



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP6: Schnittstellen aus den Auswertungssystemen SIS (SIS-DWH)

Paquet de recherche Augmentation des bénéfices SIR: EP6: Interfaces entre le système d'information de la route et les systèmes d'analyse SIR (SIR-DWH)

Research package Higher benefit of RIS: EP6: Interfaces between Road Information Systems and Business Intelligence systems RIS (RIS-DWH)

BISconsult GmbH
Emile Bernard

Rosenthaler + Partner AG
Claude Marschal

Infrastructure Management Consulting GmbH
Dr. Rade Hajdin

Forschungsprojekt VSS 2011/716 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP6: Schnittstellen aus den Auswertungssystemen SIS (SIS-DWH)

Paquet de recherche Augmentation des bénéfices SIR: EP6: Interfaces entre le système d'information de la route et les systèmes d'analyse SIR (SIR-DWH)

Research package Higher benefit of RIS: EP6: Interfaces between Road Information Systems and Business Intelligence systems RIS (RIS-DWH)

BISconsult GmbH
Emile Bernard

Rosenthaler + Partner AG
Claude Marschal

Infrastructure Management Consulting GmbH
Dr. Rade Hajdin

Forschungsprojekt VSS 2011/716 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Emile Bernard, dipl. Bauing. ETH, Informatiker Uni Bern

Mitglieder

Claude Marschal, Dipl. IUT Génie-Civil Strasbourg, NDS Informatik
Dr. Rade Hajdin, Ph.D. ETH-Z, Dipl. Bauing. TU Belgrad

Federführende Fachkommission

Fachkommission 7: Erhaltungsmanagement

Begleitkommission

Präsident

Christoph Käser, GPL-MISTRA, ASTRA/OFROU, 3003 Bern-Ittigen

Mitglieder

Yan Cerf, ASTRA/OFROU, 3003 Bern-Ittigen
François Golay, EPFL, 1015 Lausanne
Walter Schaufelberger, B + S Ingenieur AG, 3000 Bern 16
Emanuel Schmassmann, swisstopo, 3084 Wabern
Martin Surka, ASTRA/OFROU, 3003 Bern-Ittigen
Heinz Suter, ASTRA/OFROU, 3003 Bern-Ittigen

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	10
	Summary	13
1	Einleitung	16
1.1	Zweck des Dokuments	16
1.2	Struktur des Berichts	16
1.3	Begriffe und Abkürzungen.....	17
1.4	Verwendete Notationen.....	17
1.4.1	Klassenmodell	17
1.4.2	Anwendungsfalldiagramm (Engl. UseCase Diagram)	18
2	Situationsanalyse und Zielsetzung	19
2.1	Ausgangslage	19
2.1.1	Bezug zum Forschungspaket.....	19
2.1.2	Gegenstand.....	19
2.1.3	Umfeld	20
2.1.4	Stand der Forschung.....	20
2.1.5	Präzisierung	21
2.2	Ziele des Projekts.....	22
2.2.1	Übergeordnetes Ziel.....	22
2.2.2	Systemziele	22
2.2.3	Vorgehensziele	22
2.2.4	Erwarteter Nutzen	22
2.3	Projektanstoß.....	23
3	Grundlagendokumente	24
4	Erkennung und Behandlung von Konflikten	27
4.1	Modellkonflikte.....	28
4.2	Schlüsseldatenkonflikte.....	29
4.3	Raumdatenkonflikte	31
4.3.1	Unterschiedliche Definition der Bezugssysteme.....	31
4.3.2	Unterschiedliche Lokalisierung / Positionierung	32
4.3.3	Unterschiedliche räumliche Ausdehnung.....	33
4.4	Zeitdatenkonflikte	34
4.5	Fachdatenkonflikte	36
4.6	Qualitätskonflikte.....	37
5	Architektur Auswertungssystem	38
5.1	Überblick Datenfluss	38
5.2	Dateneinlieferung	39
5.3	Referenzdatenbank.....	40
5.3.1	Datenbereiche in der Referenzdatenbank	40
5.3.2	Geometriedaten	40
5.3.3	Annahmen für die Modellierung der Referenzdatenbank	41
5.4	Datenauslieferung	41
5.5	Betriebsmodi des Auswertungssystems	43
6	Regelwerk	44
6.1	Metadaten	44
6.2	Konzeptuelles Modell der semantischen Regeln	45
6.3	Anwendung der semantischen Regeln	46

6.4	Transformationsnetze	49
7	Modellbeschreibungen	53
7.1	Modell Achsen	53
7.1.1	Modellbeschreibung Quelldaten Achsen MISTRA	53
7.1.2	Modell Achsen gemäss [VSS-OBJ]	54
7.1.3	Konzeptuelles Modell Achsen in der Referenzdatenbank	55
7.1.4	Logisches Modell Achsen in der Referenzdatenbank	57
7.1.5	Logisches Modell Achsen für das Ausgabesystem QGIS	58
7.2	Modell TMC Location Codes	59
7.2.1	Modellbeschreibung Quelldaten TMC Location Codes	59
7.2.2	Modell gemäss [VSS-OBJ]	59
7.2.3	Konzeptuelles Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank	60
7.2.4	Logisches Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank	61
7.2.5	Logisches Modell TMC Location Codes für das Ausgabesystem QGIS	62
8	Prototyp	64
8.1	Abgrenzung.....	64
8.2	Daten.....	64
8.3	Ausgabesysteme	65
8.4	Systemarchitektur Prototyp.....	65
8.5	Anwendungsfälle.....	66
8.6	Resultate	69
8.7	Erfahrungen und Empfehlungen	71
9	Normenbausteine.....	72
	Anhänge.....	73
	Begriffe und Abkürzungen.....	83
	Literaturverzeichnis.....	87
	Projektabschluss	89
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen.....	92

Zusammenfassung

Dieses Forschungsprojekt ist Teil des Forschungspakets "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS" und wird parallel zu den Projekten "Zeitaspekte und Historisierung" (VSS 2011/711) sowie "Transformationskonzepte zwischen Bezugssystemen" (VSS 2011/713) realisiert. Entsprechend war auch der Informationsaustausch zwischen den Beteiligten dieser Projekte intensiv.

Ausgangslage

Die heutige Landschaft der Informationssysteme für Strassendaten SIS ist heterogen. Es ist schwierig Daten unterschiedlicher Herkunft wie z.B. aus MISTRA, kantonalen Datenbanken, Verkehrsmodell ARE, Verkehrereignisse ViaSuisse zusammenzuführen und kombiniert auszuwerten. Die Datenmodelle der einzelnen Systeme sind verständlicherweise je nach Aufgabenstellung verschieden, sie verwenden unterschiedliche Raum- und Zeitbezüge und auch die Semantik der Daten ist nicht einheitlich. Es besteht jedoch ein Bedürfnis die Daten aus verschiedensten Strassendatenbanken zu kombinieren, auszuwerten und die Resultate in einer aussagekräftigen Form zu präsentieren.

Ziele

Primäres Ziel ist es zu zeigen, welche Konflikte bei der Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen SIS bestehen, wie sie erkannt und aufgelöst werden. Es wird ein Lösungsansatz beschrieben und die Machbarkeit anhand eines Prototyps verifiziert.

Grundlagendokumente

Zu Beginn des Projekts wurden 14 Dokumente bestehend aus Forschungsberichten, nationalen und internationalen Normen und Fachbüchern studiert und deren Relevanz für das Projekt untersucht. Viele in diesem Projekt gewählte Lösungsansätze entstammen dieser Tätigkeit.

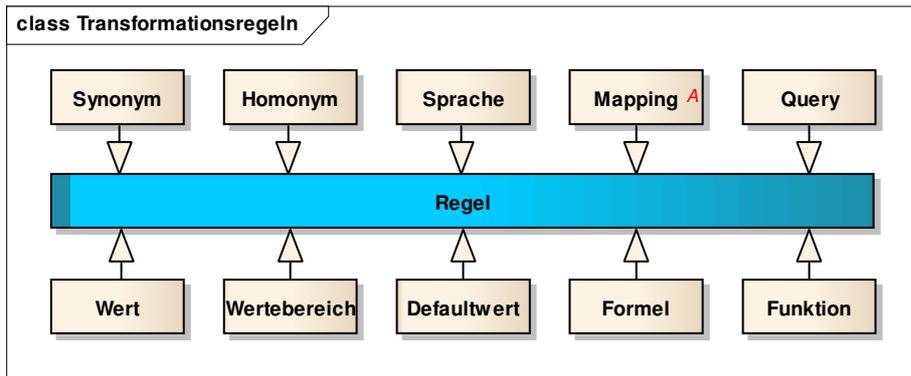
Erkennung und Behandlung von Konflikten

Bei der Zusammenführung von Daten entstehen Konflikte. Das Konfliktpotenzial wurde anhand konkreter Daten untersucht und in fünf Teilbereiche unterteilt:

- Modellkonflikte durch die unterschiedliche Modellierung der Daten.
- Schlüsselkonflikte bei Form, Vergabe und Umgang mit Identifikationsmerkmalen.
- Raumdatenkonflikte bei der Verwendung von Raumbezügen und Koordinaten.
- Zeitdatenkonflikte bei der Art wie die zeitliche Gültigkeit von Strassenobjekten festgelegt sowie ob und wie die Historie verwaltet wird.
- Fachdatenkonflikte bezüglich der Verwendung von Synonymen, verschiedenen Einheiten und Wertebereichen, unterschiedlichen Sprachen usw.

Für jeden Teilbereich sind die Methoden zur Erkennung und Auflösung der Konflikte beschrieben.

Semantische Regeln

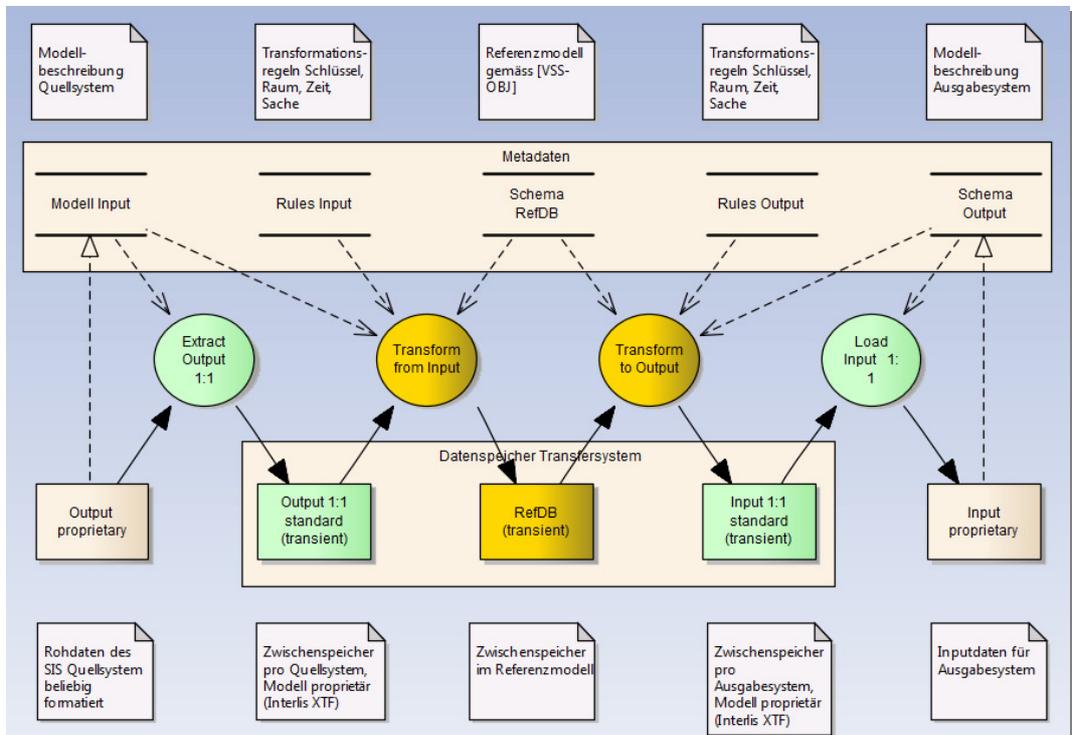


Die Abbildung gibt einen Überblick über die semantischen Regeln zur Auflösung der Konflikte. Speziell zu erwähnen das "Mapping", welches die Zuordnung der Quelldaten zu den Daten in der RefDB enthält und "Funktion" mit u.a. den Transformationsfunktionen für räumliche Transformationen aus dem Parallelprojekt VSS 2011/713.

Konzeptuelles Modell

Wie aus dem untenstehenden Datenflussdiagramm hervorgeht, verläuft der Transfer aller Quelldaten über die zentrale Referenzdatenbank RefDB. Die RefDB baut auf ein standardisiertes Modell für alle Strassendaten auf. Grundlage für das Modell ist das mit dem Forschungsprojekt VSS 2001/701 "Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen" definierte Modell.

Datenflussdiagramm



Die Daten fließen von den Quellsystemen links zu den Ausgabesystemen rechts. Der Transfer erfolgt in drei Schritten. Zunächst als einfache Kopie von den gelieferten Dateien in eine pro Quellsystem angelegte sog. 1:1-Datenbank. Danach in die Referenzdatenbank RefDB. Bei diesem Schritt finden die Transformationen auf der Basis des Regelwerks zur Auflösung der Konflikte statt. Schliesslich der abschliessende Transfer in die

Datenbank des gewünschten Ausgabesystems.

Prototyp

Für den Prototyp wurden Achsdaten, Inventarobjektdaten und Verkehrsunfalldaten aus MISTRA, Achsdaten und Fachnetzdaten aus Logo Kanton Bern, Daten aus dem Verkehrsmodell VM-CH des ARE, die TMC Location Codes und Baustellendaten ViaSuisse verwendet. Als Ausgabesysteme wurden das OpenSource QGIS für kartografische sowie Excel für statistische Auswertungen und Präsentation eingesetzt.

Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Prüfung der Machbarkeit des vorgeschlagenen Lösungskonzepts erfolgreich war. Die Daten konnten mit guter Performanz transformiert, kombiniert und den Ausgabesystemen übergeben werden. Die vollautomatische Kombination von Daten mit hoher Trefferquote ist jedoch nur bei qualitativ guten Daten möglich. Wenn beispielsweise die Achsgeometrien zweier Systeme hinsichtlich der Genauigkeit der Lage stark differieren versagen einzelne Erkennungsautomatismen. Es gibt auch Konflikte, die nicht restlos aufgelöst werden können, z.B. bei Synonymen, wenn beim Transfer ein Oberbegriff auf mehrere Unterbegriffe abzubilden wäre.

Ausblick

Damit für kombinierte Auswertungen von Daten aus verschiedenen Quellsystemen ein besseres Umfeld geschaffen werden kann, sind verschiedene Massnahmen denkbar, unter anderem:

- Die Publikation des Klassenmodells der Referenzdatenbank RefDB,
- Empfehlungen für den Umgang mit Schlüssel-, Raum- und Zeitdaten,
- Die Definition von Schnittstellen zwischen Quellsystemen und Referenzdatenbank,
- Die Bereitstellung einheitlicher Achsgeometrien, z.B. aus TLM swisstopo.

Résumé

Ce projet de recherche fait partie du paquet "Amélioration des bénéfices pour les utilisateurs du SIS" et est réalisé parallèlement aux projets "Aspects temporels et chronologiques" (VSS 2011/711) et "Concepts de transformation entre systèmes de repérage" (VSS 2011/713). Par conséquence, l'échange d'informations entre les participants de ces projets a été intense.

Situation initiale

L'environnement actuel des systèmes d'information pour les données de la route SIR est hétérogène et il est difficile de rassembler et évaluer des données de diverses sources telles que MISTRA, bases de données cantonales, modèle de trafic ARE, événements de trafic ViaSuisse etc. Les modèles de données utilisés sont naturellement différents en fonction de la tâche. Les systèmes utilisent différents modes de repérage spatiaux et temporels et la sémantique des données n'est pas uniforme. Cependant, le besoin existe de combiner les données à partir d'une variété de bases de données routières afin d'analyser et de présenter les résultats sous une forme significative.

Buts

L'objectif principal est d'identifier les conflits qui se présentent lors de la fusion de données de SIR différents, ainsi que la façon de les détecter et de les résoudre. Des solutions possibles sont décrites et la faisabilité est vérifiée à l'aide d'un prototype.

Documents de base

Au début du projet, 14 documents constitués de rapports de recherche, de normes nationales et internationales et des livres techniques ont été étudiés et examinés selon leur pertinence pour le projet. Différentes solutions choisies pour ce projet proviennent de cette activité.

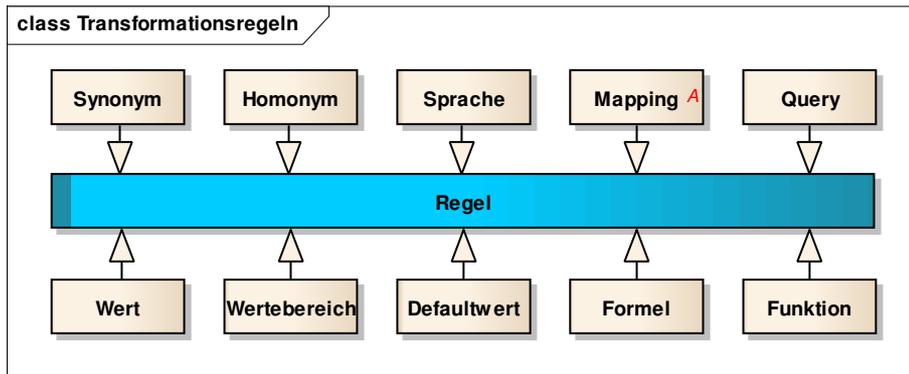
Détection et traitement des conflits

Lors de la fusion de données, des conflits surviennent. Le potentiel de conflit a été évalué avec des données concrètes et divisé en cinq sections:

- Conflits de modèle dus aux différentes modélisations des données
- Conflits de d'attribution et d'utilisation des clefs
- Conflits de données spatiales, de la référence spatiale et des systèmes de coordonnées
- Conflits de données temporelles, concernant la façon de préserver la validité temporelle des objets et l'historique de la route.
- Conflits de valeurs de données, concernant l'utilisation de synonymes, des unités, des domaines des valeurs, des langues différentes etc.

Les méthodes de détection et de résolution des conflits sont décrites pour chaque section.

Règles sémantiques

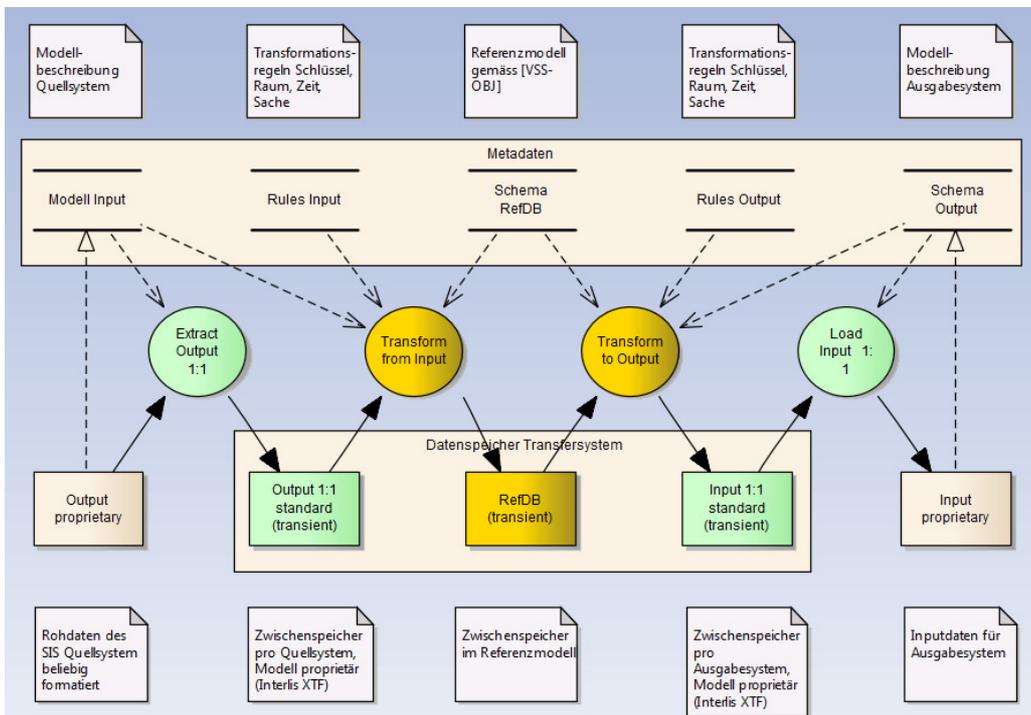


La figure donne un aperçu des règles sémantiques pour la résolution des conflits. Une attention particulière va aux règles "Mapping", qui contiennent la mise en correspondance des données du système source avec les données de la RefDB et "Funktion" avec entre autres les fonctions de transformation spatiales du projet parallèle VSS 2011/713.

Modèle conceptuel

Comme montré dans le diagramme du flux de données illustré ci-dessous, le transfert de toutes les données des systèmes source a lieu au travers de la base de données centrale de référence la RefDB. La RefDB contient un modèle standardisé pour toutes les données de la route. La base du modèle a été définie par le projet de recherche VSS 2001/701 "Modélisation objet-orientée des informations de la route».

Diagramme du flux de données



Le flux de données se fait à partir des systèmes source à gauche vers les systèmes de sortie à droite. Le transfert se fait en trois étapes. Tout d'abord, comme simple copie des fichiers fournis dans une base de données préparée pour chaque système source nommée base de données 1:1. Puis vers la base de données de référence RefDB. Dans cette étape, les transformations sont effectuées avec les règles sémantiques pour la résolution des conflits. Enfin, le transfert final dans la base de données du système de sortie désirée.

Prototype

Pour le prototype, les données d'axes, les objets d'inventaire et les accidents de la circulation de MISTRA, les données d'axes et des réseaux métiers de Logo du canton de Berne, les données du modèle de trafic VM-CH de l'ARE, les TMC Location Codes et les chantiers de ViaSuisse ont été utilisées. Comme systèmes de présentation, l'Open Source QGIS pour les analyses cartographiques et Excel pour les analyses statistiques ont été utilisés.

Bilan

En résumé, on peut dire que l'examen de la faisabilité de la solution choisie a été réussi. Les données peuvent être transformées avec une bonne performance, combinées et transmises aux systèmes de sortie. Toutefois, l'automatisation de données combinées avec un taux de succès élevé est uniquement possible avec des données de bonne qualité. Par exemple, si les géométries des axes diffèrent fortement, les automatismes fonctionnent mal. Certains conflits ne peuvent par ailleurs pas être résolus complètement, par exemple avec des synonymes, si pour le transfert un terme générique devait correspondre à plusieurs sous-catégories.

Perspective

Pour créer un meilleur environnement pour la combinaison de données de différentes sources, diverses mesures sont envisageables, notamment:

- La publication du modèle de la base de données de référence RefDB,
- Des recommandations pour traiter les données clé, spatiales et temporelles,
- La définition d'interfaces entre les systèmes la base de données de référence,
- La mise à disposition des géométries d'axes, par exemple du TLM swisstopo.

Summary

This research project is part of the research package "Increasing benefits for the users of road and transport information systems" and runs in parallel to the projects "Temporal aspects" (VSS 2011/711) and "Concepts of transformations between reference systems according to SN 640'911" (VSS 2011/713). Accordingly, the exchange of information between the participants of these projects has been intense.

Current situation

The present environment of road and traffic information systems SIS is heterogeneous and it is difficult to merge data or to analyze data across the different sources such as MISTRA, data from cantonal databases, traffic model ARE, traffic events ViaSuisse etc. These systems employ very different data models depending on their intended purpose. They use different spatial and temporal references and the semantics of the data is not uniform. However, there is a need to combine, analyze and present the results in a meaningful way.

Objectives

The primary objective is to show which conflicts exist when merging data from different SIS and how these conflicts are detected and resolved. An approach solving these issues is described and its feasibility is verified with a prototype.

Basic research

At the beginning, 14 basic documents such as research project reports, national and international standards as well as technical literature were read and examined by their relevance for the project. Many approaches for this project come from this activity.

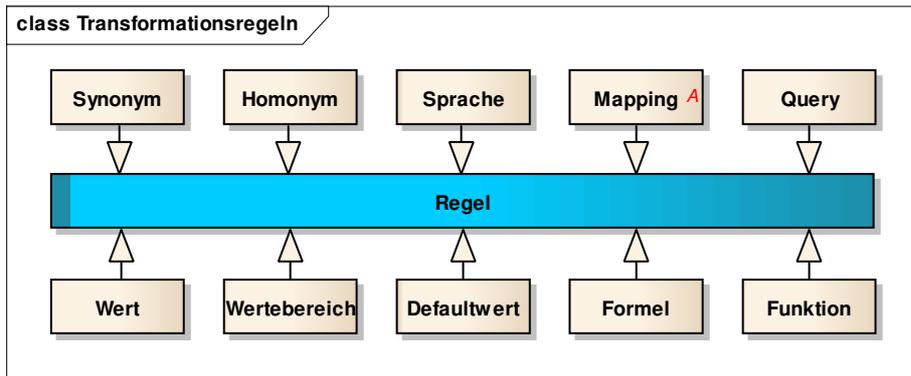
Detection and treatment of conflicts

Conflicts arise when merging data from different sources. The conflict potential was assessed based on actual data and classified into five types

- Model conflicts due to different modeling of the data.
- Key conflicts regarding type and use of primary and foreign keys.
- Spatial data conflicts in the use of spatial references and coordinates.
- Time data conflicts with the way the temporal validity of road objects is stored and how the history is dealt with.
- Domain data conflicts with respect to the use of synonyms, units, ranges of values (domains), different languages etc.

The methods for detection and resolution of conflicts are described for each type.

Semantic rules

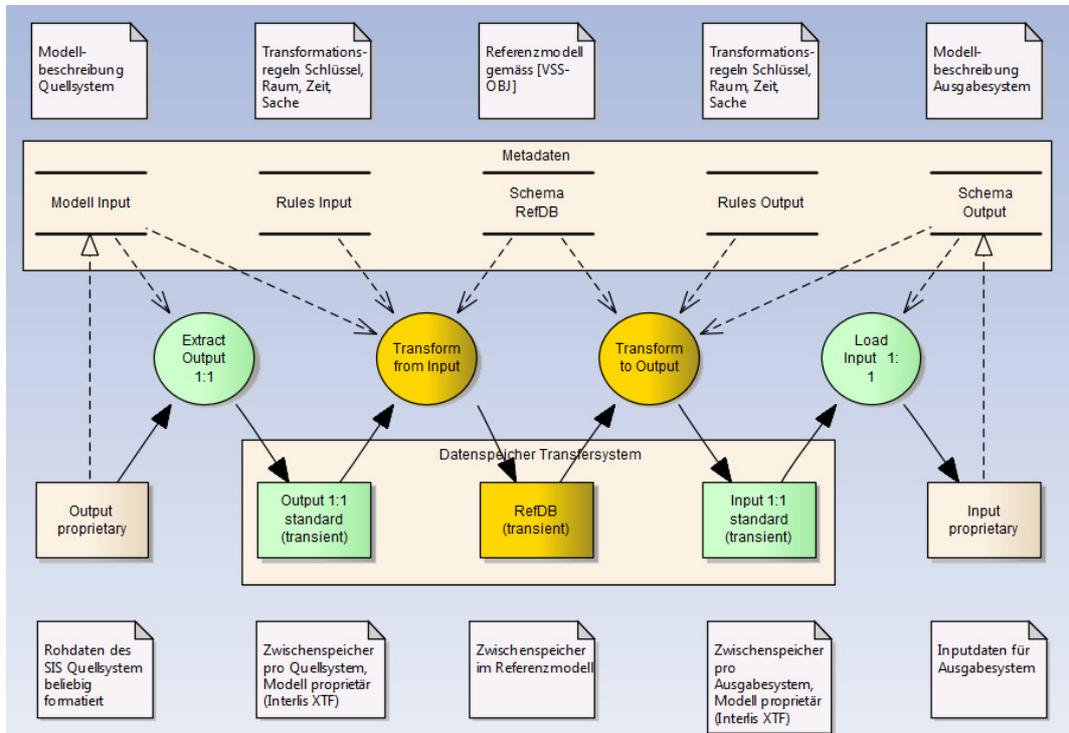


The figure provides an overview of the semantic rules for the resolution of conflicts. Special attention should be given to the "Mapping", which contains the mapping of the source data to the data in the RefDB and to "Funktion", including but not limited to the transformation functions for spatial transformations from the parallel project VSS 2011/713.

Conceptual model

As shown in the data flow diagram below, the transfer of all source data goes via the central reference database RefDB. The RefDB is based on a standardized model for all road data. Basis is the model defined in the research project VSS 2001/701 "Object-oriented modeling of road information".

Data flow diagram



The data flows from the source systems on the left hand side to the output systems on the right hand side of the figure. The transfer is done in three steps. First, a simple copy of the data is supplied into the so called 1:1-database. Then, the data is transformed according to the rules for conflict resolution and stored in the reference database RefDB. Finally the data is transferred into the database of the desired output systems.

Prototype

For our prototype axis data, inventory object data and traffic accident data from MISTRA, axis data and specialized network data from Logo canton of Berne, data from the traffic model VM-CH from ARE, TMC Location Codes and construction site data from ViaSuisse have been used. As output systems, the Open Source QGIS for cartographic and Excel for statistical analysis and presentation were used.

Conclusion

In summary, it can be said that the examination of the feasibility of the chosen solution concept was successful. The data could be transformed with a good performance, combined and passed to output systems. However, the combined automation of data with a high hit rate is only possible with good quality of data. For example, if the axis geometry of two systems differs strongly, in many cases automatisms will fail to identify the correct relations. There are also conflicts that cannot be resolved completely, e.g. synonyms, if a generic term must be mapped to several subcategories of this term.

Perspective

In order to create a better environment for the combined analysis of data from different sources, various measures are conceivable, such as:

- The publication of the class model of the reference database RefDB,
- Recommendations for dealing with key, spatial and temporal data,
- The definition of interfaces between source systems and the reference database,
- The provision of axis geometries to all parties, e.g. from TLM swisstopo.

1 Einleitung

1.1 Zweck des Dokuments

Dieses Dokument beschreibt die Ergebnisse des Forschungsprojekts. Diese sind:

- Die Ausgangslage im Umfeld der verschiedenen Stellen, welche für ihre Arbeit Strassendaten verwenden und erzeugen.
- Die Zielsetzungen des Projekts aus Benutzer- und Systemsicht
- Die Erkenntnisse aus der Analyse von Grundlagendokumenten: Normen, Forschungsberichte, Fachliteratur.
- Die Regeln für die Zusammenführung und Aufbereitung von Daten
- Die konzeptuellen Modelle für den Transferprozess
- Eine mögliche Systemarchitektur für das Auswertungssystem SIS-DWH
- Der Aufbau und die Erfahrungen aus dem Prototyp.
- Allgemeine Erkenntnisse, welche im Umfeld von Interesse sein können.
- Grundlagen für Normenbausteine

1.2 Struktur des Berichts

Die Struktur des Berichts richtet sich nach den Projektphasen.

Phase 1 – Situationsanalyse und Zielsetzungen

Die Situationsanalyse und Zielsetzungen werden in Kapitel 2 beschrieben.

Die Phase 1 wurde ergänzt mit einem umfassenden Studium von Grundlagen in Kapitel 3. Dabei werden die für das vorliegende Projekt relevanten Erkenntnisse aus der Lektüre von 14 Grundlagendokumenten zusammengestellt. Für jedes dieser Dokumente wurde eine Zusammenfassung erstellt. Diese sind im Anhang I enthalten.

Kapitel 4 befasst sich mit dem Konfliktpotenzial, welches bei der Zusammenführung von Daten besteht. Die Analyse wurde in 5 Teilbereiche "Modell", "Schlüssel", "Raum", "Zeit" und "Sachdaten" gegliedert. Für jeden dieser Teilbereiche wird beschrieben, welche potenziellen Konflikte vorhanden sind, wie diese erkannt und gelöst werden können.

Phase 2 – Semantische Regeln

Die semantischen Regeln für die Einlieferung der Daten werden in Kapitel 5 beschrieben.

Phase 3 – Konzeptuelle Modellierung

Kapitel 7 befasst sich mit den Klassenmodellen. Dabei werden die Klassenmodelle entlang des Daten-Transitions-Pfades mit Hilfe der UML-Notation beschrieben. Als Grundlage dienten uns dabei die uns zur Verfügung gestellten Grundlagedaten aus einer breiten Auswahl an Fachbereichen.

Kapitel 5 gibt einen Überblick über die Architektur des Auswertungssystems in Form eines UML-Datenflussdiagrammes und einer Beschreibung der einzelnen Systemkomponenten und Transitionen.

Phase 5 - Prototyp

Der Aufbau des Prototyps sowie die dabei verwendeten Technologien und Hilfsmittel werden in Kapitel 8 dokumentiert.

Normenbausteine

In Kap. 9 werden mögliche Bausteine für eine eventuell zu erstellende Norm aufgeführt.

1.3 Begriffe und Abkürzungen

Siehe separater Anhang am Schluss des Berichts.

1.4 Verwendete Notationen

Die in diesem Hauptbericht verwendeten Notationen basieren auf UML 2.4.1. Sie werden nachfolgend kurz erläutert.

1.4.1 Klassenmodell

Ein Klassenmodell ist eine Form eines strukturellen Modelles.

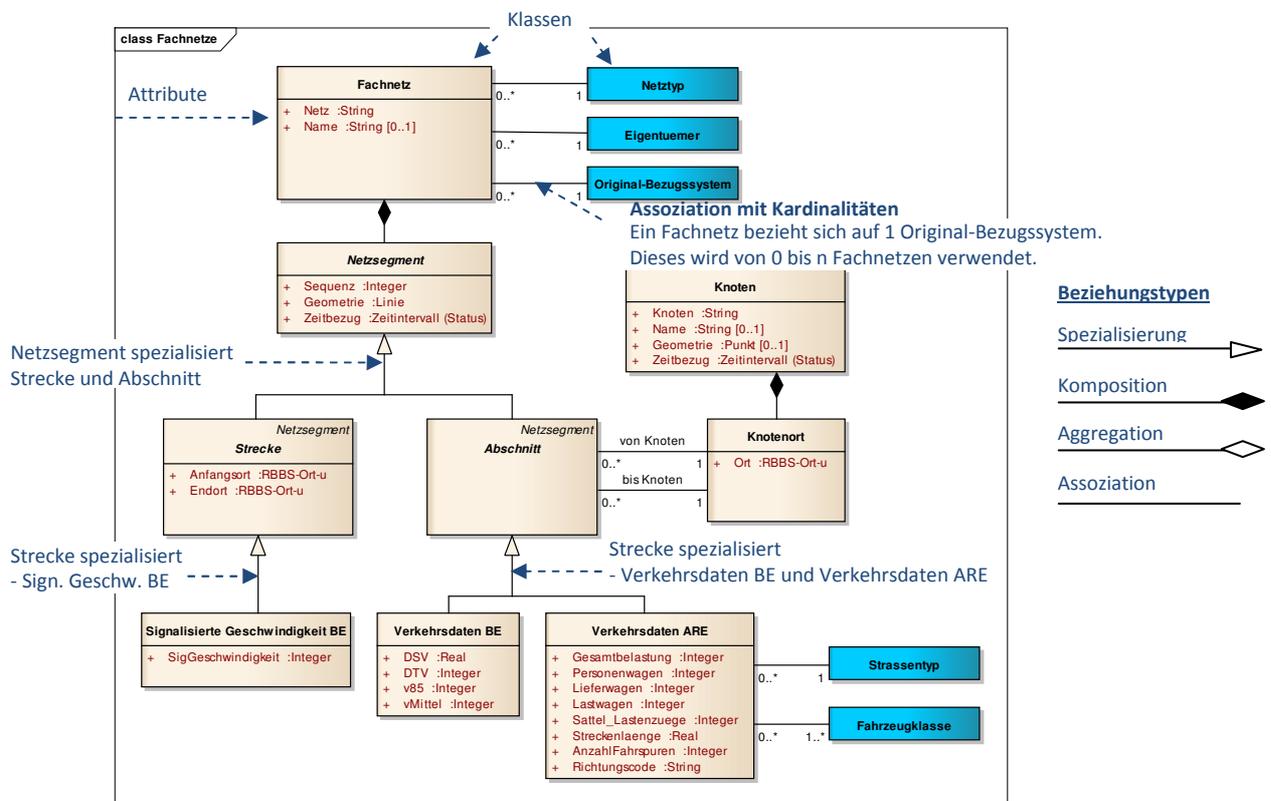


Abbildung 1: Beispiel eines Klassendiagrammes am Beispiel der Fachnetze¹

Die Klassen werden als Rechtecke dargestellt mit, von oben nach unten, Name der Klasse (z.B. Fachnetz), Attribute der Klasse und (hier nicht dargestellt) den Methoden, welche an dieser Klasse ausgeübt werden können. Die Farben in der Abbildung dienen der besseren Übersicht, hell die Klassen aus dem Bereich Fachnetz, dunkel die Kataloge.

Eine Klasse ist abstrakt oder generell (hier Netzsegment), wenn sie in Unterklassen spezialisiert wird. Die Merkmale und Operationen der abstrakten Klassen werden an die spezialisierten Klassen vererbt.

UML kennt die Beziehungstypen:

¹ Die Abbildung zeigt die im Prototyp verwendeten Fachnetze. Weitere können analog hinzugefügt werden.

- Spezialisierung einer höheren, generellen Klasse
- Komposition, bei der Teile nicht ohne das Ganze existieren können, z.B. ist ein Netzsegment fixer Bestandteil eines Fachnetzes
- Aggregation, bei der Teile ohne das Ganze existieren können.
- Assoziation als Beziehung zwischen unabhängigen Klassen, z.B. zwischen Abschnitt und Knotenort.

1.4.2 Anwendungsfalldiagramm (Engl. UseCase Diagram)

Ein Anwendungsfalldiagramm ist eine Form eines Verhaltensmodelles.

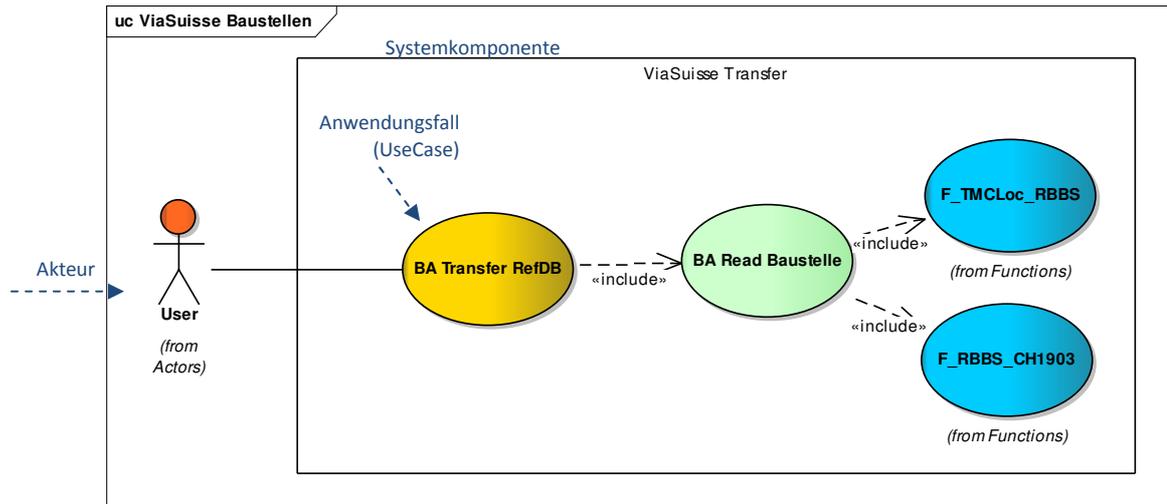


Abbildung 2: Beispiel eines Anwendungsfalldiagrammes

Das Verhalten einer Systemkomponente wird durch Anwendungsfälle (englisch Use-Cases) beschrieben. Die Anwendungsfälle haben einen Namen und (im Diagramm nicht ersichtlich) eine Beschreibung der Funktionsweise mit Vorbedingungen, Ablauf und Nachbedingungen. Die in der Abbildung links die UseCases, welche ein Anwender (Akteur / User) startet, in der Mitte ein Bestandteil des UseCases links, welcher speziell vertieft beschrieben ist, rechts verwendete Funktionen einer Funktionsbibliothek.

2 Situationsanalyse und Zielsetzung

2.1 Ausgangslage ²

2.1.1 Bezug zum Forschungspaket

Die folgende Abbildung wurde dem Pflichtenheft entnommen:

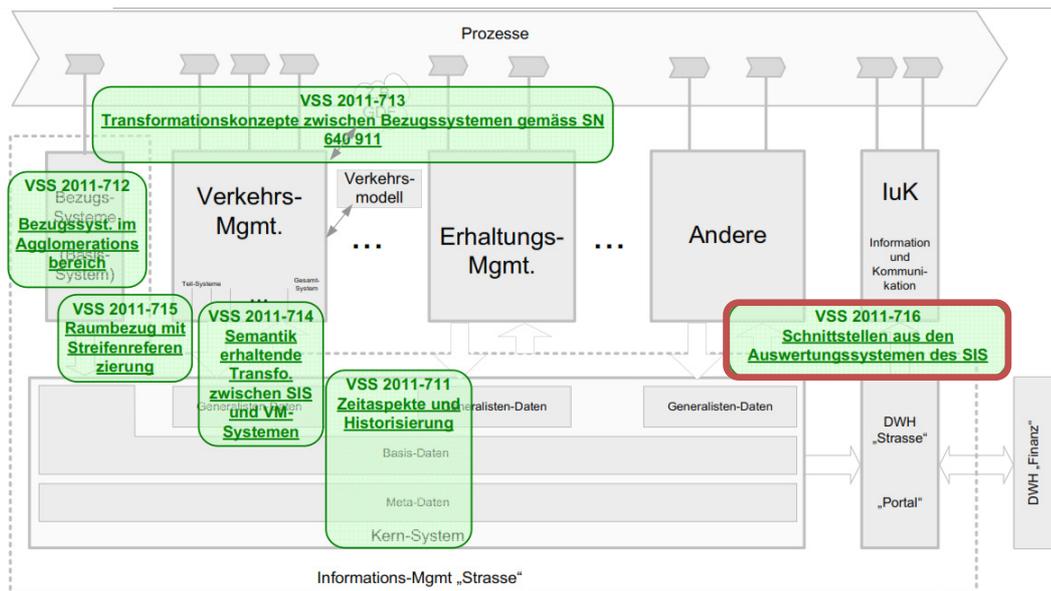


Abbildung 3: Bezug zum Forschungspaket

Das aktuelle Forschungsprojekt ist in der Abbildung dick eingerahmt. Es ist fokussiert auf die Übergabe von Strassendaten an Informations- und Kommunikationssysteme zur Präsentation von Strassendaten für Politik, Behörden und Öffentlichkeit, also nicht nur für die Verwendung durch Strassenfachleute. Aufgrund der Tatsache, dass Strassendaten heute in sehr heterogenen Systemen vorliegen, muss dem Aspekt der Integration trotz der Heterogenität besonders Rechnung getragen werden.

2.1.2 Gegenstand

Aus dem Pflichtenheft "R20110830_Pflichtenheft_2011-716" :

Die Anwender fordern flexible Auswertungen aus dem Strasseninformationssystem respektive dem "DWH Strasse" (SIS/DWH), da regelmässig mit unterschiedlichen, und sich weiter entwickelnden Produkten (Report, Achsband oder Karte) neue Fragestellungen beantwortet werden müssen.

Damit der notwendige Aufwand für die Erstellung und Wartung der Schnittstellen im Rahmen gehalten werden kann ist der Zugriff auf das Auswertungssystem des SIS/DWH zu standardisieren. Damit bleiben die Anzahl der Schnittstellen überschaubar.

Das Auswertungssystem muss hohen Performanzanforderungen genügen, um die Akzeptanz bei den Endanwendern sicherzustellen. Die auf den Schnittstellen zur Verfügung gestellten Daten müssen vorgängig verarbeitet, geprüft und freigegeben werden. Dabei

² Aus Pflichtenheft "R20110830_Pflichtenheft_2011-716"

sind die drei Dimensionen Raum, Zeit und Sache so aufzubereiten, dass ein optimierter Datenzugriff möglich ist: zum Beispiel kann die Lokalisierung eines Objekts sowohl linear als auch planar zur Verfügung gestellt werden oder es können bereits berechnete Grössen wie die Fläche oder das Alter auf der Schnittstelle angeboten werden.

Das folgende Beispiel stellt eine Auswertung von Strassendaten in einer Karte und im Achsband dar. In der Karte wird ein Abschnitt mit einem kritischen Zustandswert identifiziert der dann im Achsband genauer analysiert wird. Dabei werden im Achsband die Einzelunfälle klassiert nach Fahrbahnzustand (trocken, feucht, nass) sowie die Querneigungen eingeblendet. Damit solche Auswertungen effizient von den Anwendern des SIS erstellt werden können, sind die Daten über einheitliche Schnittstellen der Karten- und der Achsbandanwendung zur Verfügung zu stellen.

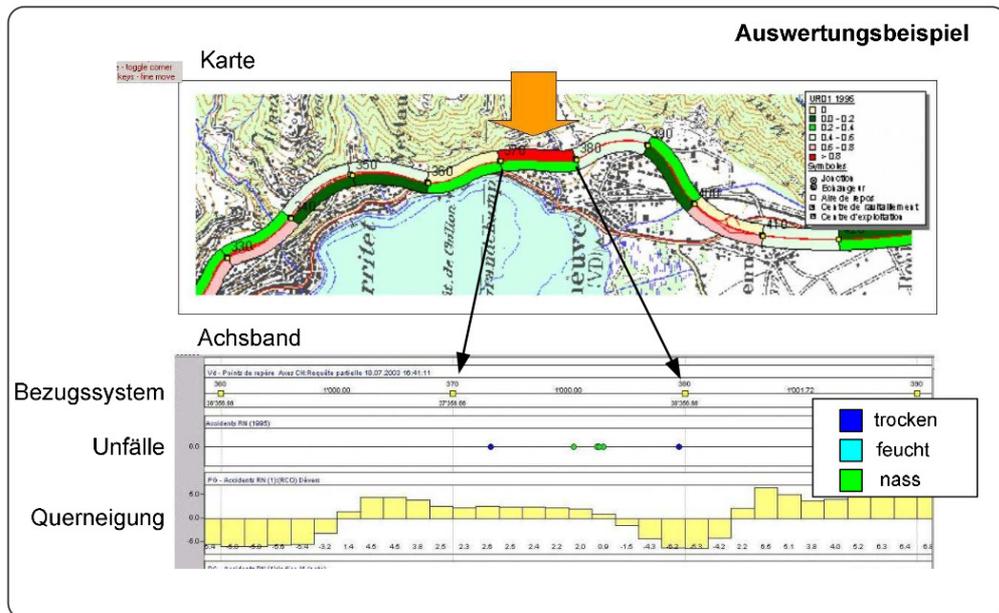


Abbildung 4: Beispiel einer kombinierten Darstellung im Achsband

2.1.3 Umfeld

Aus dem Pflichtenheft "R20110830_Pflichtenheft_2011-716":

Das Umfeld der Schnittstellen aus den Auswertungssystemen des SIS kann mit den folgenden Stichworten beschrieben werden:

- MISTRA-Kernsystem
- DWH ASTRA
- VM-CH Auswertungs- und Publikationsrichtlinien und Systeme
- Kantonale Systeme, die sich mit Auswertungen von Daten aus dem SIS befassen

2.1.4 Stand der Forschung

Aus dem Pflichtenheft "R20110830_Pflichtenheft_2011-716":

An der Fragestellung wird weltweit geforscht. Bekannt sind vor allem die Aktivitäten in der Schweiz z.B.:

- Forschung VSS: Objektmodellierung (VSS 2001/701)
- Forschung Konzeptionelle Schnittstellen (VSS 1999/249)
- Forschung MDA-Trafo (2009/901) und MDA in SVT (2007/903)

Der Stand der Forschung ist im Rahmen des Einzelprojekts weiter aufzubereiten und darzustellen.

2.1.5 Präzisierung

Die Bezeichnung des Forschungsprojekts führt durch die Wortwahl gelegentlich zu Missverständnissen. Mit Auswertungssystem ist eine Datendrehscheibe gemeint, welche Strassendaten aus verschiedenen Strassendatenbanken importiert, kombiniert³ und für die Ausgabe in verschiedene Ausgabesysteme aufbereitet.

Damit keine weiteren Missverständnisse vorkommen, verwenden wir in der Folge die Begriffe gemäss der folgenden Grafik:

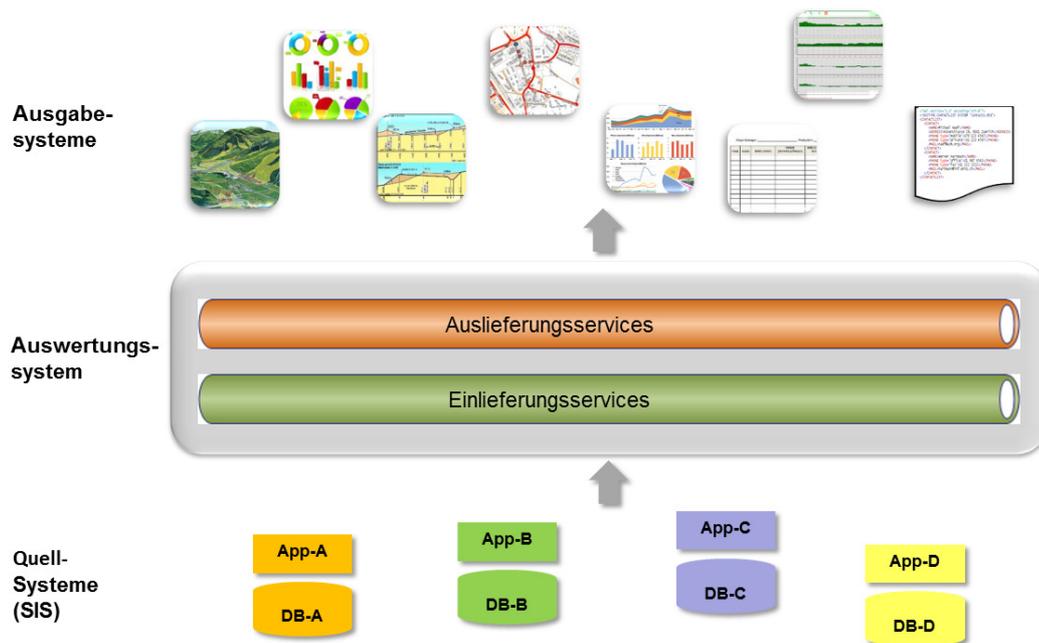


Abbildung 5: Konzeptuelle Architektur

Die Quellsysteme sind verschiedene Datenbanken, welche Strassendaten enthalten. Dabei ist es nicht notwendig, dass diese nach einheitlichen Normen und Richtlinien aufgebaut sind. Es ist gerade die Intention dieses Projekts Daten sehr unterschiedlicher Provenienz möglichst gut zusammenzuführen⁴.

Das Auswertungssystem besteht aus neu zu entwickelnden Programmen, welche Daten importieren, transformieren und zu Händen von Ausgabesystemen exportieren. Es bildet den Kern des vorliegenden Forschungsprojekts.

Ausgabesysteme sind verschiedene auf dem Markt erhältliche Programme, welche Daten entgegennehmen, auswerten und darstellen. Im Umfeld von Strassendaten können dies geografische Informationssysteme (GIS) sein, Achsbandprogramme zur linearen Abbildung von Sachverhalten auf der abgewickelten Achse (ähnlich Längsprofil), Quer-/Längsprofil Programme, Statistikpakete für tabellarische Auswertungen und Auswertungen in Form von Diagrammen (BI-Tools). Auch die Bereitstellung der Daten über Web Services als WMS und WFS sowie als Transferdatei im XML-, Interlis- oder GML-Format

³ Kombination bedeutet hier, dass Daten aus verschiedenen Quellsystemen zusammengezogen und in Bezug zu einem einheitlichem räumlichen Bezugssystem gebracht werden.

⁴ Der Prototyp wurde u.a. mit Achsdaten MISTRA, Fachnetzen aus LOGO Kanton Bern, Verkehrsmodelldaten ARE und Verkehrsmeldungen ViaSuisse erstellt.

sind Formen der Ausgabe. Eine weitere Form sind Data Marts, welche für Auswertungen und Ausgaben optimierte Strukturen aufweisen.

2.2 Ziele des Projekts

2.2.1 Übergeordnetes Ziel

Hauptziel des Projektes ist es aufzuzeigen, wie Daten von verschiedenen Strasseninformationssystemen an verschiedene Ausgabesystemen übergeben werden können, um so kombinierte Auswertungen⁵ durchführen zu können und damit einen Mehrwert aus den Daten der Quellsysteme zu gewinnen.

2.2.2 Systemziele

Aus dem Pflichtenheft "R20110830_Pflichtenheft_2011-716":

Primäres Systemziel sind die Regeln für den Aufbau und den Betrieb der Schnittstellen aus den Auswertungssystemen des SIS/DWH sowie der semantische und konzeptionelle Entwurf der Schnittstellen und Dienste aus dem Auswertungssystem des SIS/DWH. Dazu ist die transparente Darstellung der Abhängigkeiten pro Ergebnis-Typ bis zur Schnittstelle/Dienst in Ketten zu erarbeiten.

Sekundäres Systemziel sind die Regeln für die Übergabe der Daten aus dem Kern-System in das DWH-Strasse (ETL Prozess).

2.2.3 Vorgehensziele

Aus dem Pflichtenheft "R20110830_Pflichtenheft_2011-716":

Die im Einzelprojekt definierten Anforderungen werden als Grundlagen für die Einzelprojekte "Zeitaspekte und Historisierung" sowie "Bedingungen für die Semantik erhaltenden Transformationen ..." verwendet. Weiterhin sollen einige Resultate aus diesem Projekt in aktuelle Vorhaben von MISTRA einfließen.

Das Vorgehen zur Erarbeitung der Ergebnisse umfasst sowohl die Analyse der zu lösenden Aufgaben als auch die Synthese von Lösungsansätzen zum erforderlichen Regelwerk und zum konzeptionellen Entwurf der Schnittstellen.

2.2.4 Erwarteter Nutzen

Aus dem Pflichtenheft "R20110830_Pflichtenheft_2011-716":

Welcher Nutzen wird für die Anwender erzeugt?

Dem Anwender und seinen Werkzeugen (Fachsysteme) stehen fachlich korrekte sowie räumlich und zeitlich konsistente Schnittstellen zur Verfügung. Sein Aufwand zur Nutzung

der aufbereiteten Daten aus dem SIS wird wesentlich minimiert. Für den Aufbau und den Betrieb des Auswertungssystems stehen klare Regeln zur Verfügung, die den Anforderungen der Anwender genügen (Robustheit, Performanz, Flexibilität).

Welche Fachprozesse profitieren von der Forschung?

Die folgenden Fachprozesse werden durch die Ergebnisse des Einzelprojekts unterstützt:

⁵ Die kombinierten Auswertungen finden in den Ausgabesystemen statt. Das Auswertungssystem liefert dazu die homogene Datenbasis.

Erhaltungsmanagement Strasse und Kunstbauten, Verkehrsmonitoring, Verkehrsunfallwesen, Baustellenmanagement, Verkehrslenkung, -Leitung und Steuerung sowie Verkehrsinformation, Schwerverkehrsmanagement.

Welche Projekte können unmittelbar die Resultate nutzen?

Die folgenden Projekte können die Ergebnisse des Einzelprojekts unmittelbar nutzen:

- Schnittstellen MISTRA-Fachapplikationen*
- Schnittstellen ASTRA-DWH*
- Schnittstelle MISTRA – VM-CH*
- Kantonale Projekte im Bereich Informationsmanagement Strasse*

2.3 Projektanstoss

Der Projektanstoss kommt aus der Praxis. Die heutige Landschaft der Informationssysteme für Strassendaten ist heterogen und es ist schwierig Daten aus verschiedenen Systemen unterschiedlicher Herkunft zusammenzuführen, kombiniert auszuwerten und darzustellen. Es ist nicht zu erwarten, dieses Umfeld der Strassendaten lasse sich zu einer homogenen Datenbasis vereinen. Ebenso wenig ist anzunehmen, die am Markt erhältlichen Ausgabesysteme würden die Anforderungen des Strassenwesens mit all ihren Eigenheiten vollumfänglich berücksichtigen.

Diese Erkenntnis wurde 2009 von den Fach- und Expertenkommissionen des VSS, insbesondere die EK 7.03 und die EK 9.04, aufgegriffen. Zusammen mit anderen Anliegen wurde das Initialprojekt "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS" VSS 2009/709 durchgeführt. Dies führte zur Freigabe der Teilprojekte

- Zeitaspekte und Historisierung (VSS 2011/711)
- Transformationskonzepte zwischen Bezugssystemen (VSS 2011/713)
- Schnittstellen aus den Auswertungssystemen des SIS (VSS 2011/716)

3 Grundlagendokumente

Bestandteil der Situationsanalyse ist auch eine Dokumentenanalyse, welche der Übersicht halber separat in diesem Kapitel und in Anhang I dokumentiert ist.

Beim Studium der Grundlagen ging es u.a. auch darum die Relevanz für das Projekt zu ermitteln. Dabei haben wir unterschieden nach der Relevanz für die Dateneinlieferung, bei der es darum geht Daten aus verschiedenen Quellen zusammen zu bringen sowie nach der Relevanz für die Datenauslieferung, bei der wir vor allem Modellierungsaspekte für die Bereitstellung und Ausgabe beurteilt haben. Die Ergebnisse haben wir im nachfolgenden Portfolio-Diagramm veranschaulicht:

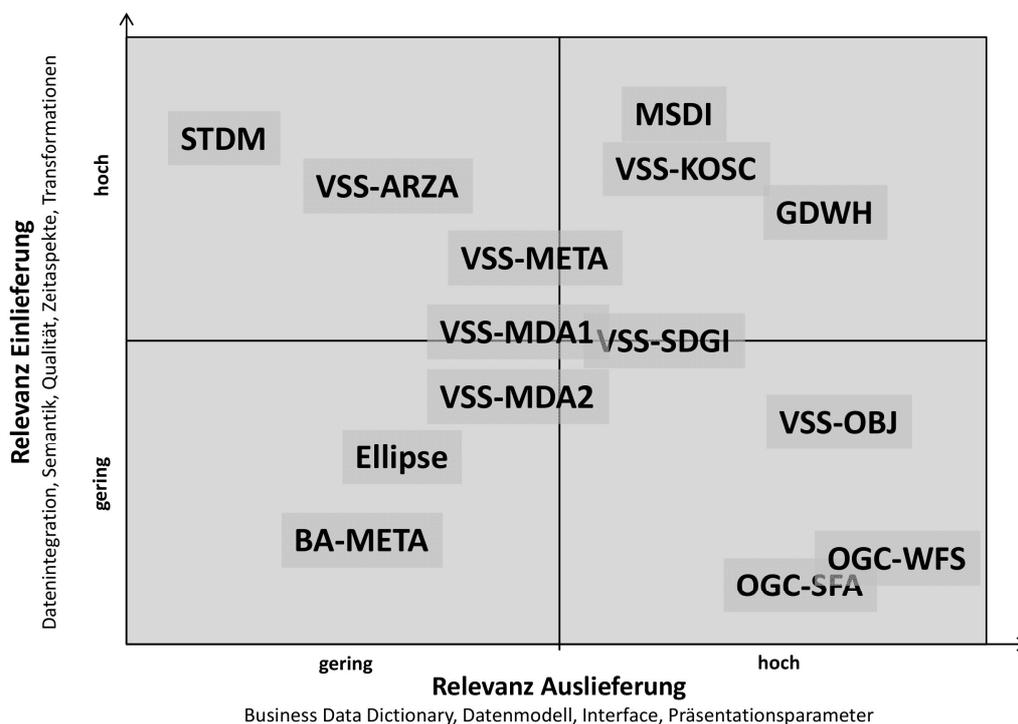


Abbildung 6: Relevanz der Grundlagendokumente

Die wichtigsten Dokumente werden nachfolgend kurz zusammengefasst:

GDWH steht für "Geodatawarehouse" und ist ein Projekt der swisstopo, bei dem es darum geht Geodatensätze verschiedener Bundesämter in ein Geodatenhaltungssystem (Warehouse) zusammen zu ziehen, nachhaltig verfügbar zu halten und am Ende des Lebenszyklus zu archivieren. Zeitstände der Daten werden als Snapshots gespeichert. Wichtige Komponente ist das zentrale Data Dictionary für die Verknüpfung der Daten. Die Daten im GDWH werden persistent in einem neutralen Datenformat gehalten und liegen somit redundant zur Haltung in den Quellsystemen vor. Dieses Projekt weist diverse Ähnlichkeiten mit unserem Projekt auf. Unterschiede bestehen in der Datenhaltung indem wir Daten in einer zentralen Referenzdatenbank transient speichern. Ferner stellt das Auswertungssystem Daten zu Händen von typisierten Ausgabesystemen bereit.

MSDI steht für "Entwicklung einer Methode zur Integration von Stammdaten" und wurde als Projekt von der HSG St. Gallen durchgeführt. Autor ist Alexander Schmidt unter der Leitung von Prof. Dr. Hubert Österle. Die Ergebnisse sind u.a. in verschiedenen Projekten der SBB von Bedeutung. Der Bericht dokumentiert eine Methode zur Integration von Stammdaten in grossen Unternehmungen. Stammdaten sind Daten, welche in einer Unternehmung breit eingesetzt werden. Aus der Sicht MISTRA entsprechen sie zu einem Teil den Basisdaten. Die Methode zur Stammdatenintegration ist anwendbar auf histo-

risch gewachsene, in mehreren Applikationen und Datenbanken verteilte und z.T. redundante Datenbestände. Ziel ist es Redundanzen insbesondere im Datenpflegeprozess zu beseitigen und eine "single version of truth" zu erreichen. Bei der Beschreibung der Heterogenität wird unterschieden nach technischen, syntaktischen, modellierten, strukturellen, schematischen Unterschieden. Die Systematik dieser Unterscheidung diente in unserem Projekt als Basis für die Konfliktanalyse in Kapitel 4. Das Projekt MSDI umfasst auch verschiedene Varianten der Integrationsarchitektur. Für unser Projekt ist vor allem die sog. "Registry"-Variante, bei welcher die Datenpflege weiterhin dezentral erfolgt und das zentrale System "nur" eine Beschreibung der Daten enthält, von Interesse.

VSS-KOSC beinhaltet den Schlussbericht zum Forschungsprojekt 1999/249 "Konzeptionelle Schnittstellen zwischen Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-Datenbanken⁶". Dieses Projekt wurde im Oktober 2012 abgeschlossen, ist zeitgleich mit MISTRA entstanden, deshalb auch die thematische Nähe der Systemarchitektur zu MISTRA. Der Bericht beschreibt, wie Basisdaten und Fachdaten dezentral verarbeitet und gespeichert werden. Durch die Einhaltung grundlegender Normen und Richtlinien bei der Modellierung von Raum-, Zeit- und Fachdaten ist ein Austausch von Basis- und Generalistendaten gewährleistet. Das Projekt gibt wichtige Anstösse für die Definition von Regeln für Raum-, Zeit- und Fachaspekte primär für die Dateneinlieferung.

VSS-OBJ Das Forschungsprojekt liefert für sämtliche Objekte des SIS, die in aktuellen Normen definiert sind, ein Klassenmodell mit der vollständigen Definition der Eigenschaften in UML und INTERLIS. Diese Modelle können für die Erarbeitung der Schnittstellen aus den Auswertungssystemen weiter entwickelt werden. VSS-OBJ ist die Grundlage für das Klassenmodell der Referenzdatenbank, das in Kapitel 7 beschrieben wird.

OGC-WFS Der OpenGIS Web Feature Service ist eine internationale Norm (ISO 19142). Sie beschreibt wie Daten aus verschiedenen Informationssystemen mit einheitlichen Methoden über Web Services bezogen werden können. Im Gegensatz zum älteren Web Map Service WMS werden Daten nicht als Bilddaten sondern als Objekte (Features) mit Attributen sowie mit Geometrie in vektorieller Form geliefert. Grundsätzlich kann WFS für unser Projekt als gutes Modell für die Datenauslieferung dienen. Nicht abgedeckt sind jedoch Transformationen zwischen verschiedenen Raumbezugskonzepten (linear, planar, topologisch), der Umgang mit Zeitattributen sowie semantische Transformationen von Fachattributen. Damit WFS funktioniert, müssen die Quellsysteme je einen WFS bereitstellen, was im heutigen Umfeld der Strassendaten in der Schweiz noch nicht der Fall ist.

OGC-SFA Der "OpenGIS Standard for Geographic Information – Simple Feature Access" ist eine internationale Norm (ISO 19125). Sie liefert ein Klassenmodell für Geometriedaten mit der Unterscheidung nach den abstrakten Klassen POINT, CURVE, SURFACE, GEOMETRYCOLLECTION und weiteren Spezialisierungen von diesen Grundtypen. Nebst den Datenbeschreibungen sind auch die Operationen für räumliche Abfragen und Analysen Teile der Norm. Interessant ist, dass SFA die Raumbezugskonzepte linear und planar abdeckt. In unser Projekt werden die Geometriedaten nach SFA modelliert mit den Datentypen:

- POINT
- LINESTRING abgeleitet von CURVE
- MULTILINESTRING abgeleitet von GEOMETRYCOLLECTION / MULTICURVE
- POLYGON abgeleitet von SURFACE.

VSS-ARZA Das Forschungsprojekt VSS 1999 / 261 "Architektur und Zeitaspekte des Raumbezugs von SVT-Daten" wurde 2005 publiziert. Schwerpunkt des Projektes sind die Veränderungen von Raumdaten auf der Zeitachse und die Auswirkungen dieser Veränderungen auf Fachdaten, welche Bezüge zu den Raumdaten aufweisen. Als Raumdaten

⁶ Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen EMF, der Kunstbauten EMK, der technischen Anlagen EMT

werden lineare, planare und topologische Daten betrachtet. Das Projekt liefert die konzeptionellen Grundlagen für Transformationen zwischen den verschiedenen Raumbezugskonzepten. Unser Projekt baut im Bereich der räumlichen und zeitlichen Transformationen auf VSS-ARZA auf.

VSS-META Das Forschungsprojekt VSS 2000 / 364 "Gestion de la qualité du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers (METAROUTE)" hatte zum Ziel Grössen für die Ermittlung der Qualität von Strassendaten und insbesondere von linearen und planaren Raumbezugsdaten festzulegen sowie Strukturen für die Verwaltung von Metadaten zu beschreiben. Grundlagen für dieses Projekt war einerseits die internationale Norm ISO 19115 über Metadatenstrukturen, die Spezialisierung für die Schweiz mit dem Metadatenmodell GM03, die VSS-Normen SN 640911 (linearer Raumbezug), SN 640912 (RBBS) und SN 640913 (Achsgemetrien). Unser Projekt baut auf den Ergebnissen dieses Projekts auf in Bezug auf die Qualitätskriterien die Struktur der Metadaten.

VSS-SDGI Das Projekt VSS 1994 / 015 "Schnittstellen zwischen Strassendatenbanken und Geo-Informationssystemen" hat sich bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt, als Strassendaten noch nicht GIS-basiert verwaltet wurden, mit der Anbindung von GIS an SIS beschäftigt. Ein wichtiges Thema war die bidirektionale Transformation von Raumdaten zwischen linearen Bezugssystemen, z.B. RBBS und planaren Bezugssystemen, z.B. LV03. Das Projekt nimmt auch Bezug zu den Normen von OGC und schlägt die Einbindung eines Geodatenservers in die Architektur vor.

VSS-MDA1 und VSS-MDA2 Die Forschungsprojekte VSS 2007 / 902 und VSS 2009 / 901 befassen sich mit dem modellbasierten Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen in der Verkehrstelematik. Auch in diesen Projekten bilden die Raumbezugskonzepte linear / planar / topologisch und Transformationen zwischen diesen Konzepten einen Schwerpunkt. Die Projekte zeigen wie mit dem modellbasierten Vorgehen proprietäre Transferformate auf einige wenige Standardformate reduziert werden können. Die Modellbeschreibungssprache und das Transferformat basieren auf INTERLIS2. Die Ergebnisse und insbesondere das gewählte schrittweise Vorgehen über 1:1-Prozessor Quellsystem / Transformationsprozess / 1:1-Prozessor Zielsystem dienen als Vorbild für unser Projekt. Hinsichtlich der Modellbeschreibungssprache und dem Datentransfer baut unser Projekt jedoch auf den internationalen Standards UML und SQL auf.

STDM Das Buch "Stammdatenmanagement" von K. Hildebrand und B. Otto umfasst Beiträge verschiedener Autoren zum Thema wie Grunddaten einer Unternehmung effizient verwaltet und bewirtschaftet werden können. Vorrangiges Ziel des Stammdatenmanagements ist die Qualität und den Wert der Stammdaten unter Abwägung von Kosten und Nutzen zu maximieren. Von Interesse für die Verwaltung von Strassendaten sind die in verschiedenen Beiträgen beschriebenen Methoden zur Datenqualitätsmessung anhand verschiedener Kriterien sowie die Prozessbeschreibungen für das funktionale Stammdatenmanagements mit den Rollen Stammdatenowner, Informationsprovider und Stammdatenkoordinator.

4 Erkennung und Behandlung von Konflikten

Ein weiterer Bestandteil der Situationsanalyse ist eine Untersuchung, welche Konflikte bei der Zusammenführung von Daten zwischen Systemen verschiedener Herkunft auftreten können. Solche Konflikte müssen erkannt und gelöst werden. In diesem Kapitel wird hierzu ein systematischer Ansatz beschrieben.

Die Identifizierung von möglichen Konflikten und daraus abgeleitet die Formulierung der semantischen Regeln für Transformationen, wurden in fünf Bereiche gegliedert:

Modell	Unterschiedliche Modellierung von Sachverhalten, unterschiedliche Tabellen und Attributnamen, unterschiedliche Datentypen.
Schlüssel	Verwendung von nicht sprechenden Primärschlüsseln (GUIDs), von konzeptionellen sprechenden Schlüsseln sowie die Verknüpfung von Daten durch Verweise von Sekundärdaten auf Primärdaten (Fremdschlüsselbeziehungen).
Raum	Behandlung der verschiedenen Raumbezugskonzepte (planar, linear, topologisch), den verschiedenen Subtypen und Raumdefinitionssystemen sowie der Umgang mit unterschiedlichen Genauigkeiten.
Zeit	Umgang mit verschiedenen Zeittypen (Zustand, Aktivität, Ereignis), Arten von Historisierung (nur aktuelle Daten, Snapshots, Zeitversionen von Objekten) sowie die unterschiedliche Granularität von Zeitdaten (real time, tagesaktuell, Jahresaktuell).
Fach	Verwendung von Synonymen und Homonyme, unterschiedliche Wertebereiche und Skalierungen, verschiedene Einheiten, Sprachen

Tabelle 1: Überblick Konfliktypen

Für jeden dieser Bereiche wird untersucht, welche Konflikte bei der Zusammenführung von Daten auftreten, wie diese erkannt und wie sie aufgelöst werden. Dabei werden systematische Bezeichner für die verschiedenen Bereiche und Konflikte verwendet, nämlich:

- MKi für Modellkonflikte
- SKi für Schlüsseldatenkonflikte
- RKi für Raumdatenkonflikte
- ZKi für Zeitdatenkonflikte
- FKi für Fachdatenkonflikte

Der Buchstabe i ist eine fortlaufende Nummer.

4.1 Modellkonflikte

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
MK1	Unterschiede in der Modellierung eines Sachverhalts	In Quelle A wird eine Achse mit mehreren Tabellen (Achse, Achssegment, Sektor, Achsgeometrie) modelliert. In Quelle B mit einer einzigen Tabelle (Achsen). In Quelle A wird der DTV als Durchschnittswert über alle Wochentage gespeichert, in Quelle B als Zeitreihe Montag bis Sonntag.	Manueller Modellvergleich	Die Referenzdatenbank hat den Lead. Daten der Quellsysteme müssen entsprechend transformiert werden. Informationsverluste können auftreten. Als Mittel zur Auflösung sind Abbildung (Mapping) der Tabellen und Attribute z.B. über eine SQL-Query, kombiniert mit weiteren Queries und Funktionen zur Bestimmung von Attributwerten.
MK2	Unterschiedliche Tabellen- und Attributnamen	Eine Tabelle mit Achsdaten heisst in Quelle A "AX_Achse" in Quelle B "Achsen". Das Attribut Achsnummer heisst in Quelle A "AX_Nummer" in Quelle B "Nr".	Manueller Modellvergleich	Abbildung (Mapping) der Tabellen und Attributnamen z.B. über eine SQL-Query.
MK3	Unterschiedliche Datentypen und Einheiten	In Quelle A wird ein Datum als Texttyp, in Quelle B als Datumstyp gespeichert.	Manueller Modellvergleich	Definition einer Transformationsfunktion auf den Datentyp der Referenzdatenbank.
MK4	Fehlendes Attribut	Ein Quellsystem führt ein bestimmtes Attribut einer Klasse nicht.	Manueller Modellvergleich	Falls das Attribut in der Referenzdatenbank fakultativ ist, kann das Fehlen ignoriert werden. Falls es obligatorisch ist, kann ein Defaultwert zugewiesen werden.
MK5	Zusammengesetzter Wert	Ein Quellsystem hat verschiedene Merkmale zu einem Attributwert zusammengefasst, z.B. den Namen einer Achse bestehend aus Eigentümer, Achsnummer und Achslage.	Manueller Modellvergleich	Formel oder Funktion, welche den Quellwert entsprechend den Attributwerten in der Referenzdatenbank zerlegt.
MK6	Zerlegter Wert	Ein Quellsystem hat einen Attributwert der Referenzdatenbank auf verschiedene Attribute im Quellsystem verteilt, z.B. Eigentümer und Achsnummer.	Manueller Modellvergleich	Formel oder Funktion, welche die Quellwerte zum entsprechenden Attributwert in der Referenzdatenbank zusammensetzt.

Tabelle 2: Modellkonflikte

4.2 Schlüsseldatenkonflikte

Bez	Erläuterung	Beispiele	Erkennung	Auflösung
SK1	Gleicher Primärschlüssel für verschiedene Objekte. Dieser Konflikt kommt häufig bei sprechenden und ganzzahligen Schlüsseln vor. Bei GUIDs kann der Konflikt nicht vorkommen.	Verschiedene Kantone verwenden die offizielle Strassennummer als Primärschlüssel, z.B. "12". Die Quelldaten werden mit einem ganzzahligen Primärschlüssel, beginnend bei 1 versehen.	Die Primärschlüsselfelder sind bekannt. Ebenfalls bekannt sind weitere Felder, welche identifizierende Inhalte enthalten, z.B. Name, Adresse oder bei Geodaten die Lage. Die Erkennung erfolgt algorithmisch durch einen gezielten Vergleich der identifizierenden Felder bei Objekten mit identischem Primärschlüssel. Bei einem Vergleich der Lage muss eine festzulegende Lagetoleranz berücksichtigt werden. Ergibt der Vergleich keine Übereinstimmung liegt ein Konflikt vor.	Die Datensätze beider Quellen werden mit einem neuen Primärschlüssel als GUID versehen. Der alte Primärschlüssel wird als einfaches Attribut weiter geführt. Verweise von Sekundärdaten werden vom alten auf den neuen Primärschlüssel umgehängt.
SK2	Ungleiche Primärschlüssel für ein- und dasselbe Objekt.	Eine Strasse wird in Quelle A mit "A1" identifiziert, in Quelle B mit "N1". Eine interkantonale Brücke hat in Quelle A den ganzzahligen Schlüssel 81, in Quelle B den Schlüssel "B25".	Die Primärschlüsselfelder sind bekannt. Ebenfalls bekannt sind weitere Felder, welche identifizierende Inhalte enthalten, z.B. Name, Adresse oder bei Geodaten die Lage. Die Erkennung erfolgt algorithmisch durch einen gezielten Vergleich von Objekten mit gleichen identifizierenden Feldern, welche nicht Primärschlüssel sind. Bei einem Vergleich der Lage muss eine festzulegende Lagetoleranz berücksichtigt werden. Ergibt der Vergleich eine Übereinstimmung liegt ein Konflikt (Datenredundanz) vor.	Da eine Datenredundanz vorliegt, müssen betroffene Objekte entweder aus Quelle A oder B entfernt werden. Die Triage erfolgt über eine Priorisierung der Datenquellen.
SK3	Sekundärdaten verlieren den Bezug zu den Primärdaten	Strassenachsen werden von Quelle A bezogen, DTV-Werte als Fachnetz von Quelle B. Die DTV-Werte verweisen auf Achsen aus Quelle B. Diese Verweise gehen durch den Zusammenschluss und die nicht-Verwendung der Achsen aus Quelle B verloren.	Es sind alle Sekundärdatensätze aus Quelle B betroffen. Demzufolge braucht es keinen Erkennungsalgorithmus.	In einem ersten Schritt müssen die Achsen von Quelle B den Achsen von Quelle A zugeordnet werden. Dies erfolgt über sog. Transformationsstrecken ⁷ , das sind Achsabschnitte deren Anfangs- und Endort auf beiden Achsen bekannt sind ⁸ . Auf dieser Basis müssen in einem zweiten Schritt die Fremdschlüssel der Sekundärdaten durch die Primärschlüssel von Quelle A ersetzt werden. Bei Objekten mit streckenförmiger

⁷ Vgl. VSS-Norm SN 640 911-1 "Bezugskonzepte, Übersicht"

⁸ Bsp: Achse X aus Quelle A von 0 bis 375 m entspricht Achse Y aus Quelle B von 1630 bis 2003 m. Siehe auch Kapitel 6.4.

Bez	Erläuterung	Beispiele	Erkennung	Auflösung
		Konkret Fachnetze aus Logo Kanton Bern Quelle B sollen auf Achsen MISTRA Quelle A abgebildet werden.		Geometrie aus Quelle B, die sich über mehrere Achssegmente aus Quelle A erstrecken, muss dieses Objekt in mehrere Objekte aufgeteilt werden.

Tabelle 3: Schlüsselkonflikte

4.3 Raumdatenkonflikte

4.3.1 Unterschiedliche Definition der Bezugssysteme

Es werden die Konflikte bei unterschiedlichen Definitionen der Bezugssysteme betrachtet. Die Auflösung dieser Konflikte ist Voraussetzung damit Daten aus einem Quellsystem in die Referenzdatenbank überführt werden können.

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
RK1	Unterschiedliche lineare Bezugssysteme: Die linearen Bezugssysteme im Quellsystem und in der Referenzdatenbank sind unterschiedlich definiert	Die Achsen des Quellsystems besitzen eine andere Orientierung als die Achsen in der Referenzdatenbank. Die Achsen des Quellsystems besitzen eine andere Metrik als die Achsen in der Referenzdatenbank d.h. unterschiedliche Achslängen.	Kartographische Überlagerung der linearen Bezugssysteme aus Quellsystem und Referenzdatenbank.	Definieren der Transformationsstrecken zwischen dem linearen Bezugssystem des Quellsystems und dem linearen Bezugssystem in der Referenzdatenbank. "Umrechnen" des linearen Bezugs der Objekte aus dem Quellsystem bei der Transformation in die Referenzdatenbank.
RK2	Unterschiedliche planare Bezugssysteme: Die planaren Bezugssysteme im Quellsystem und in der Referenzdatenbank sind unterschiedlich definiert	Das planare Koordinatensystem des Quellsystems und dasjenige der Referenzdatenbank stützen sich auf unterschiedliche Projektionen ab (z.B. LV03, LV95, WGS84).	Unterschiedliche Wertebereiche der XY-Koordinaten.	Definieren der Transformationsregeln zur Umrechnung der Koordinaten der Fachobjekte.
RK3	Unterschiedliche topologische Bezugssysteme: Die topologischen Bezugssysteme im Quellsystem und in der Referenzdatenbank sind unterschiedlich definiert	Das Verkehrsmanagement definiert für die Positionierung der Verkehrsinformationen eine auf Ihre Bedürfnisse abgestimmte Topologie des Strassennetzes. Im SIS wird eine Topologie für ein detailliertes Routing definiert. Die Granularität der Knoten und Abschnitte in beiden Topologien sind grundsätzlich unterschiedlich.	Fehlende Knoten und Abschnitte im Quellsystem.	Mapping der Knoten und Abschnitte des Quellsystems auf die Knoten und Abschnitte in der Referenzdatenbank.
RK4 ⁹	Unterschiedliche Geometrien: Die Basisgeometrien im Quellsystem und in der	Die Geometrien für die Darstellung der Verkehrslage im Verkehrsmanagement sind	Kartographische Überlagerung der Geometrien.	Definieren der Transformationsstrecken zwischen den Geometrien der beiden Quellsysteme. "Berechnen" der Objektgeometrien bei der Transformation in die

⁹ Dieser Konflikt entsteht, wenn unterschiedliche Geometrien aus verschiedenen, unabhängigen Informationssystemen verwendet werden. MISTRA kennt auch die Möglichkeit intern mit verschiedenen Geometrien zu arbeiten, typischerweise die möglichst genaue sog. Bezugsgeometrie und weitere sog. Darstellungsgeometrien je nach Verwendungszweck für Übersichtskarten, schematische Darstellungen usw. Für diesen Fall werden die Achsgeometrien in MISTRA kalibriert (s. SN 640'913), der Konflikt RK4 entsteht nicht.

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
	Referenzdatenbank sind unterschiedlich definiert	abstrahierter als diejenigen des SIS für die Darstellung der Unfälle.		Referenzdatenbank.

Tabelle 4: Raumkonflikte unterschiedliche Definition der Bezugssysteme

4.3.2 Unterschiedliche Lokalisierung / Positionierung

Es werden die Konflikte bei der Verwendung verschiedener Raumbezugskonzepte betrachtet. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Daten im Quellsystem linear, planar oder topologisch lokalisiert resp. positioniert sind.

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
RK5	Daten werden im Quellsystem planar mit kartesischen Koordinaten referenziert. Die Referenzdatenbank fordert eine lineare Referenzierung auf einen Sektor	Die Lokalisierung der Unfälle erfolgt durch die Polizei mit der Angabe der Landeskoordinaten. Die Referenzdatenbank benötigt lineare Bezüge mit Bezugsdistanz zum letzten Sektor und dem seitlichem Abstand zur Achse.	Die Attribute des Raumbezugs im Quellsystem sind inkompatibel mit den Anforderungen der Referenzdatenbank. Dies wird beim Erstellen der Raum-Transformationsregeln festgestellt.	Sicherstellen, dass in der RefDB eine horizontale Basisgeometrie vorhanden ist. Herstellen der Beziehung zwischen dem planaren Bezugssystem und dem linearen Bezugssystem der Referenzdatenbank: Definieren der Transformationsstrecken, Berechnen des linearen Bezugs der Objekte beim Transfer in die RefDB.
RK6	Daten werden im Quellsystem topologisch auf Kanten positioniert. Die Referenzdatenbank fordert eine lineare Referenzierung auf einen Sektor	Die Verkehrsmeldungen werden über die Angabe eines TMC-Location Code positioniert. Die Referenzdatenbank benötigt lineare Bezüge ¹⁰ .	Die Attribute des Raumbezugs im Quellsystem sind inkompatibel mit den Anforderungen der Referenzdatenbank. Dies wird beim Erstellen der Raum-Transformationsregeln festgestellt.	Herstellen der Beziehung zwischen dem topologischen Bezugssystem des Quellsystems und dem linearen Bezugssystem der Referenzdatenbank: Definieren der Transformationsstrecken für jeden Abschnitt des Quellsystems. "Berechnen" des linearen Bezugs der Objekte beim Transfer.

Tabelle 5: Raumkonflikte unterschiedliche Lokalisierung / Positionierung

¹⁰ Siehe Kap. 5.3.2 Geometriedaten

4.3.3 Unterschiedliche räumliche Ausdehnung

Es werden die Konflikte aufgrund unterschiedlicher räumlichen Ausdehnungen betrachtet. Dabei wird angenommen, dass die räumliche Ausdehnung im Quellsystem unterschiedlich zum Referenzmodell ist.

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
RK7	Der Raumbezug eines Objekts wird im Quellsystem als Strecke, in der Referenzdatenbank als Ort abgebildet.	Eine Baustelle wird mit der Angabe von zwei Orten lokalisiert. Die Referenzdatenbank akzeptiert nur die Angabe eines Orts.	Beim Raumbezug der Daten in der Referenzdatenbank fehlt die Angabe des 2. Orts. Dies wird beim Erstellen der Raum-Transformationsregeln festgestellt.	Bei der Erstellung der Transformationsregel wird festgelegt welcher Ort (Anfang oder Ende) aus dem Quellsystem übernommen wird. Bei der Übernahme in die Referenzdatenbank geht Information über den Raumbezug verloren: "Abstraktion Linie auf Punkt".
RK8	Der Raumbezug eines Objekts wird im Quellsystem als Fläche und in der Referenzdatenbank als Punkt abgebildet.	Eine Gemeinde wird über ein Flächenobjekt im Quellsystem abgebildet. Die Referenzdatenbank akzeptiert nur die Angabe der Ortsmitte der Gemeinde.	Beim Raumbezug der Daten in der Referenzdatenbank fehlt die Möglichkeit der Flächenangabe. Dies wird beim Erstellen der Raum-Transformationsregeln festgestellt.	Bei der Erstellung der Transformationsregel wird festgelegt welcher Ort der Fläche (z.B. Zentroïd) aus dem Quellsystem übernommen wird. Bei der Übernahme in die Referenzdatenbank geht Information über den Raumbezug verloren: "Abstraktion Fläche auf Punkt".
RK9	Der Raumbezug eines Objekts wird im Quellsystem als Fläche und in der Referenzdatenbank als Strecke abgebildet.	Eine Belagsschicht wird über ein Flächenobjekt im Quellsystem abgebildet. Die Referenzdatenbank akzeptiert nur die Angabe einer Strecke.	Beim Raumbezug der Daten in der Referenzdatenbank fehlt die Möglichkeit der Flächenangabe. Dies wird beim Erstellen der Raum-Transformationsregeln festgestellt.	Bei der Erstellung der Transformationsregel wird festgelegt welche Orte der Fläche (z.B. Schnittpunkte der Fläche mit der Achse) aus dem Quellsystem übernommen werden. Bei der Übernahme in die Referenzdatenbank geht Information über den Raumbezug verloren: "Abstraktion Fläche auf Linie".

Tabelle 6: Raumkonflikte unterschiedliche räumliche Ausdehnung

4.4 Zeitdatenkonflikte

Die Anforderungen an die Zeitaspekte und Historisierung werden im Forschungsprojekt VSS 2011/711 definiert. In der vorliegenden Tabelle werden potenzielle Konflikte aufgrund der gem. VSS 2011/711 definierten unterschiedlichen Zeittypen aufgeführt. Die Konflikte werden immer ausgehend von den vorhandenen Attributen der zeitlichen Gültigkeit im Quellsystem und den geforderten Attributen der zeitlichen Gültigkeit in der Referenzdatenbank dargestellt.

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
ZK1	Das Quellsystem liefert Daten ohne Attribute der zeitlichen Gültigkeit	Ein Quellsystem liefert Achsen ohne Angaben über die zeitliche Gültigkeit.	Die in der Referenzdatenbank geforderten Inhalte der Attribute der zeitlichen Gültigkeit können nicht gefüllt werden.	Es existieren 2 Varianten: 1. Die Daten werden nicht übernommen 2. Die Daten werden mit einer Annahme für die zeitliche Gültigkeit übernommen (z.B. Achsen sind "unendlich gültig")
ZK2	Das Quellsystem liefert Ereignisse vom Typ Zeitpunkt. Die Referenzdatenbank erwartet Ereignisse vom Typ Zeitraum	Ein Quellsystem liefert jeden Tag die aktuellen Baustellen. Die gesamte Dauer jeder Baustelle ist aber unbekannt.	Der Zeittyp in der Referenzdatenbank ist mit Beginn- und Ende Gültigkeit modelliert. Das Quellsystem liefert nur eine Gültigkeit. Dies wird beim Erstellen der zeitlichen Transformationsregeln festgestellt.	Der Inhalt des Attributs Gültigkeit des Quellsystems wird in der Referenzdatenbank auf die beiden zeitlichen Attribute Beginn- und Ende Gültigkeit abgebildet.
ZK3	Das Quellsystem liefert Ereignisse vom Typ Zeitpunkt. Die Referenzdatenbank erwartet Daten vom Zeittyp Status	Ein Quellsystem liefert Achsen mit einem definierten Gültigkeitszeitpunkt (Snapshot)	Der Zeittyp in der Referenzdatenbank ist als Status mit Versionen modelliert. Das Quellsystem liefert eine Gültigkeit. Dies wird beim Erstellen der zeitlichen Transformationsregeln festgestellt.	In der Referenzdatenbank wird der Beginn-der Gültigkeit auf den Inhalt des Attributs "Gültigkeit" des Quellsystems abgebildet. In der Referenzdatenbank wird nur eine Version geführt.
ZK4	Das Quellsystem liefert Ereignisse vom Typ Zeitraum. Die Referenzdatenbank erwartet Ereignisse vom Typ Zeitpunkt	Ein Quellsystem liefert Stau-meldungen über definierte Zeitperioden eines Tages.	Der Zeittyp in der Referenzdatenbank ist als Zeitpunkt modelliert. Das Quellsystem liefert Beginn und Ende der Gültigkeit. Dies wird beim Erstellen der zeitlichen Transformationsregeln festgestellt.	In der Referenzdatenbank wird der Zeitpunkt auf den Inhalt des Attributs "Beginn Gültigkeit" des Quellsystems abgebildet.
ZK5	Das Quellsystem liefert Ereignisse vom Typ Zeitraum. Die Referenzdatenbank erwartet Daten vom Zeittyp Status	Ein Quellsystem liefert die aktuelle Version eines Abschnitts.	Der Zeittyp in der Referenzdatenbank ist als Status mit Versionen modelliert. Das Quellsystem liefert Beginn und Ende der Gültigkeit. Dies wird beim Erstellen der zeitlichen Transformationsregeln festgestellt.	In der Referenzdatenbank werden die Attribute der zeitlichen Gültigkeit vom Inhalt der Attribute Beginn und Ende Gültigkeit des Quellsystems übernommen. Es wird in der Referenzdatenbank nur eine Version geführt.
ZK6	Das Quellsystem liefert Daten vom Zeittyp Status mit Versionen. Die Referenzdatenbank erwartet Ereignisse vom Typ Zeitpunkt.	Ein Quellsystem liefert Achsen mit allen Versionen.	Der Zeittyp in der Referenzdatenbank ist als Zeitpunkt modelliert. Das Quellsystem liefert Versionen als Kette von Beginn und Ende von Gültigkeiten. Die Modellunterschiede werden beim Erstellen der zeitlichen Transformationsregeln identifiziert.	In der Referenzdatenbank wird die Gültigkeit von Beginn-Gültigkeit der letzten Version aus dem Quellsystem übernommen. Es wird in der Referenzdatenbank nur die letzte Version des Objekts geführt.
ZK7	Das Quellsystem liefert Daten vom Zeittyp Status mit	Ein Quellsystem liefert Baustellen	Der Zeittyp in der Referenzdatenbank ist als Zeitraum ohne Versionen modelliert. Das	In der Referenzdatenbank werden Beginn und Ende der Gültigkeit von Beginn und Ende der Gültigkeit der

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
	Versionen. Die Referenzdatenbank erwartet Ereignisse vom Typ Zeitraum.	mit allen Versionen.	Quellsystem liefert Versionen als Kette von Beginn und Ende der Gültigkeiten. Die Modellunterschiede werden beim Erstellen der zeitlichen Transformationsregeln identifiziert.	letzten Version aus dem Quellsystem übernommen. Es wird in der Referenzdatenbank nur die letzte Version des Objekts geführt.
ZK8	Die Semantik der zeitlichen Angaben im Quellsystem stimmt nicht mit der Semantik in der Referenzdatenbank überein.	Ein Quellsystem liefert als Beginn der fachlichen Gültigkeit das Datum der letzten Speicherung des Objekts im System.	Die unterschiedliche Bedeutung kann nur organisatorisch erkannt werden in dem bei der Definition der Import-Schnittstelle die Bedeutung der zeitlichen Angaben des Quellsystems abgeklärt werden.	Bei der Datenübernahme sind entsprechende Annahmen für das Mapping der zeitlichen Angaben zu treffen.

Tabelle 7: Zeitdatenkonflikte

4.5 Fachdatenkonflikte

Bez	Erläuterung	Beispiel	Erkennung	Auflösung
FK1	Synonyme: Verschiedene Bezeichnungen von Attributwerten für ein- und denselben Sachverhalt.	System A verwendet für Nationalstrassen die A-Nummerierung, System B die N-Nummerierung. System A verwendet für das Attribut Kanton die übliche zweistellige Abkürzung, System B den voll ausgeschriebenen Namen.	Manueller Vergleich Daten	der Die Referenzdatenbank hat den Lead. Daten der Quellsysteme müssen entsprechend transformiert werden. Informationsverluste können dann auftreten, wenn eine eindeutige Zuordnung auf Begriffe in der Referenzdatenbank nicht möglich ist. Als Mittel zur Auflösung wird eine Synonymtabelle für das Mapping verwendet.
FK2	Homonyme Bezeichnungen von Attributwerten für verschiedene Sachverhalte.	Gleiche von für System A verwendet zur Bezeichnung der Funktion eines Bauwerks den Begriff "Verbindung" und meint damit eine Verbindung zwischen Bauwerken, System B eine Verbindung zwischen ÖV und MiV.	Manueller Vergleich Daten	der Auch hier hat die Referenzdatenbank den Lead und man kann den Konflikt über die Synonymtabelle auflösen. Problematisch wird es dann, wenn in der Referenzdatenbank keine Entsprechung vorliegt.
FK3	Einheiten	In System A wird eine Länge in km, in System B in m angegeben.	Manueller Vergleich Daten	der Transformation beim Transfer in die Referenzdatenbank.
FK4	Skalierung Unterschiedliche Skalierung bei numerischen Attributwerten	In System A wird ein Attributwert auf einer Skala von 0 bis 4, bei System B von 1 bis 10 gespeichert.	Manueller Vergleich Daten	der Transformation beim Transfer in die Referenzdatenbank. Ein Informationsverlust tritt auf, wenn die Granularität in der Referenzdatenbank gröber ist.
FK5	Wertebereich Unterschiedliche Wertebereiche	In System A wird der Deckbelag einer Strasse mit einer einfachen Katalog-Tabelle mit wenigen Werten (Beton, Bitumen, Kopfsteinpflaster, unbefestigt) beschrieben, in System B über mehrstufige hierarchische Textkataloge.	Manueller Vergleich Daten	der Definition einer Transformationsfunktion pro Quellsystem auf den Wertebereich der Referenzdatenbank. Ein Informationsverlust tritt auf, wenn die Granularität in der Referenzdatenbank gröber ist.
FK6	Sprache Sprachen	Verschiedene In System A wird eine Textattribut in deutscher, in System B in französischer Sprache erfasst.	Manuelle Erkennung der Sprache eines Attributwertes	der Führen einer Übersetzungstabelle.
FK7	Fehlendes Attribut	Ein Quellsystem hat Attributwerte nicht abgefüllt und liefert sog. NULL Werte.	Algorithmisch	der Falls in der Referenzdatenbank das Attribut fakultativ ist, kann das Fehlen ignoriert werden. Falls es obligatorisch ist, muss ein Defaultwert zugewiesen werden.

Tabelle 8: Fachdatenkonflikte

4.6 Qualitätskonflikte

Konflikte können auch in Bezug auf die Qualität der Daten auftreten. Wenn Daten sehr unterschiedlicher Qualität kombiniert werden, kann dies oberflächlich gesehen zwar zu ansprechenden Resultaten führen, vom Inhalt her jedoch falsch sein. Das Thema Datenqualität ist nicht Bestandteil dieses Projekts. Deshalb wird es hier nur kurz behandelt.

Vereinfacht gesagt ist die Qualität kombinierter Daten schlechter oder bestenfalls gleich schlecht wie die qualitativ schlechtesten bei einer Kombination verwendeten Daten. Wird die Datenqualität als Index auf einer Skala von 0 bis 100% gemessen und 100% für absolut fehlerfreie, genaue und aktuelle Daten eingesetzt, dann ergibt sich bei einer Kombination von Daten aus zwei Quellen A mit einer Qualität von 80% und Quelle B mit 70% eine Qualität der kombinierten Daten von 56 bis 70%, je nachdem ob die Qualitätseinbussen einen kausalen Zusammenhang haben oder nicht.

Interessante Hinweise hinsichtlich der Überprüfung und Messung von Datenqualität liefert das Buch [STDM]. Im Beitrag von Jan Philipp Rohweder "Datenqualitätsmessung von Kundenstammdaten bei Roche Diagnostics" wird eine Methode zur Messung von Datenqualität anhand des Index "Netto-Datenbank-Qualität (NDQ)" beschrieben. Überprüft werden dabei die Kenngrößen

- Fehlerfreiheit (Korrektheit)
- Aktualität (Zeitnähe)
- Eindeutige Auslegbarkeit (Eindeutigkeit)
- Angemessener Umfang (Genauigkeit)
- Vollständigkeit und Wertschöpfung (Redundanzfreiheit).

Je nach Art der Kenngrösse kann die Messung vollständig automatisch oder durch die manuelle Auswertung von Stichproben gemacht werden.

5 Architektur Auswertungssystem

5.1 Überblick Datenfluss

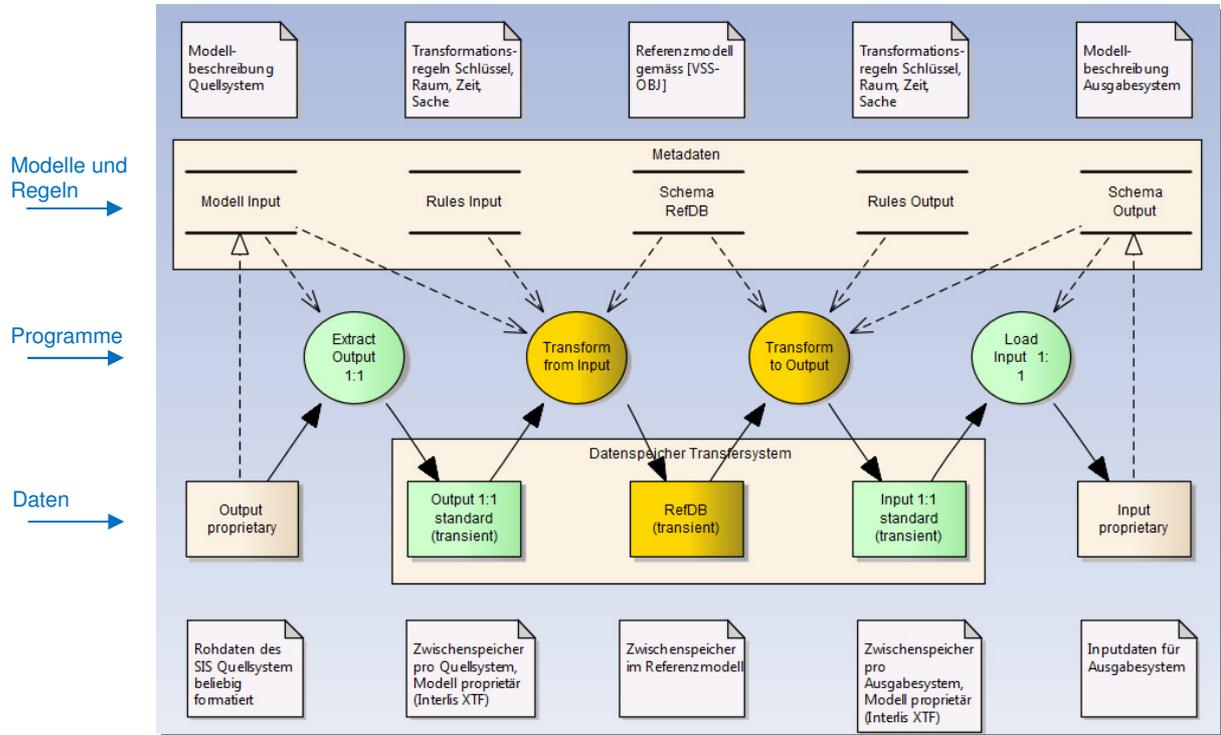


Abbildung 7: Datenflussdiagramm

Die Daten fließen in der Abbildung links von den Quellsystemen nach rechts zu den Ausgabesystemen. Typischerweise werden im Rahmen der Aufgabenstellung Daten aus mehreren Quellsystemen einem ausgewählten Ausgabesystem zugeführt.

Die Abbildung enthält in der untersten und obersten Zeile je ergänzende Erläuterungen, in der zweituntersten Zeile in den Rechtecken die Daten, in der mittleren Zeile in den Kreisen die Programmkomponenten, welche den Transfer ausführen und in der zweitobersten Zeile die Metadaten, welche die Datenmodelle von Referenzdatenbank, den Quell- und Ausgabesystemen beschreiben sowie Regeln für die Transformation der Daten. Die Metadaten und Regeln steuern den Datentransfer. Während Metadaten einmalig aufbereitet werden und in einer Metadatenbank des Auswertungssystem persistent gespeichert werden, können die Strassendaten der einzelnen Transfers nur transient im Rahmen einer Anwendung gespeichert und bei der nächsten Anwendung überschrieben werden (siehe die verschiedenen Betriebsmodi in Kap. 5.5).

Die Daten werden von den Ausgabesystemen nicht direkt von den Quellsystemen, sondern über eine Referenzdatenbank¹¹ (in der Grafik in Bildmitte und RefDB genannt) einem Ausgabesystem zugeführt. Der direkte Weg vom Quellsystem zum Ausgabesystem wäre zwar auf den ersten Blick einfacher, die Zahl der Schnittstellen¹² würde jedoch bei zunehmender Anzahl beteiligter Quell- und Ausgabesystemen exponentiell ansteigen¹³.

¹¹ Als Grundlage für die Referenzdatenbank wird der Forschungsbericht [VSS-OBJ] verwendet.

¹² Als Schnittstelle wird jeder Transferpunkt zwischen zwei Systemen (Quell, Referenz, Ausgabe) bezeichnet.

¹³ Diese Thematik ist identisch mit derjenigen verbreiteter Schnittstellenkonzepte wie GML oder INTERLIS.

Konkret ergäbe sich bei m Quellsystemen und n Ausgabesystemen bei einem direktem Transfer $m \cdot n$ Schnittstellen, bei einem Transfer via Referenzdatenbank $m+n$ Schnittstellen. Durch die Referenzdatenbank wird die Anzahl Schnittstellen massiv reduziert. Bei je 4 Quell- und Zielsystemen wäre die Anzahl Schnittstellen bei einem direkten Vorgehen 16 gegenüber 8 bei einem Transfer über die Referenzdatenbank.

5.2 Dateneinlieferung

Die Dateneinlieferung erfolgt zunächst über einen sog. 1:1-Prozessor¹⁴ "Extract Output 1:1" in einen homogenen Datenspeicher "Output 1:1 standard", ohne dass dabei die Struktur der Daten, die Namen von Tabellen und Attributen oder Inhalte der Daten verändert werden. Als Datenspeicher wird derjenige der Referenzdatenbank verwendet¹⁵. Der 1:1-Transfer erlaubt es, für die späteren Transferschritte technologisch einheitliche Werkzeuge einzusetzen. In einem zweiten Schritt "Transform from Input" werden die Daten auf der Grundlage der Modellbeschreibungen der Quelldaten und der Referenzdatenbank sowie den Transformationsregeln in die Datenstrukturen der Referenzdatenbank "RefDB" übertragen und dabei inhaltlich den Strukturen und Konventionen der Referenzdatenbank angepasst.

Pro Quellsystem braucht es:

- Eine Modellbeschreibung mit den Tabellen und Attributen, so wie die Daten angeliefert werden bzw. so wie die Daten über Services oder Datenbankzugriffen online aus den Quellsystemen bezogen werden. In der Regel besteht die Modellbeschreibung aus einer Reihe von Tabellen mit deren Attributen und bei Klassen mit Raumbezug mit der Geometrie.
- Eine 1:1-Datenbank in welcher die Tabellen und Attribute gemäss der vorgenannten Modellbeschreibung eingerichtet sind. Die Daten in der 1:1-Datenbank werden nur temporär gehalten und nach dem Transfer gelöscht.
- Einen Satz von Transformationsregeln bestehend aus dem Tabellen- und Attribut-Mapping (Abbildung der Tabellen und Attribute der Quelldaten auf die Tabellen und Attribute der Referenzdatenbank) und den Transferfunktionen (siehe Kapitel 6.3 für Details)
- Programmfunktionen zum Starten des Transfers sowie für die Anwendung der Transformationsregeln damit die Quelldaten wunschgemäss von den proprietären Formaten in die Referenzdatenbank gelangen.

Diese Komponenten müssen für jedes Quellsystem im Rahmen eines Initialaufwandes einmalig erstellt und können in der Folge beliebig oft wieder eingesetzt werden.

Bei einer Dateneinlieferung sind folgende Parameter festzulegen:¹⁶

- Zielsprache: Wahl der Zielsprachen für die Auflösung der Katalogbezüge.
- Bezugszeitpunkt: es werden nur die zum Bezugszeitpunkt gültigen Daten übertragen
- Achsgeometrie: Wahl der Achsgeometrie für kartografische Darstellungen (Bezugsgeometrie, Darstellungsgeometrie)

¹⁴ Vgl. [VSS-MDA1] und [VSS-MDA2]

¹⁵ In Prototyp zu diesem Projekt wird als Datenbank der SQL-Server von Microsoft eingesetzt.

¹⁶ Für den Prototyp haben wir uns für die Zielsprache "Deutsch", den aktuellen Bezugszeitpunkt und die Bezugsgeometrie entschieden.

5.3 Referenzdatenbank

Die Referenzdatenbank ist die zentrale Datendrehscheibe des Auswertungssystems. Die für eine Auswertung benötigten Daten werden, wie in Abbildung 7 dargestellt, aus den Quellsystemen in der Referenzdatenbank zusammengeführt und von dort an die Ausgabesysteme übergeben. Die grundlegenden Konzepte der Referenzdatenbank sind in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

5.3.1 Datenbereiche in der Referenzdatenbank

Als Grundlage für das Klassenmodell der Referenzdatenbank wird das Modell gemäss Forschungsbericht [VSS-OBJ] verwendet. Das Modell [VSS-OBJ] umfasst folgende Datenbereiche:

- Stammdaten: physikalische Grössen, Masseinheiten, Dokumente, Beteiligte
- Codelisten, Wissenskataloge
- Achsen, Achssegmente, Sektoren / Bezugspunkte (RBBS)
- Achsgeometrien mit Referenz- und Darstellungsgeometrien, Kalibrierung
- Fachnetze als Abschnittsnetze (topologisch) und Streckennetze (linear referenziert)
- Fahrbahnnutzung, Fahrbahnaufbau, Nebenstreifen, geometrische Profile
- Fahrbahnzustand, Fahrbahnreparaturen
- Projekte
- Strassenverkehrsunfälle
- Verkehrsdaten mit Zählerdaten, Zeitreihen, Ganglinien

Für das Forschungsprojekt ergänzt wurden Modelle für die Bereiche:

- Inventarobjekte
- TMC Location Codes
- ViaSuisse Verkehrseignisse

5.3.2 Geometriedaten

Die Geometriedaten werden in der Referenzdatenbank dual, d.h. sowohl linear als auch planar gespeichert. Dies ist eine Voraussetzung, damit die Daten möglichst optimal den verschiedenen Ausgabesystemen zugeführt werden können. Für GIS-Systeme werden bei der Ausgabe planare Geometrien bevorzugt, für Achsbanddarstellungen und Längprofildarstellungen lineare Geometrien. In den Metadaten wird festgehalten, welches System (linear/planar) führend ist. Als lineares System wird RBBS verwendet, wobei zusätzlich immer auch die Distanz eines Ortes zum Anfangspunkt der Achse geführt wird. Als planares Bezugssystem dient LV03 oder LV95¹⁷.

Für Raumdaten mit topologischem Bezug werden beim Einlesen in die Referenzdatenbank die linearen und planaren Bezüge berechnet. Damit die Transformation möglich ist müssen die topologischen Daten zusätzlich mindestens auch mit planaren oder linearen Koordinaten der Knoten geliefert werden¹⁸.

¹⁷ Bei den für den Prototyp gelieferten Daten mit planarem Raumbezug wurde LV03 und WGS84 verwendet. Der Prototyp wurde deshalb auf Basis LV03 erstellt. Bei einer Umstellung auf LV95 müssen die Transformationsfunktionen ersetzt werden (RBBS_LV03 → RBBS_LV95, LV03_RBBS → LV95_RBBS, WGS84 → LV03, WGS84 → LV95).

¹⁸ Bei den im Prototyp verwendeten Daten mit topologischem Bezug (Verkehrsdaten ARE VM-CH und TMC Location Codes) wurden auch die Landeskoordinaten der Knoten und bei VM-CH auch der Links geliefert.

Als Geometrieelemente werden unterstützt¹⁹:

- Bei punktförmigen Objekten: Single-Point
- Bei linienförmigen Objekten: Single- oder Multi-Part Polylines
- Bei flächenförmigen Objekten: aktuell nicht vorgesehen

5.3.3 Annahmen für die Modellierung der Referenzdatenbank

Das Auswertungssystem ist ein reines Ausgabesystem. Die Nachführung der Daten erfolgt ausschliesslich in den Quellsystemen und nicht im Auswertungssystem. Dies erlaubt es, Vereinfachungen gegenüber dem konzeptuellen Modell gemäss [VSS-OBJ] vorzunehmen.

- Das Modell wird zu Gunsten höherer Performanz denormalisiert. Redundanzen in der Datenspeicherung werden zugelassen.
- Fremdschlüsselbeziehungen können zu einem Grossteil entfernt werden, indem die Attribute der referenzierten Klassen übernommen werden.
- Obligatorische Attribute werden nur für Schlüsselfelder verwendet. Alle anderen Attribute sind optional.
- Denormalisierung der Achsgeometrie: Das Modell der Referenzdatenbank enthält nur eine Achsgeometrie. Meistens wird dies die Referenzgeometrie sein, je nach Anwendung kann aber auch eine Darstellungsgeometrie verwendet werden. Für die Referenzdatenbank bedeutet dies, dass die Geometrie in die Klasse des Achssegments integriert werden kann.
- Denormalisierung des Zeitbezugs: Die Nutzung des Auswertungssystems erfolgt für einen ausgewählten Zeitpunkt, den sog. Bezugszeitpunkt. Meistens wird dies der aktuelle Zeitpunkt sein, je nach Anwendung kann aber auch, historisierte Daten in den Quellsystemen vorausgesetzt, ein beliebiger Zeitpunkt in der Vergangenheit gewählt werden. Für die Referenzdatenbank bedeutet dies, dass nur der Zeitzustand zum Bezugszeitpunkt übernommen wird und keine Historie modelliert werden muss²⁰.
- Codelisten und Wissenskataloge werden aufgelöst. Dies vereinfacht das Modell und reduziert die Anzahl Fremdschlüsselbezüge erheblich. Für die Referenzdatenbank bedeutet dies, dass keine Katalogtabellen oder Wissenskataloge übernommen werden müssen.
- Das Auswertungssystem ist auf eine Sprache ausgerichtet. Für die Referenzdatenbank bedeutet dies, dass Textattribute nur einsprachig geführt werden müssen.

In Kap. 7 Modellbeschreibungen werden aus dem konzeptuellen Modell der Referenzdatenbank beispielhaft die Modelle für Achsen und TMC Location Codes beschrieben. Eine vollständige Dokumentation ist in Anhang III aufgeführt.

5.4 Datenauslieferung

Die Datenauslieferung an das Ausgabesystem erfolgt analog zur Dateneinlieferung, jedoch in umgekehrter Reihenfolge der Transferschritte. In einem ersten Schritt "Transform to Output" werden die Daten gemäss den Modellbeschreibungen von Referenz- und Ausgabesystem sowie den Transformationsregeln für das Ausgabesystem in die Datenstrukturen des Ausgabesystems übertragen. Als Speicher wird derjenige der Referenzdatenbank verwendet. In einem zweiten Schritt "Load Input 1:1" werden die Daten über einen 1:1-Prozessor in die Inputfile-Technologie des Ausgabesystems übertragen. Dieser letzte Schritt erübrigt sich, wenn das Ausgabesystem in der Lage ist, die Daten direkt aus der Datenbank zu beziehen.

¹⁹ Dies gilt für den heutigen Stand der für den Prototyp gelieferten Daten und ist ausbaufähig.

²⁰ Dies betrifft nicht die Zeitreihen wie z.B. Tagesganglinie Verkehr an einem bestimmten Ort. Diese können unter den bestehenden Annahmen für die Architektur des Auswertungssystems übernommen werden.

Pro Ausgabesystem braucht es:

- Eine Modellbeschreibung.
- Einen Satz von Transformationsregeln.
- Eine 1:1-Datenbank in welcher die Tabellen und Attribute gemäss der vorgenannten Modellbeschreibung eingerichtet sind.
- Programmfunktionen zum Starten des Transfers.

Diese Komponenten müssen für jedes Ausgabesystem im Rahmen eines Initialaufwandes zusammengestellt und können in der Folge beliebig oft wieder verwendet werden.

Die Datenauslieferung beschränkt sich auf die Bereitstellung der Daten im gewünschten Ausgabeformat. Die Definition der Darstellung im Ausgabesystem wie z.B. die Symbologie im GIS oder die Wahl des Diagrammtyps in einer Businessgrafik wird anwenderseitig festgelegt und ist nicht Gegenstand dieses Forschungsprojekts.

5.5 Betriebsmodi des Auswertungssystems

Als Betriebsmodus für das Auswertungssystem sind verschiedene Varianten möglich.

Persistent vgl. DWH	<p>Die Daten werden langfristig in der Referenzdatenbank gespeichert und periodisch aus den Quellsystemen auf den neuesten Stand gebracht.</p> <p>Die Historie der Daten wird soweit nötig ebenfalls gespeichert.</p> <p>Für die Achsen werden je nach Bedarf mehrere Geometrien gespeichert, z.B. eine möglichst genaue Geometrie und ev. weitere generalisierte oder schematische Geometrien für die Darstellung.</p> <p>Textattribute werden in mehreren Sprachen gespeichert.</p>
Transient	<p>Die Daten werden nur für den jeweiligen Anwendungsfall in der Referenzdatenbank zwischengespeichert und nach Abschluss der Ausgabe gelöscht.</p> <p>Die Daten werden für den vom vorgegebenen Anwendungsfall definierten Zeitpunkt, mit der gewünschten Achsgeometrie und Sprache übernommen.</p>
Mischform²¹	<p>Oft verwendete und relativ statische Daten, wie die Achsen und Transformationsnetze, werden langfristig gespeichert und aus den Quellsystemen periodisch auf den neuesten Stand gebracht.</p> <p>Die übrigen vom Anwendungsfall verlangten Daten werden transient gespeichert.</p>

²¹ Für den Prototyp wurde die Mischform gewählt.

6 Regelwerk

Wie aus den vorangehenden Kapiteln ersichtlich spielt beim Transfer der Daten aus verschiedenen Quellsystemen ein Regelwerk eine bedeutende Rolle. Dieses setzt sich für unser Projekt zusammen aus den Metadaten, den Transformationsregeln und den Transformationsnetzen. Diese drei Elemente werden nachfolgend näher erläutert.

6.1 Metadaten

Die Metadaten umfassen Informationen zum Inhalt der Daten im Auswertungssystem. Sämtliche Daten sind mit einem Metadatensatz verknüpft²². Die Struktur der Metadaten basiert auf [VSS-META] bzw. ISO 19115.

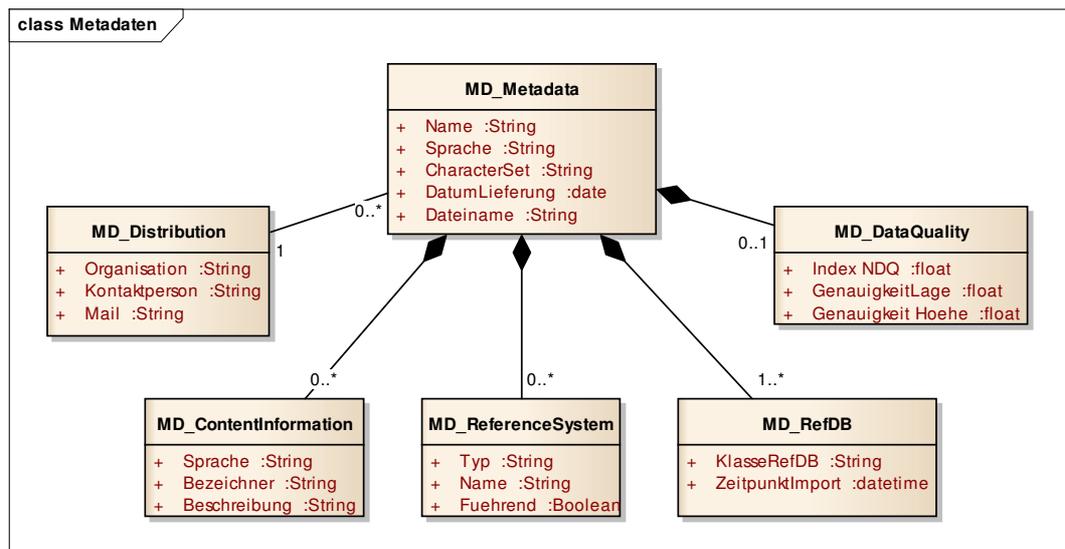


Abbildung 8: Modell Metadaten

Folgende Metadaten werden mit jedem Import von Daten aus einer Quelle²³ erfasst:

- MD_Metadata: Kopfdatensatz
- MD_Distribution: Obligatorische Beschreibung über die Herkunft
- MD_ContentInformation: Beschreibung über die Inhalte der Daten in Abhängigkeit der Sprache.
- MD_ReferenceSystem: Beschreibung der verwendeten räumlichen Bezugssysteme, z.B. Typ=linear, Name=RBBS oder Typ=planar, Name=LV03. Bei mehreren verwendeten Bezugssystemen muss eines als führend markiert werden.
- MD_RefDB: Beschreibt in welche Klassen der RefDB die Quelldaten gespeichert sind. Dies ist eine Ergänzung zu den in Normen aufgeführten Metadaten.
- MD_DataQuality: Beschreibt die Qualität der Daten als Index (z.B. %-Satz NDQ gemäss [STDM]) und Angaben über die Lage- und Höhengenaugkeit der Geodaten.

²² Im Prototyp dienen die Metadaten auch dazu, über Fremdschlüsselbeziehungen mit Delete/Cascade rasch die Daten eines Imports identifizieren und löschen zu können.

²³ Quelle kann eine Transferdatei, eine DB-Tabelle oder ein Service-Aufruf sein.

6.2 Konzeptuelles Modell der semantischen Regeln

Nachstehend das konzeptuelle Modell der Transformationsregeln.

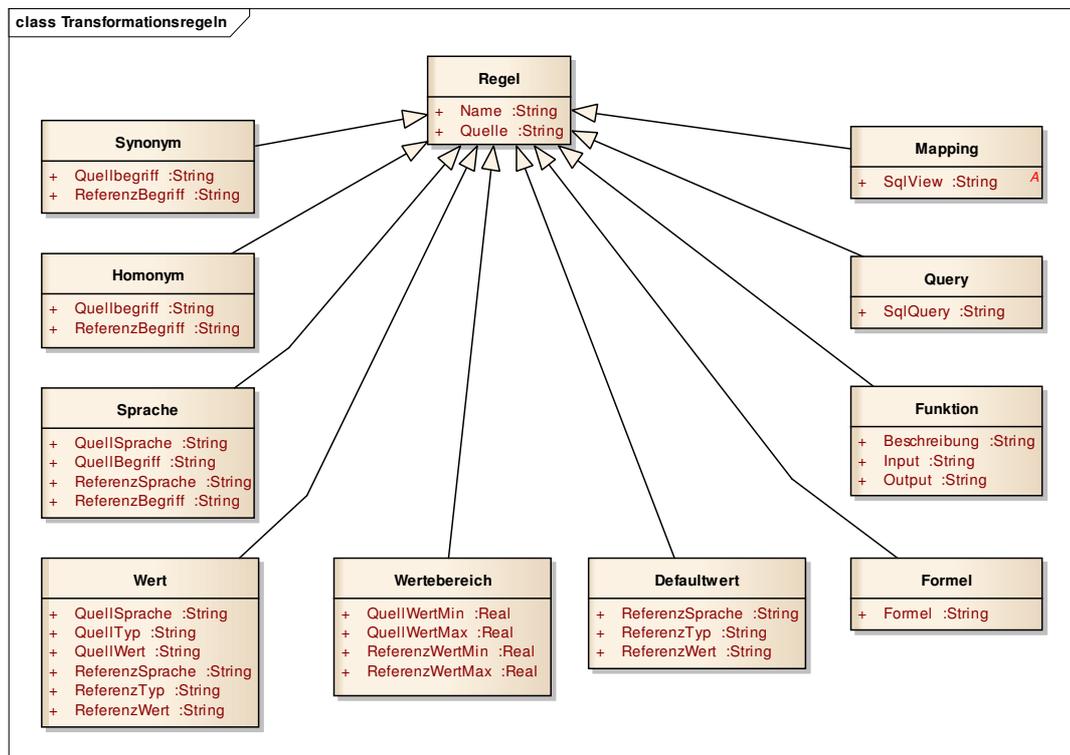


Abbildung 9: Klassenmodell Transformationsregeln

Klasse	Erläuterung	Konflikt
Regel	Ist eine abstrakte Klasse und enthält Attribute welche von jeder spezialisierten Klasse übernommen werden. Jede Regel hat zur Identifikation einen Namen und bezieht sich auf eine bestimmte Datenquelle, z.B. Achsen Kanton Bern oder Verkehrsmodell ARE. Das Quellattribut ist ein Fremdschlüssel auf die Metadaten.	n.a.
Synonym	In dieser Klasse werden die Begriffe aus dem Quellsystem den Begriffen in der Referenzdatenbank zugeordnet. Sind die Begriffe in der Referenzdatenbank granularer als der vom Quellsystem gelieferte Begriff, muss eine Annahme für den zu verwendenden Referenzbegriff getroffen werden, was eine Verfälschung des Informationsgehalts ergibt. Ist der Begriff des Quellsystems granularer resultiert eine Verallgemeinerung und Informationsverlust vor.	FK1
Homonym	Analog zu Synonym werden in dieser Klasse die Begriffe aus dem Quellsystem den Begriffen in der Referenzdatenbank zugeordnet. Auch hier können je nach Granularität Informationsverluste auftreten.	FK2
Sprache	Für den Fall, dass das Quellsystem Attributwerte in einer anderen natürlichen Sprache liefert als die für die Ausgabe gewählte Sprache, stellt diese Klasse ein Wörterbuch für die Übersetzung zur Verfügung.	FK6
Wert	Mit diesen Regeln können Attributwerte aus dem Quellsystem, welche nicht 1:1 übernommen werden können, in Werte für die Referenzdatenbank transformiert werden. Dies kann bei unterschiedlicher Granularität zu Generalisierungsverlusten führen.	FK1, FK2
Wertebereich	Diese Klasse dient der Umwandlung von Intervallwerten in diejenigen der Referenzdatenbank. Auch hier können Generalisierungsverluste auftreten, wenn die Intervalle im Quellsystem feiner sind als in der Referenzdatenbank.	FK5
Defaultwert	Mit den Regeln in dieser Klasse besteht die Möglichkeit fehlende Attributwerte aus dem Quellsystem durch Defaultwerte zu ersetzen und diese in die Referenzdatenbank zu übernehmen.	MK4, ZK1, ZK8, FK7
Mapping	Dient dazu Datenstrukturen, Tabellen und Attribute aus dem	MK1, MK2,

	Quellsystem auf Tabellen und Attribute der Referenzdatenbank abzubilden (englisch mappen) ²⁴ . Dies ist eine der häufigsten und wichtigsten Regel für den Transfer.	RK7, RK8, RK9, ZK2, ZK3, ZK4, ZK5, ZK6, ZK7, ZK8
Query	Diese Klasse enthält Abfragen zur Ermittlung von Attributwerten, wenn diese mit Merkmalen anderer Klassen ermittelt werden ²⁵ .	SK1, SK2, ZK7
Funktion	Diese Klasse enthält Funktionen oder Methoden von Web Services für komplexe Bestimmung von Attributwerten, unter anderen die vom Parallelprojekt VSS 2011/713 zur Verfügung gestellten Funktionen für die Transformation von Raumbezügen F_WGS84_CH1903, F_CH1903_RBBS.	SK3, RK1, RK2, RK3, RK4, RK5, RK6, RK7, RK8, RK9
Formel	Diese Klasse enthält parametrisierbare Formeln für die Bestimmung von Attributwerten aus anderen Werten, z.B. für die Zerlegung zusammengesetzter Werte in Einzelwerte oder zur Umrechnung zwischen verschiedenen Einheiten.	MK3, MK5, MK6, SK1, FK3, FK4

Tabelle 9: Überblick semantische Regeln mit Bezug zu Konflikten

6.3 Anwendung der semantischen Regeln

Die semantischen Regeln werden formell in SQL geschrieben und in einer vordefinierten Reihenfolge ausgeführt. Zur Dokumentation der semantischen Regeln haben wir für dieses Projekt eine tabellarische Form gewählt, von denen wir hier einige Auszüge zeigen. Diese tabellarische Form hilft vor allem die Mechanismen zu verstehen. In Anhang II ist eine vollständige Dokumentation der im Prototyp angewandten Regeln enthalten.

View / Attribut	Beispiel	Tabelle / Attribut	Typ	Regel	Beispiel
M_FN_GeschBE_RefDB_N		FN_Netz			
		NetzID	uniqueidentifier	newid()	6f1e9e15-1dd8-46ee-9465-28e705ed2558
		QuelleID	uniqueidentifier	Q_MD_Quelle("KtBernTbaln.SigGesch")	e23e076d-9779-49f3-8b49-1e46217820a9
'Streckennetz'	Streckennetz	Netztyp	varchar	Map	Streckennetz
'BE'	BE	Eigent	varchar	Map	BE
'SigGesch'	SigGesch	Netz	varchar	Map	SigGesch
'Signalisierte Geschwindigkeiten Kt. Bern'	Signalisierte Geschwindigkeiten Kt. Bern	Name	varchar	Map	Signalisierte Geschwindigkeiten Kt. Bern
'topologisch; planar'	topologisch; planar	OrigBezug	varchar	Map	topologisch; planar

Tabelle 10: Bsp 1 - Semantische Regel für Fachnetz

Das Beispiel 1 zeigt, wie ein Header-Datensatz in die Tabelle FN_Netz eingefügt wird. Links die Datenquelle, in diesem Beispiel in Form einer SQL-View, welche Daten erzeugt und nicht auf eine Quelldatentabelle zugreift. Rechts das Ergebnis das dabei entsteht. Das erste Attribut NetzID ist eine neu erstellte Identifikation (Konflikt **SK1**) für das Netz. Die Zuordnung zu einem Metadatensatz erfolgt durch eine Regel in Form einer Abfrage (Query) und ergibt den Wert für das Attribut QuelleID. Die weiteren 5 Attribute werden 1:1 aus der SQL-View übernommen (Regel Map²⁶).

Die Modellkonflikte **MK1** bis **MK4** treten bei nahezu allen Quelldaten auf, **MK5** mit den zusammengesetzten Attributen vor allem bei den Achsdaten, **MK6** für zusammen zu setzende Textattribute ebenfalls bei den Achsdaten.

²⁴ Im Prototyp hat sich die Verwendung von SQL-Views als sehr gutes und performantes Hilfsmittel für das Mapping entpuppt.

²⁵ Wurde im Prototyp u.a. für das Umhängen von Fremdschlüsselbeziehungen verwendet.

²⁶ Die Regel "Map" ist eigentlich eine Null-Regel. Quellwerte können 1:1 übernommen werden.

View / Attribut	Beispiel	Tabelle / Attribut	Typ	Regel	Beispiel
M FN GeschBE RefDB S		FN GeschBE			
		NetzSegID	uniqueidentifier	newid()	any guid
		QuelleID	uniqueidentifier	Q_MD_Quelle("KtBernTbaln_SigGesch")	e23e076d-9779-49f3-8b49-1e46217820a9
		NetzID	uniqueidentifier	Q_FN_Segment_NetzID("BE", "SignGeschwindigkeit")	6f1e9e15-1dd8-46ee-9465-28e705ed2558
		Sequenz	int	n.a.	NULL
ID	56	NetzsegIDQ	varchar	Map	56
ACHSEID	1774	AchsIDQ	varchar	Map	1774
STARTDISTA	40611.42	ADistAQ	decimal	Map	40611.42
ENDDISTANZ	44309.75	EDistAQ	decimal	Map	44309.75
GESCHW	80	SigGesch	int	Map	80
geom	LINestring(...)	geom	geometry	Map	LINestring(...)
		AchsID	uniqueidentifier		bbca1551-8ef2-418a-ad5b-be
		AchsEig	varchar		BE
		AchsNum	varchar		BE.1
		AchsLage	varchar		=
		AchsSegID	uniqueidentifier		27973120-d22a-4a4b-a16d-c0f3c073ffeb
		AchsSeqSeq	int	F_MapSegment ("AchsenBE", S_NetSegS:	NULL
		ASektorID	uniqueidentifier	(AchsID of axis BE, ADistAQ e.g. 16579.00, EDistAQ e.g. 17140.00), S_NetSegB[]]	91b7e993-ee42-49f-b21d-df477f5e10eb
		ASektorNum	varchar		3
		ASektorSeq	int		0
		ADistU	decimal		21'895.62
		ADistA	decimal		40'611.42
		ESektorID	uniqueidentifier		91b7e993-ee42-49f-b21d-df477f5e10eb
		ESektorNum	varchar		3
		ESektorSeq	int		0
		EDistU	decimal		25'593.95
		EDistA	decimal		44'309.75
		DistL	decimal	C_DistL_FN(EDistA, ADistA)	3'698.33
ERF DATUM	01.01.1980	BegGuelt	date	Map	01.01.1980
'9999-12-31'	31.12.9999	EndGuelt	date	Map	31.12.9999

Tabelle 11: Bsp 2 – Sem. Regel für ein Fachnetzsegment aus Daten Kt Bern TBA

In einem ersten Schritt wird für jedes Fachnetzsegment aus den Quelldaten mittels einer SQL-View auf eine Quelldatentabelle ein Datensatz erzeugt. Die NetzSegID wird dabei automatisch generiert (Konflikt **SK1**). Diverse Attribute werden 1:1 übernommen oder erzeugt (Regel "Map"). Über eine Abfrage wird die Referenz auf das Netz geholt und dem Attribut NetzID zugewiesen. Im nächsten Schritt wird die Funktion "F_MapSegment"²⁷ gestartet, welche das Segment aus dem Fachnetz Kt Bern auf das Basis-Achssystem MISTRA abbildet und dabei die Fremdschlüsselbeziehungen umhängt. Die Funktion löst die Konflikte **SK3** und **RK1**. Grundlage dieser Funktion ist das Transformationsnetz "AchsenBE", welches die Achssegmente der Achsen des Kantons Bern auf die MISTRA-Achsen zuordnet. Das Ergebnis dieser Funktion liefert uns je nach Lage des Gast-Segments kein, ein oder mehrere Datensätze zurück. Für den Fall, dass kein Datensatz resultiert, wird der provisorisch angelegte Datensatz wieder gelöscht. Für den Fall mehrerer Ergebnisse wird der Datensatz entsprechend oft dupliziert. Die Funktion liefert einerseits die linearen Bezüge auf das RBBS und zusätzlich die planare Liniengeometrie, welche sie aus dem Basis-Achssegment erzeugt. Auf diese Weise kann das Fachnetzsegment auch von GIS- oder Grafiksystemen visualisiert werden, welche keine Funktionen für lineare Referenzierung aufweisen. Abschliessend wird mit der einfachen Formel C_DistL_FN die Länge jedes Segments bestimmt. Speziell zu erwähnen sind noch die Zeitattribute. In den Quelldaten ist nur das Erfassungsdatum enthalten, wir haben jedoch keine Kenntnis von der zeitlichen Gültigkeit des Geschwindigkeitsabschnitts. Wir treffen hier auf den Zeitkonflikt **ZK1** und haben in diesem Beispiel das Erfassungsdatum als Beginn der Gültigkeit eingesetzt und Ende Gültigkeit offen gelassen (31.12.9999).

²⁷ Die Funktion weist 2 Parameter auf, nämlich je eine Struktur mit den Input- und Output-Parametern.

6.4 Transformationsnetze

Zum Regelwerk gehören auch die Transformationsnetze, welche von verschiedenen Regeln für die Transformation von linearen Bezügen verwendet werden. Deshalb wird an dieser Stelle eine Erläuterung eingefügt.

Ein Transformationsnetz ist, einfach ausgedrückt, die lineare Zuordnung von Achsstücke von den Achsen aus einem SIS zu Achsstücken aus einem anderen SIS. Dies beschränkt sich keineswegs auf eine 1:1-Zuordnung von Achssegmenten, denn die Achsbildung in den beiden SIS erfolgte je nach Verwendungszweck nach unterschiedlichen Kriterien. MISTRA und Logo beispielsweise tendieren dazu möglichst lange homogene Achssegmente zu bilden. Im Verkehrsmodell VM-CH des ARE hingegen ist eine Achse ein Link zwischen zwei Knoten. Dies führt dazu, dass bei der Zuordnung bestehende Achssegmente eines Systems gesplittet werden.

Die Zuordnung erfolgt über die planaren Geometrien. Sie ist relativ einfach automatisierbar, wenn die Geometrie der Achssegmente deckungsgleich ist, also aus der gleichen Quelle stammt (z.B. TLM swisstopo). Ist dies nicht der Fall muss der Prozess der Zuordnung durch einen GIS-Operateur unterstützt werden.

Ein Transformationsnetz dient als Grundlage für die performante Umrechnung linearer Bezüge von einem "Gast"-Achssystem auf ein "Basis"-Achssystem²⁹. Es beinhaltet die Zuordnung von Achssegmenten zwischen diesen beiden Achssystemen

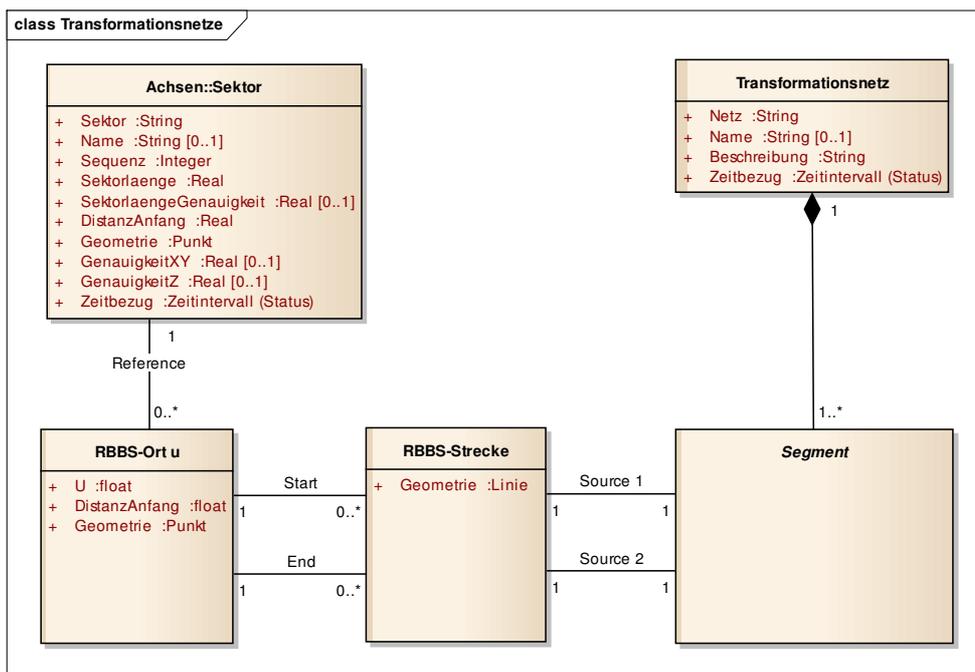


Abbildung 10: Konzeptuelles Modell Transformationsnetze

Transformationsnetz	Die Klasse Transformationsnetz listet die vorhandenen Netze auf und gibt je eine kurze Beschreibung von Inhalt und Verwendungszweck. Ein Transformationsnetz bezieht sich immer auf zwei Achssysteme mit entsprechenden Verweisen in die Metadaten.
Segment	Jedes Transformationsnetz enthält eine beliebige Anzahl Segmente. Jedes Segment verweist je auf eine Stück Achse im Gast- und im Basis-Achssystem, welche den gleichen Strassenabschnitt repräsentieren.

²⁹ Im Rahmen des Prototyps wurde als Basis-Achssystem MISTRA verwendet und es wurde je ein Transformationsnetz für die Achsen Kt Bern und für die Links aus dem ARE Verkehrsmodell erstellt.

RBBS-Strecke Die RBBS-Strecke enthält den RBBS-Bezug von Anfang und Endort des zugeordneten Strassenabschnitts.

RBBS-Ort Der RBBS-Ort enthält den linearen Raumbezug zum Achssystem. Die RBBS-Strecke des Gast-Achssystems enthält die linearen Bezüge auf das Gast-Achssystem. Die RBBS-Strecke des Basis-Achssystems enthält die linearen Bezüge auf das Basis-Achssystem.

Achsen::Sektor Jeder lineare Bezug referenziert einen Sektor des zugehörigen Achssystems.

Tabelle 13: Klassen des Transformationsnetzes

Beispiel 1:



Axis1	Seg1	RP1s	U1s	L1s	RP1e	U1e	L1e	Axis2	Seg2	RP2s	U2s	L2s	RP2e	U2e	L2e
25	1	RP10	600	600	RP60	300	5300	H25	1	RP10	0	0	RP20	0	4700

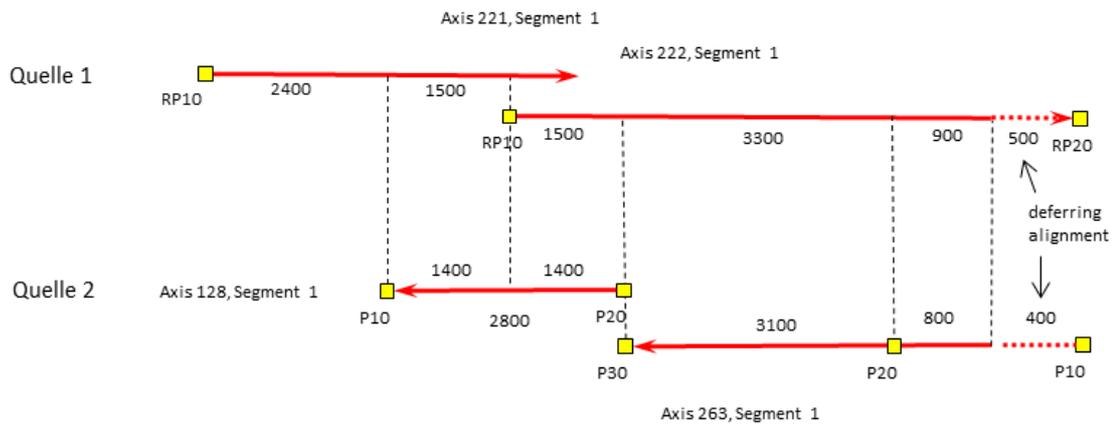
Abbildung 11: Transformationsstrecken - einfaches Beispiel

Die Abbildung zeigt Achsen als rote Linie und Sektoren als Quadrate. Quelle 1 bezieht sich auf das Basis-Achssystem. Die Achse besteht aus einem Segment und hat 6 Sektoren mit einer Länge von 1000 m, einen Restsektor von 400 m und den Endsektor. Quelle 2 bezieht sich auf das Gast-Achssystem. Diese Achse ist 4700 m lang und hat je einen Sektor am Anfangs- und Endpunkt der Achse. In der realen Welt handelt es sich um denselben Strassenabschnitt mit Achsname 25³⁰. Im Gast-Achssystem wurde die Achse nur teilweise erfasst.

Aus dieser Konstellation ergibt sich genau ein Transformationsnetz-Segment, nämlich auf der Basisachse von $RP10+U=600$ bis $RP60+U=300$, auf der Gastachse von $RP10+U=0$ bis $RP20+U=0$.

³⁰ Die etwas unterschiedliche Strassennummerierung wird über die Synonymregel aufgelöst.

Beispiel 2:



Axis1	Seg1	RP1s	U1s	L1s	RP1e	U1e	L1e	Axis2	Seg2	RP2s	U2s	L2s	RP2e	U2e	L2e
221	1	RP10	2400	2400	RP10	3900	3900	128	1	P10	0	2800	P20	1400	1400
222	1	RP10	0	0	RP10	1500	1500	128	1	P20	1400	1400	P20	0	0
222	1	RP10	1500	1500	RP10	5700	5700	263	1	P30	0	5300	P10	400	400

Abbildung 12: Transformationsstrecken - komplexes Beispiel

Dieses Beispiel zeigt für jedes Achssystem zwei Achsen, welche von den Achsnamen her keine Übereinstimmung aufweisen. Aufgrund der lagemässigen Übereinstimmung der planaren Geometrie muss es sich aber wenigstens teilweise um dieselbe Achse handeln³¹. Im weiteren Achsverlauf rechts ist eine lagemässige Übereinstimmung nicht mehr vorhanden und es ist keine sinnvolle Zuordnung möglich. Die Achsgeometrien wurden gegenläufig digitalisiert.

Aus dieser Konstellation ergeben sich drei Transformationsnetz-Segmente, aus der Sicht des Basis-Achssystems ein erstes Segment Achse 221 von $RP10+U=2400$ bis $RP10+U=3900$, ein zweites Achssegment Achse 222 von $RP10+U=0$ bis $RP10+U=1500$ und das dritte Achssegment Achse 222 von $RP10+U=1500$ bis $RP10+U=5700$. Analog die Segmente aus der Sicht des Gast-Achssystems das erste Segment Achse 128 von $P10+U=0$ bis $P20+U=1400$, das zweite Segment von $P20+U=1400$ bis $P20+U=0$ und das dritte Segment von $P30+U=0$ bis $P10+U=400$.

Für das Auswertungssystem ist es sinnvoll das **Transformationsnetz persistent gehalten**. Dies hat mehrere Gründe:

1. Die Bildung des Transformationsnetzes ist ein relativ aufwändiger Vorgang und bedarf nach der automatischen Verarbeitung unter Umständen einer manuellen Nachbearbeitung³².
2. Achsen sind relativ statisch, die Änderungshäufigkeit ist gering. Änderungen können periodisch in das Transformationsnetz eingepflegt werden.
3. Das Transformationsnetz kann für beliebig viele Datentransfers wiederverwendet werden.

Kritiker linearer Bezugssysteme werden die Verwendung von Transformationsnetzen in

³¹ Diese Situation kommt in der Praxis recht häufig vor. So werden beispielsweise die Links im Netz für ein Verkehrsmodell nach anderen Gesichtspunkten erstellt, als die Achsgeometrien von Unterhaltsachsen.

³² Im Rahmen des Prototyps wurde auf manuelle Nachbearbeitung ganz verzichtet. Der %-satz abbildbarer Achslänge war wegen der guten lagemässigen Übereinstimmung mit 98% relativ hoch.

Frage stellen und als Alternative für die Transformation linearer Bezüge den Weg über die planare Geometrie in Landeskoordinaten ohne Transformationsnetz vorschlagen. Dies ist tatsächlich eine ernst zu nehmende Alternative und hat gegenüber Transformationsnetzen diverse Vor- aber auch Nachteile:

- Die lagemässige Übereinstimmung ist algorithmisch über Bufferbildung einfach feststellbar.
- Die planare Geometrie in Landeskoordinaten ist, abgesehen von baulichen Veränderungen der Strasse, vollkommen stabil.
- Die Logik für das Splitting von Achssegmenten ist komplex und muss ebenfalls abgedeckt werden.
- Die Transformation linearer Bezüge über Bufferbildung ist rechenintensiv und kann bei grossen Datenmengen und relativ grossen Abweichungen der Lage der beiden Achssysteme unakzeptabel lange dauern.
- Der %-satz zweifelsfrei transformierter linearer Bezüge wird geringer sein, als bei Berechnungen über Transformationsnetze.

Die Wahl des am besten geeigneten Verfahrens muss in Abhängigkeit der Qualität der Daten und der Datenmenge getroffen werden. Eine homogene und lagemässig gute Übereinstimmung der Achsgeometrien spricht eher für die planare Variante, grosse Datenmengen eher für die lineare.

Die Erfahrungen aus dem Prototyp zeigen, dass Transformationsnetze für die effiziente Kombination von Achsdaten aus verschiedenen SIS praktisch unverzichtbar sind. Steht ein Transformationsnetz zur Verfügung können Transfers auch grosser Datenmengen wie z.B. Verkehrsdaten aus VM-CH innerhalb weniger Minuten erfolgreich durchgeführt werden.

7 Modellbeschreibungen

7.1 Modell Achsen

7.1.1 Modellbeschreibung Quelldaten Achsen MISTRA

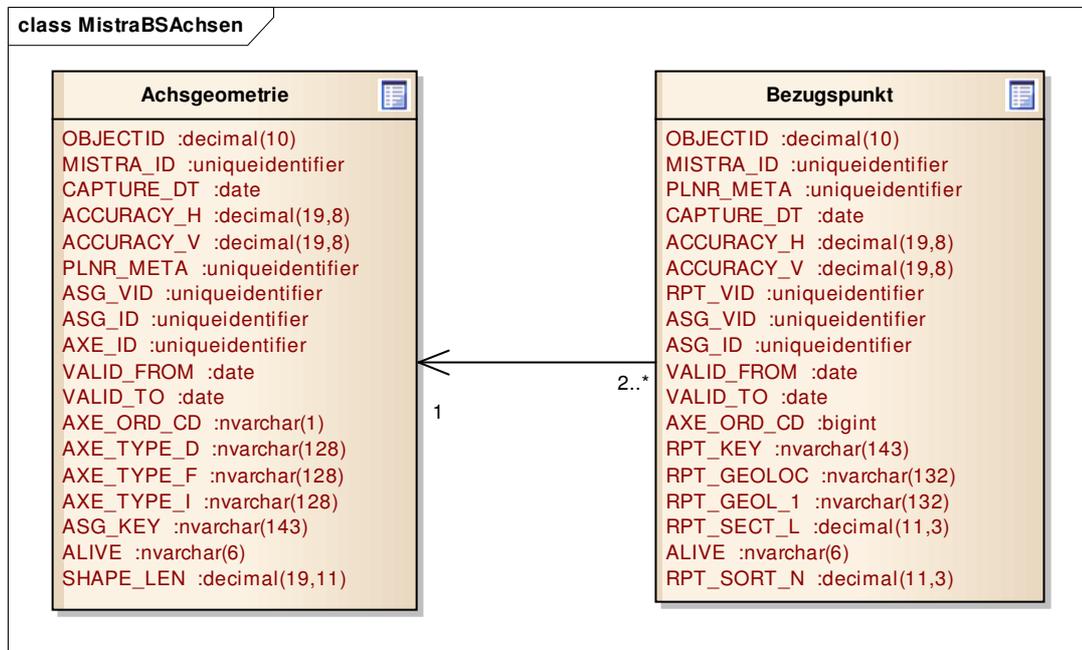


Abbildung 13: Modell Quelldaten MISTRA Achsen

Die Daten bestehen aus 6 Shapefiles³³ nämlich für National-, Kantons- und Gemein-
destrassen je eine Datei mit Achsgeometrien und Bezugspunkten (Sektoren).

³³ Wegen der Einschränkung auf MISTRA-Achsen im Kanton Bern konnten die Daten aus technischen Gründen nicht als INTERLIS-Dateien sondern nur als Shapefile geliefert werden. Somit mussten Achsen aus den Daten der Achsgeometrien generiert werden.

7.1.2 Modell Achsen gemäss [VSS-OBJ]

Das Modell Achsen gemäss [VSS-OBJ] VSS 2001/701 "Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen" setzt sich aus den Teilen RBBS und Achssegmentgeometrien zusammen. Nachfolgend die Diagramme dieser beiden Teile:

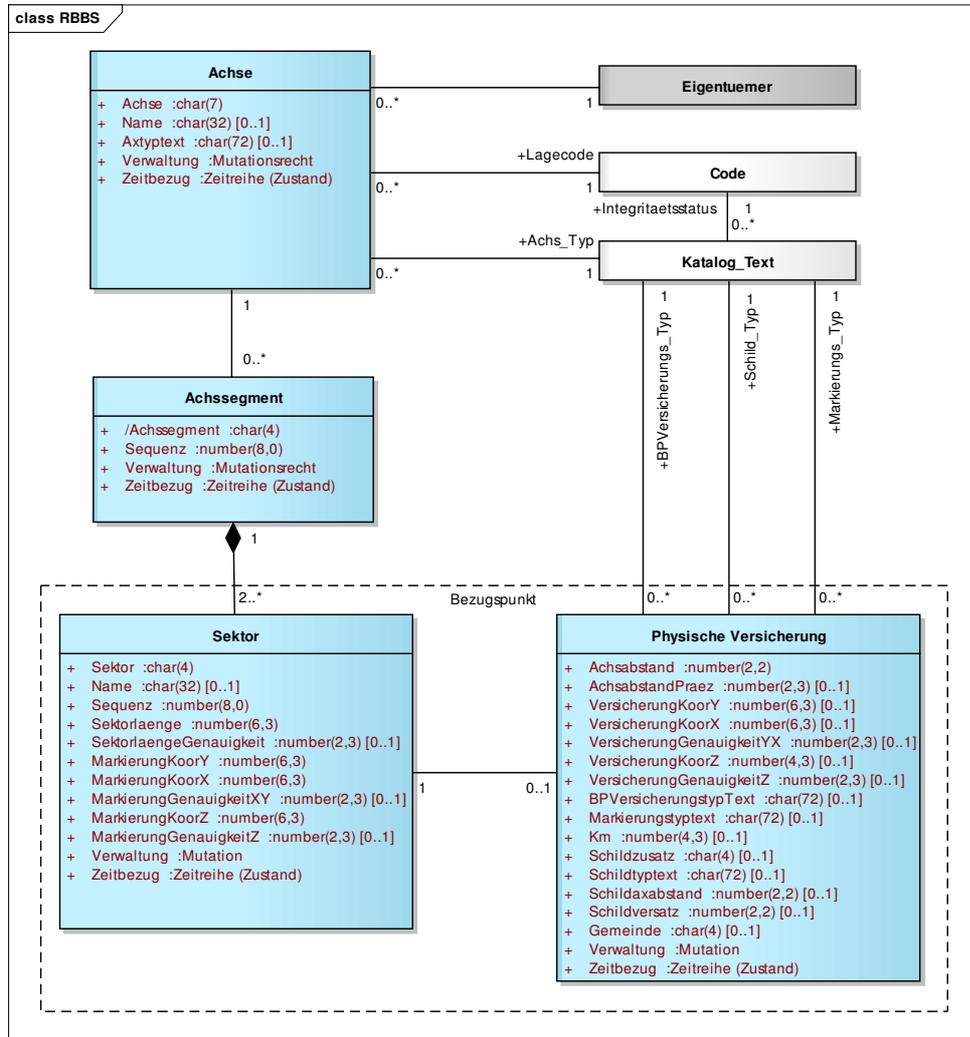


Abbildung 14: Klassenmodell RBBS gemäss [VSS-OBJ]

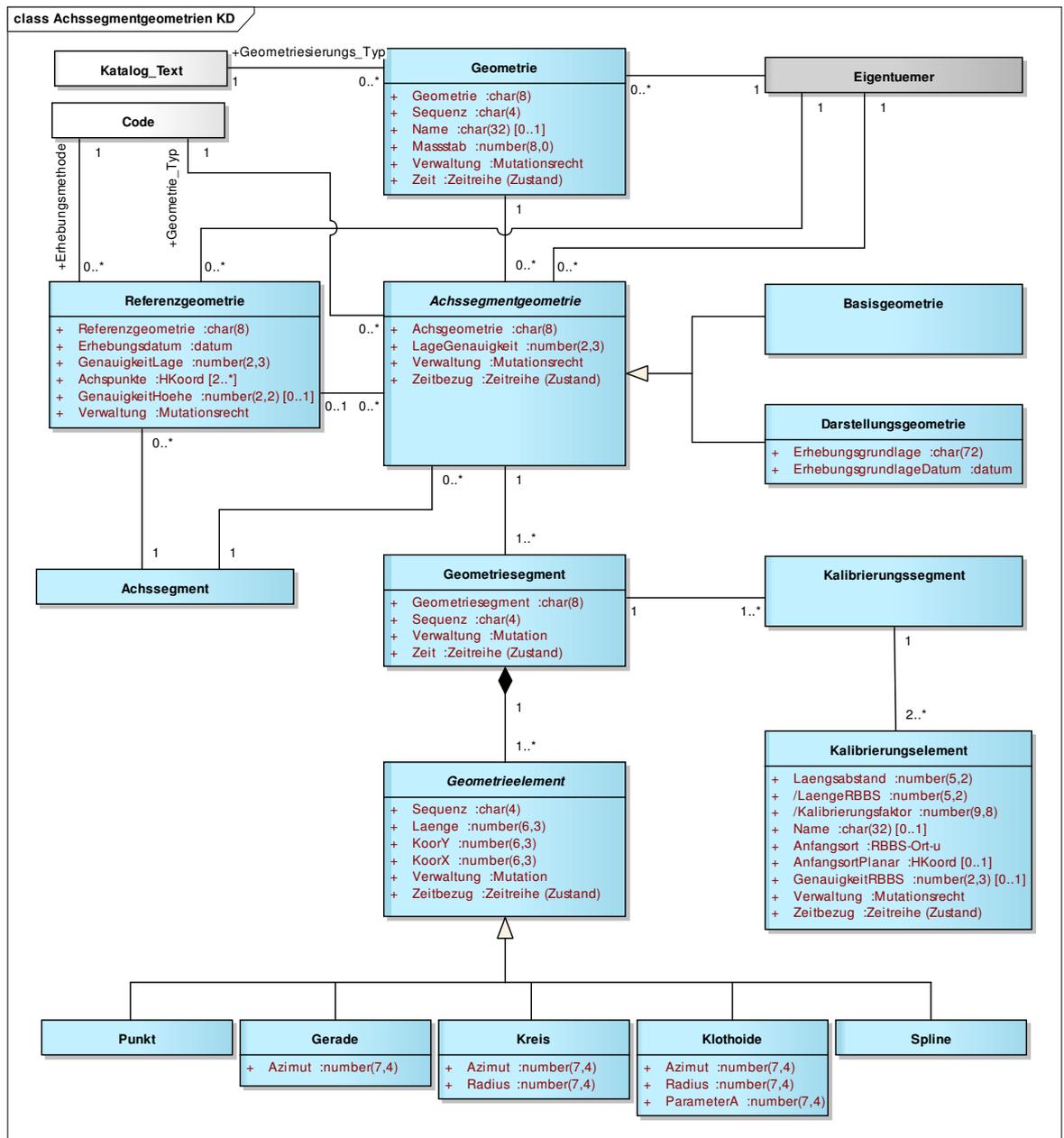


Abbildung 15: Klassenmodell Achssegmentgeometrien gemäss [VSS-OBJ]

7.1.3 Konzeptuelles Modell Achsen in der Referenzdatenbank

Das RBBS-Modell von [VSS-OBJ] wird für das Modell der Referenzdatenbank wie folgt angepasst:

- Die physische Versicherung wird für unser Projekt nicht benötigt.
- Der Zeitbezug wird als Zeitintervall statt Zeitreihe modelliert.
- Informationen zu "Verwaltung:Mutationsrecht" werden weggelassen.
- Die Koordinaten XYZ der Markierung werden als Geometriotyp POINT übernommen.
- Das Attribut DistanzAnfang (Distanz des Sektors vom Anfangspunkt des ersten Sektors der Achse) wird ergänzt. Dies ist ein redundanter Wert zur effizienten Verwendung in den Ausgabesystemen vom Typ GIS und Achsband.

- Die Achssegmentgeometrie wird nicht separat modelliert, sondern direkt in die Klasse Achssegment integriert. Bei der Dateneinlieferung wird die in der Auswertung zu verwendende Geometrie ausgewählt³⁴.

Diese Anpassungen führen zum folgenden stark vereinfachten Klassenmodell Achsen in der Referenzdatenbank:

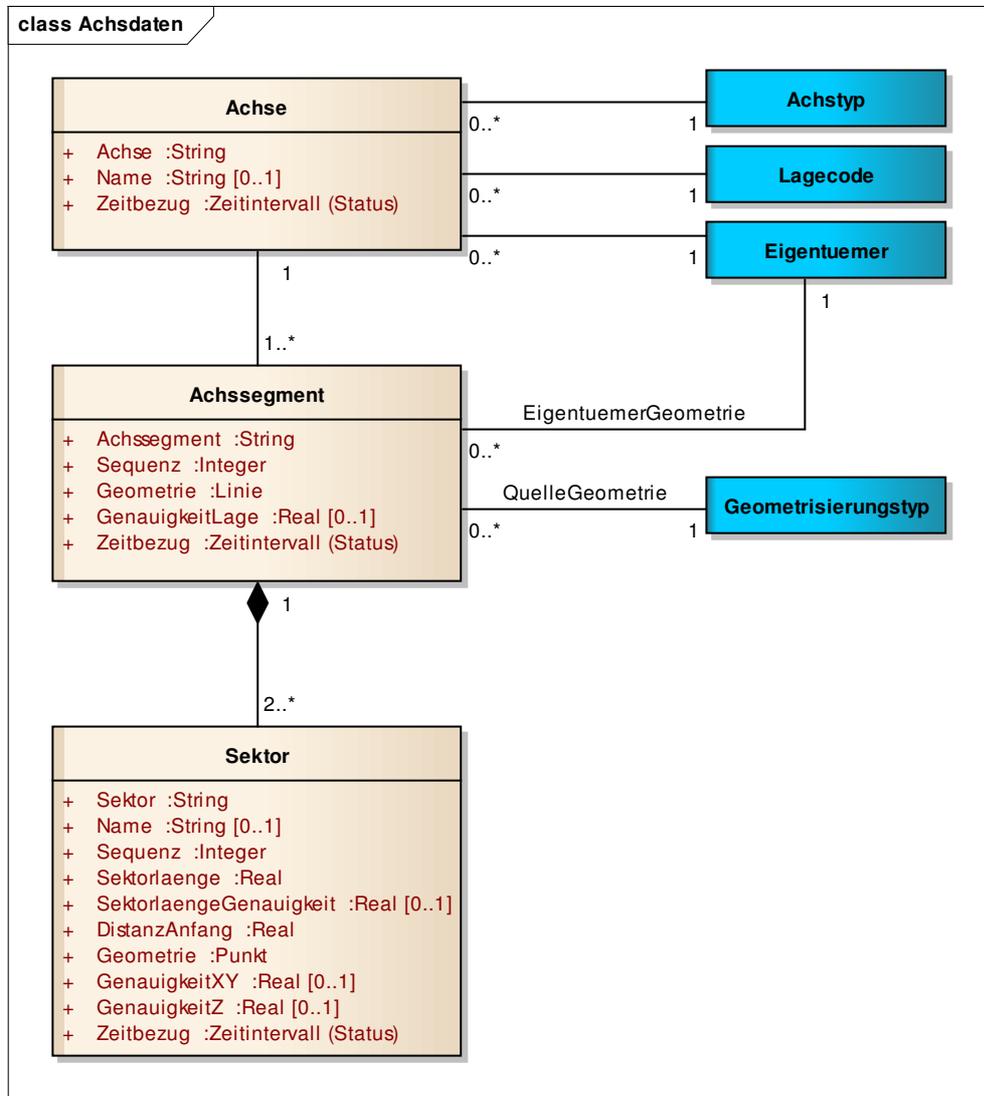


Abbildung 16: Konzeptuelles Modell Achsen in der Referenzdatenbank

³⁴ Im Prototyp wurde die Referenzgeometrie verwendet

7.1.4 Logisches Modell Achsen in der Referenzdatenbank

Aus dem konzeptuellen Klassenmodell wird das logische Modell der Achsen abgeleitet, das die Tabellenstruktur der Referenzdatenbank darstellt.

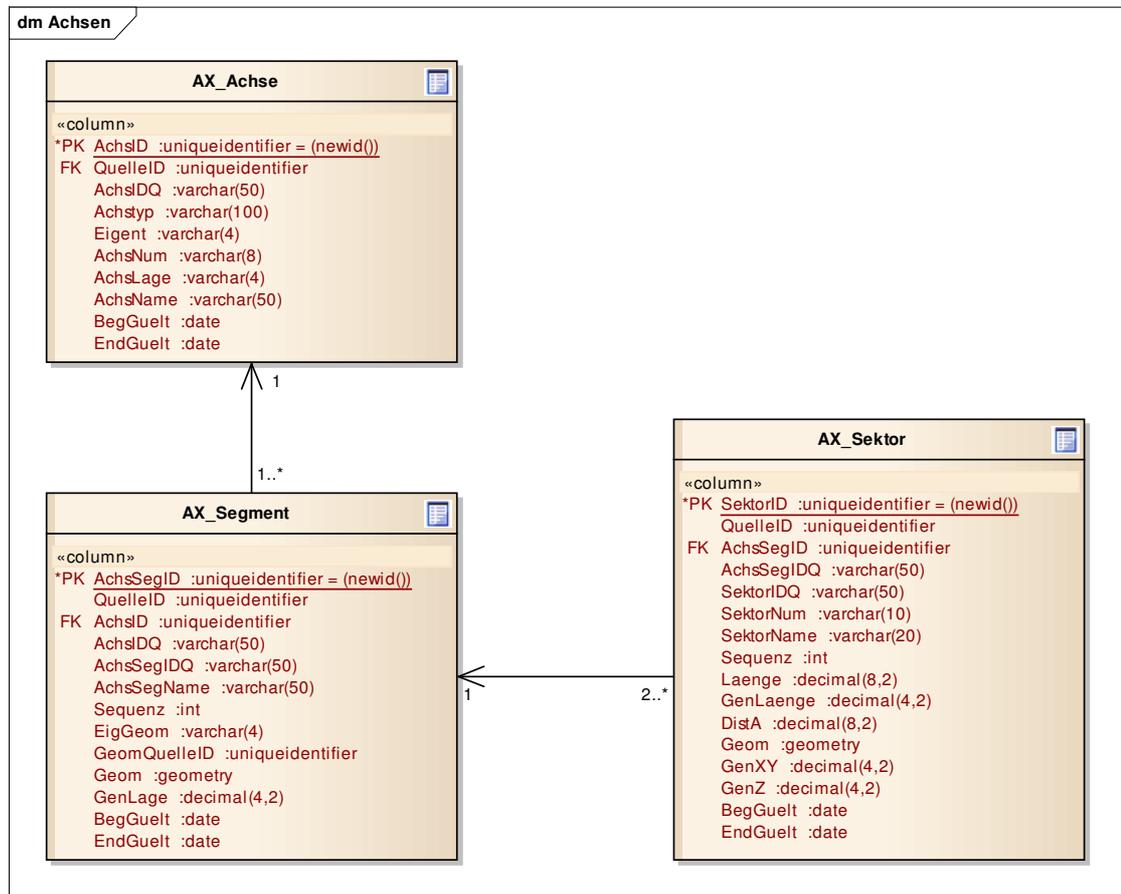


Abbildung 17: Logisches Modell Achsen in der Referenzdatenbank

Beim Übergang zum logischen Modell werden folgende Veränderungen durchgeführt:

- Um Namenskonflikte zu vermeiden wird für jeden thematischen Datenbereich ein Kürzel mit 2 Zeichen verwendet und den Tabellennamen vorangestellt.
- Tabellen- und Attributnamen wurden aus praktischen Gründen für den Prototyp, soweit sinnvoll und noch lesbar, verkürzt und an eine strikte Namenskonvention mit Pascal Casing angepasst.
- Katalogwerte werden in der Zielsprache integriert.
- Die Namen der Identifikations- und Fremdschlüsselattribute der Referenzdatenbank enden mit den Buchstaben ID.
- Die Namen der Identifikationsattribute in den Quellsystemen werden mitgenommen und enden mit den Buchstaben IDQ.

7.1.5 Logisches Modell Achsen für das Ausgabesystem QGIS

Das logische Modell für das Ausgabesystem variiert je nach Typ und Produkt. Stellvertretend wird hier das logische Modell für die Ausgabe in QGIS³⁵ abgebildet.

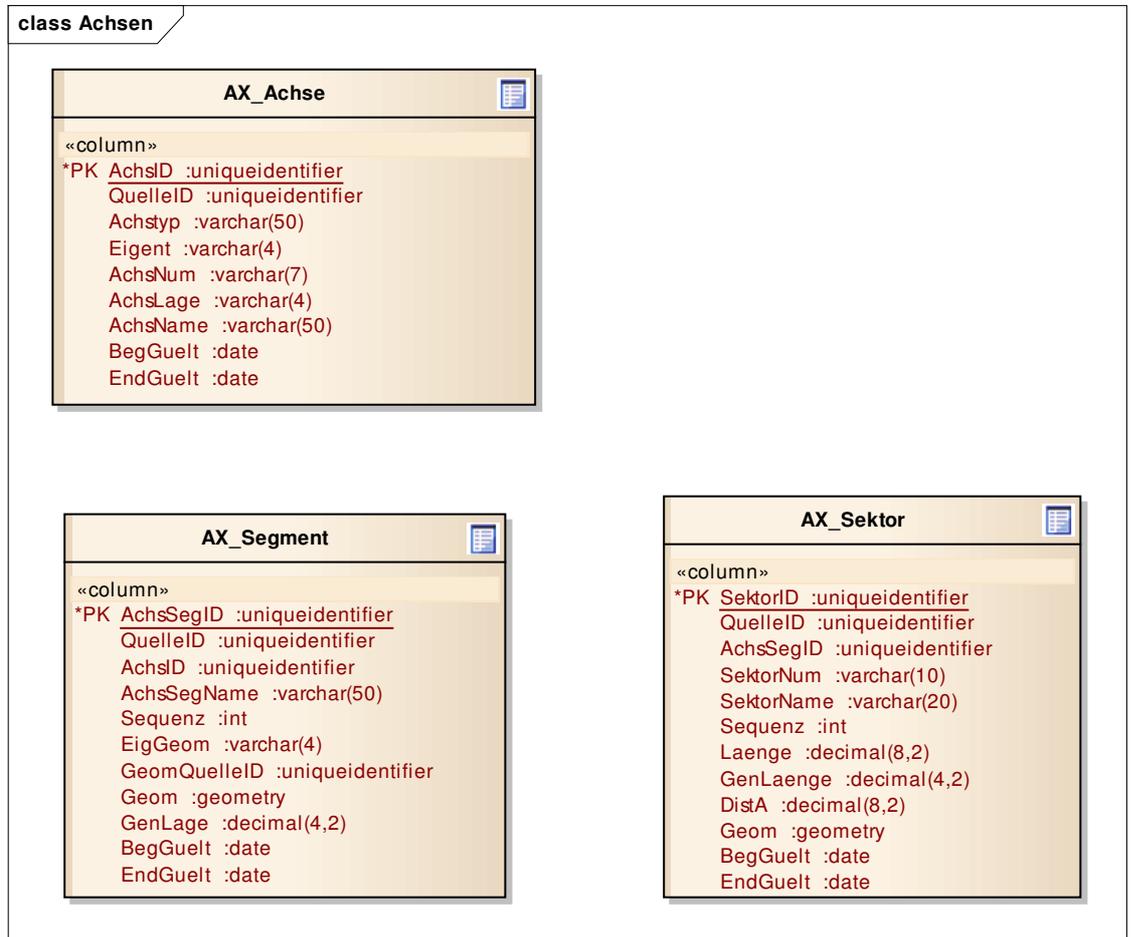


Abbildung 18: Logisches Datenmodell Achsen für das Ausgabesystem QGIS

QGIS kann direkt auf Datenbanken zugreifen, welche die Verwendung von Geometriety-
pen unterstützen, daher ist eine Bereitstellung in einem proprietären Fileformat nicht nö-
tig. GIS-Systeme modellieren Fremdschlüsselbeziehungen mit eigenen Mechanismen.
Aus diesem Grund wurden Fremdschlüssel weggelassen. Ebenso wurden die Identifika-
tionen der Quellsysteme entfernt. Die übrigen Attribute stimmen mit denjenigen der Referenzdatenbank überein.

³⁵ Im Prototyp wurden die Ausgabesysteme QGIS und Excel verwendet.

7.2 Modell TMC Location Codes

7.2.1 Modellbeschreibung Quelldaten TMC Location Codes

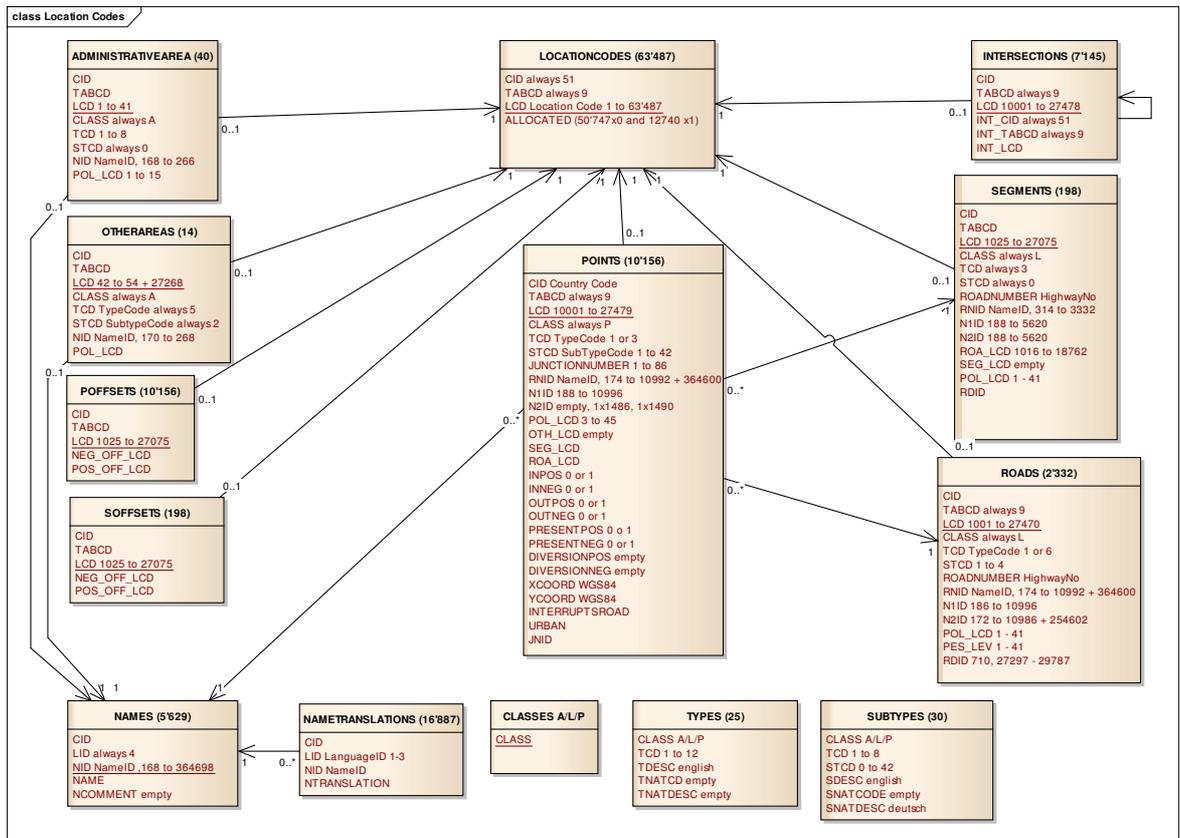


Abbildung 19: Modell Quelldaten TMC Locations

Für jede Klasse wurde eine DAT-Datei (CSV) geliefert. Das Modell ist relativ komplex. Wir möchten an dieser Stelle jedoch nicht näher darauf eingehen.

7.2.2 Modell gemäss [VSS-OBJ]

Die TMC Location Codes sind nicht Teil von [VSS-OBJ]

7.2.3 Konzeptuelles Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank

Eine herstellerseitige Dokumentation des Klassenmodells der TMC Location Codes lag uns nicht vor. Das nachfolgende Klassenmodell wurde von Projektteam aufgrund der Analyse der Daten erstellt.

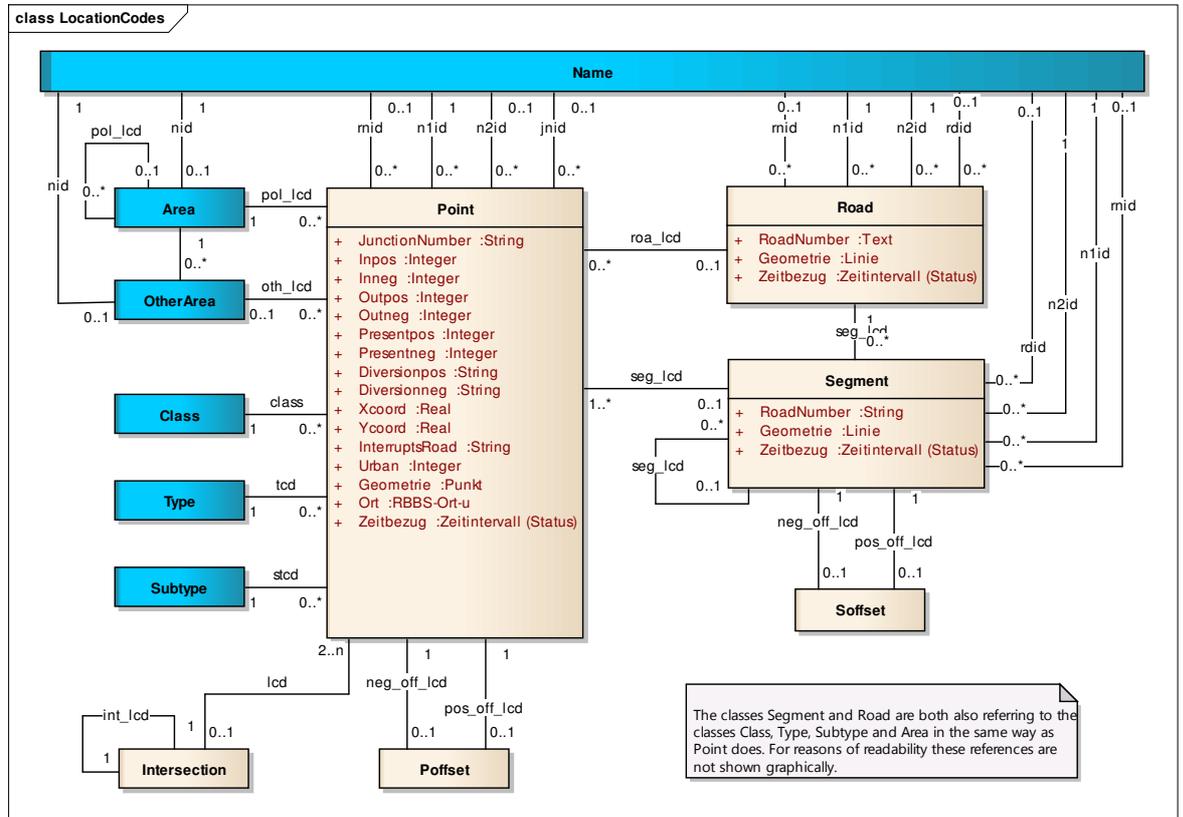


Abbildung 20: Konzeptuelles Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank

Als Klassen- und Attributnamen wurden die englischen Begriffe aus den gelieferten Daten verwendet.

Die wichtigste Klasse ist "Road", Eine Road setzt sich entweder aus einer Serie von "Point" für regionale Strassen oder von "Segment" für überregionale Strassen zusammen. Die Reihenfolge ist durch die Tabellen Poffset bzw. Soffset definiert. Sämtliche Namen sind in die Klasse "Name" ausgelagert. Diese ist, hier nicht dargestellt, noch mit einer Tabelle "NameTranslations" für die Mehrsprachigkeit verknüpft.

Der lineare Bezug zum RBBS wird über das Attribut Ort hergestellt.

Weitere Details siehe Anhang III.

7.2.4 Logisches Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank

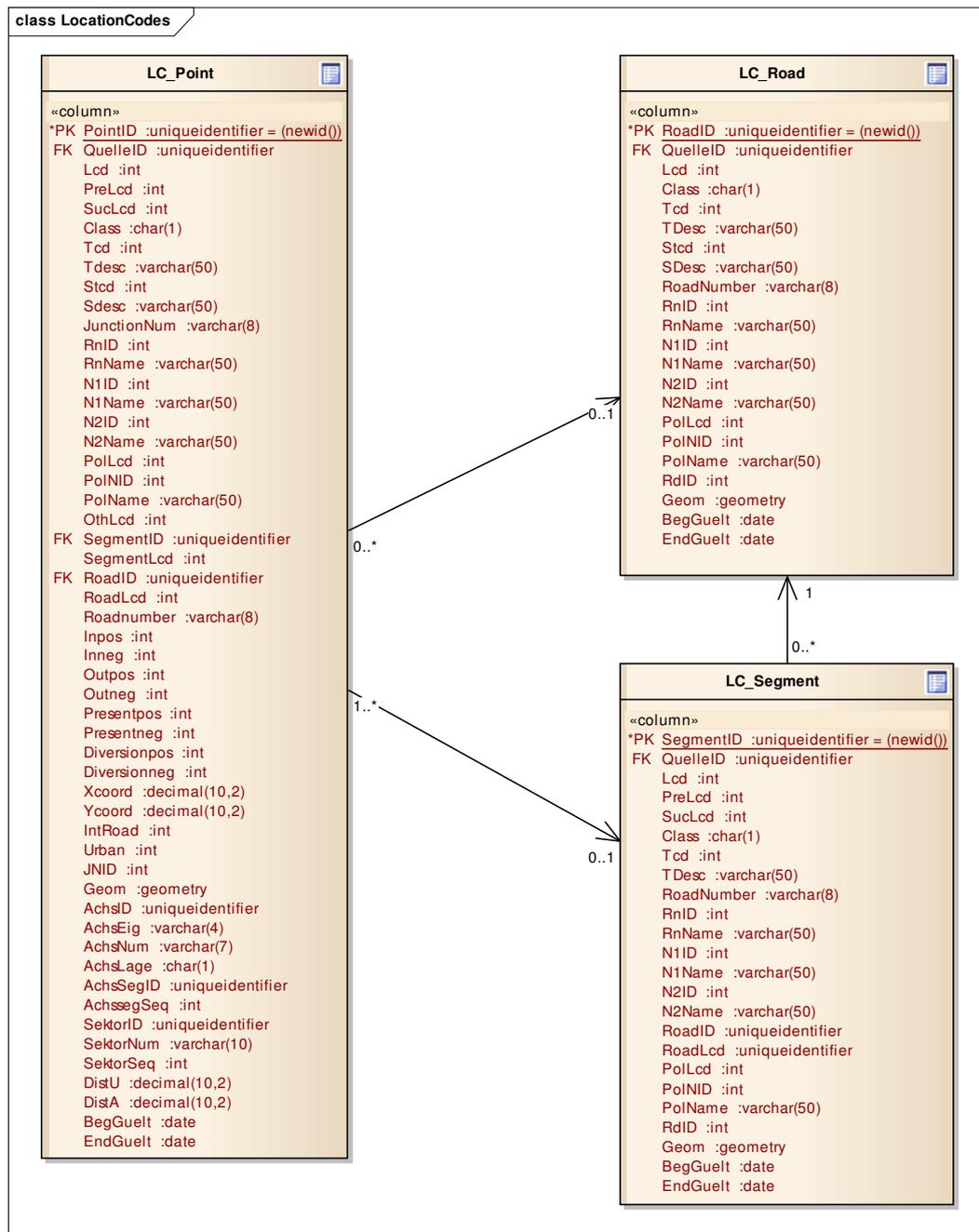


Abbildung 21: Logisches Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank

Bemerkungen:

- Die Typen und Subtypen wurden mit den Bezeichnern ergänzt, z.B. Tcd ergänzt mit TDesc.
- Die Namen wurden integriert, z.B. N1ID ergänzt mit N1Name
- Die Attribute Xcoord und Ycoord wurden in der Klasse LC_Point zum Geometrietyp POINT zusammengefasst.
- Für die Klasse LC_Segment wurde eine Geometrie vom Typ LINESTRING generiert.

- Für die Klasse LC_Road wurde eine Geometrie vom Typ LINESTRING falls sie sich aus LC_Point zusammensetzt oder MULTILINESTRING³⁶ falls sie sich aus LC_Segment zusammensetzt generiert.
- Der RBBS-Bezug wurde mit zusätzlichen (redundanten) Informationen ergänzt, nämlich Attribute AchsID bis DistA.

7.2.5 Logisches Modell TMC Location Codes für das Ausgabesystem QGIS

Das logische Modell für das Ausgabesystem variiert je nach Typ und Produkt. Stellvertretend wird hier das logische Modell für die Ausgabe in QGIS³⁷ abgebildet.



Abbildung 22: Logisches Modell TMC Location Codes für das Ausgabesystem QGIS

QGIS kann direkt auf Datenbanken zugreifen, welche die Verwendung von Geometriety-
pen unterstützen, daher ist eine Bereitstellung in einem proprietären Fileformat nicht
notwendig. GIS-Systeme modellieren Fremdschlüsselbeziehungen mit eigenen Mecha-

³⁶ Die in der Referenzdatenbank verwendeten Geometriety-
pen entsprechen dem Standard ISO 19125 Simple
Feature Access

³⁷ Im Prototyp wurden die Ausgabesysteme QGIS und Excel verwendet.

nismen. Aus diesem Grund wurden Fremdschlüssel weggelassen. Die Codes zu Typbezeichnungen und Name wurden entfernt. Ebenso Attribute deren Inhalt immer leer ist. Die übrigen Attribute stimmen mit denjenigen der Referenzdatenbank überein.

8 Prototyp

8.1 Abgrenzung

Der Prototyp hat primär den Datentransfer von den Quell- zu den Ausgabesystemen im Fokus. Daten verschiedener Quellen werden kombiniert und in den Ausgabesystemen ausgewertet und präsentiert. Dabei bedienen wir uns einfacher Darstellungsmodelle.

8.2 Daten

Als Pilotgebiet wurde der Kanton Bern gewählt. Folgende Daten wurden für den Prototyp verwendet:

Herkunft	Klasse	Format	Raumbezug
MISTRA BS	Achsen der National-, Kantons- und Gemeindestrassen im Gebiet des Kantons Bern.	Shapefile ³⁸	RBBS + LV03
Kanton Bern TBA	Achsen der Kantonsstrassen	Shapefile	LV03
Kanton Bern TBA	Fachnetz Signalisierte Geschwindigkeit auf den Kantonsstrassen.	Shapefile	LinRef ³⁹ + LV03
Kanton Bern TBA	Fachnetz DTV und Angaben zu auf gemessenen Geschwindigkeiten den Kantonsstrassen	Shapefile	LinRef + LV03
ARE	Verkehrsmodell Schweiz 2010	Shapefiles	LV03
ASTRA	TMC Location Codes Version 62 ganze CH	CSV	WGS84
ViaSuisse	Ereignisse Baustellen Februar 2013 ganze CH	XML	Topologisch
MISTRA VU	Verkehrsunfälle 2010 ganze CH	CSV	RBBS + LV03

Tabelle 14: Daten Prototyp

Wie zu sehen wurden die Daten ausschliesslich als Transferdateien zur Verfügung gestellt. Dies war aus technischen Gründen nicht anders möglich. Vom gewählten Lösungsansatz her spielt es jedoch keine Rolle ob Daten via Transferdateien, über Web-Services oder durch Direktzugriff auf Quelldatenbanken bezogen werden⁴⁰. Der Unterschied liegt einzig und allein im ersten Schritt, nämlich dem 1:1-Extrakt von den Quelldaten in die Datenbank des Auswertungssystems (s. Abbildung 7: Datenflussdiagramm in Kap. 5.1).

³⁸ Wegen der Einschränkung auf MISTRA-Achsen im Kanton Bern konnten die Daten nicht als INTERLIS-Dateien sondern nur als Shapefile geliefert werden. Somit mussten Achsen aus den Daten der Achsgeometrien generiert werden.

³⁹ LinRef bedeutet die lineare Referenzierung wie sie von GIS verwendet wird.

⁴⁰ Aus dem Gesichtspunkt der Performanz ist das Lesen von Quelldaten durch Direktzugriff auf Datenbanken, z.B. mit SQL-Befehlen tendenziell besser als das Lesen aus üblicherweise verwendeten Transferdateien.

8.3 Ausgabesysteme

Für den Prototyp wurden folgende Ausgabesysteme eingesetzt:

- QGIS (Quantum GIS) als geografisches Informationssystem in der Version 2.6. QGIS ist ein OpenSource-GIS und ist GNU General Public License lizenziert. Mit QGIS können wir vor allem die kombinierten Daten des Prototyps in kartografischer Form zeigen und verschiedene räumliche Abfragen durchführen.
- Excel⁴¹ von Microsoft. Damit können wir statistische Auswertungen durchführen und kombinierte Daten in tabellarischer Form und als Business Grafiken präsentieren.

8.4 Systemarchitektur Prototyp

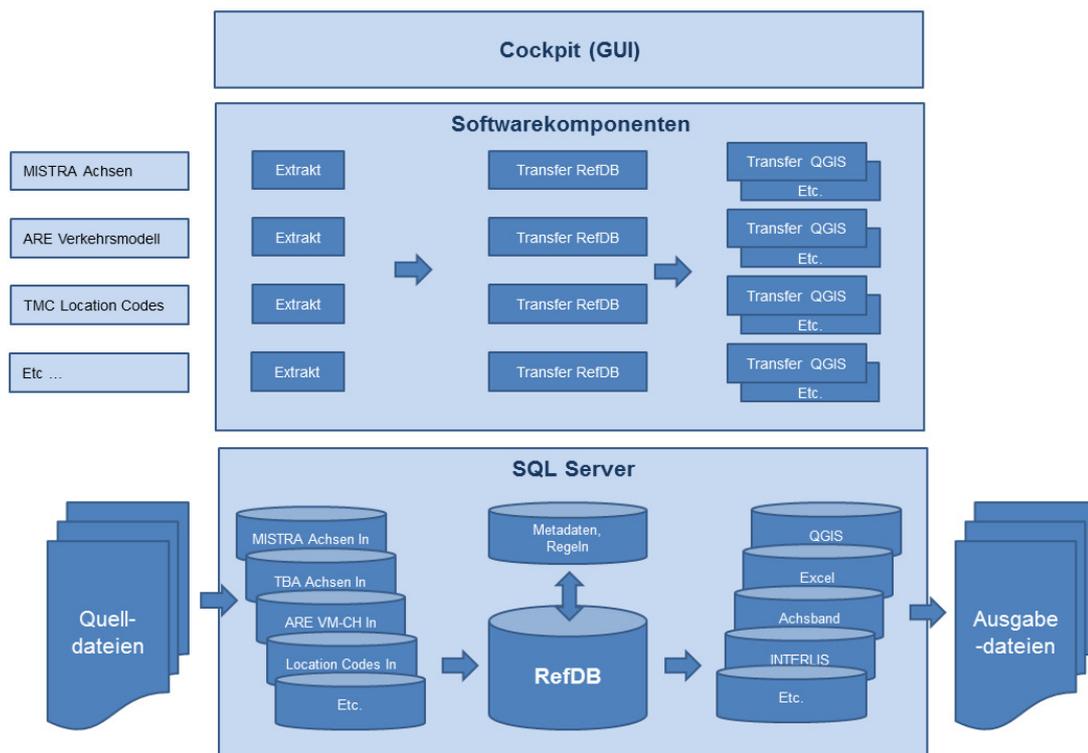


Abbildung 23: Logische Systemarchitektur Prototyp

Der Prototyp besteht aus drei Teilen, dem sog. Cockpit (GUI) zur interaktiven Benutzung der einzelnen Transfers, den Softwarekomponenten, welche die Transfers durchführen und den Dateien und Datenbanken. Das Cockpit und die Transfers wurden in C# programmiert, der Data Layer auf der Basis des Entity Framework und Stored Procedures.

Die Softwarekomponenten sind so aufgebaut, dass sie einerseits wie abgebildet interaktiv benutzbar sind, andererseits auch als Batch Job gestartet werden können. Die Abbildung zeigt für jede Datenquelle eine Zeile mit den entsprechenden Softwarekomponenten.

Auf der Datenebene wird für jedes Quellsystem eine Datenbank eingerichtet, z.B. "Mist-raAchsenIn", in welche beim Extrakt die Daten von MISTRA 1:1 kopiert werden. In der Mitte die RefDB, in welche die Daten durch den Transfer-RefDB-Schritt transformiert und gespeichert werden. Beim zweiten Transfer-Schritt werden die Daten für das gewünschte

⁴¹ Ursprünglich war die Verwendung von Tableau der gleichnamigen Firma geplant. Doch war es nicht möglich für das Forschungsprojekt kostenfreie Lizenzen zu erhalten.

Ausgabesystem aufbereitet und in die entsprechende Datenbank abgelegt. Sofern notwendig⁴² werden die Daten mit dem zweiten Transferschritt zusätzlich in proprietäre Fileformate des Ausgabesystems exportiert.

8.5 Anwendungsfälle

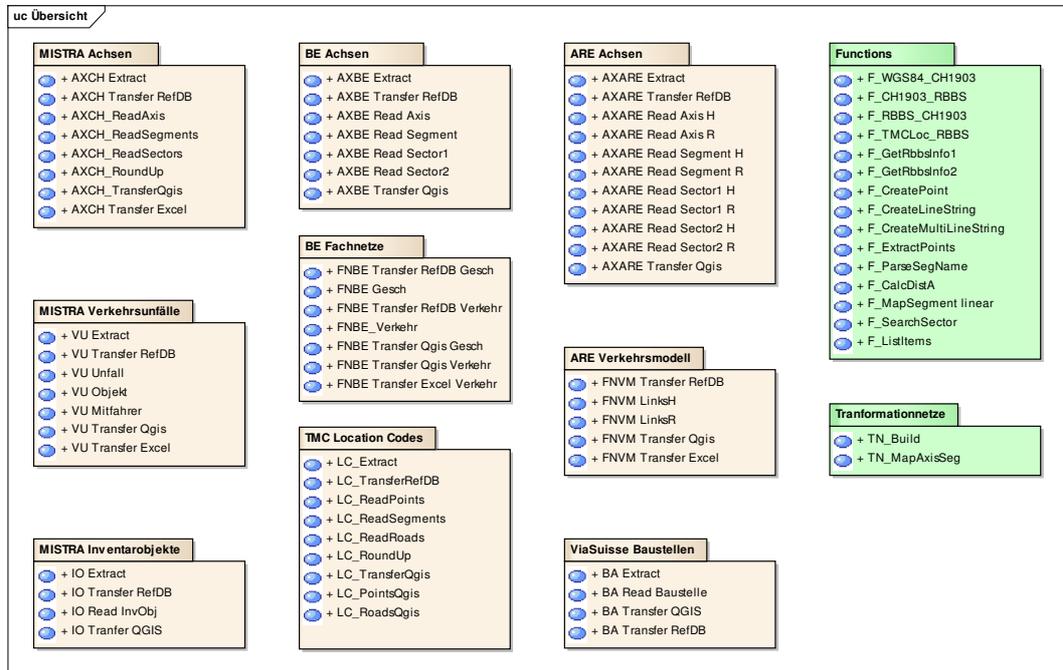


Abbildung 24: Übersicht UseCases Prototyp

Die Anwendungsfälle sind nach Paketen gruppiert. Die Abbildung zeigt in den ersten drei Kolonnen von links pro Quellsystem ein Kästchen mit den Anwendungsfällen für den Transfer der Daten und die Anwendung der Regeln:

- MISTRA Achsen: Achsen und Bezugspunkte (Sektoren) von National-, Kantons- und Gemeindestrassen aus dem Basissystem MISTRA.
- BE Achsen: Achsen der kantonalen Strassen des Kantons Bern aus LOGO.
- ARE Achsen: Achsen (Links) aus dem Verkehrsmodell ARE
- MISTRA Verkehrsunfälle: aus der Fachapplikation MISTRA
- BE Fachnetze: Fachnetze signalisierte Geschwindigkeiten und Verkehr des Kantons Bern aus LOGO.
- ARE Verkehrsmodell: mit den Links als Fachnetzsegmente
- TMC Location Codes⁴³
- ViaSuisse Baustellen

Zusätzlich in den Kästchen rechts je ein Paket mit den Transformationsfunktionen, welche die semantischen Regeln implementieren sowie ein Paket für die Erstellung der Transformationsnetze.

⁴² Sowohl QGIS als auch Excel können Daten ohne proprietäre Fileformate direkt aus SQL-Server lesen.

⁴³ Auch bei den Location Codes müssten für die "Roads" ein Transformationsnetz erstellt werden. Aufgrund der grossen geometrischen Abweichungen wäre der Aufwand für den Prototyp unverhältnismässig gross gewesen. Wir haben uns deshalb darauf beschränkt für jeden "Point" z.T. über die Strassennummer den Bezug zum RBBS MISTRA herzustellen.

Der gesamte Aufbau des Prototyps ist vergleichbar mit einer FME-Anwendung. Es ist zu prüfen, ob eine produktive Version eines Auswertungssystems allenfalls auf FME aufgebaut werden kann. Mit der im Prototyp gewählten Lösung konnten wir die Spezialisierungen des ganzen Umfelds sehr präzise berücksichtigen, was mit FME weniger gut möglich gewesen wäre. Ausserdem konnten wir die Möglichkeiten des SQL-Servers mit sehr datennahen Prozeduren ausnutzen, was sich auf die Performanz positiv auswirkt.

In der folgenden Abbildung werden, stellvertretend für alle Quellsysteme, die Anwendungsfälle für den Transfer der Daten des Fachnetzes Verkehr aus dem Verkehrsmodell ARE gezeigt.

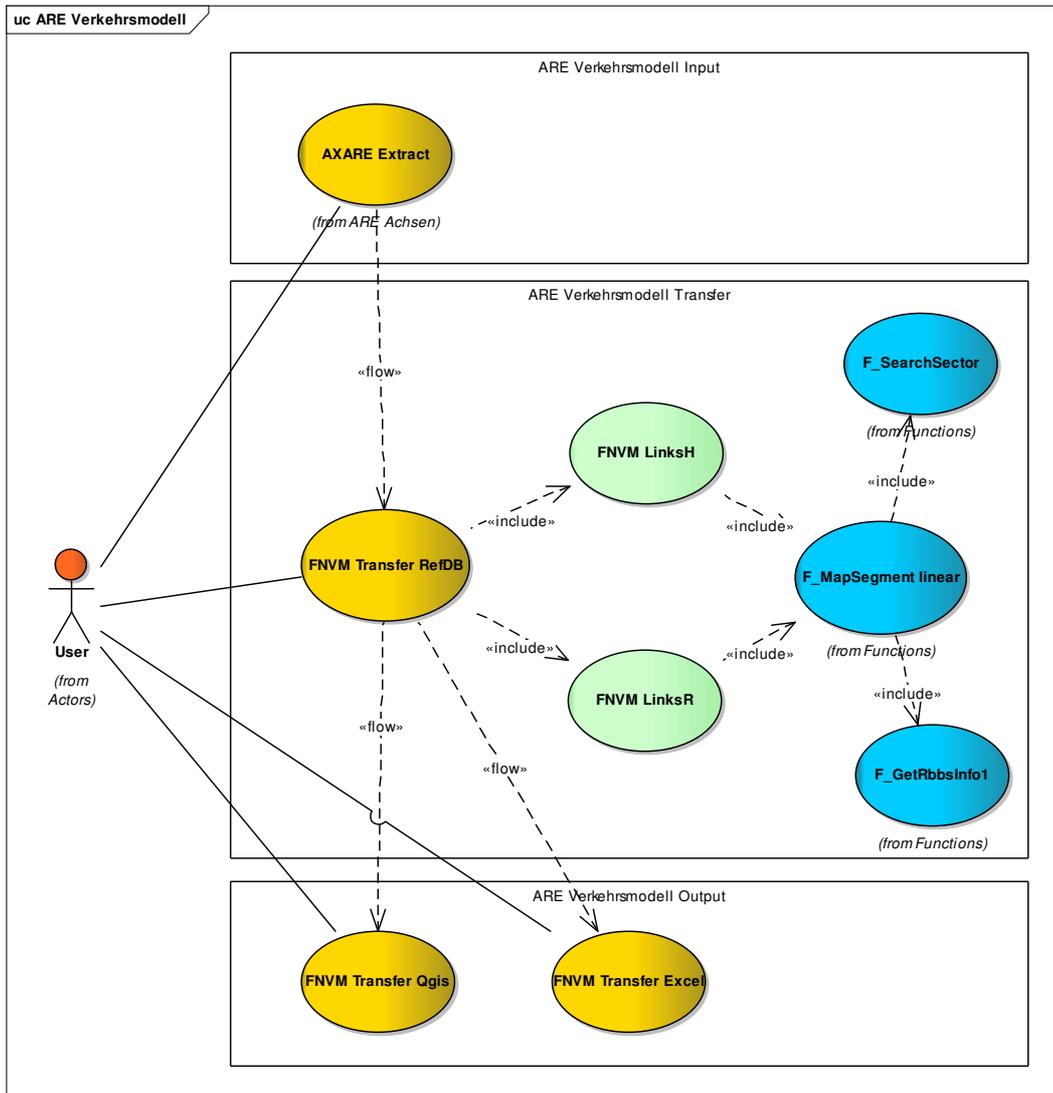


Abbildung 25: Anwendungsfälle Transfer Fachnetz Verkehr aus VM-CH

Der Transfer gliedert sich in die 3 Blöcke, dem oberen für den Extrakt aus den gelieferten Dateien in die 1:1-Datenbank "AreVerkehrsmodellIn", dem mittleren mit dem Transfer aus der 1:1-Datenbank in die Referenzdatenbank sowie dem unteren für den Transfer in die Ausgabesysteme.

Der obere Block ist relativ trivial. Die Schwierigkeit liegt jedoch in der Verarbeitung der einzelnen Fileformate.

Der mittlere Block enthält sämtliche Transformationsfunktionen. Der Anwendungsfall "FNVM Transfer RefDB" enthält einige allgemeine Aufgaben des Transfers:

- Lesen der Inputparameter Servername, Zielsprache, Bezugszeitpunkt⁴⁴.
- Schreiben eines Datensatzes in die Metadaten.
- Schreiben eines Datensatzes in die Netztabelle FN_Netz.
- Löschen von Daten früherer Transfers.
- Aufruf des Anwendungsfalles für den Transfer mit der Anwendung der semantischen Regeln.

In den Anwendungsfällen "FNVM LinksH" und "FNVM LinksR" werden die Links transferiert, die auf dem MISTRA Achsen abgebildeten Fachnetzsegmente generiert und in die RefDB gespeichert. Rechts der Aufruf der Funktion "F Map Segment linear", welche die Generierung von Fachnetzsegmenten beinhaltet. Dieser wiederum verwendet die Funktionen F_SearchSector für die Bestimmung des relevanten Sektors (Bezugspunkt) auf einer bestehenden Achse und F_GetRbbsInfo1 für die Vervollständigung der Attribute des RBBS-Bezuges.

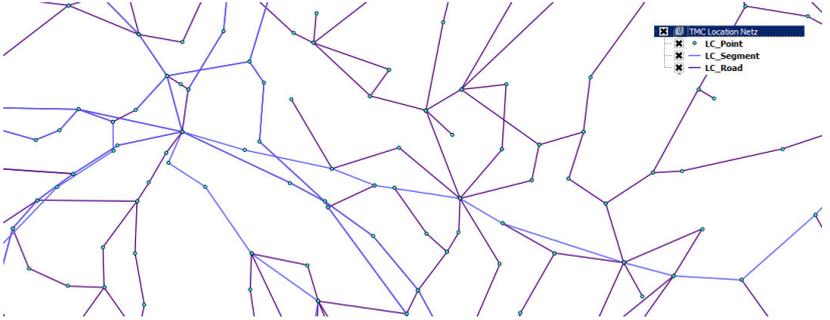
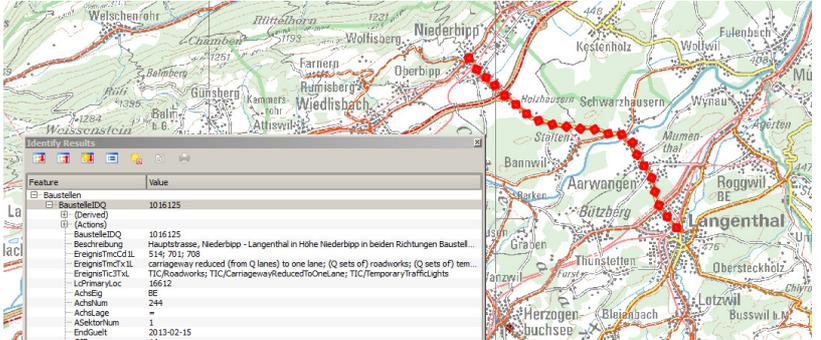
Der untere Block enthält die Anwendungsfälle für die Weitergabe der Daten an die Ausgabesysteme QGIS und Excel. Da diese beiden Ausgabesysteme direkt auf die SQL-Server-Datenbank zugreifen können, erübrigt sich die Erstellung proprietärer Dateien im Prototyp.

Mit dieser Methode können die Daten aller für ein Ausgabesystem benötigten Daten aus den verschiedenen Quellsystemen sequentiell übertragen und anschliessend vom Ausgabesystem kombiniert, ausgewertet und präsentiert werden. Im Prototyp wurden einige Beispiele realisiert.

⁴⁴ Bei der Ausführung als Batch Job werden die Parameter über eine XML-Datei übergeben

8.6 Resultate

Quelle	Bemerkungen
Achsdaten MISTRA	<p>Von den MISTRA-Achsen wurden Shapefiles der Achsgeometrien und der Bezugspunkte geliefert. Die Achsen selber enthalten keine Geometrie und konnten deshalb nicht als Shapefile geliefert werden. Die Attribute der Achse mussten deshalb soweit möglich aus Angaben der Achsgeometrie erzeugt werden, was sehr unschön ist. Probleme gab es auch mit einigen falschen Sektorlängen (z.B. bei CH.N6+ 40). Wir empfehlen die Sektorlängen durch einen Vergleich mit der 2D-Länge zu plausibilisieren. Wenn Shapes für ein Teilgebiet, z.B. Kanton, bezogen werden, werden Bezugspunkte ausserhalb nicht geliefert, auch dann nicht, wenn das zugehörige Achssegment teilweise in diesem Gebiet liegt.</p> <p>Das Bild der Achsen nach dem Transfer:</p>
LOGO-Daten Kanton Bern	<p>Bei den Transfers gab es keine Probleme. 100% der Achsen, 99.9% der Geschwindigkeitsabschnitte und 99.6% der Verkehrsabschnitte konnten ohne manuellen Eingriff in die Referenzdatenbank übernommen und mit den MISTRA-Achsen kombiniert werden. Dies vor allem dank der Tatsache, dass die Achsgeometrien lagemässig identisch sind.</p> <p>Dies ergibt für die Verkehrsdaten im Raum Bern folgendes Bild:</p> <p>Die Geschwindigkeitsdaten im selben Ausschnitt:</p> <p>Die zeitliche Gültigkeit der Logo-Daten ist allgemein unbekannt. Die Achsen haben ein MODIFIED Datum. Wir dürfen davon ausgehen, dass nur aktuell gültige Achsen geliefert wurden. Die Fachnetze haben ein Attribut ERF_JAHR.</p> <p>Beim Fachnetz Verkehr wurden die Erhebungen in unterschiedlichen Jahren gemacht (zwischen 1983 und 2013), 20% der Abschnitte Verkehr haben ein unbekanntes Erfassungsjahr (Attributwert 1899).</p> <p>Bei beiden Fachnetzen gibt es einige unplausibel kurze Abschnitte (14.1 % der Verkehrs-, 12.5% der Geschwindigkeitsabschnitte sind kürzer als 50 m).</p>
Verkehrsdaten ARE	<p>Im Rahmen des Prototyps konnten 73% der Daten des ARE algorithmisch übernommen werden. Bei der Zuordnung von VM-Links traten Probleme vor allem dort auf, wo neben geometrischen Differenzen auch zahlreiche Einmündungen von</p>

	<p>Rampen und Nebenstrassen vorhanden sind. Die ergibt folgendes Bild</p>  <p>Der Erkennungs-Algorithmus lässt sich mit etwas mehr Aufwand als uns zur Verfügung stand auf etwa 90 - 95% verbessern.</p>																																		
<p>TMC Locations</p>	<p>Die reine Übernahme der TMC Location Points, Segments und Roads ohne die Referenzierung der Achsen in RefDB bot wenige Probleme.</p>  <p>Allerdings ist die Lage der Knoten und den Verbindungen zwischen den Knoten sehr schematisiert. Von den 1555 Points im Staatsgebiet des Kantons Bern konnten alle einer NS-, KS- oder GS-Achse zugeordnet werden. Dabei wurde darauf geachtet, dass Anfangs- und Endknoten einer TMC-Verbindung zwischen 2 Points wenn möglich dieselbe Achse referenzieren. Dort wo dies nicht möglich war gilt es ein Routing über mehrere MISTRA-Achsen herzustellen. Der nachfolgende Bildausschnitt veranschaulicht diese komplexe Aufgabe:</p> 																																		
<p>ViaSuisse Baustellendaten</p>	<p>Die zur Verfügung gestellten Baustellendaten waren zu wenig umfangreich um repräsentative Tests durchzuführen. Von den 73 Baustellen konnten nur 17 auf MISTRA-Achsen platziert werden. Die anderen lagen ausserhalb des Kantonsgebiets oder verwiesen auf nicht unbekannt Locations. Beispiel einer Baustelle:</p>  <table border="1" data-bbox="596 1749 1070 1921"> <thead> <tr> <th>Feature</th> <th>value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Baustellen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BaustelleIDQ</td> <td>1016125</td> </tr> <tr> <td>(Derived)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(Achtens)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BaustelleIDQ</td> <td>1016125</td> </tr> <tr> <td>Straßennr</td> <td>Hauptstrasse, Niederbipp - Langenthal in Höhe Niederbipp in beiden Richtungen Baustell.</td> </tr> <tr> <td>EreignisTmcCd.L</td> <td>514; 701; 708</td> </tr> <tr> <td>EreignisTmcTx.L</td> <td>carriageway reduced (from Q lanes) to one lane (Q sets of) roadworks; (Q sets of) tem.</td> </tr> <tr> <td>EreignisTmcSt.L</td> <td>TTC/Roadworks, TTC/Carriageway/ReducedToOneLane, TTC/TemporaryTrafficLights</td> </tr> <tr> <td>LtPrimaryLoc</td> <td>16612</td> </tr> <tr> <td>AchtEg</td> <td>BE</td> </tr> <tr> <td>AchtNum</td> <td>244</td> </tr> <tr> <td>AchtLage</td> <td>=</td> </tr> <tr> <td>AchtNum</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>EndStuet</td> <td>2013-02-15</td> </tr> <tr> <td>OID</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table>	Feature	value	Baustellen		BaustelleIDQ	1016125	(Derived)		(Achtens)		BaustelleIDQ	1016125	Straßennr	Hauptstrasse, Niederbipp - Langenthal in Höhe Niederbipp in beiden Richtungen Baustell.	EreignisTmcCd.L	514; 701; 708	EreignisTmcTx.L	carriageway reduced (from Q lanes) to one lane (Q sets of) roadworks; (Q sets of) tem.	EreignisTmcSt.L	TTC/Roadworks, TTC/Carriageway/ReducedToOneLane, TTC/TemporaryTrafficLights	LtPrimaryLoc	16612	AchtEg	BE	AchtNum	244	AchtLage	=	AchtNum	1	EndStuet	2013-02-15	OID	14
Feature	value																																		
Baustellen																																			
BaustelleIDQ	1016125																																		
(Derived)																																			
(Achtens)																																			
BaustelleIDQ	1016125																																		
Straßennr	Hauptstrasse, Niederbipp - Langenthal in Höhe Niederbipp in beiden Richtungen Baustell.																																		
EreignisTmcCd.L	514; 701; 708																																		
EreignisTmcTx.L	carriageway reduced (from Q lanes) to one lane (Q sets of) roadworks; (Q sets of) tem.																																		
EreignisTmcSt.L	TTC/Roadworks, TTC/Carriageway/ReducedToOneLane, TTC/TemporaryTrafficLights																																		
LtPrimaryLoc	16612																																		
AchtEg	BE																																		
AchtNum	244																																		
AchtLage	=																																		
AchtNum	1																																		
EndStuet	2013-02-15																																		
OID	14																																		

Verkehrsunfälle	<p>Die MISTRA Verkehrsunfälle konnten über deren planare Geometrie zu 86% integriert werden. Dies ergibt folgendes Bild:</p>  <p>Die übrigen 14% der Verkehrsunfälle enthielten weder gültige planare noch gültige lineare Koordinaten.</p> <p>In den RBBS-Daten wurden die Achsen, Achssegmente und Bezugspunkte durch deren Name referenziert, die ID-Felder waren leer. Dies hat beim Transfer erhebliche Probleme verursacht und nicht weiter verfolgt. Für maschinenlesbare Schnittstellen müssen unbedingt IDs verwendet werden.</p> <p>Im Attribut Unfallzeit steht z.Z. der Wert 'unbekannt'. Für maschinenlesbare Schnittstellen ist ein leeres Feld vorzuziehen. Ditto im Personenblatt bei den Altersangaben.</p> <p>Zum Teil sind wir auch auf unbekannte Codes gestossen.</p>
-----------------	--

Tabelle 15: Resultate Prototyp

8.7 Erfahrungen und Empfehlungen

Die Nachhaltigkeit der Transferprozesse hängt u.a. von der konsequenten Einhaltung von Vorgaben für die Quelldatenformate ab. Dabei ist es unerheblich ob es sich um Shapefiles, CSV-Dateien, INTERLIS, direkten DB-Zugriffen usw. handelt. Wichtig ist, dass die Daten in aufeinanderfolgenden Transfers immer gleich formatiert geliefert werden.

Falls Daten aus verschiedenen Quellen bezogen werden, ist für deren Kombination die Übereinstimmung der planaren oder linearen Geometrie von zentraler Bedeutung. Am Beispiel von der Strassendaten des Kantons Bern, welche dieselbe planaren Achsgeometrien aufweisen wie die Basisachsen aus MISTRA in der Referenzdatenbank, war eine 100%-ige Integration möglich.

Der Prototyp hat auch gezeigt, wie wichtig die vorgängig aufbereiteten Transformationsnetze für eine performante und qualitativ gute Integration sind. Nur so konnten im Prototyp Fachdaten performant und mit hoher Qualität transferiert werden. Die Übernahme der Fachnetze Signalisierte Geschwindigkeit und Verkehr des Kantons Bern dauert weniger als 10 Sekunden ohne Datenverluste.

Die Aufbereitung von Transformationsnetzen kann aufwändig sein und kann eine manuelle Nachbearbeitung erfordern. Im Fall der Daten des Kantons Bern konnte das Transformationsnetz in < 2 Minuten zu 100% algorithmisch erstellt werden. Bei den Daten des ARE dauert der algorithmische Aufbau bei den Nationalstrasse 59 Minuten, bei den Kantonsstrassen gut 5 Stunden⁴⁵, bedürfen aber noch einer manuellen Nachbearbeitung.

Aus diesen Erfahrungen heraus wäre es ideal, wenn alle Hersteller von Strassendaten als geometrische Grundlage dieselbe Datenquelle, idealerweise die Achsen aus swisstopo TLM, benützen würden.

Bei den für den Prototyp gelieferten Daten waren Zeitdaten nur in beschränktem Mass vorhanden, historisierte Daten fehlten sogar gänzlich. Deshalb konnten nur wenige Erfahrungen beim Transfer von Zeitdaten gesammelt werden.

⁴⁵ Auf einem Notebook DELL Latitude E6410 aus dem Jahr 2010 mit einem I5 M520 Prozessor und 4 BG RAM

9 Normenbausteine

Das primäre Ziel dieses Forschungsauftrages war nicht eine Grundlage für eine neu zu schaffende Norm zu liefern, sondern Möglichkeiten für die kombinierte Auswertungen von Strassendaten aus verschiedenen Quellsystemen aufzuzeigen und somit Ideen für eventuell zu realisierende produktive Systeme anzubieten.

Sollte die Gemeinschaft der Strassenfachleute trotzdem die Erstellung einer Norm empfehlen, können folgende Themen als Bausteine sein:

1. Die Beschreibung möglicher Konflikte, welche bei der Zusammenführung von Daten auftreten können, wie diese Konflikte erkannt werden und wie sie aufgelöst werden können. Die Klassifizierung der Konflikte, wie sie in Kapitel 4 gemacht wurde, kann dabei eine Grundlage sein.
2. Der Aufbau des Regelwerks für die semantischen Regeln gemäss Kapitel 6.3.
3. Das Klassenmodell für die Referenzdatenbank als Spezialisierung des Modelles aus [VSS-OBJ], spezialisiert für Ausgabezwecke sowie das daraus abgeleitete logische Datenmodell der Referenzdatenbank.
4. Empfehlungen für den Umgang mit Schlüssel-, Raum- und Zeitdaten.
5. Konventionen für die Datenmodellierung (Namen von Tabellen und Attributen, Schlüsselbildung, Datentypen)
6. Methoden für die Beurteilung der Qualität der Daten, z.B. gemäss [STDM].
7. Die Normierung von Darstellungsmodellen für Ausgabesysteme der Typen GIS, Achsband, BI-Tool, Quer- und Längsprofile ähnlich wie dies der SIA im Bereich Leitungsinformationen mit der Norm 405 anbietet.
8. Grundlagen für die Methoden eines WFS, welches von einem zentral geführten Auswertungssystem angeboten und von Ausgabesystemen genutzt werden kann.

Anhänge

I	Zusammenfassungen Grundlagendokumente.....	75
II	Semantische Regeln	77
III	Konzeptuelles Modell der Referenzdatenbank	79

I Zusammenfassungen Grundlegendokumente

Dieses Kapitel ist auf der beigefügten CD enthalten.

II Semantische Regeln

Dieses Kapitel ist auf der beigefügten CD enthalten.

III Konzeptuelles Modell der Referenzdatenbank

Dieses Kapitel ist auf der beigefügten CD enthalten.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel eines Klassendiagrammes am Beispiel der Fachnetze	17
Abbildung 2: Beispiel eines Anwendungsfalldiagrammes	18
Abbildung 3: Bezug zum Forschungspaket	19
Abbildung 4: Beispiel einer kombinierten Darstellung im Achsband	20
Abbildung 5: Konzeptuelle Architektur	21
Abbildung 6: Relevanz der Grundlagendokumente	24
Abbildung 7: Datenflussdiagramm	38
Abbildung 8: Modell Metadaten.....	44
Abbildung 9: Klassenmodell Transformationsregeln.....	45
Abbildung 10: Konzeptuelles Modell Transformationsnetze.....	49
Abbildung 11: Transformationsstrecken - einfaches Beispiel.....	50
Abbildung 12: Transformationsstrecken - komplexes Beispiel	51
Abbildung 13: Modell Quelldaten MISTRA Achsen	53
Abbildung 14: Klassenmodell RBBS gemäss [VSS-OBJ].....	54
Abbildung 15: Klassenmodell Achssegmentgeometrien gemäss [VSS-OBJ]	55
Abbildung 16: Konzeptuelles Modell Achsen in der Referenzdatenbank	56
Abbildung 17: Logisches Modell Achsen in der Referenzdatenbank.....	57
Abbildung 18: Logisches Datenmodell Achsen für das Ausgabesystem QGIS.....	58
Abbildung 19: Modell Quelldaten TMC Locations	59
Abbildung 20: Konzeptuelles Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank ...	60
Abbildung 21: Logisches Modell TMC Location Codes in der Referenzdatenbank.....	61
Abbildung 22: Logisches Modell TMC Location Codes für das Ausgabesystem QGIS ...	62
Abbildung 23: Logische Systemarchitektur Prototyp	65
Abbildung 24: Übersicht UseCases Prototyp.....	66
Abbildung 25: Anwendungsfälle Transfer Fachnetz Verkehr aus VM-CH.....	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick Konflikttypen	27
Tabelle 2: Modellkonflikte	28
Tabelle 3: Schlüsselkonflikte	30
Tabelle 4: Raumkonflikte unterschiedliche Definition der Bezugssysteme.....	32
Tabelle 5: Raumkonflikte unterschiedliche Lokalisierung / Positionierung	32
Tabelle 6: Raumkonflikte unterschiedliche räumliche Ausdehnung.....	33
Tabelle 7: Zeitdatenkonflikte	35
Tabelle 8: Fachdatenkonflikte	36
Tabelle 9: Überblick semantische Regeln mit Bezug zu Konflikten	46
Tabelle 10: Bsp 1 - Semantische Regel für Fachnetz.....	46
Tabelle 11: Bsp 2 – Sem. Regel für ein Fachnetzsegment aus Daten Kt Bern TBA	47
Tabelle 12: Bsp 3 - Semantische Regel für ein Fachnetzsegment aus Daten des ARE ..	48
Tabelle 13: Klassen des Transformationsnetzes	50
Tabelle 14: Daten Prototyp.....	64
Tabelle 15: Resultate Prototyp	71

Glossar

Begriff	Bedeutung
Achsband	Programm zur grafischen Darstellung von Daten von linienförmigen Objekten (z.B. Strassen, Flüsse) auf der abgewickelten Achse (Vergleich Längsprofile).
ALERT-C	Standard für die Codierung von Verkehrsmeldungen (ISO 14819), s. auch TMC
Algorithmus	Berechnungsverfahren. Gebräuchlicher Ausdruck in der Softwareentwicklung.
Anwendungsfall	Ein Anwendungsfall (engl. UseCase) beschreibt eine Komponente einer Software mit Vorbedingungen, Ablauf und Nachbedingungen.
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
Attribut	Merkmal eines Objekts, z.B. Attribut Achsnummer
Ausgabesystem	Oberbegriff für Programme, welche Daten in ausgewerteter Form präsentieren
BI Tool	Business Intelligence Software für statistische Auswertungen und Businessgrafiken
BS	Basissystem MISTRA
Buffer	Gebräuchlicher Ausdruck zur Bildung einer Pufferzone um ein Feature, z.B. um eine Strassenachse.
CSV	Comma Separated Values: Datei mit Datensätzen (Zeilen) in denen die einzelnen Felder (Attribute) durch ein vordefiniertes Zeichen getrennt sind.
Darstellungs- geometrie	Achsgeometrie, welche für bestimmte, meist generalisierte kartografische Darstellungen verwendet wird.
Data Warehouse	Siehe DWH
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr.
DWH	Data Warehouse: Datenbanken in der Daten aus verschiedenen Quellen in einem einheitlichen Format für Auswertungen angeboten werden.
EK	Expertenkommission des VSS
EMF	Erhaltungsmanagement Fahrbahn
EMK	Erhaltungsmanagement Kunstbauten
EMT	Erhaltungsmanagement Technische Ausrüstung
ETL	Extract Transfer Load: beschreibt Transferprozess von einem Quellsystem in ein DWH
Fachnetz	Sammlung von Strassenabschnitten, welche eine oder mehrere Merkmale der Strasse enthalten, z.B. Fachnetz signalisierte Geschwindigkeit
Feature	Gebräuchlicher Begriff für ein räumliches Objekt in einem GIS
FME	Feature Manipulation Engine. Software von Safe Software für die Umwandlung von Daten zwischen verschiedenen Formaten.
GIS	Geografisches Informationssystem
GML	Geographic Markup Language, Spezialisierung von XML für den Austausch von Geodaten
GUI	Graphical User Interface. Benutzeroberfläche eines Programms.
GUID	Global Unique Identifier: weltweit eindeutige Identifikation. Wird vielfach als Primärschlüssel für einen Datensatz in einer relationalen Datenbank verwendet.

Begriff	Bedeutung
ID	Abkürzung für Identifikation (Schlüssel-Attribut).
INTERLIS	Schweizerischer Standard für den Austausch von Geodaten
ISO	International Standardization Organization.
Katalogtabelle	Gebräuchlicher Ausdruck für eine Datenbank-Tabelle mit Codes und deren Beschreibung, z.B. die VSS-Strassentypen HLS, HVS usw.
Klassenmodell	Grafische Beschreibung der Klassen (Objektmengen) einer Software mit den Attributen und Operationen, welche an diesen Klassen angewendet werden können.
LINESTRING	Geometriotyp eines linienförmigen Objekts
Location Codes	Topologisches Strassennetz welches als Grundlage für die Lokalisierung von Verkehrseignissen verwendet wird (s. auch TMC).
LV03	Landesvermessung 1903. Planares Landeskoordinatensystem der Schweiz
Mapping	Anglizismus für die Zuordnung von Tabellen- und Attributnamen zwischen zwei Systemen
Metadaten	Daten über Daten wie Inhalt, Herkunft, Qualität, Tabellen und Attribute, Geodätisches Bezugssystem usw.
MDA	Model driven architecture.
MISTRA	Management Informationssystem Strassen des ASTRA
MiV	Motorisierter Individualverkehr
MULTI LINESTRING	Geometriotyp eines Objekts, dessen Geometrie sich aus mehreren LINESTRING zusammensetzt.
NDQ	Netto-Datenbank-Qualität
OGC	Open Geospatial Consortium, Standardisierungsorganisation für Geodaten
öV	Öffentlicher Verkehr
POINT	Geometriotyp eines Punktoobjekts
POLYGON	Geometriotyp eines flächenförmigen Objekts
QGIS	Quantum GIS. Open Source Produkt für die Präsentation und Verarbeitung von Geodaten
Quellsystem	Datenbankgestütztes Programm das Daten liefert
Query	Gebräuchlicher Ausdruck für einen Datenbankzugriff in SQL
RBBS	Räumliches Basis Bezugssystem. CH-Norm für lineare Bezugssysteme (SN 640912).
RefDB	Kurzbezeichnung für Referenzdatenbank
Referenzgeometrie	Achsgeometrie, welche als Basis für die Umrechnung von linearen in planare Koordinaten bildet. In der Regel ist es die genauest mögliche Achsgeometrie.
SFA	Simple Feature Access: Klassenmodell für Geometriedaten (ISO 19125).
Shapefile	Industriestandard für eine Datei mit Geodaten-
SIS	Oberbegriff für Strasseninformationssystem
SN	Schweizerische Norm
SQL	Structured Query Language: ANSI Standardzugriffssprache für die Verwaltung, Datenbewirtschaftung und Auswertung von Daten in relationalen Datenbanken.
SVT	Strassenverkehrstelematik
TBA	Tiefbauamt

Begriff	Bedeutung
TMC	Traffic Message Chanel. Format für die Übertragung von Verkehrsmeldungen
Transformationsnetz	Netz mit Strassenabschnitten welches die lineare Zuordnung zwischen zwei unabhängig erstellten Strassenachsnetzen beschreibt.
UML	Unified Modeling Language: Ist eine grafische Modellierungssprache zur Spezifikation und Dokumentation von Datenbanken und Software (ISO/IEC 1905)
UseCase	Siehe Anwendungsfall
View	Dynamische Sicht auf eine Datenbank auf der Basis einer Query
VM-CH	Verkehrsmodell Schweiz des ARE
VSS	Verein Schweizerischer Strassenfachleute
VU	Verkehrsunfalldatenbank MISTRA
WFS	Web Feature Service zur Anzeige von Karten in Vektorform via Internet
WGS84	World Geodetic System 1984: Geodätisches Referenzsystem für Positionsangaben auf der Erde.
WMS	Web Map Service zur Anzeige von Karten in Rasterform via Internet
XML	Extended Markup Language, wird verwendet für den Datenaustausch per Dateitransfer

Literaturverzeichnis

-
- [1] VSS 2011/716 Pflichtenheft "Schnittstellen aus den Auswertungssystemen (SIS-DWH)
-
- [2] [MSDI] Entwicklung einer Methode zur Stammdatenintegration
-
- [3] [VSS-KOSC] VSS 1999/249, Konzeptionelle Schnittstellen zwischen Basisdatenbank und EMF-, EML- und EMT-Datenbanken
-
- [4] [GDWH] Geodata Warehouse BGD
-
- [5] [VSS-META] VSS 2000/364: Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers (METAROUTE)
-
- [6] [VSS-SDGI] VSS 1994/015: Schnittstellen zwischen Strassendatenbanken und Geo-Informationssystemen
-
- [7] [VSS-OBJ] VSS 2001/701, Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen
-
- [8] [OGC-WFS] Open GIS – Web Feature Service
-
- [9] [OGC-SFA] Open GIS – Simple Feature Access
-
- [10] [STDM] Stammdatenmanagement
-
- [11] [VSS-ARZA] VSS 1999 / 261: Architektur und Zeitaspekte des Raumbezuges von SVT-Daten
-
- [12] [VSS-MDA1] VSS 2007/902, Einsatz modellbasierter Datentransfornormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik am Beispiel der Verkehrsdaten
-
- [13] [VSS-MDA2] VSS 2009/901, Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz
-
- [14] [Ellipse] Konzeptbericht Ellipse – Konzeption der Archivierung von Geobasisdaten des Bundesrechts
-
- [15] [BA-META] Mobilitätsdaten Marktplatz
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 26.09.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2011/716

Projekttitel: Schnittstellen aus den Auswertungssystemen SIS (SIS-DWH)

Enddatum: 15.11.2014

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die heutige Landschaft der Informationssysteme für Strassendaten SIS ist heterogen und es ist schwierig Daten unterschiedlicher Herkunft zusammenzuführen, kombiniert auszuwerten und in verschiedener Form zu präsentieren. Primäres Ziel des Projekts war es zu zeigen, welche Konflikte bei der Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen SIS bestehen, wie sie erkannt und aufgelöst werden. Es wurde ein Lösungsansatz beschrieben und die Machbarkeit wurde anhand eines Prototyps verifiziert.

Zu Beginn wurden 14 Grundlegendokumente bestehend aus Forschungsberichten, nationalen und internationalen Normen und Fachbücher gelesen und deren Relevanz für das Projekt untersucht. Viele Ideen zu diesem Projekt entstammen dieser Tätigkeit.

Das Konfliktpotenzial wurde in die fünf Teilbereiche Modell-, Schlüssel-, Raum-, Zeit- und Fachdaten unterteilt. Danach wurden Regeln für die Auflösung dieser Konflikte definiert.

Als zentrale Drehscheibe für den Zusammenzug der Daten wird eine Referenzdatenbank eingesetzt. Das Modell dieser Datenbank baut auf die Ergebnisse des Forschungsprojekts VSS 2001/701 "Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen" auf.

Der Transfer von Daten verschiedener Quellsystem zu den gewünschten Ausgabesystemen verläuft in mehreren zusammenhängenden Schritten.

Der Prototyp umfasste Daten aus MISTRA, aus LOGO Kt Bern, aus VM-CH des ARE, von TMC und ViaSuisse. Er hat die Machbarkeit der vorgeschlagenen Lösung bestätigt. Voraussetzung für einen vollautomatischen Transfer sind qualitativ gute Lagedaten. Dies war im Prototyp grösstenteils der Fall.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Das Projektteam ist mit der Zielerreichung sehr zufrieden. Erkenntnisse aus anderen Projekten konnten berücksichtigt werden. Der Informationsaustausch mit den Parallelprojekten VSS 2011/711 und 2011/713 hat die erhofften Synergien gebracht. Das Konfliktpotenzial wurde systematisch gegliedert und kann als Grundlage für weitere Projekte übernommen werden. Es wurden klare Regeln für die Auflösung von Konflikten erstellt. Das konzeptuelle Modell für das Referenzsystem kann als Basis für ein produktives System eingesetzt werden, entsprechende DB-Skripts stehen zur Verfügung. Der Prototyp hat trotz unserer anfänglichen Skepsis gezeigt, dass die effektive Anwendung des Auswertungssystem mit akzeptabler Performanz möglich ist.

Folgerungen und Empfehlungen:

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Prüfung der Machbarkeit des vorgeschlagenen Lösungskonzepts erfolgreich war. Die Ausgangslage zu verbessern ist schwierig, zu sehr differieren die Anforderungen der beteiligten Stellen. Möglich wären Konventionen für die Modellierung oder die Definition von Schnittstellen zwischen den SIS und der RefDB. Viel erreicht wird mit der Steigerung der Qualität von Daten, insbesondere bei den planaren Geometriedaten. Im Kapitel 9 werden weitere Empfehlungen Aktivitäten angegeben.

Publikationen:

Forschungsbericht "Schnittstellen aus den Auswertungssystemen des SIS (VSS 2011/716), November 2014.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Bernard

Vorname: Emile

Amt, Firma, Institut: BISconsult GmbH

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

La commission d'accompagnement est satisfaite des résultats atteints par ce projet, le rapport et le prototype.

Ce travail non seulement donne une bonne vue d'ensemble des problématiques qui se présentent lors de la mise en commun de données de sources hétérogènes, mais il propose également une solution en vue de l'exploitation combinée de ces données (kombinierte Auswertung).

En raison de la multiplication des sources de données, des exigences croissantes des utilisateurs et des fournisseurs de données, il était nécessaire de mener une étude approfondie et de faire une analyse critique des solutions.

Umsetzung:

Un des éléments importants mis en évidence par cette étude réside dans l'assertion : "Datenformat und -Träger sind irrelevant".

la mise en place d'une solution permettant l'exploitation combinée ne peut donc se faire qu'au niveau du modèle de données, et de l'analyse sémantique des données.

Le prototype élaboré met en évidence ce besoin de traitement du modèle de données, et implémente la solution développée dans le projet de recherche.

weitergehender Forschungsbedarf:

En raison de l'importance de la conservation des règles sémantiques dans la mise en relation de données hétérogènes, ce projet va servir de base au projet de recherche 2011/714 "Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation zwischen Strasseninformationssystemen und Systemen des Verkehrsmanagements"

Einfluss auf Normenwerk:

Aucun impact direct sur la normalisation

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: kaeser

Vorname: Christoph

Amt, Firma, Institut: ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:



Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobilen Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Fundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbaupflaster mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbaupflaster in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bituminous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchsanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologietransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkierungsanlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		des sols	
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009