s'assurer que le système de repérage puisse être décrit pour chaque lieu et chaque instant d'où la nécessité de pouvoir décrire l'historique du système de repérage.

L'élaboration du modèle général tient compte des trois concepts de repérage "linéaire", "topologique" et "planaire". L'ensemble des classes et des relations nécessaires à la description du modèle général sont élaborées en utilisant cette systématique.



Le contenu des systèmes de repérage (données) ne sont pas stables. Des changements ont lieu constamment. Les changements peuvent être groupés en deux catégories :

- **Changement de la définition de l'espace :** L'espace couvert par le système de repérage spatial reste inchangé. Seule la description de l'espace change (par exemple l'orientation d'un axe peut être modifié).
- **Modification de l'espace :** Lors de la modification de l'espace on effectue des modifications de la réalité. Celles-ci engendrent la modification du système de repérage (par exemple modification de la géométrie d'un noeud de trafic d'une forme en T en giratoire).

C'est pour cette raison que les informations du modèle général doivent pouvoir être historisées. L'historisation est un processus coûteux car il faut connaître l'historique pour chaque lieu du système de repérage. Le projet de recherche propose d'historiser les paramètres de transformation (points et sections de transformation). Lors d'une modification du système de repérage ces paramètres doivent être vérifiés et adaptés. Pour la transformation des objets métier il suffira ensuite de ne prendre en compte que les aspects temporels des paramètres de transformation et non ceux des systèmes de repérage considérés (les aspects temporels des systèmes de repérage sont présents implicitement dans les paramètres de transformation). Cette solution simplifie l'utilisation du modèle dans la pratique de façon importante.

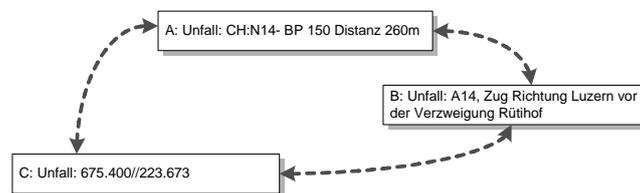
Le rapport de recherche comprend les éléments les plus importants pour l'élaboration d'une norme. Nous proposons trois projets futurs qui permettent une utilisation rapide et efficace de la norme :

- Automatisation de la transformation: base pour la collecte automatique des paramètres de transformation
- Modélisation spatiale d'objets métier de la TT: classification de la forme des objets métier
- Démarche de spécification d'interface et d'organisation des flux de données basée sur un modèle: transformation sémantique des sources d'information existantes de la TT dans le modèle général

## Abstract

INTRODUCTION

The transport telematics (TT) includes a whole of services for the improvement of the traffic in regard to safety, effectiveness, comfort and environmental protection to the user. These services use information with space location to describe the states and the events on the network. The requirements compared to the space location are different according to the services (traffic information, traveller information, enforcement, etc). One speaks thus about linear location along an axis, topological location on a network or semantic description of a place on the network. By holding account of these requirements, the services of the transport telematics use according to their need various models for space location. It is necessary to be able to transform the space location in the various models if the same information must be used by various services. In a general way the systems taking part in a data exchange present various states of update. In more of the description of the space location it is necessary to know the temporal aspects of the location referencing systems implied so being able to convert the data from one location referencing system to the other.



CONCEPT

For the development of the general model of space location the research report treats the following conceptual aspects:

- **Basic geometric elements:** The basic geometric elements (point, line, surface) form the base for the construction of location systems and for the referencing of the business objects.
- **Concepts of location referencing systems:** Each relation between information objects is based on a specific location referencing system concept. The research project describes the location referencing system concepts of used for the localization and the positioning of the road telematics data (linear, planar and topological concepts)
- **Relations between location referencing systems:** The location referencing systems use in general more than one location referencing concept. In particular the general model elaborate in this research project aims to support the data exchange between various location referencing systems and this fact between various location referencing concepts.
- **Transformation concepts:** Finally it is necessary to be able to transform the localization or the positioning of the business objects from one location referencing system towards another location referencing system. The research project shows the fundamental possibilities which exist for this transformation.

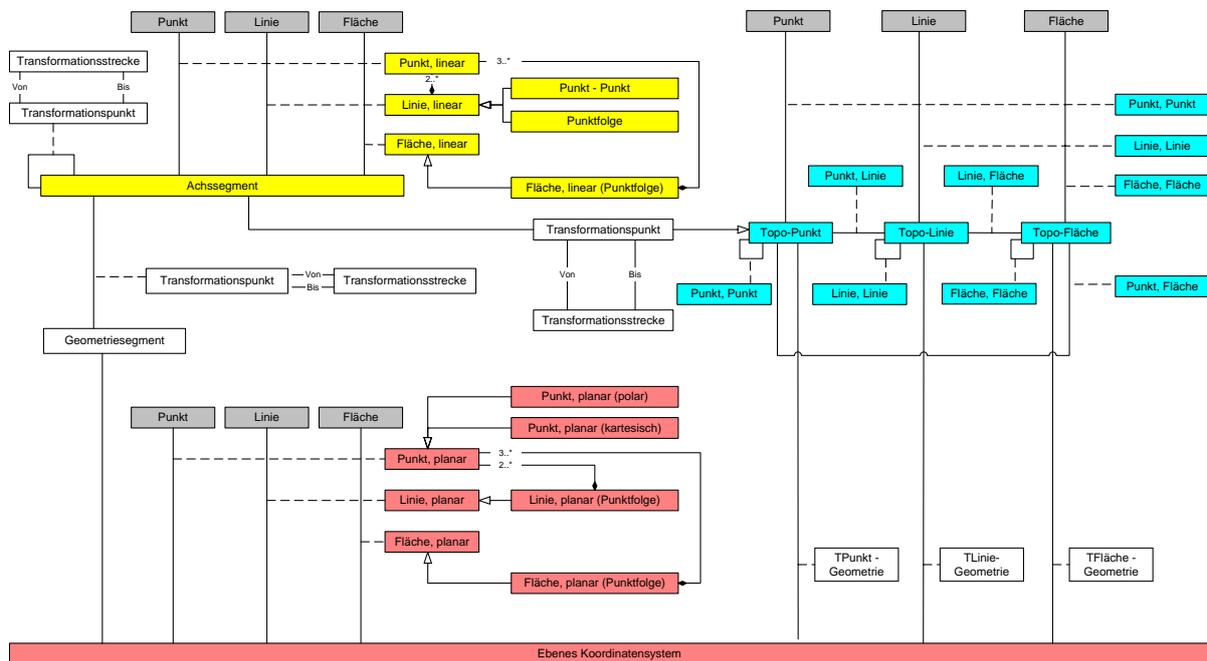
REQUIREMENTS

The requirements of the space and temporal location as those of the transformation are defined on the basis of the transport and telematics fundamental services (according to ISO 14813-1). The methods of location referencing to take into account by the general model are as follows:

- Location by referencing an object
- Location by the description of a point on a line
- Location by the description of a section on a line
- Location using coordinates (linear or planar)

Related to the temporal aspects it should be made sure that the location referencing system can be described for each location and each moment. This means that the history of the location referencing system must be known.

The development of the general model holds account of the three location referencing concepts "linear", "topological" and "planar". All the classes and the relations necessary to describe the general model are elaborated using this systematic.



The content of the location referencing systems (data) are not stable. Changes take place constantly. The changes can be grouped in two categories:

- **Change of the definition of space:** The space covered by the location referencing system remains unchanged. Only the description of space changes (for example the orientation of an axis can be modified).
- **Modification of space:** The modification of space carries out modifications of the reality. Those generate the modification of the location referencing system (for example a modification of the geometry of a traffic node form T into a roundabout)

For this reason the history of the information contained in the general model must be known. The knowledge of history is an important process because it is necessary to know the history for each location of the location referencing system. The research project proposes to manage the history of the transformation parameters (points and sections of transformation). At the time of a modification of the location referencing system these parameters must be checked and adapted. For the transformation of the business objects it will then be enough to take into account only the temporal aspects of the transformation parameters and not those of the considered location referencing systems (the temporal aspects of the location referencing systems are present implicitly in the transformation parameters). This solution simplifies the use of the model in practice in an important way.

The research report includes the most important elements for the development of a standard. We propose three future projects which allow a fast and effective use of the standard:

- Automation of the transformation: basis for the automatic collection of the transformation parameters
- Modelling of the location referencing of TT business objects: classification of the shape of the business objects
- Model based proceedings for interface specification and data flow organization: semantic transformation of existing TT information sources in the general model

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage und Auftrag

Die Verkehrstelematik umfasst eine Reihe von Diensten zur Verbesserung des Verkehrs bezüglich Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Umwelt und Reisekomfort. Diese Dienste verwenden raumbezogene Informationen für die Beschreibung von Zuständen und Ereignissen auf dem Verkehrsnetz. Je nach Dienst (Verkehrsinformation, Reiseinformation, Fahrzeugüberwachung, usw.) werden unterschiedliche Anforderungen an den Raumbezug gestellt: linearer Raumbezug entlang einer Verkehrsachse, topologischer Bezug auf einem Verkehrsnetz, semantische Umschreibung eines Ortes auf dem Netz usw. Auf Grund dieser Anforderungen existieren heute unterschiedliche Bezugsmodelle. In der Praxis werden diese Bezugsmodelle je nach Bedürfnis verwendet. Falls die gleiche Information von verschiedenen Verkehrstelematikdiensten verwendet werden soll, ist es notwendig, den Bezug der Information in die entsprechenden Modelle überführen zu können.

In Zukunft werden die Verkehrstelematiksysteme vermehrt untereinander vernetzt. Dadurch entstehen neue Auswertungsmöglichkeiten durch die Kombination verschiedener Informationen. Dies bedingt konzeptionell abgestimmte Datenmodelle. Im Zusammenhang mit dem Raumbezug sind Vorkehrungen zu treffen, damit die Daten kombiniert werden können. Der Forschungsauftrag soll ein Bezugsmodell erarbeiten, welches den Austausch zwischen unterschiedlichen Systemen mit minimalem Informationsverlust garantiert.

Die Betrachtung der Einflüsse auf den "Bezug", aufgrund von strukturellen Veränderungen am Verkehrsnetz (Knotenumgestaltungen, neue Linienführungen usw.), werden in den heutigen Bezugsmodellen nur selten berücksichtigt. Die unter dem Begriff "Dynamik des Raumbezugs" bekannten Funktionen sind in aktuellen Standardisierungsbemühungen nicht enthalten. Im Forschungsauftrag werden die Grundlagen für den Umgang mit der "Dynamik des Raumbezugs" aufbereitet.

Bei der Vernetzung verschiedener Systeme, die raumbezogene Daten nutzen, muss sichergestellt werden, dass diese zeitlich kombiniert werden dürfen. Die Kenntnis, auf welchen zeitlichen Wissensstand der Bezug sich bezieht, ist für eine konsistente Darstellung der Informationen essentiell. Im Forschungsauftrag werden die Grundlagen für den Umgang mit der zeitlichen Gültigkeit des (Raum-)Bezugs erarbeitet.

Das Vorgehen sieht vor, zuerst die Ziele und die Abgrenzung klar zu formulieren. Auf dieser Basis laufen parallel Analyseaktivitäten für die Dienste der Verkehrstelematik und für die Bezugssysteme. Aus der Analyse der Verkehrstelematikdienste werden die Anforderungen an den Raumbezug ermittelt. Bei den Bezugssystemen werden die Grundkonzepte erläutert und eine Situationsanalyse durchgeführt aus der ersichtlich ist, welche Grundkonzepte effektiv genutzt werden.

Die Gegenüberstellung der Anforderungen der Verkehrstelematik mit den vorhandenen Raumbezugsmodellen liefert die noch fehlenden Elemente für die Erarbeitung des Gesamtmodells.

Die Einflüsse der Dynamik und der Zeitaspekte beziehen sich auf die Prozesse der Pflege des Verkehrsnetzes und werden unabhängig von der Modellierung des Gesamtmodells erarbeitet.

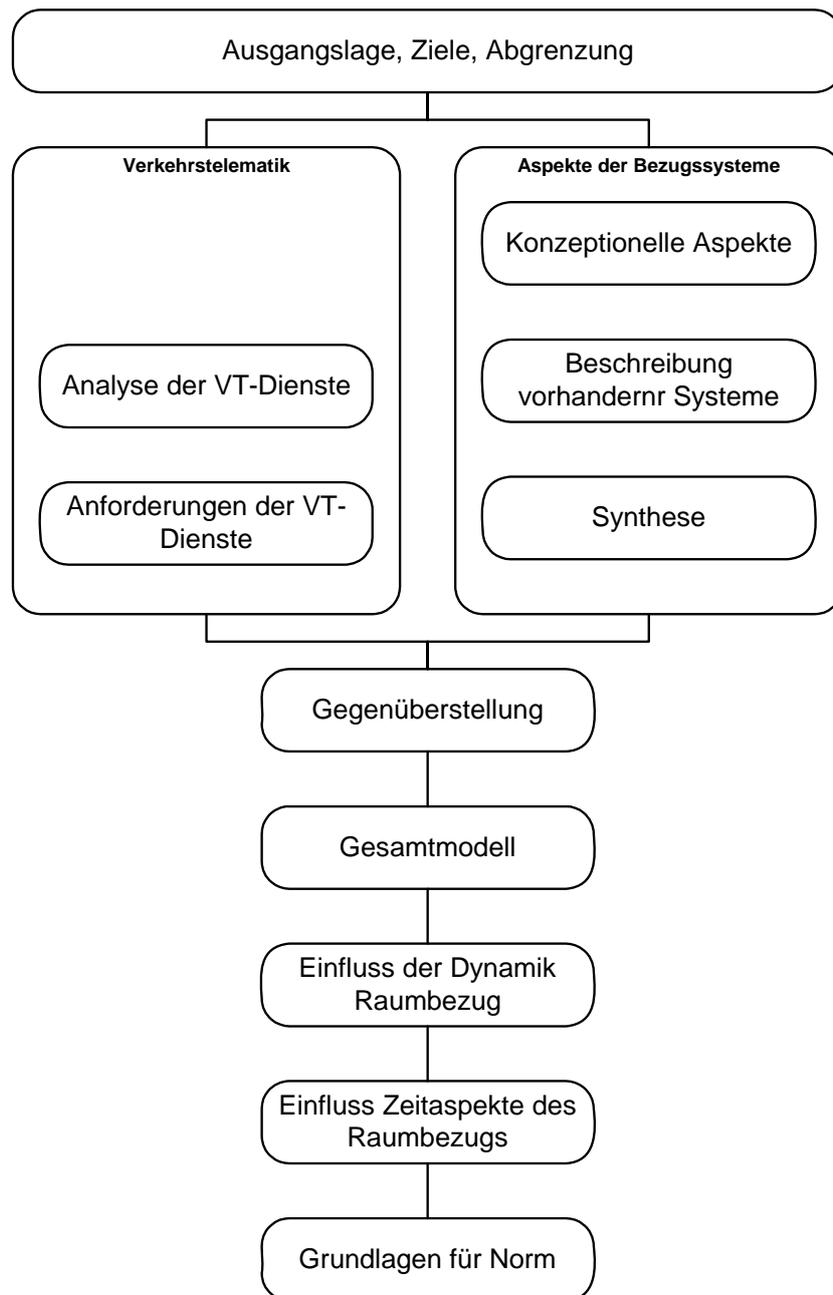


Abbildung 1: Vorgehen

## 1.2 Abgrenzung des Forschungsauftrags

In diesem Forschungsauftrag wird auf der konzeptionellen Ebene ein Gesamtmodell für den Bezug von SVT-Daten erarbeitet und ein Vorschlag für die Verfassung einer entsprechenden Norm erstellt. Es wird keine Umsetzung/Realisierung des konzeptionellen Datenmodells durchgeführt. Jedoch wird zum Beispiel in NAVAROU mit der praktischen Anwendung dieser Grundlagen das vorliegende Konzept konkretisiert (Übergabe von Daten im GDF-Format an eine Strassendatenbank).

### 1.3 Positionierung im Projekt MISTRA

Aktuell wird durch das ASTRA das Projekt Management Informationssystem Strasse (MISTRA) durchgeführt. Das Konzept sieht vor, ein offenes System zur Verfügung zu stellen (siehe dazu Abbildung 2). Im MISTRA-Basissystem werden, neben anderen Basisdaten, auch die für die Beschreibung von Strassendaten notwendigen Daten bereitgestellt (Räumliches Basisbezugssystem und Fachnetze). Die Fachsysteme beziehen diese Daten aus der Sockeldatenbank. Durch die zentrale Verwaltung dieser Sockeldatenbank wird sichergestellt, dass die Sockeldaten nur einmal eindeutig bestimmt und betreut werden und somit redundanzfreie Teilsysteme geschaffen werden. Die Sockeldaten umfassen alle Basisdaten (Daten, welche Grundinformationen, den Raumbezug oder die organisatorische Zuordnung der Informationsobjekte ermöglichen und Basis für eine grosse Anzahl der Fachapplikationen bilden. Beispiele: Achsen, Bezugspunkte, Netze, Beteiligte, Projekte, Fahrbahngeometrie, -aufbau, -nutzung, Textkataloge, Objektinventar) und Generalistendaten (Daten aus Fachapplikationen, welche über den zuständigen Fachbereich hinaus von Interesse sind. Beispiele: Hauptdaten von Kunstbauten, Fahrbahnzustand aggregiert, DTV, Lastwagenanteil).

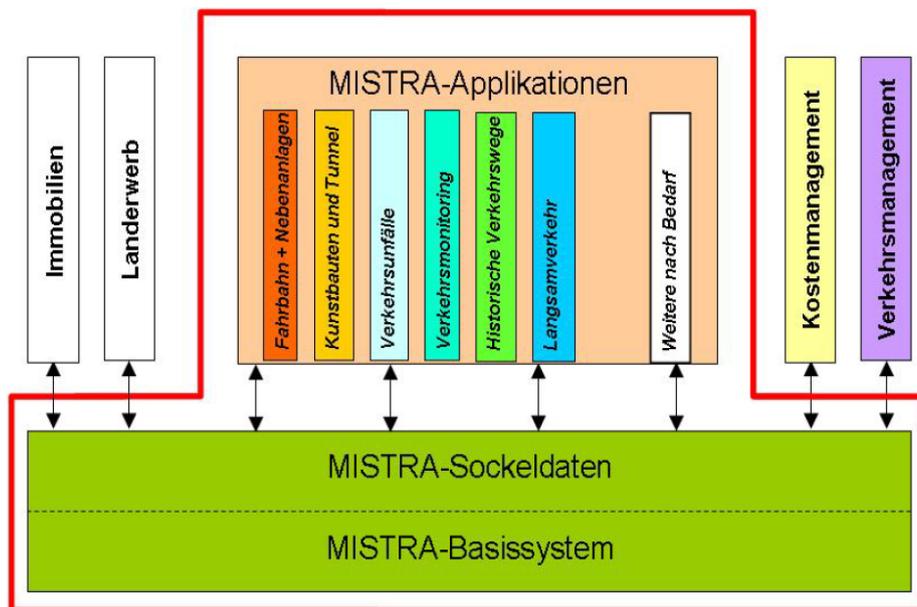


Abbildung 2: Projekt Management Informationssystem Strasse (Quelle: Pflichtenheft MISTRA)

Die im Basissystem enthaltenen Objekte richten sich nach den bestehenden VSS-Normen. Die Fachdaten bleiben in der Regel in den Fachapplikationen. Nur Daten, welche von allgemeiner Bedeutung sind, die so genannten Generalistendaten, werden in die Sockeldatenbank transferiert und stehen anschliessend allen Benutzern der Sockeldatenbank zur Verfügung.

Jedes System, welches sich an das MISTRA-Kernsystem ankoppeln kann, kann einerseits Daten in das Kernsystem liefern und andererseits Basis- und Generalistendaten vom Kernsystem beziehen. Somit wird es einer Verkehrstelematik-Datenbank möglich sein, zum Beispiel Baustelleninformationen oder Signalisationsdaten etc. vom Kernsystem zu beziehen.

In diesem Forschungsauftrag wird, aus Sicht der Verkehrstelematik, die Anforderung an ein Bezugssystem definiert. Dabei handelt es sich in erster Linie um Spezialistendaten des VT-Fachsystems. Entsprechend ist das zu erarbeitende Bezugssystem auch dem Fachsystem zugeordnet und kann vom Raumbezugssystem des MISTRA-Basissystems abweichen. Hingegen muss für diejenigen Verkehrstelematikdaten, welche als Generalistendaten definiert werden, im MISTRA-Basissystem auch deren Anforderungen an den Raum- und Netzbezug erfüllt werden können.

## 1.4 Grundlagen

Nachfolgende Zusammenstellung zeigt die Grundlagen/Themen, welche in der Literaturrecherche speziell beachtet wurden. Aus diesen Grundlagen stammen die wesentlichen Aspekte des vorliegenden Forschungsauftrags. Die Zusammenstellung gliedert sich in die zwei Bereiche CH und International. Innerhalb der Bereiche werden die Grundlagen in die Themen Forschungsprojekte, Normen und Systeme gegliedert. Die Informationen dieser Grundlagen dienen einerseits dazu, bereits vorhandene Lösungen auf ihre Verwendung im Gesamtmodell zu prüfen und andererseits die in diesem Forschungsauftrag erstellten Ansätze auf ihre Praxistauglichkeit zu überprüfen. Für eine detaillierte Beschreibung wird auf die jeweilige Fachdokumentation verwiesen. Bei der Analyse der Grundlagen werden folgende Aspekte betrachtet:

- Raumaspekte: Wie wird der Raum durch das Bezugssystem beschrieben?
- Topologieaspekte: Wie werden topologische Beziehungen zwischen Objekten abgebildet und genutzt?
- Zeitaspekte: Welche Zeitaspekte werden bei der Beschreibung des Verkehrsnetzes betrachtet?
- Referenzierungsmethoden (Lokalisierung im Bezugssystem): Wie werden die Fachobjekte in den Bezugssystemen lokalisiert?
- Transformationsmethoden: Wie werden Informationsobjekte zwischen zwei unterschiedlichen Bezugssystemen transformiert? Von Bedeutung ist dabei auch, welchen Einfluss dabei die Transformation auf die Abbildung der Form des Objektes und die Genauigkeit der Lagebeschreibung des Objektes hat.

### 1.4.1 Grundlagen CH

#### *Forschungsprojekte*

- SYRROU (Systèmes de repérage spatial des données routières, Mandat de recherche 10/99 sur demande de l'Union des professionnels suisses de la route (VSS))

#### *Normen*

- SN 640 911 Strasseninformationssystem, Linearer Bezug - Grundnorm (Publikation Januar 2006)
- SN 640 912 Strasseninformationssystem, Linearer Bezug - Räumliches Basis-Bezugssystem RBBS
- SN 640 913 Strasseninformationssystem, Linearer Bezug - Achsgeometrien (Publikation Januar 2006)
- SN 640 914 Strasseninformationssystem, Linearer Bezug - Netze und ihre Topologie (Publikation Januar 2006)

#### *Systeme*

- STRADA-DB Strassendatenbank des ASTRA für das MSE, aktueller Release 3.01

### 1.4.2 Grundlagen International

#### *Forschungsprojekte*

- RADEF Road Administration Data Exchange Format
- Bezugssystem der FGDC (Federal Geographic Data Committee): Road Data Model Generic Data model for linear referencing systems
- EVIDENCE: Extensive Validation of IDENTification Concept in Europe, Telematics Applications Programme Transport Sector TR4011
- TRIDENT: TRansport Intermodality Data sharing and Exchange NeTworks, ITS-1999-10076

### ***Normen***

- ISO 14825:2400 Intelligent transport systems -- Geographic Data Files (GDF)
- ISO 14819-3:2004 Traffic and Travel Information (TTI) -- TTI messages via traffic message coding -- Part 3: Location referencing for ALERT-C
- ISO 24530-3 Traffic and Traveller Information (TTI) -- TTI via Transport Protocol Experts Group (TPEG) - Part 6: Location Referencing for applications
- SAE J2374 Location Referencing Message Specification (LRMS)
- CEN TC278, Reference Data Model For Public Transport, ENV12896 revised, Juni 2001
- ÖPNV-Datenmodell 5.0, Dateiformat für die Datenübertragung zwischen ÖPNV - Anwendungen, Version 1.0

### ***Systeme***

- BISStra: Bundesinformations-System Strasse
- ORACLE LRS, ORACLE-Spatial Linear Referencing System
- ESRI linear referencing

## 2 Konzeptionelle Aspekte

In den folgenden Kapiteln werden die wesentlichen konzeptionellen Aspekte erläutert. Sie werden in der weiteren Bearbeitung immer wieder verwendet und sind deshalb von zentraler Bedeutung.

- **Konkretisierungsstufen:** Mit den Konkretisierungsstufen werden die betrachteten Systeme in ihre Anwendungsstufe klassiert.
- **Geometrische Grundelemente:** Die geometrischen Grundelemente bilden die Basis für den Aufbau von Bezugssystemen und der Referenzierung von Fachobjekten in diesen.
  - Über die geometrischen Grundelemente (Punkt, Linie, Fläche) wird die Form der Fachobjekte beschrieben.
  - In der Fachsicht wird entschieden, welche Abbildungsform in einem Bezugssystem das Fachobjekt erhält (als Punkt, als Linie oder als Fläche).
  - Das Bezugssystem selbst besteht aus geometrischen Grundelementen mit den Formen Punkt, Linie und Fläche.
- **Bezugssystem-Konzepte:** Jede Beziehung zwischen Informations-Objekten basiert auf einem Bezugskonzept. Hier werden diejenigen Bezugs-Konzepte erläutert, welche für die Lokalisierung/Positionierung von Strassenverkehrstelematik-Daten von Bedeutung sind.
- **Beziehungen zwischen Konzepten:** Die verschiedenen Konzepte sind oder sollen nicht in jedem Fall unabhängig voneinander sein, sondern kommen als Kombination vor. Insbesondere im Gesamtmodell, welches in diesem Forschungsauftrag erarbeitet wird, soll ja auch zwischen verschiedenen Systemen und damit zwischen verschiedenen Konzepten ein Datenaustausch ermöglicht werden. Diese Beziehungen werden in diesem Kapitel erläutert.
- **Transformationskonzepte:** Schlussendlich sollen Fachobjekte, respektive deren Lokalisierung/Positionierung in einem Bezugssystem, transformiert werden können. Hier wird aufgezeigt, welche grundsätzlichen Möglichkeiten dazu bestehen.
- **Detaillierungsgrad der Bezugssysteme:** Der Detaillierungsgrad, mit welchem ein Bezugssystem beschrieben wird, ist von den jeweiligen Anforderungen abhängig. Sollen nun Fachobjekte zwischen zwei Systemen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad ausgetauscht werden, so muss dieser Sachverhalt berücksichtigt werden.

## 2.1 Konkretisierungsstufen

Die in diesem Forschungsauftrag betrachteten Grundlagen lassen sich in unterschiedliche Konkretisierungsstufen unterteilen. Die Konkretisierungsstufe bedeutet in diesem Fall, in wie weit es sich bei den betrachteten Systemen um reine konzeptionelle Überlegungen bis hin zu bereits implementierten Lösungen handelt.

Die Konkretisierungsstufen bauen aufeinander auf. Dies bedeutet, dass die beschriebenen Eigenschaften einer Stufe jeweils die Grundlage für die nächste Stufe bildet. Die Eigenschaften werden dafür erweitert respektive konkretisiert.

Für die Einordnung der betrachteten Systeme genügen die folgenden 4 Konkretisierungsstufen.

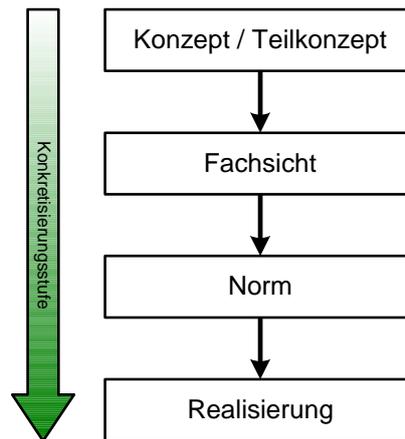


Abbildung 3: Konkretisierungsstufen

Das in diesem Forschungsauftrag zu erarbeitende Gesamtmodell bildet eine Vorstufe zur Norm. Es legt alle Standards fest, welche in einer entsprechenden Norm festgehalten werden müssen. Die erforderlichen Standards werden aus der Fachsicht hergeleitet.

Konkretisierungsstufe	Eigenschaften
<b>Konzept / Teilkonzept</b>	<p>Auf der Stufe Konzept werden primär "mathematische" Eigenschaften definiert. Bezogen auf die Bezugssysteme sind dies zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Eigenschaften eines planaren Koordinatensystems: die Koordinatenachsen stehen senkrecht zueinander, sie sind gerade, sie haben einen gemeinsamen Ursprung.</li> <li>- Die Eigenschaften eines linearen Koordinatensystems: die Koordinatenachsen stehen senkrecht zueinander, eine Achse kann gekrümmt sein.</li> <li>- Konnektivität als Aspekt der Topologie: Verwendung von topologischen Beziehungen mit den Eigenschaften: beginnt mit, ist innerhalb, grenzt an, liegt auf etc.</li> </ul>
<b>Fachsicht</b>  Mit der Fachsicht wird das Konzept mit den aus fachlicher Sicht typischen Regeln abgebildet (Erweiterung von Eigenschaften und Bedingungen)	<p>Mit der Fachsicht wird das Konzept mit den für das betrachtete Thema typischen Eigenschaften erweitert. Diese ergeben sich aus den fachlichen Anforderungen. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aus Sicht der amtlichen Vermessung soll ein planares Bezugssystem flächentreu sein, damit der Wert der Parzellenflächen direkt bestimmbar ist.</li> <li>- In einem linearen Bezugssystem für Strassen repräsentiert eine Achse des Bezugssystems die Strassenachse.</li> <li>- In einem linearen Bezugssystem für Wasserleitungen repräsentiert eine Achse des Bezugssystems eine Wasserleitung, der Anfangs- und Endpunkt einer Linie einen Schacht.</li> <li>- In einem Kanten-/Knoten-Modell wird eine Kante durch zwei Knoten begrenzt. Ein Knoten kann mehrere Kanten begrenzen, eine Kante entspricht dem Strassenverlauf zwischen zwei Verkehrsknoten.</li> </ul>
<b>Norm</b>  Mit der Norm wird die Fachsicht mit spezifischen Eigenschaften und Bedingungen erweitert.	<p>Die Norm standardisiert die Fachsicht für eine Interessengemeinschaft. Die Fachsicht kann dafür noch mit weiteren Regeln und Eigenschaften erweitert werden. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- für die Schweizerische Landesvermessung wird ein planares, flächentreues Raumbezugssystem verwendet (CH 1903/03+). Für die Sternwarte Bern wird das Koordinatenpaar 600'000/200'000 festgelegt.</li> <li>- Gemäss VSS-Norm kann das lineare Bezugssystem durch Bezugspunkte in Sektoren aufgeteilt werden. Segment-Sprünge und Segment-Enden werden durch Sektoren mit der Länge=0m definiert.</li> <li>- Gemäss ALERT-C entspricht ein Knoten einem Verkehrsknoten und die Kante einer Verkehrsverbindung.</li> </ul>
<b>Realisierung</b>	<p>Eine Realisierung ist die Umsetzung der Norm in der Realität.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestimmen der Koordinaten von Fixpunkten und anderen Referenzpunkten gemäss LV03.</li> <li>- Im räumlichen Basisbezugssystem des ASTRA für die Nationalstrassen entsprechen die Bezugspunkte der NS-Kilometrierung.</li> <li>- Definition von Kantonsstrassenachsen gemäss Norm.</li> <li>- ALERT-C, Location-Code CH als Realisierung der Norm ALERT-C.</li> </ul>

Für die Situationsanalyse ist die Fachsicht der Strassen-Verkehrstelematik von Bedeutung. Sie muss die Anforderung an die Bezugselemente definieren, damit die Informationen der Verkehrstelematik bezüglich ihrer räumlichen Beschreibung richtig abgebildet werden können.

Bei der Betrachtung der Bezugssysteme werden vor allem Bezugssysteme der Normierungsstufe betrachtet. Das Resultat dieses Forschungsauftrags ist wiederum auf der Normierungsstufe anzusiedeln.

In der nachfolgenden Tabelle sind zur Erläuterung einige Beispiele für die Klassierung der Systeme, gemäss den Konkretisierungsstufen, aufgeführt.

<b>Konzept</b>	<b>Teilkonzept</b>	<b>Fachsicht</b>	<b>Norm</b>	<b>Realisierung</b>
<b>Raumbezugs-Konzept</b>	Planares Koordinatensystem	Flächentreu	AV93	Fixpunkte und andere Referenzpunkte der amtlichen Vermessung
	Lineares Koordinatensystem	Raumbezugssystem Strasse	SN 640 912 (Räumliches Basisbezugs-System: RBBS)	Nationalstrassen-Kilometrierung
<b>Topologiebezugs-Konzept</b>	Knoten/Kanten-Modell	Verkehrsknoten und Abschnitte zwischen Verkehrsknoten	ALERT-C	ALERT-C Location-Code CH

## 2.2 Geometrische Grundelemente

Ein Objekt der Realität hat eine beschreibbare Form. In der Abstraktion wird entschieden, welche Form für die Fachsicht relevant ist. So wird bei diesem Schritt entschieden, ob für eine Belagsschicht eine sehr detaillierte Formbeschreibung vorliegen muss, oder ob diese Form durch einen Quader angenähert werden kann.

Für die Lokalisierung/Positionierung des Fachobjekts in einem Bezugssystem wird wiederum aus Fachsicht entschieden, wie die Abbildung eines Fachobjekts in dem Bezugssystem realisiert werden soll. Hier wird auch die klare Trennung zwischen der Lokalisierung/Positionierung und den weiteren Fachattributen eines Objekts vorgenommen. Dabei kann das verwendete Grundelement unterschiedlich von der eigentlichen Form des Fachobjekts sein. In den VSS-Normen wird bezüglich des Belags nur ein lineares Segment des Belags (mittlere Linie) in einem Raumbezugssystem lokalisiert. Die Fachattribute "Belagsdicke", "Anfangsbreite" und "Endbreite" beschreiben, bezogen zu diesem linearen Segment, die Form des Belags.

Die für die Beschreibung von Bezugssystemen verwendeten Grundelemente basieren analog obiger Betrachtung auch wieder auf den gleichen Formen Punkt, Linie und Fläche.



Abbildung 4: Abstraktion der Realität

Für die Betrachtungen in diesem Forschungsauftrag genügen 2D-Elemente. Für die Beschreibung der Bezugssysteme und der Lokalisierung von Objekten in diesen werden keine 3D-Elemente verwendet:

Geometrisches Grundelement	Eigenschaften der Grundelemente
<b>Punkt</b> 	Besitzt nur eine beschränkte Anzahl von Eigenschaften. Hat keine räumliche Ausdehnung.
<b>Linie</b> 	Im allgemeinen räumlich gekrümmt – evt. Masseigenschaften (z.B. Länge, Orientierung, Zeit, Form) – weitere Eigenschaften
<b>Fläche</b> 	Im Allgemeinen räumlich gekrümmt, in diesem Forschungsauftrag werden nur ebene Flächen betrachtet. – evt. Masseigenschaften (z.B. Flächenmass, Form) – weitere Eigenschaften

Tabelle 1: Geometrische Grundelemente

## 2.3 Bezugssystem-Konzepte

Die Analyse der bestehenden Bezugssysteme zeigt, dass drei grundsätzliche Bezugs-Konzepte unterschieden werden müssen: lineare Raumbezugs-Konzepte, planare Raumbezugs-Konzepte und topologische Bezugs-Konzepte. Die Fachobjekte, welche lokalisiert/positioniert werden sollen, weisen eine Beziehung zu einem dieser drei Bezugs-Konzepte auf.



Tabelle 2: Bezugskonzepte

Von Lokalisierung wird gesprochen, wenn ein Fachobjekt in einem linearen oder einem planarem Bezugskonzept referenziert wird. Von einer Positionierung, wenn ein Fachobjekt in einem topologischem Bezugskonzept referenziert wird. Diese Unterscheidung wird getroffen, da die Referenzierungsmethoden im linearen oder planarem Raum sehr ähnlich sind, diese sich aber stark zu den Referenzierungsmethoden des topologischen Bezugs unterscheiden.

Die Aspekte der einzelnen Bezugssystem-Konzepte weisen spezifische Eigenschaften auf. Diese sind deshalb unterschiedlich zu behandeln. Dies wirkt sich insbesondere bei der Durchführung von Transformationen von Fachobjekten von einem Bezugssystem in ein anderes aus. In der Praxis werden oft die spezifischen Eigenschaften der einzelnen Bezugs-Konzepte kombiniert. Dies zum Beispiel indem zu einem rein topologischen Knoten-/Kanten-Modell zusätzlich die Knotenkoordinaten gespeichert werden. Damit wird es möglich, diese Daten in vereinfachter Form auch kartographisch darzustellen.

- In einigen Bezugssystemen wird durch ein lineares Koordinatensystem das Verkehrsnetz abgebildet. Im Gegensatz zu den topologischen Bezugskonzepten wird durch das lineare Koordinatensystem nicht nur das Verkehrsnetz selbst, sondern ein 3-dimensionaler Raum definiert, in welchem ein beliebiger Ort durch die Angaben seiner Koordinaten (3D oder 2D) bestimmt werden kann. Diese Konzepte werden als **lineare Raumbezugs-Konzepte** definiert.
- Ein **planares Raumbezugs-Konzept** wird immer dann benötigt, wenn die Daten kartographisch auf einem Plan dargestellt werden sollen. In der Regel wird mit Hilfe von zwei respektive drei Koordinaten-Achsen ein 2D- beziehungsweise 3D-Raum aufgespannt, in welchem mit Hilfe von Koordinaten jeder beliebige Ort beschrieben werden kann.
- In vielen Bezugssystemen wird das Verkehrsnetz durch die Abbildung der topologischen Eigenschaften dieses Netzes abstrahiert. Grundelemente dieser Verkehrsnetze sind in der Regel Punkte, welche die Verkehrsknoten repräsentieren und Linien, welche diese Verkehrsknoten verbinden. Häufig wird in diesen Bezugssystemen auch noch das Grundelement Fläche verwendet, um Gebiete zu repräsentieren (z.B. Agglomerationen, Länder etc.). Diese Bezugssysteme werden als **Topologiebezugs-Konzepte** definiert.

Im Rahmen dieses Forschungsauftrags wird die vertikale Bezugsachse der Bezugssysteme nur am Rande betrachtet, da diese Information in der Regel für die betrachteten Fragestellungen der Strassenverkehrstelematik keine Bedeutung haben.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem linearen und dem planaren Raumbezugs-Konzept ist, dass beim planaren Raumbezugs-Konzept die Koordinatenachsen gerade sind und kein Objekt der Realität abbilden und beim linearen Raumbezugs-Konzept eine Koordinatenachse gekrümmt ist und dem Verlauf eines realen Objekts (z.B. Strasse oder Schiene) folgt. Beide Raumbezugs-Konzepte kommen je nach Fragestellung zur Anwendung.

Die bestehenden Bezugssysteme sind normalerweise eine Mischform von Topologiebezugs-Konzepten und Raumbezugs-Konzepten.

Das folgende Beispiel soll den Unterschied zwischen Topologiebezugs-Konzepten und Raumbezugs-Konzepten verdeutlichen:

In einem rein topologisch definierten Modell (gebildet mit den geometrischen Grundelementen Punkt und Linie) lässt sich die Frage "von welchem Ort gelangt man zum Ort X?" sehr einfach beantworten. Die Frage "welche Orte liegen in einem Umkreis von 1000m um X?" jedoch nicht. Um die zweite Frage zu beantworten, braucht es zusätzliche Informationen, welche nur ein Raumbezugs-Konzept liefern kann (z.B. Koordinaten der Orte, oder Geometrie der Strecken in einem Koordinatensystem).

In der nachfolgenden Tabelle sind zusammenfassend die wichtigsten Eigenschaften der Konzepte aufgeführt:

<b>Konzept</b>	<b>Eigenschaften</b>
Raumbezugs-Konzept (linear oder planar)	<p>Durch ein Raumbezugs-Konzept werden alle notwendigen Grundlagen geschaffen, um einen (3-dimensionalen) Raum aufzuspannen (durch die Achsen des Koordinatensystems). Innerhalb des aufgespannten Raums lässt sich ein beliebiger Ort durch entsprechende Koordinaten bestimmen.</p> <p>Das Raumbezugs-Konzept beinhaltet einerseits die Grundelemente, welche für die Beschreibung des Raumes benötigt werden und andererseits auch die Methoden, wie ein Ort in diesem Raumbezugsystem zu beschreiben ist.</p>
Topologiebezugs-Konzept	<p>Im Gegensatz zu einem Raumbezugs-Konzept wird in einem Topologiebezugs-Konzept nicht ein Raum aufgespannt, sondern lediglich die topologischen Beziehungen der Grundelemente beschrieben (z.B. Abschnitt ist durch 2 Knoten begrenzt, Knoten liegt in Zone).</p> <p>Das Topologiebezugs-Konzept sieht vor, dass Objekte Grundelemente dieses Bezugskonzepts referenzieren können, nicht aber einen Ort neben diesen Grundelementen, da der Raum neben den Elementen, gemäss obiger Einführung, nicht definiert ist.</p>

Tabelle 3: Eigenschaften der Bezugskonzepte

## 2.4 Beziehungen zwischen Konzepten

Die Informationsobjekte der Verkehrstelematik beziehen sich auf die vorhandenen Bezugs-Konzepte. Wie schon weiter oben erwähnt, bestehen auch zwischen den verschiedenen Bezugs-Konzepten Beziehungen.

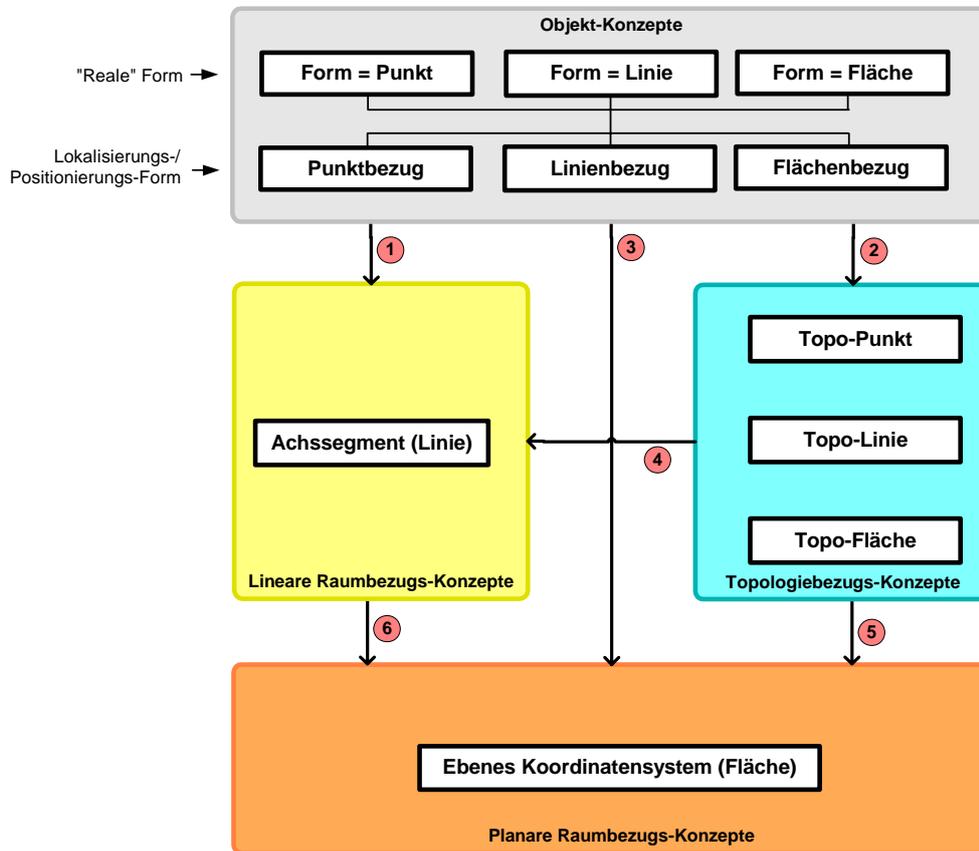


Abbildung 5: Beziehungen zwischen Konzepten

In der Abbildung 5 sind die verschiedenen möglichen Beziehungen zwischen den Konzepten respektive den Systemen dargestellt (ein System ist eine Instanzierung eines Konzepts). Es wird dargestellt, welche Art von Beziehung die Systeme untereinander eingehen können (Beziehung zwischen zwei unterschiedlichen Konzepten).

Die Beziehung der Fachobjekte zu den Bezugssystem-Konzepten ist abhängig vom (für die Lokalisierung verwendeten) Bezugssystem:

**Lineare Koordinaten (UV):** Die Beziehung respektive die Abbildung eines Punkts, einer Linie oder einer Fläche erfolgt über die Angabe von uv-Koordinaten (bezogen auf das lineare Bezugssystem).

**Geometrie (XY):** Mit XY-Koordinaten in einem planaren Raum wird also die geometrische Form der Fachobjekte als Geometrie in einem planaren Raumbezugs-System beschrieben.

**Topologiebezug (T):** Mit dem Topologiebezug wird eine topologische Beziehung zwischen den Fachobjekten und dem topologischen Bezugssystem hergestellt. Das topologische Bezugssystem muss dafür die entsprechenden Grundelemente zur Verfügung stellen.

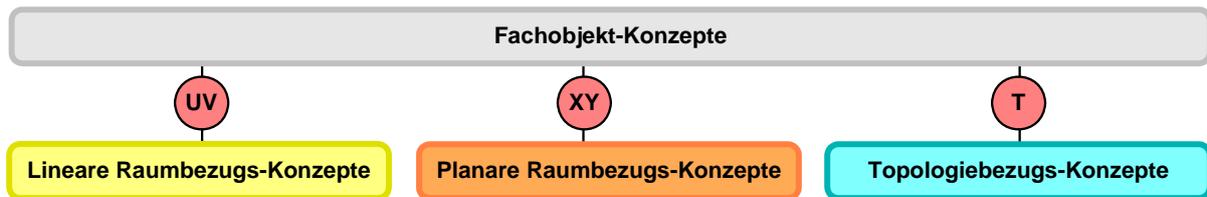


Abbildung 6: Bezugsarten

Damit können die in Abbildung 5 gezeigten Beziehungen wie folgt beschrieben werden:

Beziehung	Beschreibung
<p>① UV</p> <p>Objekte → Lineare Bezugssysteme</p>	<p>Diese Objekte weisen einen Bezug zum linearen Raum auf. Die Objekte besitzen Koordinaten gemäss den Regeln des linearen Raums.</p> <p>Eine Koordinate in einem linearen Bezugssystem setzt sich in der Regel aus der Referenzierung eines Grundelements des Typs Linie und den Koordinaten bezüglich dieser Linie zusammen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distanz ab Linienanfang</li> <li>- Vertikalabstand zur Linie (senkrecht zur Linie)</li> <li>- Horizontalabstand zur Linie (senkrecht zur Linie)</li> </ul> <p>Ein Punkt kann mit Hilfe eines Koordinatentrippels beschrieben werden.</p> <p>Eine Linie kann mit zwei Koordinatentrippeln beschrieben werden. Eine Linie kann nur auf einfache Weise beschrieben werden, wenn die Form von der gekrümmten Achse des linearen Koordinatensystems geerbt werden kann. (Ist in der Regel dort erfüllt, wo der Einsatz eines linearen Koordinatensystems sinnvoll ist.)</p> <p>Ein Gebiet benötigt mindestens die Angabe von 3 Koordinatentrippeln.</p>
<p>② T</p> <p>Objekte → Topologische Bezugssysteme</p>	<p>Diese Objekte weisen einen Bezug zu einem topologischen Bezugssystem auf. Der Bezug wird hergestellt, in dem mindestens ein Grundelement eines topologischen Bezugssystems referenziert wird.</p> <p>Ein Punktbezug kann durch die Referenzierung auf ein Element des Typs Punkt beschrieben werden.</p> <p>Ein Linienbezug kann durch die Referenzierung auf ein Element des Typs Linie beschrieben werden.</p> <p>Ein Flächenbezug kann durch die Referenzierung auf ein Element des Typs Fläche beschrieben werden.</p> <p>Objekte, welche Grundelemente eines topologischen Bezugssystems referenzieren, erben die topologischen Eigenschaften des referenzierten Elements. (Die Gültigkeit eines DTV-Werts, welcher über einen Abschnitt referenziert ist, reicht vom Anfangsknoten bis zum Endknoten des entsprechenden Abschnitts).</p>

Beziehung	Beschreibung
③ XY Objekte → Planare Bezugssysteme	Diese Objekte weisen einen Bezug zum planaren Raum auf. Die Objekte besitzen Koordinaten gemäss den Regeln des planaren Raums.  Eine Koordinate in einem planaren Bezugssystem setzt sich in der Regel durch die Bestimmung des Abstands zum Ursprung entlang der Koordinatenachsen zusammen.  Ein Punktbezug kann mit Hilfe eines Koordinatentripfels beschrieben werden.  Eine gerade Linie kann mit Hilfe zweier Koordinatentripfel beschrieben werden, welche den Anfang und das Ende der Strecke markieren. Eine gekrümmte Linie durch die Angabe von mehr als drei Koordinatentripfel (Polyline).  Eine Fläche benötigt mindestens 3 Koordinatentripfel.
④ UV Topologische Bezugssysteme → Lineare Bezugssysteme	Analog der Objekte mit einem Bezug zu einem linearen Raum können auch die Grundelemente eines topologischen Bezugssystems einen Bezug zu einem linearen Raum aufweisen.  Beispiel: Knoten mit Koordinaten im RBBS (gemäss den VSS-Normen wird dies über die Knotenorte abgebildet).
⑤ XY Topologische Bezugssysteme → Planare Bezugssysteme	Analog der Objekte mit Bezug zu einem planaren Raum können die Grundelemente eines topologischen Bezugssystems auch eine Beziehung zu einem planaren Raum aufweisen.  Beispiel: Knoten mit Landeskoordinaten
⑥ XY Lineare Bezugssysteme → Planare Bezugssysteme	Analog dem Bezug von Objekten in einem planaren Raum, können auch die Grundelemente eines linearen Raums einen Bezug zum planaren Raum aufweisen.  Beispiel: Achsgeometrie

Tabelle 4: Beziehungen zwischen den Konzepten

Neben der grundsätzlichen Beziehung zwischen den Konzepten, wie sie in der obigen Abbildung dargestellt sind, sind für den Forschungsauftrag auch Beziehungen zwischen zwei Systemen mit gleichen Konzepten von Bedeutung.

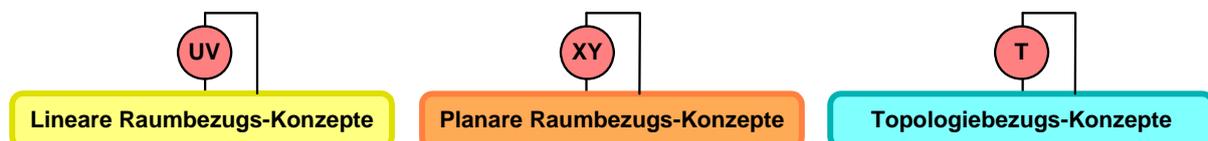


Abbildung 7: Beziehung zwischen Systemen mit gleichen Konzepten

In der nachfolgenden Tabelle sind die in Tabelle 4 und Abbildung 7 gezeigten Beziehungen in generalisierter Form zusammengestellt.

	Linearer Raumbezug	Planarer Raumbezug	Topologischer Bezug
<b>Punktbezug</b>	- Punktkoordinaten $P(u,v,w)$	- Punktkoordinaten $P(x,y,z)$	- Bezug zu Punkt
<b>Linienbezug</b>	- von Punkt - bis Punkt - Polygonzug $f(\text{Punkt})$	- von Punkt - bis Punkt - Polygonzug $f(\text{Punkt})$	- Bezug zu Linie
<b>Flächenbezug</b>	- von Punkt - bis Punkt, Anfangsbreite - Endbreite - Polygonfläche $f(\text{Punkt})$	- Polygonfläche $f(\text{Punkt})$	- Bezug zu Fläche

Tabelle 5: Zusammenstellung der Referenzierungsmethoden

Die Möglichkeiten der topologischen Beziehungen zwischen Objekten sind sehr vielfältig. Wie bereits erwähnt, werden die topologischen Beziehungen der Objekte von den Grundelementen des topologischen Bezugssystems an die Objekte vererbt. Damit kann der Bezug der Fachobjekte in einem topologischen Bezugssystem stark vereinfacht werden (Punktbezug, Linienbezug, Flächenbezug), denn die Grundelemente eines topologischen Bezugssystems stehen in topologischen Beziehungen zueinander. Wie Tabelle 6 zeigt, ist es theoretisch möglich, jedes Grundelement mit einem beliebigen anderen Grundelement in Beziehung zu stellen.

↓ bezogen auf →	Topo-Punkt	Topo-Linie	Topo-Fläche
<b>Topo-Punkt</b>	Auf Nicht auf	Auf Neben	In Auf Umrandung Ausserhalb
<b>Topo-Linie</b>	Reduziert auf	Vollständig auf Teilweise auf Neben Kreuzt Setzt fort	In Auf Umrandung Teilweise in
<b>Topo-Fläche</b>	Reduziert auf	Reduziert auf	In Teilweise in Neben

Tabelle 6: Die innere Topologie von topologischen Bezugssystemen

## 2.5 Transformationskonzepte

Mit dem Gesamtmodell soll es ermöglicht werden, Objekte mit einem Bezug zum Verkehrsraum zwischen zwei unterschiedlichen Systemen auszutauschen. In den bisherigen Kapiteln wurden die dafür notwendigen konzeptionellen Grundlagen erarbeitet. Anhand der Abbildung 5 und Abbildung 7 wurde gezeigt, welche Beziehungen zwischen den verschiedenen Konzepten bestehen. Diese Beziehungen werden für die Transformation der Objekte zwischen verschiedenen Systemen genutzt.

Im folgenden Beispiel wird das gleiche Objekt "Unfall" in drei unterschiedlichen Bezugssystemen lokalisiert:

- System A: Unfall als Punkt im linearen Raumbezugssystem
- System B: Unfall als Linie (bezogen auf Abschnitt) im topologischen Bezugssystem
- System C: Unfall als Punkt im planaren Raumbezugssystem

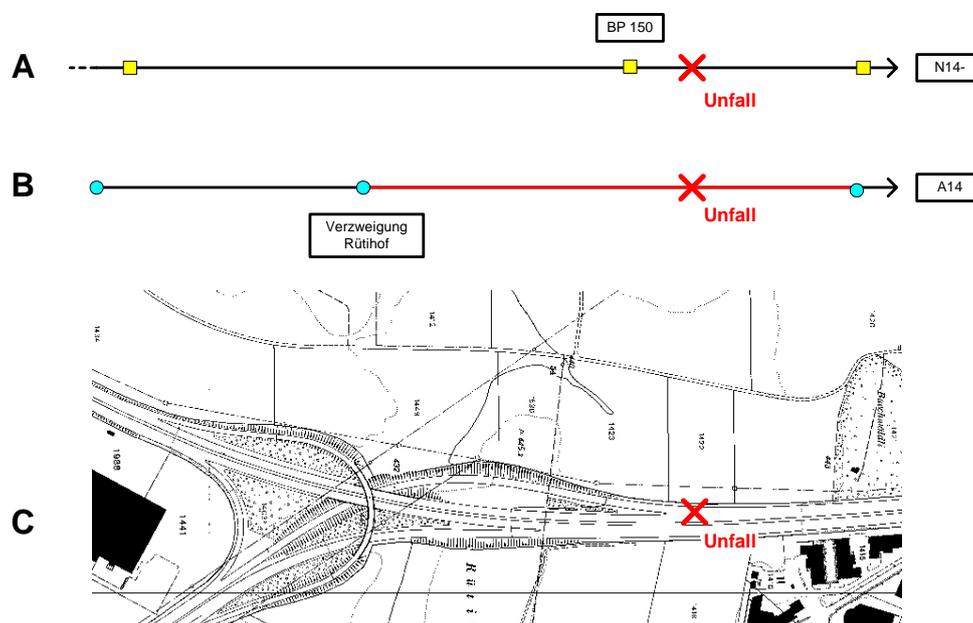


Abbildung 8: Beispiel der Lokalisierung eines Objekts in verschiedenen Bezugssystemen

Damit das Objekt "Unfall" zwischen diesen Systemen ausgetauscht werden kann, muss es entweder selber über eine Beziehung (Lokalisierung) zu jedem der betrachteten Systeme aufweisen, oder die verwendeten Grundelemente (Achsegment, Abschnitt und planares Koordinatensystem) der Bezugssysteme müssen in die jeweils anderen Bezugssysteme transformiert werden können. Die Lokalisierung der Objekte selber ist für die jeweiligen Systeme individuell gelöst. Das Gesamtmodell muss möglichst unabhängig von den systemspezifischen Lösungen entwickelt werden.

Das Gesamtmodell soll die Datenstrukturen und Methoden enthalten, mit welchen zwischen zwei unterschiedlichen Bezugssystemen die Daten transformiert werden können. Dafür muss die Lokalisierung des Objekts "Unfall" (seine Koordinaten im Raumbezugssystem oder sein Bezug zum topologischen Bezugssystem) übertragen werden können. Diese Transformation hat dabei möglichst ohne Verlust an Informationen zu erfolgen.

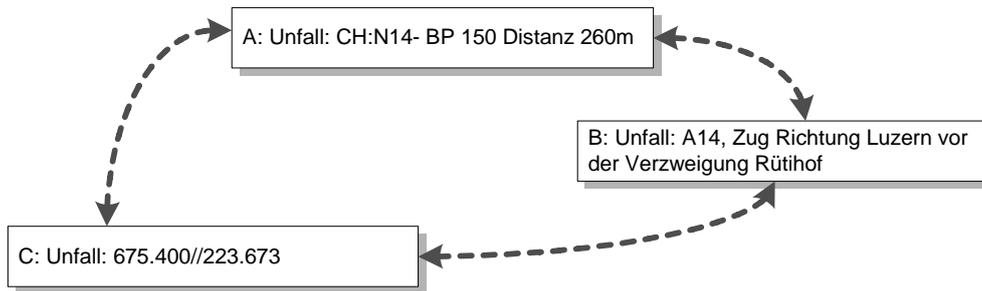


Abbildung 9: Bezug von verschiedenen Lokalisierungsmethoden des gleichen Objekts

Grundsätzlich können für den Aufbau der Beziehung zwischen den unterschiedlichen Systemen zwei Methoden angewendet werden:

- Identifikation von Orten, welche in beiden betrachteten Systemen lokalisiert werden können. Zwischen zwei dieser Orte, welche auf dem gleichen Strassensegment liegen, kann die Lokalisierung in einfacher Weise transformiert werden. (Siehe Kapitel 2.5.1)

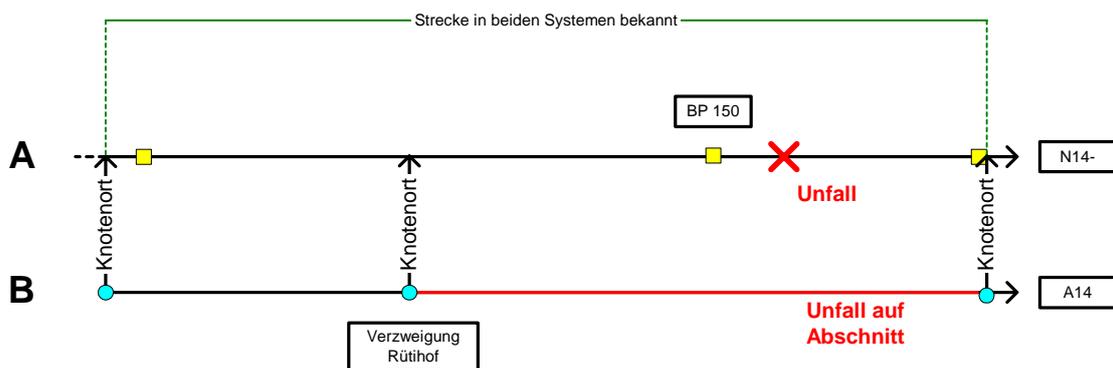


Abbildung 10: Finden gemeinsamer Orte in zwei Systemen

- Transformation in ein gemeinsames Raum Bezugssystem: hier wird die Beziehung der beiden betrachteten Systeme nicht direkt durch bekannte Orte hergestellt, sondern es werden von beiden betrachteten Systemen die notwendigen Elemente über Transformationsstrecken in ein drittes System transformiert. Dort kann über eine räumliche Analyse die Lokalisierung transformiert werden. (Siehe Kapitel 2.5.2)

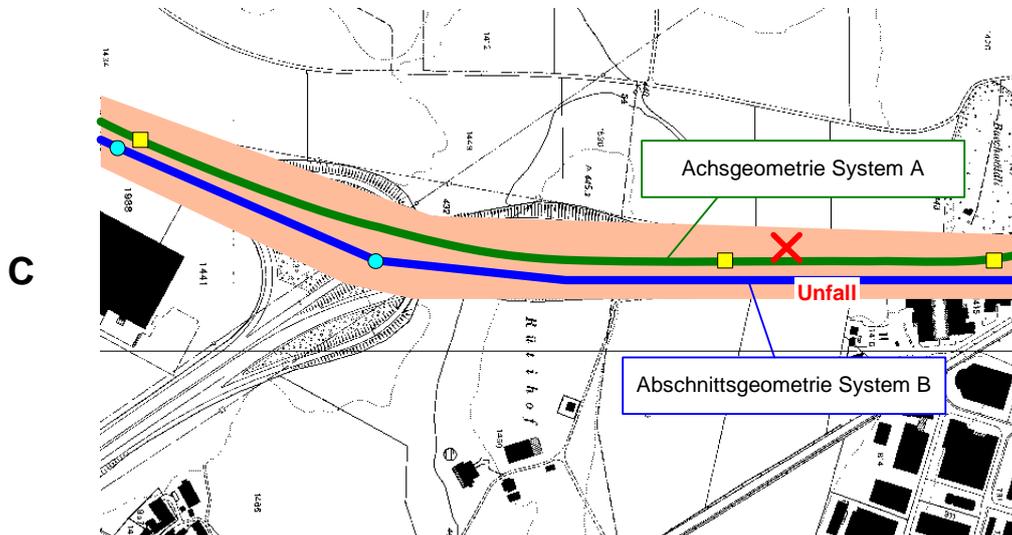


Abbildung 11: Finden gemeinsamer Orte über ein drittes System

Bei der zweiten Variante muss natürlich zwischen System A und C respektive zwischen System B und C eine Beziehung analog der ersten Variante bestehen. Dies wird in vielen bestehenden Systemen mit der Objektgeometrie bereits erreicht.

Wie aus der Abbildung 10 ersichtlich, ist die Umkehrbarkeit der Transformation nicht immer möglich. In Abhängigkeit des fachlichen Entscheids, wie die Form des Bezugs erstellt werden soll, ergeben sich unterschiedliche Lokalisierungs- respektive Positionierungsmethoden. So wird im obigen Beispiel der Unfall im linearen Bezugssystem als Punkt mit einer linearen Koordinate referenziert, im topologischen Bezugssystem als Linie, indem der betroffene Abschnitt referenziert wird. Bei der Transformation vom linearen Raum Bezugssystem zum topologischen Bezugssystem kann der "betroffene" Abschnitt identifiziert werden. Die Information über die genaue Lage geht dabei aber verloren. Umgekehrt kann bei der Transformation vom topologischen System zum linearen System der Unfall nur wieder linear abgebildet werden, falls keine weiteren Informationen vorliegen.

### 2.5.1 Transformation über die Identifikation gemeinsamer Orte

Bei dieser Transformationsmethode bestehen Datenbeziehungen zwischen den verschiedenen Raum Bezugssystemen. Durch die Beziehung können die Raumbezüge von einem in das andere Bezugssystem überführt werden.

Eine Beziehung über Daten kann zum Beispiel durch die Identifizierung gemeinsamer Schlüssel erstellt werden. Werden in zwei unterschiedlichen Bezugssystemen zum Beispiel Knoten mit der gleichen Kennung gefunden, so können entsprechend auch die Informationen zu diesen Knoten ausgetauscht werden. Normalerweise ist es aber so, dass die verschiedenen Bezugssysteme eigene Regeln für die Bezeichnung der Knoten kennen, so dass über eine reine Analyse der Kennungen von Grundelementen wenig gemeinsame Elemente gefunden werden dürften. Es wird deshalb für das Gesamtmodell erforderlich sein, zusätzliche Objekte zu definieren, mit welchen eine Datenbeziehung zwischen zwei Bezugssystemen hergestellt werden kann.

Bei einer Beziehung über Daten ist zudem zu beachten, dass zwischen allen Bezugssystemen diese Beziehung auch hergestellt werden muss. Die Anzahl Beziehungen lässt sich reduzieren, wenn ein Bezugssystem als führendes System deklariert wird. Alle anderen Bezugssysteme müssen dann den Bezug zu diesem führenden Bezugssystem herstellen.

Ein weiterer Aspekt, welcher in der Transformation betrachtet werden muss ist, wie unterschiedliche Detaillierungsgrade des Raum- oder Topologiebezugs behandelt werden. Wie können zum Beispiel hoch detaillierte Informationen eines Systems, in welchem die Abbiegebeziehungen innerhalb eines Knotens abgebildet sind, auf ein wenig detailliertes System abgebildet werden, welches den gleichen Knoten auf einen Punkt reduziert?

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Logische Beziehung zwischen den Daten besteht, eine Umrechnung ist jederzeit möglich und wiederholbar.</li> <li>– Der Bezug zu einem führenden Bezugssystem ermöglicht die Transformation in alle Bezugssysteme, welche einen Bezug zu diesem herstellen können.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Datenbeziehungen müssen gepflegt werden.</li> </ul>

### 2.5.2 Transformation über ein gemeinsames Raumbezugssystem

Bei dieser Transformation müssen die Informationen in einem gemeinsamen Raumbezugssystem verfügbar sein. Durch räumliche Abfragen können gemeinsame Strecken aus unterschiedlichen Bezugssystemen identifiziert werden.

In der nachfolgenden Abbildung wird in Rot ein Achsensystem analog dem RBBS dargestellt, in Grün ein Kanten Knotenmodell, bei welchem die Koordinaten der Knoten bekannt sind (zum Beispiel ALERT-C, inklusive Koordinaten der Knoten). Falls der Verlauf der Strasse zwischen den Knoten gerade verläuft, liefert diese Methode gute Resultate. Diese Methode ist stark vom Detaillierungsgrad und von der Genauigkeit des Raumbezugs abhängig.

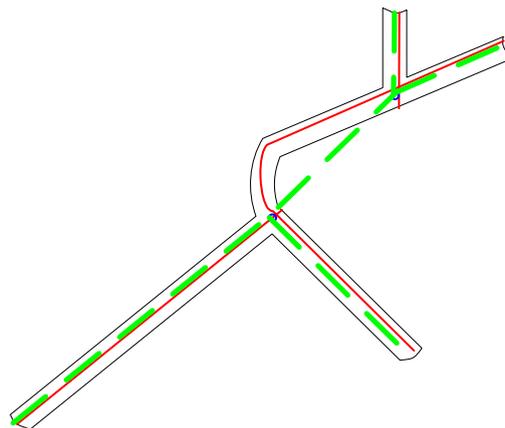


Abbildung 12: Finden gemeinsamer Strecken einer räumlichen Analyse

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heutige GIS-Werkzeuge unterstützen die Projektion von einem linearen Bezugssystem in ein anderes.</li> <li>- Schnelle Lösung ohne weitere Datenverwaltung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es wird keine logische Verknüpfung zwischen den Bezugssystemen hergestellt. Die Funktion muss bei jeder Transformation die gemeinsamen Segmente erneut berechnen.</li> <li>- Wenn die Geometrien Unterschiede in der Genauigkeit aufweisen, können nicht alle gemeinsamen Segmente zuverlässig gefunden werden.</li> <li>- Transformation mit rein topologischen Raumbezugs-Systemen ist nicht möglich.</li> </ul>

Für die Praxis wird es hilfreich sein, die Transformation über Daten und die Transformation über Raumanalysen auch in der Kombination zu verwenden. Zum Beispiel können räumliche Analysen dazu dienen, in einem ersten Schritt gemeinsame Abschnitte zu identifizieren, um damit auch eine relationale Beziehung aufzubauen. Das Gesamtmodell muss demzufolge beide Arten der Transformation unterstützen.

### 2.5.3 Transformation der Lokalisierungsmethode

In Abhängigkeit des Bezugssystems werden die Objekte lokalisiert. Je nachdem, welche Grundelemente im Bezugssystem zur Verfügung stehen, kann die Lokalisierung gleichwertig mit unterschiedlichen Methoden erfolgen: So kann zum Beispiel in einem linearen Bezugssystem ein Ort als Angabe der Distanz ab Achssegmentanfang oder als Distanz zu einem Bezugspunkt innerhalb des Achssegments erfolgen.

#### Transformation der Lokalisierungsmethoden zwischen zwei Raumbezugsystemen (linear oder planar)

Die Lokalisierung in einem Raumbezugsystem erfolgt über die Angabe der Koordinaten. Wenn bekannt ist, wie die beiden Koordinatensysteme zueinander stehen, so können die Koordinaten der Objekte mit einer entsprechenden mathematisch definierbaren Funktion transformiert werden (z.B. Helmert-Transformation). Die Behandlung von Punktobjekten, sofern die Transformationsparameter bekannt sind, können so direkt transformiert werden.

Schwieriger wird es bei Linien und Flächen, da es hier mehrere unterschiedliche Methoden gibt, wie diese beschrieben werden können.

Gerade Linien	Verbindung zwischen zwei Punkten Ausgangspunkt, Richtung und Länge
Gekrümmte Linien	Verbindung zwischen zwei Punkten, Krümmungsradien Ausgangspunkt, Krümmungsradien, Klothoidenparameter Reduktion kurze gerade Linien
Fläche	Angabe der Eckpunkte, gerade Verbindungslinien Angabe der Eckpunkte, Angabe Krümmung "Mathematisch" definierte Flächen, z.B. Kreisflächen, Ellipsen, Trapez

Je nach System werden unterschiedliche Lokalisierungsmethoden verwendet. Das Gesamtmodell muss hier Regeln enthalten, wie diese Methoden aufeinander abgebildet werden können, bzw. die entsprechenden Minimalanforderungen an die liefernden und empfangenden Systeme definieren. Weiter muss eine Aussage gemacht werden, wo Informationsverluste unvermeidbar sind.

### **Transformation der Referenzierungsmethoden zwischen zwei topologischen Bezugssystemen**

Auch hier gibt es je nach System Unterschiede. Existieren zum Beispiel im topologischen Bezugssystem sowohl Punkte als auch Linien, welche diese Punkte verbinden, so kann eine Streckeneigenschaft entweder durch die Referenzierung zweier Punkte oder durch die Referenzierung einer Strecke beschrieben werden. Auch hier muss eine Aussage gemacht werden, wie diese unterschiedlichen Referenzierungsmethoden aufeinander abgebildet werden und welches sind dafür die Voraussetzungen an das Gesamtmodell.

### **Transformation der Referenzierungsmethoden zwischen Raumbezugssystem und topologischem Bezugssystem**

Der komplexeste Fall der Transformation ist sicherlich die Transformation zwischen einem Raumbezugssystem und einem topologischen Bezugssystem. Anhand von Koordinaten können sicherlich gewisse topologische Eigenschaften abgeleitet werden (zum Beispiel wenn ein Punkt auf einer Linie liegt, so haben diese beiden Grundelemente an einer ganz bestimmten Stelle die gleichen Koordinaten). Der umgekehrte Fall, also vom topologischen Bezugssystem zu einem Raumbezugssystem, ist weitaus schwieriger und erfordert eine Erweiterung der Regeln.

## **2.6 Detaillierungsgrad der Bezugssysteme**

Je nach Anforderung kann der Detaillierungsgrad, mit welchem das Verkehrsnetz beschrieben wird, sehr unterschiedlich sein. Die Grundelemente repräsentieren dabei mehr oder weniger genau das abzubildende Verkehrsnetz.

Als einfaches Beispiel sei hier ein Autobahnanschluss erwähnt. Für bestimmte Anforderungen, wie zum Beispiel Verkehrsinformationen, kann ein Autobahnanschluss sehr grob in einem Verkehrsnetz abgebildet werden. Die Abbildung muss im Wesentlichen die topologische Beziehung zwischen der Autobahnzubringerstrasse und der Autobahn selbst herstellen. In einem Fahrzeugnavigationssystem hingegen müssen die einzelnen Verkehrsbeziehungen detailliert abgebildet werden können. Die Beschreibung des Verkehrsnetzes muss demnach auch die Rampenachsen enthalten. Die topologischen Eigenschaften der beiden Bezugssysteme sind am gleichen Ort also unterschiedlich.

Aber auch bezüglich unterschiedlicher Detaillierung respektive Generalisierung in einem planaren Raumbezugssystem können gleiche Orte in unterschiedlichen Massstäben nicht einfach so identifiziert werden. Dies, weil sich durch die Generalisierungsprozesse die Koordinaten der Objekte verändern.

Das Gesamtmodell muss bezüglich des Detaillierungsgrades des abzubildenden Verkehrsnetzes flexibel sein.

## 3 Verkehrstelematik

### 3.1 Dienste der Verkehrstelematik

### 3.2 Anforderungen der Verkehrstelematik an den Raumbezug

Grundlage für die Definition der Anforderungen aus der Verkehrstelematik bildet ISO 14813-1 (Transport information and control systems -- Reference model architecture(s) for the TICS sector -- Part 1: TICS fundamental services). In dieser Norm sind die fundamentalen Dienste der Verkehrstelematik enthalten. Eine detaillierte Auflistung aller Dienste ist im Anhang aufgeführt. Die verschiedenen Dienste erfordern verschiedene Möglichkeiten für die Beschreibung des Raums.

#### 3.2.1 Anforderung der VT an die Raumaspekte

Die Abbildungsform der Informationsobjekte wird in Punkt, Linie und Fläche klassiert. Die im Anhang aufgeführten Informationsobjekte benötigen für ihre Lokalisierung/Positionierung je nach Art der Information einen Bezug zu einem topologischen Bezugssystem oder zu einem Raumbezugssystem.

Die Lokalisierung in einem Bezugssystem wird dann benötigt, wenn die effektiv reale Lage eines Informationsobjekts benötigt wird. Die Positionierung in einem topologischen Bezugssystem wird dann benötigt, wenn die topologische Beziehung zum Verkehrsnetz für die Lokalisierung des Informationsobjektes ausreicht.

Bei der Referenzierung eines Bezugssystems wird eine Beziehung zu einem oder mehreren Grundelementen hergestellt. Je nach Anforderung für die Abbildung des Informationsobjektes und je nach Regeln, wie das geometrische Grundelement gebildet wurde, können unterschiedliche Referenzierungsmethoden angewendet werden.

- **Referenzierung auf ganzes Objekt (T):** Hier wird das referenzierte Grundelement als Ganzes referenziert. Diese Methode kann in der Regel nur bei Beziehungen auf topologische Bezugssysteme angewendet werden, da man davon ausgeht, dass die referenzierten Objekte ganz bestimmte Ausschnitte des Verkehrsnetzes repräsentieren (zum Beispiel Abschnitte und Verkehrsknoten).
- **Referenzierung durch die Abbildung eines Punktes auf einer Linie (T oder UV):** Bei dieser Referenzierungsmethode muss ein geometrisches Grundelement vom Typ Linie referenziert werden. Durch eine metrische Angabe (absolut oder im Verhältnis zur Gesamtlänge des referenzierten Objektes) kann ein Ort entlang dieser Linie referenziert werden.
- **Referenzierung durch die Abbildung einer Strecke auf einer Linie (T oder UV):** Auch bei dieser Referenzierungsmethode muss ein geometrisches Grundelement vom Typ Linie referenziert werden. Durch die metrische Angabe eines Anfang- und Endorts wird die Strecke bezüglich des referenzierten Grundelements lokalisiert.
- **Referenzierung durch Koordinaten (UV oder XY):** Bei dieser Referenzierungsmethode wird die genaue Lage des Punkts, der Linie oder der Fläche durch Koordinatenangaben in einem Raumbezugssystem definiert.

**Anforderung:** Im Gesamtmodell müssen die Referenzierungsmethoden abgebildet werden.

### 3.2.2 Anforderung der VT an die Zeitaspekte

Der Raumbezug kann im Verlauf der Zeit ändern: Neubau, Rückbau, Umgestaltung Knoten etc.

**Anforderung:** Die räumlichen Veränderungen im realen Raum müssen im Gesamtmodell mit den entsprechenden zeitlichen Gültigkeiten abgebildet werden können.

Beim Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Bezugssystemen kann es vorkommen, dass die Bezugssysteme nicht auf den gleichen Stand nachgeführt sind (unterschiedliche Aktualität, zum Beispiel bei ALERT-C Veränderungen aufgrund der Verfeinerung des Netzes).

**Anforderung:** Der zu einem beliebigen Zeitpunkt aktuelle Stand des Bezugssystems muss reproduzierbar sein.

**Anforderung:** Daten müssen zwischen zwei Bezugssystemen ausgetauscht werden können, welche nicht den gleichen Aktualisierungsstand aufweisen.

Von den zeitlichen Veränderungen sind natürlich nicht nur die Bezugsentitäten selbst, sondern auch die Daten, welche diese Bezugsentitäten für die Referenzierung verwenden, abhängig.

**Anforderung:** Das Gesamtmodell muss Regeln enthalten, wie zeitliche Inkonsistenzen zwischen Daten und den Bezugssystemen zu bereinigen sind.

### 3.2.3 Anforderung der VT an die Transformation

Die unterschiedlichen Bezugssysteme stellen auch unterschiedliche Referenzierungsmethoden zur Verfügung.

**Anforderung:** Das Gesamtmodell soll es aber ermöglichen, aus einem beliebigen Bezugssystem die Daten, respektive deren Raumbezug verlustfrei zu übernehmen.

Dafür muss das Gesamtmodell in der Lage sein, den höchst bekannten Detaillierungsgrad abzubilden. Umgekehrt wird es aber nicht möglich sein, in jedem Fall an alle externen Systeme die Daten verlustfrei zu übergeben.

Die verschiedenen existierenden Bezugssysteme verwenden unterschiedliche Grundelemente für die Beschreibung des Verkehrsnetzes. Trotzdem soll ein Datenaustausch zwischen diesen Bezugssystemen ermöglicht werden. Somit wird gewährleistet, dass der Raum selbst in verschiedenen Bezugssystemen beschrieben werden kann.

**Anforderung:** Das Gesamtmodell soll Regeln enthalten, wie die verschiedenen Grundelemente des Bezugssystems untereinander abgebildet werden (z.B. Abbildung Abschnitt auf Geo-Segment).

## 3.3 Anforderungen an die Bezugssysteme

Die im Anhang A aufgeführten Informationsobjekttypen der Verkehrstelematik werden als Punkt, Linie oder Fläche (oder Kombinationen davon) in einem Bezugssystem lokalisiert/positioniert. Neben der Lokalisierung/Positionierung (siehe Tabelle 5) in einem Bezugssystem spielt die topologische Aussage, wie ein Objekt zu einem anderen steht, eine wesentliche Rolle. In den topologischen Bezugssystemen wird diese Beziehung einerseits über die topologischen Eigenschaften der Grundelemente oder über die Beziehung zwischen Fachobjekten abgebildet. In den linearen oder planaren Raumbezugssystemen können diese Informationen teilweise durch entsprechende Raumanalysen hergeleitet werden.

<b>Fachliche Aussage</b>	<b>Linearer Raumbezug</b>	<b>Planarer Raumbezug</b>	<b>Topologischer Bezug</b>
<i>Punkt auf Linie</i>	Punktkoordinaten mit $v=0, w=0$ , Achssegment repräsentiert Linie, auf welche sich der Punkt bezieht.	Über Raumverschnitt	Punkt, abgebildet als Linie, Linie Bezug zu Topo-Linie
<i>Punkt am Anfang oder Ende mehrerer Linien</i>	Punkt (In der Verwendung als Knotenort), Achssegment repräsentiert Linie	Über Raumverschnitt	Punkt mit Punktbezug zu Topo-Punkt. Topo-Punkt hat Beziehung zu Topo-Linien.
<i>Punkt in Fläche</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Punkt mit Bezug zu Topo-Punkt. Topo-Punkt hat Beziehung zu Topo-Fläche.
<i>Punkt in Liniengruppe</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Punkt, abgebildet als Linie, mit Bezug zu Topo-Linie
<i>Linie auf Linie</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Anfang Linie = Topo-Punkt, Ende Linie = Topo-Punkt Linie mit Bezug zu Linie
<i>Linie in Fläche</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Linie als Topo-Linie mit Bezug zu Topo-Fläche
<i>Linie neben Linie</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Linie mit Bezug zu Topo-Linie
<i>Linie nach Linie</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Linie mit Bezug zu Topo-Linie
<i>Orientierte Linie neben Linie</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Linie mit Bezug zu Topo-Linie
<i>Linie in Punkt</i>	-	-	Linie als Punkt mit Bezug zu Topo-Punkt
<i>Fläche neben Linie</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Fläche als Linie mit Bezug zu Topo-Linie
<i>Fläche neben Fläche</i>	Über Raumverschnitt	Über Raumverschnitt	Fläche mit Bezug zu Topo-Fläche

Tabelle 7: Fachliche Aussagen mit topologischer Bedeutung und deren Abbildung in den verschiedenen Bezugssystemen

Die Tabelle zeigt, dass die meisten topologischen Aussagen in einem linearen respektive planaren Raumbezugssystem über entsprechende Raumoperationen hergeleitet werden können (falls das System diese Funktionen unterstützt).

Die Aussage "Linie in Punkt" (zum Beispiel alle Rampenachsen (=Linien) eines Autobahnanschlusses (=Punkt)) kann nicht ohne weiteres in einem Raumbezugssystem abgebildet werden. In diesem Fall muss bei einer Transformation die entsprechende topologische Information als Fachattribut ebenfalls übermittelt werden. Das lineare Raumbezugssystem hat gegenüber dem planaren Raumbezug diesbezüglich erweiterte Möglichkeiten, wo die gekrümmte Achse ein lineares Element repräsentiert, zu welchem auch die topologische Aussage gemacht werden soll.

## 4 Existierende Bezugssysteme

### 4.1 Beschreibungsmethodik

#### 4.1.1 Klassierung nach Bezugskonzepten

Für die Klassierung der Bezugssysteme in ihre Bezugskonzepte, müssen alle verwendeten Grundelemente betrachtet werden. Je nach ihrer Eigenschaft werden diese den Raumbezugs- oder Topologiebezugs-Konzepten zugeordnet.

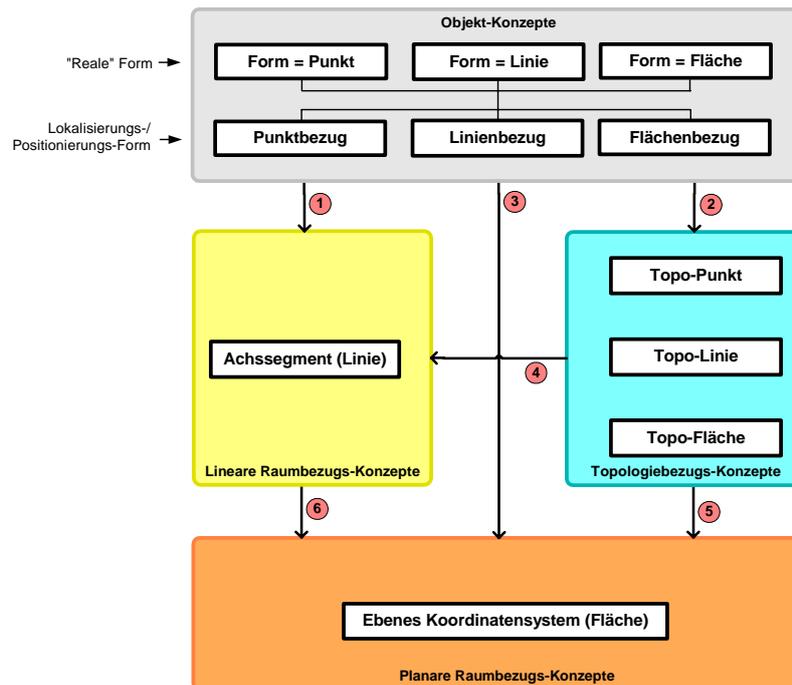


Abbildung 13: Klassierung nach Bezugskonzepten

Damit lassen sich die Beziehungen vereinfacht beschreiben. Sei dies die Beziehungen der Grundelemente innerhalb eines Bezugssystems oder auch die Beziehungen der Grundelemente zwischen zwei unterschiedlichen Bezugssystemen (gleicher oder unterschiedlicher Bezugskonzepte).

Die Beschreibung der Beziehungen umfasst folgende Aspekte:

- In der Regel nutzt ein System mehrere Bezugskonzepte. Sei dies, dass einzelne bestimmte Grundelemente spezifisch einem Konzept zugeordnet werden können oder dass sogar das gleiche Grundelement in mehreren Konzepten vorkommen kann. In diesem Fall ist die Beziehung zwischen unterschiedlichen Konzepten eines Bezugssystems detailliert zu beschreiben.
- Beziehung zwischen gleichen Konzepten von unterschiedlichen Bezugssystemen. Wie können zum Beispiel zwei unterschiedliche topologische Bezugssysteme, welche das gleiche Verkehrsnetz beschreiben, zueinander in Beziehung gebracht werden.
- Beziehungen zwischen unterschiedlichen Konzepten von unterschiedlichen Bezugssystemen.
- Beziehungen zwischen den verwendeten Grundelementen.
- Beziehungen zwischen den Objekten und den Bezugssystemen, wobei hier nur die Lokalisierung der Objekte betrachtet wird.

Die Beschreibung erfolgt gemäss der Abbildung 13. Die Beziehungen werden als Verbindung der verwendeten Klassen eingetragen.

#### 4.1.2 Nutzung der Grundelemente

Ein Bezugssystem wird in der Regel mit mehreren Grundelementen definiert. Sei dies durch unterschiedliche Arten von Grundelementen (zum Beispiel Punkt und Linie) oder durch mehrere Grundelemente der gleichen Art (zum Beispiel drei Linien für die Definition eines kartesischen 3D-Bezugssystems) oder durch Kombination (drei Linien für die Achsen des Koordinatensystems und ein Punkt als Ursprung des Koordinatensystems, oder ein Ursprung und ein Rotationsellipsoid).

Für die Beschreibung der Bezugssysteme sind bezüglich der Grundelemente folgende Aspekte zu betrachten:

- Eigenschaften der Grundelemente: Welche spezifischen Eigenschaften besitzt das Grundelement im entsprechenden Bezugssystem?. Zum Beispiel: im RBBS besitzt die Linie bei der Verwendung als Sektor eine Länge in Metern.
- Elementartopologie der Grundelemente: Die topologischen Eigenschaften der verwendeten Grundelemente müssen beschrieben werden. Zum Beispiel: im RBBS wird die Reihenfolge der Sektoren durch eine Sequenz bestimmt. Damit ist zu jedem Sektor der Vorgänger und Nachfolger definiert.
- Kardinalität: Neben der Elementartopologie gibt es immer auch Kardinalitäten zwischen den Grundelementen. Zum Beispiel: im RBBS besteht eine Achse aus einer Menge von Sektoren.

## 4.2 Beschreibung der existierenden Bezugssysteme

### 4.2.1 SN-Norm (VSS-Bezugssystem)

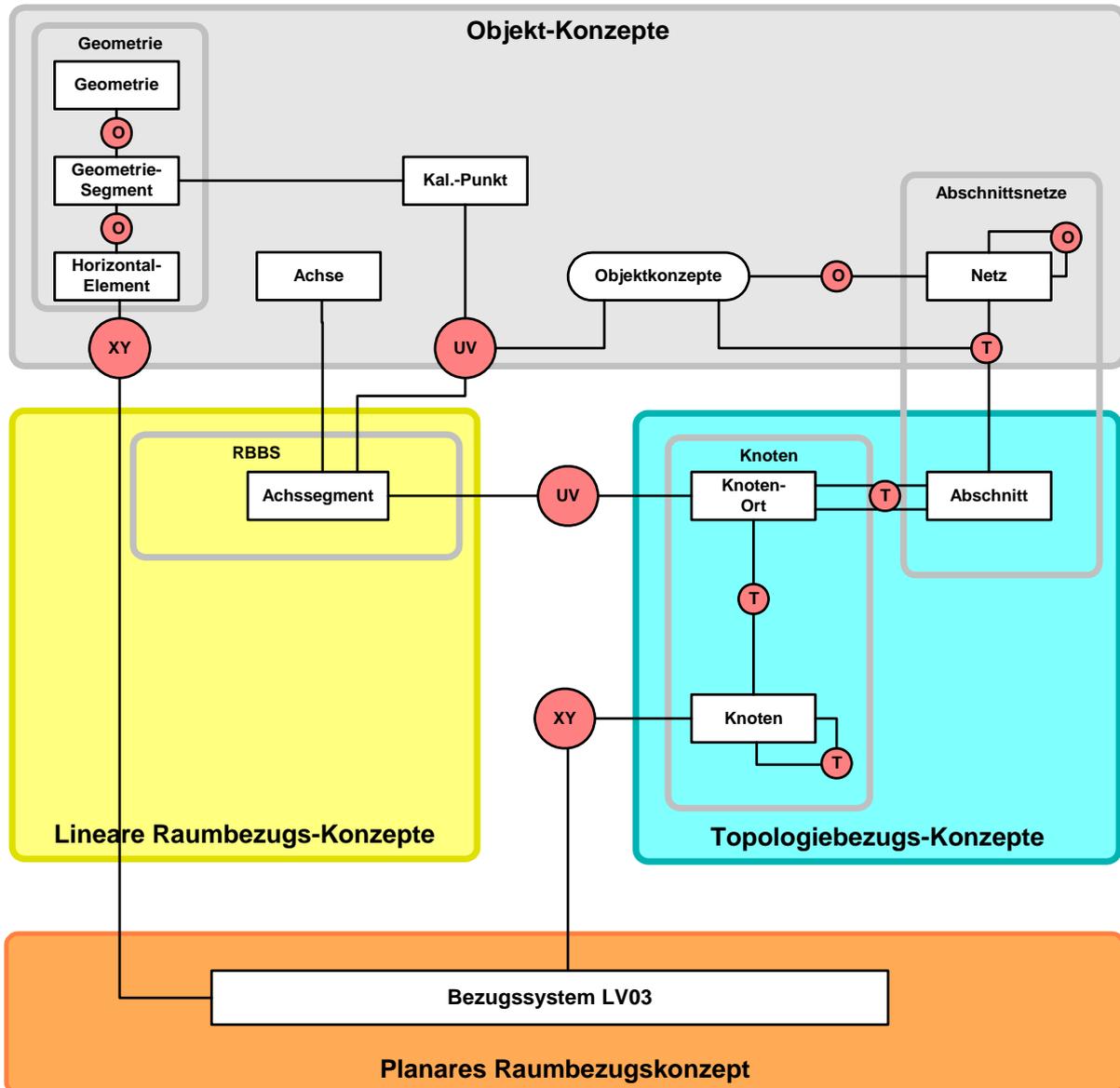


Abbildung 14: Bezugssystem SN-Norm

#### 4.2.1.1 Klassierung

Die Klassierung, gemäss der Abbildung zeigt dass in diesem Bezugssystem alle Konzepte genutzt werden. Hauptbestandteil ist sicherlich das RBBS, auf welches sich alle Informationsobjekte direkt oder indirekt beziehen. Speziell gelöst ist in diesem Bezugssystem der Bezug zum planaren Bezugssystem. Den direkten Bezug zum planaren Bezugssystem wird durch das Horizontalelement der Geometrie hergestellt. Damit wird erreicht, dass das lineare Raumbezugs-system völlig unabhängig von einem planaren Raumbezugs-system genutzt werden kann.

#### 4.2.1.2 Geometrische Grundelemente und Beziehungen

Informationsobjekt	Geometrisches Grundelement	Beschreibung
Achse	Linie	Die Achse ist eine aus den Sektoren aggregierte Linie. Sie kann Sprünge aufweisen. Sie hat neben der Achslänge keine weiteren metrischen Eigenschaften.
Achssegment	Linie	Ein Achssegment repräsentiert ein unterbruchsfreies Stück einer Achse. Eine Lokalisierung der Informationsobjekte wird in der Regel über den Bezug zu einem Achssegment hergestellt.
Kal-Punkt	Punkt	Punkt mit Koordinaten im linearen Bezugssystem RBBS und einem Bezug zum Horizontalelement, welches im planaren Bezugssystem referenziert wird. Damit bildet der Kalibrierungspunkt die Verbindung zwischen einem linearen und einem planaren Bezugssystem.
Knoten	Punkt	Der Knoten gruppiert mehrere Knotenorte. Durch die Angaben von Koordinaten kann der Knoten in einem planaren Raumbezugssystem lokalisiert werden.
Knotenort	Punkt	Der Knotenort ist immer in einem linearen Raumbezugssystem durch lineare Koordinaten definiert (liegt der Knoten im Schnittpunkt zweier Achsen so hat der Knoten pro Achse einen Knotenort).
Abschnitt	Linie	Der Abschnitt verbindet durch eine topologische Beziehung zwei auf dem gleichen Achssegment liegende Knotenorte.  Der Abschnitt dient für viele Informationsobjekte als Bezugsobjekt.



#### 4.2.2.2 Geometrische Grundelemente und Beziehungen

Informationsobjekt	Geometrisches Grundelement	Beschreibung
Isolated Node	Punkt	Ein isolierter Punkt ist nicht direkter Bestandteil des Verkehrsnetzes (zum Beispiel "Points of Interests", wie Aussichtspunkte). Er weist aber immer einen Bezug zu einer Fläche auf.
Non Isolated node	Punkt	Der nicht isolierte Punkt ist immer mit dem Anfang oder Ende einer Linie verbunden.
Edge	Linie	Die Linie verbindet zwei Punkte. Der Anfang und das Ende einer Linie sind einer Fläche zugeordnet ("Startet in" und "Endet in").
Face	Fläche	Die Flächen repräsentieren beliebige Gebiete und beinhalten die anderen Elemente des Bezugssystems.

### 4.2.3 TPEG

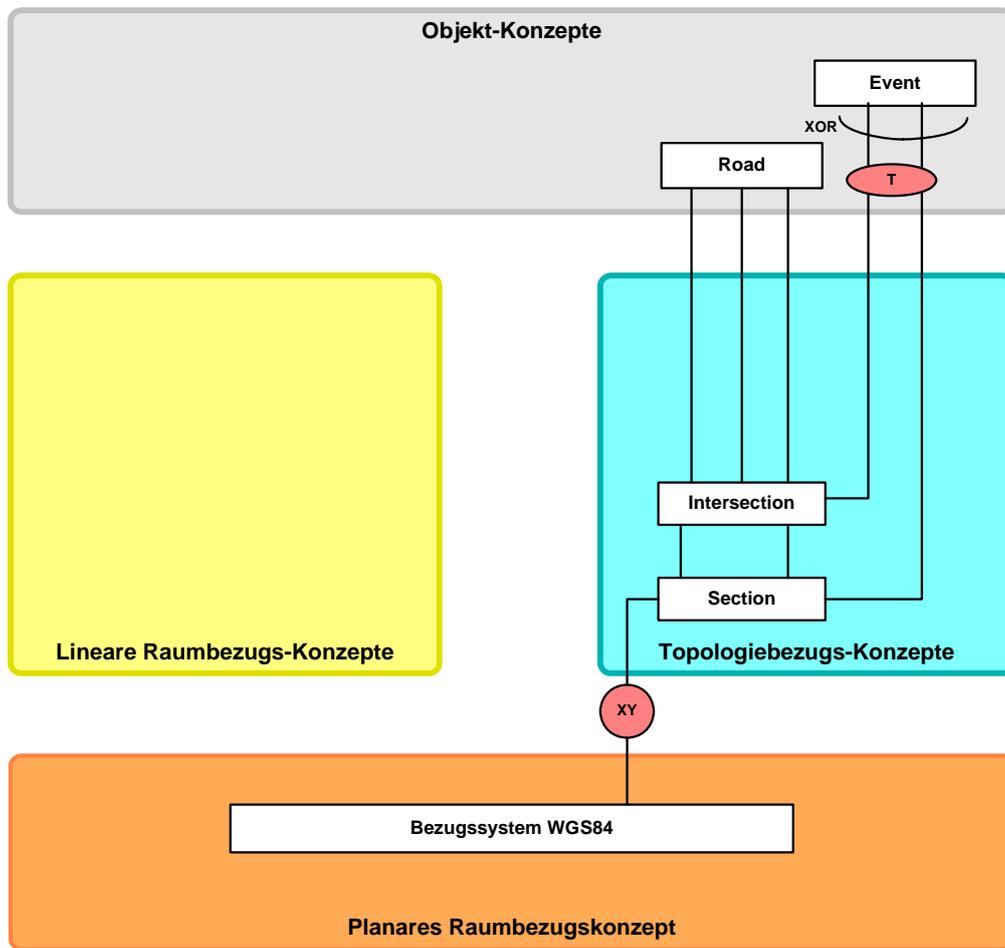


Abbildung 16: Bezugssystem TPEG

#### 4.2.3.1 Klassierung

Das Bezugssystem von TPEG nutzt das Topologiebezugs-Konzept und das planare Raumbezugs-Konzept. Hauptbestandteil sind die Sections (Strassenabschnitte) und Intersections (approximativer Kreuzungspunkt von bis zu drei Strassen), auf welche sich alle Events (Ereignisse einer Verkehrsinformation) direkt beziehen. Die Beziehung zum planaren Raumbezugs-Konzept erfolgt über die Angabe von WGS84-Koordinaten bei den Intersections.

#### 4.2.3.2 Geometrische Grundelemente und Beziehungen

<b>Informationsobjekt</b>	<b>Geometrisches Grundelement</b>	<b>Beschreibung</b>
Intersection	Punkt	Die Intersections bilden die Basis des TPEG-Bezugssystems. Eine Intersection stellt den approximativen Punkt einer Strassenkreuzung dar. Die Intersection wird über WGS84-Koordinaten und die Angabe von bis zu drei Strassenamen eindeutig identifiziert. Dies entspricht dem ILOC-Standard.
Section	Linie	Ein Strassenabschnitt wird im TPEG-Bezugssystem über die Section abgebildet. Jede Section wird über die Angabe von zwei Intersections identifiziert. In TPEG referenzieren Events immer entweder eine Intersection oder ganze Sections.

#### 4.2.4 ALERT-C, mit CH-Erweiterung

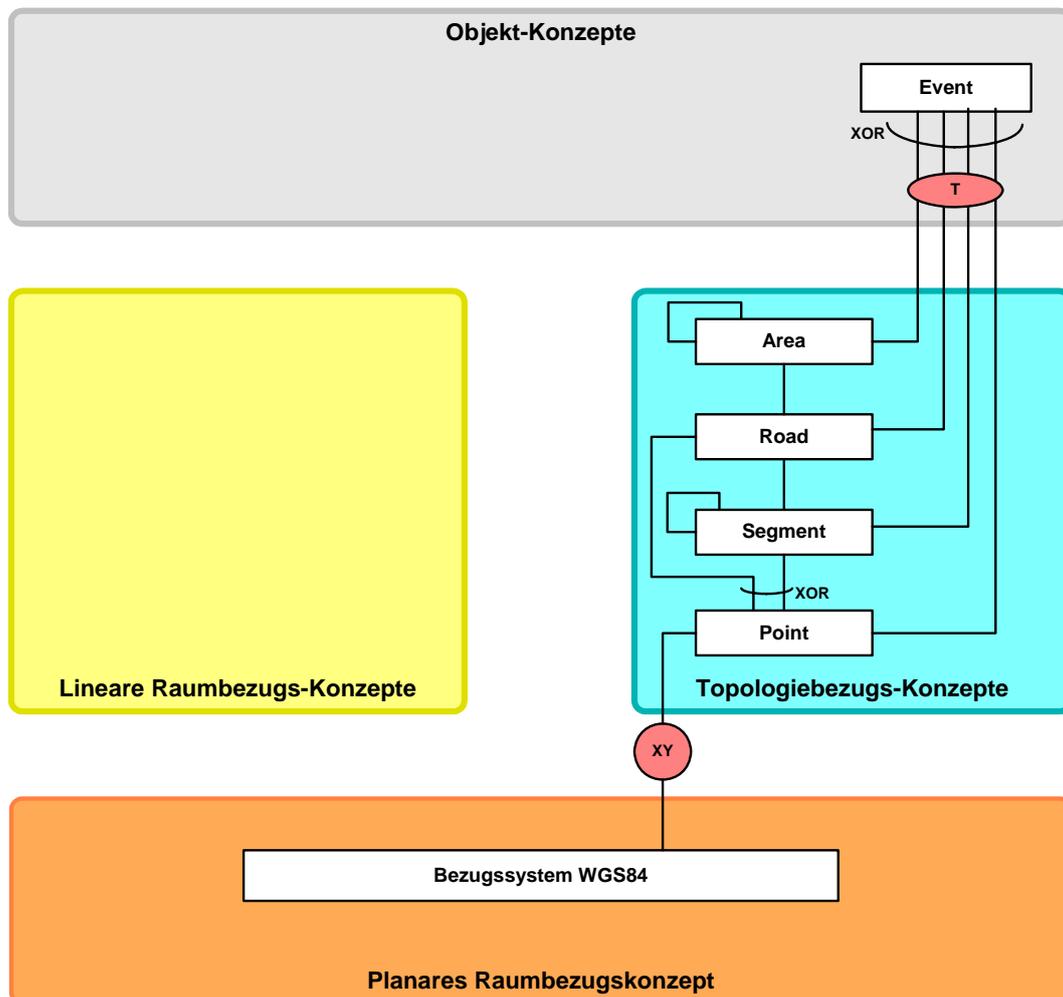


Abbildung 17: Bezugssystem ALERT-C / CH

##### 4.2.4.1 Klassierung

Das Bezugssystem von ALERT-C nutzt im Wesentlichen das Topologiebezugs-Konzept. Die Topologie des Verkehrsnetzes wird hierarchisch strukturiert, wobei auf der obersten Stufe (Area) ganze Gebiete abgebildet werden. Jede Hierarchiestufe kann für den Raumbezug von Events (Ereignisse) verwendet werden. Auf der untersten Stufe der Hierarchie (Points) existiert eine Beziehung zum planaren Raumbezugs-Konzept. Dies ermöglicht eine kartographische Darstellung des ALERT-C-Netzes. Diese Beziehung stellt eine spezifische Erweiterung für die Schweiz dar.

#### 4.2.4.2 Geometrische Grundelemente und Beziehungen

<b>Informationsobjekt</b>	<b>Geometrisches Grundelement</b>	<b>Beschreibung</b>
Area	Fläche	Areas (Gebiet) werden für die Abbildung beliebiger Flächen (z.B. politische oder administrative Flächen) verwendet. Areas können hierarchisch gegliedert werden.
Road	Linie	Roads (Strassen) werden für die Abbildung von ganzen Strassenzügen verwendet. Eine Strasse referenziert immer ein Gebiet und kann weiter in Segmente unterteilt werden.
Segment	Linie	Segments (Segmente) können hierarchisch gegliedert werden. Die oberste Stufe der Segmenthierarchie referenziert Strassen. Die Segmentreihenfolge innerhalb einer Stufe wird über Offsets hergestellt: Vorgänger/Nachfolger-Beziehungen.
Point	Punkt	Point (Punkt) ist das tiefste Element im ALERT-C-Bezugssystem. Ein Punkt referenziert entweder ein Segment der untersten Hierarchiestufe oder eine Strasse. Die Reihenfolge der Punkte wird über Offsets hergestellt: Vorgänger/Nachfolger-Beziehungen.

#### 4.2.5 VDV / ÖPNV Version 5.0 (Transmodel ENV 12896)

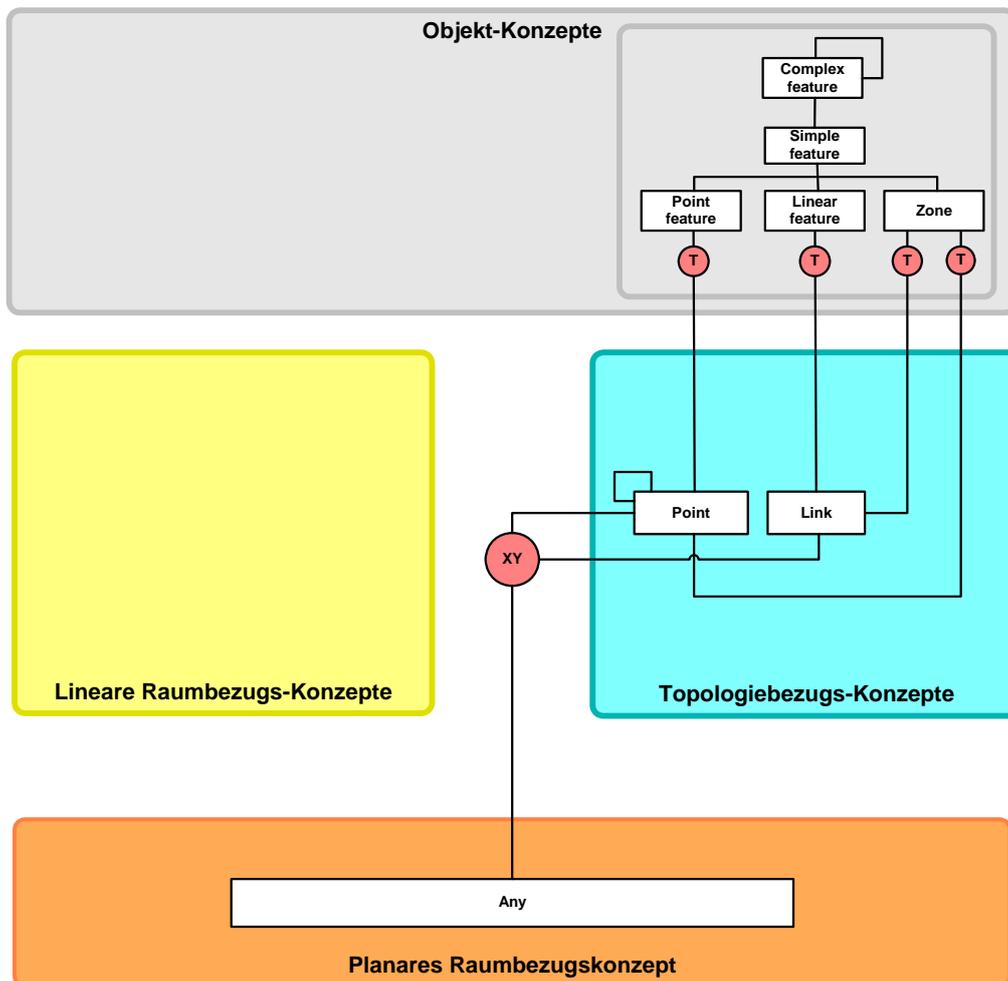


Abbildung 18: Bezugssystem VDV / ÖPNV

##### 4.2.5.1 Klassierung

Das Bezugssystem von VDV / ÖPNV Version 5.0 nutzt im Wesentlichen das Topologiebezugs-Konzept. Die Topologie des ÖV-Netzes wird vollständig mit Points und Links abgebildet. Alle weiteren Informationsobjekte beziehen sich topologisch entweder direkt auf Points und Links oder indirekt über Objektbeziehungen. Das VDV-Modell besitzt in diesem Zusammenhang einige Analogien zu GDF. Für die Darstellung des ÖV-Netzes existieren Beziehungen zum planaren Raumbezugs-Konzept. Speziell bei diesem Modell besteht die Möglichkeit, Points und Links auf unterschiedliche planare Raumbezugs-Konzepte zu referenzieren.

#### 4.2.5.2 Geometrische Grundelemente und Beziehungen

Informationsobjekt	Geometrisches Grundelement	Beschreibung
Point	Punkt	Die topologische Beschreibung des ÖV-Netzes erfolgt über Points (Punkte). Ein Punkt stellt einen beliebiger Knoten im Netz dar. Im VDV-Bezugssystem können Punkte typisiert werden (nicht auf der Graphik dargestellt). Punkte können beliebig hierarchisch gegliedert werden. Dies wird für die Abbildung vereinfachter Topologien verwendet.
Link	Linie	Ein Link (Abschnitt) wird durch zwei Punkte begrenzt. Ein Abschnitt ist im VDV-Bezugssystem orientiert: vom Beginnpunkt zum Endpunkt. Zwischen zwei Punkten können verschiedene Abschnitte gebildet werden. Jeder Abschnitt muss deshalb einen eigenen eindeutigen Schlüssel enthalten. Abschnitte können typisiert werden (nicht auf der Graphik dargestellt).

### 4.3 Synthese der betrachteten Bezugssysteme

Mit der Synthese werden die charakteristischen Eigenschaften der Grundelemente und deren Beziehungen beschrieben. Basierend auf dieser Analyse wird in einem nächsten Schritt das Gesamtmodell entwickelt.

Die Analyse der bestehenden Systeme zeigt, dass diese sehr vielseitig sind. Das daraus abgeleitete allgemeine Modell sieht wie folgt aus:

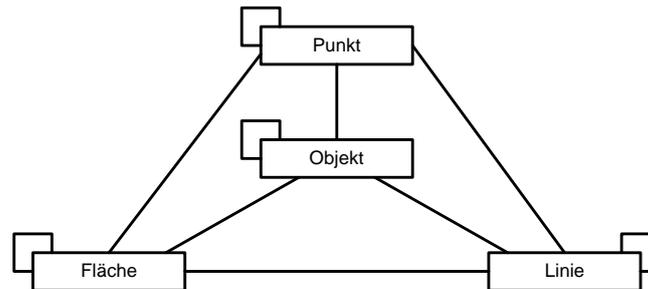


Abbildung 19: Allgemeine Form des Modells

Dieses Modell lässt alle möglichen Beziehungen offen. Das allgemeine Modell lässt sich vereinfachen (nicht in der Struktur, aber in der Anwendung), wenn die Modelle bezüglich der bereits eingeführten Konzepte (Lineares Bezugskonzept, Topologisches Bezugskonzept und Planares Bezugskonzept) spezialisiert werden. Somit können die für das jeweilige Konzept typischen Eigenschaften und Methoden speziell betrachtet werden.

#### 4.4 Anforderungen an das Gesamtmodell

In der nachfolgenden Abbildung sind alle zuvor definierten einzelnen Referenzierungen gesamthaft abgebildet. Für die Erarbeitung des Gesamtmodells ist diese Gesamtheit die Grundlage.

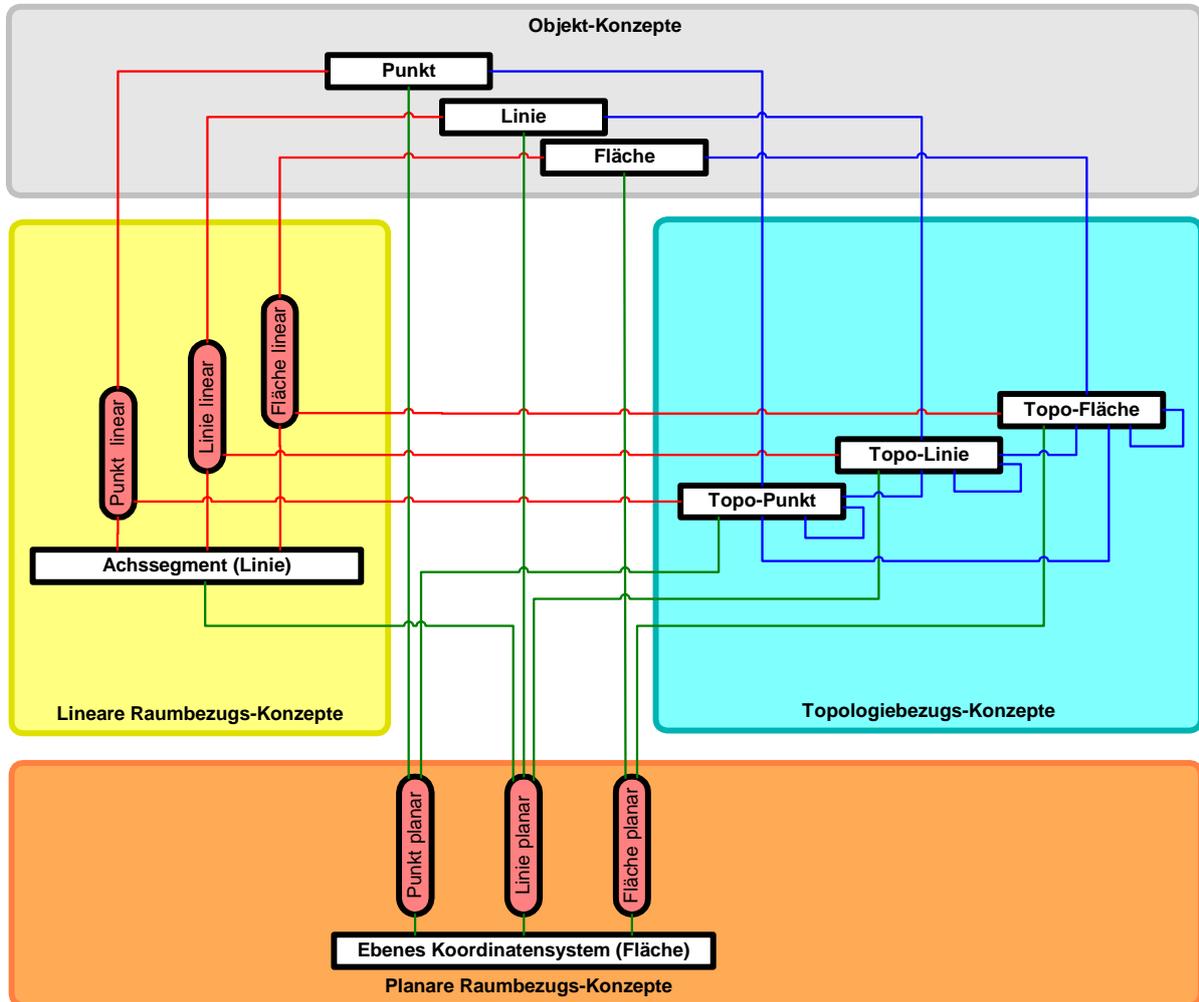


Abbildung 20: Anforderungen Gesamtmodell

Speziell zu beachten sind die Beziehungen unter den Grundelementen der topologischen Bezugs-Konzepte. Die verschiedenen Grundelemente können beliebige topologische Beziehungen eingehen.

Aus dieser Abbildung sind zwei wesentliche Aspekte ersichtlich:

- Das Gesamtmodell legt fest, wie ein Objekt in einem Bezugskonzept lokalisiert wird.
- Das Gesamtmodell stellt die Elemente für eine Transformation zur Verfügung indem definiert wird, wie ein Element (Punkt, Linie, Fläche) eines Bezugskonzepts in einem anderen Bezugskonzept lokalisiert wird.

Aus der Synthese lassen sich für das Gesamtmodell folgende Anforderungen herleiten:

- Das Gesamtmodell muss die Grundelemente eines linearen, planaren und topologischen Bezugsmodells aufnehmen können.
- Im linearen Raumbezugssystem wird das Grundelement Linie verwendet.
- Im planaren Raumbezugssystem wird das Grundelement Fläche verwendet.
- Im topologischen Bezugssystem werden alle Grundelementtypen verwendet.

#### **Identifikation der Beziehungen zwischen den Grundelementen**

- Das Gesamtmodell muss die in der Abbildung eingezeichneten Beziehungen, respektive die entsprechenden Referenzierungsmethoden, abbilden können.
- Das Topologiebezugsmodell muss die Grundelemente Punkt, Linie, Fläche und alle ihre möglichen topologischen Beziehungen zueinander abbilden können.

#### **Identifikation der notwendigen Transformationskonzepte**

- Neben der reinen Beziehung zwischen unterschiedlichen Bezugssystemen müssen auch die Referenzierungsmethoden zweier unterschiedlicher Bezugssysteme aufeinander abgebildet werden.

## 5 Gesamtmodell

### 5.1 Grundlagen und Vorgehen

In den konzeptionellen Aspekten sind die drei Bezugskonzepte "Planar", "Linear" und "Topologisch" vorgestellt worden. Mit Hilfe dieser drei Konzepte kann der Raum- oder Topologiebezug eines beliebigen Objekts der Verkehrstelematik hergestellt werden. Diese drei Bezugskonzepte sind Teil des Gesamtmodells.

Aus den Anforderungen der Verkehrstelematik und der Analyse der heute bestehenden Bezugssysteme geht hervor, dass die Objekte der Verkehrstelematik punktförmig, linienförmig oder flächenförmig im Bezugsmodell beschrieben werden. Im Gesamtmodell wird dies berücksichtigt.

Ein Ziel des Gesamtmodells ist die Transformation des Raum- oder Topologiebezugs von einem System in ein anderes System (gleiches oder unterschiedliches Bezugskonzept) zu gewährleisten. Hinter dieser Anforderung verbergt sich die Notwendigkeit die Beziehungen zwischen den drei Bezugskonzepten im Gesamtmodell zu berücksichtigen.

Das Gesamtmodell wird in Form eines statischen Klassendiagramms mit UML aufgebaut. Daraus lassen sich für die Praxis konkrete physische Datenbankschematas ableiten.

Als Grundlage für den Aufbau des Gesamtmodells dient die allgemeine Form des Modells in der Abbildung 21.

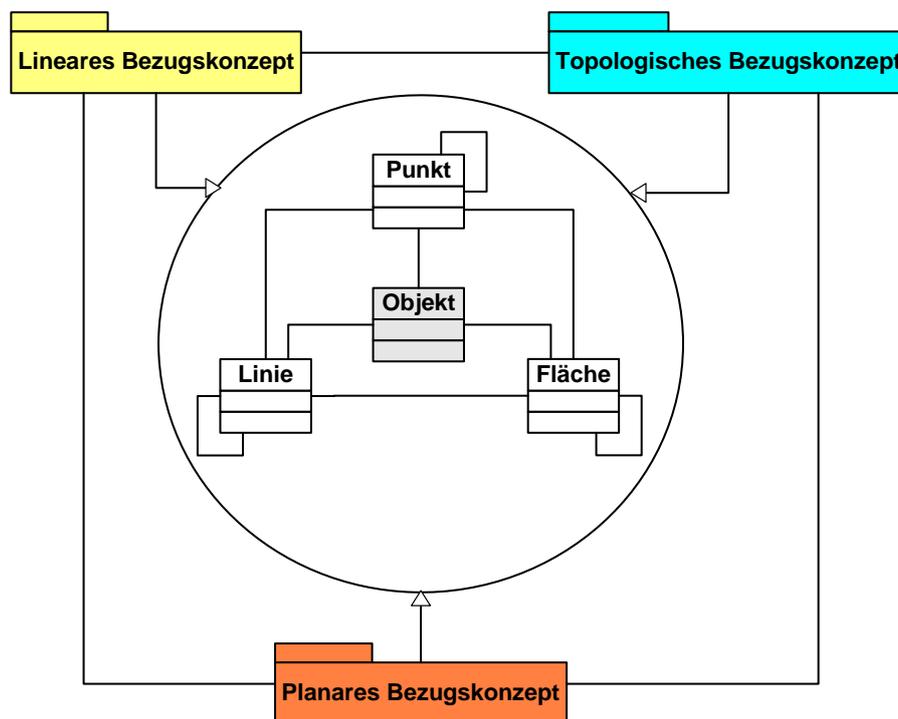


Abbildung 21: Allgemeine Form des Modells

Das Gesamtmodell entwickelt sich durch eine Detaillierung der allgemeinen Form: Zuerst werden für jedes Bezugskonzept die Klassen definiert und der Bezug zu den drei Objektformen (Punkt, Linie, Fläche) hergestellt. In einem nächsten Schritt werden die Beziehungen innerhalb desselben und zwischen den verschiedenen Bezugskonzepten betrachtet. Es wird dabei unterschieden, ob es sich um Systeme des gleichen Bezugskonzeptes oder von unterschiedlichen Bezugskonzepten handelt. Das Ergebnis dieses Schrittes ist die Vervollständigung des Gesamtmodells mit weiteren Klassen und Beziehungsklassen.

Zuletzt wird eine Synthese der wesentlichen Merkmale des Gesamtmodells erstellt.

## 5.2 Gesamtmodell: Planares Bezugskonzept

Das zentrale Element ist die Klasse "Ebenes Koordinatensystem". Sie stellt den Bezug zum terrestrischen Referenzsystem dar.

Die Referenzierung eines Objekts vom Typ "Punkt" wird über die Beziehungsklasse Punkt-Planar hergestellt. Diese Klasse liefert, im Fall eines planaren kartesischen Koordinatensystems, die x-, y- und z-Koordinaten. Im Fall eines planaren polaren Koordinatensystems liefert diese Klasse Winkel- und Distanzangaben.

Die Referenzierung eines Objekts vom Typ "Linie" wird über die Beziehungsklasse Linie-Planar hergestellt. Diese Klasse stellt eine Polylinie über eine Menge von Punkten (Punkt-Planar) dar.

Die Referenzierung eines Objekts vom Typ "Fläche" wird über die Beziehungsklasse "Fläche-Planar" hergestellt. Eine Fläche kann im planaren Koordinatensystem rein mathematisch oder über eine Menge von Punkten (Punkt-Planar) dargestellt werden.

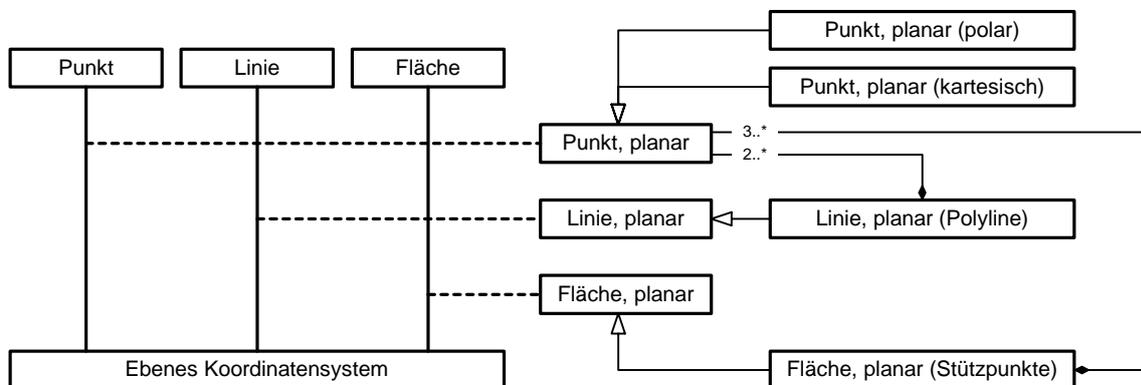


Abbildung 22: Gesamtmodell, planares Bezugskonzept

### Bemerkung zum planaren Bezugskonzept:

**Das planare Bezugskonzept und seine Ausprägungen in Form der in der Praxis verbreiteten Systeme "Landeskoordinaten nach CH1903/CH1903+" oder "WGS84" werden als gegeben betrachtet. Die Architektur des Gesamtmodells nutzt hier lediglich vorhandene Konzepte.**

### 5.3 Gesamtmodell: lineares Bezugskonzept

Das zentrale Element ist die Klasse Achssegment. Sie beschreibt einen vollständigen und zusammenhängenden Teil einer beliebigen Achse eines Transportsystems. Der Beginn und das Ende müssen klar definiert sein. Das Achssegment bildet die Basis für die lineare Referenzierung. Das Achssegment trägt einen eindeutigen Namen, hat eine bekannte Länge und ist orientiert.

Die Referenzierung eines Objekts vom Typ "Ort" wird über die Beziehungsklasse Punkt-Linear hergestellt. Mit Punkt-Linear wird ein Ort über die Angabe der Distanz ab Anfang des Achssegments (Eigenschaft u) eindeutig linear referenziert. Mit den fakultativen Angaben über den seitlichen Abstand (Eigenschaft v) und des vertikalen Abstands (Eigenschaft w) können zusätzlich Orte neben und über dem Achssegment beschrieben werden.

Die Referenzierung eines Objekts vom Typ "Strecke" wird über die Beziehungsklasse Linie-Linear hergestellt. Mit Linie-Linear wird ein Ausschnitt (von – bis) eines Achssegments, auf das sich Objekte beziehen, beschrieben. Der Ausschnitt wird über zwei Punkte vom Typ Punkt-Linear definiert.

Die Referenzierung eines Objekts vom Typ "Gebiet" wird über die Beziehungsklasse Fläche-Linear hergestellt. Fläche-Linear kann entweder über eine geordnete Punktmenge vom Typ Punkt-Linear ohne Kreuzung oder über eine abstrahierte Fläche durch die Angabe von Anfangs-, Endpunkt und Anfangs- und Endbreite beschrieben werden.

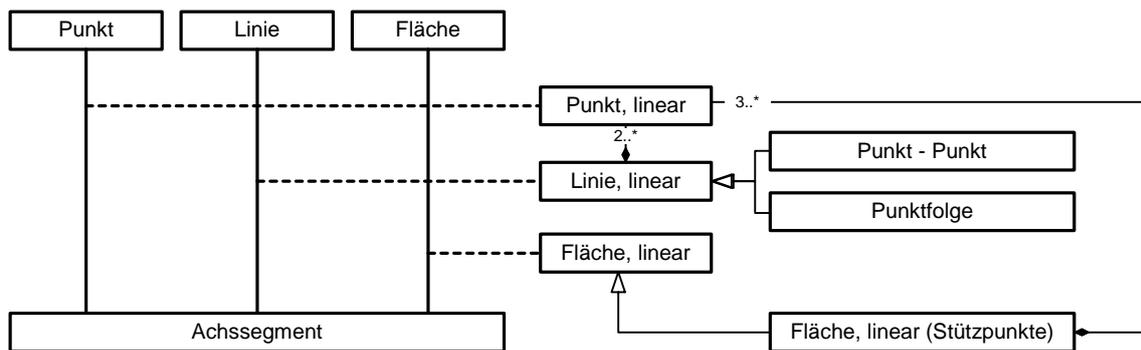


Abbildung 23: Gesamtmodell, lineares Bezugskonzept

## 5.4 Gesamtmodell: Topologisches Bezugskonzept

Der Topologiebezug wird grundsätzlich über Objektbeziehungen aufgebaut. Aus den konzeptionellen Aspekten geht hervor, dass mit der inneren Topologie des topologischen Bezugskonzepts eine grosse Menge an Beziehungs-Arten definiert wird (siehe Kapitel 2.4). Insofern ist die Abbildung der inneren Topologie von zentraler Bedeutung. Die Positionierung der Fachobjekte selbst hingegen ist im Grundprinzip sehr einfach.

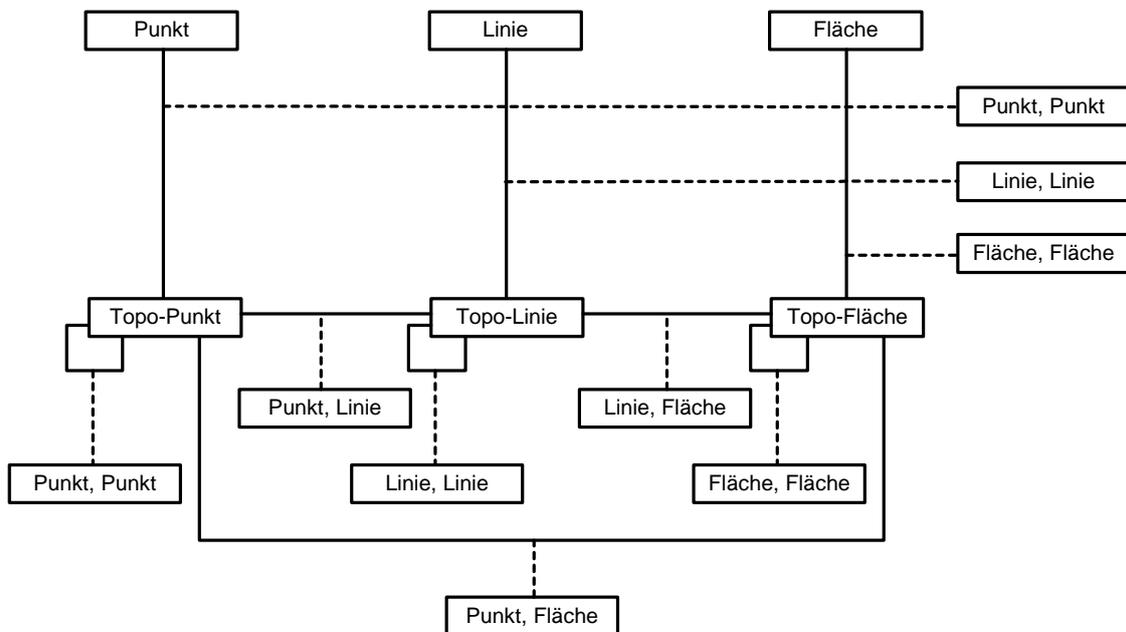


Abbildung 24: Gesamtmodell, topologisches Bezugskonzept

Die innere Topologie sieht vor, dass für jedes Grundelement alle möglichen topologischen Abbildungen zugelassen sind. Zumindest soll von vornherein keine Einschränkung den Aufbau eines Bezugssystems verhindern. Damit lässt sich dann die Vielseitigkeit der topologischen Bezugssysteme erstellen.

Die Beziehungsklassen können in vielen spezialisierten Formen vorkommen, welche die topologische Beziehung zwischen den Elementen weiter detailliert.

## 5.5 Beziehungen zwischen Bezugskonzepten

Die bisherigen Ausführungen im Kapitel 5.4 beschreiben die Klassen die notwendig sind, damit ein Objekt auf ein bestimmtes Bezugskonzept referenziert werden kann.

Für den Datenaustausch von einem System in ein anderes ist es häufig notwendig, den Raum- oder Topologiebezug transformieren zu können. Damit diese Transformationen im Gesamtmodell unterstützt werden können, müssen die Beziehungen zwischen den Bezugskonzepten definiert werden. Im folgenden Kapitel werden die Beziehungen für die Transformation zwischen den folgenden Bezugskonzepten beschrieben:

- Linear zu Linear
- Linear zu Planar
- Topologisch zu Linear
- Topologisch zu Planar

### **Bemerkung:**

**Der Übergang von topologisch zu topologisch ist bereits im Kapitel 5.4 enthalten, denn die gleichen Beziehungen zwischen der inneren Topologie können auch für die Beziehung zwischen zwei unterschiedlichen Topologiesystemen genutzt werden. Der Übergang von Planar zu Planar erfolgt standardmässig über mathematische Transformationsfunktionen und wird in diesem Forschungsprojekt nicht weiter behandelt.**

### 5.5.1 Grundprinzip

Die Beziehung zwischen Bezugssystem-Konzepten wird in allen Fällen mit dem gleichen Grundprinzip hergestellt:

- Mit **Transformationspunkten** wird ein Ort definiert, welcher in beiden betrachteten Systemen bekannt ist. Als Kandidaten für Transformationspunkte eignen sich Verkehrsknoten, Schnittpunkte von Strassenachsen (mit anderen Verkehrsachsen oder auch Brücken) und andere markante Objekte des Strassenraums
- Mit **Transformationsstrecken** werden Strecken zwischen zwei Transformationspunkten definiert. Die Strecke verbindet in beiden betrachteten Systemen die beiden Transformationspunkte über die gleiche Verkehrsachse (abgebildet als Achse oder Abschnitt).

Sollen nun Daten vom System A in das System B transformiert werden, so erfolgt eine Umrechnung der Lokalisierung/Positionierung indem zuerst die Lokalisierung/Positionierung relativ zur Transformationsstrecke ermittelt und anschliessend von dieser aus in das Zielsystem umgerechnet wird. In der nachfolgenden Abbildung ist dies anhand eines punktförmigen Objekts (z.B. Unfall) illustriert.

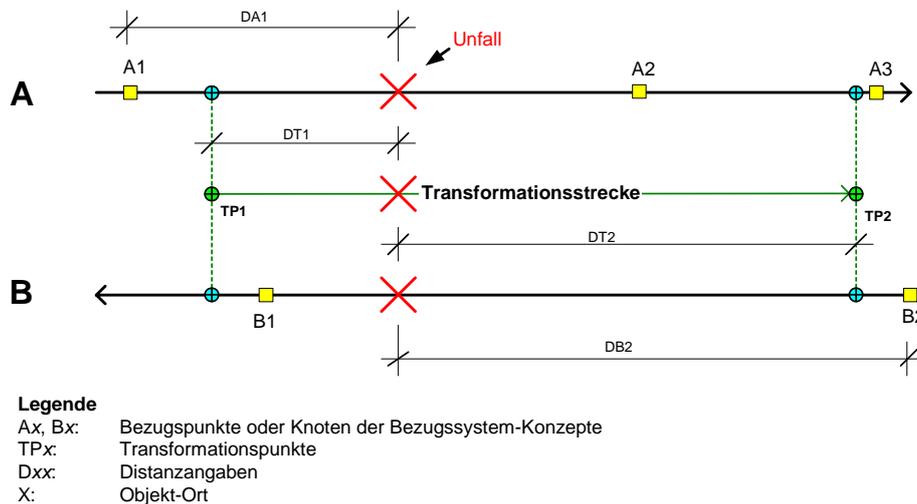


Abbildung 25: Ablauf Transformation über die Beziehung zwischen Bezugskonzepten

Schritt	Positionierung / Lokalisierung
1. Ausgangslage	Objekt an Ort A1 + DA1
2. Umrechnung auf Transformationsstrecke	Objekt an Ort TP1 + DT1
3. Ändern der Orientierung	Objekt an Ort TP2 + DT2
4. Umrechnen auf Zielsysteme	Objekt an Ort B2 + DB2

Tabelle 8: Beispielumrechnung der Lokalisierung zwischen zwei Bezugssystem-Konzepten

Mit diesem Grundprinzip können alle, durch eine Transformationsstrecke verbundene Bezugskonzepte, miteinander Daten austauschen. Linienförmige (zum Beispiel Stau) und Flächenförmige Objekte (z.B. Agglomerationszonen), welche einen Transformationspunkt überlappen, müssen an dieser Stelle aufgeteilt werden. Die Umrechnung erfolgt dann pro Transformationsstrecke. Objekte, welche sich ausserhalb einer Transformationsstrecke befinden, können in der Regel nicht ausgetauscht werden.

### 5.5.2 Beziehung Linear zu Linear

Die Grundidee hinter dieser Beziehung ist, dass Orte definiert werden, welche in beiden linearen Systemen bekannt sind (Transformationspunkt). Sind zwei Orte auf einem Achssegment in beiden Systemen bekannt, so können die Objekte zwischen diesen Orten (Transformationsstrecke) unter den beiden Systemen ausgetauscht werden. Die Lokalisierung der Objekte muss dafür vom System A auf die Transformationsstrecke und von der Transformationsstrecke auf das System B umgerechnet werden.



Abbildung 26: Beispiel Transformationsstrecke Linear-Linear

Die Abbildung 27 beschreibt die Ergänzungen des Gesamtmodells, damit die Transformation eines Ortes zwischen zwei linear referenzierten Systemen erfolgen kann. Damit ein Ort transformiert werden kann, muss der betroffene Ausschnitt eines Achssegments in beiden linearen Systemen abgebildet sein. Dies wird erreicht in dem in der Klasse "TP Linear-Linear" (Transformationspunkt Linear-Linear) in beiden Systemen bekannte Punkte abgebildet werden und in der Klasse "Transformationsstrecken" die gemeinsamen Achssegment-Ausschnitte" definiert werden. Der Transformationspunkt trägt die linearen Koordinaten aus den beiden betroffenen Systemen A und B.

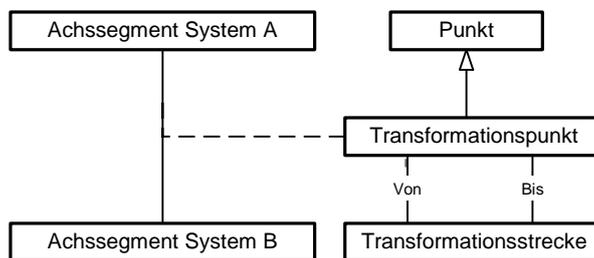


Abbildung 27: Beziehung Linear zu Linear

### 5.5.3 Beziehung Linear zu Planar

Eine bei Verkehrsnetzen häufig vorkommende Anforderung ist die Transformation zwischen einem linearen Bezugssystem und einem planaren Bezugssystem. Diese Transformation ist immer dann notwendig, wenn linear referenzierte Objekte kartographisch dargestellt werden sollen.

Die Grundidee hinter dieser Beziehung ist, dass die Geometrie des linearen Grundelements "Achssegment" (oder ein Ausschnitt davon) im planaren Koordinatensystem beschrieben wird. Analog zur Transformation Linear-Linear werden Transformationsstrecken gebildet. Die Objekte können dann vom linearen Bezugssystem über die Transformationsstrecke mit Hilfe der Geometrie des Achssegments in das planare System transformiert werden.

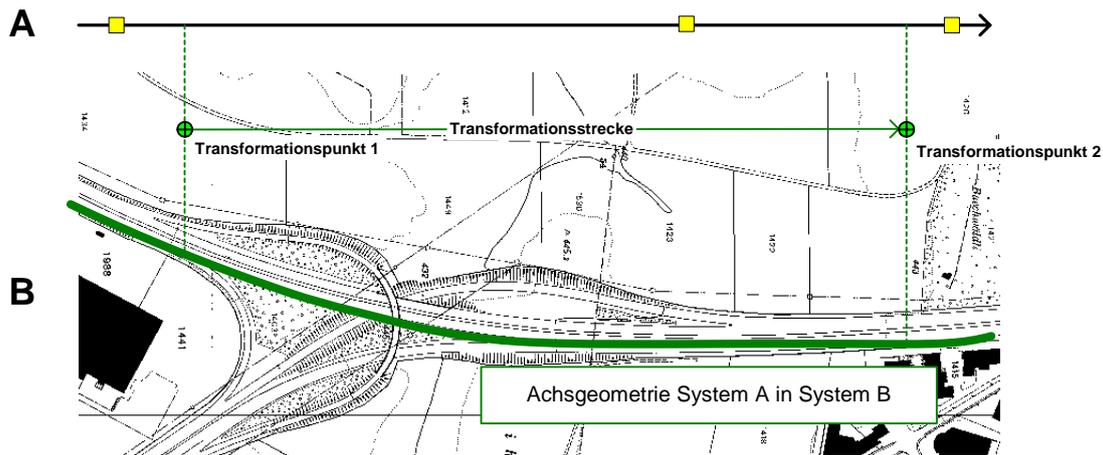


Abbildung 28: Beispiel Transformationsstrecke Linear-Planar

Die Abbildung 29 stellt die Ergänzungen des Gesamtmodells dar, damit ein linear referenzierter Ort in ein planares System transformiert werden kann, und umgekehrt. Die Transformation von und zu einem planaren System erfordert die Beschreibung von einem gemeinsamen Raum in den beiden betroffenen Systemen. Das Gesamtmodell wird dafür mit dem Geometriesegment ergänzt. Für die Transformation wird eine Klasse "TP Linear-Planar" (Transformationspunkte Linear-Planar) eingefügt in der die für die Transformation benötigten Punkte in beiden Systemen referenziert sind. Der gemeinsame Raum für die Transformation wird in der Klasse Transformationsstrecke abgebildet.

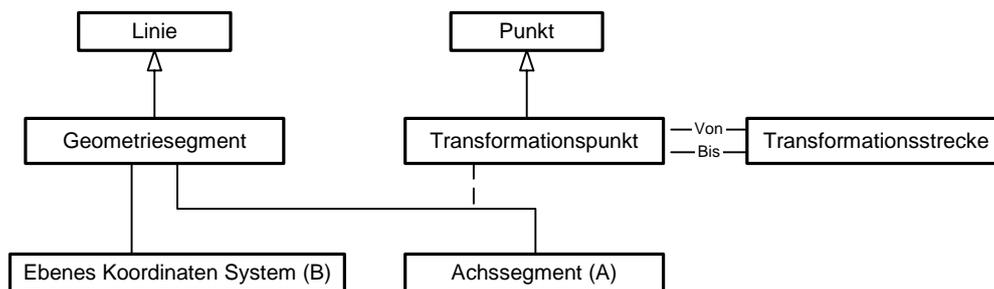


Abbildung 29: Beziehung Linear zu Planar

### 5.5.4 Beziehung Topologisch zu Linear

Um die Beziehung zwischen einem topologischen und einem linearen System herzustellen, muss ein im topologischen System bekannter Punkt im linearen Bezugssystem lokalisiert werden.

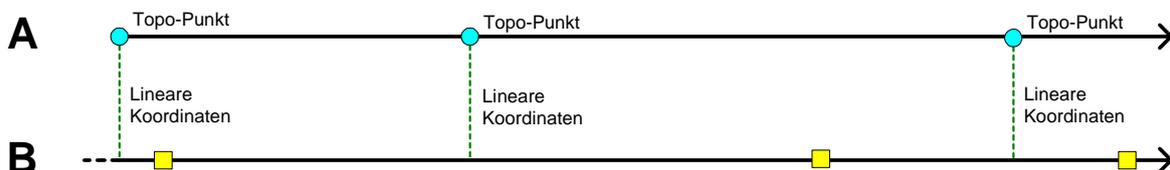


Abbildung 30: Beispiel Beziehung Topologisch zu Linear über Topo-Punkt

Die Abbildung 31 beschreibt die Ergänzungen des Gesamtmodells damit ein topologisch referenzierter Ort in ein lineares System transformiert werden kann und umgekehrt. Die Transformation von und zu einem topologischen System erfolgt über Elemente, die in beiden Systemen bekannt sind. Das Gesamtmodell wird dafür mit einer abstrakten Klasse "Transformationspunkt" ergänzt. Für die

Transformation können Topo-Punkte verwendet werden, da diese in einfacher Weise auch in einem linearen System lokalisiert werden können.

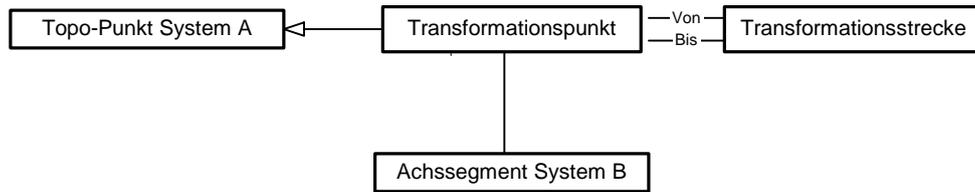


Abbildung 31: Beziehung Topologisch zu Linear

Sollen aus einem topologischen Bezugssystem Objekte, welche sich auf Flächen beziehen, in ein lineares Bezugssystem transformiert werden, so muss zuerst innerhalb des topologischen Systems eine Abbildung des flächigen Objekts in die linearen Grundelemente erfolgen. Danach kann die Transformation über die Elemente, gemäss Abbildung 31, erfolgen.

### 5.5.5 Beziehung Topologisch zu Planar

Die Grundidee der Beziehung vom topologischen System zum planaren System ist die Abbildung über die Geometrie der entsprechenden topologischen Grundelemente. Alle Objekte, die sich topologisch auf die Grundelemente beziehen, können dann durch die entsprechende topologische Abbildung auf deren Geometrie transformiert werden.

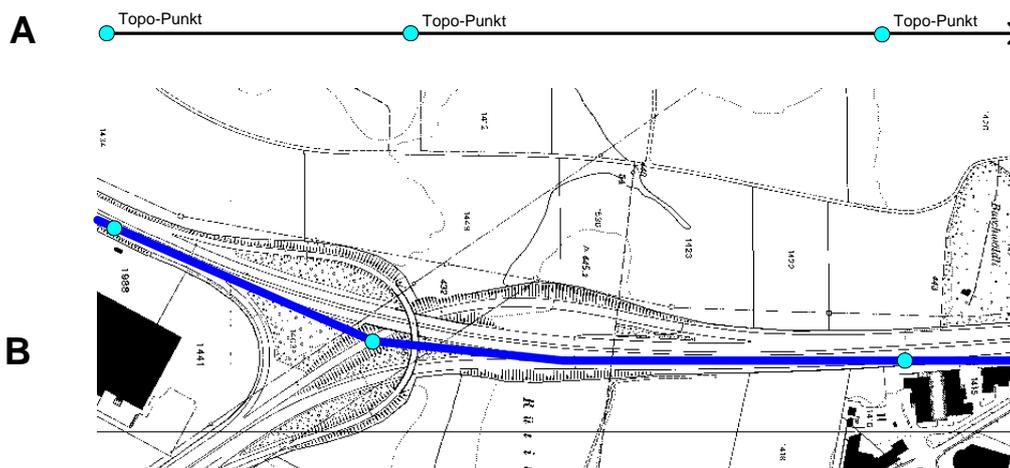


Abbildung 32: Beispiel Beziehung topologisches Bezugssystem zu planarem Bezugssystem über Geometrie

Damit topologisch referenzierte Orte kartographisch dargestellt werden können, muss vom topologischen System eine Beziehung zu einem planaren System hergestellt werden. In der Abbildung 33 sind die dafür notwendigen Ergänzungen des Gesamtmodells beschrieben. Die Transformation von und zu einem planaren System erfordert die Beschreibung der Geometrie der topologischen Grundelemente im planaren System. Das Gesamtmodell wird dafür mit Beziehungsklassen (der Geometrie) zwischen dem planaren Bezugskonzept und dem topologischen Bezugskonzept ergänzt. In den Beziehungsklassen werden die Geometrien der Topo-Punkte, Topo-Linien und Topo-Flächen definiert. Damit lassen sich die topologischen Grundelemente direkt im planaren Raum darstellen.

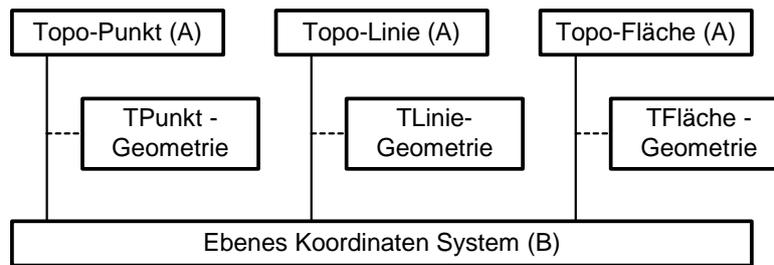


Abbildung 33: Beziehung Topologisch zu Planar

### 5.5.6 Beziehung Topologisch zu Topologisch

Um die Beziehung zwischen zwei topologischen Bezugssystemen herzustellen, genügen die bereits für die Beschreibung der inneren Topologie eingeführten Beziehungen (vergleiche Abbildung 24). Anstelle der Beziehung der Grundelemente innerhalb eines Bezugssystems können in diesem Fall die Grundelemente aus unterschiedlichen Bezugssystemen stammen.

## 5.6 Zusammenfassende Eigenschaften des Gesamtmodells

Das Gesamtmodell besteht aus 5 Grundelementen:

- Achssegment (lineares Bezugskonzept)
- Topo-Punkt, Topo-Linie und Topo-Fläche (topologisches Bezugskonzept)
- Ebenes Koordinatensystem (planares Bezugskonzept)

Das Gesamtmodell wird mit zusätzlichen Elementen für die Modellierung der Beziehungen zwischen den Bezugskonzepten ergänzt. In den Beziehungen sind die Regeln für die Herstellung des Bezugs festgelegt. Diese Regeln sind entweder Eigenschaften (Attribute) oder Methoden (Funktionen) die im Gesamtmodell vorhanden sein müssen.

Die Transformationen von Raum- oder Topologie-Bezügen von einem System in ein anderes erfolgen über Instanzen von Grundelementen, welche in beiden Bezugssystemen bekannt sind.

Für die Abbildung eines bestehenden Bezugssystems im Gesamtmodell sind folgende Schritte notwendig:

- 1) Instanziierung des Gesamtmodells durch Zuweisen der Elemente des Bezugssystems zu den Klassen des Gesamtmodells: z.B. "GDF/Edge"  $\equiv$  "Linie verbindet Punkte"
- 2) Modellieren der minimalen Eigenschaften für die eindeutige Identifizierung der Elemente. In der Regel genügen die sprechenden konzeptuellen Schlüssel
- 3) Integrieren der für die Transformation notwendigen Daten (Transformationsstrecken, Geometrien usw.) inklusive Metadaten (notwendig für die Bestimmung der Qualität) gemäss den Anforderungen des Gesamtmodells.

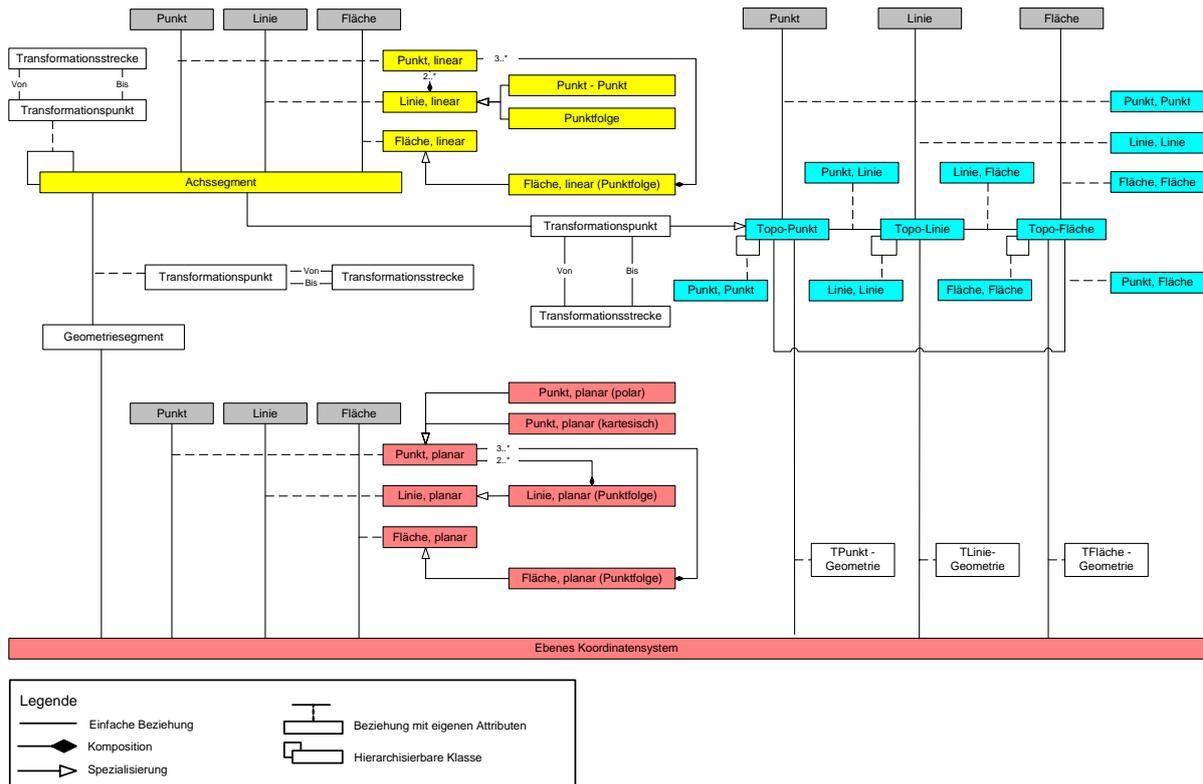


Abbildung 34: Das Gesamtmodell in seiner endgültigen Form

## 6 Dynamik der Bezugssysteme

Unter den Begriff "Dynamik der Bezugssysteme" fallen alle Veränderungen am Bezugssystem. Die Veränderungen lassen sich dabei in zwei Kategorien aufteilen:

- **Änderung der Raumdefinition:** der mit dem Bezugssystem beschriebene Raum bleibt erhalten, jedoch verändert sich die Beschreibung des Raums (z.B. kann die Orientierung einer Strassenachse gedreht werden)
- **Änderung des Raums:** Bei der Veränderung des Raums werden effektiv Veränderungen der Realität durchgeführt, welche zu einer Veränderung des entsprechenden Bezugssystems führen (z.B. Umbau eines Verkehrsknotens von einem rechtwinkligen Knoten zu einem Kreis).

Je nachdem, welche Situation zu einer Veränderung des Bezugssystems führt, sind andere Nachführungsprozesse notwendig. Die Veränderungen und die Auswirkungen auf die Objekte, welche das Bezugssystem referenzieren, werden durch die entsprechenden Systeme behandelt. Für das Gesamtmodell von Bedeutung sind die Auswirkungen einer Veränderung auf die Transformationsprozesse, respektive die Daten, welche durch die Transformationsprozesse genutzt werden.

### 6.1 Änderung der Raumdefinition

Typische Veränderungen an der Raumdefinition, ohne dass der eigentlich beschriebene Raum sich verändert, sind:

- Änderung der Orientierung
- Verbinden zweier Linien
- Trennen einer Linie in zwei Linien

Damit wird die gleiche Situation der Realität innerhalb des gleichen Bezugssystems in unterschiedlichen Versionen dargestellt. Von der Problemstellung bedeutet dies das gleiche, wie wenn zwei unterschiedliche Systeme den gleichen Ausschnitt der Realität beschreiben.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Systeme, welche Informationen austauschen wollen, immer Kenntnis vom aktuellsten Bezugssystem haben. Folglich müssen neben den bisher betrachteten Transformationsprozessen zwischen unterschiedlichen Bezugssystemen auch Transformationsprozesse innerhalb eines Bezugssystems definiert werden, welche die Veränderungen der Raumdefinition über die Zeit beschreiben. Für die Beschreibung der Veränderungen können die gleichen Methoden angewendet werden, welche auch für die Transformation zwischen unterschiedlichen Bezugssystemen zur Verfügung gestellt werden müssen. Die Situation vereinfacht sich etwas, da nicht das gesamte Netz beschrieben werden muss, sondern nur diejenigen Orte, an welchen sich effektiv Veränderungen ergeben haben.

### 6.2 Änderung des Raums

Typische Veränderungen, bei welchen der effektiv beschriebene Raum verändert wird:

- Aufheben eines Strassensegments
- Ergänzen der Strasse durch ein neues Strassensegment
- Neuer Verlauf eines Strassensegments

wobei der Fall "Neuer Verlauf" als Zusammenhängen der Fälle "Aufheben Strassensegment" und "Ergänzen Strassensegment" betrachtet werden kann.

Dem Fall "Aufheben Strassensegment" geht in der Regel auch eine Änderung der Raumdefinition voran (Trennen einer Linie in zwei Linien). Dem Fall "Ergänzen Strassensegment" kann eine Veränderung in der Raumdefinition folgen (Verbinden zweier Linien).

**Ergänzen Strassensegment:**

Bei der Ergänzung durch ein neues Strassensegment in einem Bezugssystem müssen die Transformationsinformationen zu den anderen Bezugssystemen neu aufgebaut werden.

**Aufheben Strassensegment:**

Wird ein Strassensegment aufgehoben, so kann an dieser Stelle nicht mehr transformiert werden. Jedoch muss für die Transformation von historischen Daten die Transformation an dieser Stelle erhalten bleiben (siehe auch Kapitel 7).

### 6.3 Anforderungen an das Gesamtmodell

Das Gesamtmodell muss die Geschichte der Bezugssysteme abbilden können, damit Transformationen zwischen Bezugssystemen mit unterschiedlichem Zustand durchgeführt werden können. Dafür müssen die entsprechenden Zeitparameter bekannt sein:

- Beginn-Gültigkeit
- Ende-Gültigkeit

Diese Zeitparameter müssen für alle Grundelemente des Bezugssystems sowie für die Grundelemente, welche für die Transformation benötigt werden, bekannt sein. Veränderungen am Bezugssystem, welche sich auf die Transformationsparameter auswirken, müssen in allen Fällen erkennbar sein (siehe Kapitel 7).

## 7 Zeitaspekte der Bezugssysteme

### 7.1 Grundlagen der Zeitaspekte der Bezugssysteme

Die Objekte der Verkehrstelematik weisen neben dem Raum-/ oder Topologiebezug immer auch einen Zeitbezug auf. Da sich der Raum durch Erweiterung oder Umgestaltung der Verkehrsnetze über die Zeit verändern kann, ist der Zeitbezug der Objekte mit entscheidend, auf welcher Grundlage der Raum-/ oder Topologiebezug überhaupt aufgebaut werden kann.

Für die Beschreibung der Zeitaspekte müssen verschiedene Stufen betrachtet werden:

- Zeitaspekte der Grundelemente
- Zeitaspekte des Bezugssystems
- Zeitaspekte der Beziehungen zwischen den Bezugssystemen

Für die einzelnen Stufen existieren spezifische Anforderungen, welche über die Zeitaspekte beschrieben werden müssen:

Für das Grundelement, welches ein Stück des realen Verkehrsnetzes beschreibt, muss die zeitliche Gültigkeit definiert werden, für welche die Beschreibung gilt. Die Zeitaspekte des Bezugssystems müssen über den Nachführungsstand Auskunft geben, damit entsprechende Massnahmen (z.B. Aktualisierung der Transformationspunkte) getroffen werden können, wenn eine Transformation zwischen Bezugssystemen mit unterschiedlichem Nachführungsstand durchgeführt werden muss. Die Zeitaspekte der Beziehungen zwischen den Bezugssystemen legen schliesslich fest, ob die Transformation des Raum- und/oder Topologiebezugs von Objekten überhaupt in einem gültigen Zeitraum durchgeführt werden kann.

Für die Beschreibung der Zeitaspekte stehen zwei Arten von Zeitattributen zur Verfügung:

- Automatisch generierte Zeitattribute: Integrationsdatum, Änderungsdatum in Informationssystemen
- Manuell vergebene (Fach-)Zeitattribute: Beginn-Gültigkeit, Ende-Gültigkeit, Wissensstand

Die automatisch generierten Zeitattribute eignen sich gut, um Veränderungen zwischen zwei Transaktionen feststellen zu können. So kann in einfacher Weise festgestellt werden, ob beispielsweise die von einem Transformationspunkt referenzierten Grundelemente seit der Definition des Transformationspunkts verändert wurden. Falls ja, ist in diesem Fall zum Beispiel die Lokalisierung/Positionierung des Transformationspunkts zu überprüfen und allenfalls auf die veränderte Situation anzupassen.

Die manuell vergebenen Zeitattribute Beginn-Gültigkeit und Ende-Gültigkeit legen fest, welcher zeitliche Ausschnitt der Realität beschrieben wird. Der Wissensstand dokumentiert, seit wann der entsprechende Datenherr davon Kenntnis hat.

Die Realität ist ständig Änderungen unterworfen. Täglich wird das Strassennetz und damit die Grundlage für die Bezugssysteme verändert. Die verschiedenen Bezugssysteme führen diese Veränderungen nicht unmittelbar nach, sondern in der Regel vergeht eine gewisse Zeit, bis eine Veränderung der Realität in den Systemen nachgeführt wird.

Es kommt aber auch vor, dass in Bezugssystemen die Daten erfasst werden, welche erst in Zukunft real werden (Prognose). Sei dies bewusst, weil das System eine Prognoseabbildung erlaubt, oder der Einfachheit halber, da man weiss, dass in Kürze eine Veränderung in der Realität stattfinden wird.

In jedem Fall besteht eine Differenz zwischen dem Änderungsdatum und dem effektiven Eintreffen der Situation, welche erfasst wird (siehe Abbildung 35). Das Änderungsdatum ist demnach wenig geeignet, um die Gültigkeit der Transformation selbst festzulegen.

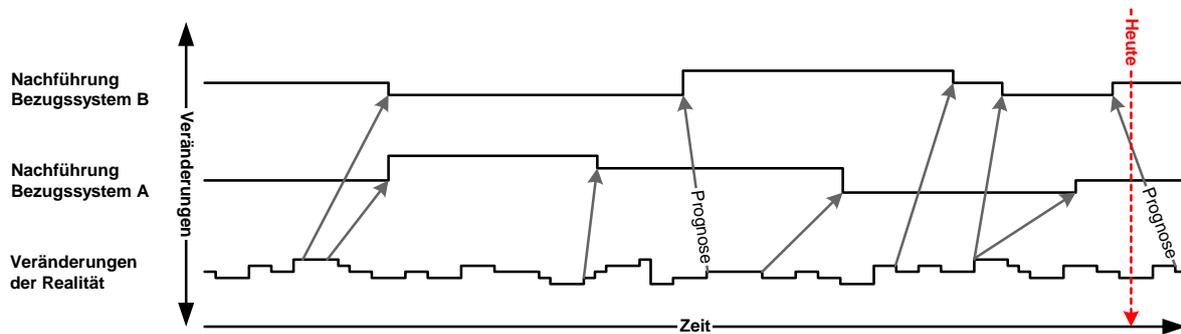


Abbildung 35: Nachführungsrhythmus unterschiedlicher Bezugssysteme

Bei den manuellen Zeitattributen besteht ebenfalls das Problem, dass die verschiedenen Bezugssysteme ihre eigene Sicht auf die Realität haben. Dadurch wird es rein zufällig sein, wenn zwei Grundelemente aus unterschiedlichen Bezugssystemen, welche den gleichen Ausschnitt der Realität beschreiben, auch die gleiche Beginn- respektive Ende-Gültigkeit aufweisen. Weiter wird es Bezugssysteme geben, die bezüglich der Gültigkeit der Grundelemente gar keine Aussage machen, sondern einfach das letzte Aktualisierungsdatum des Bezugssystems als Referenz angeben.

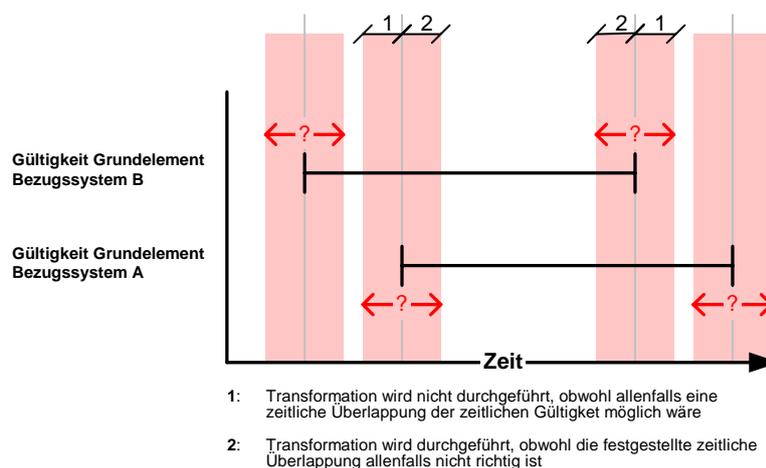


Abbildung 36: Unschärfe der Gültigkeitsbeschreibung

Für die Transformation der Objektbezüge zwischen verschiedenen Bezugssystemen ist demnach das Aktualisierungsdatum weniger von Bedeutung wie die effektive Gültigkeit der Grundelemente. Die Situation ist für jeden Ort im Bezugssystem individuell. Ein Bezugssystem kann nicht garantieren, dass über das gesamte Netz die gleiche Aktualität abgebildet wird. Auf die Bezugssysteme angewendet bedeutet dies, dass für jedes Grundelement die zeitliche Gültigkeit bekannt sein muss. Da sich die Beginn- und Ende-Gültigkeit, wie oben erwähnt, zwischen den Bezugssystemen unterscheiden kann, müssen diese Informationen aber ebenso kritisch betrachtet werden.

Weiterhin ist aus der obigen Abbildung ersichtlich, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt, zu welchem die Transformation stattfinden soll, in den beiden Bezugssystemen in der Regel unterschiedliche Stände der Realität abgebildet werden. Die Transformation muss diese Situation entsprechend behandeln können.

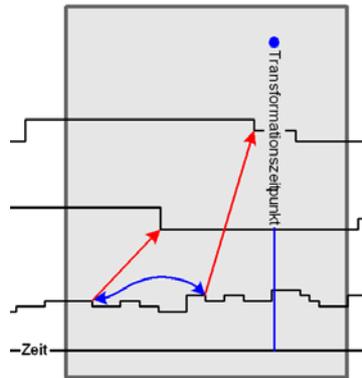


Abbildung 37: Transformationszeitpunkt und unterschiedliche Aktualisierungsstände

Das Änderungsdatum des Bezugssystems gibt an, dass sich an der Datenlage im System etwas verändert hat. Damit wird auch eine Überprüfung der Transformationsparameter notwendig (alle Informationen, welche für die Transformation benötigt werden, zum Beispiel der Raumbezug eines Topo-Knotens im linearen Bezugssystem). Das Aktualisierungsdatum beeinflusst also die zeitliche Gültigkeit der Transformationselemente.

Im Gesamtmodell werden die Beziehungen zwischen den Bezugssystemen durch die Transformationspunkte und Transformationsstrecken hergestellt. Analog zur Feststellung der räumlichen Lage des Transformationspunkts (und der Transformationsstrecken) in den verschiedenen Bezugssystemen muss bei der Festlegung auch die zeitliche Gültigkeit der Beziehung definiert werden. Sobald die zeitliche Gültigkeit der Transformationspunkte definiert werden kann, ist die zeitliche Gültigkeit der verbundenen Elemente nur noch von untergeordneter Bedeutung (bis sich diese wieder verändern).

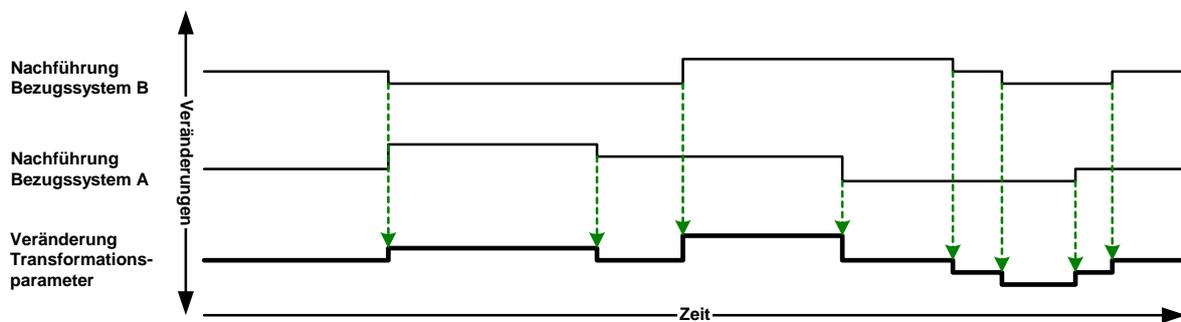


Abbildung 38: Einfluss des Nachführzeitpunkts auf die Transformationsparameter (Transformationspunkte und Transformationsstrecken)

## 7.2 Anforderungen an die Zeitaspekte der Bezugssysteme

Die Grundelemente der Bezugssysteme müssen mit Zeitparametern bezüglich ihrer Gültigkeit sowie Änderungsinformationen ausgestattet werden. Basierend auf diesen Zeitattributen kann die Gültigkeit der Transformationsparameter festgelegt werden.

Die Transformationsparameter zwischen zwei Bezugssystemen sind jeweils für einen ganz bestimmten Zeitraum der Bezugssysteme gültig. Diese sind auch vom Änderungsdatum der betroffenen Systeme sowie der Gültigkeit der Grundelemente abhängig. Alle für die Transformation notwendigen Parameter müssen demnach mit Beginn-Gültigkeit, Ende-Gültigkeit und Änderungsdatum versehen werden. Die Ende-Gültigkeit kann dabei auch offen bleiben, wenn der zuletzt bekannte Zustand aktuell immer noch gültig ist.

Das Bezugssystem selbst (als Makroobjekt aller Grundelemente) muss ebenfalls über die entsprechenden Zeitattribute (Beginn-Gültigkeit, Ende-Gültigkeit, Änderungsdatum) verfügen, damit bei einer Nachlieferung der Daten allfällige Veränderungen einfach festgestellt werden können.

Der Wissensstand ist in dieser Betrachtung von untergeordneter Bedeutung, da dieser mehr noch als die Beginn- und Ende-Gültigkeit, zwischen den verschiedenen Bezugssystemen stark variieren kann. Da der Wissensstand aber eine zusätzliche Information für die Festlegung der Transformationsparameter ist, sollte im Gesamtmodell auch die Möglichkeit bestehen, den Wissensstand abzubilden.

In der nachfolgenden Abbildung ist ein fiktives Beispiel anhand der Umgestaltung eines rechtwinkligen Verkehrsknotens zu einem Kreisel und dessen Auswirkungen auf die Bezugssysteme und Transformationsparameter in einem Zeitdiagramm dargestellt.

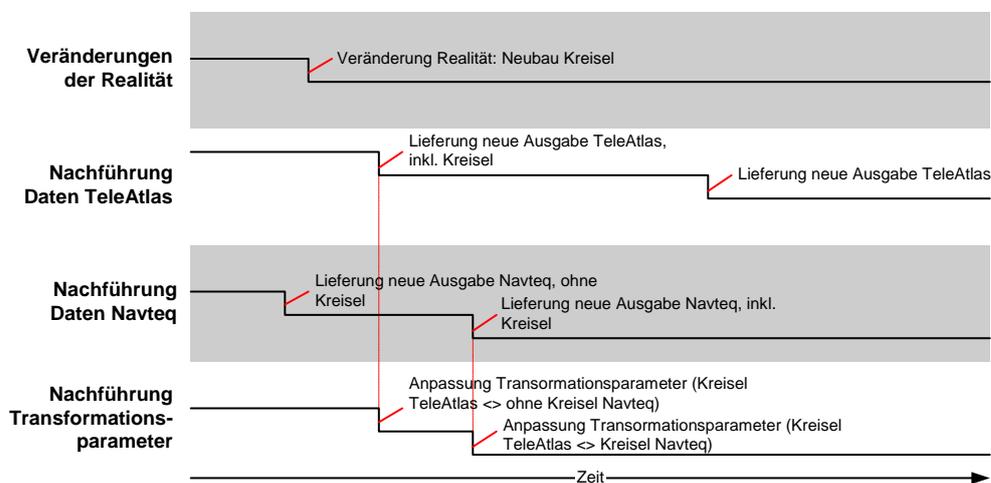


Abbildung 39: Zusammenhang der Zeitaspekte der Realität, Bezugssysteme und Transformationsparameter

## 8 Inhalt der Norm

Für die aus diesem Forschungsauftrag zu schaffende Norm können im Wesentlichen direkt Bestandteile dieses Berichts übernommen werden. Wir schlagen folgende Strukturierung der Norm vor:

Struktur der Norm	Quelle und Inhalt
A Allgemeines	Allgemeine Informationen wie Geltungsbereich, Gegenstand, Zweck, Bezugnahmen und Begriffe.
B Geometrische Grundelemente	Erläuterung der geometrischen Grundelemente, gemäss Kapitel 2.2 dieses Forschungsberichts.
C Bezugssystem-Konzepte	Erläuterung der Bezugssystem-Konzepte, gemäss Kapitel 2.3 dieses Forschungsberichts.
D Beziehungen zwischen Bezugssystem-Konzepten	Erläuterung der Beziehungen zwischen den Bezugssystem-Konzepten, gemäss Kapitel 2.4 dieses Forschungsberichts.
E Gesamtmodell	Konzeptionelles Datenmodell mit Erläuterungen, gemäss Kapitel 5 dieses Forschungsberichts. Dieses konzeptionelle Datenmodell wird mit Methoden und Inhalten ergänzt, welche sich aus den Anforderungen von Kapitel 6 (Dynamik der Bezugssysteme) und 7 (Zeitaspekte) ergeben.

Weiter schlagen wir vor, dass die Norm mit zwei Anhängen ergänzt wird. Der erste Anhang umfasst das Gesamtmodell in einer Übersichtsdarstellung. Für die bessere Lesbarkeit sollte für diese Darstellung ein grösseres Format (z.B. A3) gewählt werden.

Im zweiten Anhang soll die INTERLIS2-Beschreibung des Gesamtmodells zur Verfügung gestellt werden. Dieses Modell soll, wenn möglich, auch in elektronischer Form zum Download angeboten werden.

Die Auslagerung des UML-Modells sowie der INTERLIS2-Beschreibung hat den Vorteil, dass bei einer Anpassung des Gesamtmodells nicht zwingend die Norm verändert wird, sondern nur eine aktualisierte Version des Anhangs verteilt werden muss.

## 9 Ausblick

In der Erarbeitung dieses Forschungsauftrags zeigen sich folgende Bereiche, welche in Zukunft noch näher betrachtet werden müssen, um die Anwendung der Norm in der Praxis zu fördern:

- Automatisierbarkeit der Transformation
- Raummodellierung von (VT-)Objekten
- Modellbasiertes Vorgehen für die Schnittstellenspezifikation und Datenflussorganisation

### 9.1 Automatisierbarkeit der Transformation

#### Ausgangslage

Die vorliegende Forschungsarbeit stellt alle wesentlichen Elemente für den Aufbau eines Gesamtmodells zur Verfügung. Ein produktives System, das die Transformation und die Historisierung des Raumbezugs unterstützt benötigt entsprechende Dateninhalte. Die zu erwartenden Datenmengen sind sehr gross und eine manuelle Erfassung und Pflege dieser Daten wird kaum möglich sein.

#### Ziel

Es sollen Methoden für die automatische Bestimmung von Transformationspunkten und Transformationsstrecken erarbeitet, sowie der Mindestdatenumfang für den Betrieb in der Schweiz definiert werden.

#### Nutzen

Als Resultat liegt ein Regelwerk für die Anwendung des Gesamtmodells in der Praxis vor. Dies führt zu einer raschen Verfügbarkeit von operativen Daten. Ebenso wird damit eine "Unité de doctrine" für die Anwendung des Gesamtmodells geschaffen.

### 9.2 Raummodellierung von (VT-)Objekten

#### Ausgangslage

In dieser Forschungsarbeit wurde gezeigt, dass gleiche Fachobjekte der Realität je nach Anforderungen eines entsprechenden Verkehrstelematikdienstes, sehr unterschiedlich abgebildet werden können. Dies betrifft insbesondere auch die Form, mit welcher ein Objekt in einem Informationssystem abgebildet wird. So wird zum Beispiel ein Unfall je nach Anforderung einmal als Punkt mit genauen Koordinaten oder als Linieninformation, durch die Angabe welcher Abschnitt durch den Unfall betroffen ist, abgebildet. Es bestehen heute noch keine einheitlichen Grundlagen, nach welchen Kriterien eine Abstraktion der Objektformen durchgeführt werden soll.

#### Ziel

Ziel dieser Arbeit ist es eine Typisierung und Standardisierung der Formbeschreibungen von (VT-) Objekten und deren Lokalisierung in Bezugssystemen zu erarbeiten.

#### Nutzen

Der Nutzen dieser Arbeit liegt darin, dass das Gesamtmodell mit diesen Erkenntnissen erweitert werden kann und damit die Transformationsfähigkeiten entsprechend erweitert wird.

### **9.3 Modellbasiertes Vorgehen für die Schnittstellenspezifikation und Datenflussorganisation**

#### **Ausgangslage**

Die Verkehrstelematik hat verschiedenste Datenquellen zu erfassen und auszuwerten. Um die grosse Anzahl an Erfassungsgeräten, Datenformaten, Methoden effizient nutzen zu können, müssen die verschiedenen Quellen integriert werden.

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit wird mit dem konzeptionellen Datenmodell des Gesamtmodells die Grundlage für eine gemeinsame Datendrehscheibe geschaffen. In einem nächsten Schritt müssen die Schnittstellen zu diesem Gesamtmodell definiert werden.

#### **Ziel**

Um eine Integration erfolgreich zu realisieren, müssen in erster Linie die Schnittstellen vereinheitlicht und damit der Datenaustausch vereinfacht werden. Mit dem modellbasierten Vorgehen (INTERLIS) kann dies erreicht werden. Das Projekt hat zum Ziel, mit der so genannten Semantischen Transformation die vorhandenen und genutzten Informationsquellen der Verkehrstelematik zu integrieren und den umfassenden Datenaustausch zu realisieren.

#### **Nutzen**

Das hier vorgeschlagene Forschungsprojekt unterstützt die rasche Realisierung und die rasche Verfügbarkeit des Gesamtmodells für die Anwendung in der Praxis. Insbesondere werden mit der Semantischen Transformation die Grundlagen geschaffen, um die verschiedensten vorhandenen Systeme effizient an das Gesamtmodell anzubinden.

\* \* \*

## Anhang A Anforderungen aus den Dateninhalten

Als Grundlage für den Datenumfang, welcher mit Hilfe des allgemeinen Raumbezugsmodells abgebildet werden soll, dient Norm ISO 14813-1 (Transport information and control systems -- Reference model architecture(s) for the TICS sector -- Part 1: TICS fundamental services). Die Funktionen wurden den Beschreibungen der 32 Dienste in dieser Norm entnommen.

Die Dienste werden den Möglichkeiten für die Lokalisierung mit dem VSS-Raumbezugsmodell gegenübergestellt. Die Spalte VSS enthält die entsprechende Bezeichnung, gemäss folgender Liste:

- 1 Axe
- 2 Ax-Segment
- 3 Sektor
- 4 Geo-Segment
- 5 Geo-Netz
- 6 Geometrie-Segment
- 7 Geometrie-Element
- 8 Knoten
- 9 Abschnitt
- 10 Netz

Falls mehr als eine Methode für die Referenzierung möglich ist, sind alle Methoden aufgeführt (durch Komma getrennt). Falls eine Kombination von Methoden notwendig ist, sind die entsprechenden Methoden durch ein "+" verbunden. Kann der entsprechende Raum noch nicht beschrieben werden, so ist kein Eintrag in der Spalte VSS vorhanden. Falls eine bestehende Methode nicht vollständig ausreicht, so ist die entsprechende Nummer mit einem "+" ergänzt. Mit dieser Analyse wird geprüft, ob die bestehenden Modelle der VSS (SN 640 910ff) für die Abbildung der Objekte geeignet sind, oder ob diese Modelle erweitert werden müssen.

In der Spalte "Ref." sind die möglichen Positionierungs-/Lokalisierungsmethoden aufgeführt:

- GO: Die Positionierung erfolgt auf ein ganzes geometrisches Grundelement (z.B. Abschnitt).
- LS: Die Positionierung/Lokalisierung wird durch die Beschreibung eines Linienausschnitts beschrieben (Auf Linie, Von, Bis: z.B. Stau auf der N1 von km 7.5 bis km 10.4)
- LP: Die Positionierung/Lokalisierung wird durch die Beschreibung eines Punktes auf einer Linie beschrieben (z.B. Pannenfahrzeug auf der N2 bei km 45.3)
- K: Die Lokalisierung erfolgt durch die Angabe von Koordinaten, bezüglich einem linearen oder planaren Raumbezugsystem (z.B.: Unfall bei 675.400//223.673)

In der Spalte "Sicht" ist die benötigte Sicht auf die Daten aufgeführt:

- top: Topologische Sicht, das heisst die topologische Beziehung zum Objekt ist von Interesse
- geo: geometrische Sicht, das heisst die Geometrie des Objekts ist von Interesse

**Information Verkehrsbedingungen Strasse**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO	TMC-Location-Code, TPEG.	9
Verladestelle	top	GO		8

**Strassenzustandsinformation**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LS	TMC-Location-Code, TPEG.	9
Gebiet	top/ geo	GO	Vordefinierte Gebiete und Höhenlagen, Verschnitte	10

**Wetterinformation**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Gebiet	top/ geo	GO	Vordefinierte Gebiete und Höhenlagen, Verschnitte	

**Information Verkehrsbeschränkungen**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LS	TMC-Location-Code, TPEG.	9
Gebiet	top/ geo	GO	Vordefinierte Gebiete und Höhenlagen, Verschnitte	

**Gebühreninformation Strasse**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9
Gebiet	top	GO	Angabe der darin enthaltenen Strassen und Strassenabschnitte	10
Strassennetz	top	GO		10

**Parkierungsinformation**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Parkierungsstreifen	top	GO/LS/ K	Parkierung entlang der Strasse. Referenzkoordinate zur Bestimmung der Lage bezüglich Zielpunkt der Fahrt	4
Gebiet	top/ geo	GO/K	Zusammenhängende Parkierungsgebiete mit Parkierung entlang der Strasse. Referenzkoordinate	5
Parkierungsanlage	top	GO/K	Referenzkoordinate	9

**Gebühreninformation ÖV**

**Dienste: 1, 3**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Haltestelle	top	GO		9
Linienabschnitt	top	GO	Abhängigkeit der Gebühr von gewählter Verbindung	10
Gebiet	top	GO	Gebührenzonen. Angabe der darin enthaltenen Haltestellen	10

**Information zu Vorfällen Strasse**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LP		9
Fahrstreifen	geo	LP	Höhere Detaillierungsebene.	
Pannestreifen	geo	LP	Höhere Detaillierungsebene.	

**Information zu Verkehrsmittelwechsel**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
P+R-Anlage	top	GO		9
Haltestelle	top	GO	Richtungsabhängig	9
Linie	top	GO	Richtungsabhängig	10
Verladestelle	top	GO		8

**Betriebsinformation ÖV**

**Dienste: 1, 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Linie	top	GO	Richtungsabhängig	10
Linienabschnitt	top	GO	Evt. Richtungsabhängig	9
Haltestelle	top	GO	Richtungsabhängig	9

**Netz- und Fahrplaninformation ÖV**

**Dienste: 2, 3**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Linie	top	GO	Richtungsabhängig	10
Haltestelle	top	GO		9

**Routenwahl ÖV**

**Dienste: 3**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Linie	top	GO		10
Haltestelle	top	GO		9

**Baustelleninformation**

**Dienste: 2**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LS	TMC-Location-Code, TPEG. Für on-trip auch Geo-Sicht erforderlich.	9,3

**Ausrüstungsinformation Strasse**

**Dienste: 2, 4**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LS/LP	Evt. ebenfalls Koordinate quer zur Strasse	9,3,4
Fahrstreifen	top	LP		

**Serviceinformation**

**Dienste: 4**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LP		3
Parkierungsanlage	top/ geo	GO/ K		9
Haltestelle		GO/ K		9

**Parkplatzreservation**

**Dienste: 4**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Parkierungsanlage	top	GO/ K	Bei Parkhaus Geschoss einbeziehen	9

**Reservation ÖV**

**Dienste: 4**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Linie	top	GO		10
Haltestelle	top	GO		9

**Durchfahrtsreservation**

**Dienste: 4**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9
Dosierstelle	top	GO		8

**Information Anhaltepunkte Strasse**

**Dienste: 4, 25**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LP		8

**Zielführung (Navigation) Strasse**

**Dienste: 5, 27, 28**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	geo	LP	GDF	10+7
Kreuzung	top	GO	Fahrbeziehungen	

**Zielführung Fussgänger**

**Dienste: 5**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	geo	LP	GDF	10+7
Fussweg	geo	LP		10+7
Gehsteig	geo	LP		10+7
Fussgängerstreifen	geo	GO		(9)

**Zielführung Fahrrad**

**Dienste: 5**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	geo	LP	GDF	10+7
Fahrradstreifen	geo	LP		10+7
Radweg	geo	LP		10+7

**Routenplanung intermodal**

**Dienste: 5**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
P+R	top	GO		9
Haltestelle	top	GO		9
Linie	top	GO	Evt. auch Linienabschnitte	10
Fussweg	top	GO		9
Verladestelle	top	GO		8
Umladeterminale	top	GO		8

**Verkehrszustandserhebung und Prognose**

**Dienste: 6**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LS		9
Kreuzung	top	GO		8
Linie	top	GO		10
Parkierungsanlage	top	GO		9
Parkstreifen	top	GO/LS		

**Verkehrssteuerung**

**Dienste: 7**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LS/ LP	Fahrtrichtung wesentlich	3,4,9
Kreuzung	top	GO	Bis Ebene Verkehrsbeziehungen	8+
Fahrestreifen	top	GO/ LP	Bei Nutzungsbeschränkungen	

**Variable Signalisation**

**Dienste: 7**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LP		9
Gebiet	top	GO	Vordefinierte Gebiete	10
Fahrstreifen	top	GO/ LP		

**Implementierung von Verkehrsbeeinflussungsstrategien**

**Dienste: 7**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9
Kreuzung	top	GO	Bis Ebene Verkehrsbeziehungen	8
Linienabschnitt	top	GO		9

**Rampendosierung (Ramp Metering)**

**Dienste: 7**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LP	TMC-Location-Code, TPEG. Für on-trip auch Geo-Sicht erforderlich.	9,7
Rampe	top	LP		9

**Verkehrsleitung**

**Dienste: 7**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LS/ LP		3,4

**Dynamische Fahrstreifenzuweisung**

**Dienste: 7**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahrstreifen	top	GO		
Pannestreifen	top	GO		

**Fahrzeugpriorisierung**

**Dienste: 9, 27**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahrstreifen	top	LP		3
Kreuzung	top	GO	Bis Ebene Verkehrsbeziehungen	8+

**Management der Fahrberechtigung**

**Dienste: 9, 19**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9
Gebiet	top	GO		10

**Störungserkennung Strasse**

**Dienste: 8**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LP/ K		3
Fahrstreifen	top	LP		
Kreuzung	top	K/ LP	Höchste Granularitätsstufe	8+

**Verkehrsumleitung**

**Dienste: 8**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9,10
Kreuzung	top	GO		8+

**Festlegung Smoggebühren**

**Dienste: 9**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Gebiet	top	GO		10

**Festlegung Staugebühren**

**Dienste: 9**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9
Gebiet	top	GO		10

**Festlegung dynamische Parkgebühren**

**Dienste: 9**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Parkierungsanlage	top	GO		9
Parkstreifen	top	GO		
Gebiet	top	GO		10

**Festlegung dynamische ÖV-Gebühren**

**Dienste: 9**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Linie	top	GO		10
Gebiet	top	GO	Gebührenzonen	10
Linienabschnitt	top	GO		9

**Automatische Kontrolle Strasse**

**Dienste: 10, 18, 20, 28**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LP		4

**Baustellenmanagement Strasse**

**Dienste: 11**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LS		4
Kreuzung	top	GO		8+
Fahrstreifen	top	LS		

**Strassenunterhaltsmanagement**

**Dienste: 11**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/LP		9,3
Fahrstreifen	top	GO/ LP		

**Automatische Fahrstreifeneinhaltung**

**Dienste: 13**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahrstreifen	geo	LP	Hohe Geometriegenauigkeit	4+

**Automatisches Parkieren**

**Dienste: 13**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahrstreifen	geo	LP	Hohe Geometriegenauigkeit	
Parkstreifen	geo	LP	Hohe Geometriegenauigkeit	
Parkierungsanlage	geo	K/ LP	Einschliesslich Parkfelder und Fahrwege. Parkhäuser einschliesslich Geschoss.	

**Stoppautomatik Strasse**

**Dienste: 13**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahrstreifen	top/ geo	LP	Hohe Referenzierungsgenauigkeit	

**Longitudinale Kollisionsvermeidung**

**Dienste: 14**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahrstreifen	geo	LP		
Kreuzung	geo	GO/LP	Höchste Granularitätsstufe	8+

**Stauwarnung**

**Dienste: 14**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahstreifen	top	LP	Hohe Referenzierungsgenauigkeit	

**Fahrzeugführerunterstützung Überholmanöver**

**Dienste: 15**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahstreifen	geo	LP		

**Fahrzeugführerunterstützung Fahstreifenwechsel**

**Dienste: 15**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahstreifen	geo	LP		

**Fahrzeugführerunterstützung Eingliederung**

**Dienste: 15**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahstreifen	geo	LP/ K	Hohe Referenzierungsgenauigkeit	
Kreuzung	geo	K	Hohe Referenzierungsgenauigkeit	8+
Rampe	geo	LP/ K	Hohe Referenzierungsgenauigkeit	

**Intelligente Geschwindigkeitsanpassung**

**Dienste: 31**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Gebiet	geo	GO		4

**Einsatzplanung Fahrzeugflotte Strasse**

**Dienste: 22, 27**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9
Kreuzung	top	GO		8
Verladestelle	top	GO		8
Dosierstelle	top	GO		8
Umladeterminale	top	GO		8
Zollabfertigungsstelle	top	GO		8

**Fahrzeugverfolgung Strasse**

**Dienste: 10, 22, 28**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	geo	LP	Richtungsinformation relevant	9

**Betriebsleitung Linienbetrieb**

**Dienste: 23**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Linie	top	LP	Richtungsinformation relevant	9
Haltestelle	top	GO	Richtungsinformation relevant	9

**Betriebsleitung nachfrageabhängiger Betrieb**

**Dienste: 24**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO		9
Kreuzung	top	GO	Fahrbeziehungen	8+
Haltestelle	top	GO	Richtungsinformation relevant	9

**Taximanagement**

**Dienste: 24**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	LP		3
Gebiet	top/geo	GO/ K	Vordefinierte Gebiete. Zugehörigkeit Adressen	5
Taxistandstreifen	top	LP	Relative Lage der Taxis zueinander	3

**Fahrzeugreservierung**

**Dienste: 4**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Standplatz Fahrgemeinschaft	top	K	Bis Level Einzelabstellplatz	8
Standplatz Mietfahrzeug	top	K	Bis Level Einzelabstellplatz	8

**Fahrgemeinschaften**

**Dienste: 25**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	top	GO/ LP		9
Anhalteplatz	top	GO		8

**Fahrzeuglokalisierung Notruf**

**Dienste: 26, 28, 30**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Gebiet	geo	K	Vorgegebene Zuständigkeitsgebiete	3

**Auffinden gestohlener Fahrzeuge**

**Dienste: 26**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Gebiet	geo	GO/ K	Benutzerdefinierte Gebiete und vordefinierte Zuständigkeitsgebiete.	5

**Erhebung Strassengebühren**

**Dienste: 29**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	geo	GO	Ausschluss kritischer Abschnitte (z.B. parallele Strassen)	9
Gebiet	geo	GO	Gebührenzonen	10
Virtuelle Tore (Virtual Gentries)	geo	GO		8

**Erhebung Parkgebühren**

**Dienste: 29**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Parkieranlage	geo	GO		9
Gebiet	geo	GO		10
Parkstreifen	geo	GO		

**Gebührenerhebung ÖV**

**Dienste: 29**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Haltestelle	top	GO		9
Gebiet	top	GO		10

**Gebührenerhebung Fahrzeuggemeinschaften**

**Dienste: 29**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Standplatz Fahrzeuggemeinschaft	geo	GO		8

**Fahrzeugsanwesenheitserkennung**

**Dienste: 31, 32**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahrstreifen	geo	LP		

**Gefahrsituationserkennung**

**Dienste: 31, 32**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Strassenabschnitt	geo	LP		9
Fahrstreifen	geo	LP		
Kreuzung	geo	GO	Höchste Granularitätsstufe	8++

**Vortrittsregelung**

**Dienste: 32**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahstreifen	geo	LP		
Kreuzung	geo	GO/ K	Höchste Granularitätsstufe	8+

**Warnung Phasenwechsel Lichtsignal**

**Dienste: 32**

Informationsobjekt-Typ	Sicht	Ref.	Bemerkungen	VSS
Fahstreifen	geo	LP		

## Anhang B Gesamtmodell

