Berner Fachhochschule
Departement Wirtschaft

Definition eines Domänenmodells zur Modellierung von Planungsdaten für die Raumplanung

Durchgeführt am Bundesamt für Raumentwicklung

Bachelor-Thesis

eingereicht im Rahmen des Studienganges	**Bachelor of Science in Wirtschaftsinformatik**
Semester	**8. Semester**
Verfasser	**Deven Keshwala, Klasse 8o**
im Fachgebiet	**BTHW (Bachelor-Thesis)**
Auftraggeber	**Yves Maurer-Weisbrod, Bundesamt für Raumentwicklung, Sektionen Grundlagen & Bundesplanungen**
Erstgutachter / Erstgutachterin	**Prof. Dr. Patrizio Collovà**
Zweitgutachter / Zweitgutachterin	**Prof. Dr. Alessia Neuroni**
Ort / Datum des Einreichens	**Bern, 22.05.2020**

Management Summary

Im Rahmen der schweizerischen Raumplanung übernimmt der Bund verschiedene Planungs- sowie Abstimmungspflichten. Dabei hat das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) die Rolle als koordinierende Stelle inne. Mit dem Postulat 08.3017 Rechsteiner wurde die Frage nach einer multifunktionalen Nutzung der linearen Hauptverkehrsinfrastruktur aufgeworfen. Ziel dabei ist es, durch die Koordination von Infrastrukturprojekten deren Synergien zu nutzen. Um ein solches Vorhaben umzusetzen, benötigt es jedoch einen entsprechend hohen Koordinationsaufwand zwischen den involvierten Planungsstellen. Zusätzlich werden weiterführende Daten benötigt, die aktuell keiner gesetzlichen Grundlage unterliegen oder nicht Bestandteil der vorhandenen Planungsdokumente sind.

Hauptziel dieser Arbeit besteht darin ein Domänenmodell zu entwickeln. Es soll als Basis für die Datenerfassung sowie -verarbeitung dienen und ein Grundstein für die ämterübergreifende Zusammenarbeit legen. In diesem Zusammenhang soll das Domänenmodell ein effektives Werkzeug für das ARE bieten, um seine Koordinationsfunktion optimal wahrnehmen zu können. Im übergeordneten Kontext wird anhand der Arbeitsresultate folgende Fragestellung geklärt: "Welche Daten werden benötigt und wie können diese in einem Domänenmodell organisiert werden, um die Koordinationstätigkeiten des ARE als übergeordnete Stelle im Kontext der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur zu unterstützen?"

Bei der Entwicklung des Domänenmodells wurde der "Domain Driven Design" (DDD) Ansatz gewählt, wobei die fachliche Domäne ins Zentrum der Analyse gesetzt wird. Bevor mit der Entwicklung des Modells gestartet wurde, wurde in einem ersten Schritt die Ist-Situation analysiert. Dabei konnten folgende Erkenntnisse festgehalten werden. Das ARE verfügt bereits heute über bestimmte Daten, welche es zusätzlich zu den gesetzlich geregelten Daten von den Ämtern bezieht. Diese Datensätze folgen jedoch weder inhaltlich noch formal standardisierten Vorgaben, womit jeweils ein hoher Konsolidierungsaufwand seitens ARE betrieben werden muss. Zusätzlich ist festzuhalten, dass eine Vielzahl der heute gelieferten Daten für das ARE und seine Koordinationstätigkeit keine wirkliche Relevanz aufweisen oder gar redundant vorhanden sind.

Nach dem die Ist-Situation umfassend analysiert wurde, erfolgte in der nächsten Phase die Erarbeitung des Soll-Zustands. Dabei wurde zusammen mit einigen Fachexperten ein möglicher Lösungsentwurf für das zukünftig einzusetzende Domänenmodell entwickelt. Entgegen der anfänglichen Annahme baut die finale Variante des Domänenmodells nicht auf dem bereits existierenden minimalen Geodatenmodell (MGDM) auf. Stattdessen wurde ein neues modelliert, welches den Ansprüchen aus dem Fach eher gerecht wird. Es wurde jedoch vereinzelt auf Elemente des MGDM zurückgegriffen. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Fach entstand ein Lösungsvorschlag, der dem ARE die Wahrnehmung seines Koordinationsauftrages im Sinne der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur optimal ermöglichen soll.

Vorausblickend muss nun die Diskussion mit den Parteien, welche ebenfalls von einer ämterübergreifenden Planung betroffen sind, gesucht werden. Das ARE, in der federführenden Rolle, hat dank dem entwickelten Domänenmodell eine fundierte Argumentationsgrundlage und kann den restlichen Ämtern aufzeigen, wie eine mögliche Lösung aussehen könnte. Ob und in welchem Umfang die in dieser Arbeit entwickelten Lösung umgesetzt wird, muss in einer nächsten Phase zwischen den involvierten Parteien verhandelt werden. Unabhängig davon sind weitere Anwendungsfelder ebenfalls denkbar. Da das Modell im Grundsatz für die Ausübung von Koordinationsaufgaben entwickelt wurde, kann es mit entsprechenden Anpassungen auch in anderen Bereichen für diese Tätigkeit eingesetzt werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 5
1.1 Ausgangslage ... 5
1.2 Problemstellung ... 7
1.3 Zielsetzung ... 7
1.4 Abgrenzung ... 8
1.5 Methodik ... 8
1.5.1 Literatur- und Dokumentenstudie ... 8
1.5.2 Expertengespräche ... 9
1.5.3 Domain Driven Design ... 9
1.5.4 Workshop ... 10
1.5.5 Glossar ... 11
1.6 Aufbau der Arbeit ... 11
2 Grundlagen ... 12
2.1 Beschreibung des übergeordneten Kontextes ... 12
2.1.1 Raumplanung ... 12
2.1.2 Konzepte und Sachpläne ... 13
2.2 Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur als Core Domain ... 14
3 Erhebung des Ist- / Soll-Zustands ... 17
3.1 Ist-Analyse ... 18
3.1.1 Sachpläne und Objektblätter ... 18
3.1.1.1 Minimales Geodatenmodell (MGDM) ... 19
3.1.1.2 Erweiterungen zum MGDM - Sachplandaten SIN ... 26
3.1.1.3 Erweiterungen zum MGDM - Sachplandaten SIS ... 28
3.1.1.4 Erweiterungen zum MGDM - Sachplandaten SÜL ... 30
3.1.2 Daten der Infrastrukturbundesämter und weiteren Organisationen - Definition Core und Sub Domains ... 31
3.1.2.1 Sub Domain "Nationalstrassen" ... 32
3.1.2.2 Sub Domain "Schienennetz" ... 36
3.1.2.3 Sub Domain "Übertragungsleitungen" ... 38
3.1.2.4 Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur" ... 41
3.1.3 Übersicht und Fazit ... 46
3.2 Soll-Analyse ... 48
3.2.1 Kernergebnisse und -anforderungen ... 50
3.2.2 Organisatorische Aspekte ... 54
4 Lösungsvorschlag für die Domäne "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur" ... 55

4.1 Beschreibung der Entitäten und Attribute ... 57
4.1.1 Entität: Bundesamt ... 57
4.1.2 Entität: Organisation ... 57
4.1.3 Entität: Vorhaben ... 58
4.1.4 Entität: Projekt (Erbt von Vorhaben) ... 59
4.1.5 Entität: Sachplanprojekt (Erbt von Projekt) (Aggregat) ... 59
4.1.6 Entität: Objektblatt (Aggregat) ... 60
4.1.7 Entität: SIN-OB-Erweiterungen (Aggregat) ... 60
4.1.8 Entität: SIS-OB-Erweiterungen (Aggregat) ... 61
4.1.9 Entität: SÜL-OB-Erweiterungen (Aggregat) ... 62
4.1.10 Entität: Non Projekt (Erbt von Vorhaben) ... 63
4.1.11 Entität: Infrastruktur ... 63
4.1.12 Entität: Infrastrukturnetz Schweiz ... 64
4.2 Beschreibung der Value Objects ... 64
5 Zusammenfassung und Ausblick ... 76
6 Selbstreflexion ... 78
Abbildungsverzeichnis ... 82
Tabellenverzeichnis ... 82
Abkürzungsverzeichnis ... 84
Glossar ... 86
Literaturverzeichnis ... 91
Anhang ... 95
Anhang A: Postulat 08.3017 Rechsteiner ... 95
Anhang B: Web Search Engines & Digital Libraries ... 95
Anhang C: Weiterführende Kriterien zur Literaturrecherche ... 96
Anhang D: Analysierte Datensätze ... 97
Anhang E: Attribute - Sub Domain "Nationalstrassen" (IST) ... 104
Anhang F: Attribute - Sub Domain "Schienennetz" (IST) ... 110
Anhang G: Attribute - Sub Domain "Übertragungsleitungen" (IST) ... 115
Anhang H: Attribute - Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur" (IST) ... 118
Anhang I: Bewertete Value Objects (Ist-Analyse) ... 125
Anhang J: Soll-Analyse (Workshop) ... 135
Anhang K: Fachexperten ... 135
Anhang L: Domänenmodelle in StarUML ... 135

1 Einleitung

Mit der voranschreitenden Digitalisierung erhält das Data Management eine immer grössere Bedeutung. Nicht zuletzt auch aufgrund dessen, dass es als einer der grundlegenden Key Enablers für die erfolgreiche Umsetzung der nächsten industriellen Revolution "Industry 4.0" gilt, welche aktuell bereits im Gange ist. Damit zusammenhängend werden tiefgreifende Veränderungen prognostiziert, die unter anderem einen höheren Grad an Interoperabilität, Virtualisierung, distributiver Kommunikation sowie vernetzten Umgebungen hervorrufen werden (Indri, Grau & Ruderman, 2018; Raptis, Passarella & Conti, 2019). Im Kontext der Bundesverwaltung findet unter anderem das Data Management als Teilbereich der "Industry 4.0" bereits heute Anwendung.

Im Speziellen gehört die behördliche Raumplanung dazu. Um die verschiedenen und oft unabhängig voneinander geführten Infrastrukturprojekte besser koordinieren zu können, sind verschiedene Daten zu diesen Projekten nötigt. Voraussetzung dafür ist eine erhöhte Interoperabilität zwischen den verantwortlichen Bundestellen. Im Weiteren benötigt es ebenfalls einen gewissen Grad an Virtualisierung der Vorhaben. Dies erleichtert nicht nur die Zusammenarbeit und Koordination unter den Bundesämtern, sondern ermöglicht auch die Distribution der relevanten Daten über die Behördengrenzen hinweg (z.B. Publikation der Infrastrukturprojekte über eine öffentlich zugängliche Plattform). Durch das Data Management wird somit nicht nur die Raumplanung als solches unterstützt, sondern auch ein wichtiger Schritt in Richtung Digitalisierung der Bundesverwaltung ermöglicht. In Bezug auf diese Arbeit wird eine behördliche Aufgabenstellung im Kontext der Raumplanung[1] untersucht. Im Konkreten analysiert diese Bachelor-Thesis die ämterübergreifende Planung von Infrastrukturvorhaben mit dem Ziel, ein Domänenmodell[2] als Basis für die ämterübergreifende Koordination dieser Vorhaben zu erstellen.

1.1 Ausgangslage

Im Rahmen der Bachelor-Thesis (BT) im Studiengangs Wirtschaftsinformatik der Berner Fachhochschule (BFH) bearbeiten die Studierenden in Zusammenarbeit mit einem Partnerunternehmen eine individuell definierte Aufgabenstellung mit Bezug zur gewählten Vertiefungsrichtung. Jeder Studierende ist dabei eigenverantwortlich für die Suche nach einem Auftraggeber sowie zwei Betreuungspersonen (BFH-Dozenten). Themenfeld und Aufgabenstellung sind in Abstimmung mit den beteiligten Parteien zu definiert.

Das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) stellten für diese Bachelor-Thesis den Auftragsgeber dar. Die Arbeit wird mit der Unterstützung von Herr Yves Maurer-Weisbrod aus der Sektion "Grundlagen" durchgeführt. Herr Prof. Dr. Patrizio Collovà und Frau Prof. Dr. Alessia Neuroni haben seitens der BFH als Betreuungspersonen zugestimmt, den Studierenden während seiner Arbeit zu begleiten. Gemeinsam wurde folgende Aufgabenstellung definiert:
"Definition eines Domänenmodells zur Modellierung von Planungsdaten für die Raumplanung".

---

[1] Siehe auch Glossar "Raumplanung"

[2] Ein Domänenmodell modelliert einen genau definierten fachlichen Geschäftsbereich. Jedes Modell besteht aus mindesten einer Entität, welche ein spezifisches Geschäftsobjekt innerhalb des betrachteten Geschäftsbereichs darstellt. Das Domänenmodell gibt die fachliche Realität für einen bestimmten Zweck wieder und wird nach seinem Nutzen ausgerichtet bzw. modelliert. Evans (2003, 12 f.).

Zudem wird folgende Frage in dieser Arbeit beantwortet:
"Welche Daten werden benötigt und wie können diese in einem Domänenmodell organisiert werden, um die Koordinationstätigkeiten des ARE als übergeordnete Stelle im Kontext der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur zu unterstützen?"

Im Rahmen der schweizerischen Raumplanung übernimmt der Bund verschiedene Planungs- sowie Abstimmungspflichten und erarbeitet dazu auf Grundlage des Bundesgesetztes über die Raumplanung (RPG) zu einzelnen Themen entsprechende Sachpläne[3] und Konzepte[4]. Diese Dokumente stellen die wichtigsten Raumplanungsinstrumente des Bundes dar und unterstützen ihn bei der Wahrnehmung und Koordination seiner Aufgaben im Kontext immer komplexeren räumlichen Problemstellungen. Diese Komplexität ist unter anderem durch die stetige Ausweitung der Hauptinfrastrukturen und deren Abhängigkeiten untereinander sowie zu deren Umfeld zurückzuführen. Bezogen auf dieses Aufgabenfeld sind je nach Thema verschiedene Bundesämter zuständig[5], jedoch immer mit einem Einbezug des ARE, sofern dieses nicht selbst die Federführung hat (Bundesamt für Raumentwicklung [ARE], o. J.a).

Auf Bundesebene bestehen bereits gesetzliche Vorschriften (vgl. Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989) wie Sachplandaten dokumentiert und dargestellt werden müssen. Für einen Grossteil davon sind Datenmodelle realisiert worden und werden unter anderem auf dem webbasierten geografischen Informationssystem (GIS)[6] des Bundes publiziert.

Mit dem Postulat 08.3017 Rechsteiner vom 4. März 2008[7] wurde die Frage nach einer multifunktionalen Nutzung der linearen Hauptverkehrsinfrastruktur[8] (mit besonderem Fokus auf Nationalstrassen, das Schienennetz und Übertragungsleitungen) aufgeworfen. Ziel dabei ist es, die potenziellen Synergien der einzelnen Infrastrukturvorhaben ämterübergreifend zu nutzten. Es sollen wo möglich die Infrastrukturen von nationaler Bedeutung konzentriert (unter der Berücksichtigung der räumlichen Nähe sollen Infrastrukturen möglichst zusammengefasst werden) und damit indirekt die Landschaft entlastet werden. Um ein solches Vorhaben[9] umzusetzen, benötigt es jedoch einen entsprechend hohen Koordinations- und Kollaborationsaufwand zwischen den verschieden involvierten Planungsstellen. Als Hilfestellung für die Zusammenarbeit sollen die jeweils erarbeiteten Sachpläne sowie das bereits vorhandene Web-GIS dienen (Schweizerischer Bundesrat, 2017). Die Sachplandaten bilden eine gute Basis, um Koordination und Interoperabilität gerecht zu werden, sie reichen aber nicht aus.

[3] Siehe auch Glossar "Sachplan"
[4] Siehe auch Glossar "Konzept"
[5] Siehe Kapitel 2
[6] Siehe auch Glossar "GIS"
[7] Siehe Anhang A
[8] Siehe auch Glossar "Multifunktionale Nutzung von Nationalstrassen"
[9] Siehe auch Glossar "Vorhaben"

1.2 Problemstellung

Um eine multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur nach dem Postulat 08.3017 Rechsteiner überhaupt zu ermöglichen, werden weiterführenden Daten benötigt, die aktuell keiner gesetzlichen Grundlage unterliegen oder nicht Bestandteil der Sachpläne sind (z.B. Daten über den Infrastrukturunterhalt und zu frühen Planungsphasen von Infrastrukturprojekten). Im Weiteren müssen eine engere Koordination und Kollaboration zwischen den verschiedenen Ämtern im Bereich der Raumplanung stattfinden.

Wenn überhaupt, werden die Daten durch die einzelnen Infrastrukturämter nach eigenen Regeln erhoben, dokumentiert und verwaltet. Ein solcher Umstand erschwert die Umsetzung des oben genannten Vorhabens (multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur). Ausserdem stellen sich für eine koordinierende Stelle wie das ARE, welche die verschiedenen Daten für die Weiterverarbeitung und Publikation im Web-GIS zusammenzieht, mehrere Hürden. Dazu gehören primär das Fehlen einer standardisierten Struktur dieser Daten, der unterschiedliche Detaillierungsgrad sowie die manuelle Aufbereitung und Formalisierung der Datensätze. Im Weiteren kommt hinzu, dass nicht alle benötigen Informationen mitgeliefert werden oder nur in unstrukturierter Form innerhalb von Dokumenten und E-Mails vorhanden sind.

Zusätzlich ist zu erwähnen, dass auf Bundesebene eine stark sektorielle Verantwortung und Durchführung der Planung herrscht, welche auf verschiedene Ämter aufgeteilt sind. Dieser Umstand führt unter anderem dazu, dass die Sachpläne mehrheitlich unabhängig voneinander erstellt werden. Potenzielle Synergien zwischen den einzelnen Infrastrukturprojekten werden damit nicht oder kaum berücksichtig. Deshalb wird das Potenzial der multifunktionalen Nutzung der Infrastruktur oftmals zu wenig erkannt.

1.3 Zielsetzung

Das Hauptziel dieser Arbeit besteht darin, ein Domänenmodell zu entwickeln, mit dem das ARE befähigt werden könnte, seinen Koordinationsauftrag im Sinne der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur wahrnehmen zu können. Grundlage dafür sind die zu Beginn erwähnten Daten, welche zusätzlich zu den Sachplänen benötigt werden, aktuell jedoch noch nicht systematisch erhoben und standardisiert sind oder erst gar nicht vorliegen. Somit definiert das Modell eine grundlegende Struktur als Basis für die Datenerfassung sowie -verarbeitung und soll ein Grundstein für die ämterübergreifende Zusammenarbeit legen, welche einen entscheidenden Faktor für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur darstellt.

Es ist zu beachten, dass das ARE hierbei nicht über die Kompetenz verfügt Einzelentscheide durchzusetzen und deshalb auf die Mitarbeit der weiteren Ämter angewiesen ist. Resultierend daraus, stellt das in dieser Arbeit entwickelte Modell einen reinen Lösungsvorschlag dar. Es soll jedoch als Diskussionsgrundlage dienen, wenn es um die effektive Ausarbeitung des Vorhabens geht.

Zusätzlich unterstützt dieses Vorhaben das weiterführende Ziel, sämtlich relevante Planungsdaten in angemessenem Detaillierungsgrad in das GIS zu importieren. Somit können nicht nur bundesinterne Aufgaben effektiver und effizienter abgewickelt werden, sondern danke den neu strukturierten Daten kann über die Bundesverwaltung hinaus im Rahmen von Infrastrukturprojekten ein Mehrwert geleistet werden.

1.4 Abgrenzung

Auf einer übergeordneten Stufe umfasst das Endresultat die Umsetzung eines Konzepts für die multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur nach den Grundlagen des Postulat 08.3017 Rechsteiner. Innerhalb dieses Konstrukts fokussiert sich die vorliegende BT auf einen abgegrenzten Teilbereich im Sinne jener Planungsdaten, welche keiner gesetzlichen Grundlage bezüglich Dokumentation und Verwaltung unterliegen. In Absprache mit dem Auftraggeber wird primär auf die Daten bezüglich Strassen-, Schienen- und Übertragungsleitungsinfrastruktur eingegangen. Aus Sicht des ARE leistet die Strukturierung dieser drei Bereiche den grössten Mehrwert.

Im Weiteren ist zu erwähnen, dass sich die Arbeit auf einen konzeptionellen Teil beschränkt, in dem ein entsprechendes Domänenmodell erstellt wird, welches fachlich ein möglichst kohärentes Abbild der zu liefernden Daten darstellen soll. Somit stellen die technische Implementierung sowie die Definition und Umsetzung der physischen Schnittstellen keinen Bestandteil der zu erarbeitenden Lieferobjekte im Umfang dieser BT dar. Zusätzlich werden politische oder organisationsbezogene Faktoren wie die Gestaltung der effektiven Koordination und Kollaboration zwischen den beteiligten Parteien ebenfalls bewusst nicht behandelt. Das entwickelte Modell kann jedoch wiederum in einer weiteren Phase als Diskussionsgrundlage für die organisatorische Ausgestaltung der Zusammenarbeit dienen.

1.5 Methodik

Methodisch stützt sich der Autor bei der Entwicklung des Modells auf den Ansatz des Domain Driven Design (DDD). Experteninterviews, Literatur- sowie Dokumentenstudien dienen als Basis für die Analysetätigkeiten. Die genutzten Instrumente werden im Nachfolgenden kurz erläutert.

1.5.1 Literatur- und Dokumentenstudie

Im Fokus der Dokumentenanalyse steht vor allem das Suchen und Finden relevanter Literatur, welche die Arbeit fachlich untermauern soll. Dabei bezieht sich der Autor auf die in Balzert, Schröder und Schäfer (2017) beschriebene Vorgehensweise. Der erste Schritt umfasst die Identifikation des "Was". Es wird definiert, was genau gesucht wird. Da mit Hilfe der Literatur ein Grundverständnis bezüglich des betrachteten Themenfelds geschafft werden soll, hat der Autor, versucht entsprechende Quellen zu identifizieren. Im anschliessenden Schritt wurde eine Suche via "Google Schoolar", "EBSCOhost" und weiteren Digital Libraries durchgeführt. Im Anhang B findet sich eine Liste mit Links zu den genutzten Digital Libraries. Der dritte Schritt beinhaltet das "Wie". Hier wird festgehalten wie gesucht wird. Die Suchen wurden auf Basis von verschiedenen Schlagworten wie z.B. "Raumplanung", "Sachplan" und "Postulat Rechsteiner" ausgeführt, um einige der wichtigsten zu nennen. Zu den hier aufgeführten Kriterien hat sich der Autor auch noch an weiteren Vorgaben orientiert, die im Anhang C aufgelistet sind.

Um ein besseres Verständnis für den Fachbereich (Domäne) und dessen Aufgaben zu erhalten, wurden nebst Expertengespräche ebenfalls Dokumentenstudien durchgeführt. Dazu stützte sich der Autor auf veröffentlichte Berichte des Bundes oder interne Dokumente, welche vom Auftraggeber bereitgestellt wurden.

1.5.2 Expertengespräche

Während der Ist-/Soll-Analyse sowie bei der Entwicklung des Lösungsvorschlages, fanden in regelmässigen Abständen Gespräche mit dem Aufraggeber sowie weiteren Fachexperten aus dem ARE statt. Diese dienten vor allem in der Ist-Analyse der Klärung von fachlichen Unsicherheiten seitens des Autors. Bei der Definition des Soll-Zustands wurden die fachlichen Anforderungen an das zu entwickelnde Modell bei den Experten abgeholt. Diese Erkenntnisse dienten als Grundlage für die Erstellung des Domänenmodells. Dabei tauschte sich der Autor in iterativen Schritten immer wieder mit den Fachexperten aus, um sicherzustellen, dass das Domänenmodell aus fachlicher Sicht den Anforderungen entspricht.

1.5.3 Domain Driven Design

Für die Entwicklung des Domänenmodells orientiert sich der Autor am Domain Driven Design Ansatz, welcher auch im Vertiefungsmodul "Business Analyse 1" (VBA 1) behandelt wurde. Dabei lehnt sich der Autor bei der Umsetzung des DDD-Ansatz an die Fachliteratur von Evans; Vernon (2014; 2016). Gemäss Vernon (2016, S. 14) umfass die Methodik ein Set von Tools, welches Design und Implementierung von Software, die einen deutlichen Mehrwert leisten kann, unterstützt. Die grundlegende Idee dahinter besteht darin einen Geschäftsbereich (Domäne) möglichst fachlich korrekt abzubilden. Dafür wird zusammen mit den Fachexperten innerhalb der betrachteten Domäne iterativ ein Domänenmodell entwickelt, welches schlussendlich meist als Basis für die Entwicklung eines IT-Systems genutzt wird. Das Schreiben respektive Erstellen des Source-Codes gehört jedoch nicht zum Umfang dieser Arbeit. Sie beschränkt sich auf die Erstellung des Domänenmodells.

Bevor mit der Modellierung der Geschäftsbereiche begonnen werden kann, muss in einem ersten Schritt der "Bounded Context" definiert werden. Es handelt sich dabei um die semantisch kontextuelle Grenze in der die einzelnen Elemente des Geschäftsbereichs betrachtet werden. Dadurch lässt sich die Domäne von den restlichen Domänen semantisch abgegrenzt. Diese Grenze definiert somit den Kontext für sämtliche Komponenten innerhalb des Modelles (Vernon, 2016, S. 21–22). Die Analyse erstreckt sich oftmals über mehrere Geschäftsbereiche (Domänen), welche wiederum ihren eigenen Kontext und dazugehörige Fachsprache besitzen. Ebenfalls findet eine Unterscheidung der verschiedenen Domänen statt. Während das Kerngeschäft des Unternehmens die "Core Domain" darstellt, bilden die nicht-strategischen Geschäftsbereiche "Sub Domains" ab. Durch die Aufteilung der Geschäftsbereiche in Core und Sub Domains wird die Komplexität des Gesamtproblems besser beherrscht, da jede Domäne in einem eigenen Modell abgebildet wird (Vernon, 2016, S. 48). In dieser Arbeit stellt die behördliche Raumplanung den übergeordneten Kontext dar, innerhalb dieses Rahmens kann der Bounded Context weiter in Bezug auf die Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur" sowie deren Sub Domains "Nationalstrassen", "Schienennetz" und "Übertragungsleitungen" spezifiziert werden.

Nebst der Definition des Bounded Context spielt ein weiterer Begriff eine entscheidende Rolle in DDD. Die "Ubiquitous Language" dokumentiert eine spezifisch auf den Bounded Context ausgerichtete Sprache. Ziel ist es innerhalb des Kontexts eine gemeinsame Fachsprache zu definieren, welche von der Analyse bis hin zum Quellcode durchgängig von allen beteiligten Personen genutzt und verstanden wird (Vernon, 2016, S. 22–23). Nebst der jeweiligen Erläuterung der einzelnen Entitäten, Attribute und Value Objects, wurde in diesem Zusammenhang ein Glossar für bestimmte Fachbegriffe erstellt. Dieser minimiert die Gefahr von möglichen Mehrdeutigkeiten und trägt somit zu einem gemeinsamen Verständnis bei.

Die zu analysierenden Domänen bestehen selbst aus einer oder mehreren Entitäten. Entitäten können in diesem Kontext als Geschäftsobjekte verstanden werden (wie z.B. Dokumente) und sind speziell dadurch charakterisiert, dass sie eine eindeutige Identität aufweisen. Somit lässt sich jede Entität eindeutig von den restlichen unterschieden (Vernon, 2016, S. 72). Im Domänenmodell, welches oft als klassisches UML-Klassendiagramm modelliert wird, werden Entitäten mit Klassen dargestellt. Die Eigenschaften, welche die Entitäten beschreiben, werden als Attribute bezeichnet. Bei der iterativen Entwicklung des Domänenmodells nach DDD werden zuerst die Entitäten identifiziert und danach die Attribute, als Eigenschaften der Entitäten. Im Weiteren wird jedem Attribut ein logischer Datentyp (Value Object) zugeordnet. Value Objects (VO) bilden logische nicht änderbare Wertobjekte aus der fachlichen Realität ab (Vernon, 2016, S. 72) und sind den Entitäten ähnlich. Der Hauptunterschied besteht darin, dass Entitäten eine eindeutige Identifikation besitzen, VOs hingegen unterscheiden sich nur durch ihren Wert.

Die Definition der VOs stellt einer der abschliessenden Arbeiten bei der Erstellung des Domänenmodells dar. In einer nächsten Phase wäre der Quellcode auf Basis des Modells zu entwickeln, welcher aber nicht Bestandteil dieser Arbeit darstellt. Bei der Erarbeitung des Domänenmodells orientiert sich der Autor an dem geschilderten Ablauf. In regelmässigen Abständen erfolgt ein Austausch mit dem Auftraggeber und weiteren Fachexperten aus dem ARE, um die fachliche Korrektheit des Modells zu gewährleisten. Das Modell wurde jeweils auch mit dem Betreuer besprochen, wobei syntaktische und methodische Fragestellungen geklärt werden konnten. Für die Modellierung selbst wurde das Tool "StarUML"[10] eingesetzt. "StarUML" ist in seiner Grundform ein frei verfügbares Software-Tool, welches die intuitive Modellierung aller UML-Diagrammen erlaubt. Dank der integrierten Syntaxkorrektur, ist die korrekte Modellierung nach dem UML 2.0 Standard gewährleistet.

1.5.4 Workshop

Im Rahmen der Soll-Situation befasst sich ein Teil dieser Arbeit mit der Erhebung von Anforderungen und der Identifikation von jenen Daten, die benötigt werden um das Vorhaben der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur zu ermöglichen. Dafür wurde ein Workshop mit einigen Schlüsselpersonen durchgeführt. Da es eine Vielzahl von verschiedenen Techniken gibt, wie ein Workshop abgehalten werden kann, wurde keine spezifische Methode gewählt. Stattdessen griff der Autor bei der Workshop-Erstellung auf seine persönlichen Erfahrungen zurück.

Als Agenda und Leitfaden wurde eine Powerpointpräsentation genutzt, die während der gesamten Zeit ersichtlich war, damit jeder Teilnehmer wusste welcher Punkt gerade bearbeitet wird. Nach einer kurzen Einführung in die Thematik und Erläuterung der Ausgangslage, ging es um die Identifikation der Anforderungen und Daten. Diese Phase bestand aus einer Kombination von Brainstorming und Mindmapping. Ausgangspunkt waren verschiedene Fragestellungen, die nacheinander behandelt wurden. Während der Auftraggeber die fachliche Moderation der Diskussion übernahm, hielt der Autor die Aussagen der Teilnehmer auf Post-It's fest. Diese Aufteilung hat den Vorteil, dass sich die Fachexperten auf die Diskussion konzentrieren können und nicht durch zusätzliche Schreibarbeit ausgebremst werden. Anschliessend erfolgte eine thematische Clusterung der Zettel. Dieser Prozess wurde iterativ durchgeführt.

[10] http://staruml.io/

1.5.5 Glossar

Als weiteres Hilfsmittel für die Erarbeitung des Domänenmodells wurde durch den Autor während der Arbeit laufend ein Glossar nachgeführt. Für die Entwicklung eines erfolgreichen Modells nach DDD ist es unabdingbar die betrachtete Fachdomäne zu verstehen. Dabei wird ein gemeinsames Verständnis der fachlichen Begriffe vorausgesetzt. Um diese Bedingungen zu gewährleisten bietet sich ein Glossar an, das zusammen mit den Fachexperten erarbeitet wird. Somit können Missverständnisse aufgrund unterschiedlicher Begriffsdefinitionen minimiert werden. Schlussendlich wirkt sich dieser Umstand positiv auf die Qualität des Domänenmodells aus.

1.6 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit gliedert sich in vier Hauptbereiche. Dabei stellt die behördliche Raumplanung und im Spezifischen die multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur das zentrale Betrachtungsfeld dar. Um einen ersten Überblick und das Grundverständnis für die Thematik zu erlangen, befasst sich der erste Teil der Arbeit mit den Grundlagen der Raumplanung im öffentlichen Sektor. Da das Endresultat ein Domänenmodell für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur darstellen soll, werden ebenfalls die Grundsätze und die Idee dahinter erläutert.

Nach der Erörterung der Grundlagen, beinhaltet der zweite Teil die durchgeführten Analysearbeiten. Sie stellen die Basis für die Entwicklung des Lösungsvorschlages dar. Zunächst wird die aktuelle Situation betrachtet. Unter der Hilfe von Dokumentenstudien und Expertengespräche mit dem Auftraggeber modelliert der Autor die identifizierten Sub Domains sowie die Core Domain, wie sie sich in der Ist-Situation präsentieren. Darauf aufbauend wird im nächsten Teilschritt der Soll-Zustand in Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachexperten definiert. Die daraus resultierenden Anforderungen an das Modell dienen letztendlich als Grundlage für die Entwicklung des neuen Domänenmodells.

Der dritte Hauptteil befasst sich mit der Entwicklung bzw. Dokumentation des neuen Domänenmodells als Lösungsvorschlag für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur. In iterativen Schritten wurde gemeinsam mit den beteiligten Fachexperten das Modell entwickelt. Das Endergebnis inklusive Dokumentation zu den Entitäten, Attribute und Value Objects wurden dabei in der Arbeit festgehalten.

In einem abschliessenden Teil der Arbeit erfolgt die Zusammenfassung der neugewonnenen Erkenntnisse, sowie ein Ausblick bezüglich des möglichen zukünftigen Einsatzes des Modells innerhalb und ausserhalb der Bundesverwaltung. Im Sinne des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses findet ebenfalls eine Selbstreflexion des Autors statt, welche zugleich den Abschluss der Arbeit darstellt.

2 Grundlagen

Da sich diese BT im Kontext der Raumplanung und Sachpläne auf behördlicher Stufe bewegt, soll im Nachfolgenden ein Überblick über den betrachteten Fachbereich geschaffen werden. Als Grundlage dazu dienen sowohl die Fachliteratur als auch die Informationen des Auftraggebers. Ziel ist es ein Grundverständnis für die Raumplanung inklusive Sachpläne im Allgemeinen sowie die darin enthaltenen behördlichen Verpflichtungen zu schaffen. Im Weiteren findet sich auch eine Erörterung des Postulats 08.3017 Rechsteiner, welches die Thematik der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur aufgreift, zu der diese Arbeit einen Teil des Lösungsvorschlages beitragen soll.

2.1 Beschreibung des übergeordneten Kontextes

Der Kontext der Raumplanung wird aus der Perspektive der behördlichen Organe betrachtet. Ihre Aufgaben und Ziele sowie der fachliche Zusammenhang zu den wichtigsten Instrumenten (Sachpläne und Konzepte) innerhalb dieses Geschäftsbereichs bilden die Grundlage dieser Beschreibung.

2.1.1 Raumplanung

Unter dem Begriff "Raumplanung" wird gemäss Koll-Schretzenmayr (2012, S. 3) im Allgemeinen die vorausplanende Koordination von raumwirksamen Tätigkeiten verstanden. In der Schweiz obliegt diese Aufgabe den behördlichen Stellen, wobei alle drei Ebenen (Gemeinden, Kantone und Bund) mit jeweils unterschiedlichen Voraussetzungen beteiligt sind. Raumwirksame Tätigkeiten beziehen sich auf zielorientierte Umsetzungen von Massnahmen in einem festgelegten Gebiet, welche sich wiederum auf die räumliche Entwicklung von Wirtschaft, Gesellschaft sowie Umwelt auswirken. Eines der Hauptziele der Raumplanung besteht darin, Bedingungen für eine angemessene Lebensqualität zu schaffen unter der Berücksichtig von politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Faktoren (Spektrum der Wissenschaft, 2001).

Da es sich in diesem Kontext bei der Raumplanung um eine öffentliche Aufgabe handelt, ist diese gesetzlich verankert und wird im "Bundesgesetzt über die Raumplanung" (vgl. Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989) entsprechend spezifiziert. Das übergeordnete Ziel beinhaltet die Sicherstellung der haushälterischen Nutzung des Bodens sowie die Trennung zwischen Baugebiet und Nichtbaugebiet. Im Weiteren richten sich die Massnahmen unter anderem an den Schutz der natürlichen Lebensgrundlage, die Schaffung kompakter Siedlungen sowie die Entwicklung und Erhaltung von räumlichen Voraussetzungen für die Wirtschaft (Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989, S. 1). Bezogen auf die Sachpläne definiert das RPG nach Art. 2, dass für raumwirksame Aufgaben eine entsprechende Planung und Abstimmung mit den restlichen betroffenen Behördenstellen erfolgen muss. Zudem wird nach Art. 13 vorgegeben, dass im Falle der Bundesverwaltung Konzepte und Sachpläne als Grundlage für die Wahrnehmung ihrer raumwirksamen Aufgaben zu erarbeiten sind (Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989, S. 2–7).

2.1.2 Konzepte und Sachpläne

Die durch das RPG nach Art. 13 verlangten Konzepte und Sachpläne stellen für den Bund die wichtigsten Planungsinstrumente im Aufgabenbereich seiner raumplanerischen Tätigkeiten dar. Dabei werden die Pläne in einer engen Kooperation mit den betroffenen Stellen (Gemeinden, Kantone und weitere Drittparteien) erarbeitet und tragen so zur Harmonisierung der räumlichen Bestrebungen von Bund und Kantone bei. Hierbei ist wichtig zu erwähne, dass sowohl Konzepte als auch Sachpläne nur dann durch den Bund erstellt werden können, wenn sie einen Sachbereich betreffen, in dem die Bundesverwaltung im Rahmen der Verfassung entsprechende Tätigkeiten ausübt (Bundesamt für Raumplanung, 1997, S. 22) . Anhand der Konzepte und Sachpläne können folgende Punkte ermöglicht werden (Bundesamt für Raumplanung, 1997, S. 5–8):

- Festlegung einer kohärenten Politik für jegliche raumrelevante Bereiche, die im Verantwortungsbereich des Bundes liegen.
- Eine enge und zeitgerechte interne Abstimmung sowie Kooperation mit den Kantonen und weiteren raumwirksam tätigen Behörden.
- Schaffung von mehr Transparenz bezüglich Bundesentscheidungen.

Unterscheidung zwischen Konzepten und Sachplänen

Das RPG spezifiziert nicht welche Konzepte und Sachpläne genau erarbeitet werden müssen. Dies ist im "Bericht über die Massnahmen des Bundes zur Raumordnungspolitik (Realisierungsprogramm)" des Bundesrats festgelegt. Dabei ist jedoch wichtig zu erwähnen, dass sich Konzepte und Sachpläne grundsätzlich nur in ihrer inhaltlichen Natur unterscheiden. Erstere fokussieren sich auf die verfolgten Sachziele, deren Ausrichtung an die Raumordnungspolitik und generellen Anweisungen für die Erbringung der Aufgaben (Priorisierung, zu berücksichtigende Interessen und Ressourceneinsatz). Die Sachpläne hingegen umfassen zusätzlich räumlich konkrete Anweisungen an die entsprechende Bundestelle (Bundesamt für Raumplanung, 1997, S. 8–9). Im weiteren Verlauf dieser Arbeit bezieht sich der Autor in erster Linie auf die Sachpläne, da sie einer der Betrachtungsgegenstände der BT darstellen.

Verantwortlichkeiten und Zusammenarbeit

Die Verantwortung für die Erstellung eines Sachplans richtet sich jeweils an das zuständige Bundesamt im betroffenen Sachbereich. Im Fall des ARE ist dieses unter anderem am Sachplan Verkehr; Teil Infrastruktur Strassen (SIN), Sachplan Verkehr; Teil Infrastruktur Schiene (SIS) und Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL) beteiligt (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 12). Es ist jedoch zu präzisieren, dass das ARE primär für die Koordination zu anderen Planungsinstrumenten des Bundes sowie der Kantone zuständig ist und nicht für die Erarbeitung der Sachpläne an sich (Bundesamt für Energie [BFE] & ARE, 2001, S. 32). Das jeweilige Amt übernimmt die Koordinationsfunktion unter der Berücksichtigung von potenziell weiteren betroffenen raumwirksamen Tätigkeiten, der Grundbestimmungen der Raumordnung sowie bereits existierenden Planungen. Sollte die Planung andere Projekte betreffen, muss ebenfalls die Zusammenarbeit mit den betroffenen Behördenstellen koordiniert werden. Der Sachplan wird als letzte Instanz dem Bundesrat zur Verabschiedung vorgelegt. Im Falle einer Nichteinigung zwischen den beteiligten Parteien hinsichtlich eines Sachplans, besteht die Möglichkeit vor der Verabschiedung durch den Bund ein Bereinigungsverfahren nach Art. 7 Abs. 2 des RPG zu verlangen (Bundesamt für Raumplanung, 1997, S. 11–13) .

Die Konzepte und Sachpläne tragen zu einer umfassenden Planung und Koordination bei. Durch Publikation der Dokumente werden Pläne und Entscheidungen des Bundes transparenter und fördern dadurch den Dialog mit anderen Parteien. Anhand der periodischen Prüfung

kann ebenfalls die Wirksamkeit der korrespondierenden Sachpolitik des Bundes bewertet und optimiert werden (Bundesamt für Raumplanung, 1997, S. 10). Eine zusätzliche Unterstützung bietet das ARE, in dem es die Daten aus den Sachplänen und Konzepten zusammenzieht, aufbereitet und schlussendlich im GIS[11] publiziert. Somit wird allen betroffenen und interessierten Parteien eine (geo)grafische Übersicht der Pläne zur Verfügung gestellt.

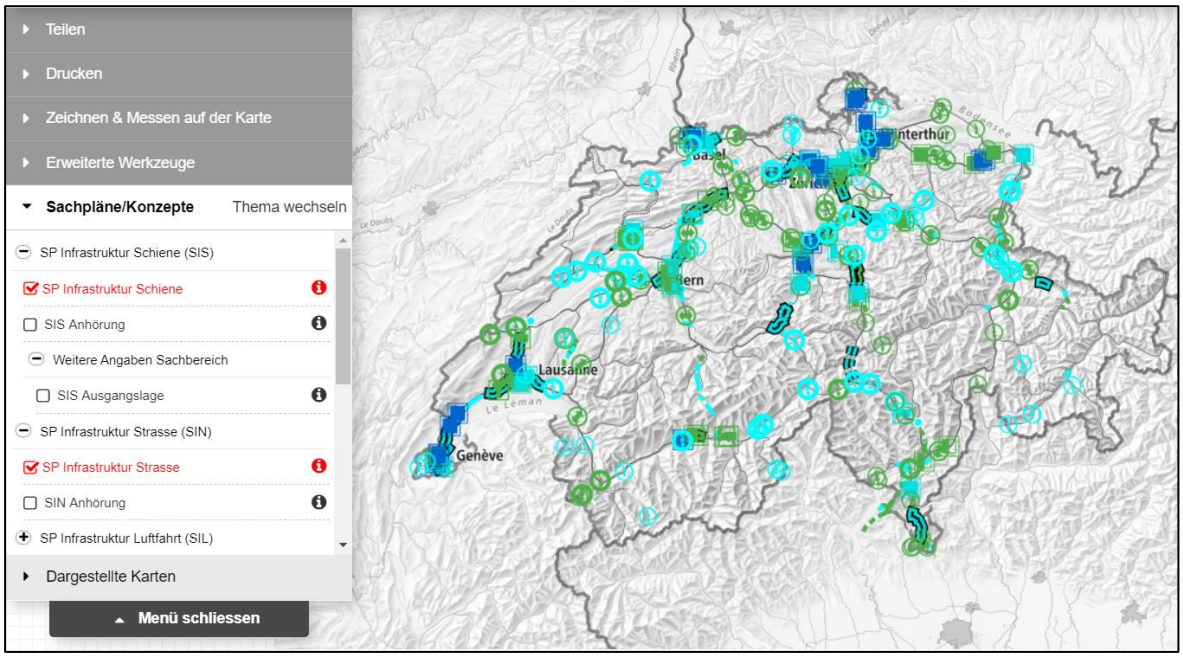

Abbildung 2.1: Web-GIS inkl. Sachpläne Schiene, Strasse und Übertragungsleitungen (Entnommen aus: Schweizerische Eidgenossenschaft, o. J.)

2.2 Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur als Core Domain

Nach dem der übergeordnete Kontext im Sinne der Raumplanung und Sachplänen aufgezeigt wurde, ist die Problemstellung im Rahmen der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur gemäss Rechsteiner (2008) zu erörtern. Diese setzt sowohl weiterführende Daten als auch eine stärkere Koordination und Kollaboration bei der Planung von Infrastrukturprojekten voraus. Eine umfassende Datenerhebung und -zusammenführung (vor allem in Bezug auf die Nationalstrassen, Schienen und Übertragungsleitungen) wird vom ARE als wichtig und sinnvoll erachtet, da in diesen Bereichen das grösste Nutzenpotenzial liegt. Im Blickwinkel dieser BT gilt die multifunktionale Nutzung der linearen Hauptverkehrsinfrastruktur als Core Domain und wird im Laufe der Arbeit iterativ modelliert.

Ziele und Nutzen

Mit dem Postulat 08.3017 Rechsteiner vom 4. März 2008 wurde der Bund aufgefordert, auf einer wissenschaftlichen Ebene die multifunktionale Nutzung der Nationalstrassen[12] zu prüfen mit den Endzielen die Landschaft zu entlasten und den Bodenverlust zu reduzieren. Dazu soll primär eine Bündelung[13] der Energieübertragungsinfrastruktur mit den Hauptverkehrsachsen erfolgen (Verkabelung von Übertragungsleitungen direkt neben oder unterhalb der Verkehrs-

[11] Siehe Abbildung 2.1
[12] Siehe auch Glossar "Multifunktionale Nutzung von Nationalstrassen"
[13] Siehe auch GlossarGlossar "Bündelung"

infrastruktur), womit eine potenzielle Zerstückelung des Lebensraums minimiert und die verkehrs- und infrastrukturfreie Landschaft aufgewertet wird. Es ist wichtig zu erwähnen, dass sich dieses Vorhaben nicht nur auf Nationalstrassen, sondern auch auf das Schienennetz sowie die Übertragungsleitungen der Schweiz bezieht (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 1–2).

Im Weiteren könnten sich durch die multifunktionale Nutzung der Infrastruktur folgende, für die Landschaft positive Auswirkungen, ergeben (Schweizerischer Bundesrat, 2017, 4 ff.):

- Verkehrs- und Energieinfrastrukturprojekte wirken sich oft nachteilig auf den Raum aus. Aufgrund der beschränkten räumlichen Verhältnisse in der Schweiz wird der Aus- bzw. Neubau von Infrastruktur zunehmend komplexer, womit vorausplanerisch Korridore für zukünftige Infrastrukturelemente freigehalten werden müssen. Eine Bündelung der Infrastruktur würde nicht nur eine effizientere Nutzung des Raums, sondern auch die Minderung von Raum- und Umweltauswirkungen fördern (Generalsekretariat UVEK [GS-UVEK], 2010).
- Mit der multifunktionalen Nutzung der Infrastruktur kann ebenfalls den Anforderungen des Landschaftsschutz Rechnung getragen werden (Schweizerischer Bundesrat, 2017, 4 ff.).

Vorgehen und Hürden

Die erläuterten Konzepte und Sachpläne bieten bereits heute eine gewisse Grundlage für die Umsetzung des Vorhabens. Aufgrund der mangelnden Koordination und amtsübergreifenden Zusammenarbeit wird die Bündelung von Infrastruktur im Sinne des Postulats 08.3017 Rechsteiner jedoch nicht direkt behandelt. Dennoch finden sich einige Massnahmen in den Instrumenten wieder, die ein solches Vorhaben indirekt unterstützten. Damit eine erfolgreiche Realisierung ermöglicht werden kann, werden erhöhte Koordination und Zusammenarbeit zwischen den betroffenen Bundesämtern, -stellen und Kantonen vorausgesetzt (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 10–11). Bezogen auf die Sachpläne werden potenzielle Synergien zwischen den Infrastrukturprojekten nicht erfasst und benötigen deshalb verstärke Kommunikation sowie verstärkten Informationsaustausch zwischen den betroffenen Parteien (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 26).

Die organisationsübergreifende Kollaboration stellt dabei eine der Haupthürden dar, da hierbei eine Vielzahl der zu koordinierenden Verantwortlichkeiten miteinfliessen. Dazu zählen unter anderem (Schweizerischer Bundesrat, 2017, 11 ff.):

Übertragungsleitungen

- Swissgrid als Betreiberin des Höchstspannungsnetztes
- Bundesamt für Energie (BFE) und ARE als verantwortliche Stellen für den SÜL
- Eidgenössisches Starkstrominspektorat (ESTI) als Oberaufsicht und Bewilligungserteiler

Nationalstrassen

- Bundesamt für Strassen (ASTRA) als verantwortliche Behörde für den SIN
- ASTRA als Eigentümer und Betreiber der Nationalstrassen

Schienennetz

- SBB und weitere Organisationen als Betreiber des nationalen Eisenbahnnetzes
- Bundesamt für Verkehr (BAV) als verantwortliche Behörde für den SIS und Eigentümerin des nationalen Schienennetztes

Zusätzlich müssen die betroffenen Kantone miteinbezogen werden und sind für die Ausrichtung ihrer Richtpläne mit den Sachplänen des Bundes verantwortlich[14]. Die Resultate dieser BT können unter anderem die grundlegende Zusammenarbeit sowie Koordination unter den Ämtern fördern, in dem ein Domänenmodell für bestehende und noch fehlende Daten entwickelt wird, welche die Umsetzung eines solchen Vorhabens erst ermöglichen.

Abbildung 2.2 illustriert die involvierten Parteien, deren Verantwortlichkeiten, Abhängigkeiten sowie Beziehungen innerhalb der Raumplanung und bezogen auf die Sachpläne. Wie in der dargestellten Grafik ersichtlich ist, nimmt das ARE eine zentrale Koordinationsrolle im Rahmen der Raumplanung ein, da sie bei der Erstellung aller drei Sachpläne beteiligt ist. Erfassung, Verwaltung und Weiterverarbeitung der Daten, die noch in keiner formalisierten und standardisierten Form vorliegen, stellen offene Probleme dar, die im Rahmen dieser Analyse untersucht werden. Dafür wird in einem ersten Schritt aus Sicht des ARE die aktuelle Situation festgehalten. Anschliessend wird die Soll-Situation definiert und die geforderten Daten festgelegt, welche für die Umsetzung des Vorhabens der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur benötigt werden.

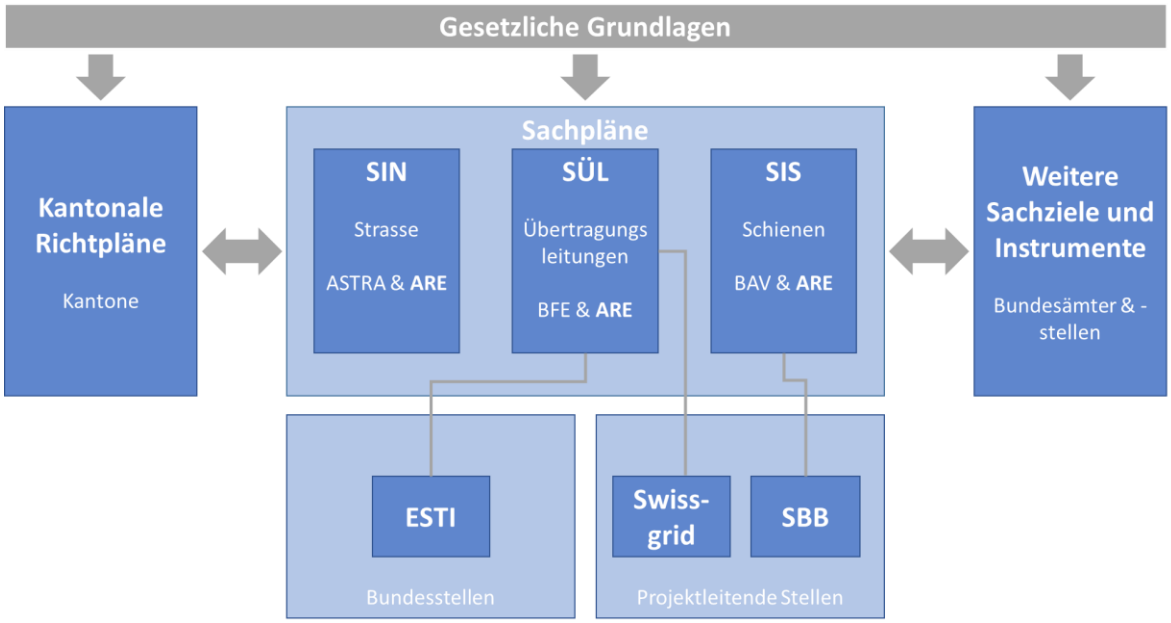

Abbildung 2.2: Involvierte Parteien in der Raumplanung (in Anlehnung an: Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 12)

[14] Siehe Abbildung 2.2

3 Erhebung des Ist- / Soll-Zustands

Dieses Kapitel befasst sich mit der Analyse der aktuellen Situation sowie mit der Definition des Soll-Zustandes in Bezug auf die multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur. Dabei werden in der Ist-Analyse die damit zusammenhängenden Domänen (Core und Sub Domains) dokumentiert und modelliert. Als Basis dafür dient eine umfassende Dokumentenanalyse. Bei der Definition des Soll-Zustands werden in erster Linie die grundsätzlichen Anforderungen erhoben, die durch das Fach an das neu zu entwickelnde Domänenmodell gestellt werden. Die hier gewonnen Erkenntnisse dienen schlussendlich als Grundlage für den Lösungsvorschlag. Sämtlich in dieser Arbeit abgebildeten Domänenmodell wurden, wie bereits erwähnt, mithilfe von "StarUML" modelliert. Die Modelle sowie die MDJ-Datei selbst wurden der Arbeit beigelegt[15].

Es ist vorgängig wichtig zu erwähnen, dass es dem Autor nicht möglich war sämtlich analysierten Daten abschliessend zu dokumentiert. Da eine Vielzahl der nicht explizit erläuterten Daten nur internen Stellen in den verschiedenen Bundesämtern bekannt ist, konnten nicht alle Daten bzw. Attribute definiert werden. Der Autor hat jedoch versucht die identifizierten Lücken bestmöglich zu schliessen. In jenen Fällen, bei denen dem Autor keine weiterführenden Informationen zur Verfügung standen, wurde dies durch die Abkürzung "N/A" (eng.: not available) vermerkt.

Hinsichtlich der Attribute kann in diesen Fällen weder die exakte Validierung bestimmt noch die Frage beantwortet werden, ob es überhaupt zu einer Validierung kommt oder die Daten unreflektiert vom System übernommen werden. Bei den übrigen Attributen wurde die entsprechende Validierung angegeben. Dabei wurden wo möglich und sinnvoll reguläre Ausdrücke (Regexp) eingesetzt. Reguläre Ausdrücke stellen eine verallgemeinerte Sprache zur Musterdefinierung dar. Jedes Programm implementier und verwendet sie unterschiedlich, wobei jedoch die Sprache sowie die Muster selbst allgemein als reguläre Ausdrücke bezeichnet werden (Friedl, 2006, S. 4). Der Autor hat sich bei der Definition der Ausdrücke an der Schreibweise und den Zeichen gemäss der Regexp-Variante für "egrep"[16] orientiert. Da die verschiedenen Regexp-Varianten laufend erweitert und angepasst werden, wird eine klare Trennung immer schwieriger. Zudem lassen sich mit der Regexp-Variante für egrep nicht sämtliche Muster erstellen. Deshalb zog der Autor zusätzlich als Referenzliteratur Friedl (2006) bei.

[15] Siehe Anhang L

[16] Ähnlich wie in vielen Textverarbeitungsanwendungen, in denen mit Hilfe von regulären Ausdrücken Dokumente durchsucht werden können, kann auch egrep eingesetzt werden. Egrep erlaubt das Durchsuchen verschiedener Files anhand eines regulären Ausdrucks und gibt nur jene Zeilen eines Files zurück, die mit dem regulären Ausdruck übereinstimmen. Friedl (2006, S. 6-7).

3.1 Ist-Analyse

In dieser Phase werden die bereits verfügbaren Daten beschrieben und der Zustand des Datenmaterials analysiert. Bestehende Datenstrukturen werden identifiziert und modelliert. Zudem erfolgt die Definition und Modellierung der zu berücksichtigenden Domänen sowie deren Domänenmodellen in Form von UML-Klassendiagrammen. Das Ergebnis dieser Analysearbeit stellt die Ist-Situation im Rahmen der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur dar und fliesst in die Erstellung des Lösungsansatzes mit ein.

3.1.1 Sachpläne und Objektblätter

Die Sachpläne beinhalten Informationen zu raumplanerischen Aufgaben des Bundes. Zusätzlich enthält jeder Sachplan jeweils sogenannte Objektblätter[17] (OB), die Informationen zu den zugehörigen Infrastrukturprojekten liefern. Beide enthalten wichtige Informationen für die gemeinsame, infrastrukturübergreifende Planung. Obschon die OBs als Bestandteile der Sachpläne definiert werden können, gibt es gewisse Unterschiede hinsichtlich inhaltlicher und formaler Natur. Die Sachplandaten werden über alle Bundesämter hinweg über das standardisierte Datenformat INTERLIS-Dateitransferformat (ITF) festgehalten. "INTERLIS" ist eine formale Sprache, die unter anderem die Beschreibung von Geodaten ermöglicht sowie die Modellierung von Datenmodellen im Bereich der Vermessung. "INTERLIS" ist gesetzlich verankert und gilt als Bundesstandard (eCH-0031[18]), der für die Dokumentation der Sachplandaten verwendet werden muss (Koordination, Geo-Information und Services [KOGIS] & Bundesamt für Landestopografie [swisstopo], o. J.). Die Sachplandaten sind nicht nur den Behörden bekannt, sondern auch für die Öffentlichkeit zugänglich. Im Rahmen der "Open-Government-Data-Strategie Schweiz 2014–2018" gemäss E-Government Schweiz (2016) wurde das Webportal "opendata.swiss" eingeführt. Auf diesem finden sich bereits heute über 7400 (Stand: 16.05.2020) Datensätze, die durch Behördenstellen generiert und öffentlich zugänglich gemacht wurden. Darunter finden sich auch die INTERLIS-Datensätze der hier relevanten Sachpläne (SIN, SIS, SÜL).

Im Zusammenhang mit den Sachplänen gibt es eine weitere Anforderung, die berücksichtigt werden muss. Gemäss der Geoinformationsverordnung (GeoIV) müssen pro Sachplan bestimmte Minimalanforderungen bezüglich des Umfangs der Daten erfüllt werden. Der Schweizerische Bundesrat (2008, S. 19–40) gibt genau vor welche Daten mindestens in den Sachplänen erscheinen müssen. Darauf basierend hat das ARE in Zusammenarbeit mit den für die einzelnen Sachpläne zuständigen Ämtern ein gemeinsames minimales Geodatenmodell (MGDM) oder auch Basismodell genannt entwickelt (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 4–5). Da das Modell nur die nach GeoIV Anhang 1 zwingend abzubildenden Daten enthält, stellt es lediglich die minimalen Datenanforderungen an die Sachpläne dar. Damit lässt sich das Basismodell entsprechend individuell durch die verschiedenen Ämter erweitern.

Im Nachfolgenden wird das MGDM erläutert. Darauf aufbauend werden in den nachgelagerten Unterkapiteln die individuellen Ergänzungen zum Modell für jeden der drei Sachpläne erörtert. Zusätzlich werden auch jene Informationen aus den Objektblättern beschrieben, die weder im Basismodell noch in dessen Erweiterungen aufgeführt sind. Dabei handelt es sich um Informationen die mehrheitlich in Prosa vorliegen und von Sachplan zu Sachplan variieren.

[17] Siehe auch Glossar "Objektblatt"

[18] https://www.ech.ch/dokument/266625ed-0a4a-4c20-b7ff-504cd908c0d6

3.1.1.1 Minimales Geodatenmodell (MGDM)

Abbildung 3.1 zeigt das MGDM welches in Zusammenarbeit mit dem ARE und den verantwortlichen Ämtern für die Sachpläne entwickelt wurde. Dieses Unterkapitel beschreibt das Modell mit seinen Entitäten (dargestellt als Klassen im UML-Klassendiagramm) und liefert die Grundlage für das spezifische Datenmodell pro Sachplan.

Klasse: Sachplan
Jeder Sachplan setzt sich aus einem Konzeptteil, der die Strategie für die Umsetzung der Sachziele definiert und einem Objektteil, der den notwendigen Raumanspruch festlegt, zusammen. Dem Sachplan als Ganzes sind verschiedene Objekte zugeteilt (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 12).

Tabelle 3.1: MGDM - Klasse: Sachplan

Attribut	Logischer Datentyp	Definition	Validierung
GeoIV_ID	Sachplan-Identifikator	Eindeutiger Identifikator eines Sachplans	Regexp: (71 | 72 | 94) Ergänzung: - 71 = SIS - 72 = SIN - 94 = SÜL
Bezeichnung	Sachplantitel	Offiziell sprechender Name des Sachplans	Regexp: ("Sachplan Verkehr Teil Infrastruktur Schiene" | "Sachplan Verkehr Teil Infrastruktur Strasse" | "Sachplan Übertragungsleitungen")
Abkürzung	Sachplankürzel	Abkürzung des Sachplans	Regexp: ("SIN" | "SIS" | "SÜL")
Fachstellte	Bundesamt	Sprechende Bezeichnung des verantwortlichen Bundesamtes	Regexp: \w {3,50}
Beschreibung	Sachplanbeschrieb	Textueller Beschrieb des Sachplans	Regexp: \w {5,}
Mutationshinweis	Mutationsangabe	Attribut für Mutationsangaben beinhalten	Muss: Datum und Zeit der letzten Mutation [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit des Inkrafttretens [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit bis wann das Objekt gültig/ genehmigt/bestehend ist [Typ: XMLDateTime]

			(Giezendanner & Lanini, 2016, S. 14)

Quelle: Giezendanner und Lanini (2016, S. 12)

Klasse: Object

Jeder Sachplan besteht aus einem oder mehreren Sachplan-Objekten. Diese enthalten Angaben zu den einzelnen Sachplanprojekten und werden für dessen Realisierung benötigt (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 12).

Tabelle 3.2: MGDM - Klasse: Object

Attribut	Logischer Datentyp	Beschrieb	Validierung
Objekt-Nummer	Objekt-Nummer	Eindeutige Laufnummer pro Objekt	N/A
Bezeichnung	Objektbezeichnung	Sprechende Bezeichnung des Objekts	Regexp: \w {10,100}
Projektname	Projektname	Name des Infrastrukturprojekts bzw. Vorhaben	Regexp: \w {10,100}
Beschreibung	Projektbeschrieb	Textueller Projektbeschrieb	Regexp: \w {5,}
Mutationshinweis	Mutationsangabe	Attribut für Mutationsangaben	Muss: Datum und Zeit der letzten Mutation [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit des Inkrafttretens [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit bis wann das Objekt gültig/ genehmigt/bestehend ist [Typ: XMLDateTime] (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 14)

Quelle: Giezendanner und Lanini (2016, S. 12)

Klasse: Dokument

Bei den Dokumenten handelt es sich um die Objektblätter, welche zu einem bestimmten Sachplan-Objekt gehören (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 12). Nebst den in Tabelle 3.3 aufgeführten Attribute beinhalten Objektblätter noch weitere Informationen. Diese sind in keiner strukturierten Art und Weise dokumentiert (mehrheitlich Prosa). Dieser Umstand erschwert das Suchen, Finden und Weiterverarbeiten von wichtigen Daten insgemein. Da die Zusatzinformationen jeweils sachplanspezifisch sind, werden sie in den entsprechenden Unterkapiteln aufgeführt.

Tabelle 3.3: MGDM - Klasse: Dokument

Attribut	Logischer Datentyp	Beschrieb	Validierung
Objekt-blattNr	OB-ID	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code des Objektblatt	N/A
Bezeichnung	Titel	Titel des Objektblatts	Regexp: \w {10,100}
Version	Dokumenten-version	Versions des Dokuments	Datumsformat (YYYY-MM-DD) oder Versionsnummer (nicht weiter spezifiziert)
WebRefe-renz	URL	Link zum Dokument im PDF-Format, welcher das OB beschreibt	Weblink-Syntax gemäss: Berners-Lee, Fielding und Masinter (2005)
Sprache	Sprachcode	Sprach in dem das Dokument verfasst ist	Gemäss: International Organization for Standardization [ISO] (2002) Regexp: ("de" | "fr" | "it" | "rm" | "en")
Beschrei-bung	OB-Beschrieb	Textueller Beschrieb des Dokuments	Regexp: \w {5,}
Mutations-hinweis	Mutationsan-gabe	Attribut für Mutationsangaben	Muss: Datum und Zeit der letzten Mutation [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit des Inkrafttretens [Typ: XML-DateTime] Kann: Datum und Zeit bis wann das Objekt gültig/ genehmigt/bestehend ist [Typ: XMLDateTime] (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 14)

Quelle: Giezendanner und Lanini (2016, S. 12)

Klasse: Anlage
Jedes Sachplan-Objekt umfasst nebst den Objektblättern auch eine oder mehrere Anlagen (Infrastruktur). Jede Anlage besitzt eine Geometrie[19] (Punkt, Linienzug oder Fläche) (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 13).

Tabelle 3.4: MGDM - Klasse: Anlage

Attribut	Logischer Datentyp	Beschrieb	Validierung
Geometrie	Geometrie der Anlage	Zweidimensionale Darstellung der Anlage	Regexp: (Geometrie als 2D-Multi-Punkt | Geometrie als 2D-Multi-Linienzug | Geometrie als 2D-Multi-Fläche)*
Bezeichnung	Anlagebezeichnung	Textuelle Bezeichnung der Anlage	Regexp: \w {5,}
AnlageArt	Anlageart	Art der Anlage	Code aus einer Kombination von Ziffern und Buchstaben. Regexp: ([0-9] {2}) "-F-" ([0-9] {2}) Ergänzung: Die ersten beiden Ziffern verweisen auf den betroffenen Sachplan. Der Buchstabe "F" steht für Facility (englisch für Anlage). Die letzten beiden Ziffern bilden die Laufnummer. Die Anlageart ist sachplanspezifisch und wird in der jeweiligen Sachplanerweiterung des MGDM aufgeführt
AnlageStatus	Anlagestatus	Status der Anlage; Als Zifferncode dargestellt.	Regexp: (1 | 2 | 3 | 4 | 5) Ergänzung: - 1=Bestehende Anlage - 2=Neubau - 3=Anpassung/Umnutzung - 4=Stilllegung - 5=Aufhebung
Beschreibung	Anlagebeschrieb	Textueller Beschrieb der Anlage	Regexp: \w {5,}

[19] Siehe auch Glossar "Geometrie"

coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider, Gubler, Marti und Gurtner (2001, 20 ff.) definiert.
Mutationshinweis	Mutationsangabe	Attribut für Mutationsangaben	Muss: Datum und Zeit der letzten Mutation [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit des Inkrafttretens [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit bis wann das Objekt gültig/ genehmigt/bestehend ist [Typ: XMLDateTime] (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 14)

*= 2D-Multi-Punkt: Punkt innerhalb eines Koordinatensystems
2D-Multi-Linienzug: Linie die zwischen zwei Punkten verläuft
2D-Multi-Fläche: Zweidimensionales Objekt

Quelle: Giezendanner und Lanini (2016, S. 13)

Klasse: Planerische Massnahmen
Jede Anlage enthält entsprechende planerische Massnahmen, welche ebenfalls über eine Geometrie definiert sind (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 13). Planerische Massnahmen sind räumlich verankerte Festlegungen. Sie garantieren die räumliche Sicherung eines Sachplanprojekts (Cerf, Straumann & Graf, 2017, S. 10).

Tabelle 3.5: MGDM - Klasse: Planerische Massnahmen

Attribut	Logischer Datentyp	Beschrieb	Validierung
Geometrie	Geometrie der Anlage	Zweidimensionale Darstellung der Anlage	Regexp: (Geometrie als 2D-Multi-Punkt | Geometrie als 2D-Multi-Linienzug | Geometrie als 2D-Multi-Fläche)
Bezeichnung	Massnahmenbezeichnung	Sprechende Bezeichnung der Massnahme	Regexp: \w {5,}
MassnahmenTyp	Massnahmentyp	Art der Massnahmen	Code aus einer Kombination von Ziffern und Buchstaben. Regexp: ([0-9] {2}) "-M-" ([0-9] {2}) Ergänzung: Die ersten beiden Ziffern verweisen auf den betroffenen Sachplan. Der Buchstabe "M" steht für Measure (englisch für Massnahme). Die letzten beiden Ziffern bilden die Laufnummer. Der Massnahmentyp ist sachplanspezifisch und wird in der jeweiligen Sachplanerweiterung des MGDM aufgeführt
Koordinationsstand	Koordinationsstand	Koordinationsstand der Massnahmen; Als Zifferncode dargestellt	Regexp: (1 | 2 | 3) Ergänzung: - 1= Festsetzung - 2=Zwischenstand - 3=Vororientierung
Planungsstand	Planungsstand	Planungsstand in der sich die Anlage befindet; Als Zifferncode dargestellt	Regexp: (1 | 2) Ergänzung: - 1=in Kraft - 2=in Anhörung

Beschreibung	Massnahmenbeschrieb	Textueller Beschrieb der Massnahme	Regexp: \w {5,}
Mutationshinweis	Mutationsangabe	Attribut für Mutationsangaben	Muss: Datum und Zeit der letzten Mutation [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit des Inkrafttretens [Typ: XMLDateTime] Kann: Datum und Zeit bis wann das Objekt gültig/ genehmigt/bestehend ist [Typ: XMLDateTime] (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 14)

Quelle: Giezendanner und Lanini (2016, S. 13)

UML-Klassendiagramm des minimalen Geodatenmodells (Basismodell)

Nach dem im Vorfeld die einzelnen Klassen inklusive Attribute erörtert wurden, zeigt Abbildung 3.1 das UML-Klassendiagramm des MGDM, auf dem auch die Sachplan-Datenmodelle aufbauen. Deren Ergänzungen zum hier abgebildeten Basismodell werden in den kommenden Unterkapiteln beschrieben. Zu Gunsten der Lesbarkeit wurden in Abbildung 3.1 die Attribute innerhalb der jeweiligen Entität ausgeblendet. Das vollständige UML-Klassendiagramm kann der Beilage dieser Arbeit "Keshwala-Deven_BT_Beilagen_Domänenmodelle\MGDM" entnommen werden.

Es ist im Weiteren anzumerken, dass das Modell, abgesehen von den Attributen, so übernommen wurde wie es in Giezendanner und Lanini (2016, S. 6) definiert ist. Es fand keine zusätzlich fachliche Überprüfung seitens des Autors statt.

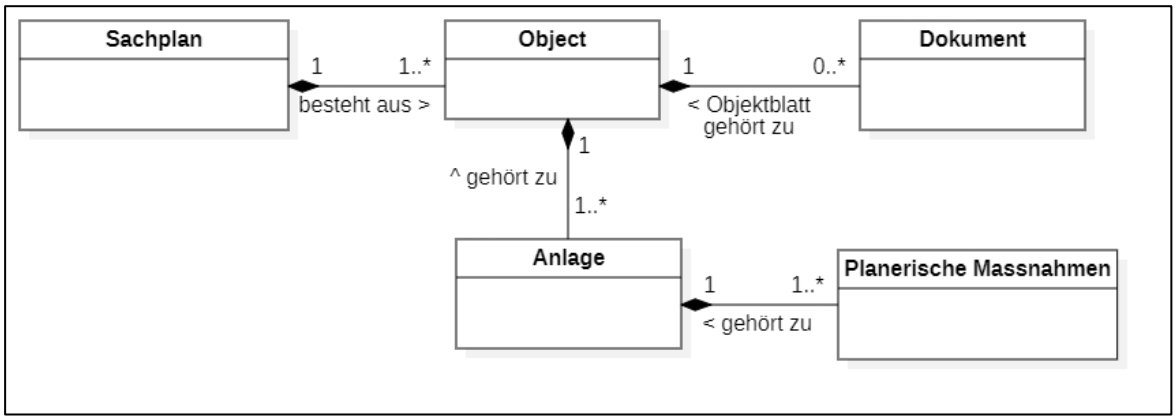

Abbildung 3.1: Minimales Geodatenmodell - Basismodell Sachpläne (in Anlehnung an: Giezendanner & Lanini, 2016, S. 6)

Da die Sachplandaten bereits im einheitlichen INTERLIS-Datenformat vorliegen und durch die Ämter auf der Website www.data.geo.admin.ch bereitgestellt werden, kann das ARE diese herunterladen und nach entsprechender Aufbereitung nutzten (z.B. Publikation im Web-GIS). Somit sind zumindest die Sachplandaten zentral auf einem Portal visuell ersichtlich[20]. Zusätzlich wird pro Infrastrukturprojekt das entsprechende Objektblatt in PDF-Format verlinkt.

3.1.1.2 Erweiterungen zum MGDM - Sachplandaten SIN

Das Geodatenmodell für den SIN ist identisch zum Basismodell und enthält lediglich Erweiterungen im Bereich der Katalog-Einträge. Dabei handelt es sich um die Definition von SIN-spezifischen Werten für die Attribute "AnlageArt" und MassnahmenTyp". Die Attributwerte sind in der Tabelle 3.6 aufgeführt (Cerf et al., 2017, S. 5).

Tabelle 3.6: Erweiterung MGDM - SIN

Attribut	Logischer Datentyp	Beschrieb	Validierung
AnlageArt	Anlageart	Art der Anlage	Regexp: "72-F-"[01-08] Ergänzung*: - 72-F-01=Nationalstrasse offen (Oberirdische Streckenführung) - 72-F-02=Nationalstrasse Tunnel - 72-F-03=Anschluss - 72-F-04=Halbanschluss - 72-F-05=Abstellplatz, Warteraum, Kontrollzentrum für Schwerverkehr - 72-F-06=Wildtierquerung - 72-F-07=Überdeckung, Einhausung - 72-F-08=Verzweigung
MassnahmenTyp	Massnahmentyp	Art der Massnahmen	Regexp: "72-M-"[01-04] Ergänzung: - 72-M-01=Anlageperimeter - 72-M-02=Planungsperimeter/-korridor - 72-M-03=Standortfestlegung - 72-M-04=Aufhebung

*Für weiterführende Definition siehe Cerf et al. (2017, S. 13–14)

Quelle: Cerf et al. (2017, S. 13–15)

[20] Siehe Abbildung 2.1

In der Tabelle 3.7 sind zusätzlich jene Informationen aufgelistet, die in den Objektblättern des SIN nur in textueller Form (Prosa) enthalten sind und somit keinen Bestandteil des MGDM oder dessen Erweiterungen darstellt. Zur Vervollständigung des Domänenmodells der Sub Domain "Nationalstrassen" wurden die Informationen in einer eigenen Klasse "Objektblatt Informationen" abgebildet.

Tabelle 3.7: Erweiterung MGDM (SIN) - Klasse: Objektblatt Informationen

Attribut	Logischer Datentyp	Aufgliederung / Beschrieb	Validierung
ObjektblattNr	OB-ID	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code des Objektblatt	N/A
Kanton	Kanton	Kanton in dem das Projekt umgesetzt wird	Regexp: \w {3,50}
Gemeinde	Gemeinde	Betroffene Gemeinde	Regexp: \w {3,50}
Amtsstelle	Behördenstelle	Verantwortliche Amtsstelle für das Projekt	Regexp: \w {3,50}
Partner	Kürzel	Weitere Organisationen die als Partner mitwirken	Regexp: [A-Z\.\-] {3,10}
Funktion und Begründung	Begründung und Auswirkungen	Textueller Beschrieb der Begründungen für die Durchführung des Sachplanprojekts und die daraus resultierenden Auswirkungen	Regexp: \w {5,}
Stand der Beschlussfassung	Genehmigungsstatus	Statusdefinition, ob das Vorhaben genehmigt wurde	Regexp: ("Offen" | "Beschlossen" | "In Abklärung")
Einträge in andere Planungsinstrumente	Verweis	Textueller Beschrieb, ob Vorhaben in weiteren Planungsinstrumenten (z.B. Richtpläne der Kantone) eingetragen ist.	Regexp: \w {3,100}
Verweis	Verweis	Verweis auf andere Objektblätter oder Kapitel innerhalb des Sachplans	Objektblatt-Nummern Regexp: [0-9\-\.] {3,10} OR Kapitelnummer Regexp: [0-9\.] {1,10}
Grundlagen	Verweis	Textuelle Referenz auf rechtliche Beschlüsse / Vorgaben in Bezug auf das Vorhaben	Regexp: \w {3,100}

Quelle: Bundesamt für Strassen [ASTRA] (2018, 1 ff.)

3.1.1.3 Erweiterungen zum MGDM - Sachplandaten SIS

Auch im Falle des SIS wurden keine signifikanten Erweiterungen zum MGDM vorgenommen. Einzige Differenz stellen die SIS-spezifischen Attributwerte für die Attribute "AnlageArt" und "MassnahmenTyp" dar, welche in Tabelle 3.8 erläutert werden (Dällenbach & Lietha, 2016, S. 16).

Tabelle 3.8: Erweiterung MGDM - SIS

Attribut	Logischer Datentyp	Beschrieb	Validierung
AnlageArt	Anlageart	Art der Anlage	Regexp: "71-F-"[01-14] Ergänzung*: - 71-F-01=Offene Strecke (Oberirdische Streckenführung) - 71-F-02=Tunnel - 71-F-03=Zwischenangriff, Stollen - 71-F-04=Portal - 71-F-05=Unterwerk - 71-F-06=Bahnhof - 71-F-07=Haltestelle - 71-F-08=Güterverkehrsanlage - 71-F-09=Materialbewirtschaftung - 71-F-10=Installationsplatz - 71-F-11=Autoverladeanlage - 71-F-12=Strassenverlegung - 71-F-13=Übertragungsleitung Bahn oberirdisch - 71-F-14=Übertragungsleitung Bahn unterirdisch
MassnahmenTyp	Massnahmentyp	Art der Massnahmen	Regexp: "71-M-"[01-06] Ergänzung: - 71-M-01=Standortfestlegung (Punkt) - 71-M-02=Standortfestlegung (Linie) - 71-M-03=Anlageperimeter - 71-M-04=Planungsperimeter/-korridor - 71-M-05=Aufhebung (Punkt) - 71-M-06=Aufhebung (Linie)

*Für weiterführende Definition siehe Dällenbach und Lietha (2016, S. 18–19)

Quelle: Dällenbach und Lietha (2016, S. 18–19)

In der Tabelle 3.9 sind zusätzlich jene Informationen aufgelistet, die in den Objektblättern des SIS nur in textueller Form (Prosa) enthalten sind und somit keinen Bestandteil des MGDM oder dessen Erweiterungen darstellt. Zur Vervollständigung des Domänenmodells der Sub Domain "Schienennetz" wurden die Informationen in einer eigenen Klasse "Objektblatt Informationen" abgebildet.

Tabelle 3.9: Erweiterung MGDM (SIS) - Klasse: Objektblatt Informationen

Attribut	Logischer Datentyp	Aufgliederung / Beschrieb	Validierung
ObjektblattNr	OB-ID	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code des Objektblatt	N/A
Kanton	Kanton	Kanton in dem das Projekt umgesetzt wird	Regexp: \w {3,50}
Gemeinde	Gemeinde	Betroffene Gemeinde	Regexp: \w {3,50}
Amtsstelle	Behördenstelle	Verantwortliche Amtsstelle für das Projekt	Regexp: \w {3,50}
Partner	Kürzel	Weitere Organisationen die als Partner mitwirken	Regexp: [A-Z\.\-] {3,10}
Funktion und Begründung	Begründung und Auswirkungen	Textueller Beschrieb der Begründungen für die Durchführung des Sachplanprojekts und die daraus resultierenden Auswirkungen	Regexp: \w {5,}
Stand der Beschlussfassung	Genehmigungsstatus	Statusdefinition, ob das Vorhaben genehmigt wurde	Regexp: ("Offen" | "Beschlossen" | "In Abklärung")
Hinweis zu den Festlegungen	Verweis mit Hinweis zum Vorhaben	Textuelle Referenz auf weitere Planungsinstrumente (z.B. Richtpläne der Kantone) sowie textuelle weiterführende Hinweise zum Vorhaben (Vorgeschichte, weitere Auswirkungen, zu Berücksichtigende Faktoren etc.)	Referenz Regexp: \w [^0-9^_] {3,100} Hinweise Regexp: \w {5,}
Verweis	Verweis	Verweis auf andere Objektblätter oder Kapitel innerhalb des Sachplans	Objektblatt-Nummern Regexp: [0-9\-\.] {3,10} oder Kapitelnummer Regexp: [0-9\.] {1,10}
Grundlagen	Verweis	Textuelle Referenz auf rechtliche Beschlüsse / Vorgaben in Bezug auf das Vorhaben	Regexp: \w {3,100}

Quelle: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation [UVEK] (2018, 87 ff.)

3.1.1.4 Erweiterungen zum MGDM - Sachplandaten SÜL

Sowie der SIN und SIS weist der SÜL ebenfalls nur bei den Attributen "AnlageArt" und "MassnahmenTyp" Erweiterungen zum Basismodell auf (Giauque, Gogel & Hertach, 2015, S. 4). Die Sachplan-spezifischen Attributwerte sind in Tabelle 3.10 festgehalten.

Tabelle 3.10: Erweiterung MGDM - SÜL

Attribut	Logischer Datentyp	Beschrieb	Validierung
AnlageArt	Anlageart	Art der Anlage	Regexp: "94-F-"[01-02] Ergänzung: - 94-F-01=Bauvorhaben Übertragungsleitung, Teil des strategischen Netzes - 94-F-02=Bauvorhaben Übertragungsleitung, Normales Netz
MassnahmenTyp	Massnahmentyp	Art der Massnahmen	Regexp: "94-M-"[01-04] Ergänzung: - 94-M-01=Start- oder Endpunkt für eine Übertragungsleitung - 94-M-02=Planungsgebiet für Übertragungsleitung - 94-M-03=Planungskorridor für Übertragungsleitung

Quelle: Giauque et al. (2015, S. 5–6)

In der Tabelle 3.11 sind zusätzlich jene Informationen aufgelistet, die in den Objektblättern des SÜL nur in textueller Form (Prosa) enthalten sind und somit keinen Bestandteil des MGDM oder dessen Erweiterungen darstellt. Zur Vervollständigung des Domänenmodells der Sub Domain "Übertragungsleitungen" wurden die Informationen in einer eigenen Klasse "Objektblatt Informationen" abgebildet.

Tabelle 3.11: Erweiterung MGDM (SÜL) - Klasse: Objektblatt Informationen

Attribut	Logischer Datentyp	Aufgliederung / Beschrieb	Validierung
ObjektblattNr	OB-ID	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code des Objektblatt	N/A
Netzschema	Technische Zeichnung	Technische Zeichnung der betroffenen Leitungen	.jpg-Datei
Ausgangslagen	Begründung und Auswirkungen	Textueller Beschrieb der Begründungen für die Durchführung des Sachplanprojekts und die daraus resultierenden Auswirkungen	Regexp: \w {5,}
Beurteilung_Nutzungskriterien	Nutzungskriterien	Bewertung des Nutzten bezüglich der Faktoren "Energiewirtschaft",	Regexp: ("nicht relevant" | "geringer Nutzen" | "hoher Nutzen")

		"Vorsorgesicherheit" und "Netzoptimierung" inklusive jeweiliger Begründung	Begründung Regexp: \w {5,}
Beurteilung_Schutzkriterien	Schutzkriterien	Bewertung bezüglich den Schutzfaktoren "Immissionsschutz", "Natur- und Landschaftsschutz" und "andere Raumnutzungsansprüche" inklusive jeweiliger Begründung	Regexp: ("kein Konflikt zu erwarten" | "Konflikt zu erwarten") Begründung Regexp: \w {5,}
Grundlagen	Verweis	Textuelle Referenz auf zu berücksichtigende Trassenpläne	Regexp: \w {3,50}
Inhaber	Betriebsinhaber	Betriebsinhaber der Übertragungsleitung	Regexp: \w {3,50}
Projektstelle	Kürzel	Projektierende Behördenstelle (Projektverantwortung)	Regexp: \w {3,20}
Partner	Kürzel	Projektpartner	Regexp: \w {3,20}
Verweis	Verweis	Verweise zu anderen Leistungszügen (Referenz auf andere OB)	Objektblatt-Nummern Regexp: [0-9\-\.] {3,10}

Quelle: BFE und ARE (2001, 112ff.)

3.1.2 Daten der Infrastrukturbundesämter und weiteren Organisationen - Definition Core und Sub Domains

Nebst der Erfassung und Dokumentation der Sachplandaten erheben die Infrastrukturämter und weitere (bundesnahe) Organisationen zusätzliche Daten, die sie zur Erfüllung ihrer Aufgaben benötigen. Ein Teil dieser Datensätze steht dem ARE bereits heute zur Verfügung, welches das Material im Rahmen seiner Koordinationstätigkeit verwendet. Diese Daten liegen jedoch in unterschiedlichen (Daten-) Formaten und Umfang vor. Im Folgenden werden die bereits verfügbaren Datensätze kurz beschrieben. Dabei erfolgt zugleich die Aufteilung und Definition der Core und Sub Domains, wobei jeder Datensatz einer Domain zugewiesen werden kann. Anschliessend wurden unter der Hilfe des Auftraggebers die Datensätze analysiert und erste Entitäten definiert. In einem iterativen Prozess wurden so aus jedem Datensatz heraus entsprechende Entitäten, Attribute und abschliessend logische Datentypen abgeleitet, welche als Domänenmodell abgebildet wurden. Pro Domain wurde so ein Modell (UML-Klassendiagramm) entwickelt. Die darin enthaltenen Entitäten (Klassen) sind in Tabellenform beschrieben. Zu Gunsten der Übersichtlichkeit finden sich die Definitionen der Attribute inklusive logischen Datentypen nicht im Hauptdokument. Sie können dem Anhang E (Sub Domain "Nationalstrassen"), F (Sub Domain "Schienennetz"), G (Sub Domain "Übertragungsleitungen") und H (Core Domain "Multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur") entnommen werden.

Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass die einzelnen Datensätze oftmals eine Vielzahl von verschiedenen Attributen aufweisen, deren Bedeutung nicht immer ersichtlich ist. Wie aus dem Gespräch mit dem Auftraggeber heraus ging, handelt es sich dabei meist um Attribute, die vor allem innerhalb der erhebenden Stelle eine fachlich relevante Bedeutung aufweisen. Zudem liegen auch keine zusätzlichen Beschreibungen bzw. Dokumentationen zu den Daten vor. Resultierend daraus arbeitet das ARE mit Datenmaterial dessen Inhalt nur bis zu einem gewissen Grad durch die Mitarbeiter verstanden wird (gilt auch für die Zusammensetzung oder Definition der Attributwerte). Im Rahmen einer übergeordneten Koordinationsaufgabe werden je-

doch nicht sämtlich mitgelieferten Attribute durch das ARE benötigt, womit auch keine vollständige Erläuterung der erhaltenen Datensätze gefordert wird. Primäraufgabe des ARE ist es verschiedene Parteien zusammenzuführen, deren Projekte mögliche Synergien aufweisen. Bis zu diesem Zeitpunkt spielen jene Attribute keine entscheidende Rolle. Sie kommen erst dann wirklich zum Einsatz, wenn die betroffenen Parteien zusammenarbeiten. Somit verfügt das ARE in der aktuellen Situation auch über Daten, die für dessen Koordinationstätigkeit nicht (zwingend) benötigt werden.

Während der Analyse des Datenmaterials fand ein regemässiger Austausch mit dem Auftraggeber statt. Somit konnte einerseits die fachlich korrekte Definition der einzelnen Datensätze gewährleistet werden und andererseits wurde durch den Auftraggeber sichergestellt, dass dem Autor sämtlich relevante Dokumente zur Verfügung standen. Die Attribute, deren Bedeutung nicht eindeutig identifiziert werden konnten, wurden wiederum mit der Abkürzung "N/A" vermerkt.

Die im Folgenden analysierten und in Modellen abgebildeten Daten finden bereits heute Anwendung, in dem sie vom ARE zentral gesammelt, manuell aufbereitet und im Tool "Feature Manipulation Engine" (FME) verwaltet werden. Dieses wird für die Übersetzung und Verarbeitung räumlicher Daten eingesetzt. FME ermöglicht einen anschliessenden Export in ein vom User vorgegebenes Format, welches in die GIS-Software (QGIS) importiert werden kann und von dort aus, visuelle Repräsentationen erstellt werden können. Dadurch wird auch die Visualisierung der Daten im Web-GIS sowie die Darstellung der geografischen Nähe der einzelnen Infrastrukturobjekte ermöglicht. Ein erster Prototyp dieser grafischen Abbildung, die im ARE entwickelt wurde, wird im Abschnitt 3.1.2.4 erläutert.

Im Anhang D findet sich eine Übersicht der analysierten Datensätze. Dabei wurde gemeinsam mit dem Auftraggeber pro Datensatz definiert zu welcher Domäne er angehört, welche Relevanz das Datenmaterial für das zu erstellende Modell bzw. das Vorhaben hat, wie aktuell die enthaltenen Daten sind, ob spezifische Rechtsgrundlagen gelten, von wo das Datenmaterial bezogen wird und wer der Data Owner darstellt.

3.1.2.1 Sub Domain "Nationalstrassen"

Im Rahmen der behördlichen Raumplanung ist das ASTRA als Eigentümerin der Nationalstrassen für deren Verwaltung, Instandhaltung und Ausbau verantwortlich. Im Weiteren stellt das ASTRA die verantwortliche Behörde für die Erstellung und Pflege des SIN inklusive der dazugehörigen Objektblätter[21] dar. Dabei wird jeweils die Zusammenarbeit mit dem ARE gesucht, welche eine übergeordnete Koordinationsaufgabe innerhalb der Bundesplanung einnimmt. Nebst den Sachplanprojekten ist das ASTRA für weitere Infrastrukturaufgaben und -vorhaben zuständig, welche nicht im SIN erfasst sind.

Hierbei ist noch eine Besonderheit bezüglich der Erstellung der Datensätze und dem Besitzer der Daten zu beachten. Obschon das ASTRA die Quelle für alle Daten in dieser Domäne darstellt, wurde lediglich ein Datensatz durch das ASTRA erstellt (ASTRA_Nationalstrassenachsen). Die restlichen wurden jeweils in Zusammenarbeit mit dem ARE (NPVM_STEP_Nationalstrassen) oder durch dieses selbst erarbeitet. Die Tabelle 3.12 dient als Übersicht jener Datensätze, die vom ASTRA bzw. in Kollaboration mit dem ARE erstellt wurden. Tabelle 3.13 zeigt auf, welche Datensätze auf Basis der ASTRA-Daten durch das ARE erarbeitet wurden.

[21] Vgl. Kapitel 3.1.1

Tabelle 3.12: ASTRA - Datensätze (IST)

Datensatz	Beschreibung
ASTRA_Nationalstrassenachsen	Als einziger, ausschliesslich durch das ASTRA erstellte Datensatz beinhaltet dieser Daten zu den Stamm-, Rampen- und Zubringerachsen. Dazu gehören unteranderem die Geometrie (inkl. Koordinaten) sowie wie die Benennung der Achsen. Im Weiteren werden ebenfalls Bezugspunkte mitaufgeführt. Damit bildet dieser Datensatz ein Netz der wichtigsten Nationalstrassenachsen ab.
NPVM_STEP_Nationalstrassen	Dieser Datensatz beinhaltet sämtliche Erweiterungsprojekte, welche für die Sicherstellung der Funktionalität der Nationalstrassen benötigt werden (Schneeberger, 2018, S. 4–6). Die hier enthaltenen Projekte gehören nicht zum Umfang des Sachplans. Obwohl die Nationalstrassen in den Aufgabenbereich des ASTRA fallen, war das ARE bei der Erstellung dieses Datensatzes massgeblich beteiligt. Die Datengrundlage stammt zwar aus dem ASTRA und diese übernimmt hierbei auch die Verantwortung. Die Zusammenführung, Konsolidierung und Erfassung als maschinenlesbares Datenformat wurde jedoch durch das ARE übernommen. Der Datensatz beinhaltet unter anderem die betroffenen Strecken(abschnitte) mit den entsprechenden Koordinaten und Geometrien sowie die Referenz auf das jeweilige STEP-Projekt. Ebenfalls finden sich relevante projektbezogene Angaben wieder. Durch die Beteiligung des ARE, ist erkennbar, dass der Datensatz bereits einige Inhalte enthält die wichtig sind für die Realisierung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur.

Tabelle 3.13: ARE - Datensätze (IST)

Datensatz	Beschreibung
ASTRA_MapInfo	Dieser Datensatz beinhaltet die Geometrien aus dem Sachplan (SIN), die Bezüge auf das dazugehörige Objektblatt sowie die Referenz auf allfällig betroffene STEP-Massnahmen. Der Datensatz zeigt auf, wo sich Sachplanprojekte mit STEP-Massnahmen räumlich schneiden. Durch die Angabe der Geometrie und Koordinaten der Projekte lässt sich die Verbindung auch visuell über ein GIS darstellen.
ASTRA_Planung	Der Datensatz "ASTRA_Planung" beinhaltet sämtlich geplante Strasseninfrastrukturprojekte, welche nicht Bestandteil des SIN sind. Zusätzlich finden sich Angaben zu Projektstart und -ende, Kosten sowie in welcher Projektphase sich das Vorhaben aktuell befindet.

UML-Klassendiagramm

Die Abbildung 3.2 zeigt die Sub Domain "Nationalstrassen" als Teilresultat der Ist-Analyse. Dabei wurde auch das MGDM inklusive Erweiterung miteinbezogen (gilt auch für die restlichen Sub Domains). Es enthält als zusätzliches Element die Entität "Objektblatt Informationen". Diese beinhaltet jene objektblätterspezifischen Daten aus Tabelle 3.7, die im Basismodell des MGDM nicht enthalten sind. Im Weiteren übernimmt das ARE in dieser Domäne nicht nur eine koordinierende Rolle, sondern ist auch für die Erarbeitung einiger Datensätze verantwortlich. Die Datengrundlage dazu liefert jedoch das ASTRA. In Tabelle 3.14 findet sich nachfolgend eine kurze Beschreibung der einzelnen Entitäten (Klassen), welche im UML-Klassendiagramm ersichtlich sind. Die Definition der einzelnen Attribute kann dem Anhang E entnommen werden. Zu Gunsten der Lesbarkeit wurden in Abbildung 3.2 die Attribute innerhalb der jeweiligen Entität ausgeblendet. Das vollständige UML-Klassendiagramm kann der Beilage dieser Arbeit "Keshwala-Deven_BT_Beilagen_Domänenmodelle\Sub Domain 'Nationalstrassen'_IST" entnommen werden.

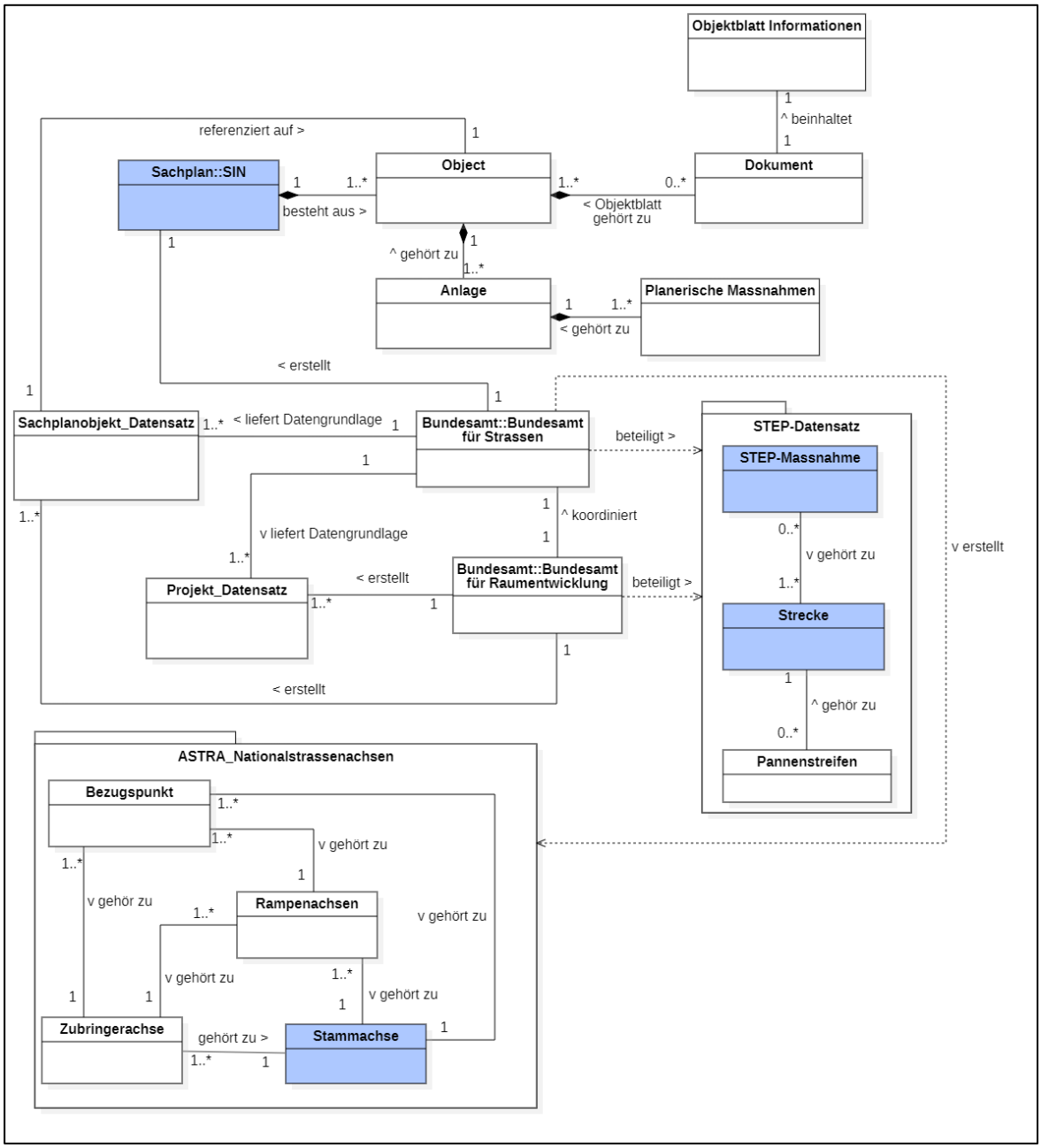

Abbildung 3.2: Domänenmodell - Nationalstrassen (IST)

Die nachfolgende Tabelle liefert zu jeder abgebildeten Entität einen entsprechenden Beschrieb. Zu Gunsten der besseren Lesbarkeit wurden die Attribute und logischen Datentypen in den Klassen ausgeblendet. Sie können dem Anhang E entnommen werden.

Tabelle 3.14: Klassenbeschrieb - Sub Domain "Nationalstrassen" (IST)

Entität	Beschreibung
Bundesamt für Strassen	Das ASTRA ist zuständig für die Erarbeitung des SIN und hat bei der Erstellung des " NPVM_STEP_Massnahmen" Datensatzes mitgewirkt sowie einen weiteren selbst erarbeitet.
Bundesamt für Raumentwicklung	Das ARE war massgeblich an der Entwicklung des "NPVM_STEP_Massnahmen" Datensatzes beteiligt und hat zusätzlich zwei weitere auf Datenbasis des ASTRA erstellt. Im Weiteren übernimmt es eine koordinierende Rolle und die Projekte des ASTRA mit den restlichen Infrastrukturprojekten des Bundes abzustimmen.
SIN	Sachplan Verkehr – Teil Infrastruktur Strassen (vgl. Tabelle 3.1)
Object, Anlage, Dokument, Planerische Massnahmen	Bestandteile des MGDM (vgl. Kapitel 3.1.1.1)
Objektblatt Informationen	Beinhaltet die zusätzlichen Informationen aus den sachplanspezifischen OBs, welche im MGDM nicht aufgeführt sind (vgl. Tabelle 3.7).
Sachplanobjekte_Datensatz	Diese Klasse bildet den Datensatz "ASTRA_MapInfo " ab, welche Objekte für die Referenzierung zwischen Sachplanobjekten und STEP-Massnahmen beinhaltet. Eine weiterführende Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 3.13.
Projekt_Datensatz	Diese Klasse bildet den Datensatz "ASTRA_Planung" ab. Die Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 3.13.
Strecke	Bildet eine bestimmte Strecke oder Streckenabschnitt des Nationsstrassennetzes ab. Die Strecke kann Teil einer oder mehreren STEP-Massnahmen sein. Zudem ist ersichtlich, ob die Pannenstreifenumnutzung auf jener Strecke erlaubt ist oder nicht.
Pannenstreifen	Sollte die Pannenstreifenumnutzung für eine Strecke erlaubt sein, so wird unter anderem die dadurch zusätzliche generierte Fahrzeugkapazität angezeigt.
STEP-Massnahme	Die Klasse definiert die STEP-Massnahmen. Die Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 3.12.
Bezugspunkt	Strecken werden in Sektoren[22] aufgeteilt. Jeder Sektor besitzt einen Bezugspunkt, der als Startpunkt des Sektors gilt (Seiler et al., 2017, S. 10)
Zubringerachse	Zubringerachsen stellen einen Teil der Nationalstrassenachsen dar und gehören jeweils zu einer Stammachse.
Rampenachse	Rampenachsen stellen Ein- und Ausfahrten auf Stamm- oder Zubringerachsen der Nationalstrassen dar (Seiler et al., 2017, S. 27). Sie gehören jeweils zu einer Stammachse.
Stammachse	Als zentrale Bestandteile des Nationsstrassennetzes werden hier die Stammachsen abgebildet. Jeder Stammachse gehören sowohl eine oder mehrere Zubringerachsen als auch Rampenachsen an.

[22] Siehe auch Glossar "Sektor"

3.1.2.2 Sub Domain "Schienennetz"

Das BAV übernimmt im Schienenverkehr die Rolle der Aufsichtsbehörde über das gesamte schweizerische Schienennetz. Dazu gehört sowohl das Eisenbahnschienennetz sowie auch sämtliche Seil- und Bergbahnen. Das BAV ist jedoch im Gegensatz zum ASTRA nur Eigentümerin des Schienennetztes. Der Betrieb ist unter anderem die Aufgabe der SBB sowie weiteren (Privat)Organisationen. Die Erarbeitung und Pflege des SIS hingegen geschieht unter der Federführung des BAV. Zusätzlich verantwortet das BAV die KML Projekte, welche die digitalisierten Infrastrukturprojekte des BAV im Schienennetzt darstellten. Diese Projekte gehören jedoch nicht zum Bestandteil des SIS und werden somit separat durch das BAV verwaltet. Die Tabelle 3.15 liefert eine kurze Beschreibung des zusätzlichen Datenmaterials, welches das ARE vom BAV im Rahmen der multifunktionalen Nutzung der Infrastruktur bezieht und nutzt.

Tabelle 3.15: BAV - Datensätze (IST)

Datensatz	Beschreibung
BAV_KML_Projects_AS2035	Der "KML_Projects_AS20305" Datensatz beinhaltet die Projekte, welche im Rahmen des Vorhabens "Ausbauschritt 2035" (AS2035) umgesetzt werden sollen. Sie stellen keinen Bestandteil des SIS dar und werden separat geführt. Dabei ist jeweils ein Kurzbeschrieb des Projekts aufgeführt sowie dessen Koordinaten und Geometrie für die grafische Visualisierung der betroffenen Schienenstrecke.
BAV_MapInfo	Dieser Datensatz beinhaltet im Grundsatz ein Aggregat aus den Sachplandaten. Es besteht aus den offenen Strecken, Güterverkehrsanlagen, Tunnels, Bahnhöfen und Haltestellten, die Bestandteile von Sachplanprojekten darstellten. Als zusätzliches Attribut wird zu jedem Vorhaben die geplante Projektzeit angegeben (nicht in den Sachplandaten enthalten).

UML-Klassendiagramm

Die Sub Domain "Schienennetz" ist in Abbildung 3.3 modelliert worden. Hierbei ist vor allem das BAV für die Erstellung der einzelnen Datensätze verantwortlich. In gewissen Fällen liefern weitere Organisationen, die vor allem den Betrieb des Schienennetzes verwalten, weitere Informationen. Diese Beziehung wurde durch die Kollaborations-Assoziation zwischen der Entität "Organisation" und "Bundesamt für Verkehr" dargestellt. In Tabelle 3.16 findet sich nachfolgend eine kurze Beschreibung der einzelnen Entitäten (Klassen), welche im UML-Klassendiagramm ersichtlich sind. Die Definition der einzelnen Attribute kann dem Anhang F entnommen werden. Zu Gunsten der Lesbarkeit wurden in Abbildung 3.3 die Attribute innerhalb der jeweiligen Entität ausgeblendet. Das vollständige UML-Klassendiagramm kann der Beilage dieser Arbeit "Keshwala-Deven_BT_Beilagen_Domänenmodelle\Sub Domain 'Schienennetz'_IST" entnommen werden.

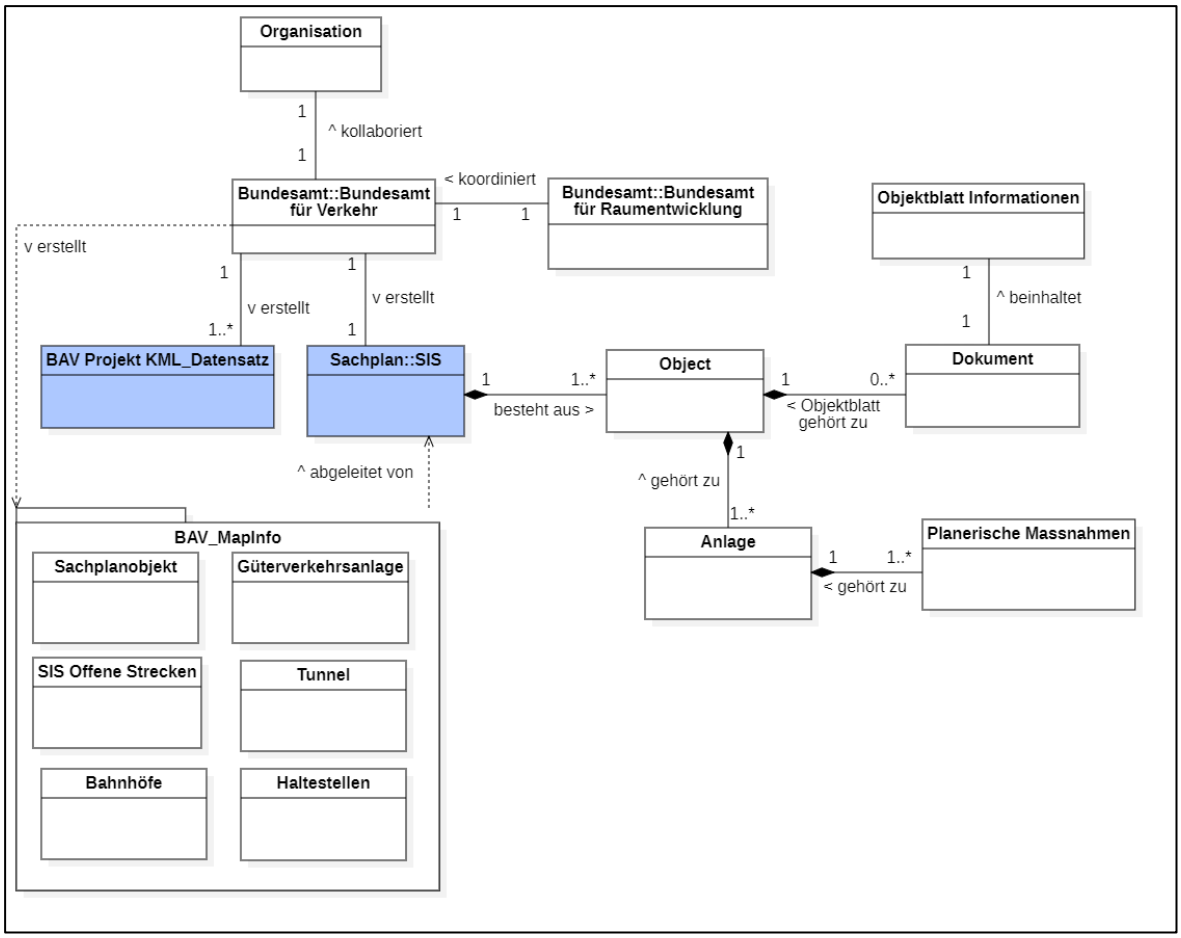

Abbildung 3.3: Domänenmodell - Schienennetz (IST)

Die nachfolgende Tabelle liefert zu jeder abgebildeten Entität einen entsprechenden Beschrieb. Zu Gunsten der besseren Lesbarkeit wurden die Attribute und logischen Datentypen in den Klassen ausgeblendet. Sie können dem Anhang F entnommen werden.

Tabelle 3.16: Klassenbeschrieb - Sub Domain "Schienennetz" (IST)

Entität	Beschreibung
Bundesamt für Verkehr	Das BAV ist für die Erstellung des SIS sowie weiteren Datensätzen zuständig. Es steht im Kontakt mit dem ARE, welches die übergeordnete Koordinationsaufgabe der Projekte wahrnimmt. Zudem kollaboriert das BAV mit weiteren Organisationen. Mehrheitlich handelt es sich hierbei um Unternehmen, die den Betrieb des Schienennetzes verantworten.
Bundesamt für Raumentwicklung	Das ARE nimmt in dieser Domäne primär seine Koordinationsrolle war.
Organisation	Dabei handelt es sich um (bundesnahe) Unternehmen, die für den Betrieb des Schienennetzes verantwortlich sind. Dazu gehören unter anderem SBB, BLS oder ZVV. Eigentümer des Netzes bleibt jedoch der Bund.
SIS	Sachplan Verkehr – Teil Infrastruktur Schienen (vgl. Tabelle 3.1)
Object, Anlage, Dokument, Planerische Massnahmen	Bestandteile des MGDM (vgl. Kapitel 3.1.1.1)

Objektblatt Informationen	Beinhaltet die zusätzlichen Informationen aus den sachplanspezifischen OBs, welche im MGDM nicht aufgeführt sind (vgl. Tabelle 3.8).
BAV Projekt (KML)_Datensatz	Diese Klasse bildet den Datensatz "KML_Projects_AS2035 " ab. Die Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 3.15.
Sachplanobjekt	Die Entität "Sachplanobjekte" bildet Referenzen auf Projekte aus dem SIS ab und stellt deren Koordinaten dar.
SIS Offene Strecken, Bahnhöfe, Güterverkehrsanalgen, Tunnel, Haltestellen	Diese Klassen bilden jeweils Projekte aus dem SIS ab. Wobei nur Projekte, die bestimmte Anlagearten (Offene Strecke, Bahnhöfe, Güterverkehrsanlagen, Tunnel und Haltestellen) betreffen, aufgeführt werden. Zusätzlich zu den bereits im SIS enthaltenen Daten, wird pro Projekt dessen Projektzeitraum angegeben.

3.1.2.3 Sub Domain "Übertragungsleitungen"

Swissgrid ist im Rahmen der Stormmarktliberalisierung entstanden und seit 2009 für den Betrieb und Ausbau des Höchstspannungsnetzes in der Schweiz verantwortlich (Swissgrid, 2020). In Bezug zur multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur zählt Swissgrid somit zu den Schlüsselpartner bei der Umsetzung des Vorhabens. Parallel dazu füllen das BFE und das ARE gemeinsam die verantwortliche Rolle bei der Erstellung und Pflege des SÜL aus. Daneben liefern sowohl das BFE wie auch Swissgrid weitere Datensätze, welche in der Tabelle 3.17 und Tabelle 3.18 erörtert werden.

Tabelle 3.17: BFE - Datensätze (IST)

Datensatz	Beschreibung
BFE_MapInfo	Dieser Datensatz beinhaltet jeweils den Start- sowie Endpunkt, der im Sachplan definierten Projekte. Dabei werden die beiden Punkte als Koordinatenpaar angegeben und mit einer zusätzlichen Referenz auf das dazugehörige Objektblatt im SÜL versehen. Im Gegensatz zu den meisten anderen Datensätze, die in dieser Arbeit analysiert wurden, lässt sich so die Geometrie der betroffenen Höchstspannungsleitung nicht visualisieren.
BFE_MapInfo_Planning_measure	Der zweite Datensatz aus dem BFE kann als Erweiterung des ersten betrachtet werden. Er zeigt unteranderem den sogenannten Planungsperimeter[23] eines Projektes an. Damit wird der geografische Umriss verstanden, innerhalb der ein Bau einer Übertragungsleitung möglich wäre. In diesem Fall ist die jeweilige Fläche jedoch grosszügig bemessen, womit nur eine ungefähre Planung möglich ist. Die Planungsperimeter beziehen sich auf die Sachplanprojekte und besitzen eine Referenz auf das dazugehörige Objektblatt.

[23] Siehe auch Glossar "Perimeter"

Tabelle 3.18: Swissgrid - Datensätze (IST)

Datensatz	Beschreibung
Swissgrid_Relevante_Trassen	In diesem Datensatz finden sich die baulichen Massnahmen auf dem Hauptübertragungsnetz (nicht Teil des Sachplans). Als einer der einzigen Datensätze liefert dieser auch entsprechende Zeitangaben zum Projektstart und geplantem Projektende. Ebenfalls werden die Koordinaten der betroffenen Trassen[24] angegeben, womit deren Geometrie visualisiert werden kann.
Swissgrid_TrassenSwissgrid	Mit diesem Datensatz liefert Swissgrid die Koordinaten des gesamten Übertragungsnetzes der Schweiz, womit dessen Geometrie auf einer Landkarte abgebildet werden kann.

UML-Klassendiagramm

Die Sub Domain "Übertragungsleitungen" ist in Abbildung 3.4 modelliert worden. Nebst dem BFE übernimmt hierbei auch Swissgrid eine zentrale Rolle bei der Erhebung und Erstellung der Datensätze ein. In Tabelle 3.19 findet sich nachfolgend eine kurze Beschreibung der einzelnen Entitäten (Klassen), welche im UML-Klassendiagramm abgebildet sind. Die Definition der einzelnen Attribute kann dem Anhang G entnommen werden. Zu Gunsten der Lesbarkeit wurden in Abbildung 3.4 die Attribute innerhalb der jeweiligen Entität ausgeblendet. Das vollständige UML-Klassendiagramm kann der Beilage dieser Arbeit "Keshwala-Deven_BT_Beilagen_Domänenmodelle\Sub Domain 'Übertragungsleitungen'_IST" entnommen werden.

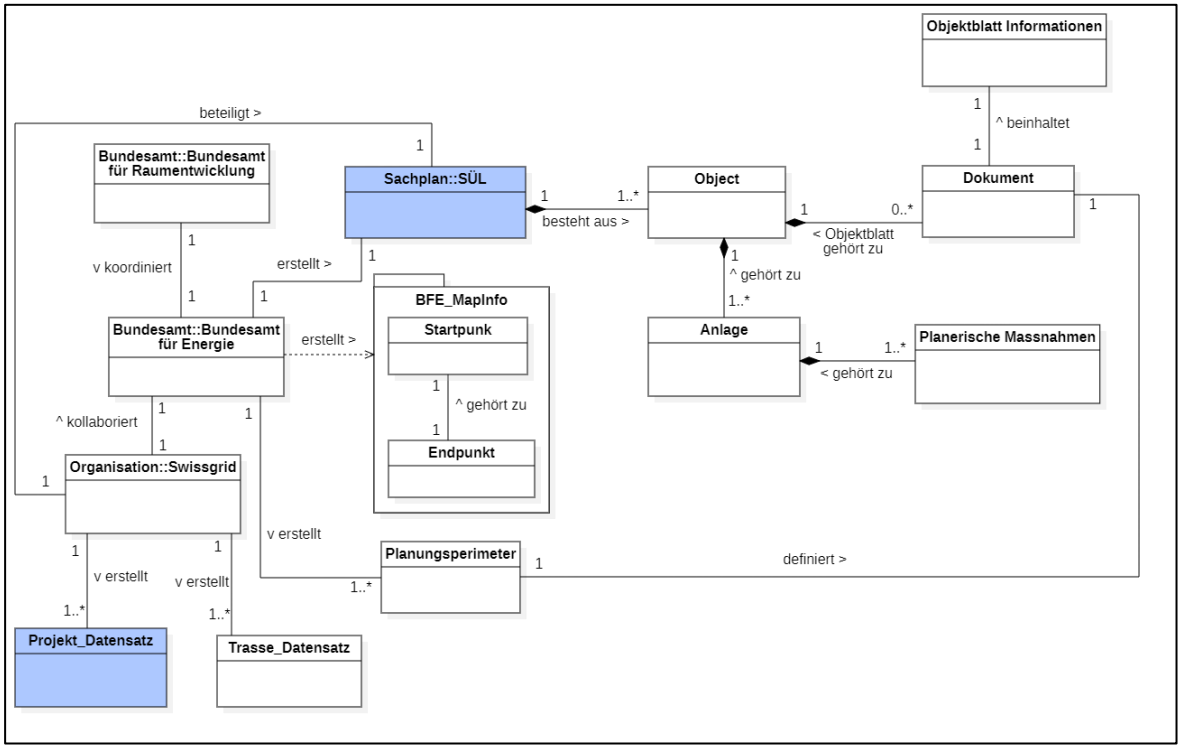

Abbildung 3.4: Domänenmodell - Übertragungsleitungen (IST)

Die nachfolgende Tabelle liefert zu jeder abgebildeten Entität einen entsprechenden Beschrieb. Zu Gunsten der besseren Lesbarkeit wurden die Attribute und logischen Datentypen in den Klassen ausgeblendet. Sie können dem Anhang G entnommen werden.

[24] Siehe auch Glossar "Trasse"

Tabelle 3.19: Klassenbeschrieb - Sub Domain "Übertragungsleitungen" (IST)

Entität	Beschreibung
Bundesamt für Energie	Das BFE ist in dieser Domäne für die Erstellung des SÜL verantwortlich. Daneben erhebt es noch zwei weitere Datensätze. Zu dem steht das BFE in engem Kontakt mit Swissgrid, da das Übertragungsnetz nicht im Eigentum des Bundes, sondern von Swissgrid liegt.
Bundesamt für Raumentwicklung	Das ARE nimmt in dieser Domäne primär seine Koordinationsrolle war.
Swissgrid	Swissgrid ist Betreiberin des Übertragungsnetzes in der Schweiz, womit auch entsprechend Daten erhebt und Datenmaterial erarbeitet. Einen Teil davon ist für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur unerlässlich. Swissgrid arbeitet unter anderem eng mit dem BFE zusammen, wenn es sich um Infrastrukturprojekte im Bereich Übertragungsleitungen handelt.
SÜL	Sachplan Übertragungsleitungen (vgl. Tabelle 3.1)
Object, Anlage, Dokument, Planerische Massnahmen	Bestandteile des MGDM (vgl. auch Kapitel 3.1.1.1)
Objektblatt Informationen	Beinhaltet die zusätzlichen Informationen aus den sachplanspezifischen OBs, welche im MGDM nicht aufgeführt sind (vgl. Tabelle 3.11).
Startpunkt	Diese Klasse beinhaltet jeweils den Startpunkt, der im Sachplan definierten Projekte. Dabei wird der Punkt als Koordinate angegeben und mit einer zusätzlichen Referenz auf das dazugehörige Objektblatt im SÜL versehen. Jeder Startpunkt ist mit einem entsprechenden Endpunkt verknüpft.
Endpunkt	Dieser Datensatz beinhaltet jeweils den Endpunkt, der im Sachplan definierten Projekte. Dabei wird der Punkt als Koordinate angegeben und mit einer zusätzlichen Referenz auf das dazugehörige Objektblatt im SÜL versehen. Jeder Endpunkt ist mit einem entsprechenden Startpunkt verknüpft.
Planungsperimeter	Diese Klasse bildet den Datensatz "BFE_MapInfo_Planning_Measure" ab. Die Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 3.17.
Projekte_Datensatz	Diese Klasse bildet den Datensatz "Swissgrid_Relevante_Trassen" ab. Die Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 3.18.
Trassen_Datensatz	Diese Klasse bildet den Datensatz "Swissgrid_TrassenSwissgrid " ab. Die Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 3.18.

3.1.2.4 Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"

Aufgrund dessen, dass das ARE die übergeordnete Koordinationsstelle darstellt und die Federführung ihm Rahmen der multifunktonalen Nutzung der Hauptinfrastruktur einnimmt, wird es als Element der Core Domain geführt. Das ARE ist zudem an allen Sachplänen beteiligt, wobei es auch hier eine koordinierende Rolle einnimmt. Ziel ist, sowohl eine Abstimmung zwischen den Infrastrukturämtern und ihren Sachplanprojekten, sowie die Berücksichtigung möglicher kantonaler Richtpläne oder weiteren Sachzielen des Bundes zu erreichen[25]. Das ARE übernimmt jedoch nicht nur koordinierende Aufgaben, sondern ist auch Quelle einiger Datensätze, welche für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur genutzt werden. Tabelle 3.20 liefern eine kurze Erläuterung dazu.

QGIS-Karte (Prototyp)

Die in Abbildung 3.5 dargestellte Karte beinhaltet bereits erste Ansätze einer multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur, indem die verfügbaren Datensätze durch das ARE zusammengezogen und via das Tool "QGIS"[26] visualisiert werden. QGIS selbst ist ein Open-Source-Desktop-GIS, welches erlaubt räumliche Daten anzuzeigen, zu manipulieren und analysieren. Im Weiteren ermöglicht es die Erstellung von Karten sowie die Analyse von räumlichen Daten auf entsprechenden Datenbanken. Die so entwickelten Projekte lassen sich mithilfe eines Webservers publizieren und dank einer nutzerorientierten Benutzeroberfläche einfach erkunden (QGIS Development Team, 2017).

Als Grundlage für die QGIS-Karte in Abbildung 3.5 dienen die aufbereiteten und im Vorfeld beschriebenen Datensätze des ARE, ASTRA, BAV, BFE und Swissgrid. In einem ersten Schritt werden die Daten in zwei Kategorien aufgeteilt. Dabei unterscheidet das ARE zwischen den reinen Infrastrukturelementen, die keinem Projekt unterliegen, und jenen die gemäss zuständigem Amt als Infrastrukturprojekte gelten. Anschliessend erfolgt eine Kombination der beiden Teilmengen wodurch drei neue Datensätze entstehen. Dabei ist zu erwähnen, dass die Erstellung der Datensätze vorgängig in FME erfolgt, die Resultate werden abschliessend in das QGIS importiert. Im Nachfolgenden werden die neuerstellten Datensätze erörtert.

Tabelle 3.20: QGIS - Datensätze (IST)

Datensatz	Beschreibung
Potentiale_Dimension_Infra_Infra	Dieser Datensatz besteht aus einer Kombination aus den Datensätzen vom ASTRA, BAV, BFE und Swissgrid. Hier findet noch keine Unterteilung in Projekte und Nicht-Projekte statt. Es werden lediglich sämtliche dem ARE bekannten Hauptinfrastrukturelemente aufgeführt. Die Zusammenführung der Daten wurde durch das ARE vorgenommen (basierend auf den bereits verfügbaren Datensätzen).
Potentiale_Dimension_Infra_Proj	Dieser Datensatz kombiniert dem ARE bekannte Infrastrukturelemente mit jenen Elementen, die als Projekt klassifiziert sind und sich mit den bestehenden Infrastrukturelementen räumlich schneiden.
Potentiale_Dimension_Proj	Dieser Datensatz kombiniert als Projekt klassifizierte Infrastrukturelemente mit anderen Infrastrukturprojekten, wobei die Bedingung erfüllt werden muss, dass sich die Projekte räumlich schneiden.

[25] Vgl. Kapitel 2.2

[26] https://www.qgis.org/de/site/

	Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass dieser Datensatz identische Entitäten und Attribute aufweist wie der Datensatz "Potentiale_Dimension_Infra_Proj". In QGIS werden vor der Erzeugung der Repräsentation jedoch verschiedene Regeln auf die beiden Datensätze angewandt. Dies bewirkt, dass ein Datensatz nur jene Infrastrukturprojekte wiedergibt, die sich mit Infrastrukturelementen schneiden. Während der andere nur Infrastrukturprojekt wiedergibt, die sich mit anderen Infrastrukturprojekten schneiden. Um unnötige Wiederholung zu vermeiden wurden die Entitäten und Attribute der beiden Datensätze im Folgenden nur einmal beschrieben.

Die durch das ARE neu erzeugten Datensätze werden schlussendlich in QGIS verwaltet und auf einer Karte visuell dargestellt[27]. Die Karte erlaubt einen Überblick über die gesamte Hauptinfrastruktur sowie bereits laufende bzw. geplante Projekte. Im Weiteren wird damit ebenfalls eine Diskussionsgrundlage für alle beteiligten Parteien geschaffen. In dem aufgezeigt wird, wo mögliche Synergien und Potenziale der gewinnbringenden Zusammenarbeit im Rahmen einer multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur liegen könnten. Da sich die Datengrundlage noch als wenig umfangreich darstellt (z.B. sind sämtliche Sanierungsprojekte nicht vorhanden und bei den meisten Projekten fehlen weiterführende Angaben wie Projektstart- und -ende) kann das heutige Modell nicht sein gesamtes Potenzial ausschöpfen. Dennoch kann es als erster Entwurf für die Unterstützung bei der Realisierung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur angesehen werden.

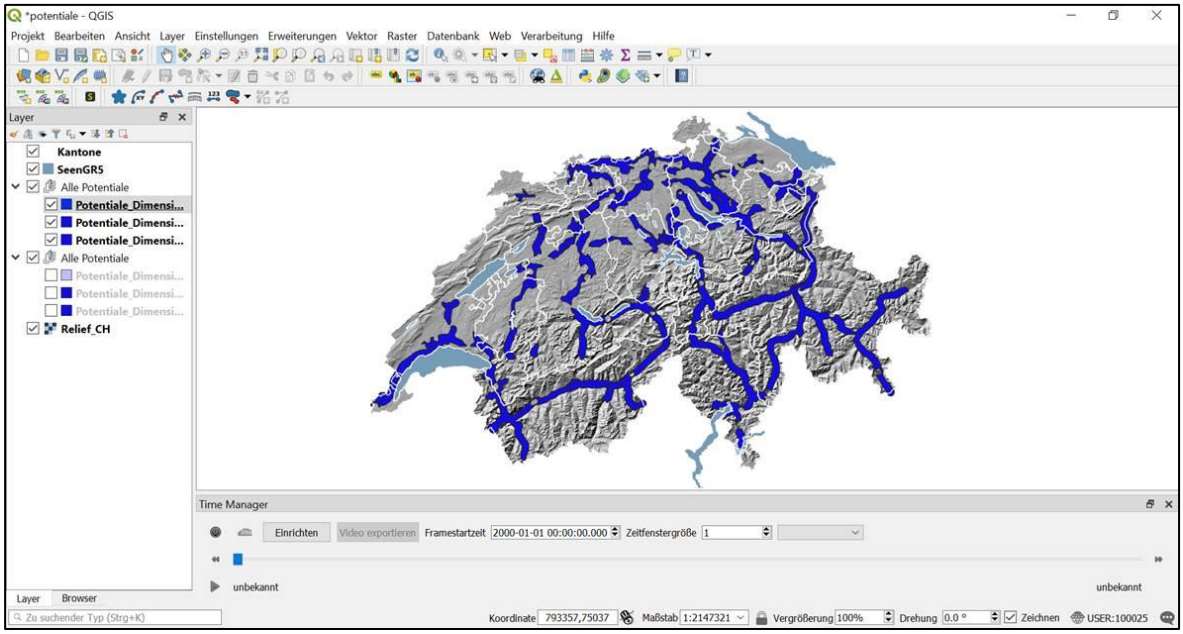

Abbildung 3.5: Aktueller Fortschritt - Visualisierung in QGIS

[27] Siehe Abbildung 3.5

UML-Klassendiagramm

Die Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur" ist in Abbildung 3.6 modelliert worden. Dieses Modell stellt einen ersten Versuch eines Datenmodelles für die multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur dar. Dabei wurden durch das ARE in einem ersten Schritt aus verschiedenen Entitäten Aggregate gebildet. Anschliessen fand eine Kombination der Aggregate statt, sodass drei einzelne Datensätze entstanden, die die aktuell wichtigsten Daten beinhalten. In Tabelle 3.21 findet sich nachfolgend eine kurze Beschreibung der einzelnen Entitäten (Klassen), welche im UML-Klassendiagramm abgebildet sind. Die Definition der einzelnen Attribute kann dem Anhang H entnommen werden. Zu Gunsten der Lesbarkeit wurden in Abbildung 3.6 die Attribute innerhalb der jeweiligen Entität ausgeblendet. Das vollständige UML-Klassendiagramm kann der Beilage dieser Arbeit "Keshwala-Deven_BT_Beilagen_Domänenmodelle\Core Domain 'Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur'_IST" entnommen werden.

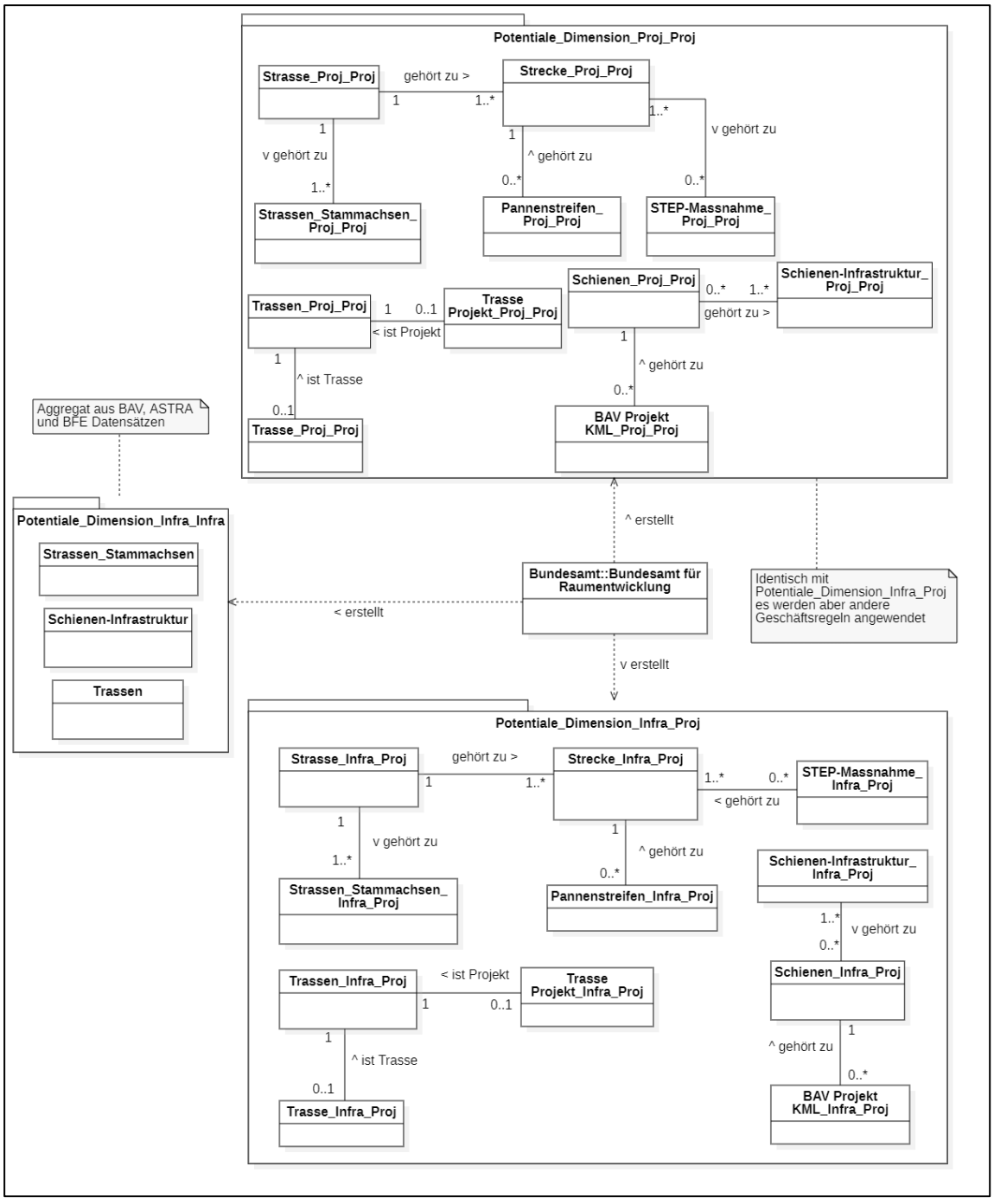

Abbildung 3.6: Domänenmodell - Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur (IST)

Die nachfolgende Tabelle liefert zu jeder abgebildeten Entität einen entsprechenden Beschrieb. Zu Gunsten der besseren Lesbarkeit wurden die Attribute und logischen Datentypen in den Klassen ausgeblendet. Sie können dem Anhang H entnommen werden.

Tabelle 3.21: Klassenbeschrieb - Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"(IST)

Entität	Beschreibung
Bundesamt für Raumentwicklung	Das ARE ist für die übergeordnete Koordination sämtlicher Hauptinfrastrukturprojekte zuständig und hat die verfügbaren Datensätze konsolidiert und miteinander kombiniert. Daraus sind drei Datensätze entstanden, die aktuell eingesetzt werden.
Strassen_Stammachsen	Führt sämtliche dem ARE bekannte Nationalstrassen auf. Zusätzlich wird hier noch definiert, ob es sich um eine Stammachse handelt oder nicht.
Trassen	Führt sämtliche dem ARE bekannte Trassen auf. Hier findet noch keine weiter Unterteilung oder Spezifikation statt.
Schienen_Infrastruktur	Führt sämtliche dem ARE bekannte Schienen-Infrastruktur auf. Hier wird ebenfalls festgehalten, ob sie durch einen Tunnel hindurchführt, wie viele Millimeter die Spurweite aufweist und wie viele Gleise das Infrastrukturelement besitzt.
Strasse_Infra_Proj	Diese Klasse definiert, ob ein Strassenelement ein Bestandteil eines ASTRA-Projekts darstellt. Im Weiteren wird spezifiziert, ob das Element Teil einer STEP-Massnahme darstellt.
Strasse_Stammachsen_Infra_Proj	Sämtliche Strassenelemente, die Bestandteil eines Projektes darstellen, werden hier aufgeführt. Dabei wird spezifiziert, ob es sich jeweils um eine Stammachse handelt.
Strecke_Infra_Proj	Diese Klasse beinhaltet Angaben zu Strassenelementen. Sollte das Infrastrukturelement Teil einer STEP-Massnahme darstellen, wird dies hier ebenfalls angegeben.
STEP_Massnahmen_Infra_Proj	Diese Klasse verweist jeweils auf die ID einer STEP-Massnahme und gibt zusätzlich die Kapazität an, die durch die Umsetzung der STEP-Massnahme generiert werden könnte.
Pannenstreifen_Infra_Proj	Sollte die Pannenstreifennutzung bei einem Strassenelement aus der Klassse "Strecke_Infra_Proj" erlaubt sein, so definiert diese Klasse die zusätzliche Fahrzeugkapazität, die durch die PUN gewonnen wird.
Schienen_Infra_Proj	Dies Klasse definiert lediglich, ob ein Schieneninfrastrukturelement Bestandteil eines BAV-Projekts darstellt.
BAV Projekt KML_Infra_Proj	Diese Klasse stellt die einzelnen KML-Projekte dar.
Schienen_Infrastruktur_Infra_Proj	Führt sämtliche dem ARE bekannte Schienen-Infrastruktur auf. Hier wird ebenfalls festgehalten, ob sie durch einen Tunnel hindurchführt, wie viele Millimeter die Spurweite aufweist und wie viele Gleise das Infrastrukturelement besitzt. Wenn es sich beim Infrastrukturelement um ein BAV-Projekt handelt, wird findet eine entsprechende Verknüpfung zum Projekt statt.
Trassen_Infra_Proj	Dies Klasse definiert lediglich, ob ein Übertragungsleitungselement Bestandteil eines Swissgrid-Projekts darstellt.

Trasse_Infra_Proj	Diese Klasse beinhaltet sämtliche Trassen inklusive deren geografischen Koordinaten.
Trasse Projekt_Infra_Proj	Diese Klasse beinhaltet pro Übertragungsleitungsprojekt die Projektbezeichnung sowie Angaben zu Projektstart und -ende.
Strasse_ Proj _Proj	Für Definition siehe Entität "Strasse_Infra_Proj"
Strasse_Stammachsen_ Proj _Proj	Für Definition siehe " Strasse_Stammachsen_Infra _Proj"
Strecke_ Proj _Proj	Für Definition siehe "Strecke_Infra_Proj"
STEP_Massnahmen_Proj _Proj	Für Definition siehe "STEP_Massnahmen_Infra_Proj"
Pannenstreifen_ Proj_Proj	Für Definition siehe "Pannenstreifen_ Infra_Proj"
Schienen_ Proj_Proj	Für Definition siehe "Schienen_Infra_Proj"
BAV Projekt KML_ Proj_Proj	Für Definition siehe "BAV Projekt KML_Infra_Proj"
Schienen_Infrastruktur_ Proj_Proj	Für Definition siehe "Schienen_Infrastruktur_Infra_Proj"
Trassen_ Proj_Proj	Für Definition siehe "Trassen_Infra_Proj"
Trasse_Proj _Proj	Für Definition siehe "Trasse_Infra _Proj "
Trasse Projekt_Proj _Proj	Für Definition siehe "Trasse Projekt_Infra _Proj"

3.1.3 Übersicht und Fazit

Nach dem im Vorfeld eine Vielzahl von Dokumenten und Daten analysiert, bewertet und modelliert wurden, soll das Mindmap in Abbildung 3.7 auf einer höheren Abstraktionsebene als Übersicht der aktuellen Situation dienen.

Die multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur definiert hierbei den fachlichen Rahmen der Arbeit, wobei das Postulat Rechsteiner die Grundlage dafür bildet. Insgesamt kann das Vorhaben als Teil des übergeordneten Kontextes der Raumplanung betrachtet werden kann. Das ARE als zentrale Stelle in Mitten des Modells übernimmt die ämterübergreifende Koordination und dient als Senke der Daten, die für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur eingesetzt werden. Aktuell gehören hier die drei Sachpläne SIN, SIS und SÜL sowie weiteres Datenmaterial dazu, welches von den beteiligten Parteien geliefert werden. Daneben wurden die verschiedenen Organisationen mit ihren Daten und Dokumente sowohl farblich als auch räumlich zusammenzufassen. Auf einer tieferen Ebene könnte die hier modellierte Core Domain (multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur) in weitere Sub Domains unterteilt werden. Dies wurde zu Gunsten der Übersichtlichkeit nicht explizit abgebildet, soll jedoch durch die farblichen Unterscheidungen angedeutet werden. Die gerichteten Kanten bilden entsprechende Assoziationen und Abhängigkeiten unter den Elementen ab.

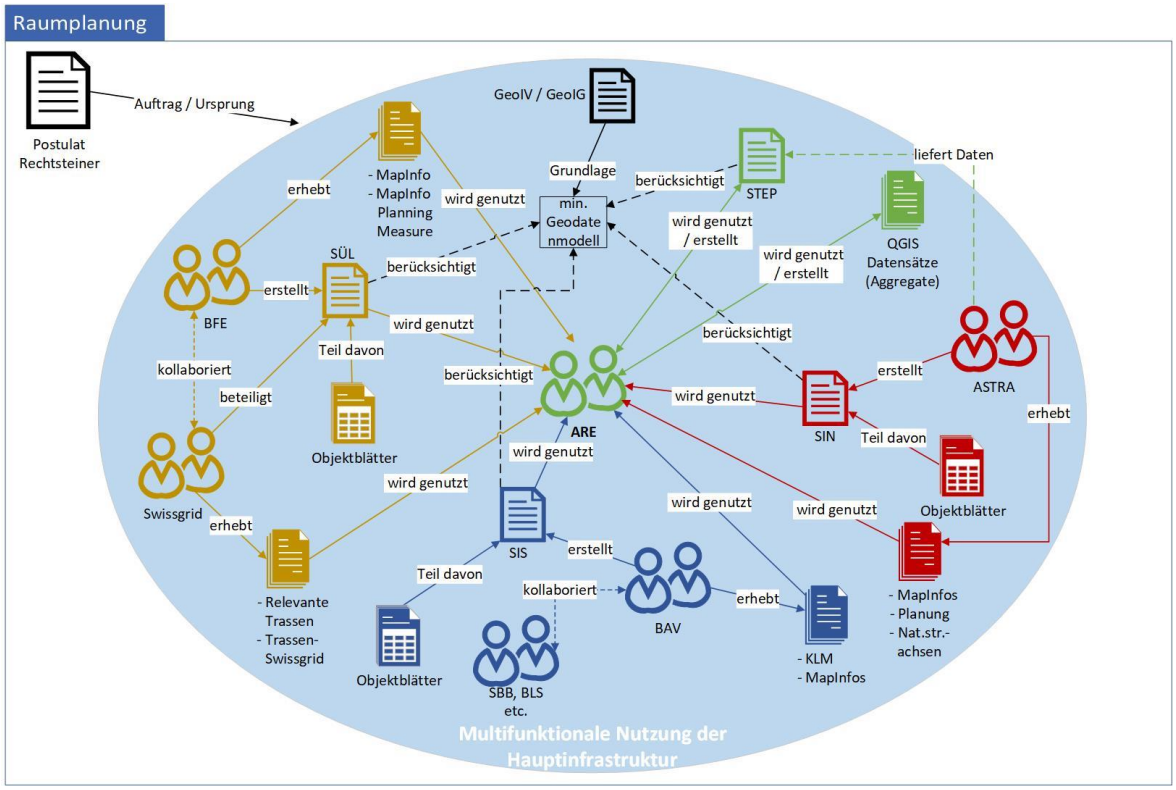

Abbildung 3.7: Mindmap - Ist-Situation

Das ARE verfügt bereits heute über bestimmte Daten, welche zusätzlich zu den Sachplandaten von den restlichen Ämtern bezogen werden. Dabei konnte jedoch festgestellt werden, dass diese Datensätze keinem Standard folgen, weder inhaltlicher (welche Daten werden erhoben) noch formaler Natur. Damit steht das ARE als Senke all dieser Lieferobjekte immer wieder vor der Herausforderung, die unterschiedlich detaillierten und teils inkonsistenten Datensätze zu konsolidieren und in eine möglichst einheitliche Form zu bringen, bevor eine Weiterverarbeitung erst realisierbar ist. Eine weitere Hürde stellt die lückenhafte Dokumentation dar. Während der Erstellung der Modelle, wurde deutlich, dass oftmals entsprechende Erklärungen (wie Metadaten, Dokumentationen etc.) zu den gelieferten Daten und ihren Attributen fehlen oder nur implizit verfügbar sind. Einige der Lücken konnten durch die durchgeführte Ist-Analyse und dem zusätzlichem Effort seitens des Autors geschlossen und explizit festgehalten werden. Aufgrund der Tatsache, dass für die Koordinationstätigkeit des ARE nicht sämtliche Daten relevant sind, werden auch keine weiterführenden Beschreibungen dazu verlangt.

Die Wichtigkeit dieser Daten zeigt sich meist erst dann, wenn die betroffenen Parteien zusammenarbeiten. Im Rahmen dieser Kollaboration wird der Klärungsbedarf durch die erhebende Stelle gedeckt. Der beschriebene Umstand gilt auch für das Vorhaben der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur. Schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass das ARE aktuell Daten besitzt, die es beiläufig zu den restlichen erhält. Ein Grossteiler dieser Daten weist jedoch keine wirkliche Relevanz für die Koordinationstätigkeiten auf oder ist sogar redundant vorhanden. Um dies zu verdeutlichen wurden sämtliche Value Objects, die in den Domänenmodellen vorkommen zusammengefasst und aufgelistet. Anschliessend wurde für jedes VO geprüft, ob es für die Koordinationsaufgabe des ARE benötigt wird oder nicht (hier gehören auch die redundanten dazu). Dabei kann festgehalten werden, dass die Mehrheit (ca. 70%) der VOs nicht benötigt wird oder redundant ist. Die restlichen 30% besitzen eine Relevanz für das ARE. Die komplette Auflistung der bewerteten VOs ist dem Anhang I zu entnehmen.

Zusätzlich muss hier erwähnt werden, dass längst nicht alle benötigten Daten vorhanden sind. Dieses Defizit wir in Kapitel 3.2 aufgegriffen.

Hinsichtlich dem Datenbezug müssen ebenfalls mehrere Varianten berücksichtig werden. Während die verantwortlichen Ämter die Sachplandaten und Objektblätter auf der Website www.data.geo.admin.ch publizieren, muss ein Grossteil der Daten durch das ARE selbst über Sharepoint-Ablagen bezogen werden. Wieder andere Datensätze werden per Mail versendet. Die STEP-Massnahmen waren bis anhin gar nur physisch auf Papier vorhanden und mussten in Zusammenarbeit mit dem ASTRA manuell im FME-Tool erfasst werden. Zudem erfolgt in keinem der Fälle ein automatisierter Bezug der Daten. Das ARE muss die neusten Versionen jeweils selbst herunterladen oder erhält diese über andere Übertragungskanäle von den einzelnen Stellen.

Nichtsdestotrotz lassen sich mit den aktuell verfügbaren Daten bereits gewisse Teile der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur umsetzten, wie das Beispiel des Prototyps (QGIS-Karte) aufzeigt. Dieser Nutzen wird jedoch durch mehrere Defizite (mangelnde Standarisierung, unvollständige Datensätze, unklare Bedeutung von Attributen) geschmälert, womit die Notwendigkeit eines vereinheitlichten Datenmodells verstärkt wird. Die Modellierung der Domänen hat zudem aufgezeigt, dass die aktuelle Struktur die fachliche Realität nicht wirklich wiederspiegelt. Aktuell werden einzelne mehrheitlich losgelöste Datensätze miteinander kombiniert. Dieses Defizit zeigt sich besonders in der Core Domain. Diese besteht im Grundsatz aus drei Aggregaten, welche wiederum aus einzelne Datensätzen bestehen, die miteinander vereint wurden. Dadurch lässt sich eine fachlich korrekte Abbildung der Domäne nur sehr beschränkt umsetzten. Mit Hilfe des zu entwickelnden Datenmodells soll diesem Problem entgegengewirkt werden.

3.2 Soll-Analyse

Nebst der Ist-Analyse, in der das unterschiedliche Datenmaterial identifiziert und analysiert wurde, wird im Folgenden das Soll definiert. Hierbei geht es primär darum, festzustellen, welche Anforderungen ein zukünftiges Datenmodell erfüllen sollte, damit es das Vorhaben der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur bestmöglich unterstützen kann. Dafür wurde in einer ersten Phase ein Workshop[28] mit einigen Schlüsselpersonen durchgeführt. Das Hauptziel bestand in der Identifikation der Daten, die das ARE benötigt um seine übergeordnete Koordinationsaufgabe überhaupt wahrnehmen zu können. Basierend auf den so erhaltenen Ergebnissen fanden jeweils Gespräche mit dem Auftraggeber und weiteren betroffenen Fachexperten aus dem ARE statt[29]. So konnten die Anforderungen an das Modell schrittweise ausgearbeitet werden. Die Resultate aus der Soll-Analyse in Kombination mit dem Ist-Zustand dienen in einem letzten Schritt als Grundlage für die Entwicklung des Domänenmodells, welches für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur eingesetzt werden soll.

[28] Siehe Anhang J
[29] Siehe Anhang K

Workshop

Der Workshop fand im kleinen Rahmen statt und umfasste Fachexperten aus dem ARE, die entweder selbst im Bereich der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur tätig sind oder Erfahrungen bezüglich Sachpläne und Sachplandaten mitbrachten. Eine genaue Auflistung der Teilnehmer ist in Anhang K beigefügt. Als Diskussionsgrundlage wurden verschiedene Fragestellungen definiert, die es galt gemeinsam zu beantworten.

Die Antworten und Stichworte wurden jeweils auf Zetteln festgehalten und versucht thematisch zu clustern. Abbildung 3.8 zeigt das Resultat der Workshop-Arbeit auf, wobei drei Blöcke zu erkennen sind. Der linke Teil umfasst Gedanken und Anmerkungen zu möglichen weiteren Einsatzgebieten, in denen das Modell zukünftig genutzt werden könnte. Dieser Aspekt stellt jedoch keinen zentralen Teil der Arbeit dar und wird aufgrund dessen im Rahmen dieser BT nicht weiterverfolgt bzw. nur am Rande erwähnt. Der rechte Abschnitt umfasst organisatorische Faktoren. Wie sich aus der Diskussion ergeben hat, stellen sich hier die meisten Bedenken und Hürden bezüglich der Realisierung des Vorhaben, wohingegen das Datenmodell und seine technische Umsetzung als weniger kritische bewertet wurden. Obwohl organisatorische Thematiken für diese Arbeit mehrheitlich ausgeklammert wurden, sollen diese hier der vollständigkeitshalber und zur Unterstützung des Verständnisses für die Gesamtproblematik dennoch Erwähnung finden. Der mittlere Teil stellt den Kern der Ergebnisse dar. Aufgrund des knappen Zeitverhältnisses war es der Arbeitsgruppe nicht mehr möglich die einzelnen Punkte weiter auszuarbeiten. Dies erfolgte in einer nächsten Phase durch individuelle Expertengespräche zwischen dem Autor und den Teilnehmern.

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird primär auf den mittleren Teil eingegangen. Zusätzlich wird ebenfalls der rechte Teil (organisatorische Aspekte) überblickend erörtert. Die für die Zukunft möglichen Einsatzgebiete werden im Ausblick nochmals aufgegriffen, stellen jedoch keinen relevanten Teil dieser Arbeit dar.

Abbildung 3.8: Ergebnis Workshop - Soll-Analyse

3.2.1 Kernergebnisse und -anforderungen

Dieses Kapitel beschreibt die Erkenntnisse aus dem Workshop sowie den Gesprächen mit den ARE-Fachexperten. Die Ergebnisse stellen zugleich auch die Hauptanforderungen an das zu entwickelnde Datenmodell dar.

Geforderte Daten
Wie aus der Ist-Analyse heraus ging, besitzt das ARE bereits eine Vielzahl von Daten zu bestimmten Infrastrukturprojekten in den Domänen "Nationalstrassen", "Schienennetz" und "Übertragungsleitungen". Während dem Workshop wurde jedoch deutlich, dass es sich hierbei meist um Projekte handelt, die bereits einen fortgeschrittenen Charakter aufweisen und kaum mehr Raum bzw. Potential für eine mögliche Synergienutzung mit anderen Vorhaben erlauben. Dieser Umstand gilt besonders für die Sachplanobjekte. Diese sind meist zeitlich bereits so fortgeschritten, dass eine Koordination mit anderen Projekten kaum mehr möglich ist. Aufgrund dessen bietet sich das MGDM, wie Anfangs angedacht, auch nicht als optimale Grundlage für das neu zu entwickelnde Modell an. Das ARE ist bereits zu einem wesentlich früheren Zeitpunkt auf die Daten angewiesen, um die übergeordnete Koordinationsaufgabe effektiv wahrnehmen zu können. Somit liegt die grundsätzliche Anforderung darin, dass die Infrastrukturämter und weitere Organisation möglichst früh ihre Vorhaben dem ARE melden, auch wenn es sich hier nur um Ideen, Vorprojekte oder Vorstudien handelt. Dies führt wiederum zur Forderung, dass das Datenmodell ein Attribut für die Klassifikation von Vorhaben besitzen muss.

Ein weiterer Nachteil des MGDM ist die Tatsache, dass immer nur ein Teil der Infrastruktur abgebildet wird, nie aber das gesamte Strassen-, Schienen oder Übertragungsnetz. Dadurch fehlt ein bestimmter Teil der Infrastruktur, der bei einer möglichen Überschneidung mit einem Vorhaben nicht berücksichtig werden würde. Eine weitere Forderung besteht somit darin, jeweils die aktuellsten Netze zur Verfügung zu haben. Somit sollen auch jene Projekte identifiziert werden, die eine Auswirkung auf bestehende Infrastruktur haben könnten.

Nebst dem Zeitpunkt, in dem die Daten dem ARE bekannt gemacht werden, müssen sich die betroffenen Parteien auch die Frage stellen, wann handelt es sich um ein relevantes Vorhaben und wann nicht. Nicht jede geplante Tätigkeit in Verbindung mit einem Infrastrukturelement ist für die übergeordnete Koordination durch das ARE entscheidend. Somit muss klar abgegrenzt werden, zu welchen Vorhaben Daten geliefert werden müssen und zu welchen nicht. Da diese Frage bereits im Vorfeld geklärt werden muss, handelt es sich dabei um keine direkte Anforderung an das Datenmodell. Vielmehr ist hier ein gemeinsamer Konsens über alle Parteien hinweg zu finden, der ausserhalb dieser Arbeit noch Klärung bedarf. Es ist wichtig anzumerken, dass das ARE nicht nur Projekte koordinieren muss. Auch wiederkehrende Tätigkeiten wie Sanierungen, Unterhaltsarbeiten oder die Ersetzung von Elementen können Potential für eine Synergienutzung aufweisen und müssen entsprechende miteinbezogen werden. Wenn von Vorhaben gesprochen wird, so sind im Weiteren nicht nur Projekte darunter zu verstehen, sondern auch wiederkehrende Arbeiten. Somit ist das ARE auch auf Daten der Infrastrukturbetreiber (z.B. SBB, BLS, Swissgrid) angewiesen.

Aus einer inhaltlichen Sicht betrachtet, waren sich die Teilnehmer einig, dass primär drei Arten von Daten essenziell sind für die Koordinationsaufgabe des ARE:

- *Räumliche Angaben*: Hierbei handelt es sich um geografische Koordinaten und Geometrien der Infrastrukturprojekte. Um mögliche Überschneidungen erkennen zu können, muss das ARE Kenntnis darüber haben wo z.B. eine neue Schienenstrecke entlang verlaufen wird. Oftmals besteht jedoch das Problem, das solche Daten noch gar nicht erhoben worden sind.

Nicht selten kommt es vor, dass bereits eine Idee oder Vorprojekt zu einem Vorhaben besteht, die geografischen Festlegungen jedoch noch nicht erfolgt sind. Ohne diese Daten ist eine übergeordnete Koordination und Identifikation von Synergien zwischen Projekten erst gar nicht realisierbar. Aufgrund dessen ist das ARE zwingend auf geografische Koordinaten in den Projektdaten angewiesen. Da nur anhand einem Start- und Endpunktpaar keine wirkliche Planung vorgenommen werden kann, sind die Geometrien der Infrastrukturen unverzichtbar. Hierbei muss es sich jedoch nicht um exakte Angaben handeln. Ein räumlich provisorisch definierter Bereich, der angibt wo z.B. eine Strecke überall hindurchführen könnte, kann die Koordination der Vorhaben bereits erleichtern.

- *Zeitliche Angaben*: Der zeitliche Aspekt nimmt eine entscheidende Rolle im Vorhaben ein. Wie bereits erwähnt benötigt das ARE so früh wie möglich Kenntnis über ein (mögliches) Vorhaben. Da es vor allem zu Beginn von Projekten immer wieder zu Änderungen kommt, muss ebenfalls eine regelmässige Aktualisierung der Vorhaben gewährleistet werden. Grundsätzlich ist es für das koordinierende Amt essenziell über den gesamten Lebenszyklus des Projektes jeweils informiert zu bleiben, um allfällige Auswirkungen auf andere Elemente bzw. Projekte zu erkennen und entsprechend zu handeln. Somit können auch hier zwei Forderungen formuliert werden. Einerseits wird eine Art Zeitstempel benötigt, der die letzte Aktualisierung oder Überprüfung der Projektdaten ausweist, um so die Aktualität der Datensätze bewerten zu können. Andererseits benötigt es eine Angabe zum Stadium des Vorhabens. Damit soll spezifiziert werden, in welcher Phase sich das Vorhaben befindet (z.B. ist das Vorhaben vorläufig nur als Idee bewertet oder hat es schon offiziellen Charakter und ist bereits genehmigt).

- Die Angabe der Projektphase hat noch einen weiteren Grund. Da es sich hierbei nicht nur um offiziell freigegebene Projekte handelt, muss auch immer darauf geachtet werden, für wen welche Daten wann ersichtlich sind. Projektideen haben im Gegensatz zu Sachplanprojekten keine offizielle Gültigkeit und sollten deshalb auch nicht öffentlich publik gemacht werden. Die Klassifikation der Projektphase definiert somit auch welcher Interessentenkreis Zugang zu den Daten erhält.

- Eine weitere zeitliche Angabe, die ebenfalls zu diesem Punkt gehört, sind die Projektlaufzeiten. Um eine effektive Koordination zu ermöglichen, muss das ARE terminliche Angaben zum Projekt besitzen, andernfalls lassen sich Synergien durch Projekte die (teilweise) zeitgleich laufen, nicht erkennen. Im Gespräch mit den Fachexperten konnte spezifiziert werden, dass mindesten der ungefähre Realisierungshorizont (geplanter bzw. geschätzter Baubeginn) je Projekt bekannt gemacht werden muss.

- *Anhaben zur Art*: Bei der Art wird einerseits die Art der Infrastruktur erfragt (handelt es sich um eine Strasse, Schienenstrecke etc.) und andererseits die Art des Vorhabens (z.B. Neubau, Umnutzung, Sanierung etc.)
    - *Art der Infrastruktur*: Bei der Art der Infrastruktur sind keine detaillierten Spezifikationen wie in den Sachplänen verlangt. Das ARE möchte sich auf einer übergeordneten Stufe nur auf drei bis vier Hauptkategorien festlegen. Für die Tätigkeiten des ARE spielt z.B. die genaue Art einer Nationalstrasse keine entscheidende Rolle. Aufgrund dessen wird auf solche Zusatzinformationen verzichtet.

- *Art des Vorhabens*: Komplexer wird es jedoch mit der Vorhabensart. Während sich die Art der Infrastruktur noch in einem überschaubaren Rahmen bewegt, gibt es eine Vielzahl von Vorhabensarten. Diese reichen von Neubau bis hin zur Erneuerung des Strassenbelags. Die Vorhabensart wird dazu genutzt, um zu identifizieren um was es sich bei einem Vorhaben genau handelt, womit die Art selbst breitgefächert ist. Diese Angabe ist jedoch von entsprechender Relevanz, da anhand dieses Kriteriums eine erste Beurteilung durchgeführt werden kann, ob sich zwei Vorhaben überhaupt vereinen lassen. Als grundlegende Anforderung muss somit die Angabe eines Projekt- bzw. Vorhabensarten möglich sein. Nach einigen Gesprächen mit verschiedenen Fachexperten, hat man sich darauf geeinigt nicht eine Vielzahl unterschiedlicher Vorhabensarten zu definieren. Stattdessen sollen generalisierte Oberbegriffe als Vorhabensart festgelegt werden, die es erlauben jedes Vorhaben einer dieser Begriffe zuweisen zu können. Damit sollen unnötig fachliche Diskussionen bei der Zuteilung eines Vorhabens minimiert werden.

Nebst diesen drei Hauptbereichen hat sich im Workshop so wie in den Gesprächen mit den Fachexperten ergeben, dass zusätzlich auch entsprechende Ansprechpartner pro Vorhaben vermerkt sein müssen. Dieser Zusatz wird benötigt, damit das ARE ohne Weiteres weiss, welche Parteien zusammenzuführen sind und dort den Dialog auslösen kann. Für eine ausreichende Beurteilung ist es zudem nützlich, einen Kurzbeschrieb vorzufinden, der das Vorhaben erläutert und auf spezifische Aufgaben sowie Herausforderungen hinweist. Abschliessend wurde durch die Fachexperten angemerkt, dass die Flughöhe (Detaillierungsgrad) der Daten klar geregelt sein muss. Somit möchte man verhindern, dass durch die Datenlieferanten unterschiedlich detaillierte Angaben zu den einzelnen Vorhaben übermittelt werden. Durch ein klar definiertes Datenmodell inklusive Attributspezifikation kann jedoch auch dieser Forderung Rechnung getragen werden.

Für eine optimale Übersicht der durch den Workshop und Expertengespräche identifizierten Anforderungen, werden diese im Folgenden tabellarisch aufgeführt (Nummerierung wiederspiegelt nicht die Priorität der Anforderungen). Sie dienen zudem als Grundlage für die Entwicklung des Domänenmodells.

Tabelle 3.22: Anforderungsbeschrieb

Nummer	Anforderung	Beschrieb
#1	Vorhanden sein des aktuellsten Infrastrukturnetzes der drei Hauptinfrastrukturen (Nationalstrassen, Eisenbahnschienen, Übertragungsleitungen)	Um zu prüfen wo Vorhaben bestehende Infrastruktur beeinflussen könnten benötigt das ARE das jeweils aktuellste Netz der Hauptinfrastrukturen.
#2	Nur relevante Vorhaben sollen gemeldet werden	Das ARE soll nur zu jenen Vorhaben Daten erhalten, die für die übergeordnete Koordinationstätigkeit auch relevant sind. Diese Anforderung muss auf organisatorischer Stufe geklärt werden.
#3	Nicht nur Projekte auch wiederkehrende Vorhaben müssen gemeldet werden	Auch Unterhaltsarbeiten, Infrastrukturwartungen oder Ersetzungen von Elementen können Synergien aufweisen und müssen entsprechend dem ARE gemeldet werden.

#4	Melden von Geometrien	Für eine effektive Koordination ist das ARE auf räumliche Angaben zu den Vorhaben angewiesen. Dabei wird mehr verlangt als die reine Angabe eines Start- und Endpunkts. Die ungefähre Geometrie einer Infrastruktur ist zu liefern.
#5	Möglichst frühe Bekanntgabe eines Vorhabens	Für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur muss das ARE bereits möglichst früh über (mögliche) Vorhaben in Kenntnis gesetzt werden. Damit bereits zu Beginn der Projekte die Zusammenarbeit mit betroffenen Parteien gesucht werden kann.
#6	Regelmässiges Update der Vorhaben	In den frühen Planungsphasen kommt es oft noch zu entscheidenden Änderungen. Das ARE muss über diese informiert werden, um allfällige Auswirkungen prüfen zu können.
#7	Zeitstempel für die Aktualitätsprüfung	Um zu bewerten wie aktuell erhaltene Daten zu einem Vorhaben sind benötigt es eine Art Zeitstempel inkl. Versionierung.
#8	Angabe zu Stadium des Vorhabens	Spezifiziert in welchem Stadium sich ein Vorhaben befindet (z.B. Idee oder Projekt mit zugesicherter Finanzierung).
#9	Angaben zu Realisierungshorizont	Pro Vorhaben muss eine ungefähre Abschätzung vorhanden sein, wann mit der Realisierung begonnen wird und wie lange die Umsetzung dauert.
#10	Angabe zur Infrastrukturart	Für jedes Vorhaben muss definiert werden um welchen Typ von Infrastruktur es sich handelt (z.B. Nationalstrasse, Eisenbahnschiene).
#11	Angaben zur Vorhabensart	Für jedes Vorhaben muss definiert werden um welchen Typ von Vorhaben es sich dabei handelt (z.B. Neubau, Ersatz, Sanierung).
#12	Definition der Ansprechpartner	Für jedes Vorhaben muss eine Kontaktstelle der dafür verantwortlichen Organisation definiert werden.
#13	Erläuterung des Vorhabens	Jedes Vorhaben muss in Textform kurz beschrieben werden und dessen Eckpunkte aufzeigen. Zudem soll der Beschrieb auf spezifische Aufgaben und Herausforderungen verweisen.
#14	Die gelieferten Daten müssen einen einheitlichen Detaillierungsgrad aufweisen	Der Detaillierungsgrad (Granularität) der gelieferten Daten, unabhängig von der Quelle, muss verbindlich geregelt sein.

3.2.2 Organisatorische Aspekte

Während dem durchgeführten Workshop vom 24.02.2020[30] wurden nebst den oben beschriebenen Anforderungen auch organisatorische Aspekte aufgegriffen. Diese stehen nicht im direkten Zusammenhang mit dem Datenmodell und werden aufgrund dessen nicht in dieser Arbeit berücksichtigt. Da sie jedoch zum Verständnis der Gesamtproblematik in der betrachteten Domäne beitragen, sollen die besprochenen Punkte hier kurz Erwähnung finden:

- *Datenformat und Bezugskanal*: Bis anhin gab es abgesehen von den Sachplandaten keine einheitliche Definition darüber in welchem Format und wie die Daten an das ARE geliefert werden müssen. Da keine gesetzliche Vorschrift dazu existiert, kann das ARE höchsten Wünsche oder Vorschläge anbringen. Die effektive Umsetzung bleibt jedoch jedem Amt selbst überlassen. Aufgrund dessen sind hier weiterführende Grundsatzdiskussionen mit den beteiligten Parteien zu führen, mit dem Ziel einen Konsens hinsichtlich dieses Punkts zu erlangen.

- *Unternehmenskultur*: Eine organisatorische Hürde, die nicht unterschätzt werden darf, sind die divergierenden Unternehmenskulturen und deren Haltung sowie Verständnis bezüglich der räumlichen Planung. Nicht jedes Amt vertritt die gleichen Anforderungen an die räumlichen Daten. Dieser Umstand führt dazu, dass sich einerseits die Art der gelieferten Daten voneinander unterscheiden und andererseits hat dieser Faktor Einfluss auf den Detailgrad der Daten. Beide Aspekte sind wichtige Punkte für das ARE als übergeordnete Koordinationsstelle und wurden bereits in den Anforderungen erwähnt. Im Kontext der multifunktonalen Nutzung der Hauptinfrastruktur muss deshalb ein gemeinsames Verständnis diesbezüglich entwickelt werden, welches durch sämtlich involvierte Parteien vertreten wird. Ohne diese Einigkeit wird eine nutzenstiftende Realisierung des Vorhabens kaum möglich sein.

- *Gesetzlicher Auftrag*: Obwohl das ARE den Auftrag erhalten hat die übergeordnete Koordination zu übernehmen, wurde nicht genau definiert wie diese stattfinden soll oder wie weit diese geht. Zudem hat das ARE auch keine gesetzliche Befugnis den betroffenen Ämtern vorzuschreiben welche Daten geliefert werden müssen. Dieser Umstand erschwert die Realisierung einer multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur insgemein. Das ARE ist hierbei massgeblich von den restlichen Ämtern und deren Bereitschaft zur Zusammenarbeit abhängig.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass die organisatorischen Hürden nur durch eine hohe Partizipation zwischen den Parteien überwunden werden können. Da der gesetzliche Rahmen nur sehr vage definiert ist und das ARE nicht die nötigen Kompetenzen besitzt, um Entscheidungen herbeizuführen, müssen intensive Gespräche zwischen den Ämtern geführt werden. Nur so ist auch eine Umsetzung des Vorhabens realisierbar. Wie bereits erwähnt, könnte ein erster Lösungsvorschlag des dazu benötigten Datenmodells die Grundlage für gemeinsame Diskussionen bilden.

Nach dem nun die grundlegenden Anforderungen bekannt sind, umfasst die nächste Phase die Entwicklung des Datenmodells. Dieses soll in iterativen Schritten und im engen Austausch mit dem Auftraggeber erfolgen. Die Resultate aus der vorgegangenen Analysearbeit sollen dabei ebenfalls miteinfliessen.

---

[30] Siehe Anhang J

4 Lösungsvorschlag für die Domäne "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"

In einem letzten Teil der Arbeit wird auf Basis der bisher gewonnen Erkenntnisse ein Lösungsvorschlag für das Datenmodell entwickelt. Es soll schlussendlich als eine der Grundlagen für die Umsetzung der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur dienen. Um die fachlichen Anforderungen an das Modell möglichst optimal zu modellieren, fand die Entwicklung des Domänenmodells im engen Austausch mit dem Auftraggeber und weiteren Fachexperten statt. Dabei erstellte der Autor einen ersten Entwurf. Darauf aufbauend wurde dieser mit den Fachexperten zusammen iterativ weiterentwickelt. Im Folgenden wird das Endresultat dieses Entwicklungsprozesses als UML-Klassendiagramm präsentiert. In einem ersten Schritt werden die genutzten Entitäten (Klassen) sowie die dazugehörenden Attribute erläutert. Anschliessend folgt die Definition der Value Objects und deren Validierung.

Domänenmodell "Multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur"
Abbildung 4.1 zeigt das finale Resultat des Domänenmodells in Form eines UML-Klassendiagramms. Im Vergleich zum Modell aus Kapitel 3.1.2.4 wurden nun deutlich weniger Entitäten verwendet. Das kann einerseits darauf zurückgeführt werden, dass nur noch jene Daten aufgeführt sind, die auch tatsächlich benötigt werden und andererseits wurden Redundanzen, wie sie in der aktuellen Situation vorhanden sind, entfernt. Daraus resultiert ein übersichtlicheres Modell, welches sich auf die relevanten Elemente beschränkt. Im Weiteren berücksichtigt das Klassendiagramm neu die fachliche Logik, womit die Domäne die fachliche Realität optimaler abbildet. Zuvor bestand das Modell mehrheitlich aus einer Zusammensetzung einzelner Datensätze ohne wirklichen Bezug zur fachlichen Realität darzustellen.

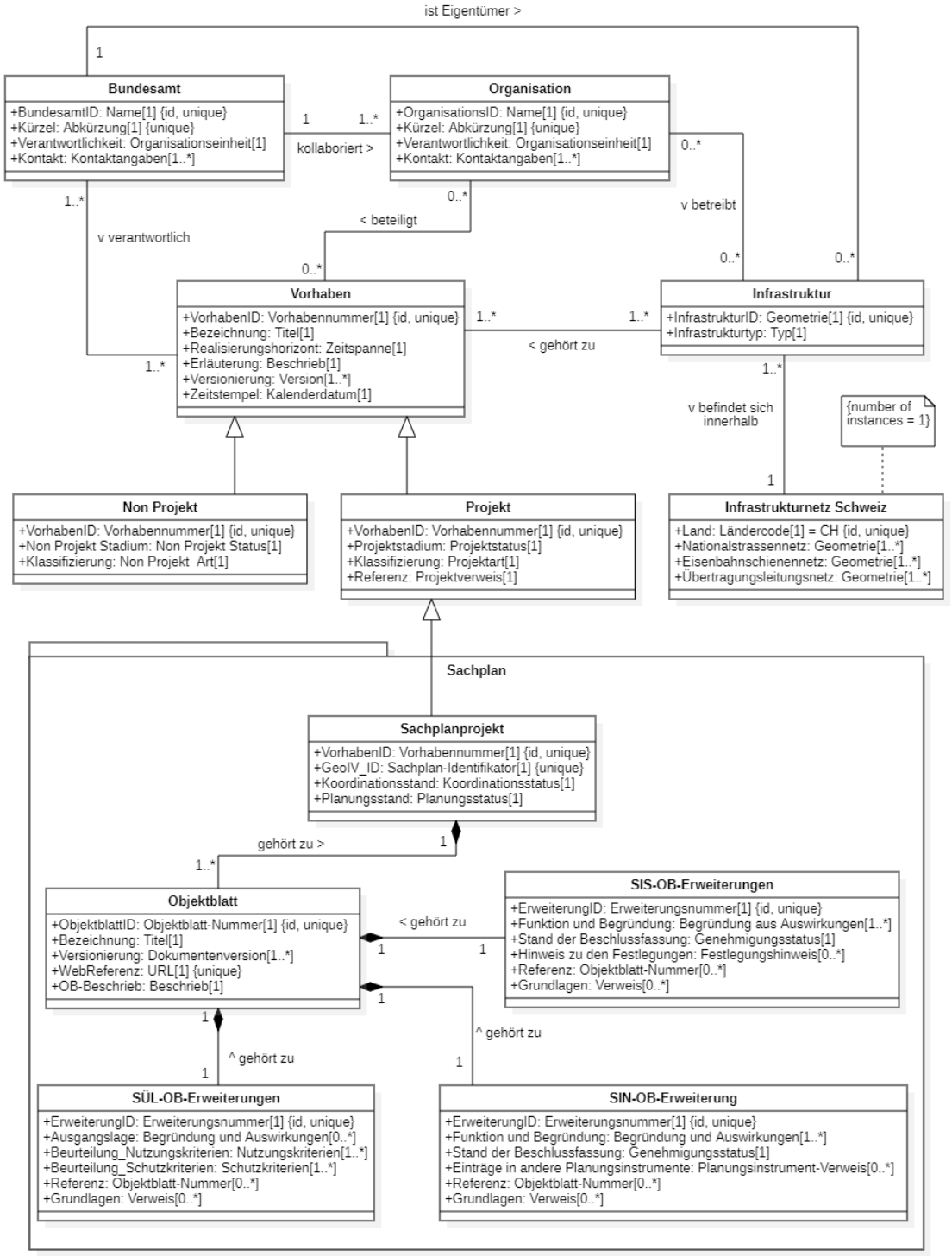

Abbildung 4.1: Lösungsvorschlag - Domänenmodell "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"

4.1 Beschreibung der Entitäten und Attribute

Im Nachfolgenden werden die einzelnen Entitäten (Klassen), die Attribute sowie die Assoziationen unter den Entitäten des Lösungsvorschlages erläutert.

4.1.1 Entität: Bundesamt

Die Entität "Bundesamt" bildet das entsprechende Amt ab, welches für ein oder mehrere Vorhaben verantwortlich ist. Im Falle dieses Domänenmodells würde es sich hierbei konkret um die Ämtern ASTRA, ARE, BAV oder BFE handeln. Nebst der Verantwortung für ein Vorhaben kann das jeweilige Amt auch Eigentümerin einer oder mehreren Infrastrukturen sein. Zusätzlich besteht eine Assoziation zu einer oder mehreren Organisationen. Diese liefern meist relevante Daten zu Infrastrukturen oder Vorhaben und kollaboriert mit dem entsprechenden Amt.

Attribute

Tabelle 4.1: Attribute - Bundesamt

Attribut	Definition	Ref. auf VO
BundesamtID [1] {ID}	Sprechende Bezeichnung des verantwortlichen Bundesamtes	Name (Tabelle 4.13)
Kürzel [1]	Sprechende Abkürzung eines Objekts	Abkürzung (Tabelle 4.14)
Verantwortlichkeit [1]	Definiert die verantwortliche Organisationseinheit für ein Vorhaben oder Infrastruktur	Organisationseinheit (Tabelle 4.15)
Kontakt [1..*]	Beinhalten die Telefonnummer und E-Mail-Adresse der verantwortlichen Organisationseinheit	Kontaktangaben (Tabelle 4.17)

4.1.2 Entität: Organisation

Die Entität "Organisation" umfasst jene Unternehmen, die keine Bundesämter darstellen, jedoch an einem oder mehreren Vorhaben beteiligt sein können (z.B. Swissgrid). Im Weiteren liefern diese Organisationen relevante Daten zu Vorhaben oder Infrastrukturen. Organisationen können aber nicht nur an Vorhaben beteiligt sein. Je nach Infrastruktur sind nicht die Ämter selbst für den Betrieb und Unterhalt zu ständig. Somit kann eine Organisation auch die Rolle des Betreibers für eine oder mehrere Infrastrukturen übernehmen.

Attribute

Tabelle 4.2: Attribute - Organisation

Attribut	Definition	Ref. auf VO
OrganisationsID [1] {ID}	Sprechende Bezeichnung der Organisation, die am Vorhaben beteiligt ist respektive die Infrastruktur betreibt oder relevante Daten an die Bundesämter liefert	Name (Tabelle 4.13)
Kürzel [1]	Sprechende Abkürzung eines Objekts	Abkürzung (Tabelle 4.14)
Verantwortlichkeit [1]	Definiert die verantwortliche Organisationseinheit für ein Vorhaben oder Infrastruktur	Organisationseinheit (Tabelle 4.15)

Kontakt [1..*]	Beinhalten die Telefonnummer und E-Mail-Adresse der verantwortlichen Organisationseinheit	Kontaktangaben (Tabelle 4.17)

4.1.3 Entität: Vorhaben

Unter der Entität "Vorhaben" werden dem ARE bekannte Vorhaben in Verbindung mit Hauptinfrastrukturen verstanden. Dabei kann es sich entweder um Projekte[31] oder Non Projekte[32] handeln (Vererbungsbeziehung). Ein Vorhaben wird immer durch mindestens ein Bundesamt verantwortet. Je nach Vorhaben können noch weitere Organisationen daran beteiligt sein. Zu einem Vorhaben gehört auch immer mindestens eine Infrastruktur, die von den Massnahen eines Vorhabens betroffen ist.

Attribute

Tabelle 4.3: Attribute - Vorhaben

Attribut	Definition	Ref. auf VO
VorhabenID[1] {ID}	Innerhalb der Bundesverwaltung eindeutiger Identifikator zur Unterscheidung der einzelnen Vorhaben	Vorhabennummer (Tabelle 4.20)
Bezeichnung [1]	Sprechende Bezeichnung eines Objekts	Titel (Tabelle 4.21)
Realisierungshorizont [1]	Terminliche Zeitangaben bezüglich Start und / oder Ende eines (Teil)Vorhabens	Zeitspanne (Tabelle 4.23)
Erläuterung [1]	Textuelle Erläuterungen zum Vorhaben	Beschrieb (Tabelle 4.27)
Versionierung [1..*]	Hält sämtliche Versionen des Vorhabens fest	Version (Tabelle 4.28)
Zeitstempel [1]	Zeigt an, wann die Informationen zum Vorhaben das letzte Mal aktualisiert bzw. geändert wurden. Der Zeitstempel wird jeweils mit jeder Aktualisierung der Daten mit einem neuen überschrieben.	Kalenderdatum (Tabelle 4.22)

[31] Siehe Kapitel 4.1.4
[32] Siehe Kapitel 4.1.10

4.1.4 Entität: Projekt (Erbt von Vorhaben)

Da ein Vorhaben sowohl ein Projekt als auch ein Non Projekt sein kann, wurden dafür zwei Sub-Klassen von der Klasse "Vorhaben" abgeleitet. Eine davon ist die Entität "Projekt". Sie beinhaltet sämtliche Vorhaben, welche als Projekte eingestuft werden.

Attribute

Tabelle 4.4: Attribute - Projekt

Attribut	Definition	Ref. auf VO
VorhabenID[1] {ID}*	Innerhalb der Bundesverwaltung eindeutiger Identifikator zur Unterscheidung der einzelnen Vorhaben	Vorhabennummer (Tabelle 4.20)
Projektstadium [1]	Spezifiziert in welchem Stadium sich ein Projekt befindet	Projektstatus (Tabelle 4.29)
Klassifizierung [1]	Spezifiziert die Art eines Projekts	Projektart (Tabelle 4.30)
Referenz [1]	Referenz auf das zugehörige Projektportfolio	Projektverweis (Tabelle 4.31)

*Kein zusätzliches Attribut; Es handelt sich dabei um das von der Entität "Vorhaben" vererbte Attribut

4.1.5 Entität: Sachplanprojekt (Erbt von Projekt) (Aggregat)

Die Klasse "Sachplanprojekt" wurde als Sub-Klasse der Klasse "Projekt" definiert. Die Sub-Klasse umfasst jene Projekte, die im Sachplan aufgeführt sind, womit sie sich vom Aufbau her deutlich von den restlichen Vorhaben respektive Projekten unterscheidet. Aufgrund dessen werden die Sachplanprojekte über eine separate Klasse geführt. Im Weiteren stellt die Entität einen Teil des Aggregats "Sachplan" dar, welches sämtliche Sachplanprojekte, deren dazugehörigen Objektblätter als auch die OB-Erweiterungen beinhaltet. Ein oder mehrere Objektblätter (inklusive OB-Erweiterungen) gehören jeweils zu einem Sachplanprojekt.

Attribute

Tabelle 4.5: Attribute - Sachplanprojekt

Attribut	Definition	Ref. auf VO
VorhabenID [1] {ID}*	Innerhalb der Bundesverwaltung eindeutiger Identifikator zur Unterscheidung der einzelnen Vorhaben	Vorhabennummer (Tabelle 4.20)
GeoIV_ID [1] {Unique}	Für die Unterscheidung der Sachpläne, wurde jedem Plan eine eindeutige ganzzahlige Nummer zugewiesen. Das Attribut referenziert auf jene Nummer und gibt damit an, zu welchem Sachplan ein Sachplanprojekt gehört	Sachplan-Identifikator (Tabelle 4.32)
Koordinationsstand [1]	Gibt den Status der planerischen Massnahmen an, die im Sachplanprojekt festgesetzt wurden	Koordinationsstatus (Tabelle 4.33)

Planungsstand [1]	Gibt für ein Sachplanprojekt an, ob dieses in Kraft ist oder sich noch in der Anhörung befindet	Planungsstatus (Tabelle 4.34)

*Kein zusätzliches Attribut; Es handelt sich dabei um das von der Entität "Vorhaben" vererbte Attribut

4.1.6 Entität: Objektblatt (Aggregat)

Jedes Sachplanprojekt besitzt ein Objektblatt, in dem die Projektdaten und weiterführende Sachplanprojektbeschrieb inklusive Massnahmen aufgeführt sind. Objektblätter stellen einen Teil des gesamten Sachplans dar. Im Lösungsvorschlag wurde die Klasse "Objektblatt" als Bestandteil des Aggregats "Sachplan" dargestellt und bildet mit den sachplanspezifischen OB-Erweiterungen sowie den Sachplanprojekten eine logisch zusammengehörende Einheit.

Attribute

Tabelle 4.6: Attribute - Objektblatt

Attribut	Definition	Ref. auf VO
ObjektblattID [1] {ID}	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code des Objektblatt	Objektblatt-Nummer (Tabelle 4.35)
Bezeichnung [1]	Sprechende Bezeichnung eines Objekts	Titel (Tabelle 4.21)
Versionierung [1..*]	Die Version gibt Aufschluss darüber welche Version des Objektblatts vorliegt	Dokumentenversion (Tabelle 4.36)
WebReferenz [1]	Link zum Dokument in PDF-Form, welches das OB beschreibt	URL (Tabelle 4.37)
OB-Beschrieb [1]	Textueller Beschrieb des Objektblatts	Beschrieb (Tabelle 4.27)

4.1.7 Entität: SIN-OB-Erweiterungen (Aggregat)

Jedes Objektblatt hat nebst den im MGDM definierten Attributen noch weiter Daten, die jedoch nicht standardisiert festgehalten sind. Diese Daten variieren von Sachplan zu Sachplan, weshalb für jede Erweiterung eine eigene Entität definiert wurde, welche die zusätzlichen Daten als Attribute vereint. Eine Erweiterung gehört zu einem bestimmten Objektblatt. Die Entität "SIN-OB-Erweiterung" stellt zudem einen Teil des Aggregats "Sachplan" dar.

Attribute

Tabelle 4.7: Attribute - SIN-OB-Erweiterungen

Attribut	Definition	Ref. auf VO
ErweiterungID [1] {ID}	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code zur Unterscheidung der einzelnen Erweiterungen	Erweiterungsnummer (Tabelle 4.38)
Funktion und Begründung [1..*]	Textueller Beschrieb der Begründungen für die Durchführung des Sachplanprojekts und die daraus resultierenden Auswirkungen	Begründung und Auswirkungen (Tabelle 4.39)
Stand der Beschlussfassung [1]	Statusdefinition, ob das Vorhaben genehmigt wurde	Genehmigungsstatus (Tabelle 4.40)

Einträge in andere Planungsinstrumente [0..*]	Textueller Beschrieb, ob Vorhaben in weiteren Planungsinstrumenten (z.B. Richtpläne der Kantone) eingetragen ist	Planungsinstrument-Verweis (Tabelle 4.43)
Referenz [0..*]	Referenz auf andere betroffene OBs mit Angabe der OB-Nr.	Objektblatt-Nummer (Tabelle 4.35)
Grundlagen [0..*]	Textuelle Referenz auf rechtliche Beschlüsse / Vorgaben in Bezug auf das Vorhaben	Verweis (Tabelle 4.42)

4.1.8 Entität: SIS-OB-Erweiterungen (Aggregat)

Jedes Objektblatt hat nebst den im MGDM definierten Attributen noch weiter Daten, die jedoch nicht standardisiert festgehalten sind. Diese Daten variieren von Sachplan zu Sachplan, weshalb für jede Erweiterung eine eigene Entität definiert wurde, welche die zusätzlichen Daten als Attribute vereint. Eine Erweiterung gehört zu einem bestimmten Objektblatt. Die Entität "SIS-OB-Erweiterung" stellt zudem einen Teil des Aggregats "Sachplan" dar.

Attribute

Tabelle 4.8: Attribute - SIS-OB-Erweiterungen

Attribut	Definition	Ref. auf VO
ErweiterungID [1] {ID}	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code zur Unterscheidung der einzelnen Erweiterungen	Erweiterungsnummer (Tabelle 4.38)
Funktion und Begründung [1..*]	Textueller Beschrieb der Begründungen für die Durchführung des Sachplanprojekts und die daraus resultierenden Auswirkungen	Begründung und Auswirkungen (Tabelle 4.39)
Stand der Beschlussfassung [1]	Statusdefinition, ob das Vorhaben genehmigt wurde	Genehmigungsstatus (Tabelle 4.40)
Hinweis zu den Festlegungen [0..*]	Textuelle Referenz auf weitere Planungsinstrumente (z.B. Richtpläne der Kantone) sowie textuelle weiterführende Hinweise zum Vorhaben (Vorgeschichte, weitere Auswirkungen, zu Berücksichtigende Faktoren etc.)	Festlegungshinweis (Tabelle 4.41)
Referenz [0..*]	Referenz auf andere betroffene OB mit Angabe der OB-Nr.	Objektblatt-Nummer (Tabelle 4.35)
Grundlagen [0..*]	Textuelle Referenz auf rechtliche Beschlüsse / Vorgaben in Bezug auf das Vorhaben	Verweis (Tabelle 4.42)

4.1.9 Entität: SÜL-OB-Erweiterungen (Aggregat)

Jedes Objektblatt hat nebst den im MGDM definierten Attributen noch weiter Daten, die jedoch nicht standardisiert festgehalten sind. Diese Daten variieren von Sachplan zu Sachplan, weshalb für jede Erweiterung eine eigene Entität definiert wurde, welche die zusätzlichen Daten als Attribute vereint. Eine Erweiterung gehört zu einem bestimmten Objektblatt. Die Entität "SÜL-OB-Erweiterung" stellt zudem einen Teil des Aggregats "Sachplan" dar.

Attribute

Tabelle 4.9: Attribute - SÜL-OB-Erweiterungen

Attribut	Definition	Ref. auf VO
ErweiterungID [1] {ID}	Innerhalb der Sachpläne eindeutig nummerischer Code zur Unterscheidung der einzelnen Erweiterungen	Erweiterungsnummer (Tabelle 4.38)
Ausgangslage [0..*]	Textueller Beschrieb der Begründungen für die Durchführung des Sachplanprojekts und die daraus resultierenden Auswirkungen	Begründung und Auswirkungen (Tabelle 4.39)
Beurteilung_Nutzungskriterien [1..*]	Bewertung des Nutzens bezüglich der Faktoren "Energiewirtschaft", "Vorsorgesicherheit" und "Netzoptimierung" inklusive jeweiliger Begründung	Nutzungskriterien (Tabelle 4.44)
Beurteilung_Schutzkriterien [1..*]	Bewertung bezüglich den Schutzfaktoren "Immissionsschutz", "Natur- und Landschaftsschutz" und "andere Raumnutzungsansprüche" inklusive jeweiliger Begründung	Schutzkriterien (Tabelle 4.49)
Referenz [0..*]	Referenz auf andere betroffene OB mit Angabe der OB-Nr.	Objektblatt-Nummer (Tabelle 4.35)
Grundlagen [0..*]	Textuelle Referenz auf rechtliche Beschlüsse / Vorgaben in Bezug auf das Vorhaben	Verweis (Tabelle 4.42)

4.1.10 Entität: Non Projekt (Erbt von Vorhaben)

Die Entität "Non Projekt" umfasst Vorhaben, die keinen Projektcharakter aufweisen. Dabei handelt es sich unter anderem um Unterhaltsarbeiten, Wartungen, Erstzungen oder Sanierungen von Infrastruktur. Diese Sub-Klasse erbt gleich wie die Sub-Klasse "Projekt" sämtliche Attribute der Klasse "Vorhaben".

Attribute

Tabelle 4.10: Attribute - Non Projekt

Attribut	Definition	Ref. auf VO
VorhabenID[1] {ID}*	Innerhalb der Bundesverwaltung eindeutiger Identifikator zur Unterscheidung der einzelnen Vorhaben	Vorhabennummer (Tabelle 4.20)
Non Projekt Stadium [1]	Spezifiziert in welchem Stadium sich ein Non Projekt befindet	Non Projekt Status (Tabelle 4.54)
Klassifizierung [1]	Spezifiziert die Art eines Non Projekts	Non Projekt Art (Tabelle 4.55)

*Kein zusätzliches Attribut; Es handelt sich dabei um das von der Entität "Vorhaben" vererbte Attribut

4.1.11 Entität: Infrastruktur

Zur Entität "Infrastruktur" gehören sämtliche Infrastrukturen, die Teil eines Vorhabens darstellen. Jede dieser Infrastrukturen ist im Eigentum eines bestimmten Bundesamtes und wird durch dieses oder eine Drittpartei betrieben. Jede Infrastruktur ist zudem im "Infrastrukturnetz Schweiz" vorhanden.

Tabelle 4.11: Attribute - Infrastruktur

Attribut	Definition	Ref. auf VO
InfrastrukturID [1] {ID}	Dieses Attribut gibt die Geometrie der einzelnen Infrastrukturen wieder	Geometrie (Tabelle 4.57)
Infrastrukturtyp [1]	Spezifiziert um welchen Typ von Infrastruktur es sich handelt	Typ (Tabelle 4.65)

4.1.12 Entität: Infrastrukturnetz Schweiz

Die Klasse "Infrastrukturnetz Schweiz" beinhaltet die Geometrie der gesamten Schweizer Hauptinfrastruktur. Innerhalb dieser befindet sich jede Infrastruktur, die von einem Vorhaben betroffen ist.

Tabelle 4.12: Attribute - Infrastrukturnetz Schweiz

Attribut	Definition	Ref. auf VO
Land [1] {ID}	Dieses Attribut definiert das Land, auf das sich die Landeskoordinaten und Infrastrukturnetze beziehen	Ländercode (Tabelle 4.56)
Nationalstrassennetz [1..*]	Zeigt die Geometrie des aktuellen Nationalstrassennetzes auf	Geometrie (Tabelle 4.57)
Eisenbahnschienennetz [1..*]	Zeig die Geometrie des aktuellen Eisenbahnschienennetzes auf	Geometrie (Tabelle 4.57)
Übertragungsleitungsnetz [1..*]	Zeig die Geometrie des aktuellen Übertragungsleitungsnetzes auf	Geometrie (Tabelle 4.57)

4.2 Beschreibung der Value Objects

Nach dem nun die einzelnen Klassen und dazugehörigen Attribute des Domänenmodells erläutert wurden, werden im Folgenden die referenzierten Value Objects beschreiben und deren Validierung spezifiziert.

Tabelle 4.13: Value Object - Name

Value Object	Name
Zweck	Gibt den sprechenden Namen eines Objekts wieder
Validierung	Regexp: \w {3,50}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.14: Value Object - Abkürzung

Value Object	Abkürzung
Zweck	Definiert ein Kürzel für ein Objekt
Validierung	Regexp: [A-Z\.\-] {3,10}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.15: Value Object - Organisationseinheit

Value Object	Organisationseinheit
Zweck	Gibt die verantwortliche Organisationseinheit an
Validierung	enum "OE-Typ"* {Sektion, Abteilung} + Name**
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.16
**Siehe Tabelle 4.13

Tabelle 4.16: Value Object - OE-Typ

Value Object	OE-Typ
Zweck	Definiert, ob es sich um eine Sektion oder Abteilung handelt
Validierung	enum {Sektion, Abteilung}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.17: Value Object - Kontaktangaben

Value Object	Kontaktangaben
Zweck	Definiert Kontaktinformationen für ein bestimmtes Objekt
Validierung	Telefonnummer* AND E-Mail-Adresse**
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.18
**Siehe Tabelle 4.19

Tabelle 4.18: Value Object - Telefonnummer

Value Object	Telefonnummer
Zweck	Gibt die Telefonnummer eines Objekts wieder
Validierung	Gemäss ITU-T E.164
Referenz	ITU-T E.164 (International Telecommunication Union [ITU], 2010)
Operationen	-

Tabelle 4.19: Value Object - E-Mail-Adresse

Value Object	E-Mail-Adresse
Zweck	Gibt die E-Mail-Adresse eines Objekts wieder
Validierung	Regexp: \w{+}[@]\w{+} Ergänzung: E-Mail-Adressvalidierung mit Regexp deckt nicht alle Fälle ab. Wenn abschliessende Validierung gefordert, muss ein Mail an die erhaltene E-Mail-Adresse gesendet werden. Diese muss durch den Empfänger anschliessend bestätig werden.
Referenz	RFC 5322 (Resnick, 2008)
Operationen	-

Tabelle 4.20: Value Object - Vorhabennummer

Value Object	Vorhabennummer
Zweck	Dient der eindeutigen Unterscheidung der einzelnen Vorhaben untereinander
Validierung	Universally Unique Identifier (UUID) gemäss RFC 4122
Referenz	RFC 4122 (Leach, Mealling & Salz, 2005)
Operationen	Prüft, ob generierte ID bereits existiert innerhalb der Vorhaben

Tabelle 4.21: Value Object - Titel

Value Object	Titel
Zweck	Gibt den sprechenden Titel eines Objekts wieder
Validierung	Regexp: \w {3,50}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.22: Value Object - Kalenderdatum

Value Object	Kalenderdatum
Zweck	Gibt ein international standardisiertes Kalenderdatum wieder
Validierung	YYYY-MM-DD gemäss ISO 8601
Referenz	ISO 8601 (ISO, 2004)
Operationen	-

Tabelle 4.23: Value Object - Zeitspanne

Value Object	Zeitspanne
Zweck	Definiert eine bestimmte Zeitspanne
Validierung	ZeitspanneVon* [0..1], ZeitspanneBis** [0..1] + enum "Zeitgranularität"*** {Jahr, Monat, Tag}
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.24
**Siehe Tabelle 4.25
***Siehe Tabelle 4.26

Tabelle 4.24: Value Object - ZeitspanneVon

Value Object	ZeitspanneVon
Zweck	Definiert den Beginn der Zeitspanne
Validierung	DateTime gemäss ISO 8601
Referenz	ISO 8601 (ISO, 2004)
Operationen	-

Tabelle 4.25: Value Object - ZeitspanneBis

Value Object	ZeitspanneBis
Zweck	Definiert das Ende der Zeitspanne
Validierung	DateTime gemäss ISO 8601
Referenz	ISO 8601 (ISO, 2004)
Operationen	-

Tabelle 4.26: Value Object - Zeitgranularität

Value Object	Zeitgranularität
Zweck	Mit diesem VO kann das in "ZeitspanneVon" und "ZeitspanneBis" genutzten DateTime bis auf einen Tag genau definiert werden.
Validierung	enum {Jahr, Monat, Tag}
Referenz	ISO 8601 (ISO, 2004)
Operationen	-

Tabelle 4.27: Value Object - Beschrieb

Value Object	Beschrieb
Zweck	Textueller Beschrieb eines Objekts
Validierung	Regexp: \w {5,}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.28: Value Object - Version

Value Object	Version
Zweck	Gibt die Version eines Objekts wieder
Validierung	MAJOR.MINOR.PATCH.TAG
Referenz	Es existiert kein offizieller Standard. Hierbei wurde der Vorschlag zur Versionierung "Semantic Versioning 2.0.0" von Preston-Werner (2019) angewendet.
Operationen	-

Tabelle 4.29: Value Object - Projektstatus

Value Object	Projektstatus
Zweck	Definiert in welchem Stadium sich ein Projekt befindet
Validierung	Regexp: (1 | 2 | 3) - 1 = Idee bzw. Studie - 2 = Projekt mit positivem Grundsatzentscheid - 3 = Variantenstudium und -auswahl
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.30: Value Object - Projektart

Value Object	Projektart
Zweck	Bestimmt die Art des Projekts
Validierung	Regexp: (1 | 2) Ergänzung: - 1 = Neubau - 2 = Erweiterung/Ausbau
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.31: Value Object - Projektverweis

Value Object	Projektverweis
Zweck	Verweist auf das Projektportfolio, zum dem ein Projekt gehört
Validierung	Regexp: \w {3,50}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.32: Value Object - Sachplan-Identifikator

Value Object	Sachplan-Identifikator
Zweck	Identifikation und Unterscheidung der Sachpläne
Validierung	Regexp: (71 | 72 | 94) Ergänzung: - 71 = SIS - 72 = SIN - 94 = SÜL
Referenz	GeoIV Anhang 1 (Der Schweizerische Bundesrat, 2008, 20 ff.)
Operationen	-

Tabelle 4.33: Value Object - Koordinationsstatus

Value Object	Koordinationsstatus
Zweck	Durch das VO kann festgestellt werden in welchem Status sich die planerischen Massnahmen eines Sachplanprojekts befinden
Validierung	Regexp: (1 | 2 | 3) Ergänzung: - 1 = Festsetzung - 2 = Zwischenstand - 3 = Vororientierung
Referenz	Minimales Geodatenmodell, Basismodell Sachpläne basierend auf dem GeoIV Anhang 1 (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 8)
Operationen	-

Tabelle 4.34: Value Object - Planungsstatus

Value Object	Planungsstatus
Zweck	Durch das VO kann festgestellt werden, ob ein Sachplanprojekt bereits in Kraft ist oder sich noch in der Anhörung befindet
Validierung	Regexp: (1 | 2) Ergänzung: - 1 = in Kraft - 2 = in Anhörung
Referenz	Minimales Geodatenmodell, Basismodell Sachpläne basierend auf dem GeoIV Anhang 1 (Giezendanner & Lanini, 2016, S. 8)
Operationen	-

Tabelle 4.35: Value Object - Objektblatt-Nummer

Value Object	Objektblatt-Nummer
Zweck	Mithilfe der Objektblatt-Nummer lässt sich jedes Objektblatt eines Sachplans eineindeutig identifizieren
Validierung	UUID gemäss RFC 4122
Referenz	Sachpläne (SIN, SIS, SÜL) und RFC 4122 (Leach et al., 2005)
Operationen	-

Tabelle 4.36: Value Object - Dokumentenversion

Value Object	Dokumentenversion
Zweck	Spezifiziert die Version des Objektblatts
Validierung	Kalenderdatum* OR Version**
Referenz	ISO 8601 (ISO, 2004) und Semantic Versioning (Preston-Werner, 2019)
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.22
**Siehe Tabelle 4.28

Tabelle 4.37: Value Object - URL

Value Object	URL
Zweck	Mit der URL kann pro Sachplanprojekt direkt das entsprechende Objektblatt in PDF-Format aufgerufen werden
Validierung	Syntax gemäss RFC 3986
Referenz	RFC 3986 (Berners-Lee et al., 2005)
Operationen	

Tabelle 4.38: Value Object - Erweiterungsnummer

Value Object	Erweiterungsnummer
Zweck	Dient der eindeutigen Unterscheidung der einzelnen OB-Erweiterungen untereinander
Validierung	Universally Unique Identifier (UUID) gemäss RFC 4122
Referenz	RFC 4122 (Leach et al., 2005)
Operationen	Prüft, ob generierte ID bereits existiert innerhalb der OB-Erweiterungen

Tabelle 4.39: Value Object - Begründung und Auswirkungen

Value Object	Begründung und Auswirkungen
Zweck	Gibt die Gründe für das Projekte sowie dessen Auswirkungen in Textform wieder
Validierung	Regexp: \w {5,}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.40: Value Object - Genehmigungsstatus

Value Object	Genehmigungsstatus
Zweck	Vermerk bezüglich dem Genehmigungsstatus
Validierung	enum {Offen, Beschlossen, In Abklärung}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.41: Value Object - Festlegungshinweis

Value Object	Festlegungshinweis
Zweck	Textuelle Referenz auf weitere Planungsinstrumente (z.B. Richtpläne der Kantone) sowie textuelle weiterführende Hinweise zum Vorhaben (Vorgeschichte, weitere Auswirkungen, zu Berücksichtigende Faktoren etc.)
Validierung	Regexp: \w {5,}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.42: Value Object - Verweis

Value Object	Verweis
Zweck	Textuelle Referenz auf rechtliche Beschlüsse und Vorgaben in Bezug auf das Vorhaben
Validierung	Regexp: \w {3,100}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.43: Value Object - Planungsinstrument-Verweis

Value Object	Planungsinstrument-Verweis
Zweck	Textueller Beschrieb, ob Vorhaben in weiteren Planungsinstrumenten (z.B. Richtpläne der Kantone) eingetragen ist
Validierung	Regexp: \w {3,100}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.44: Value Object - Nutzungskriterien

Value Object	Nutzungskriterien
Zweck	Bewertung des Nutzten bezüglich der Faktoren "Energiewirtschaft", "Vorsorgesicherheit" und "Netzoptimierung"
Validierung	Energiewirtschaft*, Vorsorgesicherheit** und Netzoptimierung***
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.45
**Siehe Tabelle 4.46
***Siehe Tabelle 4.47

Tabelle 4.45: Value Object - Energiewirtschaft

Value Object	Energiewirtschaft
Zweck	Bewertung des Nutzten bezüglich des Faktors "Energiewirtschaft"
Validierung	enum "Nutzungspotenzial"* {nicht_relevant, geringer_Nutzen, hoher_Nutzen}
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.48

Tabelle 4.46: Value Object - Vorsorgesicherheit

Value Object	Vorsorgesicherheit
Zweck	Bewertung des Nutzten bezüglich des Faktors "Vorsorgesicherheit"
Validierung	enum "Nutzungspotenzial"* {nicht_relevant, geringer_Nutzen, hoher_Nutzen}
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.48

Tabelle 4.47: Value Object - Netzoptimierung

Value Object	Netzoptimierung
Zweck	Bewertung des Nutzten bezüglich des Faktors "Netzoptimierung"
Validierung	enum "Nutzungspotenzial"* {nicht_relevant, geringer_Nutzen, hoher_Nutzen}
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.48

Tabelle 4.48: Value Object - Nutzungspotenzial

Value Object	Nutzungspotenzial
Zweck	Definiert das Nutzungspotenzial für die Nutzenkriterien
Validierung	enum {nicht_relevant, geringer_Nutzen, hoher_Nutzen}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.49: Value Object - Schutzkriterien

Value Object	Schutzkriterien
Zweck	Bewertung bezüglich den Schutzfaktoren "Immissionsschutz", "Natur- und Landschaftsschutz" und "andere Raumnutzungsansprüche"
Validierung	Immissionsschutz* + Natur- und Landschaftsschutz** + andere Raumnutzungsansprüche***
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.50
**Siehe Tabelle 4.51
***Siehe Tabelle 4.52

Tabelle 4.50: Value Object - Immissionsschutz

Value Object	Immissionsschutz
Zweck	Bewertung bezüglich dem Schutzfaktor "Immissionsschutz"
Validierung	enum "Konfliktpotenzial"* {kein_Konflikt_erwartet, Konflikt_erwartet}
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.53

Tabelle 4.51: Value Object - Natur- und Landschaftsschutz

Value Object	Natur- und Landschaftsschutz
Zweck	Bewertung bezüglich dem Schutzfaktor " Natur- und Landschaftsschutz"
Validierung	enum "Konfliktpotenzial"* {kein_Konflikt_erwartet, Konflikt_erwartet}
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.53

Tabelle 4.52: Value Object - andere Raumnutzungsansprüche

Value Object	andere Raumnutzungsansprüche
Zweck	Bewertung bezüglich dem Schutzfaktor "andere Raumnutzungsansprüche"
Validierung	enum "Konfliktpotenzial"* {kein_Konflikt_erwartet, Konflikt_erwartet}
Referenz	-
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.53

Tabelle 4.53: Value Object - Konfliktpotenzial

Value Object	Konfliktpotenzial
Zweck	Definiert das Konfliktpotenzial für die Schutzkriterien
Validierung	enum {kein_Konflikt_erwartet, Konflikt_erwartet}
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.54: Value Object - Non Projekt Status

Value Object	Non Projekt Status
Zweck	Gibt den Status eines Non Projekts wieder
Validierung	Regexp: (1 | 2) Ergänzung: - 1 = Vorprojekt - 2 = Generelles Projekt in Erarbeitung
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.55: Value Object - Non Projekt Art

Value Object	Non Projekt Art
Zweck	Gibt die Art des Non Projekts wieder
Validierung	Regexp: (1 | 2 | 3) Ergänzung: - 1 = Unterhalt - 2 = Sanierung (mit baulicher Veränderung) - 3 = Sanierung (ohne bauliche Veränderung)
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.56: Value Object - Ländercode

Value Object	Ländercode
Zweck	Gibt den definierten Ländercode eines bestimmten Landes wieder
Validierung	Gemäss ISO 3166
Referenz	ISO 3166 (ISO, 2013)
Operationen	-

Tabelle 4.57: Value Object - Geometrie

Value Object	Geometrie
Zweck	Definiert die Geometrie eines Objektes
Validierung	Shape* AND Koordinate**
Referenz	LV95 (Schneider et al., 2001, 20 ff.)
Operationen	Berechnung von Punkt-, Linienzug- oder Flächengeometrie

*Siehe Tabelle 4.58
**Siehe Tabelle 4.59

Tabelle 4.58: Value Object - Shape

Value Object	Shape
Zweck	Definiert die Form einer Objektgeometrie
Validierung	Regexp: (1 | 2 | 3) Ergänzung: - 1 = Linienzug - 2 = Fläche - 3 = Punkt
Referenz	-
Operationen	-

Tabelle 4.59: Value Object - Koordinate

Value Object	Koordinate
Zweck	Definiert geografische Koordinatenpunkte in einem Koordinatensystem und gibt das verwendete Bezugssystem wieder
Validierung	Koordinatenpunkt* AND enum "Bezugssystem"** {CH1903+, CHTRS95, ETRS89}
Referenz	LV95 (Schneider et al., 2001, 20 ff.)
Operationen	-

*Siehe Tabelle 4.60
**Siehe Tabelle 4.64

Tabelle 4.60: Value Object - Koordinatenpunkt

Value Object	Koordinatenpunkt
Zweck	Angaben eines Koordinatenpunkts innerhalb eines Koordinatensystems
Validierung	Breitengrad* AND Längengrad** AND orthometrische Höhe***
Referenz	LV95 (Schneider et al., 2001, 20 ff.)
Operationen	Berechnung eines Koordinatenpunkts in einem Koordinatensystem

*Siehe Tabelle 4.61
**Siehe Tabelle 4.62
***Siehe Tabelle 4.63

Tabelle 4.61: Value Object - Breitengrad

Value Object	Breitengrad
Zweck	Angaben vom geografischen Breitengrad eines Koordinatenpunkts
Validierung	Gemäss LV95
Referenz	LV95 (Schneider et al., 2001, 20 ff.)
Operationen	-

Tabelle 4.62: Value Object - Längengrad

Value Object	Längengrad
Zweck	Angaben vom geografischen Längengrad eines Koordinatenpunkts
Validierung	Gemäss LV95
Referenz	LV95 (Schneider et al., 2001, 20 ff.)
Operationen	-

Tabelle 4.63: Value Object - Orthometrische Höhe

Value Object	Orthometrische Höhe[33]
Zweck	Definiert die orthometrische Höhe eines Koordinatenpunkts
Validierung	Gemäss LHN95
Referenz	LHN95 (Schlatter & Marti, 2007, 138 ff.)
Operationen	-

[33] Siehe auch Glossar "Orthometrische Höhe"

Tabelle 4.64: Value Object - Bezugssystem

Value Object	Bezugssystem[34]
Zweck	Spezifiziert nach welchem Bezugssystem die Koordinaten angegeben werden
Validierung	enum {CH1903+, CHTRS95, ETRS89}; E(0) = CH1903+
Referenz	-
Operationen	-

CH1903+ = lokale Bezugssystem der Schweiz
CHTRS95 = Swiss Terrestrial Reference System 1995
ETRS89 = Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989

Tabelle 4.65: Value Object - Typ

Value Object	Typ
Zweck	Gibt den Typ der Infrastruktur wieder
Validierung	Regexp: (1 | 2 | 3 | 4) Ergänzung: - 1 = Nationalstrasse (inklusive Autostrasse) - 2 = Stromleitung Netzebene 1 (>220 kV) - 3 = Eisenbahnlinie - 4 = Bahnstrom-Übertragungsleitung
Referenz	-
Operationen	-

[34] Siehe auch Glossar "Bezugssystem"

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Nachfolgenden werden die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse nochmals in einer übersichtlichen Form zusammengefasst. Dabei soll ein Ausblick des möglichen Gesamtsystems sowie potenziell weitere Anwendungsfelder ausserhalb der Bundesverwaltung betrachtet werden.

Wie sich aus dieser Arbeit ergeben hat, ist die Umsetzung einer multifunktonalen Nutzung der Hauptinfrastruktur nur dann möglich, wenn eine ämterübergreifende Koordination der Vorhaben stattfindet. In der aktuellen Situation gelingt dies dem ARE nur bedingt und ist zudem mit erheblichem Aufwand bei der Datenaufbereitung verbunden. Dies ist nicht zuletzt auch dem Umstand geschuldet, dass das ARE über eine Vielzahl von Daten verfügt, die es für seine Koordinationstätigkeiten nicht benötigt. Im Gegensatz dazu fehlen jedoch teilweise wichtige Daten zu Projekten. Bei der Modellierung der verschiedenen Domänen hat sich ebenfalls ergeben, dass diese mehrheitlich aus einer Zusammensetzung verschiedener Datensätze bestehen. Dadurch kann auch die fachliche Logik der Domänen nicht korrekt wiedergegeben werden. Schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass der aktuelle Zustand keine effektive und effiziente Koordination aus Sicht des ARE zulässt. Aufgrund dessen war das ARE bestrebt ein neues Datenmodell zu finden, welches die fachlichen Anforderungen optimaler unterstützt.

Das Hauptziel der Arbeit bestand darin ein Domänenmodell zu entwickeln, welches die konzeptionellen Anforderungen, die mit dem Koordinationsauftrag zusammenhängen, möglichst optimal erfüllen. Das Modell soll zudem als Grundlage für die konkreten Diskussionen mit den Vertretern der restlichen betroffenen Bundesämter dienen. In diesem Zusammenhang ist besonders zu betonen, dass es sich hierbei um einen Lösungsvorschlag und nicht um eine Endlösung handelt. Dies liegt darin begründet, dass letztendlich sowohl politische als auch organisatorische Einflussfaktoren massgeblich über die Form und den Inhalt des Modells entscheiden. Da sich diese Entscheidungsprozesse über grössere Zeiträume ziehen können, war es dem Autor nicht möglich diese Faktoren ebenfalls mit zu berücksichtigen.

Der in dieser BT erarbeitete Lösungsvorschlag baut nicht wie primär angedacht auf dem MGDM für die Sachpläne auf, sondern wurde von Grund auf neu erstellt. Das kann dadurch begründet werden, dass das ARE möglichst früh über bevorstehende Vorhaben in Kenntnis gesetzt werden muss. Je fortgeschrittener das Projekt (wie z.B. Sachplanprojekte), desto geringer ist die Chance einer möglichen Synergienutzung durch die gemeinsame Planung zwischen zwei Vorhaben. Im Weiteren konnte so auch optimaler auf die fachlichen Anforderungen eingegangen werden. Dies führte schlussendlich zu einem Domänenmodell, das sich deutlich kompakter präsentiert als jenes aus dem Ist-Zustand. Es wurde darauf geachtet, dass irrelevante und oftmals redundante Daten aus dem Modell entfernt und dafür fehlende aber dringend benötigte neu hinzugefügt wurden. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Fach entstand so ein Lösungsvorschlag, der dem ARE die Wahrnehmung seines Koordinationsauftrages im Sinne der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur optimal ermöglichen würde. Insbesondere erlaubt das neu entwickelte Domänenmodell eine räumlich verbindliche Planung und damit die effektivere Koordination der Vorhaben.

Vorausblickend muss nun die Diskussion mit den Parteien, welche ebenfalls von einer ämterübergreifenden Planung betroffen sind, gesucht werden. Das ARE, in der federführenden Rolle, hat dank dem entwickelten Datenmodell eine fundierte Argumentationsgrundlage und kann den restlichen Ämtern aufzeigen wie eine mögliche Lösung aussehen könnte. Ob und in welchem Umfang der Vorschlag angenommen wird, kann aktuell noch nicht beurteilt werden. Es sind jedoch bereits erste Gespräche dazu vereinbart worden. Dabei ist zu erwähnen, dass das Modell nicht nur innerhalb der Bundesverwaltung zum Einsatz kommen könnte. Im Rahmen einer höheren Transparenz und Digitalisierung, kann das Domänenmodell sowohl für die Kommunikation mit Kantonen und Gemeinden als auch für die öffentliche Publikation von Vorhaben genutzt werden.

Unabhängig davon sind weitere Anwendungsfelder ebenfalls denkbar. Im Sinne der Wiederverwendung lässt sich das Domänenmodell in seinen Grundzügen und mit den entsprechenden Anpassungen nicht nur im Kontext der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur einsetzen. Da das Modell im Grundsatz für die Ausübung von Koordinationsaufgaben entwickelt wurde, kann es auch in anderen Bereichen für diese Tätigkeit eingesetzt werden. Dabei muss es sich weder um Projekte mit Infrastrukturbezug noch um behördliche Aufgabenbereiche handeln. Damit biete das Domänenmodell auch eine gewisse Flexibilität. Ein weiterer Vorteil ist der Aufbau nach dem DDD-Ansatz. Dadurch konnte ein Set von Value Objects definiert werden, das sich ebenfalls auf andere Fachbereiche anwenden lässt. Wird dieser Ansatz weiterverfolg, resultiert daraus eine Datenbank aus verschiedenen Value Objects. Diese können ohne weiteres auch in anderen Domänenmodellen eingesetzt werden, womit wiederum die Wiederverwendbarkeit der Lösung gefördert wird.

6 Selbstreflexion

Den abschliessenden Teil dieser Arbeit stellt die Selbstreflexion dar. Dabei wird aus Sicht des Autors der Verlauf der Arbeit, als auch die neu gewonnen Erkenntnisse und Erfahrungen festhalten. Zusätzlich dient dieses Kapitel auch dazu Lessons Learned zu identifizieren, welche sowohl für zukünftige Arbeiten als auch im beruflichen Alltag einen Mehrwert bieten könnten.

Themenwahl
Ursprünglich bestand die Idee aufbauen auf dem CASE-Projekt, welches im siebten Semester des Studiengangs Wirtschaftsinformatik erarbeitet wurde, die Bachelor-Thesis weiterzuführen. Dabei hätte ein Konzept für die Einführung eines Prozessmanagements im Bundesamt für Raumentwicklung entstehen sollen. Dieses Vorhaben habe ich jedoch verworfen, aufgrund der Tatsache, dass Ende 2019 das ARE die Thematik Prozessmanagement bereits anderweitig aufgegriffen hat. In einem gemeinsamen Gespräch mit den beiden Betreuungspersonen kamen wir zum Schluss, dass sich der Bereich Data Management ebenfalls optimal für die Erarbeitung einer Bachelor-Thesis nutzen lässt. Nach einer ersten Anfrage im Amt bei der Sektion "Grundlagen" hat sich bereits frühzeitig ein gewisses Potenzial und Interesse für eine mögliche Zusammenarbeit im Rahmen einer Bachelor-Thesis abgezeichnet.

Im Gespräch mit dem Auftraggeber wurden einige Ideen ausgearbeitet, die sich als Grundlage für die Arbeit eignen könnten. Nach einem ersten Evaluationsprozess stand fest, dass sich die Bachelor-Thesis im Kontext der behördlichen Raumplanung bewegen soll. Dabei soll die Erarbeitung eines Datenmodells für die effektivere und effizientere Zusammenarbeit im Bereich der behördlichen Infrastrukturprojekte im Vordergrund stehen. Bei der Verfassung des Antrags fiel mir jedoch schnell auf, dass mir das grundlegende Verständnis für den Fachbereich Raumplanung noch fehlte. Dadurch hatte ich anfänglich Schwierigkeiten den Rahmen der Arbeit festzulegen. Um diese Hürde zu überwinden, habe ich mich vorgängig in einige Dokumente eingelesen, um so zumindest das Grundkonzept dahinter zu verstehen.

Lessons Learned: Die übergeordnete Themenfindung stellte in diesem Fall kein Problem dar und konnte innerhalb einer kurzen Zeitspanne abgeschlossen werden. Weitaus herausfordernder war die Erarbeitung des Scope aus fachlicher Sicht. Ohne das nötige Grundverständnis für den Fachbereich stellt sich diese Tätigkeit als grössere Hürde dar. Aufgrund dessen ist es in der Business Analyse unabdingbar, dass der Business Analyst zumindest die Grundzüge des zu analysierenden Bereichs kennt und versteht.

Zusammenarbeit Auftraggeber und Betreuungsperson
Die Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber stellte sich als äusserst interessante und lehrreiche Erfahrung heraus. Da ich keine wirklichen Vorkenntnisse im Bereich Raumplanung hatte, war ich zu Beginn auf die Unterstützung des Auftraggebers verstärkt angewiesen. Dabei hat er sich, wo immer möglich, Zeit für meine fachlichen Anliegen genommen und diese mit mir geklärt. Im Weiteren hatte ich die Möglichkeit mit ihm in regelmässigen Abständen den Fortschritt meiner Arbeit zu besprechen. Dadurch konnte ebenfalls jeweils die fachliche Korrektheit der Zwischenresultate sichergestellt werden. Nebst dem Kontakt mit dem Auftraggeber konnte ich weitere Fachexperten aus dem ARE in die Arbeit miteinbeziehen. Die Resultate aus den Expertengesprächen haben massgeblich zur Entwicklung der Lösungsvariante beigetragen.

Zusätzlich konnte ich aus methodischer Sicht von der Zusammenarbeit mit meinem Betreuer profitieren. Durch seine Kompetenzen in der Business Analyse und die praktische Erfahrung in diesem Bereich, hatte ich hier jeweils eine Anlaufstelle für Fragen zum methodischen Vorgehen oder zur korrekten Modellierung der Domänenmodelle. Dank der regemässigen Sitzungen und Evaluationen der Arbeitsfortschritte konnte ich jeweils wichtige Erkenntnisse für die weitere Bearbeitung der BT und Optimierung der bestehenden Inhalte ziehen. Dadurch war es mir auch möglich die Qualität der Gesamtarbeit zu erhöhen.

Lessons Learned: Zu Beginn hatte ich Mühe den zu analysierenden Fachbereich und seine Begriffe sowie Zusammenhänge zu verstehen. Dokumentenstudien können hierbei bis zu einem gewissen Grad helfen. Der Nachteil reiner Dokumentstudien ist jedoch, dass man sich nur das explizite Wissen aneignen kann. Implizites Wissen, welches oft wichtige Erkenntnisse für die die Business Analyse beinhaltet, bleibt weiterhin verborgen. Aufgrund dessen ist es unerlässlich, dass der Business Analyst die Möglichkeit hat Expertengespräche durchzuführen. Dieser Umstand gilt insbesondere in jenen Fällen, in denen kaum Dokumentationen vorliegen. Bezogen auf die Bachelor-Thesis war dies bei der Ist-Analyse besonders ausgeprägt. Hierbei standen mir nur einzelne Datensätze ohne weitere Erklärungen zur Verfügung, womit ich auf das Wissen der Fachexperten angewiesen war.

Methodik
Die angewandte Methodik "Domain Driven Design" hat sich für die Erstellung dieser Arbeit aus meiner Sicht besonders bewährt. Dadurch, dass die fachlichen Aspekte im Zentrum der Analyse standen, wurde die Kommunikation und Zusammenarbeit mit den betroffenen Parteien deutlich vereinfacht. Daraus resultierend wurde ein Domänenmodell entwickelt, das den Ansprüchen der Fachexperten gerecht wird und die Domäne möglichst realitätsnah abbildet.

Während den Gesprächen mit den Fachexperten und dem Betreuer wurde als Unterstützung immer wieder auf Skizzen zurückgegriffen, die den Sachverhalt visuell darstellen sollen. Diese Skizzen haben mir besonders zu Beginn der Arbeit geholfen den Fachbereich "Raumplanung" besser zu verstehen. Dank der Kombination von Erklärung und visueller Darstellung wurden komplexe Sachverhalte einfach greifbar.

Lessons Learned: Der DDD-Ansatz bietet sich im Bereich der Business Analyse besonders an. Der grosse Vorteil liegt im Fokus auf die fachliche Domäne. Damit werden die Fachexperten besser in die Analyse eingebunden und sind somit auch bereit mitzuwirken. Dank der Minimierung von technischen Begriffen wird das Modell auch besser von den Fachexperten verstanden, womit sie gezielter Input geben können.

Skizzen erlauben komplexe Sachverhalte vereinfacht darzustellen oder bestimmte Teile davon besonders hervorzuheben. Basierend auf den Zeichnungen können so fachliche Gespräche geführt und gleichzeitig sichergestellt werden, dass Missverständnisse reduziert werden. Diese Methode bietet sich unter anderem dann an, wenn eine der Parteien nur ein beschränktes Verständnis von der Materie hat oder es sich um komplexe Angelegenheiten handelt. Die Kombination von Erklärung und visueller Darstellung hilft den Sachverhalt besser verständlich zu machen.

Theorie und Praxis
Obschon ein Grossteil der in dieser Arbeit verwendeten Methoden bereits im Modul VBA 1 behandelt wurden, musste ich feststellen, dass sich in der Praxis eine Vielzahl neuer Fragen ergeben hat. Dabei ist mir persönlich aufgefallen, dass die Theorie oft das "Was" seltener jedoch das "Wie" abdeckt. Resultierend daraus war mir oftmals nicht bewusst, wie ich ein bestimmtes Element modellieren oder dokumentieren muss. In der Praxis treten zudem auch sehr spezifische Fälle auf, die je nach Kontext und Verständnis mehrere Lösungen zulassen. Hierbei hilft meist nur die praktische Erfahrung in Kombination mit den Theoriegrundlagen. Glücklicherweise stand mir in solchen Fällen mein Betreuer zur Seite, mit dem ich diese Fragestellungen jeweils klären konnte.

Lessons Learned: Die Theorie, welche ich mir in VBA 1 aneignet habe, war eine gute Basis für die Erarbeitung dieser Bachelor-Thesis. Sie alleine reicht jedoch nicht aus, um ein solches Vorhaben in einer angemessenen Qualität zu erstellen. Die Erfahrung, welche aus der Praxisarbeit gewonnen wird, stellt ebenfalls einen essenziellen Erfolgsfaktor dar.

Unvorhersehbare Ereignisse
Während der Erarbeitung dieser Bachelor-Thesis wurden aufgrund des neuartigen Coronavirus (COVID-19) weltweit verschärfte Massnahmen getroffen, um dessen rasante Ausbreitung entgegenzuwirken. In der Schweiz führte dies zu vermehrtem Home-Office und online statt frontal Unterricht an den Hochschulen. Aufgrund der besonderen Umstände musste die Zusammenarbeit mit Auftraggeber und Betreuer reduziert werden, womit der Fortschritt der Arbeit nicht mehr regemässig besprochen werden konnte. Glücklicherweise bestand der Grossteil der Lösungsvariante zu diesem Zeitpunkt bereits, womit der Verzicht auf einen intensiveren Informationsaustausch in Kauf genommen werden konnte. Nichtsdestotrotz war dank der verschiedenen Web-Kommunikationstools (z.B. E-Mail, MS Teams, Skype etc.) die Zusammenarbeit im ähnlichen Rahmen weiterhin möglich.

Lessons Learned: Für diese Arbeit war ich auf den regelmässigen Austausch mit dem Auftraggeber angewiesen. Ohne die heute zur Verfügung stehenden Technologien wäre eine Weiterführung der Zusammenarbeit nur unter erschwerten Bedingungen möglich gewesen. Die aussergewöhnliche Situation hat jedoch auch gezeigt, dass Online-Meetings, wenn richtig durchgeführt, mindestens so effektiv und effizient sind wie physische Treffen (bezogen auf diese Arbeit). Einzig das Skizzieren von Sachverhalten wird je nach Tool und Infrastruktur erschwert.

Fazit und Bewertung der Resultate
Rückblickend ziehe ich eine sehr positive Bilanz aus der Erarbeitung dieser Bachelor-Thesis. Aus einer persönlichen Sicht wurden die inhaltlich festgelegten Ziele termingerecht erreicht und das Endresultat ist zufriedenstellend. Dank der engen Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber, den weiteren Fachexperten sowie mit dem Betreuer ist ein Domänenmodell entstanden, das die Voraussetzungen besitzt, um als Basis für die weiterführenden Diskussionen im Rahmen der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur zu dienen. In diesem Zusammenhang war es ebenfalls erfreulich, dass seitens ARE an der Arbeit grosses Interesse bestand und die bis dahin präsentierten Resultate, positiv aufgenommen wurden.

Wie bereits beim CASE-Projekt, welches im siebten Semester erarbeitet wurde, hat es sich auch bei der Bachelor-Thesis als sinnvoll erwiesen frühzeitig damit zu starten. Somit hatte ich zum Schluss hin genügend Zeit für Korrekturen und inhaltliche sowie format-technische Überprüfungen. Von einer methodischen Sicht her hat sich der DDD-Ansatz sehr bewährt. Durch die dort festgehaltene Vorgehensweise hatte ich einen roten Faden, an dem ich mich orientierten

konnte. Dank dem Fokus auf die kundenorientierte Sicht, unterstützte diese Methodik auch die Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber, da dieser aktiv in die Entwicklung des Modelles miteinbezogen wurde. Ein Negativpunkt, der mir während der Arbeit jedoch aufgezeigt wurde, ist, dass fehlende Erfahrung in der praktischen Anwendung nicht durch Theorie ersetzt werden kann. Abschliessend kann ich festhalten, dass ich mit den erarbeiteten Resultaten zufrieden bin und hoffe einen Mehrwert für ARE in Bezug auf die Klärung der Frage nach der multifunktionalen Nutzung der Hauptinfrastruktur geschaffen zu haben.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Web-GIS inkl. Sachpläne Schiene, Strasse und Übertragungsleitungen 14
Abbildung 2.2: Involvierte Parteien in der Raumplanung 16
Abbildung 3.1: Minimales Geodatenmodell - Basismodell Sachpläne 25
Abbildung 3.2: Domänenmodell - Nationalstrassen (IST) 34
Abbildung 3.3: Domänenmodell - Schienennetz (IST) 37
Abbildung 3.4: Domänenmodell - Übertragungsleitungen (IST) 39
Abbildung 3.5: Aktueller Fortschritt - Visualisierung in QGIS 42
Abbildung 3.6: Domänenmodell - Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur (IST) 44
Abbildung 3.7: Mindmap - Ist-Situation 47
Abbildung 3.8: Ergebnis Workshop - Soll-Analyse 49
Abbildung 4.1: Lösungsvorschlag - Domänenmodell "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur" 56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: MGDM - Klasse: Sachplan 19
Tabelle 3.2: MGDM - Klasse: Object 20
Tabelle 3.3: MGDM - Klasse: Dokument 21
Tabelle 3.4: MGDM - Klasse: Anlage 22
Tabelle 3.5: MGDM - Klasse: Planerische Massnahmen 24
Tabelle 3.6: Erweiterung MGDM - SIN 26
Tabelle 3.7: Erweiterung MGDM (SIN) - Klasse: Objektblatt Informationen 27
Tabelle 3.8: Erweiterung MGDM - SIS 28
Tabelle 3.9: Erweiterung MGDM (SIS) - Klasse: Objektblatt Informationen 29
Tabelle 3.10: Erweiterung MGDM - SÜL 30
Tabelle 3.11: Erweiterung MGDM (SÜL) - Klasse: Objektblatt Informationen 30
Tabelle 3.12: ASTRA - Datensätze (IST) 33
Tabelle 3.13: ARE - Datensätze (IST) 33
Tabelle 3.14: Klassenbeschrieb - Sub Domain "Nationalstrassen" (IST) 35
Tabelle 3.15: BAV - Datensätze (IST) 36
Tabelle 3.16: Klassenbeschrieb - Sub Domain "Schienennetz" (IST) 37
Tabelle 3.17: BFE - Datensätze (IST) 38
Tabelle 3.18: Swissgrid - Datensätze (IST) 39
Tabelle 3.19: Klassenbeschrieb - Sub Domain "Übertragungsleitungen" (IST) 40
Tabelle 3.20: QGIS - Datensätze (IST) 41
Tabelle 3.21: Klassenbeschrieb - Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"(IST) 45
Tabelle 3.22: Anforderungsbeschrieb 52
Tabelle 4.1: Attribute - Bundesamt 57
Tabelle 4.2: Attribute - Organisation 57
Tabelle 4.3: Attribute - Vorhaben 58
Tabelle 4.4: Attribute - Projekt 59
Tabelle 4.5: Attribute - Sachplanprojekt 59
Tabelle 4.6: Attribute - Objektblatt 60
Tabelle 4.7: Attribute - SIN-OB-Erweiterungen 60
Tabelle 4.8: Attribute - SIS-OB-Erweiterungen 61
Tabelle 4.9: Attribute - SÜL-OB-Erweiterungen 62
Tabelle 4.10: Attribute - Non Projekt 63

Tabelle 4.11: Attribute - Infrastruktur 63
Tabelle 4.12: Attribute - Infrastrukturnetz Schweiz 64
Tabelle 4.13: Value Object - Name 64
Tabelle 4.14: Value Object - Abkürzung 64
Tabelle 4.15: Value Object - Organisationseinheit 64
Tabelle 4.16: Value Object - OE-Typ 65
Tabelle 4.17: Value Object - Kontaktangaben 65
Tabelle 4.18: Value Object - Telefonnummer 65
Tabelle 4.19: Value Object - E-Mail-Adresse 65
Tabelle 4.20: Value Object - Vorhabennummer 65
Tabelle 4.21: Value Object - Titel 66
Tabelle 4.22: Value Object - Kalenderdatum 66
Tabelle 4.23: Value Object - Zeitspanne 66
Tabelle 4.24: Value Object - ZeitspanneVon 66
Tabelle 4.25: Value Object - ZeitspanneBis 66
Tabelle 4.26: Value Object - Zeitgranularität 67
Tabelle 4.27: Value Object - Beschrieb 67
Tabelle 4.28: Value Object - Version 67
Tabelle 4.29: Value Object - Projektstatus 67
Tabelle 4.30: Value Object - Projektart 67
Tabelle 4.31: Value Object - Projektverweis 68
Tabelle 4.32: Value Object - Sachplan-Identifikator 68
Tabelle 4.33: Value Object - Koordinationsstatus 68
Tabelle 4.34: Value Object - Planungsstatus 68
Tabelle 4.35: Value Object - Objektblatt-Nummer 69
Tabelle 4.36: Value Object - Dokumentenversion 69
Tabelle 4.37: Value Object - URL 69
Tabelle 4.38: Value Object - Erweiterungsnummer 69
Tabelle 4.39: Value Object - Begründung und Auswirkungen 69
Tabelle 4.40: Value Object - Genehmigungsstatus 70
Tabelle 4.41: Value Object - Festlegungshinweis 70
Tabelle 4.42: Value Object - Verweis 70
Tabelle 4.43: Value Object - Planungsinstrument-Verweis 70
Tabelle 4.44: Value Object - Nutzungskriterien 70
Tabelle 4.45: Value Object - Energiewirtschaft 71
Tabelle 4.46: Value Object - Vorsorgesicherheit 71
Tabelle 4.47: Value Object - Netzoptimierung 71
Tabelle 4.48: Value Object - Nutzungspotenzial 71
Tabelle 4.49: Value Object - Schutzkriterien 71
Tabelle 4.50: Value Object - Immissionsschutz 72
Tabelle 4.51: Value Object - Natur- und Landschaftsschutz 72
Tabelle 4.52: Value Object - andere Raumnutzungsansprüche 72
Tabelle 4.53: Value Object - Konfliktpotenzial 72
Tabelle 4.54: Value Object - Non Projekt Status 72
Tabelle 4.55: Value Object - Non Projekt Art 73
Tabelle 4.56: Value Object - Ländercode 73
Tabelle 4.57: Value Object - Geometrie 73
Tabelle 4.58: Value Object - Shape 73
Tabelle 4.59: Value Object - Koordinate 74
Tabelle 4.60: Value Object - Koordinatenpunkt 74

Tabelle 4.61: Value Object - Breitengrad....74
Tabelle 4.62: Value Object - Längengrad....74
Tabelle 4.63: Value Object - Orthometrische Höhe....74
Tabelle 4.64: Value Object - Bezugssystem....75
Tabelle 4.65: Value Object - Typ....75
Tabelle D.1: Analysierte Datensätze (IST)....97
Tabelle E.1: Attribute - Bundesamt & Organisation (IST)....104
Tabelle E.2: Attribute - Sub Domain "Nationalstrassen" (IST)....105
Tabelle F.1: Attribute - Sub Domain "Schienennetz" (IST)....110
Tabelle G.1: Attribute - Sub Domain "Übertragungsleitungen" (IST)....115
Tabelle H.1: Attribute - Core Domain "Multifunktonale Nutzung der Hauptinfrastruktur" (IST)....118
Tabelle I.1: Bewertete Value Objects (IST)....125
Tabelle J.1: Teilnehmer - Workshop....135
Tabelle K.1: Fachexperten....135

Abkürzungsverzeichnis

ABNF	Augmented Backus-Naur Form
AP	Ausführungsprojekt
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
AS2035	Ausbauschritt 2035
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFE	Bundesamt für Energie
BFH	Berner Fachhochschule
BT	Bachelor Thesis
CH1903+	lokale Bezugssystem der Schweiz
CHTRS95	Swiss Terrestrial Reference System 1995
DDD	Domain Driven Design
EK	Erhaltungskonzept
EP	Genereles Projekt
ESTI	Eidgenössische Starkstrominspektorat
ETRS89	Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989
FME	Feature Manipulation Engine
GeoIV	Geoinformationsverordnung
GIS	Geographische Informationssysteme
ITF	INTERLIS-Dateitransferformat
MGDM	Minimales Geodatenmodell
MK	Massnahmenkonzept
N/A	Not Available, No Answer; Nicht Relevant
OB	Objektblatt
PUN	Pannenstreifenumnutzung

RPG	Bundesgesetztes über die Raumplanung
SIN	Sachplan Verkehr; Teil Infrastruktur Strassen
SIS	Sachplan Verkehr; Teil Infrastruktur Schiene
STEP Nationalstrassen	Strategisches Entwicklungsprogramm Nationalstrassen
SÜL	Sachplan Übertragungsleitungen
UUID	Universally Unique Identifier
VBA 1	Vertiefung Business Analyse 1
VO	Value Object

Glossar

Begriff	Bezugssystem
Bedeutung	Koordinaten lassen sich anhand physikalischer und theoretischer Grössen (Ellipsoid, Projektion, geodätisches Datum, usw.) ableiten. Die Gesamtheit dieser Grössen stellen ein Bezugssystem dar (Schweizerische Bundeskanzlei, 2010a). Dabei ist wichtig zu erwähnen, dass es nicht nur ein Bezugssystem gibt. Es existieren nationale Systeme als auch internationale Systeme wie z.B. das Europäische Terrestrische Referenzsystem (ETRS89).
Synonyme	Koordinatensystem
Abgrenzung, Gültigkeit	Im Kontext der Geodäsie dienen Bezugssysteme dazu, um geografische Koordinaten abzuleiten. In der Physik wir der Begriff ähnlich verwendet und meint damit im Grundsatz ebenfalls ein Koordinatensystem.
Herkunft	Terminologie der schweizerischen amtlichen Vermessung

Begriff	Bündelung
Bedeutung	Unter Bündelung von Infrastrukturen wird in diesem Bericht eine räumliche Nähe von mehreren Verkehrs- oder Energieübertragungsinfrastrukturen verstanden (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 2).
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Das verallgemeinerte Verständnis einer Bündelung, in dem es zur Zusammenführung von mind. zwei Dingen kommt, kann auch hier angewendet werden. Im Kontext dieser Arbeit wird Bündelung mit der Zusammenführung von zwei Hauptinfrastrukturelementen (Strasse und Übertragungsleitung oder Eisenbahnschiene und Übertragungsleitungen) gleichgesetzt.
Herkunft	Allgemeingültiger Begriff (Dudenredaktion, o. J.a)

Begriff	Entität
Bedeutung	Eine Entität stellt ein bestimmtes Geschäftsobjekt dar, das eine fachliche Bedeutung innerhalb der betrachteten Domäne aufweist.
Synonyme	Klasse
Abgrenzung, Gültigkeit	Der Begriff wird im Kontext von DDD verwendet. Da die Domänenmodelle in Form von UML-Klassendiagrammen modelliert werden, bilden die Klassen Entitäten ab.
Herkunft	Domain Driven Design (Evans, 2003, S. 31)

Begriff	Geografisches Informationssystem (GIS)
Bedeutung	Ein GIS ist ein computergestütztes Informationssystem, mit dem räumliche Daten digital erfasst werden können. Das GIS ermöglich zudem die Speicherung, Reorganisierung, Modellierung, Analyse sowie die Visualisierung der Daten. Ziel eines GIS ist es, räumliche Bezugsflächen mit den jeweiligen räumlich verorteten Daten zu verknüpfen. Resultierend daraus können verschiedene Analysen sowie Modellberechnungen durchgeführt werden. Die Endresultate lassen sich anschliessend visuell in Diagrammen oder vorzugsweise in geografischen Karten abbilden (Neumair & Haas, 2018).
Synonyme	-

Abgrenzung, Gültigkeit	Im Kontext dieser Arbeit wird das GIS primär im Rahmen der Raumplanung und damit im geografischen Anwendungsbereich eingesetzt.
Herkunft	Terminologie der Wirtschaftsgeografie

Begriff	Geometrie
Bedeutung	Die Geometrie ist zuständig für den räumlichen Bezug sowie die geometrische Beschreibung eines raumbezogenen Objekts (Bill & Zehner, 2002).
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Der Begriff wird im Sinne der behördlichen Raumplanung verwendet und kann als Punktlinie, Linienzug, (offener, geschlossener) Polygonzug oder Fläche verstanden werden. Die Geometrie kann somit unter anderem die Form bzw. Umriss eines Objektes / Infrastrukturelements grafisch wiedergeben. Im Sinne der Raumplanung besteht eine Geometrie aus geografischen Koordinaten.
Herkunft	Terminologie der Topografie / Mathematik

Begriff	Infrastruktur
Bedeutung	Alle langlebigen Grundeinrichtungen personeller, materieller oder institutioneller Art, die das Funktionieren einer Gesellschaft und Volkswirtschaft ermöglichen (Koll-Schretzenmayr, 2012, S. 3).
Synonyme	Hauptinfrastruktur; Hauptverkehrsinfrastruktur; Infrastrukturelement
Abgrenzung, Gültigkeit	Im Zusammenhang mit dieser Arbeit bezieht sich die Infrastruktur primär auf die Nationalstrassen, Eisenbahnschienen und Hochleitungsspannungen im Raum Schweiz. Sie werden auch zu "Hauptinfrastruktur" oder "Hauptverkehrsinfrastruktur" zusammengefasst.
Herkunft	Raumordnung – Städtebau (Schweizerische Bundeskanzlei, 2008a)

Begriff	Konzept
Bedeutung	Das Konzept beschreibt eine Bundesplanung, welche sich mit raumwirksamen Tätigkeiten der Bundesverwaltung in definierten Sachbereichen befasst. Dabei zeigt das Konzept im Gegensatz zum Sachplan nur die Ziele (Sach- und Raumordnungsziele) sowie die generellen Anweisungen (Interessen, Mittel, Prioritäten) auf (Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989, S. 9).
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Eine Bundesplanung wird nur dann als Sachplan im Sinne von Artikel 13 RPG bezeichnet, wenn bei der Erstellung die geforderte Zusammenarbeit mit den betroffenen Parteien stattgefunden hat, die Öffentlichkeit in Kenntnis gesetzt wurde und die Möglichkeit zur Mitwirkung erhalten hat sowie die Berücksichtigung der Interessen einbezogen wurden (Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989, S. 24). Im Weiteren umfass das Konzept keine räumlich spezifischen Anweisungen (Standort, Realisierungsvoraussetzungen, Arbeitsprogramme) (Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989, S. 9)
Herkunft	Raumordnung – Städtebau (Schweizerische Bundeskanzlei, 2005a)

Begriff	Multifunktionalen Nutzung von Nationalstrassen
Bedeutung	Die Mehrfachnutzung des Nationalstrassenareals, d. h. das Nationalstrassenareal beherbergt mindestens einen anderen Infrastrukturtyp (Schweizerischer Bundesrat, 2017, S. 2).
Synonyme	Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur; Multifunktionale Nutzung der linearen Hauptinfrastruktur; Multifunktionale Nutzung der Hauptverkehrsinfrastruktur; Multifunktionale Nutzung der Infrastruktur
Abgrenzung, Gültigkeit	Die beschriebene Semantik des Begriffs findet ausschliesslich in Verbindung mit dem Postulat 08.3017 Rechsteiner Anwendung. In dieser Arbeit wird der Begriff "Nationalstrasse" auch mit "Hauptinfrastruktur", bzw. "Hauptverkehrsinfrastruktur" ersetzt, da nicht nur die Nutzung der Nationalstrassen, sondern auch Hochleitungsspannungen und Eisenbahnschienennetz im Fokus der Betrachtung liegen (siehe auch Glossar "Infrastruktur").
Herkunft	Postulat 08.3017 Rechsteiner (Rechsteiner, 2008)

Begriff	Objektblatt
Bedeutung	Jedes Infrastrukturprojekt, das auch Teil eines Sachplans darstellt, wird durch ein Objektblatt entsprechend beschrieben. Das Objektblatt enthält weitere Informationen zu einem bestimmten Infrastrukturprojekt.
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Begriff der Raumplanung
Herkunft	Raumordnung – Städtebau (Schweizerische Bundeskanzlei, 2005b)

Begriff	orthometrische Höhe
Bedeutung	Die orthometrische Höhe definiert die Länge der Lotlinie vom einem Punkt bis zum Geoid (dient als Referenzfläche für die Höhenbestimmung) (Schweizerische Bundeskanzlei, 2010b). Das Geoid dient als Referenzfläche für die Höhenbestimmung und kann als idealisierte mittlere Meeresoberfläche gedacht werden (swisstopo, 2017).
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Begriff der Geodäsie und Vermessung
Herkunft	Terminologie der schweizerischen amtlichen Vermessung

Begriff	Perimeter
Bedeutung	Unter einem Perimeter wird der Umfang / Umriss einer geometrischen Fläche verstanden. Er kann auch mit Gebietsabgrenzung (wie in der Geometrie) übersetzt werden.
Synonyme	Anlageperimeter; Planungsperimeter
Abgrenzung, Gültigkeit	Die hier beschriebene Bedeutung hat im Kontext der Raumplanung und amtlichen Vermessung Gültigkeit.
Herkunft	Raumordnung – Städtebau (Schweizerische Bundeskanzlei, 2010c)

Begriff	Raumplanung
Bedeutung	Die vorausplanende Koordination von raumwirksamen Tätigkeiten (Koll-Schretzenmayr, 2012, S. 3). Raumwirksame Tätigkeiten beziehen sich auf zielorientierte Umsetzungen von Massnahmen in einem vordefinierten Gebiet, welche sich wiederum auf die räumliche Entwicklung von Wirtschaft, Gesellschaft sowie Umwelt auswirken (Spektrum der Wissenschaft, 2001). Da es sich bei der Raumplanung in der Schweiz um eine öffentliche Aufgabe handelt, ist diese gesetzlich verankert und wird im "Bundesgesetzt über die Raumplanung" entsprechend spezifiziert.
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Mit Raumplanung ist hier explizit die räumlich / geografische Planung der öffentlichen Hand in den raumrelevanten Sachgebieten wie Verkehr, Wirtschaft und Gesellschaft zu verstehen (ARE, 2016).
Herkunft	Raumordnung – Städtebau (Schweizerische Bundeskanzlei, 2005c)

Begriff	Sachplan
Bedeutung	Der Sachplan zeigt, wie der Bund seine raumwirksamen Verpflichtungen in einem bestimmten Sach- oder Themenbereich wahrnimmt, welche Ziele er verfolgt und unter Berücksichtigung welcher Anforderungen und Vorgaben er handelt (ARE, o. J.b). Der Sachplan beinhaltet Ziele (Sach- und Raumordnungsziele), generelle Anweisungen sowie spezifische räumlich bezogene Anweisungen (Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989, S. 9).
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Eine Bundesplanung wird nur dann als Sachplan im Sinne von Artikel 13 RPG bezeichnet, wenn bei der Erstellung die geforderte Zusammenarbeit mit den betroffenen Parteien stattgefunden hat, die Öffentlichkeit in Kenntnis gesetzt wurde und die Möglichkeit zur Mitwirkung erhalten hat sowie die Berücksichtigung der Interessen einbezogen wurden (Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 1989, S. 24).
Herkunft	Raumordnung – Städtebau (Schweizerische Bundeskanzlei, 2005d)

Begriff	Sektor
Bedeutung	In Bezug auf Nationalstrassen wird ein Sektor als jene Strecke definiert, die sich zwischen zwei Bezugspunkten erstreckt (Seiler et al., 2017, S. 10).
Synonyme	
Abgrenzung, Gültigkeit	Der Begriff darf hierbei nicht mit dem gleichnamigen Wort in der Geometrie verwechselt werden. Dort definiert ein Sektor ein Teil eines Kreises. Im Kontext dieser Arbeit wird jedoch ein Streckenabschnitt verstanden.
Herkunft	Terminologie der Nationalstrassenplanung

Begriff	Trasse
Bedeutung	Definiert die Lage der Mittelinie einer Strasse oder Eisenbahn hinsichtlich das von ihr durchschnittene Gelände (Lueger, S. 601–602). Eine Trasse kann auch als geplante, abgesteckte Linienführung eines Verkehrsweges oder einer Versorgungsleitung beschrieben werden (Dudenredaktion, o. J.b)
Synonyme	-
Abgrenzung, Gültigkeit	Im Kontext der behördlichen Raumplanung wird der Begriff "Trasse" durch Swissgrid verwendet und bezeichnet in diesem Fall eine Übertragungsleitung anstelle einer Strasse oder Eisenbahnschiene.
Herkunft	Stromerzeugung und Verteilung / Raumplanung (Schweizerische Bundeskanzlei, 2008b)

Begriff	Vorhaben
Bedeutung	Der Plan etwas bestimmtes zu tun oder auszuführen (Dudenredaktion, o. J.c)
Synonyme	Projekt; Sanierung; Unterhalt; Wartung
Abgrenzung, Gültigkeit	Im Kontext der Raumplanung umfasst ein Vorhaben nicht nur zwingend ein Projekt. Sanierungen, Unterhalts- oder Wartungsarbeiten an Infrastrukturelementen können ebenfalls als Vorhaben deklariert werden. Der Begriff dient damit als Überbegriff für verschiedene Typen von Tätigkeiten.
Herkunft	Raumordnung – Städtebau (Schweizerische Bundeskanzlei, 2003)

Literaturverzeichnis

Balzert, H., Schröder, M. & Schäfer, C. (2017). *Wissenschaftliches Arbeiten. Ethik, Inhalt & Form wiss. Arbeiten, Handwerkzeug, Quellen, Projektmanagement, Präsentation* (2. Auflage). Berlin | Dortmund: Springer Campus.

Berners-Lee, T., Fielding, R. T. & Masinter, L. (2005). *RFC 3986 - Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax,* The Internet Society. Zugriff am 01.03.2020. Verfügbar unter https://tools.ietf.org/html/rfc3986#page-7

Bill, R. & Zehner, M. L. (2002). *Geometriedaten - Geoinformatik Lexikon,* Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät. Zugriff am 25.01.2020. Verfügbar unter http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=800

Bundesamt für Energie & Bundesamt für Raumentwicklung. (2001, April). *Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL). Konzept und Sachpläne (Art. 13 RPG).* Bern: Bundesamt für Energie (BFE); Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Bundesamt für Landestopografie. (2017). *Geoid,* Bundesamt für Landestopografie. Zugriff am 01.04.2020. Verfügbar unter https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/geodaesie-vermessung/geoid.html

Bundesamt für Raumentwicklung. (o. J.a). *Konzepte und Sachpläne,* Bundesamt für Raumentwicklung. Zugriff am 24.12.2019. Verfügbar unter https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene.html

Bundesamt für Raumentwicklung. (o. J.b). *Sachpläne des Bundes,* Bundesamt für Raumentwicklung. Zugriff am 24.12.2019. Verfügbar unter https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/sachplaene-des-bundes.html

Bundesamt für Raumentwicklung. (2016). *Glossar,* Bundesamt für Raumentwicklung. Zugriff am 31.12.2019. Verfügbar unter https://www.are.admin.ch/are/de/home/glossar.html

Bundesamt für Raumentwicklung. (2019, Dezember). *Modelletablierung, Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM) 2017. Schlussbericht (Stand Dezember 2019).* Bern: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Bundesamt für Raumplanung. (1997, Dezember). *Konzepte und Sachpläne des Bundes (Art. 13 RPG). Merkmale des Instrumentes und Grundsätze für die Erarbeitung, Verabschiedung und Anwendung.* Bern: Bundesamt für Raumplanung.

Bundesamt für Strassen. (2018, Juni). *OB 5.1 Luzern. Sachplan Verkehr - Teil Infrastruktur Strasse*. OBJEKTBLATT 5.1. Bern: Bundesamt für Strassen (ASTRA).

Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft. Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG). RPG. Zugriff am 28.12.2019. Verfügbar unter https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19790171/index.html

Carrel, J. & Jegerlehner, G. (2012). *MISTRA Basissystem BS. Datenerfassungshandbuch, Teil 2 : National Strassenachsen*. Ausgabe 2013 V0.02 (Projet 17-12-2013). Bern: Bundesamt für Strassen (ASTRA).

Cerf, Y., Straumann, R. & Graf, C. (2017, Juli). *Minimales Geodatenmodell Sachplan Verkehr, Teil Infrastruktur Strasse.* Bern: Bundesamt für Strassen (ASTRA).

Dällenbach, F. & Lietha, J. (2016, Dezember). *Dokumentation Minimales Geodatenmodell. Sachplan Verkehr, Teil Infrastruktur Schiene (SIS) (GeoIV-ID 71).* Bern: Bundesamt für Verkehr (BAV).

Dudenredaktion. (o. J.a). *Bündelung,* Duden online. Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.duden.de/node/26344/revision/26373

Dudenredaktion. (o. J.b). *Trasse,* Duden online. Zugriff am 07.03.2020. Verfügbar unter https://www.duden.de/node/184728/revision/184764

Dudenredaktion. (o. J.c). *Vorhaben,* Duden online. Zugriff am 27.02.2020. Verfügbar unter https://www.duden.de/node/200556/revision/200592

E-Government Schweiz. (2016, April). *Open-Government-Data-Strategie Schweiz 2014–2018.* Bern: Schweizerischer Bundesrat.

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. (2018, Dezember). *Sachplan Verkehr Teil Infrastruktur Schiene. Anpassungen und Fortschreibungen 2018.* Bern: Bundesamt für Verkehr (BAV); Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Evans, E. (2003). *Domain-Driven Design. Tackling Complexity in the Heart of Software*, o. O.

Evans, E. (2014). *Domain-Driven Design Reference. Definitions and Pattern Summaries*. Indianapolis: Dog Ear Publishing, LLC.

Friedl, J. E.F. (2006). *Mastering Regular Expressions* (3. Aufl.). Sebastopol (CA): O'Reilly Media.

Generalsekretariat UVEK. (2010, September). *ZUKUNFT DER NATIONALEN INFRASTRUKTURNETZE IN DER SCHWEIZ. Bericht des Bundesrates vom 17. September 2010.* Bern: Generalsekretariat UVEK (GS-UVEK).

Giauque, A., Gogel, C. & Hertach, M. (2015, November). *Dokumentation «minimales Geodatenmodell». Sachplan Übertragungsleitungen.* Bern: Bundesamt für Energie (BFE).

Giezendanner, R. & Lanini, M. (2016, November). *Minimale Geodatenmodelle Basismodell Sachpläne. Modelldokumentation.* Bern: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Indri, M., Grau, A. & Ruderman, M. (2018). Guest editorial special section on recent trends and developments in industry 4.0 motivated robotic solutions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *14*(4), 1677–1680.

International Organization for Standardization. (2002). *ISO 639-1:2002 - Codes for the representation of names of languages — Part 1: Alpha-2 code,* International Organization for Standardization. Zugriff am 10.03.2020. Verfügbar unter https://www.iso.org/standard/22109.html

International Organization for Standardization. (2004). *ISO 8601 - Date and time format,* International Organization for Standardization. Zugriff am 01.03.2020. Verfügbar unter https://www.iso.org/iso-8601-date-and-time-format.html

International Organization for Standardization. (2013). *ISO 3166-1:2013 - Codes for the representation of names of countries and their subdivisions — Part 1: Country codes,* International Organization for Standardization. Zugriff am 31.03.2020. Verfügbar unter https://www.iso.org/standard/63545.html

International Telecommunication Union. (2010, November). *SERIES E: OVERALL NETWORK OPERATION, TELEPHONE SERVICE, SERVICE OPERATION AND HUMAN FACTORS. The international public telecommunication numbering plan* (E.164). Genf: International Telecommunication Union (ITU).

Koll-Schretzenmayr, M. (2012). *Lehrmittel zur Raumplanung.* Zürich: ETH Zürich.

Koordination, Geo-Information und Services & Bundesamt für Landestopografie (Bundesamt für Landestopografie (swisstopo), Hrsg.). (o. J.). *Allgemeine Fragen zu INTERLIS? Was ist INTERLIS?* Zugriff am 09.01.2020. Verfügbar unter https://www.interlis.ch/dokumentation/faq

Leach, P. J., Mealling, M. & Salz, R. (2005). *RFC 4122 - A Universally Unique IDentifier (UUID) URN Namespace,* The Internet Society. Zugriff am 13.03.2020. Verfügbar unter https://tools.ietf.org/html/rfc4122

Lueger, O. *Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. Achter Band, Schwefelsäuresalze bis Zytase* (Bd. 8, zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart, Leipzig: deutsche Verlags-Anstalt.

Neumair, S.-M. & Haas, H.-D. (2018). *Definition: Geografisches Informationssystem (GIS),* Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Zugriff am 07.03.2020. Verfügbar unter https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/geografisches-informationssystem-gis-36424/version-259877

Overell, P. & Crocker, D. (2008). *RFC 5234 - Augmented BNF for Syntax Specifications: ABNF,* Internet Engineering Task Force. Zugriff am 30.03.2020. Verfügbar unter https://tools.ietf.org/html/rfc5234

Preston-Werner, T. (Preston-Werner, T., Hrsg.). (2019). *Semantic Versioning 2.0.0*. Zugriff am 30.03.2020. Verfügbar unter https://semver.org/lang/de/spec/v2.0.0.html

QGIS Development Team. (2017). *User Guide/Manual. Funktionalitäten,* QGIS Project. Zugriff am 31.01.2020. Verfügbar unter https://docs.qgis.org/3.4/de/docs/user_manual/preamble/features.html

Raptis, T. P., Passarella, A. & Conti, M. (2019). Data Management in Industry 4.0: State of the Art and Open Challenges. *IEEE Access*, *7*, 97052–97093. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2929296

Rechsteiner, R. (2008, März). *Multifunktionale Nationalstrassen. Entlastung der Landschaft* (08.3017). Bern: Das Schweizer Parlament. Zugriff am 24.12.2019. Verfügbar unter https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20083017

Resnick, P. W. (2008). *RFC 5322 - Internet Message Format,* Internet Engineering Task Force. Zugriff am 12.03.2020. Verfügbar unter https://tools.ietf.org/html/rfc5322

Rieser, N., Straumann, R., Tasnady, B., Rothenfluh, M., Fischer, R. & Riedi, M. (2017, Juni). *NPVM 2016: Zonenstruktur und Verkehrsnetze. Schlussbericht.* Bern: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Schlatter, A. & Marti, U. (2007). *Teil 12: Landeshöhennetz 'LHN95': Konzept, Referenzsystem, kinematische Gesamtausgleichung und Bezug zum Landesnivellement 'LN02'* (Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' 20). Bern: Bundesamt für Landestopografie (swisstopo).

Schneeberger, K. (2018, August). *Kundenfreundlichkeit des UVEK/ASTRA. Departementsklausur 2018.* Bern: Bundesamt für Strassen (ASTRA).

Schneider, D., Gubler, E., Marti, U. & Gurtner, W. (2001, Februar). *Teil 3: Terrestrische Bezugssysteme und Bezugsrahmen* (Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' 8). Bern: Bundesamt für Landestopografie (swisstopo).

Schweizerische Bundeskanzlei. (2003). *TERMDAT-Suche - "Vorhaben",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 81097 (LFT95). Zugriff am 27.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2005a). *TERMDAT-Suche - "Konzept",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 127318 (RAU02). Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2005b). *TERMDAT-Suche - "Objektblatt",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 127400 (RAU02). Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2005c). *TERMDAT-Suche - "Raumplanung",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 127367 (RAUM18). Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2005d). *TERMDAT-Suche - "Sachplan",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 127390 (RAUM18). Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2008a). *TERMDAT-Suche - "Infrastruktur",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 127619 (RAU02). Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2008b). *TERMDAT-Suche - "Trasse",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 5361 (AIR01). Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2010a). *TERMDAT-Suche - "Bezugssystem",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 94575 (MOF98). Zugriff am 01.04.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2010b). *TERMDAT-Suche - "orthometrische Höhe",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 96154 (MOF98). Zugriff am 01.04.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Schweizerische Bundeskanzlei. (2010c). *TERMDAT-Suche - "Perimeter",* Schweizerische Bundeskanzlei. Eintrags-ID 95816 (MOF98). Zugriff am 26.02.2020. Verfügbar unter https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search

Der Schweizerische Bundesrat. Verordnung über Geoinformation (Geoinformationsverordnung) 510.620. GeoIV, 1–40. Zugriff am 25.01.2020. Verfügbar unter https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20071088/202001140000/510.620.pdf

Schweizerische Eidgenossenschaft, Kantone (Mitarbeiter). (o. J.). *Karten der Schweiz,* Schweizerische Eidgenossenschaft. Zugriff am 31.12.2019. Verfügbar unter https://map.geo.admin.ch/?topic=sachplan&lang=de&catalogNodes=419,418,426,1245,424,1654&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&layers=ch.bav.sachplan-infrastruktur-schiene_kraft,ch.astra.sachplan-infrastruktur-strasse_kraft,ch.bfe.sachplan-uebertragungsleitungen_kraft&E=2670311.31&N=1230570.27&zoom=0

Schweizerischer Bundesrat. (2017, 21. Juni). *Multifunktionale Nationalstrassen zur Entlastung der Landschaft. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 08.3017, Rudolf Rechsteiner, vom 4. März 2008.* Bern: Der Schweizerische Bundesrat. Zugriff am 22.12.2019. Verfügbar unter https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/infrastruktur/publikationen/multifunktionale-nationalstrassen-zur-entlastung-der-landschaft.pdf.download.pdf/multifunktionale-nationalstrassen-zur-entlastung-der-landschaft_de.pdf

Seiler, L., Studer, U., Linder, L., Lochmatter, P., Vögeli, P., Müller, M. et al. (2017). *RICHTLINIE NATIONALSTRASSENNETZ ALS RÄUMLICHES BASIS BEZUGSSYSTEM RBBS. Ausgabe 2017 V1.20, ASTRA 10001.* Bern: Bundesamt für Strassen (ASTRA).

Spektrum der Wissenschaft. (2001). *Raumplanung,* Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Zugriff am 28.12.2019. Verfügbar unter https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/raumplanung/6461

Swissgrid. (2020). *Unternehmen. Rückgrat für eine sichere Stromversorgung,* Swissgrid. Zugriff am 08.02.2020. Verfügbar unter https://www.swissgrid.ch/de/home/about-us/company.html

Theisen, M. R. & Theisen, M. (2013). *Wissenschaftliches Arbeiten. Erfolgreich bei Bachelor- und Masterarbeit* (16., vollst. überarb. Aufl.). München: Vahlen.

Vernon, V. (2016). *Domain-Driven Design Distilled*. Boston: Addison-Wesley, Pearson Education.

Anhang

Anhang A: Postulat 08.3017 Rechsteiner

»Der Bundesrat wird beauftragt, einen Bericht zu erstellen, der die multifunktionale Nutzung von
Nationalstrassen auf wissenschaftlichem Niveau klärt:

1. Inwiefern können die Nationalstrassen als Leistungsträger für Infrastrukturen von nationaler Bedeutung herangezogen werden, insbesondere
   a. Als Trassen für erdverlegte oder allenfalls auch oberirdische Stromnetze mittlerer und hoher Spannung?
   b. Als Träger weiterer Infrastrukturen wie Netze, Rohrleitungen, Mobilfunkantennen, Energiegewinnung usw.?
2. Welche rechtlichen Modelle sind geeignet, eine sachgerechte Multifunktionalität unter Verrechnung der Kosten nach dem Nutzerprinzip herbeizuführen?
3. Welche Möglichkeiten bestehen, Bewilligungsverfahren für erdverlegte Netze zu beschleunigen?
4. Kann der Bericht unparteiisch darlegen, inwiefern erdverlegte Stromnetze Energieverluste und Elektrosmog reduzieren, und welche Rahmenbedingungen gelten müssen, damit dies tatsächlich stattfindet? Kann der Bericht auch darlegen, inwiefern Gleichstromtechnologie helfen könnte, Energieverluste zu senken und Netzkapazitäten auszuweiten?
5. Könnte die von ABB entwickelte Gleichstromtechnik ("HVDC light") in der Schweiz zur Beseitigung von Engpässen und Elektrosmog beitragen?
6. Wie wird das Problem der Multifunktionalität von Autobahnen in anderen Ländern gelöst?
7. Welche weiteren Rahmenbedingungen sind nötig, um an sensiblen Stellen eine Entlastung der Landschaft und der Anwohner zu erreichen?

Mitunterzeichnende:
Daguet André, Fehr Hans-Jürg, Fässler-Osterwalder Hildegard, Galladé Chantal, Heim Bea, Hofmann Urs, Lumengo Ricardo, Marra Ada, Stöckli Hans, Widmer Hans (10)« (Rechsteiner, 2008)

Anhang B: Web Search Engines & Digital Libraries

Für das Finden von relevanter Literatur wurden folgende online zugängliche Hilfsmittel eingesetzt:

- Google Scholar: https://scholar.google.com/
- EBSCO Host: http://search.ebscohost.com/
- IEEEXplore Digital Library: https://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp
- ACM Digital Library: https://dl.acm.org/

Anhang C: Weiterführende Kriterien zur Literaturrecherche

Nebst dem Suchen und Finden von Fachliteratur, gehört die Identifikation relevanter Quellen ebenfalls zum Prozess dazu. Gemäss Balzert et al. (2017, 166 ff.) gibt es hierbei verschiedene Qualitätskriterien zu berücksichtigen.

Die Zitierfähigkeit gehört in diesem Zusammenhang zu den Hautkriterien. Nach Theisen und Theisen (2013) muss eine Quelle in wissenschaftlichen Arbeiten drei Voraussetzungen erfüllen: (1) Es muss sich um eine veröffentlichte Quelle handeln, (2) die Nachvollziehbarkeit ist gewährleistet und (3) Die Kontrollierbarkeit der Quelle sowie deren Inhalt muss möglich sein (ein Vergleich der zitierten Stelle mit dem Inhalt der referenzierten Quelle muss möglich sein). Hinsichtlich der Veröffentlichung sind drei Formen zu unterscheiden. Die die Publikation durch einen Verlag, die eigene Publikationen ohne Verlagsbeteiligung und das "Book-on-Demand", welches erst auf Bestellung hergestellt wird. Ein zweites Kriterium stellt die Identifizierbarkeit dar. Die Quelle gilt als eindeutig identifizierbar, wenn der Autor, Titel, Verlag, Ort, Veröffentlichungszeitpunkt und gegebenenfalls eine ISBN oder DOI bekannt sind. Das Fehlen einer oder mehreren dieser Informationen führt jedoch nicht automatisch zu einer mangelnden Zitierfähigkeit (Balzert et al., 2017, 166 ff.).

Eine Literaturquelle muss nicht nur zitierfähig, sondern auch einen zitierwürdigen Charakter ausweisen. Es ist zwischen Publikumsliteratur (z.B. Tageszeitung) und Fachliteratur zu differenzieren. Im Kontext der Wissenschaft gilt eine Quelle insbesondere dann als zitierwürdig, wenn sie im Auftrag eines wissenschaftlichen Verlages durch andere Wissenschaftler auf Korrektheit und Zuverlässigkeit geprüft werden. Auch Quellen, die diesen Prozess nicht durchlaufen haben, können als zitierwürdig klassifiziert werden, wenn sie aus aktuellem Anlass oder speziellem Inhalt mitberücksichtig wurden. Als abschliessendes Kriterium gilt: Wo immer möglich sollte auf Primär- anstelle von Sekundärliteratur verwiesen werden (Balzert et al., 2017, 166 ff.).

Anhang D: Analysierte Datensätze

Tabelle D.1: Analysierte Datensätze (IST)

Datenmaterial	Domäne	Wichtigkeit	Aktualität	Rechtliche Grundlage	Beschreibung	Bezugsquelle / Kanal	Data Ownership
Sachplandaten	SIN: Domäne "Nationalstrassen" SIS: Domäne "Schienennetz" SÜL: Domäne "Übertragungsleitungen"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	RPG + Fachgesetze	siehe Kapitel 3.1.1	Werden durch die Infrastrukturämter (ASTRA, BAV, BEF) erstellt und über das Web veröffentlich (http://www.data.geo.admin.ch/)	SIN: ASTRA SIS: BAV + weitere Organisationen (SBB, BLS, ZVV etc.) SÜL: BFE + Swissgrid
Objektblätter	SIN: Domäne "Nationalstrassen" SIS: Domäne "Schienennetz" SÜL: Domäne "Übertragungsleitungen"	3 - mittlere Relevanz	3 - Aktuell	Sachplan + Fachgesetz	siehe Kapitel 3.1.1	Werden durch die Infrastrukturämter (ASTRA, BAV, BEF) erstellt und über das Web veröffentlich (http://www.data.geo.admin.ch/)	SIN: ASTRA SIS: BAV + weitere Organisationen (SBB, BLS, ZVV etc.) SÜL: BFE + Swissgrid
NPVM_STEP_Nationalstrassen	Domäne "Nationalstrassen"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Beinhaltet sämtliche Erweiterungsprojekte, welche für die Sicherstellung der Funktionalität der Nationalstrassen benötigt werden (Schneeberger, 2018,	Daten sind vor kurzem digitalisiert worden (Erfassung in FME-Tool); In Zukunft werden dieser Datensatz via Sharepoint bezogen	ASTRA

					S. 4–6). Die hier enthaltenen Projekte gehören nicht zum Umfang des Sachplans.		
ASTRA_MapInfo	Domäne "Nationalstrassen"	5 - sehr hohe Relevanz	2 - einigermassen Aktuell	Inhalte Sachplan = Sachplan; Restliche = keine	Beinhaltet die Geometrien aus dem Sachplan (SIN), die Bezüge auf das dazugehörige Objektblatt sowie die Referenz auf allfällig betroffene STEP-Massnahmen. Der Datensatz zeigt auf, wo sich Sachplanprojekte mit STEP-Massnahmen räumlich schneiden.	Datei im FME-Tool; Durch das ARE manuell erstellte Referenzen von Sachplanobjekte auf STEP-Massnahmen	ASTRA
ASTRA_Planung	Domäne "Nationalstrassen"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Beinhaltet sämtliche geplante Strasseninfrastrukturprojekte, welche nicht Bestandteil des SIN sind.	Datei im FME-Tool; Durch das ARE manuell erstellt	ASTRA
ASTRA_Nationalstrassenachsen	Domäne "Nationalstrassen"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Beinhaltet Daten zu den Stamm-, Rampen- und Zubringerachsen. Dazu gehören unteranderem die Koordinaten (inklusive Geometrie) sowie wie die	Datensatz wird durch das ASTRA erstellt und auf einem Sharepoint abgelegt. ARE lät Datensatz heruntert.	ASTRA

					Benennung der Achsen. Im Weiteren werden ebenfalls Bezugspunkte mitaufgeführt. Damit bildet dieser Datensatz ein Netz der Wichtigsten Nationalstrassenachsen ab.		
BAV_KML_Projects_AS2035	Domäne "Schienennetz"	5 - sehr hohe Relevanz	2 - einigermassen Aktuell	-	Das Vorhaben Ausbauschritt 2035 (AS2035) beinhaltet Projekte um die steigende Nachfrage im Schienenverkehr zu decken. Dieser Datensatz bildet die digitalisierten Projekte des BAV ab, welche nicht im Sachplan SIS aufgeführt sind.	Datensatz wird durch das BAV erstellt und via Mail an das ARE übermittelt.	BAV
BAV_MapInfo	Domäne "Schienennetz"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	Inhalte Sachplan = Sachplan; Restliche = keine	Aggregat aus den Sachplandaten (offenen Strecken, Güterverkehrsanlagen, Tunnels, Bahnhöfen und Haltestellten). Zusätzliches Attribut wird zu jedem Vorhaben die	Datensatz wird durch das BAV erstellt und auf einem Sharepoint abgelegt. ARE lät Datensatz heruntert.	BAV

					geplante Projektzeit angegeben.		
BFE_MapInfo	Domäne "Übertragungsleitungen"	2 - gerine Relevanz	3 - Aktuell	RPG + Fachgesetze	Beinhaltet den Start- sowie Endpunkt, der im Sachplan definierten Projekte. Dabei werden die beiden Punkte als Koordinatenpaar angegeben und mit einer zusätzlichen Referenz auf das dazugehörige Objektblatt im SÜL versehen. Im Gegensatz zu den meisten anderen hier aufgeführten Datensätze, lässt sich so die Geometrie der betroffenen Höchstspannungsleitung nicht visualisieren.	Datensatz wird durch das BFE erstellt und auf einem Sharepoint abgelegt. ARE lät Datensatz herruntert.	BFE
BFE_MapInfo_Planning_measure	Domäne "Übertragungsleitungen"	3 - mittlere Relevanz	3 - Aktuell	Fachgesetz	Zeigt den Planungsperimeter eines Projektes auf. Damit wird die geografische Fläche verstanden, innerhalb der ein Bau einer	Datensatz wird durch das BFE erstellt und auf einem Sharepoint abgelegt. ARE lät Datensatz herruntert.	BFE

					Übertragungsleitung möglich wäre. Die Planungsperimeter beziehen sich auf die Sachplanprojekte und besitzen eine Referenz auf das dazugehörige Objektblatt.		
Swissgrid_Relevante_Trassen	Domäne "Übertragungsleitungen"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Beinhaltet bauliche Massnahmen auf dem Hauptübertragungsnetz. Als einer der einzigen Datensätze liefert dieser auch entsprechende Zeitangaben zum Projektstart und geplantem Projektende.	Datensatz wird durch Swissgrid erstellt und via Mail an das ARE übermittelt.	Swissgrid
TrasseSwissgrid	Domäne "Übertragungsleitungen"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Beinhaltet die Koordinaten des gesamten Übertragungsnetzes der Schweiz, womit dessen Geometrie auf einer Landkarte abgebildet werden kann.	Datensatz wird durch Swissgrid erstellt und via Mail an das ARE übermittelt.	Swissgrid
Potentiale_Dimension_Infra_Infra	Domäne "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Kombination aus den Datensätzen vom ASTRA, BAV, BFE und Swissgrid. Der Datensatz zeigt	Kein zusätzlicher Bezug nötig. Bei den hier verwendeten Datensätze handelt es sich um die in	ASTRA, BAV, BFE, Swissgrid, weitere

					Hauptinfrastrukturelemente auf, die sich mit anderen Hauptinfrastrukturelementen schneiden auf.	dieser Auflistung aufgeführten Datensätze. Sie werden durch das ARE entsprechend kombiniert.	Organisationen (SBB, BLS, ZVV)
Potentiale_Dimension_Infra_Proj	Domäne "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Kombination aus den Datensätzen vom ASTRA, BAV, BFE und Swissgrid. Der Datensatz zeigt Infrastrukturprojekten auf, die Auswirkungen auf bestehende Infrastrukturelemente haben.	Kein zusätzlicher Bezug nötig. Bei den hier verwendeten Datensätze handelt es sich um die in dieser Auflistung aufgeführten Datensätze. Sie werden durch das ARE entsprechend kombiniert.	ASTRA, BAV, BFE, Swissgrid, weitere Organisationen (SBB, BLS, ZVV)
Potentiale_Dimension_Proj	Domäne "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur"	5 - sehr hohe Relevanz	3 - Aktuell	-	Kombination aus den Datensätzen vom ASTRA, BAV, BFE und Swissgrid. Der Datensatz zeigt Infrastrukturprojekte auf, die sich gegenseitig räumlich überschneiden.	Kein zusätzlicher Bezug nötig. Bei den hier verwendeten Datensätze handelt es sich um die in dieser Auflistung aufgeführten Datensätze. Sie werden durch das ARE entsprechend kombiniert.	ASTRA, BAV, BFE, Swissgrid, weitere Organisationen (SBB, BLS, ZVV)

Legende	
Domäne	Definiert zu welcher Domäne das Datenmaterial gehört
Wichtigkeit	Zeigt die Relevanz des Datenmaterials für das zu erstellende Datenmodell an; Skala: 1 - keine Relevanz; 2 - Geringe Relevanz; 3 - Mittlere Relevanz; 4 - hohe Relevanz; 5 - sehr hohe Relevanz
Aktualität	Gibt an wie aktuell das Datenmaterial ist (wird druch Fach bewertet); Skala: 1 - Veraltet; 2 - einigermassen Aktuell; 3 - Aktuell
Rechtliche Grundlage	Zeigt auf, ob spezifische Rechtsgrundlagen berücksichtigt werden müssen
Beschreibung	inhaltlicher Kurzbeschrieb des Datenmaterials
Bezugsquelle / Kanal	Gibt die Quelle an von der das Datenmaterial bezogen wird + über welchen Kanal
Data Ownership	Zeigt den Besitzer des Datenmaterials auf

Anhang E: Attribute - Sub Domain "Nationalstrassen" (IST)

Tabelle E.1: Attribute - Bundesamt & Organisation (IST)

Entität	Attribut	Logischer Datentyp	Definition	Validierung
Bundesamt	Kürzel	Abkürzung	Sprechende Abkürzung des Amts	Regexp: ("SIN" | "SIS" | "SÜL")
	Verantwortliche Stelle	Kontaktperson	Eine oder mehrere Kontaktpersonen, die für die Datenerhebung und Aufbereitung verantwortlich sind	Gemäss Overell und Crocker (2008) in Augmented Backus-Naur Form (ABNF) festgehalten (siehe 1)
	Datensatz	Datensatz	Liste der Datensätze für die das Amt verantwortlich ist	Liste mit Datensatznamen
Organisationen	Kürzel	Abkürzung	Sprechende Abkürzung	Regexp: \w {3,20}
	Verantwortliche Stelle	Kontaktperson	Eine oder mehrere Kontaktpersonen, die für die Datenerhebung und Aufbereitung verantwortlich sind	Gemäss Overell und Crocker (2008) in ABNF festgehalten (siehe 1)
	Betreiber	Infrastrukturbezeichnung	Ist die Organisation Betreiberin von einer oder mehreren Infrastrukturbereichen, sowie wird die entsprechende Infrastruktur mit einem sprechenden Namen eingetragen	Regexp: \w {3,50}
	Daten	Daten	Gibt an welche Daten durch die Organisation erhoben werden	Liste von Datensätzen

1: Validierung Kontaktperson
Kontakt = 1*Person ";" 1*E-Mail Adresse ";" 1*Telnr.

Person = Vorname "," Nachname
Vorname = 1*ALPHA
Nachname = 1*ALPHA

E-Mail Adresse = 1*(atext / ".") "@" ldh-str 1*("." ldh-str)

Tel.nr. = "+41" 2Ziffer 7DIGIT
Ziffer = %x31-39
DIGIT = %x30-39

Tabelle E.2: Attribute - Sub Domain "Nationalstrassen" (IST)

Entität	Attribut	Logischer Datentyp	Definition	Validierung
Strecke	NO	Strecken-nummer	Ganzzahl als Streckennum-mer	N/A
	FromNo-deNo	Startpunkt-Koordinate	Koordinaten des Startpunkts der Strecke	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der ak-tuellen Landesver-messung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Auf-bau der LV95-Ko-ordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) defi-niert.
	ToNodeNo	Endpunkts - Koordinate	Koordinaten des Endpunkts der Strecke	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der ak-tuellen Landesver-messung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Auf-bau der LV95-Ko-ordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) defi-niert.
	TypNo	Streckentyp	Streckentyp	Zifferncode ge-mäss ARE (2019, S. 39)
	NumLanes	Fahrspur	Anzahl Fahrspuren	Regexp: ^[1-9] {1,2}
	CapPrt	Fahrzeugka-pazität	Kapazität in Fz/h (Gibt an wie hoch die Fahrzeugkapa-zität einer Strecke bzw. Stre-ckentyp pro Stunde ist	Regexp: ^[0-9] {1,5} Detaildefinitionen gemäss Rieser et al. (2017, 46 ff.)
	PUN_ID	PUN	Angabe ob Pannenstrei-fenumnutzung (PUN) erlaubt ist	Boolean (0 | 1)
	STEP_ID	Angabe ob Teil von STEP-Mass-nahme	Angabe ob Objekt Teil von STEP-Massnahme ist	Boolean (0 | 1)
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Strecke	Die Koordinaten müssen nach den

				Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Pannenstreifen	Pannenstreifenkennung	Pannenstreifen-Nummer	Ganzzahl als Pannenstreifen-Nummer	N/A
	In_PUN	Jahr	Jahr der In-Betriebnahme der PUN	Regexp: ([1-9]) [0-9] {3}
	PUN_Kapa	Fahrzeugkapazität	Zusätzliche Kapazität aufgrund PUN (wird zu CapPrt addiert)	Regexp: ^[1-9] {1,5}
STEP-Massnahme	Projekt_ID	Projekt-ID-Nummer	Identifikator für STEP-Massnahmen	N/A
	In_STEP	Jahr	Jahr der In-Betriebnahme des STEP-Projekts	Regexp: ([1-9]) [0-9] {3}
	STEP_Kapa	Fahrzeugkapazität	Generierte Kapazität durch Massnahme (wird zu CapPrt addiert)	Regexp: ^[1-9] {1,5}
	Raum	Kanton	Betroffener Kanton	Regexp: \w {3,20}
	Projekt	Projekttitel	Projekttitel (Meist mit Ort-Ort + Projektart: Umfahrung, Erweiterung, Ausbau, Anschluss)	Regexp: \w {3,50} [\n] ("Umfahrung" | "Erweiterung" | "Ausbau" | "Anschluss")
Sachplanobjekt_ Datensatz	SachplanobjektID	Sachplan-ID-Nummer	Nummerischer Identifikator des Sachplans	Regexp: (71 | 72 | 94) Ergänzung: - 71 = SIS - 72 = SIN - 94 = SÜL
	xtf_id	STEP-Referenz	Zifferncode als Referenz auf STEP-Massnahmen	N/A
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95'

				vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Projekt_ Datensatz	Proj_Nr	Projekt-ID-Nummer	Nummerischer Identifikator für Projekt	N/A
	Kt	Kanton	Betroffener Kanton	Regexp: \w {3,50}
	Projekt_ Bezeichnung	Projektbezeichner	Strecke Von - Bis + Stichwort zu Projektart (Streifenausbau, Neubau, Ausbau)	Regexp: \w {3,50} [\n] (Umfahrung | Streifenausbau | Neubau | Ausbau)
	Phase	Projektphase	Projektphase	Regexp: ("AP" | "MK" | "GP" | "EK" | "Idee") Ergänzung: - AP = Ausführungsprojekt - MK = Massnahmenkonzept - GP = Genereles Projekt - EK = Erhaltungskonzept
	Kosten	geplante Kosten	Geplante Kosten in Mio.	Regexp: ^\d{1,5} (Mio.)
	PJ_Start	Datum	Projektstart	YYYY-MM-DD gemäss ISO (2004)
	PJ_End	Datum	Projektende	YYYY-MM-DD gemäss ISO (2004)
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
	AUSF_Start	N/A	N/A	N/A
	AUSF_End	N/A	N/A	N/A
	Schluss_Start	N/A	N/A	N/A
	Schluss_END	N/A	N/A	N/A

Bezugspunkt	BP-Nr.	Bezugspunkt-Nummer	Wird aus dem Hektometer des signalisierten Kilometers abgeleitet.	Gemäss Seiler et al. (2017, S. 21)
	Segment_ ID	Segment-Referenz	Zifferncode als Referenz auf entsprechendes Segment. Ein Segment besteht aus einer / mehreren Achsen oder aus einem / mehreren Sektoren	N/A
	Name	Bezugspunktbezeichnung	Name des Bezugspunkts	Regexp: \w {3,50}
	Zwischensektor	Angabe ob Zwischensektor vorhanden	Angabe ob Zwischensektor vorhanden ist	Boolean (0 | 1)
	SortNr	N/A	N/A	N/A
	Kilometerwert	N/A	N/A	N/A
	Sektorlänge	N/A	N/A	N/A
Rampenachse	RA-Nr.	Rampenachsen-Nummer	Benennung der Rampenachse	Zusammengesetzt aus "Achsnummer der Stammachse" + "_" + "Kurzbezeichnung" (Seiler et al., 2017, S. 27)
	Eigentümer	Rampenachseneigentümer	Eigentümer der Rampenachse	String: "ASTRA"
	Segmentname	Segmentname	Definiert Zugehörigkeit zu einem Segment.	"Geografischer Name Startort" + "-" "geografischer Name Endort" (Seiler et al., 2017, S. 25)
	Strassennummer	Strassennummer Rampenachse	Jede Rampenachse besitzt eine Strassennummer	"Strassennummer der Stammachse" + "_" + "1-5 Buchstaben des Rampenachsenname" gemäss VSS 640 824a zusammensetzt (Carrel & Jegerlehner, 2012, S. 21)
	Bezeichner	Stammachsenzugehörigkeit	Gibt ID der zugehörigen Stammachse an	Die Stammachsen-Nr ist im Netzbeschluss definiert (Seiler et al., 2017, S. 25)

Zubringerachse	ZA-Nr.	Zubringerachsen-Nummer	Nummer der Zubringerachse	"Achsnummer der Stammachse" + "_" + "Kurzbezeichnung" (Seiler et al., 2017, S. 27)
	Segmentname	Segmentname	Definiert Zugehörigkeit zu einem Segment.	"Geografischer Name Startort" + "-" "geografischer Name Endort" (Seiler et al., 2017, S. 25)
	Strassennummer	Strassennummer Zubringerachse	Jede Zubringerachse besitzt eine Strassennummer	"Strassennummer der Stammachse" + "_" + "1-5 Buchstaben der Zubringerachse"
	Bezeichner	Stammachsenzugehörigkeit	Gibt ID der zugehörigen Stammachse an	Die Stammachsen-Nr ist im Netzbeschluss definiert (Seiler et al., 2017, S. 25)
Stammachse	SA-Nr.	Stammachsen-Nummer	Nummer der Stammachse	Die Stammachsen-Nr ist im Netzbeschluss definiert (Seiler et al., 2017, S. 25)
	Eigentümer	Stammachseneigentümer	Eigentümer der Stammachse	String: "ASTRA"
	Segmentname	Segmentname	Definiert Zugehörigkeit zu einem Segment	"Geografischer Name Startort" + "-" "geografischer Name Endort" (Seiler et al., 2017, S. 25)
	Strassennummer	Strassennummer Stammachse	Jede Stammachse besitzt eine eindeutige Strassennummer	Die Strassennummer ist im Bundesbeschluss über Nationalstrassen 725.113.11[3] definiert (Carrel & Jegerlehner, 2012, S. 20)
	Bezeichnung	Name der Stammachse	Wird durch den Namen der Ortschaft am Anfang und Ende der Stammachse gebildet	"Geografischer Name Startort" + "-" "Geografischer Name Endort" (Carrel & Jegerlehner, 2012, S. 25)

Anhang F: Attribute - Sub Domain "Schienennetz" (IST)

Tabelle F.1: Attribute - Sub Domain "Schienennetz" (IST)

Entität	Attribut	Logischer Datentyp	Definition	Validierung
BAV Projekt KML _ Datensatz	BAV Projekt ID	KML-ID	BAV Projekt ID	N/A
	Descriptio	Kurzbeschrieb	Textueller Kurzbeschrieb des Projekts	Regexp: \w {5,}
	Type	Geometrie	Gibt die Geometrie des Projektobjekts wieder	Regexp: ("Linienpolygon" | "Aggregat" | "Measure")
	Tunnel	Angabe ob Tunnel	Gibt an, ob es sich beim Projekt um einen Tunnel handelt	Boolean (0 | 1)
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
	path	N/A	N/A	N/A
	DU	N/A	N/A	N/A
	id	N/A	N/A	N/A
	Pertience	N/A	N/A	N/A
	Territorie	N/A	N/A	N/A
	Corridor	N/A	N/A	N/A
Sachplanobjekt	xtf_id	Sachplan-ID-Nummer	Identifikator des Sachplans	Regexp: (71 | 72 | 94) Ergänzung: - 71 = SIS - 72 = SIN - 94 = SÜL
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-

				Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
SIS offene Strecken	xtf_id	Strecken-ID	Identifikator für Infrastrukturelement	N/A
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	Zeitraum	Jahr	geplanter Projektzeitraum	Regexp: ([1-9]) [0-9] {3}
	Projektname	Projekttitel	Titel des Projekts	"Startort" + "-" "Zielort"
	AnlageArt	Anlageart	Definition gemäss Tabelle 3.8	String: "71-F-01"
	AnlageStatus	Anlagestatus	Status der Anlage; Als Zifferncode dargestellt.	Regexp: (1 | 2 | 3 | 4 | 5) Ergänzung: - 1=Bestehende Anlage - 2=Neubau - 3=Anpassung/Umnutzung - 4=Stilllegung - 5=Aufhebung
	Beschreibung	Projektbeschrieb	Textueller Projektbeschrieb	Regexp: \w {5,}
	coordinatesystem	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Bahnhöfe	xtf_id	Bahnhof-ID	Identifikator für Infrastrukturelement	N/A
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	Zeitraum	Jahr	geplanter Projektzeitraum	Regexp: ([1-9]) [0-9] {3}
	Projektname	Projekttitel	Titel des Projekts	Regexp: \w {3,50}
	AnlageArt	Anlageart	Definition gemäss Tabelle 3.8	String = "71-F-06"

	AnlageStatus	Anlagestatus	Status der Anlage; Als Zifferncode dargestellt.	Regexp: (1 | 2 | 3 | 4 | 5) Ergänzung: - 1=Bestehende Anlage - 2=Neubau - 3=Anpassung/Umnutzung - 4=Stilllegung - 5=Aufhebung
	Beschreibung	Projektbeschrieb	Textueller Projektbeschrieb	Regexp: \w {5,}
	coordinatesystem	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Güterverkehrsanlagen	xtf_id	Güterverkehrsanlagen-ID	Identifikator für Infrastrukturelement	N/A
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	Zeitraum	Jahr	geplanter Projektzeitraum	Regexp: ([1-9]) [0-9] {3}
	Projektname	Projekttitel	Titel des Projekts	Regexp: \w {3,50}
	AnlageArt	Anlageart	Definition gemäss Tabelle 3.8	String: "71-F-08"
	AnlageStatus	Anlagestatus	Status der Anlage; Als Zifferncode dargestellt.	Regexp: (1 | 2 | 3 | 4 | 5) Ergänzung: - 1=Bestehende Anlage - 2=Neubau - 3=Anpassung/Umnutzung - 4=Stilllegung - 5=Aufhebung
	Beschreibung	Projektbeschrieb	Textueller Projektbeschrieb	Regexp: \w {5,}

	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Tunnel	xtf_id	Tunnel-ID	Identifikator für Infrastrukturelement	N/A
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	Zeitraum	Jahr	geplanter Projektzeitraum	Regexp: ([1-9]) [0-9] {3}
	Projektname	Projekttitel	Titel des Projekts	Regexp: \w {3,50}
	AnlageArt	Anlageart	Definition gemäss Tabelle 3.8	String: "71-F-02"
	AnlageStatus	Anlagestatus	Status der Anlage; Als Zifferncode dargestellt.	Regexp: (1 | 2 | 3 | 4 | 5) Ergänzung: - 1=Bestehende Anlage - 2=Neubau - 3=Anpassung/Umnutzung - 4=Stilllegung - 5=Aufhebung
	Beschreibung	Projektbeschrieb	Textueller Projektbeschrieb	Regexp: \w {5,}
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Haltestellen	xtf_id	Haltestelle-ID	Identifikator für Infrastrukturelement	N/A

	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	Zeitraum	Jahr	geplanter Projektzeitraum	Regexp: ([1-9]) [0-9] {3}
	Projekt-name	Projekttitel	Titel des Projekts	Regexp: \w {3,50}
	AnlageArt	Anlageart	Definition gemäss Tabelle 3.8	String: "71-F-07"
	AnlageSta-tus	Anlagestatus	Status der Anlage; Als Zif-ferncode dargestellt.	Regexp: (1 | 2 | 3 | 4 | 5) Ergänzung: - 1=Bestehende Anlage - 2=Neubau - 3=Anpas-sung/Umnutzung - 4=Stilllegung - 5=Aufhebung
	Beschrei-bung	Projektbe-schrieb	Textueller Projektbeschrieb	Regexp: \w {5,}
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der ak-tuellen Landesver-messung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) defi-niert.

Anhang G: Attribute - Sub Domain "Übertragungsleitungen" (IST)

Tabelle G.1: Attribute - Sub Domain "Übertragungsleitungen" (IST)

Entität	Attribut	Logischer Datentyp	Definition	Validierung
Start-punkt	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten des Startpunkts	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	SymbolOri	N/A	N/A	N/A
End-punkt	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten des Endpunkts	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	SymbolOri	N/A	N/A	N/A
Pla-nungs-perime-ter	xtf_id	Planungsperi-meter-ID	Identifikator für Objekt	N/A
	Facility	Anlageart	Art der Anlage	Regexp: "94-F-" [01-02] Ergänzung: - 94-F-01=Bauvorhaben Übertragungsleitung, Teil des strategischen Netzes

				- 94-F-02=Bauvorhaben Übertragungsleitung, Normales Netz
	_Object	OB-Referenz	Zifferncode als Referenz auf dazugehöriges OB	N/A
	Outerbound	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten für die äussere Grenze der Fläche	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
	Innerbound	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten für die innere Grenze der Fläche (nur nötig, wenn innerhalb der Fläche ein Bereich ausgegrenzt werden muss)	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Projekt_ Datensatz	Projekt_ID	Projekt-ID	Identifikator für Projekt	N/A
	Projektbezeichnung	Projektkurzbeschrieb	Textueller Kurzbeschrieb des Projekts	Regexp: \w {3,100}
	Project-Description	Projekterläuterung	Textuelle Erläuterungen zum Projekt	Regexp: \w {5,}
	Projektstart	Datum	Start des Projekts	YYYY-MM-DD gemäss ISO (2004)
	Projektende	Datum	Ende des Projekts	YYYY-MM-DD gemäss ISO (2004)
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al.

				(2001, 20 ff.) definiert.
Trasse_ Datensatz	Trassen-Nummer	Trassen-Nummer	Jede Trasse erhält eine eindeutige Nummer	N/A
	Trassen-Name	Trassenname	Sprechender Name der Trasse	Regexp: \w {3,50}
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.

Anhang H: Attribute - Core Domain "Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur" (IST)

Tabelle H.1: Attribute - Core Domain "Multifunktonale Nutzung der Hauptinfrastruktur" (IST)

Entität	Attribut	Logischer Datentyp	Definition	Validierung
Strassen_ Stammachsen	Achsenkennung	Achsen-Nummer-Referenz	Referenziert auf die Nummer der Achse (wird pro Achstyp anders definiert)	Die Stammachsen-Nr ist im Netzbeschluss definiert (Seiler et al., 2017, S. 25)
	ASTRA_ Stammachsen	Angabe ob Stammachse	Angabe ob es sich um eine Stammachse handelt	Boolean (0 | 1)
	Eigentümer	Stammachseneigentümer	Eigentümer der Stammachse	String: "ASTRA"
	Segmentname	Segmentname	Definiert Zugehörigkeit zu einem Segment.	"Geografischer Name Startort" + "-" "geografischer Name Endort" (Seiler et al., 2017, S. 25)
	Strassennummer	Strassennummer Stammachse	Jede Stammachse besitzt eine eindeutige Strassennummer	Die Strassennummer ist im Bundesbeschluss über Nationalstrassen 725.113.11[3] definiert (Carrel & Jegerlehner, 2012, S. 20)
	Bezeichner	Name der Stammachse	Wird durch den Namen der Ortschaft am Anfang und Ende der Stammachse gebildet	"Geografischer Name Startort" + "-" "Geografischer Name Endort" (Carrel & Jegerlehner, 2012, S. 25)
Trassen	Trassen Nummer	Trassen-Nummer	Jede Trasse erhält eine eindeutige Nummer	N/A
	Trassen-Name	Trassenname	Sprechender Name der Trasse	Regexp: \w {3,50}
Schienen-Infrastruktur	Strecken-ID	Strecken-ID-Referenz	Referenz auf Strecken-ID	N/A
	Name	Streckenname	Sprechender Name der Schienen-Infrastruktur	Regexp: \w {3,50}
	Anzahl Streckengleise	Gleiszahl	Anzahl der Gleise	Regexp: ^[1-9] {1,2}

	Spurweite	Schienen-spurweite	Spurweite der Schienen in mm	Regexp: ^\d{4} (mm)
	Elektrifizie-rung	Angabe zu elektrischem Stromfluss	Angabe zu elektrischem Stromfluss	N/A
Strasse_ Infra_ Proj	Achsenken-nung	Achsen-Num-mer-Referenz	Referenz auf Achsen-Num-mer	N/A
	ASTRA_ Pro-jekt	Angabe ob ASTRA-Pro-jekt	Angabe ob es sich um ein ASTRA-Projekt handelt	Boolean (0 | 1)
	Projekt_ID	Projekt-ID-Referenz	Sollte es sich um ein Projekt handeln, wird die ASTRA-Projekt-ID eingefügt	N/A
	STEP_ID	STEP-ID-Re-ferenz	Sollte es sich um einen Teil einer STEP-Massnahme han-deln, wird die STEP-ID einge-fügt	N/A
Stras-sen_ Stamm-achsen_ Infra_ Proj	ID	Streckennum-mer-Referenz	Referenz auf Streckennum-mer	N/A
	ASTRA_ Stammach-sen	Angabe ob Stammachse	Angabe ob es sich um eine Stammachse handelt	Boolean (0 | 1)
	Eigentümer	Stammach-seneigentü-mer	Eigentümer der Stammachse	String: "ASTRA"
	Segment-name	Segmentname	Definiert Zugehörigkeit zu ei-nem Segment.	"Geografischer Name Startort" + "-" "geografischer Name Endort" (Seiler et al., 2017, S. 25)
	Strassen-nummer	Strassennum-mer Stammachse	Jede Stammachse besitzt eine eindeutige Strassen-nummer	Die Strassennum-mer ist im Bun-desbeschluss über Nationalstrassen 725.113.11[3] de-finiert (Carrel & Jegerlehner, 2012, S. 20)
	Bezeichner	Stammachsen Name	Wird durch den Namen der Ortschaft am Anfang und Ende der Stammachse gebil-det	"Geografischer Name Startort" + "-" "Geografischer Name Endort" (Carrel & Jegerleh-ner, 2012, S. 25)
Strecke_ Infra_ Proj	No	Streckennum-mer	Ganzzahl als Streckennum-mer	N/A
	FromNo-deNo	Startpunkt-Koordinate	Koordinaten des Startpunkts der Strecke	Die Koordinaten müssen nach den

				Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
	ToNodeNo	Endpunkts - Koordinate	Koordinaten des Endpunkts der Strecke	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
	TypNo	Streckentyp	Streckentyp	Zifferncode gemäss ARE (2019, S. 39)
	NumLanes	Fahrspur	Anzahl Fahrspuren	Regexp: ^[1-9] {1,2}
	CapPrt	Fahrzeugkapazität	Kapazität in Fz/h (Gibt an wie hoch die Fahrzeugkapazität einer Strecke bzw. Streckentyp pro Stunde ist	Regexp: ^\d {1,5} Detaildefinitionen gemäss Rieser et al. (2017, 46 ff.)
	PUN_ID	PUN	Angabe ob Pannenstreifenumnutzung (PUN) erlaubt ist	Boolean (0 | 1)
	STEP_ID	Angabe ob Teil von STEP-Massnahme	Angabe ob Objekt Teil von STEP-Massnahme ist	Boolean (0 | 1)
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al.

				(2001, 20 ff.) definiert.
STEP-Massnahmen_Infra_Proj	Projekt_ID	STEP-ID	Referenz auf STEP-ID	N/A
	STEP_Kapa	Fahrzeugkapazität	Generierte Kapazität durch Massnahme (wird zu CapPrt addiert)	^[1-9] {1,5}
Pannenstreifen_Infra_Proj	Pannenstreifenkennung	PUN-ID	Referenz auf Pannenstreifen-Nummer	N/A
	PUN_Kapa	Fahrzeugkapazität	Zusätzliche Kapazität aufgrund PUN (wird zu CapPrt addiert)	Regexp: ^[1-9] {1,5}
Schienen_Infra_Proj	Infrastruktur_ ID	Infrastruktur-Nr	Identifikator für Infrastrukturelement	N/A
	BAV_Projekt	Angabe ob BAV-Projekt	Angabe ob es sich um ein BAV-Projekt handelt	Boolean (0 | 1)
BAV Projekt KML_Infra_Proj	BAV Projekt ID	KML-ID	Referenz auf BAV Projekt ID	N/A
	Description	Kurzbeschrieb	Textueller Kurzbeschrieb des Projekts	Regexp: \w {5,}
	Type	Geometrie	Gibt die Geometrie des Projektobjekts wieder	Regexp: (Linienpolygon | Aggregat | Measure)
	Tunnel	Angabe ob Tunnel	Gibt an, ob es sich beim Projekt um einen Tunnel handelt	Boolean (0 | 1)
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Schienen-Infrastruktur_Infra_Proj	Strecken-ID	Strecken-ID-Referenz	Referenz auf Strecken-ID	N/A
	Anzahl Streckengleise	Gleiszahl	Anzahl der Gleise	Regexp: [1-9] {1,2}
	Spurweite	Schienenspurweite	Spurweite der Schienen in mm	Regexp: ^\d{4} (mm)
	Elektrifizierung	Angabe zu elektrischem Stromfluss	Angabe zu elektrischem Stromfluss (Wechselstrom inklusive Hz)	N/A

Trassen_ Infra_ Proj	Trassen ID	Trassen-Nummer-Referenz	Referenz auf Trassen-Nummer	N/A
	Trasse	Angabe ob Trasse	Angabe ob es sich um eine Trasse handelt	Boolean (0 | 1)
	Swissgrid_ Projekt	Angabe ob Swissgrid-Projekt	Angabe ob es sich um ein Swissgrid-Projekt handelt	Boolean (0 | 1)
	Projekt_ID	Projekt-ID	Sollte es sich um ein Swissgrid-Projekt handeln, dann wird die diese hier eingegeben	N/A
Trasse_ Infra_ Proj	Trassen Nummer	Trassen-Nummer	Jede Trasse erhält eine eindeutige Nummer	N/A
	Trassen Name	Trassenname	Sprechender Name der Trasse	Regexp: \w {3,50}
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Geografische Koordinaten der Infrastruktur	Die Koordinaten müssen nach den Vorgaben der aktuellen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' vorliegen. Der Aufbau der LV95-Koordinaten ist in Schneider et al. (2001, 20 ff.) definiert.
Trasse Projekt_ Infra_ Proj	Projekt_ID	Projekt-ID	Referenz auf Projekt-ID (Datensatz "Swissgrid_RelTrassen")	N/A
	Projektbezeichnung	Projektbezeichnung	Textueller Beschrieb des Projekts	Regexp: \w {5,}
	Projektstart	Datum	Projektstart	YYYY-MM-DD gemäss ISO (2004)
	Projektende	Datum	Projektende	YYYY-MM-DD gemäss ISO (2004)
Strasse_ Proj_ Proj	Achsenkennung	Achsen-Nummer-Referenz	Für Definition siehe Entität "Strasse_Infra_Proj"	-
	ASTRA_ Projekt	Angabe ob ASTRA-Projekt	Für Definition siehe Entität "Strasse_Infra_Proj"	-
	Projekt_ID	Projekt-ID-Referenz	Für Definition siehe Entität "Strasse_Infra_Proj"	-
	STEP_ID	STEP-ID-Referenz	Für Definition siehe Entität "Strasse_Infra_Proj"	-
Strassen_ Stamm-	ID	Streckennummer-Referenz	Für Definition siehe Entität "Strasse_Stammachen_Infra_Proj"	-

achsen_ Proj_ Proj	ASTRA_ Stammach-sen	Angabe ob Stammachse	Für Definition siehe Entität "Strasse_Stamma-chen_Infra_Proj"	-
	Eigentümer	Stammach-seneigentü-mer	Für Definition siehe Entität "Strasse_Stamma-chen_Infra_Proj"	-
	Segment-name	Segmentname	Für Definition siehe Entität "Strasse_Stamma-chen_Infra_Proj"	-
	Strassen-nummer	Strassennum-mer Stammachse	Für Definition siehe Entität "Strasse_Stamma-chen_Infra_Proj"	-
	Bezeichner	Stammmach-sen Name	Für Definition siehe Entität "Strasse_Stamma-chen_Infra_Proj"	-
Strecke_ Proj_ Proj	No	Streckennum-mer	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	FromNo-deNo	Startpunkt-Koordinate	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	ToNodeNo	Endpunkt-Ko-ordinate	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	TypeNo	Streckentyp	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	NumLanes	Fahrspur	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	CapPrt	Fahrzeugka-pazität	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	PUN_ID	PUN	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	STEP_ID	Angabe ob Teil von STEP-Mass-nahm	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Für Definition siehe Entität "Strecke_Infra_Proj"	-
STEP-Mass-nahmen_ Proj_ Proj	Projekt_ID	STEP-ID	Für Definition siehe Entität "STEP-Massnah-men_Infra_Proj"	-
	STEP_Kapa	Fahrzeugka-pazität	Für Definition siehe Entität "STEP-Massnah-men_Infra_Proj"	-
Pannen-streifen_ Proj_ Proj	Pannen-streifenken-nung	PUN-ID	Für Definition siehe Entität "Pannenstreifen_Infra_Proj"	-
	PUN_Kapa	Fahrzeugka-pazität	Für Definition siehe Entität "Pannenstreifen_Infra_Proj"	-
Schie-nen_	Infrastrk-tur_ID	Infrastruktur-Nr	Für Definition siehe Entität "Schienen_Infra_Proj"	-

Proj_ Proj	BAV_Projekt	Angabe ob BAV-Projekt	Für Definition siehe Entität "Schienen_Infra_Proj"	-
BAV Projekt KML_ Proj_ Proj	BAV Projekt ID	KML-ID	Für Definition siehe Entität "BAV Projekt KML_Infra_Proj"	-
	Description	Kurzbeschrieb	Für Definition siehe Entität "BAV Projekt KML_Infra_Proj"	-
	Type	Geometrie	Für Definition siehe Entität "BAV Projekt KML_Infra_Proj"	-
	Tunnel	Angabe ob Tunnel	Für Definition siehe Entität "BAV Projekt KML_Infra_Proj"	-
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Für Definition siehe Entität "BAV Projekt KML_Infra_Proj"	-
Schienen-Infrastruktur_ Proj_ Proj	Strecken-ID	Strecken-ID-Referenz	Für Definition siehe Entität "Schienen-Infrastruktur_Infra_Proj"	-
	Anzahl Streckengleise	Gleiszahl	Für Definition siehe Entität "Schienen-Infrastruktur_Infra_Proj"	-
	Spurweite	Schienenspurweite	Für Definition siehe Entität "Schienen-Infrastruktur_Infra_Proj"	-
	Elektrifizierung	Angabe zu elektrischem Stromfluss	Für Definition siehe Entität "Schienen-Infrastruktur_Infra_Proj"	-
Trassen_ Proj_ Proj	Trassen ID	Trassen-Nummer-Referenz	Für Definition siehe Entität "Trassen_Infra_Proj"	-
	Trasse	Angabe ob Trasse	Für Definition siehe Entität "Trassen_Infra_Proj"	-
	Swissgrid_ Projekt	Angabe ob Swissgrid-Projekt	Für Definition siehe Entität "Trassen_Infra_Proj"	-
	Projekt_ID	Projekt-ID	Für Definition siehe Entität "Trassen_Infra_Proj"	-
Trasse_ Proj_ Proj	Trassen Nummer	Trassen-Nummer	Für Definition siehe Entität "Trasse_Infra_Proj"	-
	Trassen Name	Trassenname	Für Definition siehe Entität "Trasse_Infra_Proj"	-
	coordinate system	Geografische Koordinaten	Für Definition siehe Entität "Trasse_Infra_Proj"	-
Trasse Projekt_ Proj_ Proj	Projekt_ID	Projekt-ID	Für Definition siehe Entität "Trasse Projekt_Infra_Proj"	-
	Projektbezeichnung	Projektbezeichnung	Für Definition siehe Entität "Trasse Projekt_Infra_Proj"	-

	Projektstart	Datum	Für Definition siehe Entität "Trasse Projekt_Infra_Proj"	-
	Projektende	Datum	Für Definition siehe Entität "Trasse Projekt_Infra_Proj"	-

Anhang I: Bewertete Value Objects (Ist-Analyse)

Tabelle I.1: Bewertete Value Objects (IST)

Domäne	Entität	Value Objects	wird benötigt?	Bemerkung
Nationalstrassen	Bundesamt	Abkürzung	✓	
		Kontaktperson	✓	
		Datensatz	×	nicht relevant für Koordination
	Organisationen	Abkürzung	✓	
		Kontaktperson	✓	
		Infrastrukturbezeichnung	✓	
		Daten	✓	
	Strecke (STEP)	Streckennummer	×	nicht relevant für Koordination
		Startpunkt-Koordinate	✓	
		Endpunkts -Koordinate	✓	
		Streckentyp	×	nicht relevant für Koordination
		Fahrspur	×	nicht relevant für Koordination
		Fahrzeugkapazität	×	nicht relevant für Koordination
		PUN	×	nicht relevant für Koordination
		Angabe ob Teil von STEP-Massnahme	✓	
		Geografische Koordinaten	✓	
	Pannenstreifen	Pannenstreifen-Nummer	×	nicht relevant für Koordination
		Jahr	✓	
		Fahrzeugkapazität	×	nicht relevant für Koordination
	STEP-Massnahme	Projekt-ID-Nummer	✓	
		Jahr	✓	
		Fahrzeugkapazität	×	nicht relevant für Koordination
		Kanton	×	nicht relevant für Koordination
		Projekttitel	✓	

	Sachplanobjekt_Datensatz	Sachplan-ID-Nummer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		STEP-Referenz	✓	
		OB-Referenz	✓	
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Projekt_Datensatz	Projekt-ID-Nummer	✓	
		Kanton	×	nicht relevant für Koordination
		Projektbezeichner	✓	
		Projektphase	✓	
		geplante Kosten	×	nicht relevant für Koordination
		Datum (Projektstart)	✓	
		Datum (Projektende)	✓	
		Geografische Koordinaten	✓	
	Bezugspunkt	Bezugspunkt-Nummer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Segment-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Bezugspunktbezeichnung	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Angabe ob Zwischensektor vorhanden	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Rampenachse	Rampenachsen-Nummer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Rampenachseneigentümer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Segmentname	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Strassennummer Rampenachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Stammachsenzugehörigkeit	×	Bereits im Sachplan enthalten

	Zubringerachse	Zubringerachsen-Nummer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Segmentname	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Strassennummer Zubringer-achse	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Stammachsenzugehörigkeit	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Stammachse	Stammachsen-Nummer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Stammachseneigentümer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Segmentname	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Strassennummer Stammachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Name der Stammachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
Schienennetz	BAV Projekt KML _Datensatz	KML-ID	✓	
		Kurzbeschrieb	✓	
		Geometrie	✓	
		Angabe ob Tunnel	×	Bereits vorhanden
		Geografische Koordinaten	✓	
	Sachplanobjekt	Sachplan-ID-Nummer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
	SIS offene Stre-cken	Strecken-ID	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten

		Jahr	✓	
		Projekttitel	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlageart	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlagestatus	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Projektbeschrieb	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Bahnhöfe	Bahnhof-ID	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Jahr	✓	
		Projekttitel	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlageart	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlagestatus	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Projektbeschrieb	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Güterverkehrsan-lagen	Güterverkehrsanlagen-ID	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Jahr	✓	
		Projekttitel	×	Bereits im Sachplan enthalten

		Anlageart	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlagestatus	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Projektbeschrieb	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Tunnel	Tunnel-ID	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Jahr	✓	
		Projekttitel	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlageart	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlagestatus	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Projektbeschrieb	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Haltestellen	Haltestelle-ID	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Jahr	✓	
		Projekttitel	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlageart	×	Bereits im Sachplan enthalten

		Anlagestatus	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Projektbeschrieb	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
Übertragungsleitungen	Startpuntk	Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Endpunkt	Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Planungsperime-ter	Planungsperimeter-ID	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Anlageart	×	Bereits im Sachplan enthalten
		OB-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Geografische Koordinaten	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Projekt_Datensatz	Projekt-ID	✓	
		Projektkurzbeschrieb	✓	
		Projekterläuterung	✓	
		Datum	✓	
		Datum	✓	
		Geografische Koordinaten	✓	
	Trasse_Datensatz	Trassen-Nummer	✓	
		Trassenname	✓	
		Geografische Koordinaten	✓	

Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur	Stras-sen_Stammachsen	Achsen-Nummer-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Angabe ob Stammachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Stammachseneigentümer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Segmentname	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Strassennummer Stammachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Name der Stammachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Trassen	Trassen-Nummer	×	Bereits vorhanden
		Trassenname	×	Bereits vorhanden
	Schienen-Infra-struktur	Strecken-ID-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Streckenname	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Gleiszahl	×	nicht relevant für Koor-dination
		Schienenspurweite	×	nicht relevant für Koor-dination
		Angabe zu elektrischem Strom-fluss	×	nicht relevant für Koor-dination
	Strasse_Infra_Proj	Achsen-Nummer-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Angabe ob ASTRA-Projekt	×	Bereits vorhanden
		Projekt-ID-Referenz	×	nicht relevant für Koor-dination
		STEP-ID-Referenz	×	Bereits vorhanden
	Stras-sen_Stammach-sen_Infra_Proj	Streckennummer-Referenz	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Angabe ob Stammachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Stammachseneigentümer	×	Bereits im Sachplan enthalten

		Segmentname	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Strassennummer Stammachse	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Stammmachsen Name	×	Bereits im Sachplan enthalten
	Strecke_Infra_Proj	Streckennummer	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Startpunkt-Koordinate	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Endpunkt-Koordinate	×	Bereits im Sachplan enthalten
		Streckentyp	×	nicht relevant für Koordination
		Fahrspur	×	nicht relevant für Koordination
		Fahrzeugkapazität	×	nicht relevant für Koordination
		PUN	×	Bereits vorhanden
		Angabe ob Teil von STEP-Massnahm	×	Bereits vorhanden
		Geografische Koordinaten	×	Bereits vorhanden
	STEP-Massnahmen_Infra_Proj	STEP-ID	×	Bereits vorhanden
		Fahrzeugkapazität	×	nicht relevant für Koordination
	Pannenstreifen_Infra_Proj	PUN-ID	×	nicht relevant für Koordination
		Fahrzeugkapazität	×	nicht relevant für Koordination
	Schienen_Infra_Proj	Infrastruktur-Nr	×	Bereits vorhanden
		Angabe ob BAV-Projekt	×	Bereits vorhanden
	BAV Projekt KML_Infra_Proj	KML-ID	×	Bereits vorhanden
		Kurzbeschrieb	×	Bereits vorhanden
		Geometrie	×	Bereits vorhanden
		Angabe ob Tunnel	×	Bereits vorhanden
		Geografische Koordinaten	×	Bereits vorhanden
	Schienen-Infrastruktur_Infra_Proj	Strecken-ID-Referenz	×	Bereits vorhanden
		Gleiszahl	×	nicht relevant für Koordination

		Schienenspurweite	×	nicht relevant für Koordination
		Angabe zu elektrischem Stromfluss	×	nicht relevant für Koordination
	Trassen_Infra_Proj	Trassen-Nummer-Referenz	×	Bereits vorhanden
		Angabe ob Trasse	×	Bereits vorhanden
		Angabe ob Swissgrid-Projekt	×	Bereits vorhanden
		Projekt-ID	×	Bereits vorhanden
	Trasse_Infra_Proj	Trassen-Nummer	×	Bereits vorhanden
		Trassenname	×	Bereits vorhanden
		Geografische Koordinaten	×	Bereits vorhanden
	Trasse Projekt_Infra_Proj	Projekt-ID	×	Bereits vorhanden
		Projektbezeichnung	×	Bereits vorhanden
		Datum	×	Bereits vorhanden
		Datum	×	
Sachplandaten	Sachplan	Sachplan-Identifikator	✓	Teil von MGDM
		Sachplantitel	✓	Teil von MGDM
		Sachplankürzel	×	nicht relevant für Koordination
		Bundesamt	✓	Bereits vorhanden
		Sachplanbeschrieb	×	nicht relevant für Koordination
		Mutationsangabe	✓	Teil von MGDM
	Object	Objekt-Nummer	×	nicht relevant für Koordination
		Objektbezeichnung	×	nicht relevant für Koordination
		Projektname	×	Bereits vorhanden
		Projektbeschrieb	×	Bereits vorhanden
		Mutationsangabe	×	Bereits vorhanden
	Dokument	OB-ID	✓	Teil von MGDM
		Titel	✓	Teil von MGDM
		Dokumentenversion	✓	Teil von MGDM
		URL	✓	Teil von MGDM
		Sprachcode	×	nicht relevant für Koordination
		OB-Beschrieb	✓	Teil von MGDM
		Mutationsangabe	✓	Teil von MGDM
	Anlage	Anlage-Nummer	✓	Teil von MGDM
		Geometrie der Anlage	✓	Teil von MGDM
		Anlagebezeichnung	✓	Teil von MGDM
		Anlageart	✓	Teil von MGDM
		Anlagestatus	✓	Teil von MGDM
		Anlagebeschrieb	✓	Teil von MGDM

		Geografische Koordinaten	✓	Teil von MGDM
		Mutationsangabe	✓	Teil von MGDM
	Planerische Massnahmen	Massnahmen-Nummer	×	nicht relevant für Koordination
		Geometrie der Anlage	×	Bereits vorhanden
		Massnahmenbezeichnung	×	nicht relevant für Koordination
		Massnahmentyp	×	nicht relevant für Koordination
		Koordinationsstand	✓	Teil von MGDM
		Planungsstand	✓	Teil von MGDM
		Massnahmenbeschrieb	×	nicht relevant für Koordination
		Mutationsangabe	×	Bereits vorhanden

Total VO:	212	(100%)
davon benötigt:	60	(28%)
davon nicht benötigt oder redundant:	152	(72%)

Anhang J: Soll-Analyse (Workshop)

Workshop
Zeit: 24.02.2020, 11.00 Uhr – 12.00 Uhr
Ort: Worblentalstrasse 66, 3063 Ittigen
Teilnehmer: Siehe Tabelle J.1

Tabelle J.1: Teilnehmer - Workshop

Name	Sektion	Fachgebiet / Kenntnisse
Yves Maurer-Weisbrod	Grundlagen	Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur; QGIS; Weiterverarbeitung von erhaltenem Datenmaterial
Mattia Cattaneo	Bundesplanungen	Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur; Sachpläne
Timon Richiger	Bundesplanungen	Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur; Sachpläne
Martin Tschopp	Bundesplanungen	Sachpläne

Anhang K: Fachexperten

Tabelle K.1: Fachexperten

Name	Sektion	Fachgebiet / Kenntnisse
Yves Maurer-Weisbrod	Grundlagen	Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur; QGIS; Weiterverarbeitung von erhaltenem Datenmaterial
Mattia Cattaneo	Bundesplanungen	Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur; Sachpläne
Timon Richiger	Bundesplanungen	Multifunktionale Nutzung der Hauptinfrastruktur; Sachpläne

Anhang L: Domänenmodelle in StarUML

Siehe beigefügte Datei "Keshwala-Deven_BT_Beilage_Domänenmodelle.rar"
Siehe beigefügte Datei "Keshwala-Deven_BT_StarUML.mdj"

Selbsterklärungsdeklaration

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Sämtliche Textstellen, die nicht von mir stammen, sind als Zitate gekennzeichnet und mit dem genauen Hinweis auf ihre Herkunft versehen. Die verwendeten Quellen (gilt auch für Abbildungen, Grafiken u.ä.) sind im Literatur- bzw. Quellenverzeichnis aufgeführt.

Bern, 22. Mai 2020

Unterschrift

Deven Keshwala