



Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP4: Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation

Paquet de recherche Augmentation de l'utilité pour les usagers du SIS: EP4: Conditions à la mise en place de transformations préservant la sémantique

Research package Increasing benefits for the users of the RIS: EP4: Required conditions for transformations maintaining semantic coherence

Rosenthaler + Partner AG
Rainer Koch
Christoph Rosenthaler
Claude Marschal
Eva-Maria Schönauer
Carolin Bronowicz
Simon Freihart

IMC
Dr. Rade Hajdin

HEIG-VD
Prof. Dr. Jens Ingensand

Forschungsprojekt VSS 2011/714 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)



Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP4: Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation

Paquet de recherche Augmentation de l'utilité pour les usagers du SIS: EP4: Conditions à la mise en place de transformations préservant la sémantique

Research package Increasing benefits for the users of the RIS: EP4: Required conditions for transformations maintaining semantic coherence

Rosenthaler + Partner AG
Rainer Koch
Christoph Rosenthaler
Claude Marschal
Eva-Maria Schönauer
Carolin Bronowicz
Simon Freihart

IMC
Dr. Rade Hajdin

HEIG-VD
Prof. Dr. Jens Ingensand

Forschungsprojekt VSS 2011/714 auf Antrag des schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Rainer Koch

Mitglieder

Christoph Rosenthaler

Claude Marschal

Eva-Maria Schönauer

Carolin Bronowicz

Simon Freihart

Dr. Rade Hajdin

Prof. Dr. Jens Ingensand

Federführende Fachkommission

Fachkommission 4.6: Strasseninformationssystem (Erhaltung)

Begleitkommission

Präsident

Jean-Pierre Bolli

Mitglieder

Jean-Luc Miserez

Yan Cerf

Philipp Jenni

Lukas Schildknecht

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Impressum | 4 |
| Zusammenfassung | 9 |
| Résumé | 13 |
| Summary | 17 |
| | |
| 1 Ausgangslage | 21 |
| 1.1 Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS | 21 |
| 1.2 Ausgangslage des EP4: Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation | 22 |
| | |
| 2 Projektdefinition | 25 |
| 2.1 Problembeschreibung | 25 |
| 2.2 Stand der Forschung | 26 |
| 2.3 Vorgehen und Methodik, Lösungsansatz..... | 26 |
| 2.3.1 AP1: Situationsanalyse, Ziele und Rahmenbedingungen..... | 26 |
| 2.3.2 AP2: Entwurf der Methodik | 27 |
| 2.3.3 AP3: Validieren der Methoden | 27 |
| 2.4 AP4: Umsetzungsempfehlungen..... | 28 |
| 2.4.1 AP5 und 6: Schlussbericht und Normentwurf | 28 |
| 2.5 Erwartete Resultate und Nutzen | 28 |
| 2.5.1 Erwartete Resultate..... | 28 |
| 2.5.2 Nutzen für den Anwender | 29 |
| 2.5.3 Nutzen für die Fachprozesse | 29 |
| 2.5.4 Nutzen für die Projekte..... | 29 |
| | |
| 3 Situationsanalyse | 31 |
| 3.1 Grundlagen für die Situationsanalyse | 31 |
| 3.1.1 Bedarf für den Datenaustausch aus Prozesssicht | 31 |
| 3.1.2 Datenmodellierung | 33 |
| 3.1.3 Anwendung des Strasseninformationssystems | 34 |
| 3.1.4 Systemarchitektur | 35 |
| 3.2 Normen und Standards | 35 |
| 3.2.1 Schweiz | 35 |
| 3.2.2 Deutschland | 38 |
| 3.2.3 International..... | 38 |
| 3.3 Forschung | 39 |
| 3.3.1 Schweiz | 39 |
| 3.3.2 Deutschland | 40 |
| 3.4 Informationssysteme und Produkte | 41 |
| 3.4.1 Strasseninformationssysteme | 41 |
| 3.4.2 Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH) | 41 |
| 3.5 Austauschformate | 42 |
| 3.5.1 INTERLIS | 43 |
| 3.5.2 XML | 44 |
| 3.5.3 GML..... | 44 |
| 3.5.4 CSV | 44 |
| 3.5.5 JSON..... | 45 |
| 3.6 Synthese Situationsanalyse | 45 |
| | |
| 4 Ziele | 47 |
| 4.1 Zielformulierung..... | 47 |
| 4.2 Zielüberprüfung | 47 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | Fallbeispiele | 49 |
| 5.1 | Strassennetz | 49 |
| 5.1.1 | Beschreibung aus Prozesssicht | 49 |
| 5.1.2 | Austauschbedürfnis | 49 |
| 5.1.3 | Beispielanwendung Transformation | 50 |
| 5.2 | Fahrbahnaufbau | 51 |
| 5.2.1 | Beschreibung aus Prozesssicht | 51 |
| 5.2.2 | Austauschbedürfnis | 51 |
| 5.2.3 | Beispielanwendung Transformation | 51 |
| 5.3 | Strassenzustandsdaten | 52 |
| 5.3.1 | Beschreibung aus Prozesssicht | 52 |
| 5.3.2 | Austauschbedürfnis | 52 |
| 5.3.3 | Beispielanwendung Transformation | 52 |
| 5.4 | Verkehrsdaten | 53 |
| 5.4.1 | Beschreibung aus Prozesssicht | 53 |
| 5.4.2 | Austauschbedürfnis | 53 |
| 5.4.3 | Beispielanwendung Transformation | 54 |
| 5.5 | Baustellen | 54 |
| 5.5.1 | Beschreibung aus Prozesssicht | 55 |
| 5.5.2 | Austauschbedürfnis | 55 |
| 5.5.3 | Beispielanwendung Transformation | 55 |
| 6 | Aspekte von Semantik | 57 |
| 6.1 | Prozessmodellierung | 57 |
| 6.2 | Datenmodellierung | 58 |
| 6.3 | Datenerhebung und -erfassung | 60 |
| 6.4 | Definition Datenaustauschmodell | 60 |
| 6.5 | Datentransformation (Export) | 62 |
| 6.6 | Datentransformation (Import) | 63 |
| 7 | Methodik | 65 |
| 7.1 | Vollständige Semantik | 68 |
| 7.1.1 | Semantische Ebene: Prozesse | 70 |
| 7.1.2 | Semantische Ebene: Fachdaten | 71 |
| 7.1.3 | Konzeptuelle Ebene: Systemprozesse | 74 |
| 7.1.4 | Konzeptuelle Ebene: Datenmodell | 74 |
| 7.1.5 | Logische Ebene | 74 |
| 7.2 | Vollständige Erhaltung der Semantik bei der Transformation | 75 |
| 7.3 | Lückenschliessung | 76 |
| 7.4 | Nutzung der Methoden des Semantic Web | 76 |
| 7.4.1 | Umsetzung der Ontologie mit RDF | 76 |
| 7.4.2 | Verbindungen über die Prozessgrenzen hinweg mit linked data | 77 |
| 8 | Validierung | 79 |
| 8.1 | Beschreibung der vollständigen Semantik am Beispiel der Strassenachsen | 79 |
| 8.1.1 | Herstellung Bezug zu Normen über INTERLIS-Meta-Attribute | 80 |
| 8.1.2 | Beschreibung von Semantik in Terminologie-Datenbank | 82 |
| 8.1.3 | Nutzung von RDF | 84 |
| 8.2 | Vorgehen Transformation und Lückenschliessung | 89 |
| 8.2.1 | Transformation der Semantik | 90 |
| 8.2.2 | Identifikation der Lücken | 91 |
| 8.2.3 | Schliessen der Lücken | 92 |
| 8.3 | Werkzeuge für semantische Beschreibung | 93 |
| 8.3.1 | Anforderungen an das Werkzeug | 93 |
| 8.3.2 | Produkte | 93 |
| 8.4 | Fazit Validierung | 94 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 9 | Umsetzungsempfehlungen | 95 |
| 9.1 | Erweiterung der SIS-Normen | 95 |
| 9.2 | Inhalte der Normen zugänglich machen | 96 |
| 9.3 | Aufbau Ontologie-Team | 97 |
| | | |
| 10 | Normentwurf | 99 |
| | | |
| | Anhänge | 101 |
| | Glossar | 105 |
| | Literaturverzeichnis | 109 |
| | Projektabschluss | 111 |

Zusammenfassung

Ausgangslage

Durch neue Anforderungen an den Zugang zu Strassen- und Verkehrsmanagementinformationen wächst das Bedürfnis, regelmässig Daten zwischen unterschiedlichen Informationssystemen auszutauschen. Bei diesem Austausch gehen wegen unterschiedlichsten Gründen Informationen verloren. Dabei kann auch die Semantik verfälscht werden. Die digitale Kontinuität ist damit nicht gewährleistet.

Projektdefinition

Mit Fokus auf die Austauschbedürfnisse im Kontext der Strasseninformationssysteme (SIS) werden in diesem Forschungsauftrag eine Situationsanalyse durchgeführt, die Ziele formuliert und diese anhand von konkreten Fallbeispielen erläutert. Darauf basierend werden die Aspekte der Semantik beschrieben und eine Methodik für die Semantikerhaltung erarbeitet. Durch eine Validierung in Form einer praktischen Anwendung der Methodik wird die Umsetzbarkeit überprüft. Daraus werden die Umsetzungsempfehlungen hergeleitet und der nötige Normierungsbedarf definiert.

Situationsanalyse

Die Situationsanalyse zeigt den Informationsbedarf im Lebenszyklus der Infrastrukturanlagen auf. Dazu gehören einerseits die Prozessübergänge zwischen Planung, Bau und Betrieb, aber in der anderen Dimension auch der Detaillierungsgrad und das Informationsbedürfnis von der Strategieebene bis auf die operative Ebene.

Die Modellierung der Informationen bedient sich einem Ebenenmodell mit einer semantischen, konzeptuellen und logischen Ebene. Die heutigen Normen und Datenkataloge sind der semantischen Ebene zugehörig. Die Literaturrecherche zeigt eine Vielzahl von Standards und Anwendungen. Die bestehenden Lösungen sind vor allem darauf ausgerichtet, die Semantik im konkreten Kontext der Anwendung oder des Standards zu beschreiben. Der Übergang in einen anderen Kontext wird in der Regel nur am Rande oder gar nicht betrachtet.

Bei den in der Schweiz eingesetzten SIS-Produkten findet der Datenaustausch in der Regel über definierte Schnittstellen statt. Durch die Definition der Schnittstellen ist der Datenaustausch möglich, die Semantik wird aber in diesen Schnittstellen nicht zwingend vollständig mitgegeben. Die zum Einsatz kommenden Schnittstellen sind vielfältig sowohl in Struktur, Format als auch Inhalt.

Ziele

Ziele der Forschungsarbeit sind die Definition der semantischen Aspekte und die Erarbeitung und Anwendung einer Methode zur Transformation dieser Semantik beim Datenaustausch.

Fallbeispiele

Die Fallbeispiele für die Anwendungen sind vielfältig. Im engeren Sinn eines Strasseninformationssystems geht es um den Austausch von Daten zur Infrastruktur, deren Nutzung, deren Zustand, geplanten und sich in Realisierung befindlichen Massnahmen über den gesamten Lebenszyklus der Infrastruktur. Bei den Übergängen zwischen den Prozessen Planung, Bau und Betrieb ändert sich der Kontext der Informationen und damit unter Umständen auch die Bedeutung.

Aspekte von Semantik

Im Bericht wird aufgezeigt, welche Elemente einen Teil zur Semantik beitragen. Die Semantik ist in den Beschreibungen enthalten, wie wir sie heute in den Normen und Datenkatalogen antreffen. Diese Semantik muss jedoch mit dem Kontext erweitert werden, denn auch der Kontext liefert wichtige Aspekte für die Semantik der Daten. Prozessbeschreibungen sind geeignet, um den Kontext der Information zu beschreiben. Zusätzlich stecken auch in einem konzeptionellen Datenmodell weitere beschreibende Elemente, insbesondere Beziehungen und Regeln zwischen verschiedenen Datenklassen.

Um eine möglichst vollständig semantische Beschreibung zu erhalten, werden also Prozesse, semantische Modelle und konzeptionelle Modelle benötigt.

Bei der Übermittlung von Daten von einem Sender zu einem Empfänger sind meist Transformationen nötig. Die Transformationen können auf logischer Ebene, (z.B. XML (Extensible Markup Language) in JSON (JavaScript Object Notation)), konzeptioneller Ebene (z.B. relationales Datenmodell in objektorientiertes Datenmodell) aber auch auf semantischer Ebene sein. Die Semantik einer Information kann bei einem Übergang von einem Prozess zum nächsten ändern. Solche Änderungen müssen übersetzt werden (z.B. kann ein Ereigniszeitpunkt in einem System, als Beginn-Gültigkeit in einem anderen System betrachtet werden).

Methodik

Die vorgeschlagene Methodik baut auf den folgenden Elementen auf:

Vollständige Semantik: Die Beschreibung der vollständigen Semantik erweitert die bisher üblichen Modellierungsebenen um eine weitere Ebene für die Beschreibung der Prozesse. Um die Modellierungsebenen zusammen zu halten, müssen diese miteinander verknüpft werden. Dies geschieht in erster Linie über ein gemeinsames Vokabular.

Vollständige Erhaltung der Semantik bei der Transformation: Damit die Erhaltung der Semantik bei der Transformation gewährleistet werden kann, muss die Transformation wiederum alle Aspekte der Semantik berücksichtigen. Der Forschungsbericht stellt die Fragestellungen zusammen, welche hier beachtet werden müssen.

Lückenschliessung: Nicht immer sind alle Elemente bekannt, welche einen Teil zur Semantik beitragen. Die Lücken müssen erkannt und wo nötig geschlossen werden. Eine vollständige Lückenschliessung ist nicht in jedem Fall erforderlich.

Strukturierte Beschreibung der Semantik: Um die Semantik einfach für viele nutzbar bereit zu stellen, ist der Aufbau einer Ontologie gemäss den Methoden des "Semantic Web" zu erarbeiten. Dabei wird die Semantik hoch strukturiert aufgebaut. Durch die Nutzung dieses Konzepts enthält jede Information einen eindeutigen Identifikationsschlüssel, welcher in der weiteren Beschreibung der Semantik referenziert werden kann. Die Information bleibt, bei entsprechender Darstellung, für den Menschen noch immer lesbar. Die so definierten Inhalte können beinahe beliebig kombiniert und erweitert werden, so dass komplexe semantische Beschreibungen möglich werden. Die Nutzung von RDF (Resource Description Framework) als standardisierte Sprache hilft dabei, diese Strukturen sauber zu definieren. Zusätzlich werden die Inhalte dadurch auch maschinenlesbar, was neue Anwendungen ermöglicht.

Validierung

Anhand von praktischen Beispielen wird die Methodik validiert. Die Inhalte der bestehenden Datenkataloge wurden ausgehend von der Grundnorm in einem RDF-Repository aufgebaut. Dabei zeigt sich, dass sich die bereits vorhandenen Datenkataloge relativ einfach umsetzen lassen. Am Beispiel eines konzeptionellen Datenmodells wird aufgezeigt, wie diese Inhalte des RDF-Repository mit dem Datenmodell in Beziehung gebracht werden können. Mit den Methoden von linked data sind die Inhalte fast beliebig erweiterbar. Als Beispiel für die Transformation beziehungsweise Lückenschliessung wird

die Beziehung zwischen dem Räumlichen Basis-Bezugssystem RBBS und ifcAlignment (Industry Foundation Classes IFC) mit Hilfe eines weiteren Standards für lineare Referenzierung hergestellt. Die Validierung zeigt, dass eine Umsetzung möglich ist.

Umsetzungsempfehlungen

Die heute bestehenden Normen und Datenkataloge im Themenbereich der Stasseninformationssysteme beschreiben die Semantik bereits ausführlich. Der Kontext dieser Inhalte leitet sich jedoch nur aus der verfassenden Normierungs- und Fachkommission (NFK) ab. Die Forschungsstelle empfiehlt deshalb, die bestehenden Normen und Datenkataloge wo sinnvoll mit Prozessbeschreibungen zu ergänzen. Damit wird die Einbettung in den Fachkontext sichergestellt.

Die Normen und Datenkataloge sind heute in Form von PDF-Dokumenten digital (Portable Document Format) oder ausgedruckt verfügbar. In dieser Form sind die Inhalte nicht maschinenlesbar und können somit nicht ideal mit den Daten verknüpft werden, da in der Regel nicht ein ganzes Dokument, sondern einzelne Kapitel oder sogar Definitionen referenziert werden müssen.

Die Forschungsstelle empfiehlt, die Inhalte der Normen und Datenkataloge Maschinenlesbar gemäss dem Konzept von "linked data" verfügbar zu machen. Zentral dabei sind folgende Punkte:

- Konsequente Nutzung einer URI (Uniform Resource Identifier) als global eindeutiger Identifikator
- Bereitstellen der Inhalte über den Standard https
- Nutzung von RDF als Beschreibungssprache für die Metadaten, Datenmodelle und Dateninhalte

Die digitale Publikation der Normen soll als Ergänzung zu der heutigen Form als Dokument in PDF oder gedruckter Version verstanden werden.

Dazu sind weitere Massnahmen notwendig:

- Wahl eines geeigneten RDF-Repository
- Erarbeiten eines neuen Vertriebsmodells für diese Inhalte
- Betreiben des RDF-Repository
- Pflege des Inhalts des Repository

Normentwurf

Die Forschungsstelle hat keinen Bedarf an einer neuen Norm identifiziert. Die Umsetzungsempfehlungen betreffen die Inhalte bereits bestehender Normen und Datenkataloge.

Résumé

Situation initiale

En raison des nouvelles exigences en matière d'accès aux informations sur les routes et la gestion du trafic, il est de plus en plus nécessaire d'échanger régulièrement des données entre différents systèmes d'information. Au cours de cet échange, des informations sont perdues pour diverses raisons. La sémantique peut également être déformée dans ce processus. La continuité numérique n'est donc pas garantie.

Définition du projet

En mettant l'accent sur les besoins d'échange dans le contexte des systèmes d'information routière (SIR), ce projet de recherche procédera à une analyse de la situation, formulera les objectifs et les expliquera à l'aide d'études de cas concrets. Sur cette base, les aspects de la sémantique seront décrits et une méthodologie pour préserver la sémantique sera développée. La faisabilité sera vérifiée par une validation à l'aide d'une application pratique de la méthodologie. À la suite de la validation les recommandations de mise en œuvre ainsi que le besoin nécessaire de normalisation est défini.

Analyse de la situation

L'analyse de la situation montre les besoins en information dans le cycle de vie des infrastructures. D'une part, cela comprend les transitions entre les processus de planification, de construction et d'exploitation, mais également, dans une autre dimension, le niveau de détail et le besoin d'information du niveau stratégique au niveau opérationnel.

La modélisation de l'information suit un modèle de niveaux constitué d'un niveau sémantique, conceptuel et logique. Les normes et les catalogues de données actuels se situent au niveau sémantique. La recherche dans la littérature fait apparaître une multitude de normes et d'applications. Les solutions existantes sont principalement axées sur la description de la sémantique dans le contexte concret de l'application ou de la norme. La transition vers un autre contexte n'est généralement traitée que de manière marginale voir pas du tout.

Pour les produits SIR utilisés en Suisse, l'échange de données se fait généralement via des interfaces définies. La définition des interfaces permet l'échange de données, mais la sémantique n'est pas nécessairement transmise intégralement par ces interfaces. Les interfaces utilisées sont diverses en termes de structure, de format et de contenu.

Objectifs

Les objectifs du projet de recherche comprennent la définition des aspects sémantiques ainsi que le développement et l'application d'une méthode pour la transformation de cette sémantique lors de l'échange de données.

Études de cas

Les études de cas pour les applications sont multiples. Dans le contexte plus ciblé d'un système d'information routière, il s'agit de l'échange de données sur l'infrastructure, son utilisation, son état, les mesures planifiées et les mesures en exécution sur l'ensemble du cycle de vie de l'infrastructure. Dans les transitions entre les processus de planification, de construction et d'exploitation, le contexte de l'information change et donc, dans certaines circonstances, également sa signification.

Aspects de la sémantique

Le rapport montre quels éléments contribuent à la sémantique. La sémantique est contenue dans les descriptions telles que nous les rencontrons aujourd'hui dans les normes et les catalogues de données. Toutefois, cette sémantique doit être complétée par le contexte, car celui-ci fournit également des aspects importants pour la sémantique des données. Les descriptions de processus permettent de décrire le contexte de l'information. Par ailleurs, il existe aussi dans un modèle conceptuel de données d'autres éléments descriptifs, notamment les relations et les règles entre les différentes classes de données.

Afin d'obtenir une description sémantique aussi complète que possible, des processus, des modèles sémantiques et des modèles conceptuels sont nécessaires.

Lors de la transmission de données d'un émetteur à un récepteur des transformations sont généralement nécessaires. Les transformations peuvent se situer au niveau logique (par exemple de XML (Extensible Markup Language) à JSON (JavaScript Object Notation)), au niveau conceptuel (par exemple, d'un modèle de données relationnel à un modèle de données orienté objet) mais également au niveau sémantique. La sémantique d'une information peut changer lors de la transition d'un processus à l'autre. Ces changements doivent être traduits (par exemple, une date d'événement dans un système peut être considéré comme une validité de début dans un autre système).

Méthodologie

La méthodologie proposée s'appuie sur les éléments suivants :

Sémantique complète : la description de la sémantique complète ajoute un niveau supplémentaire pour la description des processus aux niveaux de modélisation utilisés jusqu'à présent. Pour que les niveaux de modélisation restent unis, il faut les relier entre eux. Cela se fait principalement à l'aide d'un vocabulaire commun.

Préservation complète de la sémantique pendant la transformation : afin d'assurer la préservation de la sémantique pendant la transformation, celle-ci doit à nouveau prendre en compte tous les aspects de la sémantique. Le rapport de recherche rassemble les questions qui doivent être prises en compte ici.

Comblement des lacunes : tous les éléments qui contribuent à la sémantique ne sont pas toujours connus. Les lacunes doivent être identifiées et comblées si nécessaire. Le comblement complet des lacunes n'est pas nécessaire dans tous les cas.

Description structurée de la sémantique : Afin de rendre la sémantique facilement accessible à un grand nombre d'intéressés, une ontologie doit être développée selon les méthodes du "Web sémantique". Ceci permet de construire la sémantique de manière très structurée. Grâce à ce concept, chaque élément d'information contient une clé d'identification unique qui peut être référencée dans la description plus détaillée de la sémantique. L'information, si elle est représentée de manière appropriée, reste lisible pour les humains. Les contenus ainsi définis peuvent être combinés et étendus presque indéfiniment, de sorte que des descriptions sémantiques complexes deviennent possibles. L'utilisation de RDF (Resource Description Framework) en tant que langage normalisé permet de définir ces structures de manière soignée. De plus, cela rend le contenu lisible par une machine, ce qui permet de nouvelles applications.

Validation

La méthodologie est validée sur la base d'exemples pratiques. Le contenu des catalogues de données existants a été mis en forme dans un référentiel RDF à partir de la norme de base. Il est démontré que les catalogues de données déjà existants peuvent être mis en œuvre relativement facilement. En prenant un exemple d'un modèle conceptuel de données, il est montré comment les contenus du référentiel RDF peuvent être mis en relation avec le modèle de données conceptuel. Grâce aux méthodes de "linked data", le contenu peut être étendu de manière presque infinie. Comme exemple de transformation

ou de comblement de lacunes, la relation entre le système de repérage spatial de base SRB et ifcAlignment (Industry Foundation Classes IFC) est établie en utilisant une autre norme de référencement linéaire. La validation montre que la mise en œuvre est possible.

Recommandations de mise en œuvre

Les normes et les catalogues de données existants dans le domaine des systèmes d'information routière décrivent déjà la sémantique en détail. Cependant, le contexte de ce contenu ne provient que de la Commission de normalisation et d'experts (NFK) auteur de la norme. L'unité de recherche recommande donc de compléter les normes et les catalogues de données existants par des descriptions de processus, où cela est pertinent. Cela permet d'assurer l'intégration dans le contexte métier.

Les normes et les catalogues de données sont disponibles aujourd'hui sous forme numérique au format PDF (Portable Document Format) ou imprimés. Sous cette forme, le contenu n'est pas lisible par une machine. Il ne peut donc pas être idéalement lié aux données, car généralement ce n'est pas un document entier mais des chapitres individuels ou même des définitions qui doivent être référencés.

L'unité de recherche recommande de mettre à disposition le contenu des normes et des catalogues de données sous une forme lisible par une machine, selon le concept de "linked data". Les points suivants sont essentiels à cet égard :

- Utilisation cohérente d'un URI (Uniform Resource Identifier) comme identifiant unique au niveau mondial
- Fourniture de contenu via la norme https
- Utilisation de RDF comme langage descriptif pour les métadonnées, les modèles de données et le contenu des données.

La publication numérique des normes doit être comprise comme un complément à la forme actuelle sous forme de document en PDF ou en version imprimée.

D'autres mesures sont nécessaires à cet effet :

- Sélection d'un référentiel RDF approprié
- Développement d'un nouveau modèle de distribution pour ce contenu
- Exploitation du référentiel RDF
- Maintien du contenu du référentiel

Projet de norme

L'unité de recherche n'a pas identifié le besoin d'une nouvelle norme. Les recommandations de mise en œuvre concernent le contenu des normes et des catalogues de données existants.

Summary

Starting position

Due to new requirements for access to road and traffic management information, there is a growing need to regularly exchange data between different information systems. During this exchange, information gets lost for a variety of reasons. Semantics can also be distorted in the process. The digital continuity is therefore not guaranteed.

Project definition

With a focus on the exchange needs in the context of road information systems (RIS), this research assignment will conduct a situation analysis, formulate the goals, and explain them using concrete case studies. Based on this, the aspects of semantics will be described and a methodology for semantic coherence will be developed. Through a validation in form of a practical application the feasibility of the methodology will be checked. From this, recommendations for implementation are derived and the necessary need for standardisation is defined.

Situation analysis

The situation analysis shows the need for information in the life cycle of infrastructure facilities. On one hand this includes the process transitions between planning, construction and operation, but on the other hand it also includes the level of detail and the need for information from the strategic level to the operational level.

The modelling of the information uses a multilevel model with a semantic, conceptual and logical level. Today's standards and data catalogues belong to the semantic level. Literature research shows a multitude of standards and applications. Existing solutions are mainly focused on describing the semantics in the concrete context of the application or standard. The transition to another context is usually considered only marginally or not at all.

With the RIS products used in Switzerland, data exchange usually takes place via defined interfaces. Data exchange is possible through the definition of these interfaces, but the semantics are not necessarily completely included completely or passed on. The interfaces used are diverse in terms of structure, format and content.

Aims

The aims of the research work are to define the semantic aspects and to develop and apply a method for transforming these semantics during the data exchange.

Case studies

The case studies for the applications are diverse. In a narrow sense of a road information system, it is a matter of exchanging data on the infrastructure concerning condition, planned measures and those in the process of being implemented over the entire life cycle of the infrastructure. During the transitions between the processes of planning, construction and operation, the context of the information changes and under certain circumstances, the meaning as well.

Aspects of semantics

The report shows which elements contribute to semantics. The semantics are contained in the descriptions as we find them today in the standards and data catalogues. However, these semantics must be expanded with the context, because the context also provides important aspects for the semantics of the data.

Process descriptions are suitable to describe the context of the information. In addition, there are further descriptive elements in a conceptual data model, in particular relationships and rules between different data classes. To obtain a semantic description that is as complete as possible, processes, semantic models and conceptual models are needed.

When transmitting data from a sender to a receiver, transformations are usually necessary. The transformations can be on a logical level (e.g. XML (Extensible Markup Language) to JSON (JavaScript Object Notation)), on a conceptual level (e.g. relational data model to object-oriented data model) but also on a semantic level. The semantics of information can change during a transition from one process to the next. Such changes need to be translated (e.g. an event time in one system can be considered as a beginning validity in another system).

Methodology

The proposed methodology builds on the following elements:

Complete semantics: The description of complete semantics adds another level to the modelling levels used so far for the description of the processes. To keep the modelling levels together, they have to be linked to one another. This is done primarily through a common vocabulary.

Complete preservation of the semantics during transformation: To ensure the preservation of the semantics during transformation, the transformation must take all aspects of the semantics into account. The research report compiles the questions that must be considered here.

Gap filling: Not all elements that contribute to the semantics are always known. The gaps must be recognised and closed where necessary. A complete filling of the gaps is not always necessary.

Structured description of the semantics: To make the semantics easily usable for many, the structure of an ontology must be developed according to the methods of the "Semantic Web". In doing so, the semantics are built in a highly structured manner. By using this concept, each piece of information contains a unique identification key, which can be referenced in the further description of the semantics. The information, if represented appropriately, remains legible for humans. The contents defined in this way can be combined and expanded in almost any way, so that complex semantic descriptions become possible. The use of RDF (Resource Description Framework) as a standardised language helps to clearly define these structures. In addition, it also makes the content machine-readable, which enables new applications.

Validation

The methodology is validated using practical examples. The contents of the existing data catalogues were built based on the basic standard in an RDF-repository. It is shown that the already existing data catalogues can be implemented relatively easily. Using the example of a conceptual data model, it is shown how these contents of the RDF-repository can be related to the data model. With the methods of linked data, the content can be expanded almost in almost any way. As an example of transformation or gap filling, the relationship between the spatial basic reference system RBBS and ifcAlignment (Industry Foundation Classes IFC) is established using another standard for linear referencing. The validation shows that the implementation is possible.

Implementation recommendations

The standards and data catalogues that exist today in the area of road information systems already describe the semantics in detail. However, the context of this content is only derived from the authoring Standardization and Expert Commission (NFK). The research centre therefore recommends adding process descriptions to the existing standards and data

catalogues where appropriate. This ensures that they are embedded in the technical context.

The standards and data catalogues are available today in form of PDF (Portable Document Format) or printed documents. In this form, the content is not machine-readable and can therefore not be linked properly with the data, since it is usually not an entire document but rather individual chapters or even definitions that have to be referenced. The research centre recommends making the contents of standards and data catalogues available in a machine-readable form according to the concept of "linked data". The following points are therefore central:

- Systematic use of a URI (Uniform Resource Identifier) as a globally unique identifier
- Provision of the content via the https standard
- Use of RDF as a description language for metadata, data models and data content

The publication of the standards should be understood as a supplement to the current form as a document in PDF or printed version.

Further measures are necessary for this:

- Selection of a suitable RDF-repository
- Development of a new distribution model for this content
- Operating the RDF-repository
- Maintaining the content of the repository

Draft standard

The research centre has not identified a need for a new standard. The implementation recommendations concern the content of existing standards and data catalogues.

1 Ausgangslage

Die Ausgangslage ist im Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des Strasseninformationssystems (SIS) ausführlich beschrieben. Zusammenfassend sind die Ergebnisse daraus im folgenden Kapitel 1.1 beschrieben. Die Konkretisierung der Ausgangslage für das vorliegende Forschungsprojekt finde sich in Kapitel 1.2.

1.1 Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS

Im Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des Strasseninformationssystems" werden wesentliche Konzepte erarbeitet, die als Grundlagen für die Entwicklung zukünftiger Anwendungen und Schnittstellen benötigt werden. Die Zielsetzung des Forschungspakets betrifft im Besonderen die folgenden Themen:

Das Forschungspaket bearbeitet folgende Themen

- Zeitaspekte und Historisierung (VSS 2011/711) [20]
- Bezugssysteme
 - Bezugssysteme in Agglomerationen (VSS 2011/712) [16]
 - Raumbezug mit Streifenreferenzierung (VSS 2011/715) [17]
- Transformation
 - Transformationskonzepte zwischen Bezugssystemen (VSS 2011/713) [18]
 - Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation zwischen Strasseninformationssystemen und Systemen des Verkehrsmanagements (VSS 2011/714, vorliegender Bericht)
- Datenaustausch
 - Schnittstellen aus den Auswertungssystemen des Strasseninformationssystems (VSS 2011/716) [19]

Zum besseren Verständnis des Kontexts, in dem das Forschungspaket abgewickelt wird, können die Einzelprojekte auf einer konzeptuellen Architektur des Strasseninformationssystems dargestellt werden. Die Positionierung der Themen auf der konzeptionellen Systemarchitektur ist auf der folgenden Graphik ersichtlich.

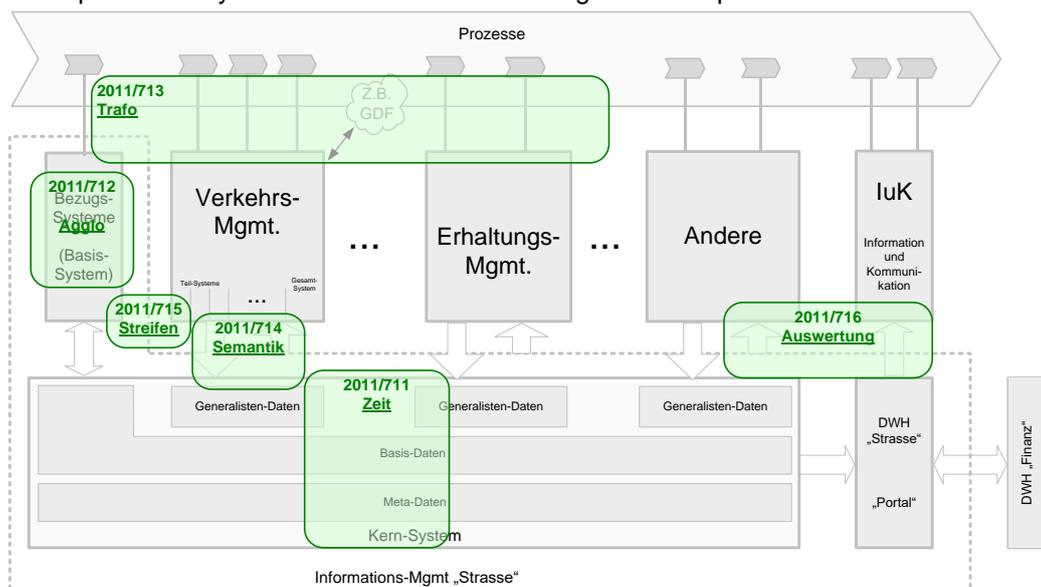


Abb.1 Einordnung der Einzelpakete

Die Einzelprojekte des Forschungspakets können auch zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dies ist in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

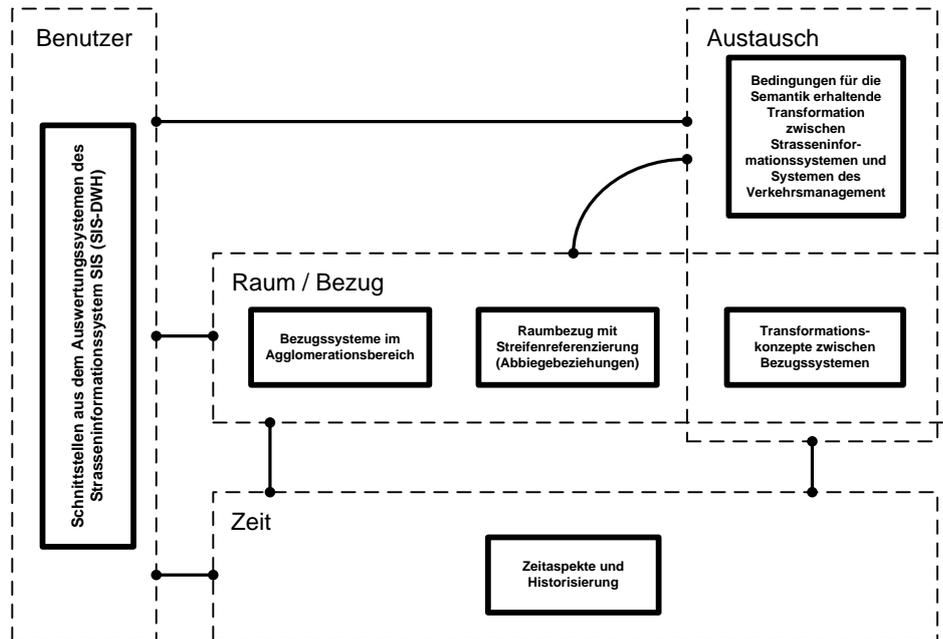


Abb.2 Beziehungen der Projekte untereinander

1.2 Ausgangslage des EP4: Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation

Durch das wachsende Bedürfnis, regelmässig Daten zwischen unterschiedlichen Systemen auszutauschen und zu kombinieren, ergeben sich neue Anforderungen für die Bereitstellung dieser Daten.

Der Datenaustausch erfolgt dabei nicht nur von Kernsystem zu Kernsystem, sondern auch zwischen vielen anderen Systemen auf Ebene Bund und Kantone z.B. Bundesamt für Strassen ASTRA, Tiefbauämter der Kantone usw.

Zusätzlich besteht auch das Bedürfnis, Daten zwischen einem Kernsystem und Fachapplikationen auszutauschen. Dies sowohl auf der Ebene des Management Informationssystems Strasse (MISTRA) als auch in kantonalen Umgebungen.

Ein weiterer Aspekt betrifft die Abgabe von Daten von einem Kernsystem zu den Auswertungssystemen. Dabei können diverse Auswertungssysteme beteiligt sein:

- mit oder ohne Geo-Informationssystem-Komponenten,
- mit oder ohne Kombination von betriebswirtschaftlichen Daten
- usw.

Die grundlegende Problemstellung kann in der folgenden Graphik dargestellt werden. Die Strassen aus den Strasseninformationssystemen (SIS) A, B und C sind mit den Eigenschaften über die Strassenbreite und die Anzahl der Streifen in das Strasseninformationssystem X ohne Informationsverlust zu überführen. Das System A liefert die Gemeindestrassen und kennt für jede Strasse die Anzahl der Fahrstreifen. Das System B liefert die Kantonsstrassen und kennt für jede Strasse die Breite. Das System C liefert die Nationalstrassen und kennt für jede Strasse die Breite und die Anzahl der Fahrstreifen. Je nach Abbildung der Strassenbreite und der Anzahl der Streifen in den

Quellsystemen sind für den Datenaustausch unterschiedliche Verarbeitungen mit oder ohne Transformation durchzuführen, damit im Zielsystem die Eigenschaften einheitlich übernommen werden kann. Konkret wird beim System A die Strassenbreite durch Multiplikation mit einer Standardbreite berechnet. Beim System B wird die Anzahl der Streifen durch Division der Breite mit einer Standardbreite kalkuliert. Das System C liefert die Eigenschaften ohne Transformation.

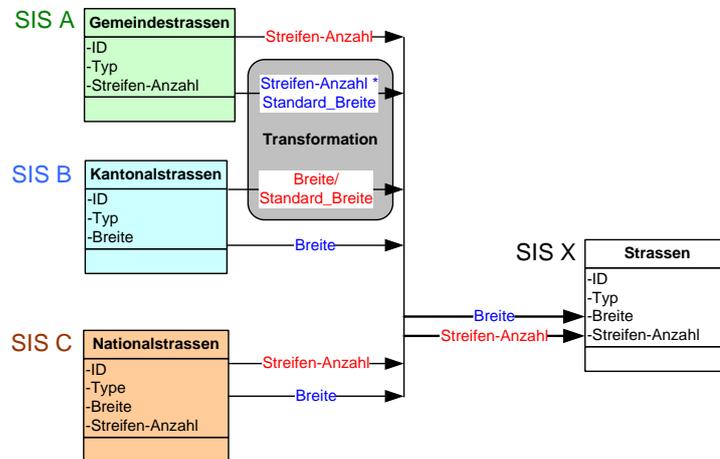


Abb.3 Problemstellung

Gegenstand des Einzelprojekts sind konzeptionelle Regeln und Umsetzungsempfehlungen für die Gewährleistung der Erhaltung der fachlichen Bedeutung (Semantik-Erhaltung) beim Austausch.

2 Projektdefinition

Die Abbildung *Abb.4* zeigt Prozess übergreifend, dass der Informationsbedarf in Bezug zu einzelnen Prozessen steht und dass, ein Austauschbedürfnis zwischen den einzelnen Themen mit einem Kernsystem erfüllt wird.

Das Projekt umfasst sämtliche Schnittstellen (Pfeile) in der Abbildung, da genau dort der Austausch stattfindet. Dabei sind, die im Strasseninformationssystem üblichen Fragestellungen über die Aspekte "Was (Sache)", "Wo (Raum)" und "Wann (Zeit)" zu berücksichtigen.

Die Systemarchitektur darf dabei nicht als physisch existierendes System zum Beispiel als Datenbank betrachtet werden, sondern ist stellvertretend als Gedankenstütze zu verstehen, damit die Regeln für einen Datenaustausch formuliert werden können.

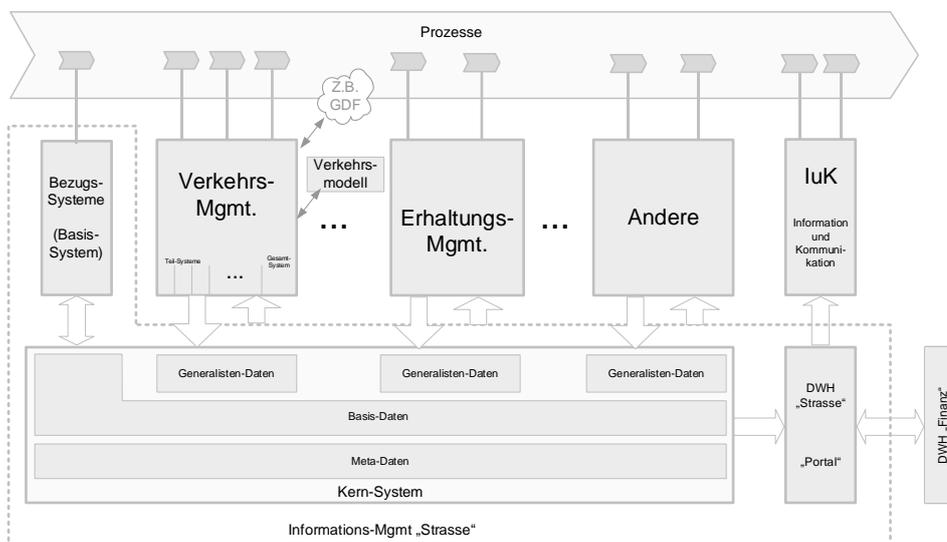


Abb.4 Übersicht Projektdefinition anhand der Systemarchitektur SIS

2.1 Problembeschreibung

Der Nutzen, der in den verschiedenen Strassen- und Verkehrsmanagementsystemen gespeicherten Daten kann durch die Kombination der Daten zu neuen Informationen deutlich gesteigert werden. Dies bedingt einen vermehrten regelmässigen Datenaustausch zwischen den Systemen sowohl auf Bundes- als auch auf kantonaler Ebene. Der Austausch betrifft dabei das Kernsystem, Fachapplikationen oder auch Auswertungssysteme, in denen Daten zusammengeführt, verarbeitet und zu Informationen aufbereitet werden.

Beim Zusammenführen der Daten existieren heute Probleme aufgrund der unterschiedlichen Bedeutungen oder Definitionen von gemeinsamen Eigenschaften. So kann es vorkommen, dass bei einer Eigenschaft mit dem gleichen Namen in zwei verschiedenen Systemen eine andere Definition hinterlegt ist. Beispiel "Nachtanteil des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV)", wobei Nacht in einem System mit der Periode 22:00 – 06:00 Uhr und im anderen System mit der Periode 23:00 – 07:00 Uhr definiert ist. Ohne klar hinterlegte semantische Regeln können solche Sachverhalte nicht identifiziert werden, was zur Folge hat, dass fehlerhafte Auswertungen erzeugt werden können. Dieses Beispiel ist nur eines von vielen. Unterschiedliche Bedeutungen kommen in Bezug zu Dateninhalten, zur Interpretation von Zeitaspekten oder zu den Lokalisierungsmethoden vor.

2.2 Stand der Forschung

Im Pflichtenheft werden insbesondere die Aktivitäten der ETH Zürich, der Swisstopo und INSPIRE beschrieben. In mehreren referenzierten e-geo Newslettern [6], [7], [8], [9] wird über Ergebnisse dieser Arbeiten zu Interoperabilität, semantische Modelltransformationen und weitere verwandte Themen informiert.

Die angesprochenen Ergebnisse können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- **Metadaten:** Mit Hilfe von Metadaten werden zusätzliche Informationen über Daten, Datenmodelle und Methoden gespeichert. Die Metadaten dienen also dazu, beschreibende Inhalte zu den eigentlichen Daten zu ergänzen und sind somit Bestandteil der Semantik. In den letzten Jahren wurden Metadatenmodelle erarbeitet und werden in vielen Bereichen angewendet.
- **Standardisierung:** Mit der Standardisierung einigen sich die den Standard nutzenden Teilnehmer über Form und Inhalt von Schnittstellen bzw. Datenaustauschmöglichkeiten. Die Entwicklung im Schnittstellenbereich hat in den letzten Jahren einige weit verbreitete Standards hervorgebracht (Geodienste wie Webmap-Services WMS, Webfeature-Services WFS), Austauschformate im Rahmen des INSPIRE-Programms, DATEX II für den Austausch von Verkehrsdaten und vieles mehr. Die Trends geht heute von eher einfacheren lesenden und schreibenden Schnittstellen in Richtung interaktive Schnittstellen, mit welchen auch komplexere Interaktionen realisiert werden können (z.B. Programmier-Schnittstellen, welche durch das Open Geospatial Consortium OGC erarbeitet werden).
- **Semantic Web:** Das Semantic Web entwickelt sich als Erweiterung des heutigen Internets mit zusätzlichen Informationen um die Inhalte einfacher, maschinenlesbar zu machen. Mit der Methode des Semantic Web können verschiedene Quellen analysiert, verknüpft und so in kombinierter Form auswertbar gemacht werden. Zum Aufbau des Semantic Webs kommen unterschiedliche Methoden zum Einsatz. Künstliche Intelligenz wird genutzt, um die riesigen Datenmengen im Web zu analysieren und über Muster zu verbinden. Fachkräfte kommen zum Einsatz, die ihr Expertenwissen in den Aufbau des Semantic Webs einbringen, indem sie selbst die Inhalte beurteilen und bewerten. Um die Nutzbarkeit der gewonnenen Informationen zu speichern und zur Verfügung zu stellen werden Standards wie das Resource Description Framework (RDF) eingesetzt. [21], [22]

2.3 Vorgehen und Methodik, Lösungsansatz

Die Forschungsmethodik folgt dem Verfahren des Systems Engineering mit folgenden Arbeitspaketen:



Abb.5 Arbeitspakete und Ablauf

2.3.1 AP1: Situationsanalyse, Ziele und Rahmenbedingungen

Die Grundlagen zum Thema Semantik erhaltende Transformation werden aus der vorhandenen Literatur zusammengetragen und gesichtet. Dabei werden auf semantischer, konzeptueller und logischer Ebene die Lösungen aus nationalen und internationalen Normen, Projekten und Produkten betrachtet. Auf nationaler Ebene werden insbesondere die Projekte MISTRA und Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH) berücksichtigt.

Auch in der Bahninfrastruktur ist die Thematik der Semantikerhaltung aufgrund der vernetzten Systemlandschaften und den laufend steigenden Datenaus-

tauschbedürfnissen von hoher Bedeutung. In der Situationsanalyse werden deshalb die Erfahrungen im Betrieb der IT-Systeme (insbesondere der Datenaustauschnittstellen) sowie in laufenden Projekten der Schweizerischen Bundesbahn (SBB) berücksichtigt. Dabei liegt der Schwerpunkt im Bereich der Infrastrukturdatabank der festen Anlagen (DfA) und seinen Umssystemen (Zustandsmonitoring, Auftragsmanagement, usw.).

In der Situationsanalyse werden die Mängel bei den Transformationen identifiziert und in Typen klassifiziert. Die Typen sollen beim Entwurf der Methodik dazu dienen, die zu berücksichtigenden Aspekte systematisch zu behandeln.

Weiterhin werden in diesem Arbeitspaket der Stand der Forschung sowohl national als auch international aufbereitet und die wesentlichen Forschungsergebnisse identifiziert.

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Situationsanalyse werden bei der Zielformulierung die zu behebbenden Mängel definiert. Im Hinblick auf eine Abstufung der Ziele wird die Bedeutung einer vollständigen resp. Unvollständigen semantischen Transformation diskutiert.

Die Rahmenbedingungen werden nochmals kritisch überprüft und mit Voraussetzungen für erfolgreiche Transformationen ergänzt.

Eine Synthese der relevanten Ergebnisse schliesst dieses Arbeitspaket ab.

2.3.2 AP2: Entwurf der Methodik

Der Entwurf der Methodik beinhaltet den eigentlichen Kern der Forschungsaufgabe. Ausgehend von den Ergebnissen aus dem AP1, werden die für die Semantik erhaltenden Transformationen relevanten Aspekte systematisch behandelt (siehe 3.3).

In den Aspekten wird unterschieden zwischen eher unstrukturierten Aspekten wie die Fachbedeutung, die Sprache oder der Kontext, in welchem die Transformation stattfindet und strukturierte Aspekte, deren Inhalte mit Beziehungen dargestellt werden können wie Modellbedingungen, Prozesse, Ontologie oder Bezugssysteme.

Pro Aspekt werden Regeln aufgestellt, die dazu beitragen, einen die Semantik erhaltenden Datenaustausch von einem System in ein anderes System zu gewährleisten.

Das Ergebnis des Arbeitspakets besteht aus einer Menge von semantischen und konzeptuellen Methoden, je Aspekt. Die Methoden werden, soweit wie möglich, mit strukturierten Beschreibungssprachen (Unified Modeling Language (UML), INTERLIS, ...) und Metamodellen beschrieben.

2.3.3 AP3: Validieren der Methoden

Das Ziel des Arbeitspakets ist, die im AP2 definierten Methoden zur Semantik erhaltenden Transformation zu validieren, damit im AP4 "Umsetzungsempfehlungen" auf einer konsolidierten Menge von konkreten Lösungen eingegangen werden kann.

Für die Validierung jeder Methode wird deren Relevanz für die Semantikerhaltung beurteilt und entsprechend klassifiziert. Als weiteres Kriterium wird die Anwendbarkeit der Methode beurteilt. Dabei werden z.B. die Generik, die Komplexität oder die Kompliziertheit einer Methode betrachtet.

Für jede Methode, d.h. für jede Regel werden praxisnahe Fallbeispiele erstellt, anhand derer die Methoden validiert werden. Der Praxisbezug genießt im Forschungsprojekt einen hohen Stellenwert. Er soll laufend von den im Forschungsprojekt beteiligten Fachexperten und Begleitkommissionsmitglieder beurteilt werden können.

2.4 AP4: Umsetzungsempfehlungen

Aus dem AP1 gehen die Ziele hervor. AP2 liefert die methodischen Grundlagen für die Erreichung dieser Ziele. Mit AP3 werden die Methoden anhand einzelner praxisnaher Fallbeispiele validiert.

Das Arbeitspaket 4 "Umsetzungsempfehlungen" liefert, pro relevante Methode, für die zukünftige Umsetzung folgende Resultate:

- Empfehlung für den Anwendungsbereich: In welchen Anwendungsbereichen kann die Methode eingesetzt werden. Diejenigen Methoden, die für viele Anwendungsbereiche geeignet sind, stehen für zukünftige Umsetzungen im Vordergrund.
- Empfehlung für einen Kriterienkatalog: Der Kriterienkatalog soll erlauben bei einer zukünftigen Fragerstellung die geeignetsten Methoden für die Semantik erhaltende Transformation zu eruieren.
- Empfehlung zur erreichbaren Qualität: Definieren, mit welcher Methode welche Wirkung erreicht werden kann.

Als Grundlage für zukünftige Umsetzungen werden in diesem Arbeitspaket konkrete Realisierungsempfehlungen für diverse Methoden erarbeitet. Diese Umsetzungsempfehlungen werden sich auf realitätsnahe fachliche Situationen beziehen und erlauben eine effizientere Erstellung von tragfähigen Fach- und IT-Konzepten künftigen Fachapplikationen. Dies gilt typisch für die Schnittstelle zwischen VM-CH und MISTRA, welche zukünftig besser genutzt werden sollte.

2.4.1 AP5 und 6: Schlussbericht und Normentwurf

Die Resultate aus den verschiedenen Arbeitspaketen des Forschungsprojekts fließen laufend in einen Forschungsbericht ein. Dieser wird an definierten Meilensteinen der Begleitkommission zum Review vorgelegt.

Aus den Resultaten werden weiterhin Bausteine für die mögliche Verwendung in bestehende oder neue Normen identifiziert und in einem Normentwurf zusammengetragen.

2.5 Erwartete Resultate und Nutzen

2.5.1 Erwartete Resultate

Der Entwurf der Methodik und die Umsetzungsempfehlungen umfassen sowohl die semantische Ebene (Fachebene) als auch die konzeptuelle Ebene (konzeptuelles Modell). Bei den Umsetzungsempfehlungen wird – soweit fallweise zweckdienlich – auch die logische (technische) Entwurfsebene, angesprochen.

Die Erarbeitung der Ergebnisse trägt den für Strassendaten charakteristischen drei Aspekten "Sache/Raum/Zeit" und ihren Kombinationen sowohl fachlich als auch konzeptuell Rechnung:

Für alle betrachteten Methoden, die als zweckdienlich erachtet wurden, werden die Regeln aufgestellt, die zu einer möglichst vollständigen Transformation führen.

Die Machbarkeit der Methoden wird durch praxisnahe Anwendungsfälle exemplarisch nachgewiesen.

2.5.2 Nutzen für den Anwender

Der Anwender kann, unter Anwendung der Methoden, bei den Transformationen von einem System in ein anderes die Qualität der Aussagen, d.h. der Informationen sicherstellen. Die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt tragen dazu bei, dass zukünftig richtig mit den Daten gearbeitet wird und keine falschen Interpretationen der Informationen mehr erfolgen. Die durch die Semantikerhaltung erreichte Qualität gilt sowohl bei der Nutzung einzelner Attribute als auch bei der Kombination der Attribute zu neuen Informationen.

Insofern profitieren all diejenigen von den Ergebnissen des Forschungsprojekts, die Daten aus Infrastrukturinformationssystemen beziehen, um diese zu verarbeiten oder Publikationen zu erstellen.

2.5.3 Nutzen für die Fachprozesse

Alle Fachprozesse in denen Daten zwischen verschiedenen Systemen ausgetauscht werden profitieren von den Ergebnissen des Einzelprojekts.

2.5.4 Nutzen für die Projekte

Die folgenden Projekte können die Ergebnisse des Einzelprojekts unmittelbar nutzen:

- MISTRA, Datawarehouse ASTRA (ASTRA-DWH)
- VM-CH: Integrierte Applikationen (INA)
- Kantonale Projekte im Bereich von Strasseninformationssystemen
- VSS-Normung

3 Situationsanalyse

Mit der Situationsanalyse wird der heutige Wissensstand dokumentiert. Um den für diesen Forschungsauftrag relevanten Aspekten gerecht zu werden, sollen die untersuchten Grundlagen hinsichtlich der Prozesse, der Systemarchitektur und der Datenmodellierung kategorisiert werden.

Anhand der Prozesse wird aufgezeigt, in welcher Art das Austauschbedürfnis überhaupt besteht und wie es heute befriedigt wird. Mit der Methodik der Datenmodellierung wird bezogen auf die Modellierungsebenen aufgezeigt, wie die Informationen beschrieben werden.

Aus den so beschriebenen Anforderungen lässt sich identifizieren, welchen Anteil an Semantik in den Prozess- und Datenmodellen steckt. Dieser Anteil an Semantik muss bei der Transformation berücksichtigt werden.

3.1 Grundlagen für die Situationsanalyse

3.1.1 Bedarf für den Datenaustausch aus Prozesssicht

In der Betrachtung der Strasseninfrastruktur gibt es eine Vielzahl von Prozessen und eine Menge von Prozessobjekten. Dabei durchlebt ein und dasselbe Prozessobjekt über den ganzen Lebenszyklus betrachtet eine Vielzahl von Prozessen. Ein Stück Strasse wird geplant, es wird gebaut und es wird genutzt.

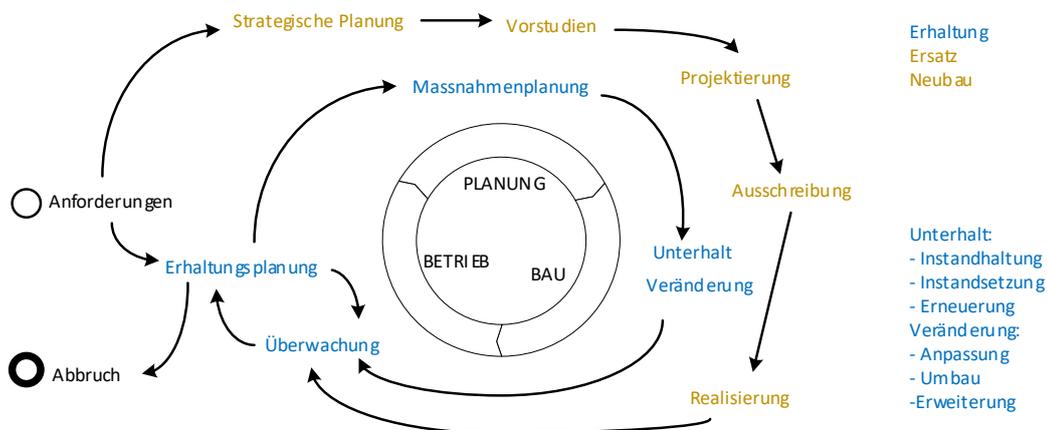


Abb.6 Lifecycle-Betrachtung Informationsmanagement

Der Output eines Prozesses bildet den Input eines nächsten Prozesses. Daraus leitet sich das Austauschbedürfnis ab, da Informationen über das Prozessobjekt (PO) ausgetauscht werden sollen.



Abb.7 Prozessstruktur

Die zentrale Herausforderung für die Erhaltung der Semantik besteht darin, dass je nach Prozess die Bedeutung eines Objekts unterschiedlich sein kann oder dass in unterschiedlichen Prozessen ein und derselbe Begriff für unterschiedliche Objekte verwendet wird. Daraus folgt direkt, dass der Prozess einen wesentlichen Bestandteil der semantischen Bedeutung der auszutauschenden Information enthält.

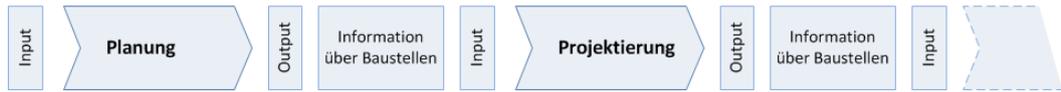


Abb.8 Unter einer Baustelle wird je nach Phase nicht immer das gleiche verstanden

Die Verantwortung für die Durchführung eines Prozesses liegt bei einer Organisationseinheit, z.B. der Erhaltungsplanung einer ASTRA-Filiale. Ein Austauschbedürfnis leitet sich ab, wenn zwei "benachbarte" Organisationseinheiten Informationen austauschen möchten. Beide Organisationseinheiten können dabei den gleichen Prozess bearbeiten. Wenn die beiden benachbarten Organisationseinheiten nach den gleichen Standards arbeiten (z.B. zwei geographisch benachbarte ASTRA-Filialen), sollte dies keine besondere Herausforderung an Erhaltung der Semantik darstellen. Findet hingegen ein Austausch zwischen Organisationseinheiten statt, welche nicht nach den gleichen Standards arbeiten, muss der Erhaltung der Semantik mehr Beachtung geschenkt werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein Datenaustausch zwischen Kantonen und dem ASTRA oder ein länderübergreifender Datenaustausch durchgeführt werden soll.

Ein weiterer Bedarf an Informationsaustausch entsteht innerhalb der (Projekt-) Organisation entlang der Linie. Entlang der Linie müssen Informationen bedarfsgerecht nach oben verdichtet und nach unten detailliert werden.

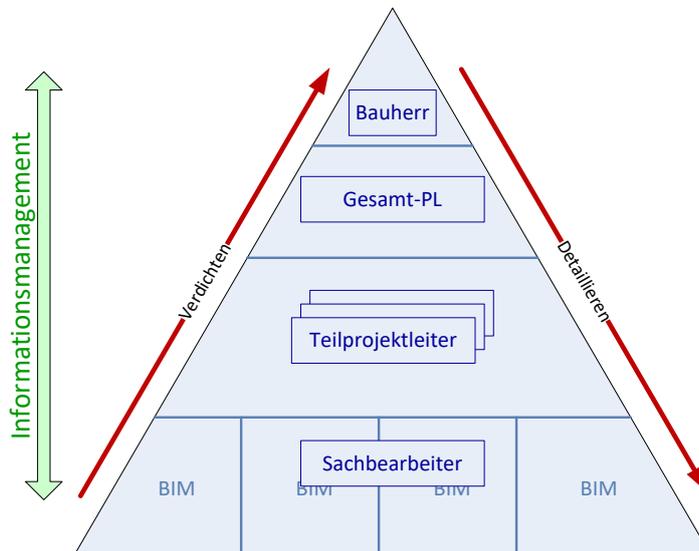


Abb.9 Informationspyramide

3.1.2 Datenmodellierung

Die Informationen über Prozessobjekte sollen ausgetauscht werden. Damit dies möglich wird, muss ein Datenmodell erstellt werden. Basierend auf diesem Datenmodell wird eine Datenbank umgesetzt. Die Modellierung eines Informationssystems erfolgt dabei über mehrere Modellierungsebenen.

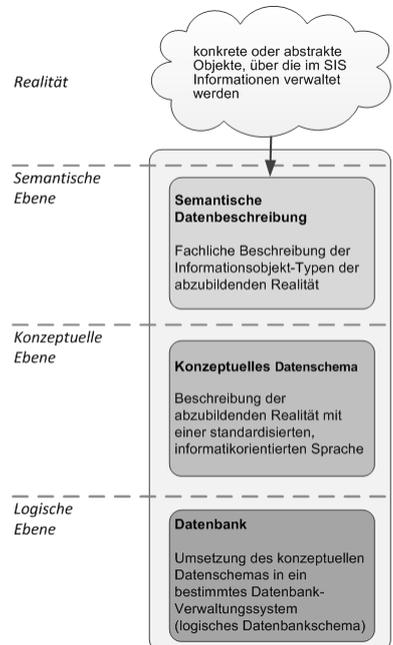


Abb. 10 Modellierungsebenen

Jede der Modellierungsebenen wird mit einer eigenen Methode beschrieben. Für den Strassenraum für das Erhaltungsmanagement existieren auf semantischer Ebene eine Reihe von Normen, für die konzeptuelle Ebene wurden daraus mit UML Klassendiagramme, Anwendungsfälle und Sequenzdiagramme modelliert. Daraus wurde schliesslich das SIS MISTRA realisiert.

Für den Datenaustausch wurde mit INTERLIS ein konzeptionelles Modell geschaffen, der Datentransfer erfolgt durch den Austausch darauf basierender Extensible Markup Language (XML) Dateien.

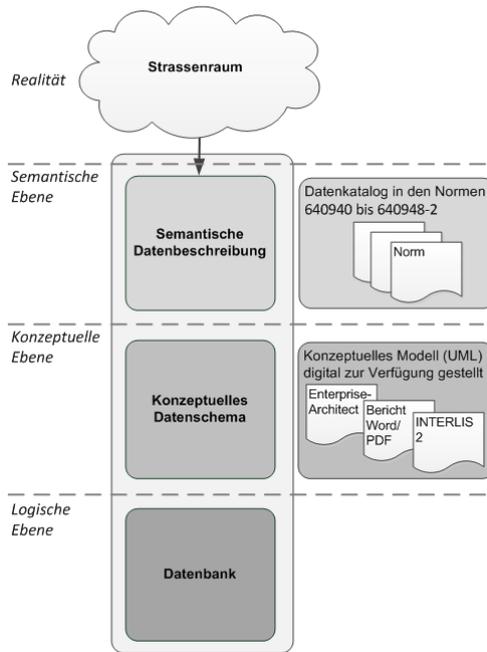


Abb.11 Einordnung Normen in die Modellierungsebenen

Die Modellierung über diese Ebenen erfolgt für jedes SIS und auch für den Datenaustausch.

Die Herausforderung für die Semantikerhaltung ist beim Übergang zwischen den Modellierungsebenen. Gründe dafür sind:

- Unterschiedliche Modellierungsmethoden für das konzeptuelle Datenschema (relationales Modell, objektorientiertes Modell, Nutzung von Standards mit einem spezifischen Regelwerk)
- Die stärkere Strukturierung in einem konzeptuellen Modell erfordert zusätzliche Elemente wie zum Beispiel Beziehungen zwischen zwei Klassen. Diese Informationen müssen nicht vollständig bereits in der semantischen Datenbeschreibung vorliegen und führen so zwangsweise zu Ergänzungen auf der konzeptuellen Ebene, die in der semantischen Ebene nicht vorhanden sind.
- Oft werden die Inhalte sequenziell erarbeitet und ein einmal erstelltes semantisches Modell durch die später beim konzeptuellen Modell gewonnenen Erkenntnisse nicht mehr angepasst
- Beim Übergang von der konzeptuellen Ebene in die logische Ebene können technische Möglichkeiten des Systems die Vorgaben aus dem konzeptuellen Modell nicht immer vollständig deckungsgleich abbilden.
- Die Abweichungen werden oft bei der Erarbeitung erkannt, aber nicht durchgängig dokumentiert.

3.1.3 Anwendung des Strasseninformationssystems

Ein Strasseninformationssystem wird angewendet, das bedeutet, dass Daten erfasst und genutzt werden. Im Detail sind für die Forschung folgende Schritte relevant:

- Daten erheben: Beobachten/Messen/Konstruieren/... des Realitätsausschnitts unter Anwendung des semantischen und konzeptionellen Modells,
- Daten erfassen: Integrieren der erhobenen Daten in ein auf dem logischen Modell basierendes SIS,
- Daten verarbeiten: Nutzen der integrierten Daten für einen Prozess, dabei werden allenfalls neue, abgeleitete Daten erzeugt,

- Daten exportieren: Daten selektieren, in das Austauschmodell transformieren,
- Daten importieren: Daten transformieren und in ein anderes SIS integrieren (im Kontext bestehender Daten).

Bei jedem dieser Schritte besteht eine Gefahr, dass die Semantik verändert wird. Ein Interpretationsspielraum kann kaum vollständig ausgeschlossen werden.

3.1.4 Systemarchitektur

In der konzeptionellen Systemarchitektur gemäss der nachfolgenden Abbildung werden die Prozesse einzelner Fachbereiche mit ihrem Informationsanteil mit einem "gedachten" Kernsystem verbunden. Das Kernsystem steht hier stellvertretend für den gemeinsamen, die Prozesse übergreifenden Informationsbedarf.

In einer Idealwelt wird die Semantik aus den einzelnen Fachbereichen vollständig mit in das Kernsystem übertragen und kann so vollständig auch den anderen Nutzern bereitgestellt werden. In der Praxis wird es auch viele direkte Bezüge zwischen den Fachbereichen geben, ohne ein gemeinsames Kernsystem. Aber auch dann ist ein gemeinsames Verständnis über die Dateninhalte unabdingbar.

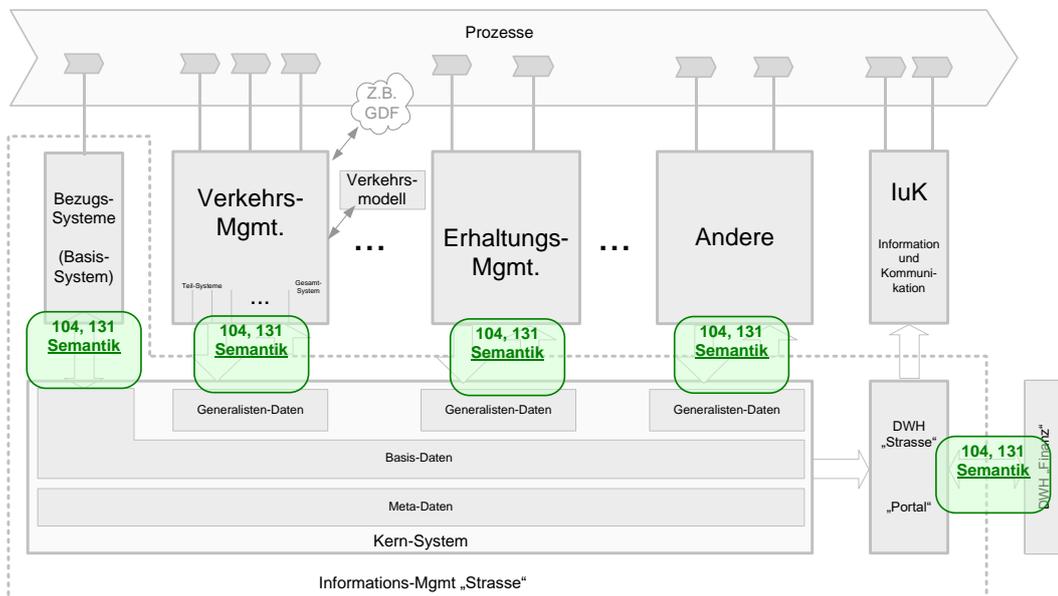


Abb.12 Konzeptuelle Systemarchitektur

3.2 Normen und Standards

Mit der Übersicht über die Normen und Standards in der Schweiz und international werden zusammenfassend die aus Sicht der Forschungsstelle wichtigsten Ergebnisse mit Bezug zum Forschungsthema zusammengestellt.

3.2.1 Schweiz

VSS Normen und Datenkataloge VSS-40 910 ff

Die Normen beschreiben die grundlegenden Konzepte und Fachdatenkataloge für den Aufbau und Betrieb eines SIS. Es finden sich semantische Beschreibungen für Zeit-Raum- und Fachkonzepte sowie Architekturüberlegungen zum SIS.

Bezüglich Datenaustausch werden Aspekte der verteilten Datenhaltung und der Austausch von Basis- und Generalistendaten behandelt. Die Modellierung bleibt auf der semantischen Ebene in Form von Datenkatalogen.

Umsetzung Geoinformationsgesetz/ daraus folgende MGDM

Basierend auf dem Bundesgesetz über Geoinformation (GeoIG) [1] sind verschiedenste Stellen in der Schweiz dazu verpflichtet, ihre Daten gemäss Vorgabe einem definierten Nutzerkreis zur Verfügung zu stellen. Für die Umsetzung des Geoinformationsgesetz werden unter anderem "Minimale Geodatenmodelle" (MGDM) definiert. Diese Modelle bilden in der Regel die Grundlage für die Umsetzung einer Datenaustauschnittstelle.

Die Dokumentation der MGDM umfasst dabei im Normalfall eine semantische (verbale) Beschreibung des Inhalts sowie oft auch ein Datenmodell im Format INTERLIS. Der eigentliche Austausch der Daten erfolgt dann entweder als INTERLIS-Transfer oder die Daten werden gemäss dem definierten Modell über einen Dienst publiziert.

In den MGDM wird in der Regel nicht definiert, welche Prozesse Daten miteinander austauschen werden. Durch die Erarbeitung der MGDM in einer Fachinteressensgemeinschaft wird sichergestellt, dass zwischen den verschiedenen Interessierten ein gemeinsamer Nenner definiert werden kann.

Das zu einem MGDM gehörende Datenmodell wird meist mit INTERLIS beschrieben. Dieses Modell ergänzt die verbale Beschreibung des Inhalts mit einer Struktur für den Datenaustausch. Der Datenaustausch selbst, kann direkt aus dem INTERLIS-Modell hergeleitet werden.

Die nachfolgende Liste beinhaltet eine Auflistung der mit den Strassen direkt in Beziehung stehenden Themen des Geoinformationsgesetzes.

- Nationalstrassennetz (Achsen): Nationalstrassen (GeoIV-ID 86) sind Strassen von allgemein schweizerischer oder internationaler Bedeutung. Die Achsen der Nationalstrassen können für die Beschreibung und die Referenzierung von Sachverhalten entlang der Strassen verwendet werden. Als Besonderheit haben die Strassenachsen neben ihrer planaren, geometrischen Ausprägung zusätzlich eine lineare Beschreibung mittels des räumlichen Basisbezugssystems (RBBS).
- Hauptstrassennetz: Der Datensatz der Hauptstrassen (GeoIV-ID 90) umfasst Strassen von allgemein schweizerischer oder internationaler Bedeutung, die nicht als Nationalstrasse definiert sind. Hauptstrassen stellen sowohl die Durchleitung des nationalen und internationalen Verkehrs als auch die wichtigsten regionalen Verbindungen sicher. Die Achsen der Hauptstrassen können für die Beschreibung und die Referenzierung von Sachverhalten entlang der Strassen verwendet werden.
- Langsamverkehr: Das Fuss- und Wanderwegnetz (GeoIV-ID 79) sowie das Velowegnetz (GeoIV-ID 67) werden in einem Modell beschrieben. Der Datensatz Langsamverkehr enthält Informationen über das Fuss- und Wanderwegnetz sowie das Velowegnetz der Schweiz und bildet die Grundlage für die Abbildung der Langsamverkehrsarten Wandern, Fussverkehr, Velo, Mountainbike und fahrzeugähnliche Geräte (FäG). Ein Langsamverkehrsweg referenziert als Basisgeometrie ein Segment des swissTLM3D und bildet in seiner Gesamtheit, bezogen auf die oben erwähnten Langsamverkehrsarten, das lückenlose Langsamverkehr-Wegnetz der Schweiz.
- Strassenverkehrszählung: Die Thematik Strassenverkehrszählung wird auf dem übergeordneten Netz (GeoIV-ID 13) sowie auf dem regionalen und lokalen Netz (GeoIV-ID 14) in einem Modell beschrieben. Die Datensätze der Strassenverkehrszählung enthalten Informationen über die Standorte der Verkehrszählung (Messstellen). Dabei handelt es sich in der Regel um automatische Verkehrszählungen, bei denen der Verkehr entweder permanent oder temporär erhoben wird. Die bei der Verkehrszählung erhobenen Verkehrswerte sind nicht Gegenstand des minimalen Geodatenmodells. Das minimale Geodatenmodell enthält Kennzahlen auf Jahresbasis, die aus den Verkehrswerten aggregiert bzw. hochgerechnet werden.
- Strassenverkehrsunfallorte: Der Datensatz der Strassenverkehrsunfallorte (GeoIV-ID 95) beschreibt die anonymisierten, lokalisierten Einzeldaten von Strassenverkehrsunfällen. Verfügbar sind Angaben zum Strassenverkehrsunfall wie Datum, Uhrzeit,

- Unfalltyp, Strassenart, Unfallstelle, äussere Bedingungen sowie zur Anzahl der involvierten Fahrzeuge und Personen
- Lärmbelastungskataster für Nationalstrassen: Der Datensatz des Lärmbelastungskatasters (GeoIV-ID 142) erfüllt die Anforderungen aus der Lärmschutzverordnung und enthält die in einem Lärmkataster zu erfassenden, gesetzlich erforderlichen Informationen zu den Lärmimmissionen entlang der Nationalstrassen. Dies umfasst die ermittelte Lärmbelastung, die angewendeten Berechnungsverfahren, die Eingabedaten für die Lärmberechnung, die Anlagen und ihre Eigentümer sowie die Anzahl Personen, die von über den massgebenden Belastungsgrenzwerten liegenden Lärmimmissionen betroffen ist.
 - Lärmbelastungskataster für Haupt- und übrige Strassen: Analog zum Lärmbelastungskataster für Nationalstrassen wurde vom Bundesamt für Umwelt auch ein Lärmbelastungskataster für Haupt- und übrige Strassen (GeoIV-ID 144) modelliert.
 - Kantonale Ausnahmetransportrouten: Die Datensätze der kantonalen Ausnahmetransportrouten (GeoIV-ID 184) enthalten die planerischen Informationen über den Verlauf und die Klassifizierung der kantonalen Routen für Ausnahmetransporte. Ausnahmetransporte sind per Definition Transporte von unteilbaren Lasten, welche Abmessungen oberhalb der gesetzlichen Grenzwerte gemäss Verkehrsverordnung (VRV) aufweisen. Ausnahmetransportrouten (auch Versorgungs- oder Exportrouten genannt) sind Strassen, welche auf höhere Grenzwerte dimensioniert werden sollen.
 - Baulinien Nationalstrassen: Der Datensatz der Baulinien Nationalstrassen (GeoIV-ID 88) enthält die Informationen über die Lage und den Genehmigungstand der Baulinien entlang den Nationalstrassen. Baulinien tragen den Anforderungen der Verkehrssicherheit und der Wohnhygiene Rechnung und dokumentieren die Bedürfnisse eines allfälligen künftigen Ausbaus der Strasse.
 - Sachplan Verkehr – Teil Infrastruktur Strasse: Das ASTRA zeigt mit dem Sachplan Verkehr – Teil Infrastruktur Strasse (GeoIV-ID 72), wie es seine raumwirksamen Aufgaben wahrnimmt, welche Ziele es verfolgt und in Berücksichtigung welcher Anforderungen und Vorgaben es zu handeln gedenkt. Das Basismodell Sachpläne des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) bildet die Basis für das minimale Geodatenmodell des Sachplans Verkehr.

eCH E-Government Standards

Die Verein eCH fördert, entwickelt und verabschiedet Standards im Bereich E-Government. Diese sollen eine effiziente Zusammenarbeit zwischen Behörden, Unternehmen und Privaten ermöglichen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden insbesondere auch Methoden und Schnittstellen standardisiert (z.B. INTERLIS, Metadaten etc.).

- eCH-0031 – INTERLIS-2-Referenzhandbuch [6]: Dieser Standard definiert die Syntax für die Beschreibung von konzeptuellen Datenmodellen und physischem Austauschformat gemäss INTERLIS 2.4.
- eCH-0117 – Meta-Attribute für INTERLIS Modelle [8]: Dieser Standard beschreibt die Definition von Meta-Attributen als Teil von INTERLIS-Datenmodellen. Mit den Regeln, die in der vorliegenden Spezifikation definiert werden, können Meta-Informationen in ein INTERLIS-Datenmodell integriert werden, ohne dass dafür die INTERLIS-Sprachspezifikation angepasst werden muss.
- eCH-0036 – Dokumentation für den XML-orientierten Datenaustausch [7]: Dieser Standard beschreibt, welche Dokumentation für XML-Schemas zu erstellen ist, damit die nötigen Grundlagen für die Implementierung einer Schnittstelle für den XML-basierten Datenaustausch vorhanden sind. Ausgangspunkt ist ein Datenmodell des Ausschnitts der Realität, über welchen Informationen ausgetauscht werden sollen. Davon abgeleitet werden für die jeweils interessierenden Transaktionen Datenmodelle für den Datenaustausch (Austauschmodelle). Ein Austauschmodell wiederum dient als Grundlage für eines oder auch verschiedene Schemas (Austauschschemas). Nur wenn die Modelle wohl definiert und dokumentiert sind, und wenn die Beziehungen zwischen

den Modellen (System- und Austauschmodelle) und den Schemas (Austauschmodell und -schemas) wohl definiert und dokumentiert sind, können unabhängige Implementierer die Schnittstelle korrekt umsetzen.

- eCH-0118 – Geography Markup Language (GML)-Kodierungsregeln für INTERLIS [9]: Dieser Standard definiert Kodierungsregeln, um aus einem INTERLIS-Datenmodell ein GML-Transferformat abzuleiten. INTERLIS ist eine Schweizer Norm zur Beschreibung von konzeptionellen Datenmodellen und zum modellbasierten Datenaustausch. GML ist ein Standard zur Kodierung von geografischen Daten, basierend auf XML. Zunächst werden grundlegende Konzepte der verwendeten Sprachen INTERLIS und GML sowie Kodierungsregeln und XML-Anwendungsfälle erläutert. Danach folgt eine Darstellung der Unterschiede zwischen der GML-Kodierung und der Kodierung von INTERLIS-spezifischem XML. Der Hauptteil dieses Standards beschäftigt sich mit der detaillierten, umfassenden Definition von Schema-Kodierungsregeln sowie Instanz-Kodierungsregeln.

3.2.2 Deutschland

In Deutschland sind zwei, in den meisten Teilen aufeinander abgestimmte Werke, massgebend für die Strasseninformationssysteme der Länder und des Bundes: Die Anweisung Strassendatenbank (ASB) und der Objektkatalog Strasse (OKSTRA®).

ASB

Die ASB beinhaltet eine semantische Beschreibung des Netzes, der Infrastruktur und des Betriebs der Infrastruktur. Es besteht im Wesentlichen aus einem Fachdatenkatalog sowie fachliche Regeln zur Festlegung der Objekte.

OKSTRA®

Der Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen (OKSTRA®) ist eine Sammlung von Objekten aus dem Bereich des Straßen- und Verkehrswesens. Er wurde mit dem Ziel ins Leben gerufen, ein gemeinsames Verständnis dieser Objekte in den betroffenen Fachbereichen zu erreichen. Als direktes Ergebnis erhält man z.B. ein gemeinsames Austauschformat für verschiedenste Softwareapplikationen aus dem Straßen- und Verkehrswesen.

Der OKSTRA® berücksichtigt die semantischen Grundlagen der ASB.

3.2.3 International

International sind für die Schweiz vor allem die Organisationen INSPIRE und buildingSMART von Bedeutung. Diese Organisationen bemühen sich um international anerkannte Standards. Dafür werden international zusammengesetzte Arbeitsgruppen gebildet, welche die verschiedenen Themen bearbeiten.

INSPIRE

Die Motivation von INSPIRE ist es, auf europäischer Ebene den Datenaustausch von Geodaten zu ermöglichen. Um INSPIRE voranzutreiben, ist die Umsetzung gesetzlich verankert. Mit INSPIRE wurden diverse Austauschmodelle geschaffen, so auch für die Themen rund um Strasseninformationssystem. Trotz der gesetzlichen Grundlagen und der bereitstehenden Modelle erfolgt die eigentliche Umsetzung sehr schleppend. Von einigen Ländern ist bekannt, dass sie für die Ergänzung des eigenen Strassennetzes im benachbarten Ausland viel eher auf Open-Streetmap-Daten zurückgreifen, statt von den Nachbarländern Daten im INSPIRE-Format zu beziehen.

buildingSMART

buildingSMART ist zuständig für die Standardisierung der Modelle für den Datenaustausch beim Einsatz der BIM-Methodik. Bei buildingSMART ist der "Infrastructure Room" für die Strasseninformationssysteme von Bedeutung. Aktuell sind folgende Projekte am Laufen:

- Bridge,
- Road,
- Tunnel
- Ports&Waterways.

Bereits abgeschlossen sind folgende Projekte:

- IFC Alignment,
- Overall Architecture,
- Infra Asset Management.

Diese Projekte werden für die Zukunft massgebend für den Datenaustausch sein. Sie werden Vorgaben an den Datenaustausch über den gesamten Lifecycle der Infrastruktur vorgeben. Der Austausch mit diesen Modellen in die eigene Umgebung muss sichergestellt werden.

3.3 Forschung

3.3.1 Schweiz

In den letzten Jahren wurden bereits einige Forschungsarbeiten durchgeführt, welche sich mit dem Datenaustausch oder der Modellierung befassen haben. Sie alle liefern Resultate, welche für die Semantikerhaltung bei der Transformation respektive dem Datenaustausch eine wichtige Rolle spielen.

MDATrafo

Mit MDATrafo [11] wurde das Gesamtmodell der Bezugssysteme aus VSS-71941 überprüft und Vorschläge für die praktische Umsetzung gemacht. Aus dem Forschungsauftrag geht hervor, dass Algorithmen für die vorgesehenen Transformationen zwischen topologischen, linearen und planaren Bezugssystemen entwickelt werden müssen.

Im Forschungsauftrag nicht berücksichtigt wird, dass nicht nur das Modell selbst unterschiedlich sein kann (hier greifen die Vorschläge der Forschungsstelle), sondern, dass bereits bei der Gestaltung der Bezugssysteme unterschiedliche Paradigmen angewendet werden. Eine rein algorithmische Transformation wird so meist verunmöglicht.

MDAinSVT

MDAinSVT [11] ist die Fortsetzung von MDATrafo und zeigt eine mögliche Umsetzung des in MDATrafo geforderten algorithmischen Ansatzes für die Transformation von SVT-Daten. Grundidee ist, dass die beiden über den Datenaustausch zu verbindenden Welten mit einem gemeinsamen Konzept (INTERLIS) beschrieben werden. Dadurch lassen sich die Transformationsregeln ableiten.

Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen

Als Ergänzung zur semantischen Beschreibung der VSS-Normen liefert dieses Forschungsprojekt [13] ein konzeptionelles Modell basierend auf den Regeln der objektorientierten Modellierung. Es werden Regeln für die Nutzung von UML aufgestellt und angewendet.

Architektur und Zeitaspekte von SVT-Daten

Dieser Forschungsauftrag [14] erarbeitete die grundsätzlichen Konzepte des linearen, topologischen und planaren Modells für Strassennetze und ihre Abbildung aufeinander. Die Resultate zeigen den semantischen und konzeptionellen Zusammenhang dieser Modelle. Mit MDATrafo wurde die praktische Umsetzung überprüft.

Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB

Für die spezifischen Bedürfnisse der Fachbereiche werden entsprechende Fachsysteme mit ihren Datenbanken benötigt. Dies gilt beispielsweise für das Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen EMF, der Kunstbauten EMK, der technischen Anlagen EMT und für weitere Fachsysteme. Diese zeichnen sich aus durch grosse Datenmengen und unterschiedlichen Zeitbezügen und mehreren Raumbezugssystemen.

Das Forschungsprojekt [15] erarbeitet die konzeptionellen Grundlagen, welche das Zusammenspiel der verschiedenen Systeme regeln. In der Systemarchitektur des SIS wird dabei unterschieden zwischen den Basissystemen für die Verwaltung von allgemeinen Daten, den Fachsystemen, dem Kernsystem als gemeinsamer Kern aller Basis- und Fachsysteme und dem Auskunftssystem, das die Daten fachlich korrekt und Prozesse unterstützend zu nutzbarer Information aufbereitet.

3.3.2 Deutschland

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

Dieses Forschungsprojekt [25] untersucht die technische und praktische Kopplung von Systemen des Strassen- und Verkehrswesens mit der Verwendung von standardisierten Datenmodellen und Datenaustauschverfahren

Ziel des Forschungsvorhabens ist die theoretische und praktische Untersuchung der parallelen, gekoppelten Verwendung von standardisierten Datenmodellen und Datenaustauschverfahren, die für das Straßen- und Verkehrswesen relevant sind. Der theoretische Teil umfasst die fachliche und IT-technische Analyse der Standards und passender Anwendungsfälle, sowie die Analyse und Bewertung technischer Kopplungsverfahren. Der praktische Teil besteht in der Realisierung von drei prototypischen Szenarien zum Nachweis der Durchführbarkeit und der Überprüfung der theoretischen Bewertung der Verfahren. Die Nutzung der untersuchten Methodiken ist mit überschaubarem Aufwand möglich, gestattet die Weiterverwendung etablierter Modelle und Schnittstellen in Kopplung mit dem OKSTRA® und ist geeignet, die Ausnutzung von Synergieeffekten zur technischen Behandlung von neuartigen, fachübergreifenden Anwendungsfällen zu fördern.

Analyse von Einsatzmöglichkeiten von verbundenen Informationen (Linked Data) und Ontologien und damit befassten Technologien (Semantic Web) im Bereich des Straßenwesens

Dieses Forschungsprojekt der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV [21] untersucht die Fusionierung der verschiedenen SIS, damit diese nicht einzeln abgefragt werden müssen.

Die in Deutschland eingesetzten Informationssysteme im Strassen- und Verkehrswesen leisten bereits heute durch ihren Bezug auf nationale und internationale Standards (u.a. OKSTRA und OGC) eine Entkopplung von interner Datenhaltung und externer Darstellung für den Gebrauch in Fachanwendungen. Durch die Nutzung einheitlicher Schemata und Kodierungen können Daten aus mehreren solcher Informationssysteme gemeinsam weiterverarbeitet werden. Allerdings müssen hierzu diese Informationssysteme einzeln

abgefragt und danach miteinander verknüpft werden (Fusion), bevor eine Weiterverarbeitung möglich ist.

Prinzipiell würde es sich anbieten, diesen Fusionierungsschritt überflüssig zu machen, wenn die Daten verschiedener Informationssysteme dauerhafte Bezüge aufeinander aufweisen würden.

In Deutschland liegen schon langjährige Erfahrungen mit der Entwicklung und Anwendung eines Objektkatalogs für das Straßenwesen vor (OKSTRA). Insbesondere mit der Einführung von BIM im Strassenbau gibt es nun aber auch internationale Bestrebungen hin zu gemeinsamen Objektkatalogen. Im europäischen Projekt V-Con zur Standardisierung und Implementierung von BIM werden Software Werkzeuge erarbeitet, die generell die Möglichkeit schaffen sollen, Informationen von verschiedenen Ebenen (Projekt, Unternehmen, National, International) zu verknüpfen oder auszutauschen.

Die Analyse des Einsatzes der Technologien linked data und semantic web hat das Ziel, mögliche Weiterentwicklungen des OKSTRA aufzuzeigen. Zu klären ist, inwieweit der OKSTRA mit der niederländischen Objektbibliothek CB-NL verbunden werden kann.

3.4 Informationssysteme und Produkte

Im Fokus der Betrachtung steht der Datenaustausch zwischen verschiedenen Strasseninformationssystemen (SIS) und zwischen diesen und Systemen des Verkehrsmanagements (VM).

3.4.1 Strasseninformationssysteme

In der Schweiz werden verschiedene Systeme für die Erfassung, Nachführung und Nutzung von Daten über die Infrastruktur angewendet. Das ASTRA hat für diese Aufgaben MISTRA entwickelt. Bei den Kantonen und Gemeinden stehen eine Reihe von weiteren Produkten im Einsatz.

Viele Kantone und Gemeinden setzen aber auch einfach eine Basissoftware ein (GIS oder Office), welche sie gemäss ihren spezifischen Anforderungen anpassen und einsetzen.

Eine Spezialität der Strasseninformationssysteme ist die lineare Lokalisierung der Daten entlang einer Strassenachse. Viele der Strasseninformationssysteme nutzen die im Kern der eingesetzten Basissoftware bereits vorhandenen Funktionen für die lineare Lokalisierung und ergänzen die Funktionalität mit der für das in der Schweiz zur Anwendung kommende Räumliche Basisbezugssystem (RBBS). Durch die gemeinsame Nutzung des RBBS ist bezüglich der Lokalisierung ein gemeinsames Verständnis über den Ort einer Information sichergestellt. Im Austausch den Umsystemen muss die lineare Lokalisierung in der Regel in ein anderes Bezugssystem umgerechnet werden. Dies können andere lineare Bezugssysteme sein (z.B. Streckenkilometer, TMC-Locations-Codes, Adressen, Landeskoordinaten, WGS84-Koordinaten und andere).

3.4.2 Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH)

Das Verkehrsmanagement Schweiz hat mehrere Aufgaben:

- Verkehrslenkung
- Verkehrsleitung
- Verkehrssteuerung
- Verkehrsinformation

Damit diese Aufgaben erfüllt werden können, werden Daten laufend in Echtzeit erfasst. Dazu gehören vor allem Daten zum aktuellen Verkehr.

Für die Erfüllung dieser Aufgaben nutzt die Verkehrsmanagement-Zentrale eine eigene Lösung zur Darstellung der Verkehrsbelastung, Sichtung von Videobildern, Erfassung und

Bearbeitung von Verkehrsmeldungen, Bewirtschaftung der Warteräume, Erfassung und Abstimmung von Baustellen, Einleitung und Überwachung von Verkehrsmanagement-Massnahmen usw. Als Basis für die Verortung dient ein eigenes Verkehrsnetz.

Im Gegensatz zu den Strasseninformationssystemen wird für die Lokalisierung der für das Verkehrsmanagement relevanten Informationen ein topologisch aufgebautes Verkehrsnetz benötigt. Begründet ist dies dadurch, dass in einem topologisch aufgebauten Verkehrsnetz die Verkehrsbeziehungen einfach abgebildet werden können. Für die Kommunikation von Verkehrsinformationen wird das System der Traffic Message Channel (TMC) Location-Codes verwendet. Dieses System zeichnet sich dadurch aus, dass die Knoten gebräuchliche, sprechende Namen besitzen, welche einen Ort beschreiben. Dadurch können Ortsangaben in allgemein verständlicher Form angegeben werden. Dies wird zum Beispiel bei der Verteilung von Verkehrsinformationen für die Verkehrsteilnehmer angewendet.

3.5 Austauschformate

Austauschformate definieren die Syntax, Struktur und Formate von auszutauschenden Daten.

Im Verkehrsmanagement kommen oft in sich geschlossene, proprietäre Systeme zum Einsatz, welche nicht mit anderen Systemen der SIS kompatibel sind.

Dort wo ein Austausch stattfindet, werden für die Dienste-Schnittstellen oft OGC-konforme Dienste wie WMS verwendet. Für Offline-Schnittstellen werden verschiedene allgemeine Formate wie XML, JavaScript Object Notation (JSON) und geospezifische Formate wie GML, INTERLIS sowie auch proprietäre Formate wie ESRI-File-Geodatabase verwendet.

Im Folgenden werden aktuell häufig im Datenaustausch verwendete Formate im Hinblick auf ihre Möglichkeiten zum Transport semantischer Informationen analysiert.

Die heutigen SIS-Anwendungen tauschen Daten in der Regel über Dienste oder Offline-Schnittstellen aus. Der Austausch funktioniert technisch problemlos, solange sich die an der Austauschgemeinschaft beteiligten Systeme abschliessend auf ein Austauschformat einigen konnten.

Die Offline-Schnittstellen sind heute noch bevorzugt, da die Anforderungen der Prozesse bezüglich Aktualität der Daten tief sind oder bewusst nur eine periodische Aktualisierung gewünscht ist. Für die Anwendung Verkehrsunfall-GIS (VUGIS) beispielsweise werden jährliche Auswertungen erstellt. Damit die in einem Betrachtungszeitraum von einem Jahr auszuwertenden Daten eine möglichst stabile Netzbasis haben, wird das Verkehrsnetz nur einmal jährlich aktualisiert. Ein weiteres Beispiel sind Zustandserfassungen im Strassennetz. Die Erhebung der Daten mittels Messfahrzeugen, die Auswertung dieser Daten und die Aufbereitung für das Strasseninformationssystem benötigen einen Zeitraum von mehreren Wochen bis Monate (je nach Umfang des abzufahrenden Verkehrsnetzes). Es wird jeweils versucht, das Verkehrsnetz vom Start der Erhebung bis zur definitiven Integration der Daten stabil zu halten, damit die Integrationsprobleme bei der linearen Lokalisierung der Zustandsdaten minimiert werden können.

Es werden aber auch Online-Schnittstellen verwendet. Online-Schnittstellen werden für Daten der Strasseninformationen sind häufig bereits in mobilen Anwendungen im Einsatz, zum Beispiel in der Anwendung der Polizei für die Erfassung von Unfalldaten. Dabei wird ein Dienst des MISTRA-Basissystems für die lineare Lokalisierung des Unfalls verwendet und der erfasste Unfall in der Anwendung Verkehrsunfall gespeichert.

Für die nachfolgenden Austauschformate gibt es sowohl Online wie auch Offline-Anwendungen.

3.5.1 INTERLIS

INTERLIS ist eine Schweizer Norm zur Beschreibung von konzeptionellen Datenmodellen und zum modellbasierten Datenaustausch. INTERLIS umfasst nicht nur eine Datenbeschreibung, sondern auch XML-Codierungsregeln (INTERLIS 2). Die Codierungsregeln definieren, wie aus einem fachlichen Datenmodell durch die Anwendung von Regeln das Transferformat abgeleitet werden kann.

Die Grundidee von INTERLIS besteht darin, dass ein digitaler Austausch von strukturierten Informationen nur möglich ist, wenn die am Austausch beteiligten Stellen eine genaue und einheitliche Vorstellung über die Art der auszutauschenden Daten haben. INTERLIS befasst sich deshalb sowohl mit der systemneutralen, konzeptionellen Beschreibung von (Geo-)Datenstrukturen als auch mit der Festlegung des Austauschformates.

Im Unterschied zur grafischen UML lassen sich mit INTERLIS Datenmodelle in einer textuellen Form beschreiben. Die Sprache INTERLIS wurde mit dem Gedanken entwickelt, dass sie für den Menschen und zugleich für den Computer lesbar ist. Zudem definieren die INTERLIS-Normen in welcher Weise, die einem Datenmodell zugehörigen Daten codiert und strukturiert sein müssen. Da dieses Transferformat eindeutig ist, liegen in INTERLIS beschriebene und codierte Daten in einem wohldefinierten Zustand vor und sorgen damit für eine Verbesserung des digitalen Austausches von strukturierten Informationen. Vordefiniert ist zurzeit das systemneutrale INTERLIS-Dateitransferformat (ITF, Version 1) und INTERLIS 2/XML (Version 2).

INTERLIS 1 wurde 1993 in der Gesetzgebung über die amtliche Vermessung vorgeschrieben und wird seit 1998 von der Schweizer Normen-Vereinigung als Norm SN 612030 herausgegeben. Im September 2003 wurde INTERLIS 2 offiziell als Norm SN 612031 publiziert. Die neueste Version von INTERLIS 2 (Version 2.4) wurde erst vor kurzem (Ende Oktober 2017) als eCH-Standard genehmigt [6].

Mit Hilfe von INTERLIS 2 können gewisse semantische Informationen beim Datenaustausch mitgeliefert werden:

- Freie Kommentare im INTERLIS-Modell.
- Strukturierte Kommentare im INTERLIS-Modell gemäss eCH-0117 [8]: Meta-Attribute für INTERLIS-Modelle, die von verschiedenen Softwareprodukten interpretiert werden können.
- Transferattribute, die Auskunft über Art der Lieferung geben (z.B. inkrementeller Transfer): "FULL", "INITIAL" oder "UPDATE".
- Transferattribute, die Angaben zur Konsistenz übermitteln: "COMPLETE", "INCOMPLETE", "INCONSISTENT", "ADAPTED".

INTERLIS-2 ist im Datenaustausch Schweizer SIS im Einsatz. Die SIS-Applikationen MISTRA BS und TRA verfügen über INTERLIS-2-Schnittstellen. Die gelieferten XTF-Transferdateien sind mit Hilfe der entsprechenden INTERLIS-Modelldatei interpretierbar. Zusätzlich werden die Daten aber auch mit UML-Diagrammen und textueller Beschreibung definiert. Daten, die gemäss diesen vom ASTRA definierten Austauschmodellen strukturiert sind, können auch z.B. vom SIS-Produkt Logo interpretiert werden. Durch die Modellierung der Schnittstellen mit INTERLIS können die Daten aber auch von anderen, INTERLIS-fähigen Lösungen gelesen werden (z.B. FME). Trotz der Standardisierung mit INTERLIS sind aber Aufgaben zu lösen, welche nur mit zusätzlichem Wissen über die Modellierung möglich sind. So unterstützt INTERLIS die lineare Kalibrierung einer Achsgeometrie nicht. Um die Kalibrierung der Geometrie zu übermitteln, wurde ein INTERLIS-kompatibler Workaround definiert.

3.5.2 XML

XML (Extensible Markup Language) ist eine vom WorldWideWeb-Consortium (W3C) entwickelte Auszeichnungssprache. Sie wurde für den Austausch und die Speicherung von Daten entwickelt und ist ein weit verbreitetes Austauschformat. Die logische Struktur eines XML-Dokuments kann mit Hilfe eines XML-Schemas definiert werden. XML-Schemas werden auch in XML geschrieben, sie beruhen auf einer zusätzlichen W3C-Empfehlung (XML Schema Definition – XSD).

Die Extensible Markup Language (XML) ist für sehr viele Szenarien, in denen Daten ausgetauscht werden sollen, das heute gebräuchliche Austauschformat. XML ist eine zeichenbasierte Syntax, die es erlaubt, baumstrukturierte Daten auszutauschen. Seit der Einführung von XML-Schema ist es zwar möglich, die den Daten zugrundeliegenden Datentypen zu in einem Schema zu definieren, dies ändert aber nichts an der Tatsache, dass es sich bei XML um eine reine Syntax handelt. Dies bedeutet, dass das zugrundeliegende Modell (die anwendungsspezifische Semantik) aus einem XML-Dokument oder auch aus einem XML-Schema nicht ersichtlich wird. Viele der aus Anwendungssicht wichtigen Informationen sind nicht mit Hilfe von XML-Technologien erfassbar und damit auch nicht austauschbar. Dies bedeutet, dass es über die syntaktische Festlegung eines Austauschformates hinaus weitergehende Übereinstimmungen zwischen Teilnehmer in einem Szenario mit XML-basiertem Datenaustausch geben muss. Nur dann kann sichergestellt werden, dass über die gemeinsam benutzte Syntax hinaus auch ein gemeinsames Verständnis der ausgetauschten Daten besteht, und dieses gemeinsame Verständnis ist notwendig für einen bei allen Beteiligten korrekten Umgang mit Daten. [7]

Jeglicher XML-basierte Datenaustausch kann im Rahmen der bestehenden XML-Technologien nur rein syntaktischen beschrieben werden. Um eine XML-basierte Schnittstelle vollständig zu beschreiben, muss jedoch auch die Semantik der XML-Inhalte beschrieben sein. Dieses Problem ist abhängig von der Komplexität der auszutauschenden Daten. Für sehr einfache Schnittstellen kann im Extremfall ein „selbstdokumentierendes“ Schema ausreichend sein, die Bedeutung der XML-Strukturen zu beschreiben. In allen anderen Fällen aber wird ein Schema nicht ausreichend sein, um zu verstehen, welche Bedeutung und auch welche Abhängigkeiten und Randbedingungen die beschriebenen Daten haben. [7]

XML wird z.B. im Datenaustausch zwischen SIS in Deutschland verwendet: OKSTRA wird mit Hilfe von XML kodiert. Auch bei INTERLIS-2-Transferdateien handelt es sich um XML-Dateien, die gemäss den INTERLIS-spezifischen Codierungsregeln strukturiert sind.

3.5.3 GML

Die Geography Markup Language (GML) ist ein XML-Dialekt für die Kodierung von räumlichen Daten. Die GML-Spezifikation wurde vom Open Geospatial Consortium (OGC) entwickelt und mittlerweile handelt es sich bei GML auch um einen internationalen Standard (ISO 19136). Für jede konkrete Anwendung von GML werden GML Anwendungsschemata (GML Application Schemas) erstellt, die sich aus Elementen der GML Core Schemas und vordefinierten XML-Schema-Datentypen zusammensetzen. Die Anwendungsschemata definieren schließlich die Struktur und den Inhalt von GML-Dokumenten (GML Data Instances).

GML wird im Datenaustausch zwischen SIS in Deutschland verwendet: OKSTRA-Geometrien werden mittels GML (3.2.1) repräsentiert. Auch INTERLIS kennt eine GML-Codierung.

3.5.4 CSV

Bei CSV-Dateien (Comma Separated Values) handelt es sich um Textdateien zum Austausch einfach strukturierter Daten wie Tabellen und Listen. Es gibt keinen allgemeinen Standard für das Dateiformat CSV, weshalb z.B. die Zeichencodierung und Formatierung

von CSV-Dateien unterschiedlich sind. Das bedeutet, dass die verwendeten Formate zwischen den beteiligten Benutzern abgesprochen werden müssen.

Die einzelnen Zeilen der CSV-Datei repräsentieren meist einen Datensatz, wobei die erste Zeile oft ein Kopfdatensatz ist, der die Spaltennamen definiert.

CSV-Dateien werden z.B. in der MISTRA Fachapplikation Verkehrsmonitoring MISTRA-VMON) als Import- und Export-Schnittstelle verwendet.

Das CSV-Format ist im Vergleich zu anderen Formaten wie INTERLIS oder XML sehr einfach, tabellarisch aufgebaut. Je nach Verwendung werden reservierte Zeilen (am Anfang oder Ende eines CSV-Files) für zusätzliche Informationen zum Transferinhalt verwendet.

3.5.5 JSON

JSON (JavaScript Object Notation) ist ein kompaktes Datenformat in einer einfach lesbaren Textform zum Zweck des Datenaustauschs zwischen Anwendungen. JSON selbst ist ein neutrales Datenformat, spezialisiert für die Serialisierung.

JSON Schema beschreibt die Struktur von JSON Dokumenten und JavaScript Objekten. Die Spezifikation von JSON Schema ist in JSON Schema geschrieben, es kann sich also selbst beschreiben.

JSON-LD (JSON for Linking Data) bezeichnet eine Empfehlung des W3C, um weltweit verknüpfte Daten (nach dem RDF-Modell) im leichtgewichtigen JSON-Format einzubetten. Es gestattet die Anreicherung von JSON (um maschinell interpretierbare) Bedeutung und ist darauf spezialisiert, komplexe Semantik wie auch Zusammenhänge zwischen Datensätzen zu erfassen.

Die Web Services des MISTRA BS (Java Script API) können neben anderen Ausgabeformaten auch JSON-Daten bereitstellen.

3.6 Synthese Situationsanalyse

Die VSS-Normen und Datenkataloge sind semantische Beschreibungen der betrachteten Realität ohne spezielle Betrachtung des Datenaustauschs. Die Vorgaben bezüglich des Datenaustauschs werden durch die Projekte und Produkte getrieben. Dies einerseits durch die Nutzung von Standards durch Vorgaben der Nutzung einer Norm für die Realisierung des Datenaustauschs (z.B. INTERLIS 2 im Umfeld MISTRA). Eine Folge davon ist, dass die Schnittstellenvielfalt gross ist. Im Gegensatz dazu wird in Deutschland sowohl die ASB (semantisches Modell) als auch der OKSTRA (basierend auf der ASB definiertes Datenaustauschmodell) zentral gepflegt und ist im Austausch zwischen Bund und Ländern verpflichtend.

Die publizierten VSS-Normen und Empfehlungen werden heute in einigen Systemen angewendet. Insbesondere das RBBS ist auf Ebene Bund und Kantone weit verbreitet und es existieren darauf basierend viele Daten. Die Unterstützung des Datenaustausch dieser Daten mit INTERLIS wird vor allem auf Ebene Bund gefordert und steht in diesen Systemen zur Verfügung.

Das Bedürfnis an Interoperabilität ist gross. Dies lässt sich zum Beispiel am Prozess der Projektgenerierung zeigen, wo unterschiedlichste Daten spezifisch auf die Aufgabe der Projektgenerierung zusammengeführt werden müssen. Dieser Prozess führt Informationen zu Anforderungen an die Infrastruktur, aus dem Erhaltungsmanagement und der Umwelt zusammen. Darauf basierend können Projektvarianten definiert und bewertet werden. Über den ganzen Lebenszyklus der Strasseninfrastruktur existieren viele weitere Prozesse für welche Informationen aus verschiedenen Quellen zusammengeführt werden.

Eine Herausforderung beim Austausch über die Prozessgrenzen hinweg ist die Transformation der Lokalisierung der Daten in verschiedene lineare, planare und topologische Bezugssysteme.

Im Datenaustausch besteht in Bezug auf das liefernde System das Bedürfnis, zusätzlich zu den Daten auch beschreibende Informationen zu liefern, damit der Inhalt möglichst abschliessend und ohne Interpretationsspielraum verwendet wird (im Sinne des Datenherrn). Auf der Empfängerseite sind die Angaben zur Semantik erforderlich, damit die empfangenden Daten im eigenen Kontext korrekt verwendet werden können. Sowohl Sender wie Empfänger sind bestrebt, Fehlinterpretationen zu minimieren.

In der Schweiz nehmen Bund, Kantone und Gemeinden hinsichtlich SIS die gleichen Aufgaben wahr, setzen aber unterschiedlichste Systeme dafür ein (MISTRA, Logo, kleinere GIS-Anwendungen, Excel-Listen etc.). Strassen und vor allem auch der darauf vorhandene Verkehr hören nicht an diesen politischen Grenzen auf. Ein Austausch zwischen den verschiedenen Systemen kann die Zusammenarbeit massgebend erleichtern.

Auch ein Bedürfnis ist es, heute noch nicht nutzbare Daten von Dritten nutzbar zu machen. Ein Beispiel dafür wäre die Anwendung in einem multimodalen Verkehrsmanagement. Wenn das Verkehrsmanagement Strassen Informationen zum Verkehrsmanagement Bahn zur Verfügung hätte (und umgekehrt), sind neue Varianten in der Formulierung von Verkehrsmanagement-Massnahmen denkbar.

4 Ziele

4.1 Zielformulierung

Die Ziele leiten sich primär aus der Problemstellung des Forschungsauftrags ab. Aus der Situationsanalyse wird ersichtlich, dass für den Prozess übergreifenden Austausch von Daten durch den Wechsel des Realitätsausschnitts, den Wechsel des Informationsbedarfs, durch die sich ändernde Bedeutung einzelner Aspekte und schliesslich durch den Einsatz unterschiedlicher Informationssysteme eine übergeordnete Sicht auf die Daten hergestellt werden muss. Dies ist mit der heute anzutreffenden Situation nicht oder nur teilweise möglich.

Die Vision der Forschung ist es, eine uneingeschränkte Interoperabilität im Austausch mit Strasseninformationssystemen zu schaffen, ohne dabei einen Verlust oder eine Verfälschung der Semantik zu riskieren.

Als Ziele des Forschungsauftrags werden deshalb folgende Punkte definiert:

- Als Resultat der Forschungsarbeit wird eine Methodik für die möglichst semantisch vollständige Beschreibung von Datenaustauschmodellen im SIS zur Verfügung gestellt.
- Die Anwenderinnen und Anwender der Methodik erhalten ein Regelwerk, mit welchem sie ihre Modelle semantisch vollständig und konsistent erarbeiten können.
- Mit der Anwendung der Methodik wird sichergestellt, zusätzlich zu den Daten selbst, auch die Semantik der Daten zwischen den austauschenden Systemen zu übertragen.
- Die Semantik soll also maschinenlesbar zur Verfügung gestellt werden.
- Die Ergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur prozessübergreifenden digitalen Kontinuität.

4.2 Zielüberprüfung

Die Zielüberprüfung erfolgt durch die Anwendung der Lösungsmethodik anhand von praktischen Beispielen. Dabei soll die erarbeitete Methodik konsequent angewendet werden. Die Erkenntnisse aus der Zielüberprüfung fliessen in die Umsetzungsempfehlungen ein.

5 Fallbeispiele

Anhand von Fallbeispielen werden die Aspekte der Semantik und die Methodik erläutert. Die Nutzung der Daten wird aus Sicht von verschiedenen Prozessen betrachtet. Unter der Annahme einer "redundanzfreien" Welt wird anhand der Beispiele aufgezeigt, welche Schnittstellen zwischen den Prozessen im Datenaustausch bestehen und wie sich von einem zum nächsten Prozess die Semantik verändern kann.

Die nachfolgenden Fallbeispiele beschreiben den betrachteten Realitätsausschnitt.

5.1 Strassennetz

Das Strassennetz dient in vielen Prozessen von Planung über Bau und Betrieb als Referenzsystem für die Abbildung und Lokalisierung von strassenbezogenen Daten. Zudem ist das Strassennetz selbst Träger von Informationen, welche für verschiedene Prozesse relevant sind (z.B. Netzlängen). Das Fallbeispiel fokussiert sich auf die Beschreibung der Strassenachsen.

5.1.1 Beschreibung aus Prozesssicht

Die Fallbeispiele sollen grob in die Klassen Planung, Bau und Nutzung eingeteilt werden.

Tab. 1 Strassennetz im Lebenszyklus

| | |
|----------------|--|
| Planung | In der Planung bildet das bestehende Strassennetz und dessen Zustand sowie zukünftige Bedürfnisse eine Grundlage. In einer frühen Phase der Planung werden neue Strassenzüge in Varianten grob beschrieben, z.B. mit Hilfe von Korridoren für den künftigen Strassenverlauf. |
| Bau | <p>In der Projektierung werden aus den groben Strassenzügen konkret geplante Achsen mit Geraden und Kurven.</p> <p>Beim Bau der Strassen sind die Strassenachsen selbst von untergeordneter Bedeutung. Gebaut werden Strassenkörper mit den aus der Projektierung stammenden Ausmassen. Die Dokumentation des ausgeführten Werks erfolgt mit Plänen und Listen. In den Plänen enthalten sind dabei üblicherweise auch die in der Projektierung festgelegten Achsen.</p> |
| Nutzung | <p>Für die Nutzung im Betrieb (baulich) und dem Erhaltungsmanagement werden die Strassenachsen als lineares Bezugssystem modelliert. Damit dienen die Strassenachsen als Referenzsystem für eine Vielzahl von Daten zur Infrastruktur. Das in der Schweiz angewendete RBBS ist definiert durch Achsen, Achssegmente (und deren lineare Geometrie), Bezugspunkte und Kalibrierungspunkte.</p> <p>Für die Nutzung im Verkehrsmanagement spielen die Verkehrsbeziehungen eine wesentliche Rolle. Daher wird im Verkehrsmanagement ein topologisches Strassennetz als Basis verwendet.</p> |

5.1.2 Austauschbedürfnis

Das Strassennetz wird in allen Phasen des Lifecycles auch als Referenzsystem verwendet. Daten des Strassenraums können in diesem Referenzsystem lokalisiert werden. Heute werden in der Regel je Fachprozess eigene Netze aufgebaut und gepflegt. Sollen im Strassenraum referenzierte Daten ausgetauscht werden, müssen nachträglich die Beziehungen zwischen den Strassennetzen hergestellt werden, damit eine Transformation der Lokalisierung der Daten im Strassenraum erfolgen kann.

Durch die beschriebene Situation werden Kosten verursacht, die allenfalls vermieden werden könnten:

- Informationen/Daten über das Strassennetz werden mehrfach gepflegt.

- Mehrkosten für den Datenaustausch führen dazu, dass auch im Strassenraum lokalisierte Daten mehrfach gepflegt werden.
- Es entsteht ein hohes Mass an nicht kontrollierbarer Redundanz.

These für das Fallbeispiel: Ein zentral gepflegtes Strassennetz soll für alle Prozesse nutzbar gemacht werden.

5.1.3 Beispielanwendung Transformation

Für das Fallbeispiel Strassennetz werden die folgenden Systeme betrachtet:

- MISTRA-Basissystem: RBBS
- MISTRA-Tassee: RBBS (als Lokalisierungssystem der Fachdaten Trasse (TRA))
- Topographisches Landschaftsmodell (TLM): Strassen und Wege
- Verkehrsmodell: Multimodales Verkehrsnetz
- VM-CH: Verkehrsnetz

Alle Systeme verfügen über ein Strassennetz welches mit linearen Elementen als Repräsentant für Strassenachsen beschrieben ist. Es ist demnach zu vermuten, dass eine Gemeinsamkeit der Semantik dieser Strassennetze besteht. Bei einem Datenaustausch muss die Semantik des Strassennetzes bzw. der Lokalisierung der Daten in diesem Strassennetz erhalten bleiben.

| |
|---|
| MISTRA-BS: RBBS |
| <ul style="list-style-type: none">▪ lineares Bezugssystem mit Referenzgeometrie▪ historisiert, Geschäftsfälle für Veränderung des Raumbezugssystems▪ Beschreibende Eigenschaften zur Definition und Materialisierung RBBS |

| |
|---|
| MISTRA-TRA: RBBS |
| <ul style="list-style-type: none">▪ lineares Bezugssystem mit Referenzgeometrie▪ Aktuelle Sicht, Inkrement seit letzter Aktualisierung für Datennachführung▪ Nur für die Lokalisierung der Facheigenschaften relevante Attribute des linearen Bezugssystems |

| |
|--|
| Verkehrsmodell: Multimodales Verkehrsnetz |
| <ul style="list-style-type: none">▪ Topologisch aufgebautes Verkehrsnetz mit Geometrie▪ Referenzdatensatz alle 5 Jahre, wichtige Anpassungen werden nachgeführt▪ Diverse Fachattribute mit Relevanz für das Verkehrsmodell |

| |
|---|
| VM-CH: Verkehrsnetz |
| <ul style="list-style-type: none">▪ Topologisch aufgebautes Verkehrsnetz mit Geometrie▪ Möglichst aktuelle Nachführung▪ Diverse, für das Verkehrsmanagement relevante Fachattribute |

| |
|--|
| TLM: Strassen und Wege |
| <ul style="list-style-type: none">▪ Geometrische Darstellung des Verkehrsnetzes▪ Laufende Nachführung, minimale Zeitattribute (Metadaten)▪ Diverse Fachattribute des Verkehrsnetzes, primär solche, die für die Produkte der swisstopo relevant sind |

Abb.13 Austauschbeteiligte Strassennetz

Es wurden schon viele Versuche gestartet, die verschiedenen Bedürfnisträger durch ein gemeinsames Verkehrsnetz zu bedienen. Aufgrund der unterschiedlichen Sichtweisen und dem unterschiedlichen Inhalt der Verkehrsnetze sind jedoch kaum Erfolge dazu bekannt. Für den Austausch zwischen den Systemen muss die semantische Gemeinsamkeit identifiziert werden, damit ein gemeinsames Modell für den Datenaustausch identifiziert werden kann.

Ein Beispiel der Unterschiede ist die Festlegung der Achslage in Querrichtung (Strassennetze der swisstopo, des ASTRA, des Anbieters TomTom und der amtlichen Vermessung).



Abb.14 Überlagerung unterschiedlicher Verkehrsnetze

5.2 Fahrbahnaufbau

Beim Fahrbahnaufbau handelt es sich um den kompletten Aufbau von der Foundation bis zum Deckbelag einer Strasse.

5.2.1 Beschreibung aus Prozesssicht

Tab. 2 Fahrbahnaufbau im Lebenszyklus

| | |
|----------------|---|
| Planung | In der Planung wird aufgrund verschiedener Rahmen- und Randbedingungen der Fahrbahnaufbau grob definiert. |
| Bau | In der Projektierung wird der geplante Fahrbahnaufbau als Vorgabe für die Ausführung detailliert. Der Bau setzt diese Vorgaben um, indem ein allenfalls bestehender Aufbau entfernt und die neuen Aufbauschichten eingebaut werden. Die Resultate aus dem Bau werden in den Plänen des ausgeführten Werkes dokumentiert. Dort sind insbesondere die Ausmasse der eingebauten Aufbauschichten (in 3D) von Bedeutung. |
| Nutzung | Für den Betrieb der Strasse sind die Dimensionen der Fahrbahnoberfläche und der Fahrbahnzustand von Bedeutung. Der detaillierte Aufbau ist nicht mehr von Bedeutung. Im Erhaltungsmanagement für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen ist der gesamte Aufbau von Bedeutung. Die räumliche Ausdehnung des Fahrbahnaufbaus wird für die Zwecke des Erhaltungsmanagements aber in der Regel stark vereinfacht. |

5.2.2 Austauschbedürfnis

In den Plänen des ausgeführten Werkes werden die effektiv eingebauten Beläge dokumentiert. Diese werden dort mit der genauen Ausdehnung und der Einbaudicke sowie den eingebauten Materialien beschrieben.

Für das Erhaltungsmanagement sind der grundsätzliche Aufbau und das Alter der einzelnen Schichten von Bedeutung und bilden eine massgebende Eingangsgrösse für die Massnahmenwahl. Für den Lärmbelastungskataster ist die Oberflächenbeschaffung eine wichtige Eingangsgrösse zur Beurteilung der zu erwartenden Lärm-Emissionen. In der Unfallanalyse wird untersucht, ob eine Korrelation der Oberfläche mit bestimmten Unfalltypen besteht.

In allen dem Einbau folgenden Prozessen ist der detaillierte Beschrieb des Belags nicht mehr relevant. Die Beschreibung des Fahrbahnaufbaus wird deshalb in der Regel vereinfacht (insbesondere die Geometrie).

5.2.3 Beispielanwendung Transformation

Für das Fallbeispiel werden folgende Systeme betrachtet:

- MISTRA-TRA: Führendes System für Fahrbahnaufbaudaten
- MISTRA-BS: Als Datendrehscheibe für Generalistendaten Fahrbahndecke (fiktives Beispiel, basierend auf den ursprünglichen Konzepten von MISTRA)

In diesem Fall besteht das Austauschbedürfnis nur in eine Richtung von MISTRA-TRA nach MISTRA-BS. Das MISTRA-BS interessiert zudem nur die oberste, sichtbare Schicht des kompletten Fahrbahnaufbaus und dessen Zustand.

| | |
|---|---|
| <p>MISTRA-TRA: Fahrbahnaufbau</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Linear verortete Volumenkörper ▪ Ereignis des Fahrbahneinbaus wird dokumentiert, Aufbaukataster zu einem beliebigen Stichtag berechenbar ▪ Diverse Eigenschaften zu jeder einzelnen Aufbauschicht | <p>MISTRA-BS: Fahrbahndecke</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Linear verortete Linien als Repräsentant der Fläche ▪ Kataster mit aktuellem Stichtag ▪ Reduzierte, allgemein gültige Informationen zur Fläche wie Einbaujahr, Typ, Zustand |
|---|---|

Abb.15 Austauschbeteiligte Fahrbahnaufbau

Die Ableitung der Fahrbahndecke aus dem Fahrbahnaufbau besteht im Wesentlichen aus einer Auswertung der benötigten Inhalte und sollte einfach möglich sein. Wichtig ist, dass dabei die zu transferierenden Inhalte nicht verfälscht werden. Eine Herausforderung dabei ist die Abfragen zu dokumentieren, damit Nutzer auf Seite MISTRA-BS die Daten richtig interpretieren und anwenden.

5.3 Strassenzustandsdaten

Mit den Strassenzustandsdaten wird der aktuell bestehende Fahrbahnaufbau bezüglich verschiedener Kriterien geprüft und bewertet. Die Kriterien sind zum Beispiel Griffbarkeit, Tragfähigkeit, Längs- und Querebenheit etc.

5.3.1 Beschreibung aus Prozesssicht

Tab. 3 Strassenzustand im Lebenszyklus

| | |
|----------------|---|
| Planung | Der aktuelle Strassenzustand ist eine der Grundlagen für die Auswahl und Festlegung einer Erhaltungsmassnahme und bildet somit einen Input für die Projektierung. |
| Bau | Beim Bau selbst ist der aktuelle Strassenzustand nicht relevant. |
| Nutzung | Während der Nutzungsphase wird der Strassenzustand periodisch gemessen und beurteilt. Der Strassenzustand ist ein wichtiger Indikator, um den Bedarf an Erneuerung festzustellen. |

5.3.2 Austauschbedürfnis

Der aktuelle Zustand und die Entwicklung des Zustands über die Zeit ist für das Erhaltungsmanagement eine der zentralen Grössen für die Definition von Erhaltungsmassnahmen. Für die Projektgenerierung ist der Zustand eine der zu berücksichtigenden Grössen. Im Prozess der Projektgenerierung ist deshalb das Zusammenführen der verschiedenen Einflussgrössen auf das Projekt eine zentrale Aufgabe, damit eine gesamthafte Beurteilung gemacht und Projektvarianten entwickelt werden können.

Das Austauschbedürfnis besteht also insbesondere zwischen dem Prozess Erhaltungsmanagement und dem Prozess Projektgenerierung.

5.3.3 Beispielanwendung Transformation

Für das Fallbeispiel werden folgende Systeme betrachtet:

- MISTRA-TRA: führendes System für Aufbaudaten
- MISTRA-BS: als Datendrehscheibe für Generalistendaten Fahrbahnzustand (fiktives Beispiel, basierend auf den ursprünglichen Konzepten von MISTRA)

In diesem Fall besteht das Austauschbedürfnis nur in eine Richtung von MISTRA-TRA nach MISTRA-BS. Das MISTRA-BS interessiert den Zustand und die Zustandsentwicklung über die Zeit.

| | |
|---|--|
| <p>MISTRA-TRA: Fahrbahnzustand</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Linear verortete Flächen ▪ Ereignis der Zustandsmessung wird dokumentiert, Zustandskataster zu einem beliebigen Stichtag berechenbar ▪ Diverse Eigenschaften zur Zustandserfassung (Metadaten) | <p>MISTRA-BS: Fahrbahnzustand</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Linear verortete Linien als Repräsentant der Fläche ▪ Kataster zu definierten Stichtagen (z.B. jeweils 1.1.JJJJ) ▪ Reduzierte, allgemein gültige Informationen zur Fläche wie Einbaujahr, Typ, Zustand |
|---|--|

Abb. 16 Austauschbeteiligte Fahrbahnzustand

Wie beim Fahrbahnaufbau ist auch hier die Ableitung der Zustandsdaten im Wesentlichen eine Auswertung der benötigten Inhalte und sollte einfach möglich sein. Wichtig ist, dass dabei die zu transferierenden Inhalte nicht verfälscht werden. Eine Herausforderung ist auch hier die Abfragen so zu dokumentieren, damit Nutzer auf Seite MISTRA-BS die Daten richtig interpretiert und anwendet.

5.4 Verkehrsdaten

Verkehrsdaten werden in verschiedensten Ausprägungen erhoben, verarbeitet und genutzt und spielen sowohl in der Planung, beim Bau und bei der Nutzung eine zentrale Rolle.

5.4.1 Beschreibung aus Prozesssicht

Tab. 4 Verkehrsdaten im Lebenszyklus

| | |
|----------------|--|
| Planung | Für die Planung sind die Verkehrsentwicklung der letzten Jahre und die Prognosewerte der nächsten Jahre von Bedeutung. In der Regel wird der effektive Verkehr gezählt und daraus ein Nachfragewert gebildet. Mit Hilfe von Modellberechnungen wird die zukünftig zu erwartende Verkehrsmenge ermittelt. |
| Bau | Bei der Umsetzung eines Bauprojekts wird normalerweise der Verkehrsfluss gestört. In der Baustellenplanung ist es deshalb wichtig zu wissen, welche Auswirkungen die Baustelle auf den Verkehr haben wird, damit die geeigneten Massnahmen getroffen werden können. |
| Nutzung | Die aktuellen Verkehrsdaten werden insbesondere im Verkehrsmanagement genutzt. Wichtige Grössen sind die aktuellen Verkehrsmengen in Echtzeit, um zum Beispiel Verkehrsbeeinflussungsanlagen zu steuern. |

5.4.2 Austauschbedürfnis

Am Anfang von jedem Verkehrswert steht das Einzelfahrzeug, welches an irgendeiner Stelle im Strassennetz einen Querschnitt passiert. Werden die Einzelfahrzeuge systematisch erfasst, leiten sich daraus viele weitere Grössen für Planung, Bau und Nutzung ab. Die Verarbeitung der Verkehrsdaten ist dabei vielfältig, da die Aggregation sowohl über spezifische Eigenschaften wie Verkehrsklassen, über räumliche Eigenschaften wie Streifen, Richtung und Querschnitt, über zeitliche Aggregationen und schliesslich mit Modellrechnungen erfolgen können.

In der Semantikerhaltung bei den Verkehrswerten spielt demnach insbesondere die Verarbeitung der Werte eine wichtige Rolle, damit der jeweilige Wert korrekt beurteilt werden kann.

5.4.3 Beispielanwendung Transformation

Für das Fallbeispiel werden folgende Systeme betrachtet:

- MISTRA-VMON: System für die Übernahme und Validierung der durch Zählgeräte erfassten und klassifizierten Verkehrsdaten
- Verkehrsmodell: Verkehrsnetz und Funktion für auf Abschnitt bezogene Verkehrsdaten
- MISTRA-BS: Datenplattform für die Bereitstellung eines Fachnetzes Verkehr zur Nutzung in den Prozessen des ASTRA

Die semantische Gemeinsamkeit ist, dass in allen Systemen von Verkehrsdaten gesprochen wird. In allen Systemen wird auch von DTV-Werten gesprochen und auch Klassierungen der Verkehrswerte sind bekannt. Der grosse Unterschied der Werte ist jedoch ihr Raumbezug und die angewendete Berechnungsmethode.

Verkehrsmodell: Multimodales Verkehrsnetz

- Topologisch aufgebautes Verkehrsnetz mit Geometrie
- Referenzdatensatz alle 5 Jahre, wichtige Anpassungen werden nachgeführt
- Diverse Fachattribute mit Relevanz für das Verkehrsmodell

MISTRA-VMON: Verkehrsdaten

- Geographisch verortete Zählstellen
- Messdaten für jede Stunde
- Klassierte Messdaten für jede Richtung und Aggregationen davon (z.B. DTV-Werte)

MISTRA-BS: Fachnetz Verkehrsdaten

- Strecken im RBBS lokalisiert
- Jährliche Aktualisierung
- DTV-Werte pro Jahr bezogen auf die im RBBS lokalisierte Strecken

Abb.17 Austauschbeteiligte Verkehrsdaten

In MISTRA-VMON haben die Werte nur indirekt über den Standort der Zählstelle und die Richtungsangaben eine semantische Beschreibung des Raumbezugs. Im Verkehrsmodell UVEK werden die von MISTRA-VMON (und anderen Quellen) bekannten punktuellen Daten räumlich in das topologisch aufgebaute Verkehrsnetz (Kanten-Knoten-Modell) umgelegt. Dabei werden die gemessenen Werte durch Modellwerte ersetzt. Für MISTRA-BS müssen diese topologisch referenzierten Verkehrswerte neu auf das RBBS lokalisiert werden.

Bezüglich Transformation der Semantik ist der Übergang von punktuellen Daten zu linearen Abschnitten kritisch.

5.5 Baustellen

Baustellen werden eingerichtet, wenn eine bauliche Massnahme an der Verkehrsinfrastruktur umgesetzt werden muss. Je nach Phase der Massnahme, kann die Baustelle sehr unterschiedliche Ausprägungen besitzen.

5.5.1 Beschreibung aus Prozesssicht

Tab. 5 *Baustellen im Lebenszyklus*

| | |
|----------------|---|
| Planung | Inputs für die Baustellenplanung kommen bereits aus der Projektgenerierung, während der Planungsphase werden diese Inputs noch weiter detailliert. |
| Bau | Das Einrichten der Baustellen ist für die Umsetzung eine zentrale Voraussetzung. Die Baustellen werden bei Bedarf dem aktuellen Baufortschritt angepasst. |
| Nutzung | Die Baustellen beeinflussen die normale Nutzung. Oft sind Baustellen Ursache von Verlagerungen des Verkehrs. Je nach Grösse der Baustelle sind auch grössere Einflüsse zu erwarten. |

5.5.2 Austauschbedürfnis

Der geplante Bauablauf beeinflusst die Baustellenplanung stark. Aufgrund der Planung werden die effektiven Baustellen eingerichtet. Das grösste Austauschbedürfnis besteht zwischen Bau und Nutzung, bzw. dem Prozess des Verkehrsmanagements. Das Verkehrsmanagement ist darauf angewiesen, sehr aktuelle und vollständige Angaben über die Baustellen zu erhalten.

5.5.3 Beispielanwendung Transformation

Das ASTRA plant Projekte und die dazugehörigen Baustellen. Für das Verkehrsmanagement relevant ist im Voraus die geplante und während des Betriebs die effektive Verkehrsführung, die Veränderung von Kapazitäten, weitere Einschränkungen für den Verkehr und der Zeitraum.

6 Aspekte von Semantik

Die Semantik der Daten steckt einerseits in der Modellierung der Daten als auch im Kontext der Realität. Das Austauschbedürfnis entsteht durch die Übergabe von Daten von einem Prozess an den nächsten.

Die Aspekte der Semantik werden in diesem Kapitel in diesem Raster erarbeitet. Dazu nutzen wir die bekannten Modellierungsebenen und die These, dass die Semantik bei der Übergabe von einem Prozess zum nächsten mitgegeben werden muss.

Die so zu transportierende Semantik zwischen zwei Prozessen kann als allgemeine Anforderung an ein Informationsmanagement Strasse verwendet werden.

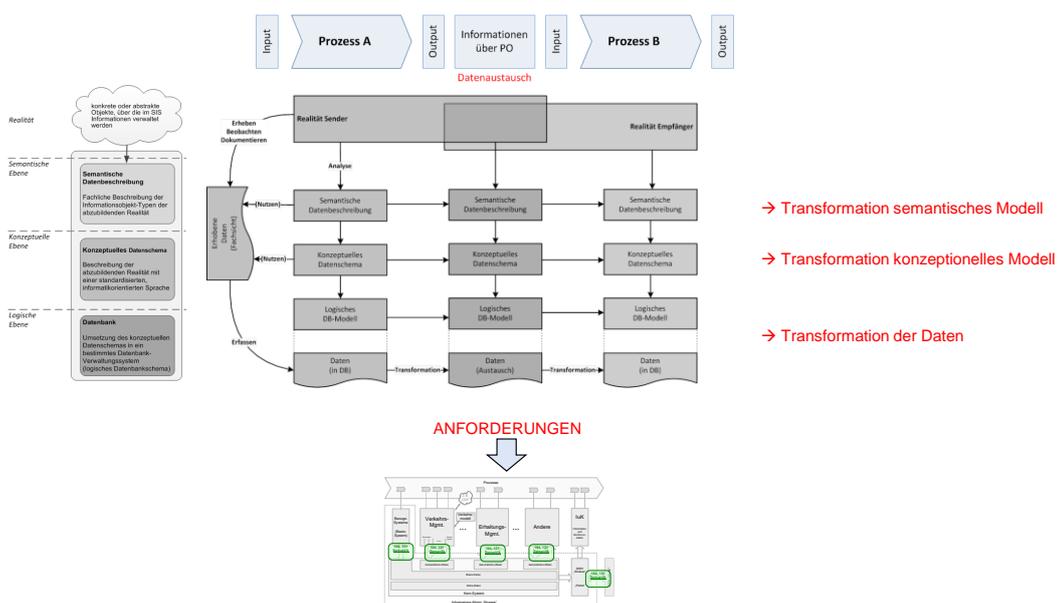


Abb.18 Übersicht Aspekte der Semantik und deren Auswirkungen

Im Einzelnen werden die Aspekte der Semantik in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben. Es sind dies Aspekte der Semantik:

- aus der Prozessmodellierung,
- aus der Datenmodellierung,
- aus der Datenerhebung und -erfassung,
- aus der Definition des Datenaustauschmodells,
- bei der Datentransformation beim Export und
- bei der Datentransformation beim Import.

Die interne Datenhaltung in der logischen Ebene der Datenbank (DB) ist für den Datenaustausch nicht relevant und wird deshalb nicht weiter beschrieben.

6.1 Prozessmodellierung

Bezogen auf den Informationsfluss stellt das Prozessmodell dar, wie der Input eines Prozesses genutzt und verarbeitet wird und was für ein Output dabei entsteht. Damit trägt das Prozessmodell einen wesentlichen Anteil für die vollständige Beschreibung der Semantik eines Prozessobjekts bei.

In der semantischen Ebene der Modellierung der Fachprozesse wird dabei der Schwerpunkt auf die fachliche, semantische Beschreibung gelegt.

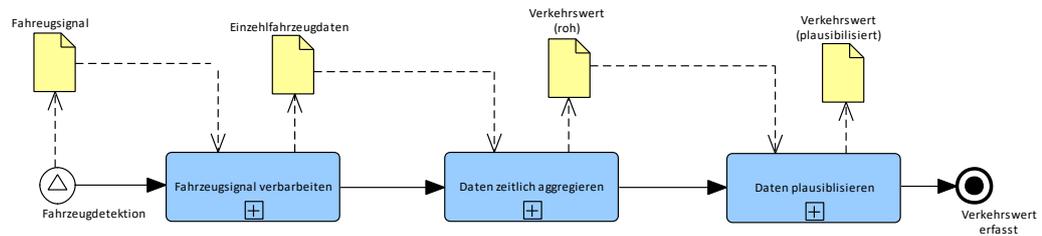


Abb.19 Beispielprozess Aufbereitung Verkehrsdaten mit Prozessobjekten in gelb

Auf der konzeptuellen Modellierungsebene werden die Fachprozesse weiter detailliert. Sie beschreiben den Ausschnitt, welcher direkt durch ein System unterstützt werden soll. Werden durch Anwendungen unterstützt. Die so beschriebenen Systemprozesse werden später als funktionale Anforderungen in die Realisierung eines Informationssystems einfließen. Es ist deshalb wichtig, dass die für die funktionale Umsetzung von der semantischen Ebene über die konzeptuelle Ebene korrekt als Anforderung interpretiert werden, damit die Lösung den ursprünglich gedachten Zweck erfüllen kann. Die Semantik muss demzufolge über die Modellierungsebenen auch bei den Prozessen berücksichtigt werden.

In einer Realisierung werden funktional zusammengehörende Systemprozesse in Komponenten gebündelt (z.B. alle Systemprozesse zur Bewirtschaftung des RBBS im MISTRA-BS). Zwischen unterschiedlichen Komponenten findet der Austausch über Schnittstellen statt (z.B. zwischen MISTRA-BS und MISTRA-TRA werden RBBS-Daten über eine definierte Schnittstelle ausgetauscht).

6.2 Datenmodellierung

Im Informationssystem des Senders wird ein sachbezogener Ausschnitt der Realität abgebildet. Die Realität wird in Form eines Modells abstrahiert, aus diesem wird eine bestimmte Datenstruktur abgeleitet, welche schliesslich mit konkreten Daten gefüllt wird. Dasselbe gilt analog für das Informationssystem des Empfängers.

Die Semantik ("Bedeutungslehre") umfasst die Bedeutung der modellierten Information. Für die korrekte Interpretation der modellierten Information benötigt man Wissen über den Anwendungsbereich, für den das Modell des Realweltausschnitts definiert wurde.

Die Datenmodellierung erfolgt in mehreren Stufen indem verschiedenen Betrachtungs- bzw. Entwurfsebenen berücksichtigt werden: Semantische Ebene, Konzeptuelle Ebene, Logische Ebene und Physische Ebene.

6.3 Datenerhebung und -erfassung

Unter Nutzung bzw. in Kenntnis des semantischen und konzeptuellen Datenmodells werden Daten des Realweltausschnitts systematisch erhoben und entsprechend der physischen Datenstruktur im Informationssystem erfasst. Diese Aktivitäten erfolgen immer im Kontext eines Fachprozesses.

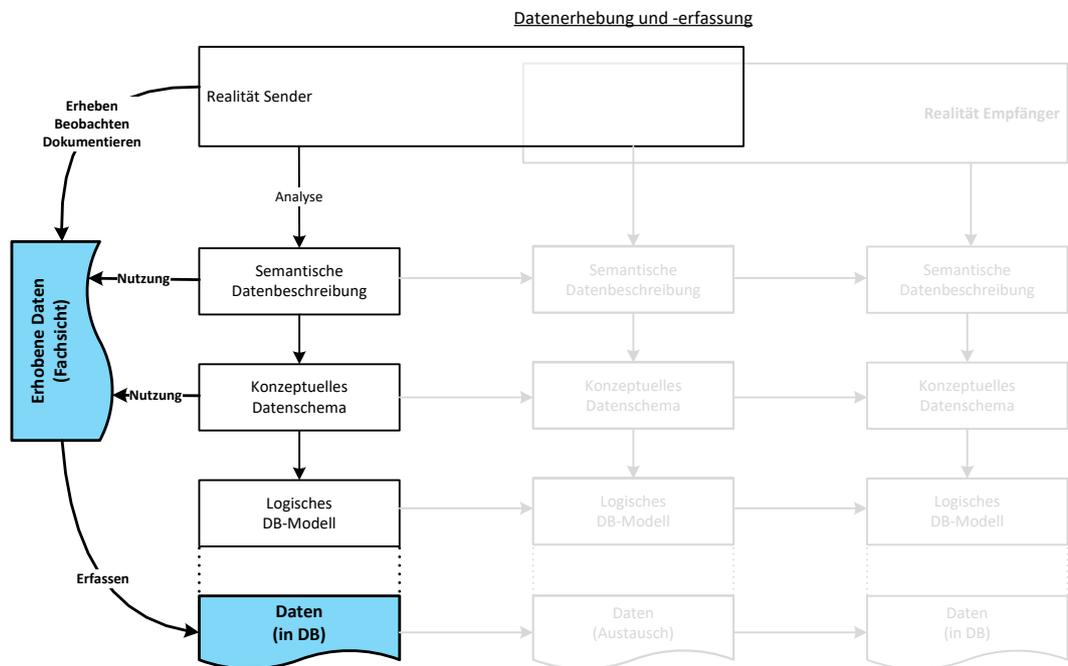


Abb.21 Wirkung der Datenerhebung und -erfassung

6.4 Definition Datenaustauschmodell

Damit ein Datenaustausch zwischen verschiedenen Informationssystemen stattfinden kann, müssen sich die Ausschnitte der Realität, die in den Systemen abgebildet werden, zumindest teilweise überdecken. Da sich die Datenschemas der Informationssysteme von Sender und Empfänger im Normalfall unterscheiden, muss für den Datenaustausch ein Datenaustauschmodell definiert werden. Dieses wird entweder bilateral von Sender und Empfänger gemeinsam vereinbart oder einseitig definiert. Im idealen Fall kennen Sender und Empfänger einen bereits existierenden Standard. Im spezifischen Fall müssen Sender und Empfänger ein Modell erarbeiten.

Es muss eine Einigung auf semantischer, konzeptueller und logischer Ebene bezüglich der auszutauschenden Daten erreicht werden und das resultierende Datenaustauschmodell muss dokumentiert werden (semantische Datenbeschreibung, konzeptuelles Datenschema, Beschreibung der Datenaustauschstruktur und Festlegung des Datenaustauschformats).

Die semantische Datenbeschreibung und das konzeptuelle Datenschema des Austauschmodells spielen eine entscheidende Rolle um sicherzustellen, dass der Empfänger die Daten richtig interpretieren kann und die Qualität der Daten überprüfen kann. Auch nicht an der Definition des Austauschmodells Beteiligte können dank der semantischen und konzeptuellen Dokumentation an der Austauschgemeinschaft teilhaben.

Falls die Semantik, das konzeptuelle Schema und die Codierung in einem Fachgebiet standardisiert werden (beispielsweise in SIA/VSS-Normen, OKSTRA in Deutschland), so

6.5 Datentransformation (Export)

Ein Ausschnitt der Daten aus dem Informationssystem des Senders soll im Zuge des Datenaustausches aus dem Informationssystem exportiert werden. Für den Export müssen die Daten des Senders transformiert werden. Die Transformationsregeln leiten sich aus dem Datenmodell des Senders und dem Austauschdatenmodell ab, sowie der vereinbarten Codierung der Information (Datenformat).

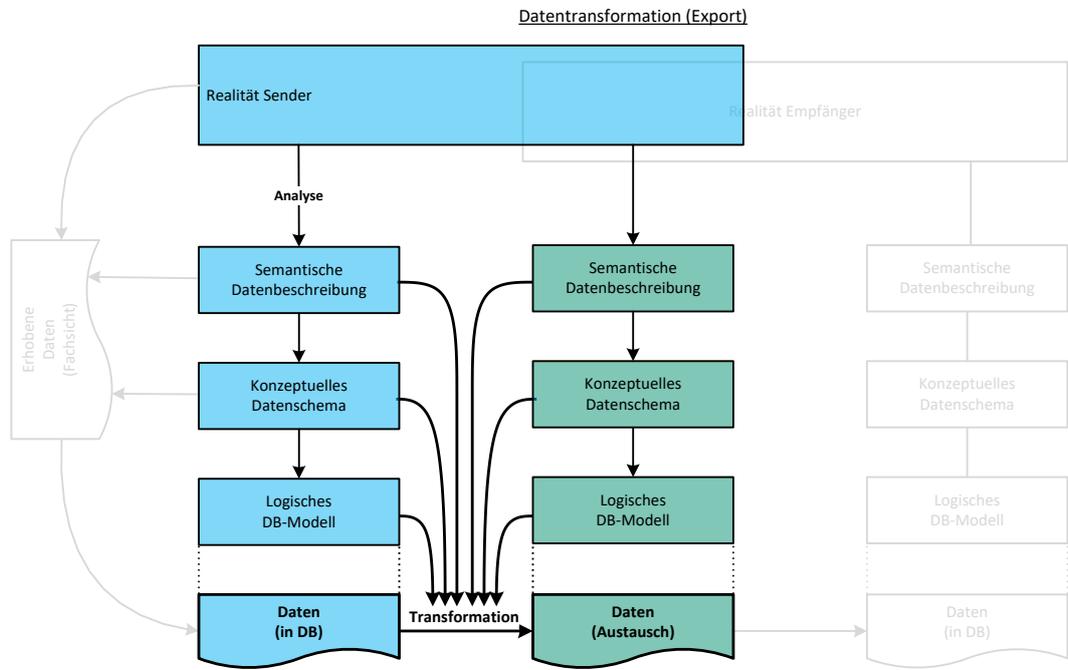


Abb.23 Wirkung beim Export

Im Normalfall wird nicht der gesamte Datenbestand des Informationssystems ausgetauscht. Nur Daten des gewünschten Realitätsausschnitts gemäss dem definierten Austauschmodells werden übertragen.

Zusätzlich handelt es sich meist auch nur um einen inhaltlichen Ausschnitt der Quelldaten. So werden die Daten nach zeitlichen, räumlichen oder fachlichen Aspekten gefiltert, aggregiert und z.B. nur Inkremente ausgetauscht. Diese Umformungen müssen dokumentiert werden.

Im Bereich des Datenaustauschs wird unterschieden zwischen der semantischen und der syntaktischen Transformation.

Als semantische Transformation wird die Umstrukturierung von Ausgangsdaten verstanden, sodass sie der Bedeutung (Semantik) und der Struktur eines Austauschmodells entsprechen. Die Daten werden also auf ihre inhaltlichen Aspekte hin überprüft und wenn nötig modifiziert, reduziert oder angereichert. Beispiele für eine semantische Transformation sind:

- Umbenennung von Attributnamen
- Zusammenfassung, Aggregation von Werten mehrerer Quellattribute zu einem Zielattributwert
- Verminderung der Granularität von Attributwerten durch Aggregation von Wertebereichen
- Anpassung von Werten, z. B. unterschiedliche Codierung des Geschlechts wie 1 (weiblich), 2 (männlich) hin zu f (female) und m (male)

- Umrechnung von Masseinheiten (z. B. unterschiedliche Längenmasse wie Meilen hin zu Metern)
- Verflachung der Struktur von mehreren Klassen zu einer Klasse
- Anreicherung der Daten mit Zusatzinformation

Entscheidend ist dabei, dass die Semantik der Daten bei der Umstrukturierung nicht verfälscht wird. Zu beachten ist, dass eine semantische Transformation in der Regel nicht vollständig und nicht umkehrbar ist, es besteht folglich immer die Gefahr von Informationsverlust.

Eine syntaktische Transformation umfasst die Anpassung der Daten bez. Formaler Aspekte. Darunter fällt z.B. die Anpassung eines Datentypen ausgehend von der numerischen Darstellung des Tagesdatums hin zu einem standardisierten Datumsformat.

6.6 Datentransformation (Import)

Auf der Seite des Empfängers müssen die vom Sender bereitgestellten Daten importiert werden. Voraussetzung dafür ist, dass auch hier eine Transformation definiert wird, mit Hilfe derer die Daten unter Beibehaltung der Semantik in die Strukturen des Informationssystems integriert werden können. Dabei sind neben den physischen Aspekten auch wieder die semantischen und konzeptuellen Aspekte, die hinter dem Informationssystem stecken, zu berücksichtigen.

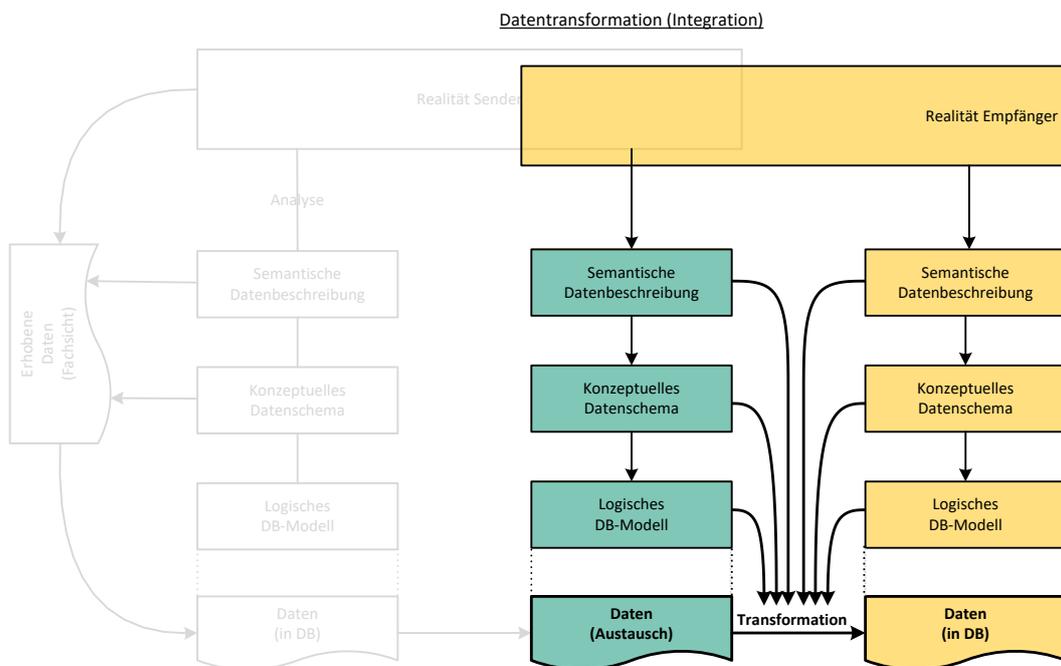


Abb.24 Wirkung beim Import

Die Aufgabenstellung ist identisch mit dem Export.

7 Methodik

Aus den Aspekten der Semantik werden folgende Anforderungen an die Methodik für die Semantikerhaltung definiert:

- Die Prozesse sind Bestandteil der semantischen Beschreibung des Outputs der Prozesse und müssen deshalb für die vollständige Beschreibung vorliegen.
- Der Zusammenhang zwischen den Modellierungsebenen muss abgebildet werden.
- Die semantische Beschreibung des Austauschmodells muss vom Sender und Empfänger verstanden werden.
- Homonyme und Synonyme sowie Übersetzungen in verschiedenen Sprachen müssen beschrieben werden können.
- Strukturelle Unterschiede in der Modellierung müssen auf eine gemeinsame semantische Beschreibung zurückgeführt werden können.
- Unterschiedliche Modellierungsparadigmen müssen auf eine gemeinsame semantische Beschreibung zurückgeführt werden können.

In der Transformation müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Das Umbenennen von Attributen muss ermöglicht werden.
- Die Aggregation von Werten muss ermöglicht werden.
- Die Granularität von Wertebereichen muss verändert werden können.
- Unterschiedliche Codelisten müssen aufeinander abgebildet werden können. Die Codierung von Codelisten muss zugeordnet werden können.
- Die Masseinheiten müssen umgerechnet werden können.
- Eine Normalisierung/Denormalisierung des Datenmodells muss ermöglicht werden.
- Dateninhalte müssen angereichert oder ausgedünnt werden können.

Auf physischer Ebene gibt es weitere Anforderungen, welche jedoch nicht weiterverfolgt werden.

- Syntaktische Heterogenität darf im Austausch selbst nicht vorkommen.
- Technische Heterogenität darf im Austausch selbst nicht vorkommen.

Aufgrund der Aspekte der Semantik wird deutlich, dass eine vollständige und konsistente Beschreibung sehr vielschichtig ist. Grundvoraussetzung ist ein gemeinsames Vokabular zu schaffen. Das gemeinsame Vokabular wird von allen Modellierungsebenen genutzt.

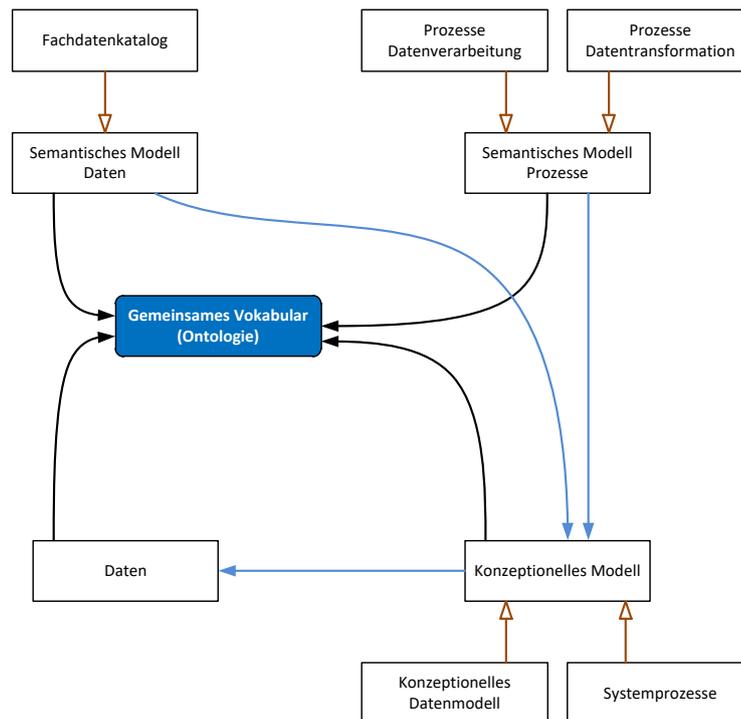


Abb.25 Lösungsübersicht gemeinsames Vokabular

Mit dem gemeinsamen Vokabular für alle Modellebenen können die Modelle mit einer gemeinsamen Semantik beschrieben werden.

Basis des gemeinsamen Vokabulars bilden die VSS-Normen und VSS-Datenkataloge. Sie beschreiben in der Regel ein semantisches Modell der Daten und legen die dafür nötigen Begriffe fest. Durch die Beschreibung der Prozesse werden die Datenkataloge in einen fachlichen Kontext gestellt, was ein wesentliches Element der Semantik darstellt. Damit diese Informationen genutzt werden können, sind sie in einer strukturierten Form bereitzustellen.

Die Methodik (Lösungskonzept) muss alle Aspekte berücksichtigen und wird bezüglich folgender Schwerpunkte aufgebaut:

- Vollständige Semantik: Alle Aspekte, welche für die vollständige Semantik von Bedeutung sind, werden definiert.
- Transformation der Semantik: Die Transformation der Semantik stellt sicher, dass diese vom Empfänger so verstanden wird, wie sie auch der Sender versteht.
- Lückenschliessung der Semantik: Falls die Semantik unvollständig ist, können Lücken mit geeigneten Strategien geschlossen werden.

Für jeden Schwerpunkt wird definiert,

- was dokumentiert werden soll,
- wie diese Dokumentation zugänglich gemacht werden kann,
- welche Methoden für die Beschreibung angewendet werden kann,
- wie die Beziehung zwischen den Modellierungsebenen hergestellt werden kann und welche Standards dafür geeignet sind.

Als Hilfestellung für die strukturierte Beschreibung werden die Modellierungsebenen verwendet. Für jede Modellierungsebene wird definiert, wie ein gemeinsames Glossar genutzt wird, welche Inhalte beschrieben werden und welche Standards für die Beschreibung angewendet werden können.

In der Situationsanalyse wurde erkannt, dass sowohl beim Austausch von Informationen über zwischen Prozessen als auch in der Modellierung über die verschiedenen Modellierungsebenen die Semantik entweder weitergegeben werden muss oder sich die verschiedenen Beschreibungsformen ergänzen und demnach in Beziehung bleiben müssen. In der vorgeschlagenen Methodik wird dies durch die Referenzierung der Inhalte eines gemeinsamen Glossars erreicht.

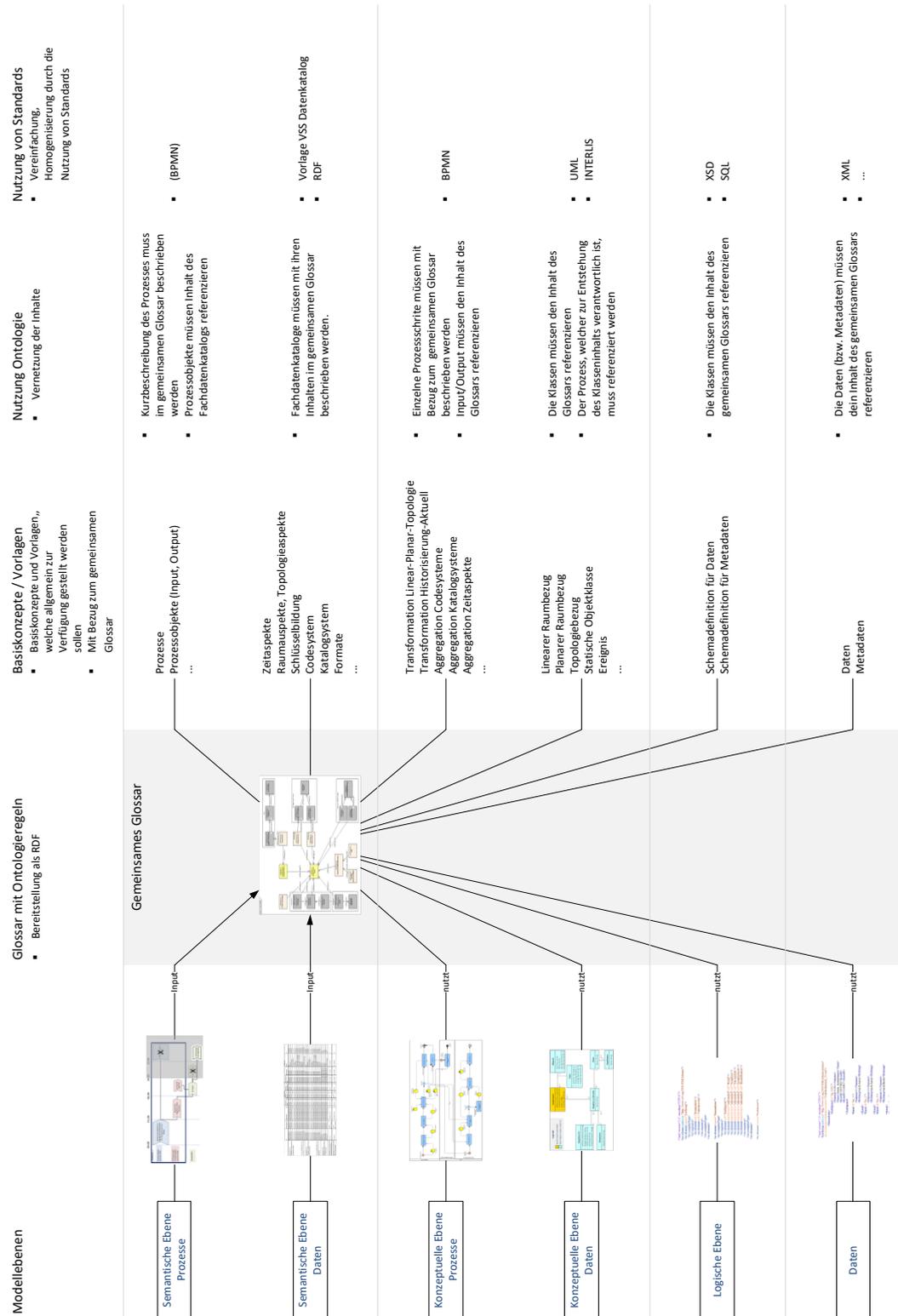


Abb.26 Gemeinsames Vokabular in Bezug zu den Modellierungsebenen

7.1 Vollständige Semantik

Ausgehend von Sender und Empfänger sowie einer gemeinsamen Transferbeschreibung werden alle Inhalte einer vollständigen Semantik definiert. Die Beschreibung der vollständigen Semantik geht von einem Idealbild der Modellierung aus.

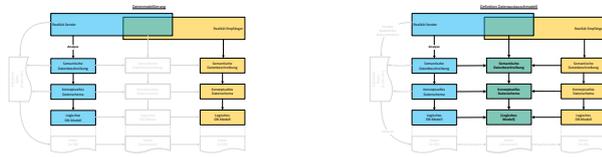


Abb.27 Wirkungsbereich vollständige Semantik

Aus den Aspekten der Semantik leiten sich die folgenden Anforderungen ab:

- Die Beschreibung muss vollständig sein.
- Der Zugang zur Semantik muss sichergestellt sein.
- Der Zusammenhang zwischen den Modellierungsebenen muss hergestellt sein.
- Für die Modellierung müssen anerkannte und bekannte Methoden angewendet werden.
- Für die Modellierung sollen Standards genutzt werden.
- Häufig verwendete Teilmodelle sollen typisiert und allgemein zugänglich gemacht werden.
- Gemeinsam genutzte Methoden sollen allgemein zur Verfügung gestellt werden und müssen demnach auch ausgetauscht werden.

Vollständige Beschreibung

Die Vollständigkeit wird durch eine vollständige Modellierung und Dokumentation der Modelle sichergestellt. Die bisherige Praxis der bekannten Modellierungsebenen besteht aus Realität, semantische Ebene, konzeptuelle Ebene und logischen Ebene. Vor allem in der semantischen Ebene beschränkt sich die Beschreibung oft auf die Daten. Eine Beschreibung der an diesen Daten beteiligten Prozesse fehlt oft. Ebenso wird in der konzeptuellen Ebene oft ein Datenmodell erarbeitet, eine Darstellung der Daten im Zusammenspiel mit den Prozessen fehlt oft. Um der Vollständigkeit besser gerecht zu werden, detaillieren wir die semantische Ebene in Prozesse und Datenkatalog, bzw. die konzeptuelle Ebene in Systemprozesse und Datenmodell. Es ist dabei aber auf jeden Fall zu beachten, dass sowohl die semantische als auch die konzeptuelle Ebene als Ganzes betrachtet werden muss.

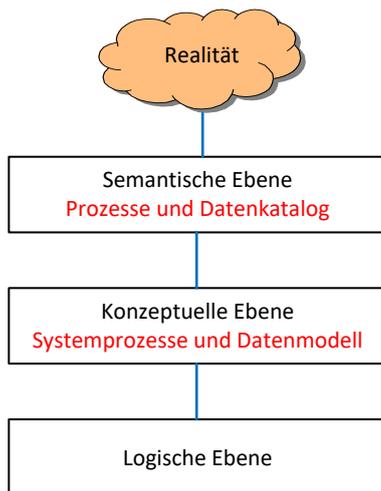


Abb.28 Ergänzung der Modellierungsebenen

Die Modellierung folgt nicht strikt einer Sequenz von der Realität hinunter bis auf die logische Ebene. Der Modellierungsprozess selbst erfolgt meist iterativ. Wichtig bei der Modellierung ist aber, dass über die Ebenen hinweg die Konsistenz sichergestellt wird.

Zugang sicherstellen

Die Nutzer der Daten müssen Zugang zum Prozessmodell, dem semantischen Modell und dem konzeptionellen Modell haben, damit die Daten selbst vollständig und korrekt interpretiert werden können.

Modellierungsebenen verbinden

Die verschiedenen Modellierungsebenen müssen miteinander verbunden werden, da jede Ebene einen Anteil der Semantik trägt bzw. nur die Summe aller Ebenen eine vollständige semantische Beschreibung ermöglicht. Dies geschieht am einfachsten durch das Informationsobjekt jeder Ebene, welches die Dateninhalte beschreibt.

Methoden anwenden

Durch die korrekte Anwendung anerkannter Methoden und Regeln für die Beschreibung der Prozesse, des semantischen Modells und des konzeptionellen Modells wird sichergestellt, dass die Inhalte in Kenntnis der Methoden und Regeln korrekt interpretiert werden können.

Standards anwenden

Wo immer verfügbar sind allgemein anerkannte (auch offene) oder allgemein zugängliche Standards anzuwenden.

Typisieren

In der semantischen und konzeptionellen Modellierung immer wieder verwendete Muster sollen typisiert und allgemein nutzbar zur Verfügung gestellt werden. Dabei stehen insbesondere der Raumbezug, der Zeitbezug und die Nutzung von Codelisten und Wissenskatalogen im Vordergrund.

Ebenfalls typisiert werden sollen die Identifikatoren der einzelnen Objekte (Systemschlüssel, konzeptioneller Schlüssel).

Bezugssystem bereitstellen

Als konkretisierte Instanz können/sollen die Bezugssysteme in Form von Basisdaten allgemein zur Verfügung gestellt werden. Dafür muss auch ein die Basisdaten enthaltendes System selbst über alle Ebenen vollständig beschrieben sein. Die "Spalte" Bezugssystem bereitstellen ist also bereits eine Instanzierung einer vollständigen Beschreibung der Semantik (für Basisdaten).

Die Anforderungen an die Semantik werden nun den Modellierungsebenen gegenübergestellt. Für jeden Aspekt können dadurch Methoden definiert werden.

Die nachfolgenden Kapitel definieren, je Modellierungsebene, die Regeln und Anforderungen. Die so erarbeiteten Methoden werden durch deren Anwendung anhand der Praxisbeispiele erprobt.

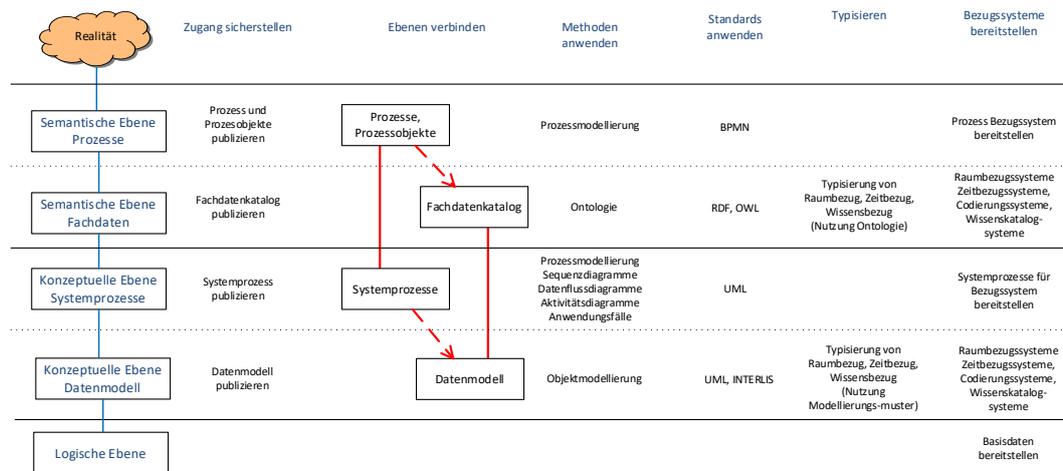


Abb.29 Aspekte vollständige Semantik

7.1.1 Semantische Ebene: Prozesse

Die Tabelle zeigt eine Übersicht der in der Prozessmodellierung anzuwendenden Regeln. Die Regeln gelten auch implizit durch die in der Beschreibung referenzierten Standards (z.B. Business Process Model and Notation (BPMN)).

Zugang sicherstellen Die Beschreibung der Prozesse muss dem Nutzer der Informationen zugänglich sein. Dies kann in Form eines Dokuments sein oder aber auch in Form einer öffentlich zugänglichen Beschreibung.

Methoden anwenden Für die Erarbeitung und Beschreibung von Prozessen sind anerkannte Methoden zu verwenden.

Modellierungsebenen verbinden Die Prozessbeschreibung sollen mit dem Fachdaten katalog verbunden werden. Dazu sind die Prozessobjekte (Input/Output) mit den in der semantischen Ebene beschriebenen Objekttypen des Fachdaten katalogs zu verknüpfen (und umgekehrt).

Standards anwenden Ein bewährter Standard für die Beschreibung von Prozessen ist BPMN. Dieser Standard zeichnet sich dadurch aus, dass er einfach gehalten ist und schnell erlernt werden kann.

Typisieren Eine Typisierung auf Ebene Prozessmodellierung ist nur beschränkt auf übergeordnete Prozesse (z.B. Qualitätssicherung) möglich.

Bezugssystem bereitstellen Das Bezugssystem stellt allgemeine Basisdaten zur Verfügung. Die Inhalte und die Prozesse für die Bereitstellung dieser Basisdaten sind ebenso wie alle anderen Fachdaten und Prozesse in der semantischen Ebene zu beschreiben.

Zur Illustration der Anforderung und Methoden wird hier ein einfaches Beispiel Verkehrsdaten dargestellt. Anhand von diesem Beispiel werden die grundlegenden Elemente für die Prozessmodellierung erläutert und in den Kontext der Semantik gestellt.

Beim zum modellierenden Objekt für das SIS handelt es sich um Verkehrsdaten. Im konkreten Fall sollen die durch einen Sensor erfassten Fahrzeugsignale zu einem zeitlich aggregierten Verkehrswert (z.B. DTV) verarbeitet werden.

Damit die Semantik vollständig auf der Prozessebene beschrieben werden kann, ist es relevant zu wissen, wie die Daten erhoben wurden und welche Verarbeitungsschritte gemacht wurden, bis schliesslich das eigentliche Datenobjekt entstanden ist. Im Beispiel beschreiben wir deshalb den Prozess von der Datenerhebung der Einzelfahrzeuge bis zur Aggregation der Verkehrsdaten.

Als Methode wird die Prozessmodellierung gemäss dem Standard BPMN 2.0 unter Berücksichtigung des E-Government-Standards eCH-0158 verwendet. Damit werden die Anforderungen an die Nutzung der Methoden und der Verwendung von Standards erfüllt.

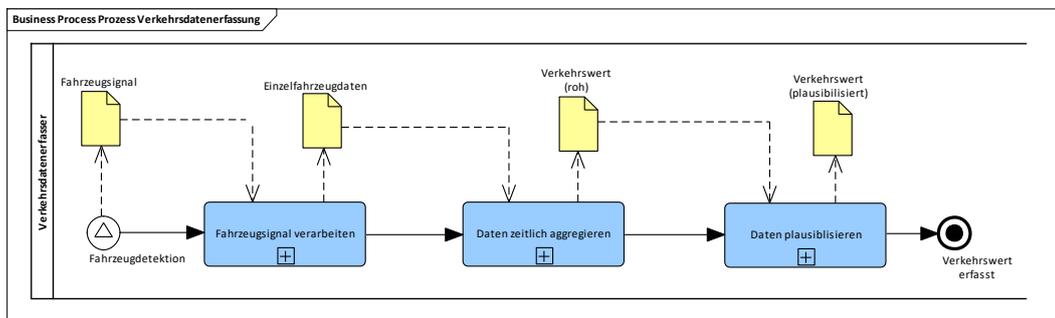


Abb.30 Beispielprozess

In eCH-0158 wird darauf hingewiesen, dass auf ein unternehmensspezifisches Glossar gepflegt werden soll oder, dass auf die Terminologiedatenbank der Schweizerischen Bundesverwaltung zurückgegriffen werden soll, um von dort die Definitionen zu übernehmen. Die Terminologiedatenbank ermöglicht es, die Definitionen von Begriffen in allen 4 Landesprachen und in Englisch zu verwalten. Der Inhalt ist jedoch sehr unvollständig. In der Terminologiedatenbank sind zudem keine Querbezüge zwischen den Begriffen herstellbar.

Die hier in der Lösung vorgeschlagene Methodik für die semantische Modellierung erlaubt es die Semantik zu beschreiben, eindeutig zu adressieren und sich auch auf andere, öffentliche Beschreibungen abzustützen. Die Empfehlung lautet deshalb, dass die im Prozess verwendeten Elemente eine Referenz zu einem Glossar gemäss dem Vorschlag für die Modellierung der semantischen Ebene erhalten. Diese Referenz muss in der Dokumentation des Modells enthalten sein. Damit wird die Anforderung der Verbindung der Modellierungsebenen direkt erfüllt und erspart in der Prozessmodellierung, aufwändige und detaillierte Definitionen.

7.1.2 Semantische Ebene: Fachdaten

Die Beschreibung auf der semantischen Ebene erfolgt durch die Definition und Beschreibung von Objekttypen, der Eigenschaften der Objekttypen und deren Referenzierung auf andere Objekttypen. Sie soll alle in der Prozessebene und der konzeptuellen Ebene verwendeten Elemente enthalten.

Die semantische Ebene in der Modellierung bedient sich der Form eines Fachdatenkatalogs. Im Fachdatenkatalog werden die Objekttypen strukturiert beschrieben. In der semantischen Ebene werden auch die Fachbegriffe definiert. Zu jedem Objekttyp werden zudem die Eigenschaften und die zugehörigen Definitionen festgelegt.

In der semantischen Ebene sollen zudem die Mehrsprachigkeit und die Synonyme abgehandelt werden.

Tab. 6 Beschreibung der Fachdaten in der semantischen Ebene

Zugang sicherstellen Die semantische Ebene muss in strukturierter Form zur Verfügung gestellt werden.

Methoden anwenden Die Beschreibung soll strukturiert, in tabellarischer, aufbauender Form erfolgen. Um eine maschinenlesbare Form der Beschreibung zu erhalten, ist die Beschreibung in RDF als Standardformat zu überführen.

Modellierungsebenen verbinden Die Prozessbeschreibung sollen mit dem Fachdatenkatalog oder einzelnen Eigenschaften der Objekttypen verbunden werden. Dazu sind die Prozessobjekte (Input/Output) mit den in der semantischen Ebene beschriebenen Objekttypen des Fachdatenkatalogs zu verknüpfen (und umgekehrt). Zudem ist der Fachdatenkatalog mit den Inhalten des konzeptionellen Modells zu verbinden.

Standards anwenden Treiber für die Erarbeitung von Standards ist das www. Im Kontext von "Semantic Web" entwickelten sich in den letzten Jahren zwei Standards, die relativ verbreitet sind: OWL und RDF. Es existieren heute auch bereits mehrere Tools, mit welchen man ein semantisches Modell aufbauen kann und welche Schnittstellen zu OWL und RDF aufweisen.

Typisieren Raumbezug, Zeitbezug und Wissensbezug soll soweit wie möglich typisiert und dann entsprechend genutzt werden. Das kann in der semantischen Ebene unter der Nutzung der Ontologie relativ einfach sichergestellt werden. Dazu müssen in einem ersten Schritt die typisierten Elemente (z.B. linearer Raumbezug) semantisch beschrieben werden. In einem zweiten Schritt kann einfach ein Bezug eines Objekttyps zu diesem typisierten Element hergestellt werden.

Zeitypen: Ereignis, Zustand
Lokalisierung: Linear, Planar, Toplogisch
Form: Punkt, Linie, Fläche, keine

Auf Ebene der einzelnen Eigenschaften sollen bereits Referenzen zu Wissensspeichern wie Codelisten und Wissenskatalogen ebenfalls dokumentiert werden.

Bezugssystem bereitstellen Wie im vorhergehenden Schritt beschrieben, sollen die Elemente der Bezugssysteme semantisch vollständig beschrieben werden.

Im nachfolgenden Beispiel werden die beiden Elemente Verkehrswert (roh) und Verkehrswert (plausibilisiert) nach den Regeln gemäss RDF beschrieben.

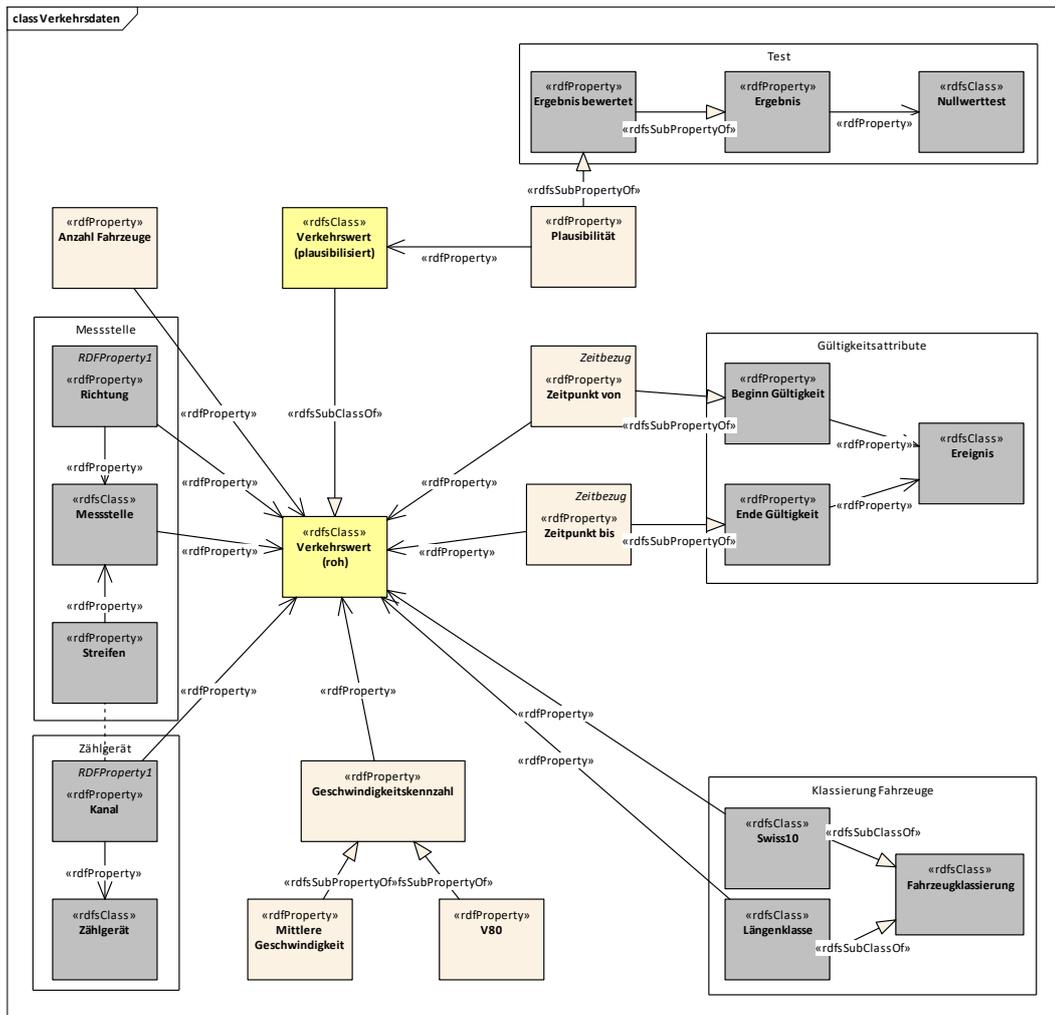


Abb.31 Darstellungsbeispiel RDF mit Enterprise Architect

7.1.3 Konzeptuelle Ebene: Systemprozesse

Tab. 7 Beschreibung der Systemprozesse auf der konzeptuellen Ebene

| | |
|--------------------------------------|---|
| Zugang sicherstellen | Die Systemprozesse müssen in geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden. Dies kann am einfachsten in Form von UML-Diagrammen erfolgen. |
| Methoden anwenden | Die Modellierung der Systemprozesse soll gemäss BPMN erfolgen. |
| Modellierungsebenen verbinden | Die Systemprozesse unterstützen in irgendeiner Form einen oder mehrere Fachprozesse. Es soll deshalb eine Verlinkung der Systemprozesse mit den zugehörigen Fachprozessen erfolgen. Die beschriebenen Systemprozesse müssen mit einem dazu passenden Datenmodell korrespondieren. Die Datenobjekte des Datenmodell müssen mit den Systemprozessen verlinkt werden. |
| Standards anwenden | Die Beschreibung der Systemprozesse soll mit UML erfolgen. Dabei sind folgende Modelle anzuwenden: Use-Case-Diagramme und Sequenzdiagramme. |
| Typisieren | Oft genutzte, typische Übergänge sind einmal zu beschreiben und zur Nutzung bereit zu stellen. Es sind dies zum Beispiel Übergänge Raumbezug linear zu planar, Übergänge Zeitbezug von historisierten Daten zu aktuellen Daten, Aggregation Detaillierung von Codelisten, Übergang Wissenskatalog zu Codelisten (und umgekehrt). |
| Bezugssystem bereitstellen | Es sind für die Nachführung und Bereitstellung der Bezugssysteme die Systemprozesse bereit zu stellen. Insbesondere ist zu definieren, wie darin lokalisierte Informationen bei Veränderungen reagieren müssen. |

7.1.4 Konzeptuelle Ebene: Datenmodell

Ein konzeptionelles Modell bildet die Brücke zwischen der semantischen Ebene und der logischen Umsetzung. Der Mehrwert zum semantischen Modell besteht darin, dass die Strukturierung noch weitergetrieben wird und dass Klassen und Beziehungen mit Konsistenzregeln und Methoden erweitert werden können.

Tab. 8 Beschreibung des Datenmodells in der konzeptuellen Ebene

| | |
|--------------------------------------|--|
| Zugang sicherstellen | Das konzeptionelle Modell muss dem Datennutzer zur Verfügung stehen. |
| Methoden anwenden | Als Methoden kommen die relationale oder objektorientierte Modellierung in Frage. |
| Modellierungsebenen verbinden | Die im konzeptionellen Modell verwendeten Klassen und Begriffe sollen durch die Referenzierung mit dem semantischen Modell verknüpft werden. |
| Standards anwenden | UML und INTERLIS sind geeignete Standards für die Modellierung in der konzeptuellen Ebene. Für die Modellierung sind Klassendiagramme und Methoden gemäss UML geeignet (siehe dazu auch Forschungsauftrag [13]). |
| Typisieren | Die bereits in der semantischen Ebene typisierten Elemente sollen auch in der konzeptionellen Ebene genutzt werden. Dazu sind diese Elemente und die Anwendung in einem konzeptionellen Modell zu dokumentieren. |
| Bezugssystem bereitstellen | Auch für das Bezugssystem ist ein konzeptionelles Modell zur Verfügung zu stellen. |

7.1.5 Logische Ebene

Für die logische Ebene werden keine spezifischen Regeln definiert. Die logische Ebene ist in der Regel getrieben durch das gewählte System oder die vorgesehene Nutzung.

Es wird jedoch eine wichtige Anforderung formuliert: die Inhalte der logischen Ebene müssen die konzeptuelle Ebene vollständig abbilden, damit die konzeptuelle Sicht auf die Daten gewährleistet werden kann.

7.2 Vollständige Erhaltung der Semantik bei der Transformation



Abb.32 Wirkungsbereich Transformation

Bei der Transformation werden Informationen aus einem Kontext in einen anderen Kontext überführt. Dies erfolgt durch den Austausch der entsprechenden Daten in einem Austauschformat.

Als Bedingung der Semantikerhaltung bei der Transformation kann abgeleitet werden, dass die Semantik vollständig weitergegeben werden muss. Werden bei der Transformation der Informationen die Informationen verändert (z.B. bei einer Aggregation), so kann die Semantik nur erhalten bleiben, wenn der Bezug zur ursprünglichen Information besteht.

Basis für die Transformation bildet ein Transfermodell. Dieses muss gemäss Kapitel 7.1 vollständig beschrieben werden. Bei der Beschreibung des Transfers gelten jedoch besondere Bedingungen:

- Die Beschreibung der Prozesse dient beim Transfer nun dazu, den Kontext der Quelldaten in den Kontext der Transferdaten zu überführen.
- Die logische Ebene ist nicht mehr systemtypisch, sondern muss von den Beteiligten des Datenaustauschs interpretiert werden können. Dazu sind zwei Bedingungen zu erfüllen: das logische Modell muss die Anforderungen aus dem konzeptuellen Modell erfüllen und das konzeptuelle Modell muss aus dem logischen Modell herleitbar sein.

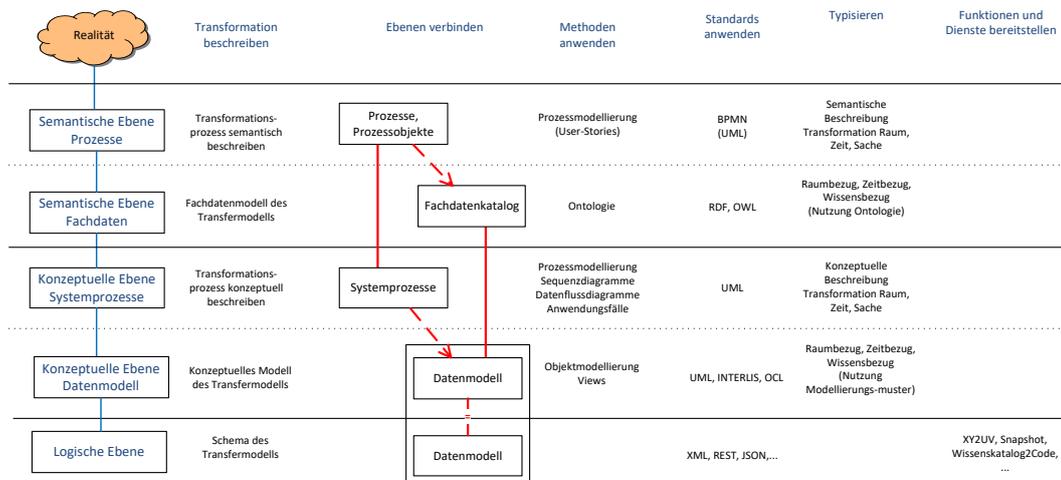


Abb.33 Aspekte Semantik bei der Transformation

Die Beschreibung der vollständigen Erhaltung bei der Transformation folgt den gleichen Regeln im Kapitel 7.1 bereits beschrieben. Speziell zu beachten ist nur, dass bei der Erzeugung des Transfermodells der Prozess des Exports vorangeht und dieser genau wie ein Fachprozess beschrieben werden muss. Entsprechendes gilt auf der anderen Seite für den Import.

7.3 Lückenschliessung

Die Semantik der Information kann unvollständig sein. Die Unvollständigkeit kann dabei an verschiedensten Stellen auftreten und muss je nach Anwendungsfall behoben werden.

Wichtig ist, dass die Lücken überhaupt erst erkannt werden. Sind beispielsweise die Bedeutungen der Attribute in einem konzeptionellen Modell alle bekannt? Ist der Kontext dieses Modells definiert und welche Interpretationen lassen sich daraus ableiten?

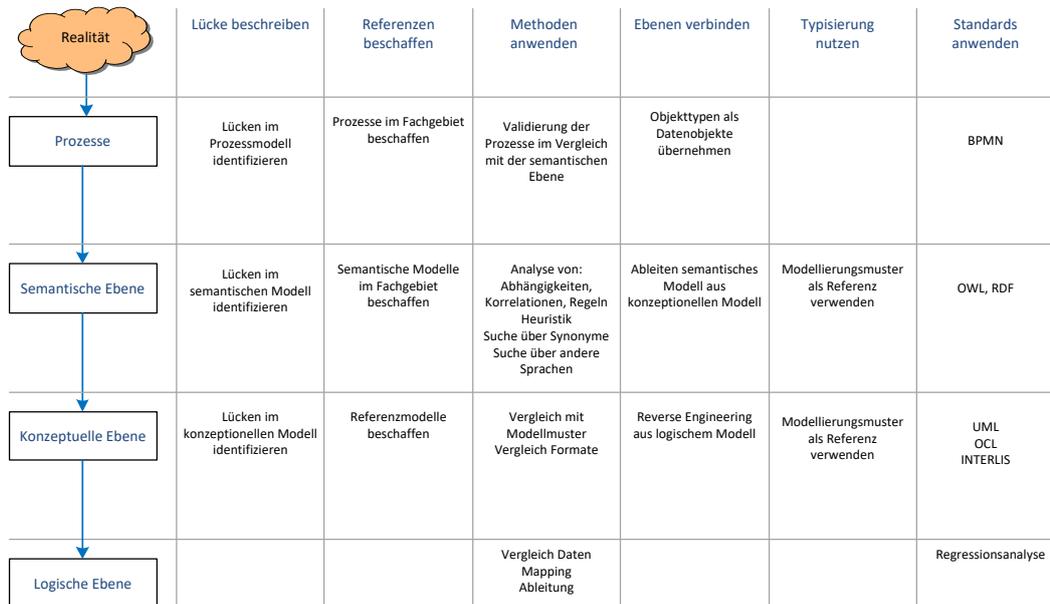


Abb.34 Strategien der Lückenschliessung (Ergänzung Semantik)

Die Strategie der Lückenschliessung folgt demnach dem Ablauf Lücken beschreiben → Referenzen beschaffen → Methoden anwenden → Ebenen verbinden → Typisierung nutzen → Standards anwenden.

Mit diesem Vorgehen über alle Modellierungsebenen hinweg entsteht am Schluss wieder ein vollständig beschriebenes Modell.

7.4 Nutzung der Methoden des Semantic Web

Das Semantic Web stellt Methoden zur Verfügung, welche für die praktische Umsetzung der vorgeschlagenen Methodik sehr geeignet sind RDF und linked data.

7.4.1 Umsetzung der Ontologie mit RDF

RDF ist der heute weit verbreitete Standard für den Aufbau, die Speicherung und die Verbreitung einer Ontologie in einem bestimmten Themenbereich. Der Standard RDF unterstützt dabei die Beschreibung einzelner Elemente und den Aufbau von Ontologien. Zusätzlich sind Regeln verfügbar, um die Eigenschaften der Beziehungen detailliert zu beschreiben und den Inhalt in unterschiedlichen Sprachen zu erfassen. Es gibt eine Vielzahl von Tools, mit welchen Ontologien erfasst und auch visuell dargestellt werden können.

RDF praktisch unbegrenzt einsetzbar. Mit der Nutzung von RDF können in der Beschreibung der vollständigen Semantik mehrere Eigenschaften genutzt werden:

- Ein gemeinsames Vokabular für alle Modellierungsebenen
- Aufbau von Beziehungen zwischen den Modellierungsebenen
- Eineindeutige Adressierung eines jeden Eintrags in einer Ontologiedatenbank

7.4.2 Verbindungen über die Prozessgrenzen hinweg mit linked data

Die Methoden des linked data ergänzt die Ontologie mit RDF. Mit Hilfe von linked data können Beziehungen von Inhalten aus einer RDF-Datenbank über Prozess- und Systemgrenzen hinweg hergestellt werden. Damit wird die Bedingung für eine Weitergabe der vollständigen Semantik an einen Abnehmer der Daten einfach erfüllbar.

Linked data kann jedoch nur genutzt werden, wenn die benötigten Inhalte einer Ontologiedatenbank für den Sender und den Empfänger der Daten zugänglich ist.

8 Validierung

In der Validierung wird überprüft, wie die Verbindung des Austauschmodells mit den semantischen Informationen hergestellt werden kann. Als Beispiel wird der Austausch von Strassenachsen verwendet.

Als Modellbeschreibung wird das vom ASTRA definierte Minimale Geodatenmodell in Form des INTERLIS-Modells eingesetzt. Die in der Validierung vorgeschlagenen Umsetzungsbeispiele lassen sich einfach auch auf andere Modellierungssprachen übertragen.

Als semantische Beschreibung werden drei Varianten geprüft: Verlinkung mit den Inhalten der VSS-Normen, Verlinkung mit dem Terminologiespeicher TERMDAT und die Verlinkung zu einem im RDF-Schema aufgebauten Repository.

Die Validierung zeigt also grundsätzlich die Möglichkeiten der Vervollständigung der Semantik mit den zur Verfügung stehenden Mitteln.

8.1 Beschreibung der vollständigen Semantik am Beispiel der Strassenachsen

Für den Austausch von Strassenachsen wurde vom ASTRA das INTERLIS-Modell Axis_V1_1.ili definiert. Durch die Verwendung von INTERLIS wird bereits sichergestellt, dass ein systemneutraler, strukturierter und modellbasierter Datenaustausch stattfindet. Da es sich bei diesem Datenmodell auch um ein Minimales Geodatenmodell gemäss Geoinformations-Verordnung (GeoIV-ID 86) handelt, liegt für den Kontext der Nationalstrassenachsen eine textuelle Modelldokumentation mit UML-Diagramm und tabellarischem Objektkatalog vor.

Im Bereich der Datentypen wird bereits wo möglich und sinnvoll auf an zentraler Stelle definierte Wertebereiche und wiederkehrende Konstrukte zurückgegriffen. So sind beispielsweise die verwendeten Masseinheiten (<https://www.interlis.ch/modelle/einheiten-definition>) und Zeitformate (<https://www.interlis.ch/modelle/zeit-definition>) in INTERLIS-Basismodellen definiert und die verwendeten Geometriedatentypen stammen aus CHBase-Modellen des Bundes (<https://www.interlis.ch/modelle/koordinatensystem-definition>):

```
STRUCTURE AxisSegmentGeometry =
  Geometry          : MANDATORY GeometryCHLV95_V1.LineWithAltitude;
  LinDist           : LIST {2 .. *} OF Measure;
  CaptureMethod     : AxisCatalogs_V1_1.AxisCatalogs.CaptureMethodRef;
  CaptureDate       : INTERLIS.XMLDate;
  AccuracyHorizontal : 0.000 .. 100.000 [INTERLIS.m];
  AccuracyVertical  : 0.000 .. 100.000 [INTERLIS.m];
END AxisSegmentGeometry;
```

Abb.35 Beispiel für zentral definierte Wertebereich und Einheiten im INTERLIS-Modell Axis_V1_1.ili

Trotz dieser Ansätze zeigt sich allerdings, dass die Semantik der konkreten Daten nicht unmittelbar aus den INTERLIS-Transferdateien und dem INTERLIS-Modell ersichtlich wird. Folglich wurde nach Möglichkeiten gesucht, wie dem Datennutzer nicht nur die Daten, sondern auch ihre Semantik bereitgestellt werden kann.

8.1.1 Herstellung Bezug zu Normen über INTERLIS-Meta-Attribute

Die Semantik von Daten die gemäss dem INTERLIS-Austauschmodell Axis_V1_1.ili bereitgestellt werden, ist grundsätzlich in verschiedenen Schweizer Normen (auf Deutsch und Französisch) beschrieben:

- VSS-40940: Norm Katalog für Strassendaten [4] (tabellarische Beschreibung von generellen Attributen von Strassendaten, wie Verwaltungsattribute und Attribute der zeitlichen Gültigkeit)
- VSS-40912: Strasseninformationssystem: Linearer Raumbezug. Räumliches Basis-Bezugssystem RBBS [2] (textuelle Beschreibung von Strassenachse, Achssegment, Sektor, Bezugspunkt)
- VSS-40913: Strasseninformationssystem: Linearer Bezug. Achsgeometrien [3] (textuelle Beschreibung und Auflistung der Merkmale von Referenzgeometrie)

Weitere Information zu den konkret erfassten Informationen für Nationalstrassenachsen sind der Richtlinie "ASTRA 10001 Nationalstrassennetz als Räumliches Basis-Bezugssystem RBBS" [10] zu entnehmen.

Die Semantik der Daten ist also grundsätzlich dokumentiert, der Datennutzer weiss aber nicht ohne weiteres, dass diese Normen existieren. Es fehlt die Verknüpfung der semantischen Beschreibungen mit dem konkreten Austauschmodell bzw. den Daten.

In einem ersten Schritt wurde folglich praktisch geprüft, wie dieser Bezug zwischen dem INTERLIS-Austauschdatenmodell und den Abschnitten aus den relevanten SN-Normen hergestellt werden kann.

Gemäss der Spezifikation "eCH-0117: Meta-Attribute für INTERLIS-Modelle" [8] können in einem INTERLIS-Datenmodell Meta-Informationen integriert werden. Diese geschieht mit speziell hervorgehobenen Kommentaren, die aus einem frei definierbaren Meta-Attribut-Namen und einem entsprechenden Wert in Form eines Textes bestehen. Die Meta-Attribute können sich auf INTERLIS-Elemente wie Klassen und Attribute beziehen.

Für die Objektklassen "Axis" und "AxisSegment" wurden exemplarisch Meta-Attribute im INTERLIS-Modell erfasst, die dem Datennutzer dabei helfen sollen, die relevanten Informationen in den verschiedenen Normen zu finden.

Die Erfassung der Meta-Informationen im nachfolgenden Beispiel erfolgte gemäss folgendem Muster: Als Meta-Attribut-Name wurde "Description" definiert. Der Attributinhalt umfasst die Nummer der Norm (z.B. "VSS-40 941"), die Kapitelnummer in der Norm (z.B. "B.5") und wenn vorhanden die Nummer des Eintrags im tabellarischen Datenkatalog (z.B. "11").

```
!!@Description = SN 640 941, B.5.; SN 640 912, 9
CLASS Axis =

!!@Description = SN 640 941, B.6., I1
Owner          : MANDATORY TEXT*12;

!!@Description = SN 640 940, E.12., A3
DatabaseId     : MANDATORY INTERLIS.UUIDOID;

!!@Description = SN 640 941, B.6., I2
AxisName       : MANDATORY TEXT*64;

!!@Description = SN 640 941, B.6., A2
AxisNameLong   :          TEXT*256;

!!@Description = SN 640 941, B.6., I3
AxisPositionCode : MANDATORY AxisPositionCode;

!!@Description = SN 640 941, B.6., A1
AxisType       : MANDATORY AxisCatalogs_V1_1.AxisCatalogs.AxisTypeRef;

!!@Description = --- in Norm nicht definiert ---
Status        : MANDATORY AxisCatalogs_V1_1.AxisCatalogs.AxisStatusRef;

!!@Description = SN 640 940, E.13., D1-3; SN 640 941, B.6.
Validity      : MANDATORY ObjectVersionInfo;

UNIQUE Owner, AxisName, AxisPositionCode;
END Axis;

!!@Description = SN 640 912, 10
CLASS AxisSegment =

!!@Description = --- in Norm nicht definiert ---
Sequence      : MANDATORY 1 .. 10000 [Units.CountedObjects];

!!@Description = --- in Norm nicht definiert ---
SegmentName   : MANDATORY TEXT*64;

!!@Description = SN 640 913, 9.1
Geometry      : MANDATORY AxisSegmentGeometry;
END AxisSegment;
```

Abb.36 Auszug INTERLIS-Modell Axis_V1_1.ili mit Meta-Attributen

Die praktische Umsetzung zeigt, dass einige Aspekte der Semantik in verschiedenen Normen redundant beschrieben sind. Deren Form ist nicht einheitlich (z.B. rein textuelle Form, Auflistung von Merkmalen, Datenkatalog mit Attributbeschreibungen in tabellarischer Form) und die Beschreibungen wurden aus unterschiedlichen Blickwinkeln verfasst (Vorgabe zur Strukturierung von Informationen in Strassendatenbank, Definition eines räumlichen Bezugssystems). Die reine Auffindbarkeit von verschiedensten Informationsquellen ist folglich noch keine zufriedenstellende Lösung. Der Datennutzer ist an einer klaren Definition der Semantik interessiert, die keinen Spielraum für Interpretation lässt. Diese sollte auch im Interesse des Datenbereitstellers sein.

Die Normen müssen immer wieder aufs Neue, d.h. durch jeden Datennutzer, mit finanziellem Aufwand beschafft werden und die darin enthaltenen, für das Datenmodell bzw. die Daten relevanten Informationen müssen durch den menschlichen Nutzer gefunden und korrekt interpretiert werden. Die Semantik der Daten wird erst nach dem Studium verschiedener Dokumente ersichtlich und ist dadurch zeitaufwändig und umständlich.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass die Umsetzung im Austauschmodell bzw. im ursprünglichen Quelldatensystem (SIS) nicht immer den Vorgaben der Norm entspricht. So wurde z.B. aus technischen Gründen ein weiterer Lagecode-Wert für nicht richtungsgetreunte Strassen eingeführt, den es in der Norm nicht gibt. Auch sind einige Attribute des Austauschmodells nicht in den Normen definiert (z.B. Status der Achse, Name des Achssegments). Diese semantischen Erweiterungen fehlen dadurch oder müssten in der Modellbeschreibung spezifisch erläutert werden.

Ausserdem zeigt sich, dass eine Dokumentation auf der Ebene des Datenmodells nicht immer die konkreten Daten genügend beschreibt. So können etwa mithilfe des Austauschmodells für Strassenachsen nicht nur Nationalstrassenachsen, sondern auch Strassenachsen anderer Eigentümer bereitgestellt werden. Diese haben möglicherweise andere Erfassungsrichtlinien als das ASTRA. Auch die Wertebereiche, die in Form von XML-Katalogen aus dem INTERLIS-Modell ausgelagert sind, können nicht im INTERLIS-Modell mit Meta-Attributen versehen und somit näher beschrieben werden. Eine Verlinkung der konkreten Dateninhalte mit ihrer Semantik ist folglich mit Hilfe der INTERLIS-Meta-Attribute nicht möglich, wäre aber letztendlich wünschenswert.

8.1.2 Beschreibung von Semantik in Terminologie-Datenbank

Mit der Verwendung einer Terminologie-Datenbank kann sichergestellt werden, dass die für das Verständnis der Daten notwendigen Informationen an einer zentralen Stelle einfach für den Benutzer auffindbar sind.

Es wurde evaluiert inwiefern sich die bestehende Terminologie-Datenbank der Bundesverwaltung TERMDAT für die zentrale Bereitstellung der Semantik eignet. TERMDAT wurde als Beispiel für die Analyse gewählt, weil es sich dabei um eine in der Schweiz etablierte Terminologiesammlung mit ca. 400 000 mehrsprachigen Terminologie-Einträgen handelt. Es gibt eine Vielzahl von weiteren Terminologiesammlungen und Glossaren. Die ISO-Norm 26162 umfasst Empfehlungen für die Erstellung solcher Terminologiedatenbanken (vgl. [23]).

Die Einträge in TERMDAT werden nach folgender Datenstruktur erfasst:

In jedem TERMDAT-Eintrag stehen folgende **Eintragsfelder** zur Verfügung:

| EINTRAGSKOPF | SPRACHZONE(N) |
|--|--------------------------------------|
| Eintrags-ID | Terminus + Quelle |
| BETYNI | Name + Quelle |
| Terminologiebüro | Abkürzung + Quelle |
| Terminologiesammlung | Phraseologie + Quelle |
| Position im Begriffssystem | Definition + Quelle |
| Zuverlässigkeitscode | Anmerkung + Quelle |
| Bearbeitungsstatus | Kontext + Quelle |
| Sachgebiete | Land |
| Verwandte Sammlungen | Metadaten (+ Quelle) |
| Abbildung + Quelle / + Beschreibung | Verweis (auf andere Einträge) |
| Kommentar | |
| Autor/in | |
| Verwaltungsangaben | |
| Änderungsstand | |

Die dunkler gefärbten Angaben sind in einem Minimaleintrag obligatorisch.

Abb.37 Bestandteile eines TERMDAT-Eintrages (vgl. [24])

Ein Eintrag wird durch einen Identifikator ("recno:") eineindeutig innerhalb von TERMDAT identifiziert. Der Terminus kann dann in verschiedenen Sprachen erfasst werden. Da es sich um die Terminologie-Datenbank der Schweizerischen Bundesverwaltung handelt, sind die üblichen Arbeitssprachen die vier Landessprachen (Deutsch, Französisch, Italienisch und Rätoromanisch) sowie Englisch. Aber auch die Erfassung von Begriffen in weiteren Sprachen ist möglich.

Über Verweise können verschiedene Arten von Beziehungen zwischen Begriffen abgebildet werden bzw. die Position im Begriffssystem abgebildet werden (Ober-, Unter-, Nebenbegriffe, Antonym).

Zu den Begriffen kann eine Definition erfasst werden. Es handelt sich dabei um eine "Begriffsbestimmung mit sprachlichen Mitteln, welche die Wesensmerkmale des behandelten Begriffs enthält. Damit unterscheidet sich die Definition von der erläuternden Anmerkung, welche die ergänzenden Merkmale des behandelten Begriffs umfasst."

Die Beschreibung kann mit weiteren Informationen ergänzt werden, z.B. Anmerkungen, Informationen zum Kontext, Abbildungen (Bilder) etc.

- OFR11: Terminologie des Bundesamts für Strassen (ca. 2'000 Einträge)
- SVG98: Terminologie des Strassenverkehrsrechts (ca. 3'000 Einträge)
- GVK05: Terminologie des Gesamtverkehrs (ca. 350 Einträge)

The screenshot shows the TERMDAT web application interface. At the top, there is a header with the Swiss flag and the text 'Schweizerische Eidgenossenschaft', 'Confédération suisse', 'Confederazione Svizzera', and 'Confederaziun svizra'. To the right, it says 'Bundesverwaltung admin.ch' and 'Schweizerische Bundeskanzlei'. Below the header, there is a search bar and navigation links. The main content area is titled 'Eintrag' and contains a table with the following information:

| Eintrag - Vollständige Anzeige / Minimale Anzeige / Rückmeldung zum Eintrag / Drucken | |
|---|--|
| Eintragskopf | |
| Eintrags-ID | 157707 |
| BETYNI | ACH SVG98 105 |
| Terminologiebüro | ACH - Schweizerische Bundesverwaltung |
| Terminologiesammlung | SVG98 - Terminologie des Strassenverkehrsrechts |
| Bearbeitungsstatus | Validiert |
| Zuverlässigkeitscode | 3 - Sprachlich/formal überprüft |
| Sachgebiete | JUE - VERKEHRSRECHT (auch: TR-); TRB - VERKEHRSWEGE (ausser Eisenbahn) |
| Verwandte Sammlungen | SVU93 - Terminologie des Übereinkommens über den Strassenverkehr |
| Änderungsstand | Erstellt: 03.04.2009 00:00:00 Geändert: 14.07.2014 15:28:48 |
| Deutsch | |
| Terminus | Nationalstrasse |
| Quelle | (VE) BG Nationalstrassen, Art. 1 Abs. 1 (SR 725.11); (DF) nach Quelle (VE) |
| Definition | Wichtigste Strassenverbindung von gesamtschweizerischer Bedeutung, die von der Bundesversammlung als solche erklärt wird. |
| Land | CH |
| Französisch | |
| Terminus | route nationale |
| Quelle | (VE) LF routes nationales, art. 1 al. 1 (RS 725.11); (DF) d'après source (VE) |
| Definition | Voie de communication des plus importantes présentant un intérêt pour la Suisse en général et déclarée telle par l'Assemblée fédérale. |
| Land | CH |
| Italienisch | |
| Terminus | strada nazionale |
| Quelle | LF Strade nazionali, art. 1 cpv. 1 (RS 725.11); (DF) secondo fonte (VE) |
| Definition | Via di collegamento di maggiore importanza e di interesse generale per la Svizzera dichiarata tale dall'Assemblea federale. |
| Land | CH |
| Rätoromanisch | |
| Terminus | via naziunala |
| Quelle | Lescha davart il traffic sin via, art. 2 al. 3bis (CS 741.01, versiun 2014-07) |
| Englisch | |
| Hinweis | Keine Entsprechung |

Abb.38 Beispiel für einen Eintrag in TERMDAT: Nationalstrasse

The screenshot shows the TERMDAT web application interface for the entry 'Zustandserfassung'. The main content area is titled 'Eintrag' and contains a table with the following information:

| Eintrag - Vollständige Anzeige / Minimale Anzeige / Rückmeldung zum Eintrag / Drucken | |
|---|--|
| Eintragskopf | |
| Eintrags-ID | 236482 |
| BETYNI | ACH OFR11 3176 |
| Terminologiebüro | ACH - Schweizerische Bundesverwaltung |
| Terminologiesammlung | OFR11 - Terminologie des Bundesamts für Strassen |
| Bearbeitungsstatus | In Bearbeitung |
| Zuverlässigkeitscode | 2 - Provisorisch |
| Sachgebiete | BA4 - RAUMORDNUNG - STÄDTEBAU; JUE - VERKEHRSRECHT (auch: TR-); TR - VERKEHRSWESEN |
| Änderungsstand | Erstellt: 27.08.2012 00:00:00 Geändert: 27.08.2012 00:00:00 |
| Deutsch | |
| Terminus | Zustandserfassung |
| Quelle | Normes SIA |
| Definition | Beschaffung von Informationen über den aktuellen Zustand und die bisherige Zustandsentwicklung mit dem Ziel, wesentliche Mängel, Schäden und Schädigungsmechanismen zu erkennen. |
| Anmerkung | DOM: Fahrzeuge |
| Land | CH |
| Französisch | |
| Terminus | relevé de l'état |
| Quelle | Normes SIA |
| Anmerkung | DOM: véhicules automobiles |
| Land | CH |

Abb.39 Beispiel für einen Eintrag in TERMDAT: Zustandserfassung

Die Analyse zeigt, dass sich TERMDAT für eine zentrale Publikation der in den VSS-Normen definierten Begriffe eignen würde. Im Rahmen eines Terminologieprojekts könnte eine systematische Erfassung der in verschiedenen VSS-Normen am Anfang stehenden Begriffsdefinition erfolgen.

Der Bezug zwischen den dort definierten Begriffen und einem Datenaustauschmodell kann dann z.B. wie im vorherigen Kapitel beschrieben mittels INTERLIS-Meta-Attributen hergestellt werden:

```
!!@TERMDAT = recno:234780
CLASS AxisSegment =
  Sequence           : MANDATORY 1 .. 10000 [Units.CountedObjects];
  SegmentName       : MANDATORY TEXT*64;
  Geometry           : MANDATORY AxisSegmentGeometry;
END AxisSegment;
```

Abb.40 Beispiel für Referenz auf TERMDAT-Eintrag in INTERLIS-Modell Axis_V1_1.ili

| Eintragskopf | |
|----------------------|---|
| Eintrags-ID | 234780 |
| BETYNI | ACH OFR11 954 |
| Terminologiebüro | ACH - Schweizerische Bundesverwaltung |
| Terminologiesammlung | OFR11 - Terminologie des Bundesamts für Strassen |
| Bearbeitungsstatus | In Bearbeitung |
| Zuverlässigkeitscode | 2 - Provisorisch |
| Sachgebiete | BA4 - RAUMORDNUNG - STÄDTEBAU ; JUE - VERKEHRSRECHT (auch: TR-); TR - VERKEHRSWESEN |
| Änderungsstand | Erstellt: 23.08.2012 00:00:00 Geändert: 23.08.2012 00:00:00 |
| Deutsch | |
| Terminus | Segment |
| Quelle | ASTRA 2011 |

Abb.41 Beispiel für referenzierten Begriff in TERMDAT

Die Verwendung einer Terminologie-Datenbank eignet sich primär für die zentrale Bereitstellung von Definitionen, jedoch nicht für die detaillierte Abbildung eines Datenmodells.

8.1.3 Nutzung von RDF

Eine Möglichkeit zur Beschreibung der Semantik von Daten bietet die Nutzung von RDF. Das Resource Description Framework wurde vom W3C ursprünglich als Standard zur Beschreibung von Metadaten konzipiert. Die semantischen Beschreibungen werden heute in Form von RDF-Repositories bereitgestellt und z.B. durch die Registrierung in Linked Open Vocabularies (<https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/>) gebündelt und bekanntgemacht.

Eine mittels RDF formulierte Ontologie erlaubt die formale Definition von Begriffen und ihren Beziehungen als Grundlage für ein gemeinsames Verständnis (vgl. [22]). Bei der Anwendung von Ontologien im Bereich von "Semantic Web" und "Linked Data" werden dann die konkreten Instanzen, d.h. Daten, mit den RDF-Konstrukten verknüpft.

Beispielhaft wurde eine Ontologie für Strassendaten, als maschinenlesbare Ergänzung zur textuellen und tabellarischen Form der Normen erstellt. Dieses "Glossar" soll als Grundlage für die im konzeptionellen Modell verwendeten Begriffe dienen und letztendlich ermöglichen, dass die Bedeutung bis auf die Ebene der konkreten Daten propagiert werden kann.

Mit Hilfe der Software Protégé 5.2.0 wurde eine Ontologie basierend auf dem Vokabular folgender Standards erstellt:

- RDFS (Resource Description Framework Schema)
- OWL (Web Ontology Language)
- SKOS (Simple Knowledge Organization System)

Die Ontologie wurde in zwei Formaten gespeichert: Turtle Syntax und RDF/XML Syntax.

Die VSS-Normen im Themenbereich der Strasseninformationssysteme sind bereits sehr strukturiert aufgebaut. So wird in der Grundnorm beschrieben, welche Elemente für den Aufbau der Fachdatenataloge verwendet werden müssen. Die Fachdatenkataloge selbst sind wiederum sehr strukturiert aufgebaut.

Der Aufbau der Ontologie folgt nun dem gleichen Muster mit den erwähnten Methoden und Standards.

Beim Entwurf wurde folgendermassen vorgegangen: Die Informationsobjekte werden als owl:Class repräsentiert. Aus der tabellarischen Beschreibung der Normen wurden folgende Informationen übernommen:

"Attribut und Quelle":

- rdfs:label (de und fr)
- skos:definition, wenn längere Beschreibung und nicht nur Attributname; für rdfs:label wurde dann ein kürzerer Attributname selbst definiert (z.B. BeginnGültigkeit)

"Erläuterung":

- skos:definition (sowohl deutsch, als auch französisch, weitere Sprachen wären möglich)
- rdfs:comment (de, fr), wenn eher weitere Erläuterungen vorhanden

| | Attribut und Quelle Attribut et source | Erläuterung Description | Format | Wertebereich Domaine de valeurs |
|----|--|---|-------------------|--|
| D1 | Datum des Anfangs der Gültigkeit der Information Date du début de validité de l'information | Zeigt den Gültigkeitsbeginn Indique le début de validité | Datum Date | Datum und Zeitangabe Date et heure |

Abb.42 Definition des Generellen Attributs BeginnGültigkeit in Norm VSS-40940 [5]

Die Inhalte der Norm werden dann in der Turtle-Syntax folgendermassen dargestellt:

```
### http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#BeginnGueltigkeit
vss:BeginnGueltigkeit rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf vss:ZeitlicheGueltigkeitAttribut ;
    rdfs:comment "Indique le début de validité"@fr ,
        "Zeigt den Gültigkeitsbeginn"@de ;
    rdfs:label "BeginnGueltigkeit"@de
        "DebutValidité"@fr ;
    skos:definition "Date du début de validité de l'information"@fr ,
        "Datum des Anfangs der Gültigkeit der Information"@de .
```

Abb.43 Ausschnitt Turtle-Syntax

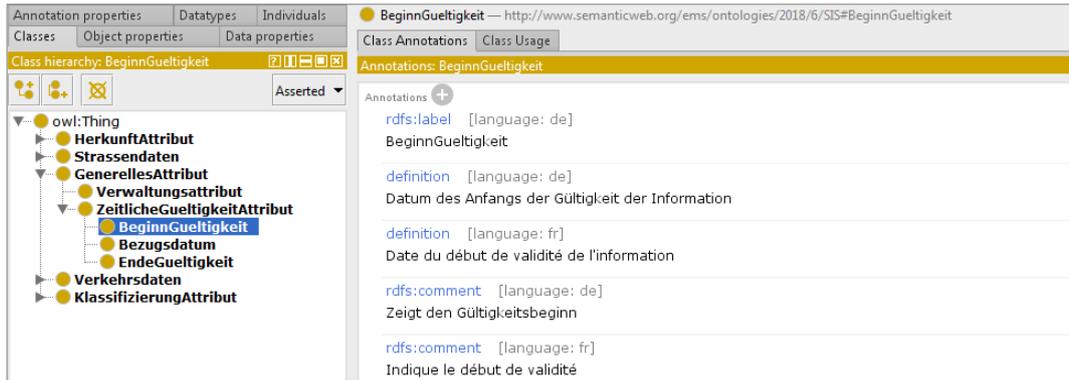


Abb.44 Darstellung der Annotations von *BeginnGueltigkeit* in Protégé

Die Attribute der Informationsobjekt-Typen werden im allgemeinen als owl:ObjectProperties abgebildet und mit dem Informationsobjekt-Typ mittels rdfs:domain verbunden. In den VSS-Normen gibt es verschiedene Arten von Attributen. Einerseits wird unterschieden zwischen generellen und spezifischen Attributen:

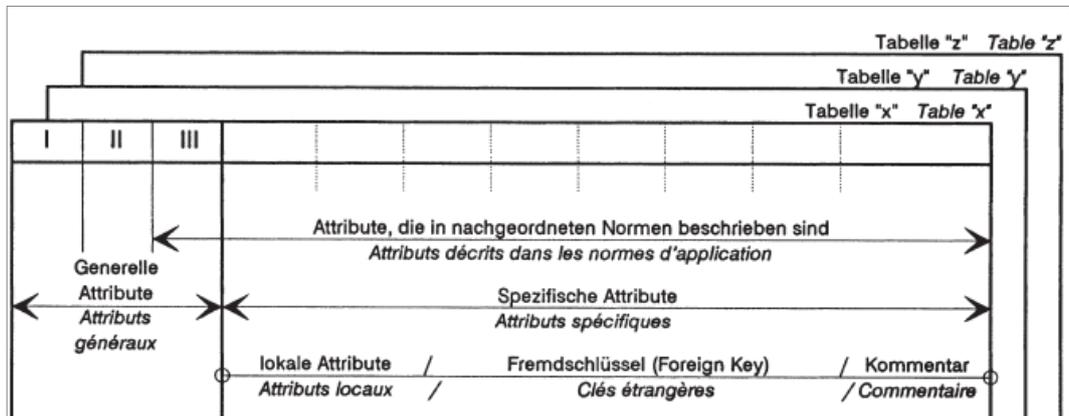


Abb.45 Unterscheidung Generelle Attribute vs. Spezifische Attribute in VSS-40940 [5], S. 12

Andererseits werden die Attribute auch klassifiziert und hinsichtlich ihrer Herkunft unterschieden:

| 11. Beschreibung der Attribute: Legende | 11. Description des attributs: légende |
|---|--|
| Die Attribute eines Informationsobjekt-Typs werden tabellarisch dargestellt. Die Spalten enthalten: | Les attributs d'un type d'objet d'information sont décrits sous forme de tableaux. Les colonnes contiennent: |
| Klassifizierung und Numerierung der Attribute: I1 (I2, I3, ...): Erster (zweiter, dritter, ...) Teil des Schlüssels D1, D2, D3: Generelle Attribute der zeitlichen Gültigkeit A1 (A2, A3, ...): Andere Attribute | La classification et la numérotation des attributs: I1 (I2, I3, ...): première (deuxième, troisième, ...) partie de la clé D1, D2, D3: attributs généraux de la validité temporelle A1 (A2, A3, ...): autres attributs |
| Attribut und Quelle: Bezeichnung des Attributs sowie Hinweise zur Herkunft: F: Bezug auf einen anderen Informationsobjekt-Typ, z. B. Schlüssel eines allgemeinen Informationsobjektes (Ziffern 14 und 15) C: ausgewählt aus einer Codeliste (Ziffer 16) E: ausgewählt aus der Tabelle «Eigentümer» (Ziffer 17) T: ausgewählt aus einem vordefinierten Textkatalog (Ziffer 18) S: wird durch das Datenbanksystem automatisch erzeugt [leer]: lokales Attribut Eine Attributbezeichnung in der Pluralform zeigt an, dass dieses Attribut je Datensatz mehrere Werte haben kann (z. B. Funktionstypen bei einem Beteiligten). | Attribut et source: Description de l'attribut et indications sur la provenance: F: choisi à partir d'un autre objet d'information, p.ex. clé d'un objet d'information général (chiffres 14 et 15) C: choisi à partir d'une liste de codes (chiffre 16) P: choisi à partir de la table «propriétaires» (chiffre 17) T: choisi à partir d'un catalogue de textes prédéfinis (chiffre 18) S: créé automatiquement par le système de gestion de banque de données [vide]: attribut local indépendant des autres objets d'information Une désignation d'attributs au pluriel indique que cet attribut peut prendre plusieurs valeurs par enregistrement (p. ex. type de fonctions d'un intervenant). |

Abb.46 Klassifizierung von Attributen und Hinweise zur Herkunft in VSS-40940 [5], S. 13

Da auch in diesen Kategorisierungen ein Teil der Semantik der einzelnen Attribute enthalten ist, wurden diese Informationen in die Ontologie übernommen.

```
### http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#GenerellesAttribut
vss:GenerellesAttribut rdf:type owl:Class .

### http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#ZeitlicheGueltigkeitAttribut
vss:ZeitlicheGueltigkeitAttribut rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf vss:GenerellesAttribut .

### http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#BeginnGueltigkeit
vss:BeginnGueltigkeit rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf vss:ZeitlicheGueltigkeitAttribut .
```

Abb.47 Generelle Attribute als owl:Class, Gruppierung mit rdfs:subClassOf

Auch die Abbildung der Klassifizierungen erfolgt als owl:Class und diese werden mit den Attributen (owl:ObjectProperty) der Informationsobjekt-Typen (owl:Class) verknüpft.

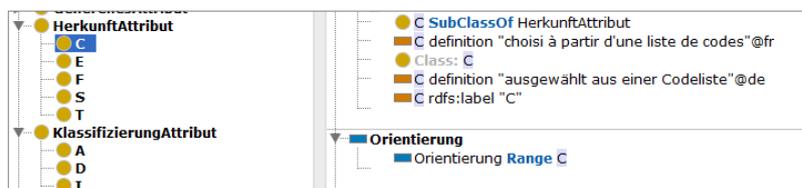


Abb.48 Darstellung der verschiedenen Attributklassen in Protégé

Beispielhaft wird dies anhand des Attributs "Lage-Code" einer "Achse" gezeigt:

| | | |
|----|--------------------------------------|---|
| I3 | Lage-Code <i>Code de position</i> | C Code für die Achslage bei richtungsgetrennten Fahrbahnen <i>Code de position des axes pour les routes avec sens de circulation séparés</i> |
|----|--------------------------------------|---|

Abb.49 Attributbeschreibung "Lage-Code" der "Achse" in Norm VSS-40941[2], S. 5

```
### http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#LageCode
vss:LageCode rdf:type owl:ObjectProperty ;
              rdfs:domain vss:Achse ;
              rdfs:range vss:I ,
                        vss:C ;
              rdfs:label "Code de position"@fr ,
                        "Lage-Code"@de ;
              skos:definition "Code de position des axes pour les routes avec sens de
                              circulation séparés"@fr ,
                              "Code für die Achslage bei richtungsgetretennten Fahrbahnen"@de .

[ rdf:type owl:Axiom ;
  owl:annotatedSource vss:LageCode ;
  owl:annotatedProperty rdfs:range ;
  owl:annotatedTarget vss:I ;
  rdfs:label "I3"
] .
```

Abb.50 Attribut Lage-Code einer Achse, bei dem es sich um das dritte Schlüssel-Attribut (I) in Form einer Codeliste © handelt

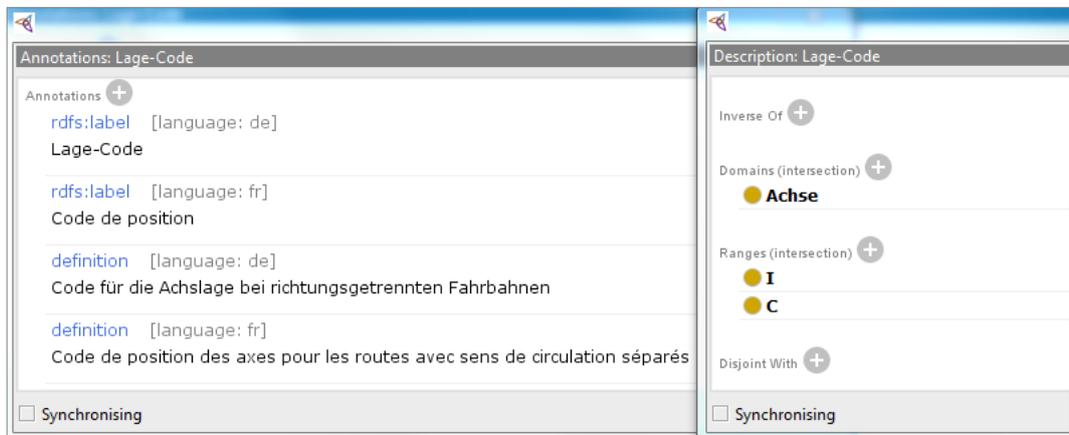


Abb.51 Darstellung des Attributs "Lage-Code" in Protégé

Beziehungen zwischen Informationsobjekt-Typen sind in der Norm aus den Diagrammen und dem Fliesstext zu entnehmen, bzw. wurden teilweise attributiv in die Beschreibungstabelle als Attribute vom Typ Fremdschlüssel (F) aufgenommen. In der Ontologie können diese nun strukturiert abgebildet werden. Auch sie werden mit Hilfe von owl:ObjectProperties repräsentiert. Das folgende Beispiel zeigt die Beschreibung der Verbindung zwischen Zeitreihen und Ganglinienart einerseits in der Norm und andererseits in der RDF-Ontologie:

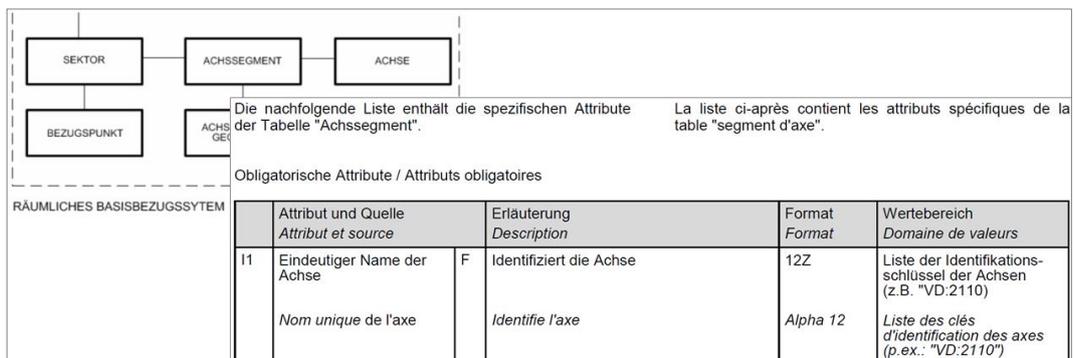


Abb.52 Informationen zur Beziehung zwischen "Achse" und "Achsegment" in Norm VSS-40941 [2]

```
### http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#AchseID
vss:AchseID rdf:type owl:ObjectProperty ;
            rdfs:domain :AchseSegment ;
            rdfs:range :Achse ;
            rdfs:label "AchseID"@de ,
                    "AxeID"@fr ;
            skos:definition "Eindeutiger Name der Achse"@de ,
                    "Nom unique de l'axe"@fr .
```

Abb.53 Beispielsyntax

Das Beispiel zeigt nur eine Möglichkeit wie die Inhalte der Strassendaten-Norm(en) in einer Ontologie abgebildet werden können. Mit Hilfe von Tripeln kann grundsätzlich ein beliebig verzweigtes Netz von Begriffen aufgebaut werden.

Jedes Element der der Ontologie ("RDF-Ressourcen") wird mit einem eindeutigen Bezeichner identifiziert (Uniform Resource Identifier (URI)). Die Form der URI entspricht meist einer Uniform Resource Locator (URL), diese müssen aber nicht zwangsläufig im Internet erreichbar sein. Mithilfe diesem Bezeichner können die Ontologie-Elemente z.B. auch wie in den vorherigen Beispielen im INTERLIS-Modell referenziert werden:

```
!!@rdf:resource = http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#Achse
CLASS Axis =

!!@rdf:resource = http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#Eigentuermer
Owner          : MANDATORY TEXT*12;
DatabaseId     : MANDATORY INTERLIS.UUIDOID;

!!@rdf:resource = http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#AchseName
AxisName       : MANDATORY TEXT*64;
AxisNameLong   : TEXT*256;
!!@rdf:resource = http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#LageCode
AxisPositionCode : MANDATORY AxisPositionCode;
AxisType       : MANDATORY AxisCatalogs_V1_1.AxisCatalogs.AxisTypeRef;
Status        : MANDATORY AxisCatalogs_V1_1.AxisCatalogs.AxisStatusRef;
Validity      : MANDATORY ObjectVersionInfo;

!!@rdf:resource = http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#AchseID
UNIQUE Owner, AxisName, AxisPositionCode;
END Axis;

!!@rdf:resource = http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#AchseSegment
CLASS AxisSegment =
Sequence      : MANDATORY 1 .. 10000 [Units.CountedObjects];
SegmentName   : MANDATORY TEXT*64;
Geometry      : MANDATORY AxisSegmentGeometry;
END AxisSegment;

!![...]

ASSOCIATION Axis_AxisSegment =
!!@rdf:resource = http://www.semanticweb.org/ems/ontologies/2018/6/SIS#AchseID
rAxisContainer -- {1} Axis;
rAxisSegment   -- {1..*} AxisSegment;
END Axis_AxisSegment;
```

Abb.54 Beispiel Syntax INTERLIS-Nutzung

8.2 Vorgehen Transformation und Lückenschliessung

Bei der Transformation von Daten wird im Idealfall versucht, ein gemeinsames Transformationsmodell zu definieren. Sender und Empfänger kennen in diesem Fall ihre eigenen Modelle und das Transformationsmodell und können so in eigener Verantwortung die Daten in dieses überführen oder von diesem übernehmen.

Dieser Idealfall trifft aber nicht immer zu. In diesem Fall müssen Lücken bzw. Differenzen zuverlässig erkannt werden. Im vorliegenden Beispiel soll das lineare Bezugssystem RBBS für eine BIM-Projektplattform zur Verfügung gestellt werden und umgekehrt.

Von buildingsmart publiziert ist das Konzept ifcAlignment. In der Dokumentation von buildingsmart wird darauf hingewiesen, dass sich das Konzept an der ISO 19148 hält. Die

Annahme für das vorliegende Beispiel ist, dass die wesentlichen Definitionen aus der ISO 19148 für das ifcAlignment übernommen und dort wo sinnvoll erweitert wurden.

Auf der anderen Seite haben wir das RBBS, welches in den VSS-Normen semantisch beschrieben ist.

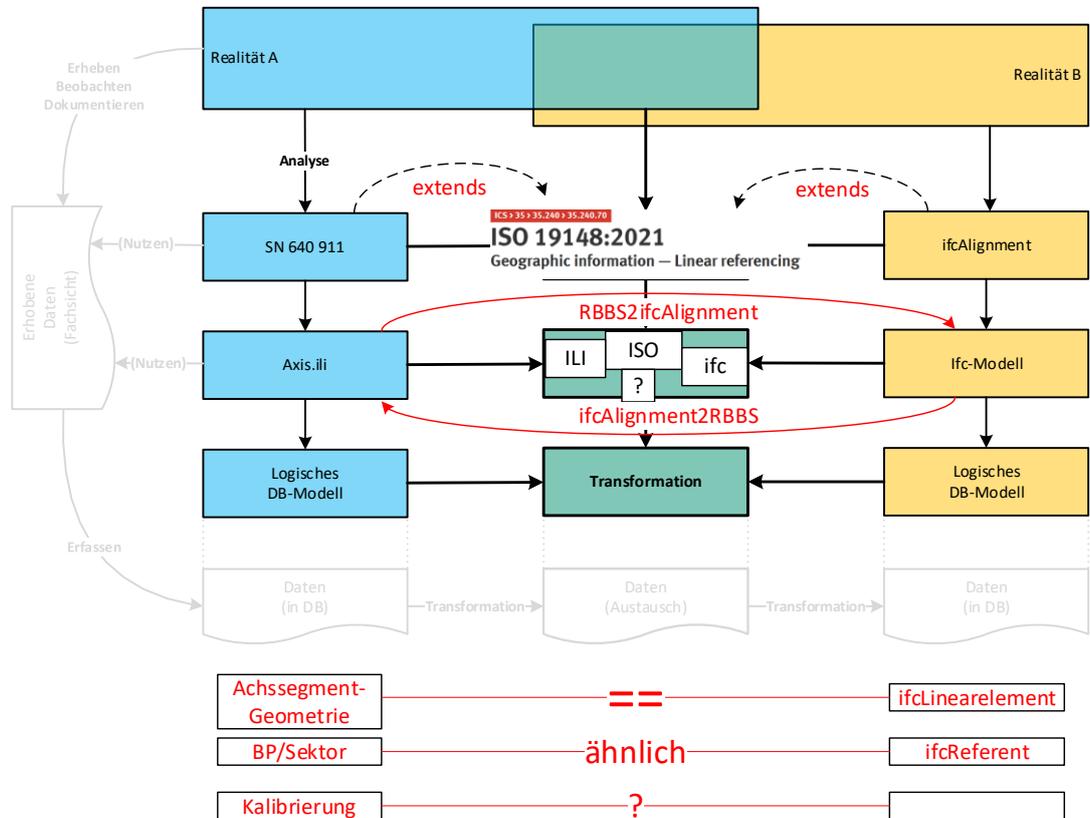


Abb.55 Verbinden von zwei Realitäten

Sowohl das RBBS- als auch das ifcAlignment-Konzept beinhalten fachspezifische Spezialitäten und Spezialitäten der Modellierung. Die Aufgabenstellung des Mappings wird hier vereinfacht, indem die ISO 19148 zur Hilfe genommen wird. Diese Norm beschreibt das lineare Referenzierungssystem in einer sehr allgemein gültigen, generischen Form.

8.2.1 Transformation der Semantik

Bei der Transformation der Semantik gilt es in einem ersten Schritt herauszufinden, ob eine Gemeinsamkeit besteht und wo genau die Unterschiede liegen. Die Nutzung von linked data und RDF helfen dabei, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu finden.

Die Validierung erfolgt in folgenden Schritten (am Beispiel Achssegment):

- Über linked data (rote Linien) wird ausgehend von der Klasse "AxisSegment" die entsprechende Definition im RDF-Repository gefunden.
- Über im RDF abgebildete Beziehungen (schwarze Linien) wird die Beziehung zu "Linear element" gemäss der Norm ISO 19148 gefunden
- ifcAlignment referenziert in seiner Dokumentation die ISO 19148 als Grundlage für das lineare Bezugssystem
- In der ISO 19148 ist die Semantik des "Linear element" beschrieben und eine entsprechende Datenklasse ist ebenfalls definiert.

- In ifcAlignment werden im Modell die identischen Namen verwendet wie im Datenmodell von ISO 19148, damit ist die Vermutung naheliegend, dass dessen Inhalte auch der Definition gemäss ISO entsprechen
- Aufgrund dieser Analysen lässt sich nun der Zusammenhang zwischen RBBS::AxisSegment und ifcAlignment::ifcLinearElement nachweisen

Im Beispiel der Abbildung wird die Verbindung der mit der grünen Linie verbundenen Elemente gesucht. Die roten Verbindungslinien sind Beziehungen des konzeptuellen Modells in ein entsprechendes RDF-Schema. Die schwarzen Linien repräsentieren die Verbindung über linked data.

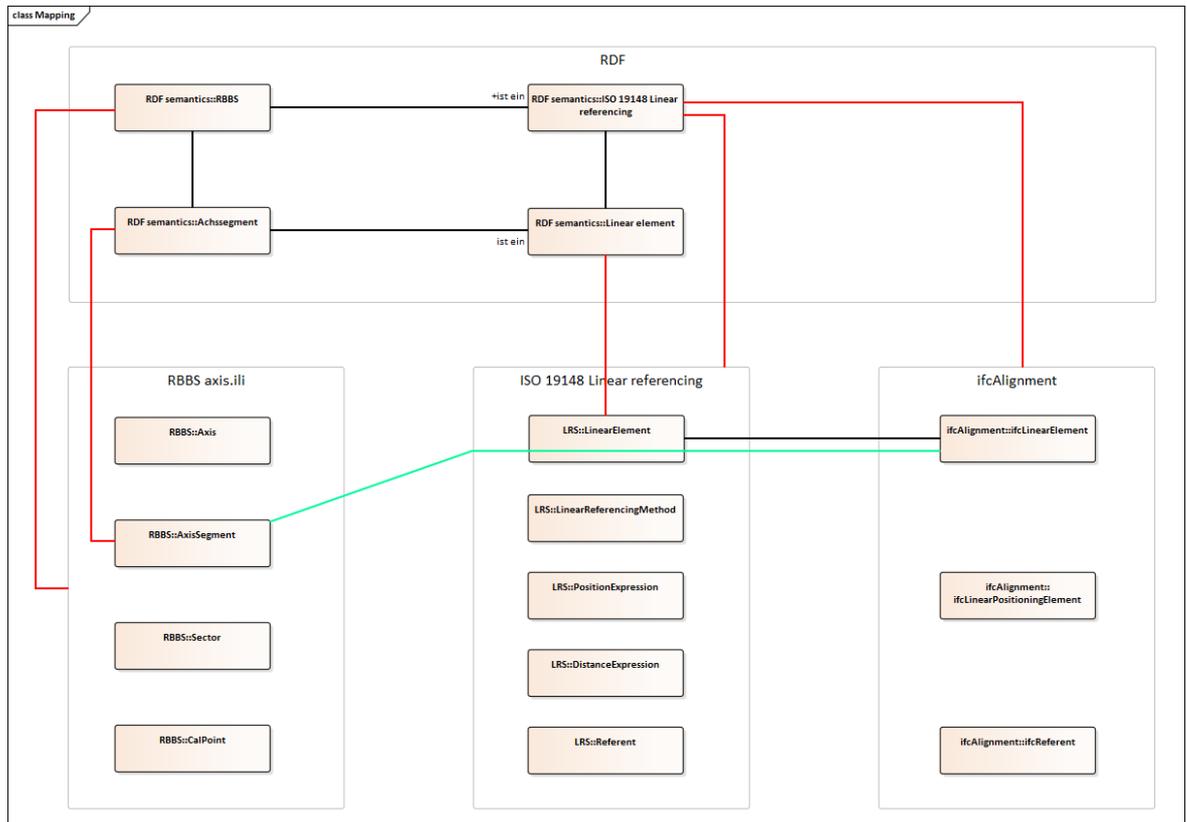


Abb.56 Verbinden der Semantik aus unterschiedlichen Realitäten

Wenn alle Beteiligten ihre Modelle in einem RDF-Repository beschreiben die Bestandteile entweder innerhalb des RDF oder über linked data miteinander verknüpfen, so lassen sich diese Zusammenhänge auch in maschinenlesbarer Form unter Anwendung einer Abfragesprache (z.B. SPARQL) herleiten.

Die Beziehungen sind in der Regel mehrdeutig. Es entsteht ein ganzes Netzwerk von Beziehungen und Abhängigkeiten. Es ist deshalb wichtig, dass analog einem Routingalgorithmus, den kürzesten Weg zu finden. Weiter ist es wichtig, die Eigenschaften auf dem Weg zu interpretieren (SubclassOf, Label, etc.)

8.2.2 Identifikation der Lücken

Die Kombination von linked data und RDF ermöglicht, zusammenhängende Inhalte abzufragen. Im konkreten Beispiel werden bei der Interpretation der Modelle und der dazugehörigen semantischen Beschreibung folgende Elemente gefunden.

- Übereinstimmende Elemente:
AxisSegment = ifcLinearElement
- Lücken:
Keine Übereinstimmung für Axis bei ifcAlignment

Längeneinheit auf ifcLinearElement explizit definiert, beim RBBS nur implizit
Unterschiede bei einzelnen Attributen
Keine lineare Ausdehnung des Sektors in ifcAlignment

- Ähnliche Elemente:
Eine Ausprägung des ifcReferent entspricht von der Bedeutung her dem Anfang eines Bezugspunkts

Für den konkreten Austausch bedeutet dies zu entscheiden, ob die Lücken im konkreten Fall überhaupt von Bedeutung sind. Falls ja, sind diese zu schliessen, so dass ein gemeinsames Verständnis des Inhalts erreicht werden kann.

8.2.3 Schliessen der Lücken

Semantische Ebene

Fehlende oder abweichenden Definitionen sind zu dokumentieren. Dort wo durch ein Regelwerk eine Übersetzung möglich ist, ist diese ebenfalls zu dokumentieren.

Konzeptuelle Ebene

Die konzeptuelle Ebene ist im Transfermodell die wichtigste Grundlage für das Austauschmodell. Damit der Datenaustausch funktioniert, muss deshalb ein möglichst gemeinsames Modell existieren.

Die Anpassungen zur Lückenschliessung können unterschiedlich erfolgen:

- Spezialisierung/Aggregation einer bestehenden Klasse: Hier wird eine bestehende Klasse aus Kompatibilitätsgründe spezialisiert, so dass spezifische Eigenschaften der Klasse mit abgebildet werden können. Umgekehrt kann eine Klasse auch aggregiert werden, wenn eine weniger detaillierte Sicht benötigt wird. Zwischen dem lokalen Modell und dem Transfermodell muss auf jeden Fall beschrieben werden, welche Inhalte in welcher Form spezialisiert oder aggregiert werden (z.B. Aggregation von Codelisten).
- Neue Klasse: es kann nötig sein, dass für das Transfermodell eine neue Klasse erstellt werden muss. Bei der Erstellung der neuen Klasse ist es zwingend, dass mit dem Transferpartner eine gemeinsame semantische Beschreibung genutzt wird, so dass nicht neue Abweichungen provoziert werden können.

Logische Ebene

Die Lückenschliessung auf der logischen Ebene muss der konzeptuellen Ebene folgen. Dies ist manuell durch Interpretation der jeweiligen Beschreibungen möglich.

8.3 Werkzeuge für semantische Beschreibung

Die grösste Freiheit für die semantische Beschreibung wird durch die Nutzung von Fliesstext, Tabellen und Abbildungen erreicht. Diese Freiheit geht allerdings auf Kosten der übergeordneten Nutzbarkeit der so erzeugten Resultate. Die so beschriebenen Inhalte sind nicht maschinenlesbar und erfüllen deshalb eine der wesentlichen Anforderungen nicht. Auch ist die Konsistenzerhaltung über alle semantischen Beschreibungen hinweg praktisch unmöglich.

Für den Aufbau eines gemeinsamen, semantischen Glossars, welches übergeordnet konsistent gehalten und dessen Inhalt einfach in Modellbeschreibungen und Datentransfers genutzt werden kann, soll deshalb eine einfach und klar strukturierte Datenbank genutzt werden, welche einen Aufbau der Semantik gemäss RDF ermöglicht.

8.3.1 Anforderungen an das Werkzeug

Die Anforderungen an ein Werkzeug müssen aus verschiedenen Anspruchsgruppen betrachtet werden: die Anspruchsgruppe, welche die Semantik festlegt (standardisiert), hat Anforderungen an den Aufbau und die Pflege der Ontologien. Die Anspruchsgruppe, welche die Semantik in der Modellierung anwenden will, hat Anforderungen an die Nutzung des Inhalts.

Anspruchsgruppe Semantikfestlegung

- Abbildung der Semantik in strukturierter Form (Begriffsdefinitionen, Herstellung von Beziehungen zwischen Begriffen, Kategorisierung von Eigenschaften, Abbildung von Mehrsprachigkeit etc.)
- Verwalten des Inhalts in mehreren Sprachen
- Möglichkeiten zur Analyse der Konsistenz von Inhalten (z.B. Redundanzen in der Begriffsverwendung)

Anspruchsgruppe Anwender Inhalt

- Einfache Recherche von Begriffen
- Hochwertige Recherchen zur Analyse des Kontexts
- Verbindung des eigenen Modells mit Links in den Inhalt der Ontologie
- Stabile ID's der Einträge zur uneindeutigen Verlinkung

8.3.2 Produkte

Für die Beschreibung der Semantik gemäss RDF gibt es eine Vielzahl von Produkten. Im Forschungsauftrag angewendet wurden die folgenden:

- Enterprise Architect von Sparx Systems: Umfassendes Modellierungswerkzeug mit diversen Erweiterungen, auch für die RDF-Modellierung gut einsetzbar, <https://sparxsystems.com>
- Protégé von Stanford Center for Biomedical Informatics Research at the Stanford University School of Medicine: frei verfügbares Tool für den Aufbau einer Ontologie, mit RDF kompatibel, <https://protege.stanford.edu/>

8.4 Fazit Validierung

Die Verbindung der Modellierungsebenen über ein gemeinsames Vokabular kann ausgehend vom konzeptionellen Datenmodell sehr einfach hergestellt werden. Die Verbindung erfolgt durch Referenzierung der entsprechenden Informationsquellen mit einer Ergänzung in Form eines Kommentars. Damit bekommt der Anwender des Modells zusätzliche Informationen für die korrekte Interpretation.

Die Nutzung von RDF ermöglicht es, die semantische Ebene in stark strukturierter Form zu beschreiben. In dieser Form können einzelne Bausteine zusammengesetzt und beispielsweise die Datenkataloge beschrieben werden. Die Nutzung von RDF kann sowohl für Raum-, Zeit- und Fachaspekte genutzt werden. Die im Fokus stehenden Normen und Datenkataloge von Strasseninformationssystemen lassen sich einfach in ein RDF übersetzen.

Unter der Voraussetzung, dass die semantischen Beschreibungen im RDF vorliegen und die Modelle respektive Daten mit diesen Beschreibungen verknüpft werden, können Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Realitätsbeschreibungen gefunden werden. Bei den Unterschieden (Ähnlichkeiten und Lücken) wird erkennbar, welche Elemente im eigenen Modell ergänzt oder abgeändert werden müssen, damit ein gemeinsames Transfermodell entsteht. Damit wird die eigentliche, die Semantik erhaltende Transformation ermöglicht und festgelegt. Schlussendlich wird eine gemeinsame Semantik benötigt, damit ein verlustfreier Transfer überhaupt möglich ist.

Durch die Nutzung einer stark strukturierten Sprache für die semantische Beschreibung und durch das Bewusstsein, dass in einem konzeptuellen Datenmodell ebenfalls eine Semantik drinsteckt, verwischen sich die Grenzen zwischen den Modellierungsebenen. Nicht verwischt wird jedoch die Bedeutung der einzelnen Ebenen.

Eine noch so vollständige semantische Beschreibung verhindert nicht, dass der Anwender die Daten frei interpretiert oder die Inhalte anders als gedacht verwendet. Die Nutzung von RDF hilft jedoch, diese Fehlinterpretationen zu reduzieren, v.a. wenn man die Interpretation dem System überlässt und nicht dem Menschen. In der Abstimmung mit buildingsmart und der Anwendung von ifcAlignment wurde zum Beispiel erkannt, dass ifcAlignment zwar die ISO 19148 explizit erwähnt und dass dieses Konzept des linearen Bezugssystems angewendet wird. Zudem sind einige Klassennamen im ifcAlignment identisch mit den Klassennamen der ISO 19148. Trotzdem ist die Anwendung nicht vollständig identisch sondern nur ähnlich.

9 Umsetzungsempfehlungen

Die Forschungsarbeit zeigt auf, dass als wesentliche Voraussetzung der Semantikerhaltung beim Datenaustausch und der Transformation die Zugänglichkeit zur Beschreibung sichergestellt werden muss. Ein zweiter Aspekt ist, dass die Beschreibungen strukturiert in maschinenlesbarer Form vorliegen sollten, damit sie durch die nutzenden Anwendungen einfach integriert werden können. Der dritte wesentliche Aspekt ist, dass die semantische Beschreibung erst im Kontext des Prozesses vollständig ist und deshalb die Prozessbeschreibung (wie ist der Dateninhalt entstanden) ein wesentlicher Teil der semantischen Beschreibung ist. Die in den Prozessbeschreibungen verwendeten Begriffe und Prozessobjekte sind wie auch die Inhalte der Fachdatenkataloge und der konzeptuellen Datenmodelle mit einer übergeordneten Ontologie zu verknüpfen.

9.1 Erweiterung der SIS-Normen

Erweiterung der Normen mit Prozessbeschreibungen

Die Prozesse zur Erzeugung und Nutzung der Daten betten die Daten in den Kontext ihrer Realität ein. Da der betrachtete Realitätsausschnitt einen wesentlichen Anteil an der Semantik der Daten enthält, sind die SIS-Normen mit diesem Kontext, also den Fachprozessen, welche die Daten nutzen oder erzeugen, zu ergänzen.

Ergänzend zu den VSS-Datenkatalogen sind die Prozesse zur Erzeugung und Nutzung dieser Daten zu beschreiben. Die Beschreibung der Prozesse sollen gemäss eCH erfolgen.

Der Nutzen davon ist, dass die Interpretation der Daten erleichtert wird.

Schaffung von hochstrukturierten Ergänzungen zu den VSS-Normen

Die meisten SIS-Datenkataloge sind bereits stark systematisch aufgebaut, jedoch nicht maschinenlesbar. Sie sind in der Grundnorm sind dafür die entsprechenden Regeln definiert. Die Beschreibung erfolgt jedoch in Form von Dokumenten und nicht in Form von Daten.

In der Validierung wurde nachgewiesen, dass sich die in den SIS-Normen und Datenkatalogen strukturierten Informationen gut in ein RDF-Format übertragen lassen. Dies ist sowohl für die Regeln (z.B. Definition eines konzeptionellen Schlüssels) als auch die Inhalte (Beschreibung eines Objekttyps im Fachdatenkatalog) möglich.

Durch die Bereitstellung dieser Inhalte über ein RDF-Repository wird die Referenzierung einfach möglich. Jede Definition enthält so eine eindeutige Adresse.

Durch die hoch strukturierte Form wird es möglich, die Semantik der Normen in einer einfach maschinenlesbaren Form zur Verfügung zu stellen. Der Nutzen besteht darin, dass dadurch die Inhalte von Daten schneller und eindeutiger interpretiert werden können. Zudem ist es denkbar, dass so Verarbeitungen an Daten (z.B. Transformationen) automatisiert erfolgen können.

Ein weiterer Nutzen besteht darin, dass mit einem übergeordneten RDF-Repository eine die einzelnen Normen übergreifende, redundanzfreie konsistente Ontologie bereitgestellt werden kann.

Eine langfristige Pflege des RDF-Repository ist sicher zu stellen, indem die Nachführung davon fester Bestandteil bei Überarbeitungen von Normen wird.

9.2 Inhalte der Normen zugänglich machen

Die VSS-Normen können gekauft werden. Dadurch stehen sie dem Käufer zur Nutzung zur Verfügung. Jedoch ist der Käufer nicht zwingend auch der Anwender des Inhalts. Das bedeutet, dass Anwender des Inhalts die entsprechenden Normen kaufen müssen, um die Semantik zu erhalten. Im Zuge der heutigen Trends, Daten im Allgemeinen oder öffentlichen Interesse auch öffentlich zugänglich zu machen, scheint der Verkauf von Normenwerken als solches nicht mehr zeitgemäss.

Es sollen deshalb zumindest die semantisch wichtigsten Elemente besser und einfacher zugänglich gemacht werden.

Publikation Begriffsdefinitionen in einem Terminologiespeicher

In sämtlichen Normen werden Begriffe definiert. Ein übergeordnetes Glossar, welches laufend nachgeführt wird, existiert jedoch nicht. Für einen potenziellen Anwender der VSS-Normen und Datenkataloge ist es deshalb schwierig, mögliche Grundlagen einfach und schnell aufzufinden.

Für die Publikation sämtlicher Begriffe aus den VSS-Normen schlagen wir vor, diese über einen Terminologiespeicher zu publizieren. Der Terminologiespeicher soll

- frei zugänglich,
- einfach aufgebaut,
- und mindestens in den Sprachen deutsch und französisch verfügbar sein.

Der Nutzen eines solchen Terminologiespeichers besteht darin, dass die von der VSS definierten Begriffe korrekt angewendet werden können und dass die Anwender die Quelle direkt referenzieren können.

Beispiele für Terminologiespeicher sind der Terminologiespeicher TERMDAT (<https://www.termdat.bk.admin.ch/>) der Bundesverwaltungen oder des VSA (<https://www.vsa.ch/nc/glossar/>).

Publikation der VSS-Normen und Datenkataloge in einem (öffentlich) zugänglichen RDF-Schema

Die in ein RDF-Schema übernommenen Inhalte können über ein (öffentlich) zugängliches Portal zugänglich gemacht werden. In Analogie zur Publikation der Begriffe in einem Terminologiespeicher ist es sowohl möglich, ein eigenes RDF-Repository oder ein Repository Dritter zu verwenden.

Mit der Publikation der Inhalte der Normen in einem RDF-Repository wird es für die Anwender möglich, diese Inhalte auf jeder Detaillierungsstufe zu referenzieren. Der Anwender kann zudem diese Inhalte weiter detaillieren oder neue, auf den bestehenden Definitionen aufbauende Inhalte ergänzen.

Die in das RDF-Schema übersetzten Inhalte der VSS-Normen sollen publiziert werden. Dafür muss der VSS entweder ein eigenes Portal betreiben oder er publiziert die Inhalte über eine geeignete Open-Plattform (z.B. <https://schema.org/>). Bei der Nutzung einer öffentlichen Plattform werden die Inhalte in der Regel auch frei zugänglich sein. Bei der Nutzung einer eigenen Plattform, sind Zugangsbeschränkungen möglich, so dass der Zugang zum Beispiel explizit den Abonnenten der VSS-Norm ermöglicht werden kann.

9.3 **Aufbau Ontologie-Team**

Ein durch Experten gebildetes Ontologie-Team soll dafür verantwortlich sein, den Inhalt des geplanten RDF-Repository aktuell zu pflegen. Inputs für die Nachführung kommen aus den Tätigkeiten der NFK, den Normierungen und den praktischen Umsetzungen.

Durch die zentrale Pflege wird sichergestellt, dass die Inhalte konsistent und aktuell erhalten bleiben.

Die Zusammensetzung des Ontologie-Teams sollte sich an den Normierungs- und Fachkommissionen (NFK) orientieren, wo Vertreter der öffentlichen Hand, der Hochschulen und aus der Privatwirtschaft bereits heute zusammenarbeiten.

10 Normentwurf

Die vorliegenden Resultate führen nicht zu einer neuen Norm, sie bewirken aber eine Erweiterung der bestehenden Normen und Datenkataloge.

In der Norm VSS-40 910 Strasseninformationssystem Grundlagen, soll ein zusätzliches Kapitel Modellierung ergänzt werden. In diesem Kapitel werden die Modellierungsebenen definiert. Für die Modellierungsebenen sind für die semantische und konzeptuelle Ebene die Methoden und Produkte zu definieren.

In den weiteren Normen und insbesondere den Datenkatalogen ist bei der nächsten Überarbeitung zu prüfen, ob der Kontext des Inhalts definiert ist. Bei Bedarf muss dieser noch ergänzt werden (Beschreibung des Kontexts in Form einer Prozessbeschreibung).

Die Umsetzung der Publikation in einem RDF-Repository ist in einem Handbuch für die zuständige Kommission aufzubereiten.

Anhänge

| | | |
|---|--|------------|
| I | RDF-Grafen aus Fallbeispielen | 102 |
|---|--|------------|

I RDF-Grafen aus Fallbeispielen

Als Fallbeispiel wurde eine Verknüpfung der VSS-Norm mit der ISO19148-Norm getestet. Dafür wurde eine beispielhafte Ontologie mit ihren Klassen, Eigenschaften und Axiomen für beide Normen in Protegé aufgebaut. Zur Modellierung wurden unter anderem die Standard-Vokabulare des RDF-Schemas, OWL (Web Ontology Language) sowie SKOS (Simple Knowledge Organization System) zur genaueren Beschreibung der Klassen verwendet. Beispielhafte IRI's (Internationalized Resource Identifier) und die dazugehörigen Präfixe "vss" und "iso" wurden definiert um die jeweilige Norm anzusprechen und verlinken zu können. Die Ontologien liegen lokal vor, lassen sich aber auf einem RDF-Repository veröffentlichen.

```
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix vss: <http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix skos: <http://www.w3.org/2008/05/skos#> .
@base <http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss> .

<http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss> rdf:type owl:Ontology ;
rdfs:comment "Ontologie der RBBS"@de ;
rdfs:label <http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss> ,
"VSS Linearer Raumbezug"@de ;
owl:versionInfo 0.1 ;
skos:definition "Diese Norm gilt für alle Strassen, deren Daten in
Strasseninformationssystemen
gemäss SN 640910 \"Strasseninformatoinssystem\"
zu verwalten sind"@de .
```

Abb. 57: Beispielsyntax VSS-Ontologie – IRI und Präfixe

Um eine Transformation zwischen beiden Ontologien zu ermöglichen, wurde für die Klassen, welche übereinstimmen das Vokabular um die Typen "vss2iso" und "vss2iso_explanation" erweitert. Dort ist festzuhalten, dass sich diese Elemente in die jeweils andere Ontologie überführen lassen, inklusive einer Beschreibung, um Ausnahmen etc. festzuhalten. Durch diese Verlinkung (linked data) wird gezeigt, dass sich diese Elemente beider Normen ähneln oder auch entsprechen. Auch nicht verlinkbare Elemente werden auf diese Weise identifiziert. Die Grundlage für mögliche übereinstimmende Elemente wurden die Erkenntnisse aus Kapitel 8.2. verwendet. Die Verknüpfung der einzelnen Klassen der beiden Ontologien ist in Abbildung 59 zu sehen.

```
### http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss#vss2iso
vss:vss2iso rdf:type owl:AnnotationProperty .

### http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss#vss2iso_explanation
vss:vss2iso_explanation rdf:type owl:AnnotationProperty .
```

Abb. 58: Beispielsyntax VSS-Ontologie. Ergänzte Eigenschaften zur möglichen Transformation von Normen.

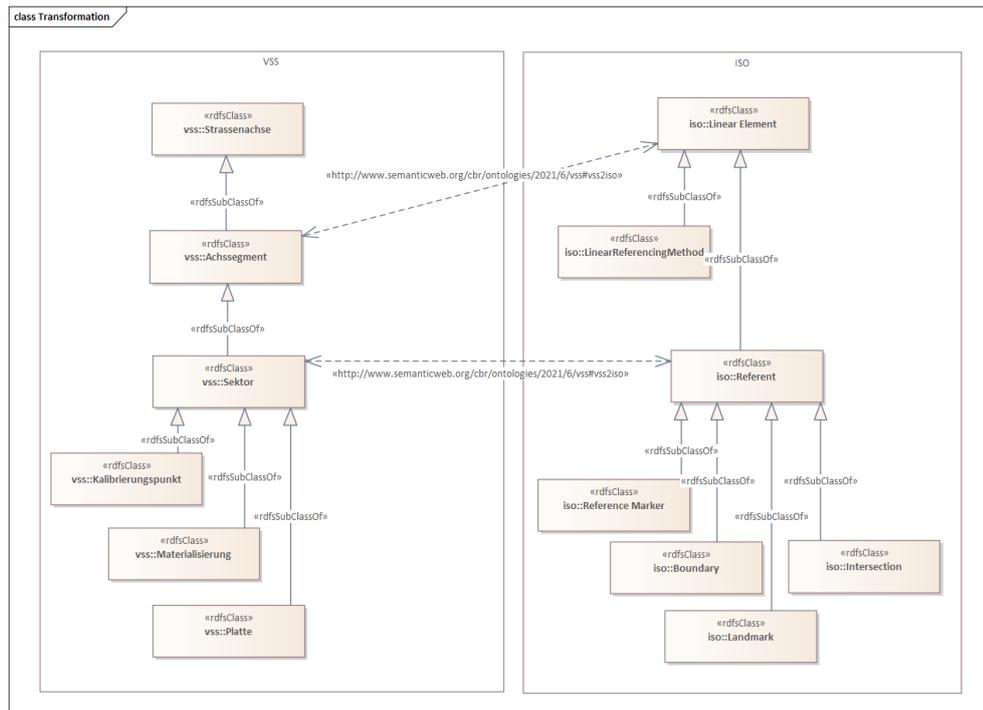


Abb. 59: Möglichkeit der Verknüpfung zweier Normen mithilfe einer neu definierten Ontologie

Der Aufbau der übergeordneten Klassen der VSS-Ontologie entspricht der, die in Abbildung 56 zu sehen ist. Die Klasse "Axis" ist das übergeordnete Element, welches sich aus Achssegmenten ("Axis Segment") zusammensetzt. Diese Segmente sind wiederum in Sektoren "unterteilt", welche drei Unterklassen besitzen: Materialisierung, Schild und Kalibrierungspunkt. Alle Klassen besitzen erforderliche Eigenschaften, welche für ihre Beschreibung nötig sind und Objekt-Eigenschaften, um die Beziehung zwischen den Klassen zu definieren.

Folgende Abbildung zeigt beispielhaft für die Klasse Sektor die Modellierung in Turtle-Syntax welche sowohl menschen- als auch maschinenlesbar ist: Ein Achssegment besteht aus Sektoren und es besteht eine Ähnlichkeit zur Klasse Referent zur ISO-Norm. Die Verknüpfung ist in "vss2iso_explanation" beschrieben. Ausserdem wird das Element genau definiert und dessen Name in deutscher und englischer Version aufgelistet.

```
### http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss#Sektor
vss:Sektor rdfs:type owl:Class ;
  rdfs:subClassOf vss:Achse ;
  vss:vss2iso <http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/iso/Referent> ;
  vss:vss2iso_explanation "Das Element Sektor der VSS Norm entspricht nach der Definition ISO 19148 dem
  "Reference Marker". Dadurch kann dieses der Norm entsprechen
  transformiert werden." ;
  rdfs:isDefinedBy <http://www.semanticweb.org/cbr/ontologies/2021/6/vss> ;
  rdfs:label "Sektor"@en ,
  "Sektor"@de ;
  skos:definition ""Ein Achssegment wird in eine Folge von Sektoren unterteilt. Die Sektoren dienen
  dabei als Masstab für den Raumbezug. Ihre Länge muss bekannt sein.
  Der Beginn jedes Sektors ist durch einen Bezugspunkt BP definiert.
  Ein Bezugspunkt ist ein logisches Element. Er kann materialisiert werden.""@de .
```

Abb. 60: Beispielsyntax für die Modellierung der Klasse Sektor mit der Verknüpfung über "vss2iso" zur ISO-Norm

Die modellierte VSS-Ontologie lässt sich als Graph darstellen:

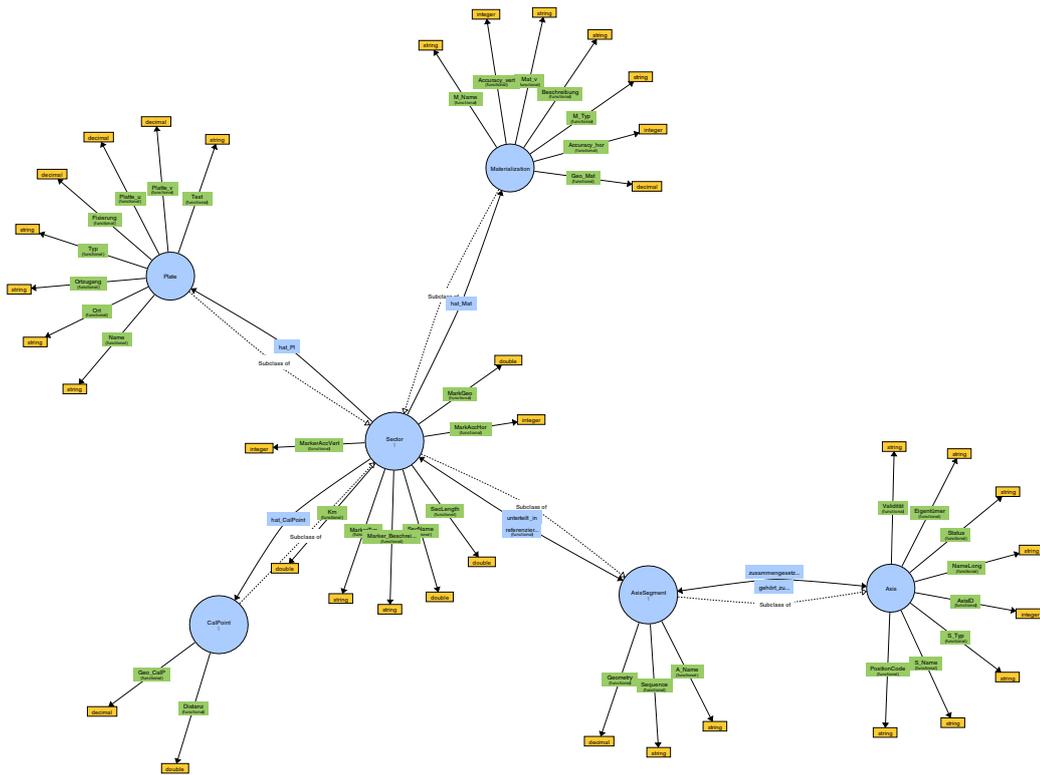


Abb. 61: Visualisierung einer möglichen Ontologie der VSS Norm

Für die Modellierung der ISO19148-Ontologie wurden dieselben Überlegungen durchgeführt. Es wurden nur die für dieses Fallbeispiele relevanten Klassen und keine Klassen, die auf andere Normen referenzieren, visualisiert. Das Hauptelement bildet das "Linear Element" welche eine Lineare Referenzierungsmethode (LRM) und einen "Referent" besitzt. Ein Referent kann wiederum aus einem Referenz-Marker, einer Grenze, einer Kreuzung oder einem Orientierungspunkt bestehen. Der Graph ist in folgender Abbildung dargestellt:

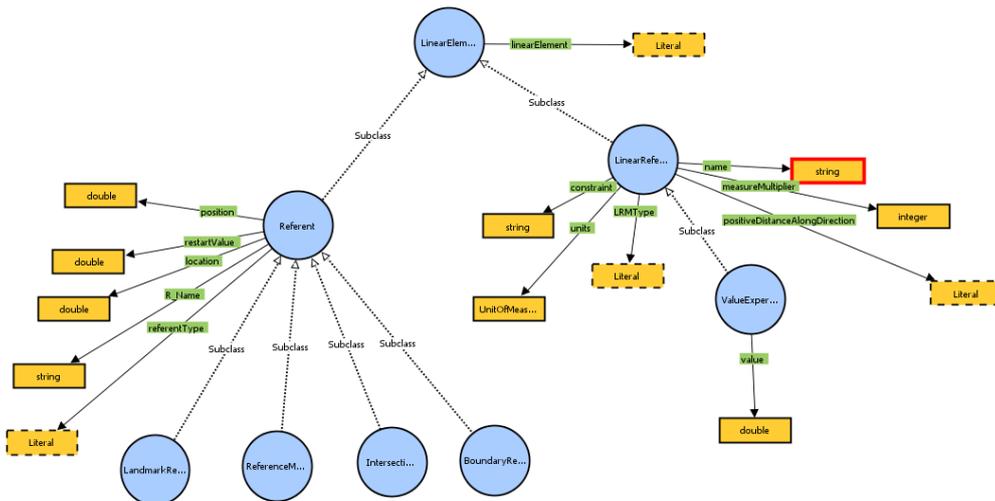


Abb. 62: Visualisierung einer möglichen Ontologie der ISO19148 Norm

Glossar

| Begriff | Bedeutung |
|-----------|---|
| ADABAS | Adaptable Database System |
| AMF | Action Message Format |
| AP | Arbeitspaket |
| API | Application Programming Interface |
| ARE | Bundesamt für Raumentwicklung |
| ASB | Anweisung Strassendatenbank (DE) |
| ASTRA | Bundesamt für Strassen |
| ASTRA-DWH | ASTRA Data Warehouse |
| AV | Amtliche Vermessung |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| BK | Begleitkommission |
| BPMN | Business Process Modeling Language |
| CHBase | Basismodule des Bundes für minimale Geodatenmodelle (INTERLIS-2) |
| CSV | Comma Separated Values |
| CSW | Catalogue Service for the Web |
| DB | Datenbank |
| DfA | Datenbank der festen Anlagen (SBB) |
| DTV | Durchschnittlicher Täglicher Verkehr |
| eCH | Schweizer Verein der Standards im Bereich E-Government fördert, entwickelt und verabschiedet |
| e-geo | Programm von Bund, Kantonen und weiteren öffentlichen und privaten Stakeholdern im Geoinformationsbereich mit dem Ziel eine Nationale Geodaten-Infrastruktur aufzubauen (2003-2016) |
| EMF | Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen |
| EMK | Erhaltungsmanagement der Kunstbauten |
| EMT | Erhaltungsmanagement der technischen Anlagen |
| EP4 | ?? |
| FäG | Fahrzeugähnliche Geräte |
| GeoIG | Geoinformationsgesetz |
| GeoIV | Geoinformationsverordnung |
| GeoIV-ID | Identifikator von Geobasisdaten des Bundesrechts gemäss GeoIV, Anhang 1 |
| GIS | Geographisches Informationssystem |
| GM03 | Schweizer Metadatenmodell für Geodaten |
| GML | Geography Markup Language |
| ID | Identifikator |
| INA | Integrierte Applikationen |
| INSPIRE | EU-Richtlinie zum Aufbau einer Europäischen Geodateninfrastruktur (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) |
| INTERLIS | Modellbasierte Datenbeschreibungssprache und Transferformat für Geodaten |
| ISO | Internationale Organisation für Normung (International Organization for Standardization) |

| | |
|-------------|---|
| IRI | Internationalized Resource Identifier |
| IT | Informationstechnik |
| JSON | JavaScript Object Notation |
| JSON-LD | JSON for Linking Data |
| KML | Keyhole Markup Language |
| KMZ | datenkomprimierte KML-Datei im ZIP-Format |
| Logo | Strasseninformationssystem der Fa. Geologix |
| MDA | Model Driven Approach |
| MGDM | Minimales Geodatenmodell gemäss GeolG |
| MISTRA | Managementinformationssystem Strasse und Strassenverkehr |
| MISTRA-BS | MISTRA-Fachapplikation Basissystem |
| MISTRA-TRA | MISTRA-Fachapplikation Trasse |
| MISTRA-VMON | MISTRA-Fachapplikation Verkehrsmonitoring |
| NFK | Normierungs- und Forschungskommission VSS |
| OCL | Object Constraint Language |
| OGC | Open Geospatial Consortium |
| OKSTRA | Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen (DE) |
| OWL | Web Ontology Language |
| OWL-S | Web Ontology Language for Services |
| RBBS | Räumliches Basisbezugssystem |
| RDF | Ressource Description Framework |
| RDFS | Resource Description Framework Schema |
| REST | Representational State Transfer |
| SBB | Schweizerische Bundesbahnen |
| SIA | Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein |
| SIS | Strasseninformationssystem |
| SKOS | Simple Knowledge Organization System |
| SN | Schweizer Norm |
| SOAP | Netzwerkprotokoll Simple Object Access Protocol |
| SVT | Strassenverkehrstelematik |
| swissTLM3D | Grossmassstäbliches Topografisches Landschaftsmodell der Schweiz |
| TERMDAT | Terminologie-Datenbank der schweizerischen Bundesverwaltung |
| TLM | Topografisches Landschaftsmodell |
| UML | Unified Modeling Language |
| URI | Uniform Resource Identifier |
| UVEK | Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation |
| VM | Verkehrsmanagement |
| VM-CH | Verkehrsmanagement Schweiz |
| VRV | Verkehrsregelverordnung |
| VSA | Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute |
| VSS | Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute |
| W3C | World Wide Web Consortium |

| | |
|------|-----------------------------------|
| WFS | Web Feature Service |
| WMS | Web Map Service |
| WSDL | Web Services Description Language |
| WSML | Web Service Modeling Language |
| WSMO | Web Service Modeling Ontology |
| XML | Extensible Markup Language |
| XSD | XML Schema Definition |
| XTF | INTERLIS 2 Transferformat |

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), Bundesgesetz über Geoinformation (Geoinformationsgesetz, GeolG), SR 510.62, www.admin.ch

Schweizer Normen

- [2] VSS-40912: Strasseninformationssystem: Linearer Raumbezug. Räumliches Basis-Bezugssystem RBBS
- [3] VSS-40913: Strasseninformationssystem: Linearer Bezug. Achsgeometrien
- [4] VSS-40940: Norm Katalog für Strassendaten; Grundsätze
- [5] VSS-40940: Katalog für Strassendaten; Allgemeine Stammdaten

eCH-Standards

- [6] eCH-0031: INTERLIS-2-Referenzhandbuch
- [7] eCH-0036: Dokumentation für den XML-orientierten Datenaustausch
- [8] eCH-0117: Meta-Attribute für INTERLIS-Modelle
- [9] eCH-0118: GML-Kodierungsregeln für INTERLIS

Richtlinien des ASTRA

- [10] ASTRA 10001 Nationalstrassennetz als räumliches Basis-Bezugssystem RBBS (2017 V1.20)

Forschungsberichte VSS

- [11] VSS 2009/901 Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)
- [12] VSS 2007/902 Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik am Beispiel der Verkehrsdaten (MDAinSVT)
- [13] VSS 2001/701 Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen
- [14] VSS 1999/261 Architektur und Zeitaspekte von SVT-Daten
- [15] VSS 1999/249 Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB
- [16] VSS 2011/712 Bezugssysteme in Agglomerationen
- [17] VSS 2011/715 Raumbezug mit Streifenreferenzierung
- [18] VSS 2011/713 Transformationskonzepte zwischen Bezugssystemen
- [19] VSS 2011/716 Schnittstellen aus den Auswertungssystemen des Strasseninformationssystems
- [20] VSS 2011/711 Zeitaspekte und Historisierung

Andere

- [21] Beetz, J., Amann, J., Borrmann, A. (2018): Analyse von Einsatzmöglichkeiten von verbundenen Informationen (Linked Data) und Ontologien und damit befassten Technologien (Semantic Web) im Bereich des Straßenwesens. Kurzbericht der Forschungsergebnisse.
- [22] Busse J. et al. (2014): Was bedeutet eigentlich Ontologie?, Informatik Spektrum 37(4).
- [23] Reineke, D. (2018): ISO 26162 – Empfehlungen für die Erstellung von Terminologiedatenbanken und die Entwicklung von Terminologiemanagementsystemen, Universitas Mitteilungsblatt 4/18.
- [24] Schweizerische Bundeskanzlei, Sektion Terminologie (Hrsg.) (2018): TERMDAT-Leitfaden. Formale Regeln für die Eintragungserfassung.
- [25] Weidner B. (Hrsg.) (2014): OKSTRA® und seine Nachbarn – Untersuchungen zur Kopplung und Wiederverwendung von Datenaustauschstandards. Bericht zum gleichnamigen Forschungsvorhaben.

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: 16.7.2021

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2011/714

Projekttitel: Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP4: Bedingungen für die Semantik erhaltende Transformation

Enddatum: 31.08.2021

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Der Forschungsbericht dokumentiert die Ausgangslage, das Projekt und die heutige Situation betreffend Semantikerhaltung.

Das Projekt liefert alle Bausteine für die Beschreibung einer vollständigen Semantik des Inhalts von Strasseninformationssystemen. Zusätzlich zu den bereits etablierten Modellierungsebenen (semantische Ebene, konzeptuelle Ebene und logische Ebene) wird aufgeführt, dass der Kontext in Form einer Prozessbeschreibung die semantische Beschreibung komplettiert. Diese vollständige semantische Beschreibung ist über alle Datenverarbeitungsprozesse Datenerhebung, Datenerfassung, Datenaustausch und Datentransformation relevant. Die Methodik beschreibt, wie in allen Ebenen und Datenlebenszyklen die Beschreibung erfolgen soll.

Die konkrete Umsetzung erfolgt durch die Anwendung der Prinzipien der "Ontologie" und von "linked data". Gemäss diesen Prinzipien wird die Semantik als Ontologie stark strukturiert in Form eines RDF-Schemas aufgebaut. Die so definierte Semantik kann durch konzeptionelle Datenmodelle mit der Methodik von "linked data" referenziert werden. Damit lässt sich das konzeptionelle Modell um die semantische Beschreibung in strukturierter und maschinenlesbarer Form erweitern. Durch die Verbindung der Daten mit dem konzeptionellen Modell werden auch die Daten mit der semantischen Beschreibung verknüpft. Die Semantik kann so vollständig im Datenaustausch weitergegeben werden. Je nach Kontext sind nicht alle semantischen Aspekte von gleicher Bedeutung. Das Projektergebnis zeigt auf, wie mit Ähnlichkeiten und Lücken umgegangen werden kann.

Die Methodik wurde mit Hilfe einer praktischen Umsetzung überprüft. Dafür wurden die Inhalte von ausgewählten Normen in einem RDF-Schema erfasst und gezeigt, wie diese in der Datenmodellierung genutzt werden können.

Die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt tragen dazu bei, dass zukünftig richtig mit den Daten gearbeitet wird und weniger falsche Interpretationen der Informationen erfolgen. Die durch die Semantikerhaltung erreichte Qualität gilt sowohl bei der Nutzung einzelner Attribute als auch bei der Kombination der Attribute zu neuen Informationen.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Im Forschungsauftrag sind folgende Ziele formuliert und erreicht worden:

- Als Resultat der Forschungsarbeit wird eine Methodik für die möglichst semantisch vollständige Beschreibung von Datenaustauschmodellen im SIS zur Verfügung gestellt: Der Forschungsauftrag zeigt die Elemente für die vollständige semantische Beschreibung und wie diese übertragen werden kann. Dieses Ziel ist damit erreicht.
- Der Anwender der Methodik erhält ein Regelwerk, mit welchem er seine Modelle semantisch vollständig und konsistent erarbeiten kann. Der Forschungsauftrag zeigt auf, die wie heute bereits vorhandenen Normen in die Standards RDF und Semantic Web überführt werden können und wie diese Standards nutzbringend eingesetzt werden. Damit ist auch dieses Ziel erreicht.
- Mit der Anwendung der Methodik wird es ermöglicht, zusätzlich zu den Daten selbst, auch die Semantik der Daten zwischen den austauschenden Systemen zu übertragen. Der Forschungsauftrag zeigt auch dies auf und in der Validierung wird dies prototypisch umgesetzt.
- Die Ergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur digitalen Kontinuität der Daten eines SIS. Gemäss Forschungsstelle ist ein wichtiger Punkt für die Erfüllung dieses Ziels, dass die heute bestehenden Normen und Datenkataloge in strukturierter, digitalisierter und maschinenlesbarer Form bereitgestellt werden, damit dieses Ziel erreicht wird. Diese Aufgabe muss durch die VSS angegangen werden.

Folgerungen und Empfehlungen:

Aufgrund der Ergebnisse aus dem Forschungsauftrag empfiehlt die Forschungsstelle folgende Punkte:
Für eine vollständige Beschreibung der Semantik ist der Kontext von zentraler Bedeutung. Dieser Kontext soll in den bestehenden Normen und Fachdatenkatalogen in Form von Prozessbeschreibungen ergänzt werden.

Die Semantik ist in den bestehenden Normen bereits strukturiert in Textform beschrieben. Die Semantik soll in Form einer Ontologie nach dem gängigen Standard RDF stark strukturiert erfasst werden. Dadurch wird die Semantik zusätzlich maschinenlesbar und so im Datenaustausch zwischen Informationssystemen automatisiert nutzbar.

Die Zugänglichkeit der Normeninhalte soll in einer Form erfolgen, so dass sie von Informationssystemen, Daten, Datenmodellen und Dokumenten einfach referenziert werden können. Der Inhalt der Normen soll deshalb in strukturierter Form in einem RDF-Repository zugänglich gemacht werden.

Die Inhalte des RDF-Repository müssen aktuell gehalten werden. Diese Aufgabe kann die für die Normen und Datenkataloge zuständige übernehmen.

Publikationen:

[Empty box for publications]

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Koch

Vorname: Rainer

Amt, Firma, Institut: Rosenthaler + Partner AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Im Forschungsprojekt wurde eine Struktur entwickelt und aufgezeigt, deren "Komponenten" eine vollständige Beschreibung der Semantik ermöglichen und die deshalb eine Grundlage für eine Semantik erhaltende Transformation sind. Es sind dies Daten- und Prozessbeschreibung auf semantischer sowie konzeptueller Ebene. Es wird dargelegt, dass die Beschreibung der Daten oft vorhanden ist (semantisch und konzeptuell), dass aber oft eine Prozessbeschreibung fehlt. Die Prozessbeschreibung liefert eine wichtige Information zum Kontext der Daten, welcher für ein korrektes Verständnis der Semantik zentral ist. Es ist daher speziell darauf zu achten, neben den eigentlichen Daten immer auch die zugehörenden Prozesse zu beschreiben. Es wird postuliert, dass es ein "zentrales" Vokabular braucht, damit die verschiedenen Modellierungsebenen "zusammengehalten" werden können und damit auf den (Informations-)Schnittstellen zwischen den Prozessen eine gemeinsame Semantik gewährleistet werden kann. Es wird postuliert für dieses Vokabular das Konzept von RDF/OWL zu verwenden. In der Validierung werden 3 konkrete Konzepte aufgezeigt, wie eine Verknüpfung der konzeptuellen Modelle mit einer semantischen Beschreibung erfolgen kann (Interlis-Meta-Attribut mit Norm, Interlis-Meta-Attribute mit Begriffs-Datenbank, Interlis-Meta-Attribute mit RDF/OWL-Repository). Die Konzepte wurden prototypisch umgesetzt und zeigen die Möglichkeiten transparent und nachvollziehbar auf.

Umsetzung:

Der Forschungsbericht zeigt auf, dass das favorisierte Konzept mit RDF/OWL prinzipiell zielführend sein kann. Wie stark jedoch RDF/OWL in der Praxis tatsächlich verbreitet ist und wie gross das effektive Potenzial dieser Lösung ist, bleibt unklar. Im Kontext von BIM/buildingSmart sind Bestrebungen in dieselbe Richtung am Laufen. Für die Publikation der Ergebnisse wäre eine öffentlich zugängliche Plattform hilfreich.

weitergehender Forschungsbedarf:

Keiner

Einfluss auf Normenwerk:

Die Norm VSS-40 910 ist mit einem zusätzlichen Kapitel Modellierung zu ergänzen. Die SIS-Normen und VSS-Datenkataloge sind mit Prozessen zur Erzeugung und Nutzung der Daten zu erweitern.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Bolli

Vorname: Jean-Pierre

Amt, Firma, Institut: Techdata SA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission: