



Dokumentation «minimales Geodatenmodell» **Elektrische Anlagen mit einer Nennspannung von über 36 kV**



Übertragungsleitung in bewaldetem Gebiet

Geobasisdatensatz

Identifikator: 219.1
Titel: Elektrische Anlagen mit einer Nennspannung von über 36 kV
Rechtliche Grundlage: Elektrizitätsgesetz (EleG, SR 734.0); Art. 26a

Minimales Geodatenmodell

Version: 1.0
Datum: 31.03.2021



Projektgruppe

Leitung	Martin Hertach, Bundesamt für Energie (BFE)
Modellierung	Martin Hertach, BFE
Mitwirkung	Michael Berteld, Industrielle Werke Basel (IWB), Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) Zoran Brankovic, Swissgrid AG Thomas Burri, Schweizerische Bundesbahnen (SBB) Robert Fritz, Axpo, VSE Olivier Klaus, BFE Christine Najar, Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) Kurt Spälti, Konferenz der kantonalen Geoinformations- und Katasterstellen (KGK) Hermann Willi, Bundesamt für Verkehr (BAV)

Dokumentinformation

Inhalt	Dieses Dokument beschreibt das minimale Geodatenmodell des Geobasisdatensatzes Nr. 219.1 «Elektrische Anlagen mit einer Nennspannung von über 36 kV».
Status	Verabschiedet durch die Geschäftsleitung des BFE am 17. August 2021
Autoren	Martin Hertach BFE Olivier Klaus BFE

Dokumenthistorie

Version	Datum	Bemerkungen
1.0	31.03.2021	Finale Version der Fachinformationsgemeinschaft

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage	1
2.	Einführung	2
3.	Grundlagen für die Modellierung	6
4.	Modell-Beschreibung	8
5.	Modell-Struktur: konzeptionelles Datenmodell	9
6.	Hinweise zur modellkonformen Datenaufbereitung in speziellen Fällen	14
7.	Darstellungsmodell	15
8.	Anhang A: Glossar	19
9.	Anhang B: Quellenangaben	19
10.	Anhang C: INTERLIS-Modelldatei	20



1. Ausgangslage

Geoinformationsgesetz und Geoinformationsverordnung

Das Geoinformationsgesetz (GeoIG, SR 510.62) bezweckt, dass Geodaten über das Gebiet der Schweizerischen Eidgenossenschaft den Behörden von Bund, Kantonen und Gemeinden sowie der Wirtschaft, der Gesellschaft und der Wissenschaft für eine breite Nutzung, nachhaltig, aktuell, rasch, einfach, in der erforderlichen Qualität und zu angemessenen Kosten zur Verfügung stehen (Art. 1). Die Daten sollen demnach der Öffentlichkeit in einer einfach zugänglichen Form zur Verfügung gestellt werden. Um dies zu erreichen, legt der Bundesrat in einem Katalog die Geobasisdaten des Bundesrechts fest und erlässt Vorschriften über die Anforderungen an Geobasisdaten (Art. 5).

Die Geoinformationsverordnung (GeoIV, SR 510.620) definiert die Ausführung des GeoIG. Sie enthält im Anhang 1 den Katalog der Geobasisdaten des Bundesrechts, in dem bei jedem Eintrag eine Fachstelle des Bundes benannt ist. Diese Fachstellen des Bundes sind verpflichtet, minimale Geodatenmodelle für Geobasisdaten in ihrer Zuständigkeit zu definieren (Art. 9 Abs. 1). Minimale Geodatenmodelle werden innerhalb des fachgesetzlichen Rahmens durch die fachlichen Anforderungen und den Stand der Technik bestimmt (Art. 9 Abs. 2).

Methodik der Definition minimaler Geodatenmodelle

Das Koordinationsorgan für Geoinformation des Bundes GKG empfiehlt für die Definition minimaler Geodatenmodelle den modellbasierten Ansatz. Dabei werden Realweltobjekte, die in einem bestimmten fachlichen Kontext von Interesse sind, beschrieben, strukturiert und abstrahiert. Die Datenmodellierung findet in zwei Schritten statt. Im ersten Schritt wird der gewählte Realweltausschnitt umgangssprachlich beschrieben (Semantikbeschreibung). Die Semantikbeschreibung wird durch ein Projektteam aus Fachexpertinnen und Fachexperten erarbeitet, welche an der Erhebung, Ablage, Nachführung und Nutzung der Geodaten beteiligt sind. Im zweiten Schritt, der nachfolgenden Formalisierung, wird der textuelle Beschrieb in eine formale Sprache, sowohl grafisch (UML) als auch textuell (INTERLIS), überführt.

Dieses Vorgehen spiegelt sich im vorliegenden Dokument wider. Im Kapitel «Einführung» wird der Realweltausschnitt festgelegt. Das Kapitel «Modell-Beschrieb» enthält die umgangssprachliche Beschreibung des fachlichen Kontextes, welche als Basis für das konzeptionelle Datenmodell (Kapitel «Modell-Struktur: konzeptionelles Datenmodell») dient.



2. Einführung

Thematische Einführung

Das Stromnetz der Schweiz

Das Stromnetz stellt über Transport, Transformation und Verteilung die Verbindung zwischen den Produzenten und den Verbrauchern von elektrischer Energie her. Als Bindeglied zwischen Produktion und Verbrauch ist das Stromnetz von zentraler Bedeutung für die Gewährleistung der Stromversorgung. Ohne sichere und leistungsfähige Stromnetze drohen Stromausfälle mit schwerwiegenden Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Wirtschaft. Die Versorgung der Endverbraucherinnen und Endverbraucher mit Elektrizität erfolgt durch die rund 630 Netzbetreiber im Rahmen ihres Versorgungsauftrages. Die Netzbetreiber sind für ein sicheres, leistungsfähiges und effizientes Stromnetz verantwortlich und gewährleisten eine hohe Versorgungsqualität für die Endverbraucherinnen und Endverbraucher. Daneben ermöglicht das Stromnetz den Akteuren auf nationaler und internationaler Ebene, die Über- sowie Unterkapazitäten der Produktion auszugleichen.

Das Stromnetz besteht aus Leitungen, Unterwerken und Transformatorstationen. Es wird mit unterschiedlichen Spannungen betrieben und in sieben Spannungsebenen, sogenannte Netzebenen, unterteilt:

- Die Netzebene 1 bezeichnet das Übertragungsnetz, welches mit der Höchstspannung von 380/220 kV betrieben wird.
- Die Netzebenen 3, 5 und 7 sowie das Bahnstromübertragungsleitungsnetz bezeichnen die Verteilnetzebenen, welche auf den Spannungen ab 36 kV und unter 220 kV (Netzebene 3, überregionale Verteilnetze, Hochspannung), ab 1 kV und unter 36 kV (Netzebene 5, regionale Verteilnetze, Mittelspannung) sowie unter 1 kV (Netzebene 7, lokale Verteilnetze, Niederspannung) betrieben werden.
- Die Netzebenen 2, 4 und 6 bezeichnen die Transformationsebenen zwischen den anderen Netzebenen.

Der Strom wird national und grenzüberschreitend auf der Netzebene 1 (in einigen Fällen auch auf der Netzebene 3 oder 5) transportiert, um Transportverluste zu verringern. Für die überregionale, regionale sowie lokale Verteilung wird die Spannung auf den jeweiligen Transformationsebenen reduziert. Während Haushalte und kleinere Gewerbebetriebe ihren Strom auf der Netzebene 7 beziehen, werden Gewerbe und Industrie mit hohem Strombedarf direkt über die Netzebenen 3 und 5 angeschlossen. Das Stromnetz zur Versorgung der Endverbraucherinnen und Endverbraucher weist eine Frequenz von 50 Hertz (Hz) auf.

Das Bahnstromübertragungsleitungsnetz ist Teil der Infrastruktur der Bahnen (Art. 62 des Eisenbahngesetzes; SR 742.101). Planung, Erstellung, Betrieb und Unterhalt der Anlagen des Bahnstromübertragungsleitungsnetzes sind deshalb in der Eisenbahngesetzgebung abschliessend geregelt. Das Bahnstromübertragungsleitungsnetz weist eine Spannung von 66 kV und 132 kV mit einer Frequenz von 16,7 Hz auf.

Die Entwicklung des Stromnetzes

Die Umsetzung der Energiestrategie 2050 hat eine Weiterentwicklung des Stromnetzes zur Folge. Das Ziel ist es, rechtzeitig ein bedarfsgerechtes Stromnetz zur Verfügung stellen zu können. Deshalb sehen das revidierte Elektrizitätsgesetz und Stromversorgungsgesetz einen neuen Netzentwicklungsprozess (siehe Abb. 1) mit einem schrittweisen und transparenten Vorgehen sowie klaren Zuständigkeiten vor. Das revidierte Elektrizitätsgesetz setzt zudem Rahmenbedingungen für die Optimierung



und Weiterentwicklung der Netze und optimiert die Bewilligungsverfahren. Dies soll zu einer höheren Investitionssicherheit für die Netzbetreiber und zu einer grösseren Akzeptanz für Leitungsprojekte in der Gesellschaft führen.

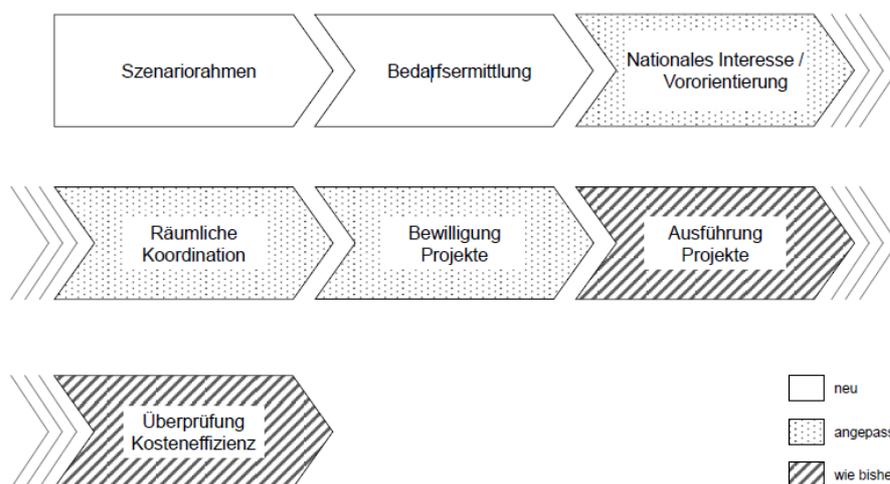


Abbildung 1: Übersicht des neuen Netzentwicklungsprozesses.

Im Zusammenhang des minimalen Geodatenmodells «Elektrische Anlagen mit einer Nennspannung von über 36 kV» ist der Teilprozess «Räumliche Koordination» von besonderem Interesse. Für Leitungen mit einer Nennspannung von 220 kV oder höher (Übertragungsnetz, Netzebene 1) mit Ansprüchen an den Raum ist grundsätzlich eine räumliche Koordination in einem zweistufigen Sachplanverfahren durchzuführen. In einem ersten Schritt wird unter Mitwirkung aller Interessierten, im Besonderen der betroffenen Kantone, ein Planungsgebiet ausgeschieden. In einem zweiten Schritt erarbeitet die Gesuchstellerin im vom Bundesrat festgesetzten Planungsgebiet Varianten von Planungskorridoren und reicht diese dem BFE ein. In beiden Schritten sind insbesondere die Auswirkungen auf den Raum und die Umwelt zu berücksichtigen. Für die effiziente Durchführung des Teilprozesses «räumliche Koordination» ist die Bereitstellung einer einheitlichen, zweckdienlichen und aktuellen Datenbasis zum bestehenden Stromnetz von grosser Bedeutung. Mit der Umsetzung des Artikels 26a EleG wird diese Datengrundlage geschaffen.

Artikel 26a EleG

Mit Artikel 26a wird bezweckt, dass das BFE eine geografische Gesamtsicht des Stromnetzes der Schweiz erstellen kann. Damit soll die Bereitstellung einer einheitlichen und aktuellen Datenbasis für die Umsetzung der Strategie Stromnetze (v. a. Koordination der Netzplanung und effiziente räumliche Koordination) und der Energiestrategie 2050 (v. a. Unterstützung Gebietsausscheidungen) ermöglicht werden. Ausserdem trägt die Gesamtsicht zur Abstimmung mit weiteren Infrastrukturanlagen und zum Schutz der insbesondere erdverlegten elektrischen Leitungen bei.

Die Betriebsinhaber sind zwar bereits heute verpflichtet, Übersichtspläne ihrer elektrischen Anlagen (Art. 14 Abs. 1 Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen; SR 734.25) und Werkpläne ihrer elektrischen Kabelleitungen (Art. 62 Abs. 3 Leitungsverordnung; SR 734.31) zu führen. Diese Pläne sind jedoch in Form und Inhalt sehr heterogen und in vielen Fällen nicht digital in einem Geoinformationssystem geführt. Ausserdem müssen diese Daten nur ganz bestimmten Personen oder Behörden zu bestimmten Zwecken ausgehändigt werden (z. B. der Aufsichtsbehörde für



Aufsichtstätigkeiten oder Dritten, welche im Bereich der Leitungen Grabarbeiten durchführen wollen). Dieses Manko hat dazu geführt, dass verschiedene Stellen selbstständig Daten erfasst und – untereinander teilweise widersprüchlich – publiziert haben. Diese Redundanzen und Widersprüche stehen Artikel 8 Absatz 2 des Geoinformationsgesetzes (GeolG; SR 510.62) entgegen, wonach beim Erheben und Nachführen von Geobasisdaten Doppelspurigkeiten zu vermeiden sind. Nur durch einen einheitlichen Datensatz in gesicherter Qualität lässt sich dieses Ziel erreichen.

Mit Absatz 1 des Artikels 26a EleG werden die Betriebsinhaber verpflichtet, ihre elektrischen Anlagen mit einer Nennspannung von 36 kV oder höher (Netzebenen 1–3) in Form von räumlichen Daten (Geodaten) zu dokumentieren und diese dem BFE zur Verfügung zu stellen. Nicht zu erheben sind die Betriebsdaten der elektrischen Anlagen.

Absatz 2 beauftragt das BFE zur Zusammenführung der Geodaten der Betriebsinhaber zu einer Gesamtsicht der Netzebenen 1 bis 3 des Stromnetzes der Schweiz und zu dessen Bereitstellung für die Öffentlichkeit.

Gemäss Absatz 3 kann der Bundesrat auch die Anlagen der Netzebenen 4–7 der Dokumentationspflicht unterwerfen. Der Zugang zu Geodaten der Netzebene 4–7 ist nicht öffentlich. Der Bundesrat hat in der Verordnung zu bestimmen, wer Zugang zu diesen Daten hat. Dabei hat er insbesondere für Mitglieder von Planungsgremien des Bundes, der Kantone und Gemeinden, für Mitarbeitende von Netzbetreibern sowie für Personen, welche bereits heute beispielsweise für Bauarbeiten Einsicht in die Pläne verlangen können, einen Zugang vorgesehen. Der Bundesrat hat diese Möglichkeit vorgesehen, um die Koordination der Netzplanung und die effiziente räumliche Koordination noch weiter zu unterstützen, falls die öffentliche Gesamtsicht der Netzebenen 1-3 nicht ausreicht.

Abgrenzung zu weiteren Geobasisdaten des Bundes

Die GeoIV sieht zwei minimale Geodatenmodelle vor, welche die Abbildung von elektrischen Anlagen regeln. Das vorliegende Geodatenmodell und das Geodatenmodell «Werkpläne elektrische Kabelleitungen» (ID 92). Diese Modelle verfolgen aufgrund ihrer unterschiedlichen Rechtsgrundlagen verschiedene Zwecke: Das vorliegende Modell bezweckt eine öffentliche Gesamtsicht des Stromnetzes der Ebenen 1 bis 3. Das Modell «Werkpläne elektrische Kabelleitungen» bezweckt die digitale Planauskunft von Kabelleitungen anhand von Geodaten für berechtigte Personen wie bspw. Grundeigentümern.

Werkpläne elektrische Kabelleitungen (ID 92)¹

Eine lückenlose Dokumentation der erdverlegten Kabelleitungen in Werkplänen ist von höchster Wichtigkeit: Beschädigungen durch Grabarbeiten und damit Beeinträchtigungen der Stromversorgungssicherheit sind vorzubeugen und Menschen, welche Grabarbeiten durchführen, sind vor Stromschlägen zu schützen. Dies spiegelt sich auch im Gesetz wider. Gemäss Art. 62 Abs. 1 der Verordnung über elektrische Leitungen (LeV, SR 734.31) müssen Betriebsinhaber die Lage und die Verlegungsart ihrer Kabelleitungen festhalten. Die Leitungen müssen jederzeit geortet werden können und die Unterlagen sind bis zur Entfernung der Leitung aufzubewahren. Betriebsinhaber sind die verantwortlichen Betrei-

¹ <https://www.bfe.admin.ch/werkplaene-elektrischer-kabelleitungen>



ber (Eigentümer, Pächter, Mieter usw.) elektrischer Anlagen (Art. 20 EleG). Erdverlegte Kabelleitungen können sich direkt im Erdreich befinden, von Kabelschutzrohren umgeben sein, durch Tunnels und Stollen oder sogar Gewässer geführt werden.

Betriebsinhaber sind verpflichtet, auf Anfrage berechtigten Personen Lage und Verlegungsart ihrer Kabelleitungen zur Verfügung zu stellen (Art. 62 Abs. 3 LeV). Der Inhalt, die Strukturierung und die Darstellung der Netzauskünfte in Form von Werkplänen, welche auf Verlangen zur Verfügung gestellt werden, waren bis anhin nicht definiert. Die berechtigten Personen erhielten überwiegend Papierkarten, welche sich von Werkbetreiber zu Werkbetreiber im Detailierungsgrad und der Darstellung unterschieden. Zu den berechtigten Personen gehören insbesondere das BFE, das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI), sowie die örtlichen Feuerwehren (Art. 137 LeV).

Links

Das textuelle konzeptionelle Datenmodell ist als INTERLIS-Datei in der Datenmodell-Ablage der Bundesgeodateninfrastruktur publiziert.

Datenmodell: <http://models.geo.admin.ch/>



3. Grundlagen für die Modellierung

Rechtliche Grundlage und deren Auslegung für die Modellierung

Das Elektrizitätsgesetz (EleG², SR 734.0) bildet die fachgesetzliche Grundlage für das hiermit vorliegende minimale Geodatenmodell. Die Fachinformationsgemeinschaft (FIG) fällt aufgrund der Rechtsgrundlage folgende Grundsatzentscheide, welche für die Modellierung massgebend sind:

Detaillierungsgrad Geometrie

Die Koordination von Leitungsbauvorhaben auf allen Netzebenen sowie strategische Überlegungen zur Netzentwicklung benötigen als Grundlage die Kenntnis des bestehenden Netzes. Insbesondere die räumliche Koordination im Rahmen von Sachplanverfahren sieht vor, dass die Netzplanung der nationalen Netzgesellschaft frühzeitig mit den kantonalen Planungen in einer überörtlichen Teilraumplanung koordiniert wird. Sie erfolgt in zwei Schritten: In einem ersten Schritt wird unter Mitwirkung aller Interessierten, im Besonderen der betroffenen Kantone, ein Planungsgebiet ausgeschieden. In einem zweiten Schritt erarbeitet die Gesuchstellerin im vom Bundesrat festgesetzten Planungsgebiet Varianten von Planungskorridoren und reicht diese dem BFE ein. Für diese räumlichen Betrachtungen ist es essentiell, das bestehende Netz zu kennen. Eine hohe Abstraktionsebene bzw. ein geringer geometrischer Detaillierungsgrad ist dafür ausreichend. Die Repräsentation des Stromnetzes der Ebenen 1 bis 3 anhand von Linien für Leitungen, Punkte für Masten sowie Flächen für Anlagen wie beispielsweise Unterwerke erscheint daher als geeigneter Ansatz. Diese Repräsentation erlaubt in der übergeordneten Betrachtungssicht eines Sachplanverfahrens die Abstimmung mit Schutzinteressen und weiteren Infrastrukturanlagen. Auch Gebietsausscheidungen im Rahmen der Umsetzung der Energiestrategie 2050 sind mit Daten im vorgeschlagenen Detaillierungsgrad möglich.

Detaillierungsgrad Sachinformation

Zusätzlich zur geometrischen Information bedarf es für die räumliche Koordination verschiedene Sachinformationen. Art des geometrischen Objektes, Spannungsebene(n) des Trasses, Verlegungsart(en), Typ des Mastes (vorgegebene Liste, beispielsweise «Tragmast»), Eigentümer (Ansprechpartner für Rückfragen im Planungsprozess) sowie Betriebszustand (in Betrieb, ausser Betrieb etc.) müssen bekannt sein. Da die räumliche Koordination in einer überörtlichen oder regionalen Sichtweise durchgeführt wird, ist die Repräsentation des Stromnetzes in zwei Dimensionen ausreichend. Für weitere Anwendungen der Daten, beispielsweise die Entwicklung von Strategien zur Netzentwicklung oder auch Forschungsprojekten, kann auf Basis der Angaben der Spannungsebenen die belegte Fläche oder auch der belegte Raum (2.5D) modelliert werden. Zudem soll es fakultativ möglich sein, die Höhe der Masten anzugeben.

Aktualität

Werkbetreiber tätigen grosse Investitionen für die Entwicklung des Stromnetzes. Daher ist es von grosser Bedeutung, dass für die Planung von räumlichen Vorhaben auf aktuelle Daten abgestützt werden kann und die Planung somit verlässlich ist. Deshalb sollten Änderungen an den Infrastrukturen möglichst zeitnah in den Daten abgebildet werden, so dass die Gesamtsicht des Stromnetzes keine

² <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19020010/index.html>



veralteten Daten enthält. Änderungen aufgrund von Bauvorhaben sollten innerhalb von sechs Monaten nach Abschluss des Bauvorhabens übermittelt werden. Das BFE stellt ein Aggregationssystem bereit, welches regelmässig sämtliche Daten zusammenführt und neu publiziert. Zudem überwacht das BFE die Datenquellen, so dass es feststellen kann, ob ein Werkbetreiber seit einem Jahr keine Daten mehr geliefert hat. Auch wenn ein Werkbetreiber in diesem Jahr keine Änderungen an den Daten vorgenommen hat, muss er erneut an das BFE liefern, damit das BFE weiss, dass die Daten immer noch aktuell sind. Dieses System ermöglicht einem Werkbetreiber auch eine höhere Aktualität seiner Daten in der Gesamtsicht als das Minimum von einem Jahr. Um eine grosse Zuverlässigkeit bei der Lieferung der modellkonformen Daten zu gewährleisten, empfiehlt das BFE den Werkbetreiber die Lieferung oder zumindest den Export aus den Produktionssystemen zu automatisieren.

Provisorische Anlagen

Das Datenmodell unterscheidet nicht zwischen provisorischen und definitiven Anlagen. Es obliegt dem Werkbetreiber zu entscheiden, ob er ein Provisorium in seinen produktiven Datenbestand aufnimmt und für die Gesamtsicht mitliefert. Die FIG empfiehlt die Abbildung von Provisorien.

Überlegungen zum Verzicht auf die Verwendung der SIA-Norm 405

Die SIA-Norm 405 (siehe <http://www.sia.ch/405>) definiert die Minimalanforderung an die Dokumentation von Leitungen und Anlagen in öffentlichem und privatem Grund anhand von Geodaten. Sie enthält das darstellungsorientierte Geodatenmodell «LKMap», welches ermöglicht, den Leitungskataster aus den umfangreichen und sehr unterschiedlichen Daten der Fachmodelle (Werkinformation) der verschiedenen Medien darzustellen. «LKMap» ermöglicht dies, in dem es generisch aufgebaut ist und sich somit auf die Eigenheiten der verschiedenen Medien anwenden lässt. Die Anwendung dieses generischen Modells für den hier vorliegenden Anwendungsfall hätte wesentliche Nachteile:

- Die meisten Informationen zu elektrischen Anlagen müssten im generischen «Bag of Eigenschaften» abgebildet werden und wären somit nicht modelliert. Dies hätte zur Folge, dass nicht automatisiert geprüft werden könnte, ob die Daten modellkonform sind. Die Datenkonsistenz wäre nicht gewährleistet. Somit würde den Daten ein wesentliches Qualitätsmerkmal fehlen, was wiederum ein Hindernis bei der Nutzung der Daten wäre.
- Aufgrund der fehlenden Möglichkeit der Überprüfung, ob die Daten modellkonform sind, wäre es viel aufwändiger, eine automatisierte Aggregation und Publikation der Daten aufzubauen. Die angestrebte tägliche Aggregation der Daten wäre nicht realisierbar, womit ein weiteres Qualitätsmerkmal der Daten, die Aktualität, beeinträchtigt würde.
- Die Verwendung der Daten im «BAG OF Eigenschaften» ist nicht trivial und stellt Datennutzende vor unnötige Hürden.

Daher hat sich die FIG entschieden, auf die Verwendung der SIA-Norm 405 zu verzichten.



4. Modell-Beschreibung

Semantikbeschreibung

Elektrische Anlagen sind alle Komponenten eines Elektrizitätsnetzes, welche der Übertragung von elektrischem Strom mit einer Nennspannung von über 36 kV dienen. Jede elektrische Anlage ist identifizierbar, gehört einem Eigentümer, weist eine Aussage zur Lagegenauigkeit (siehe Tab. 2) auf und gehört entweder zum Stromnetz zur Versorgung der Endverbraucherinnen und Endverbraucher (Allgemeinstrom) oder zum Bahnstromübertragungsleitungsnetz (siehe Tab. 3). Befindet sich die Anlage nicht im vollständigen bzw. alleinigen Besitz des Eigentümers, wird darauf hingewiesen. Zudem sollte eine elektrische Anlage eine beschreibende Bezeichnung haben, welche es dem Nutzenden einfach ermöglicht zu verstehen, um welche elektrische Anlage es sich handelt. Die abstrakte elektrische Anlage wird in folgende Komponenten spezialisiert: Mast, Leitung und Station.

Ein **Mast** ist das punktförmige Tragwerk der elektrischen Leiter oder Kabel. Es gibt verschiedene Typen von Masten (siehe Tab. 4). Ein Mast kann zudem über eine Höhenangabe verfügen, welche die – Höhe der Mastspitze über Grund angibt.

Eine **Leitung** beschreibt einen ober- oder unterirdischen linienförmigen Leitungsabschnitt eines elektrischen Leiters oder eines Kabels. Die Geometrie der Leitung dokumentiert den lagegenauen Verlauf des Leiters, sofern dieser vorhanden ist. Falls der Leiter nicht lagegenau erfasst ist, wird die geographische Information des Trassees übernommen. Es gibt verschiedene Typen von Leitungen (siehe Tab. 5). Jede Leitung wird mit einer bestimmten Spannung und Frequenz betrieben (siehe Tab. 6 und 9) und verfügt über eine betriebliche Statusangabe (siehe Tab. 7), welche aussagt, ob eine Leitung langfristig grundsätzlich in Betrieb ist oder nicht. Falls die Leitung mit einer Spannung betrieben wird, welche nicht vordefiniert ist, wird diese Spannung ebenfalls dokumentiert.

Eine **Station** ist ein Knoten im Elektrizitätsnetz, bei dem elektrische Energie produziert, in eine andere Frequenz umgeformt, verteilt, das Transportmedium gewechselt oder umgespannt bzw. in eine andere Spannung transformiert wird. Es gibt verschiedene Typen von Stationen (siehe Tab. 8). Die Station wird als Punkt-Geometrie abgebildet, welche innerhalb der realen flächigen Ausdehnung der Station liegt. Anhand der Punkt-Geometrie kann zudem die flächige Ausdehnung der Station aus dem Georeferenzdatensatz «Topografisches Landschaftsmodell (Landesvermessung)» eingefügt werden.



5. Modell-Struktur: konzeptionelles Datenmodell

UML-Klassendiagramm Thema «ElektrischeAnlagen»

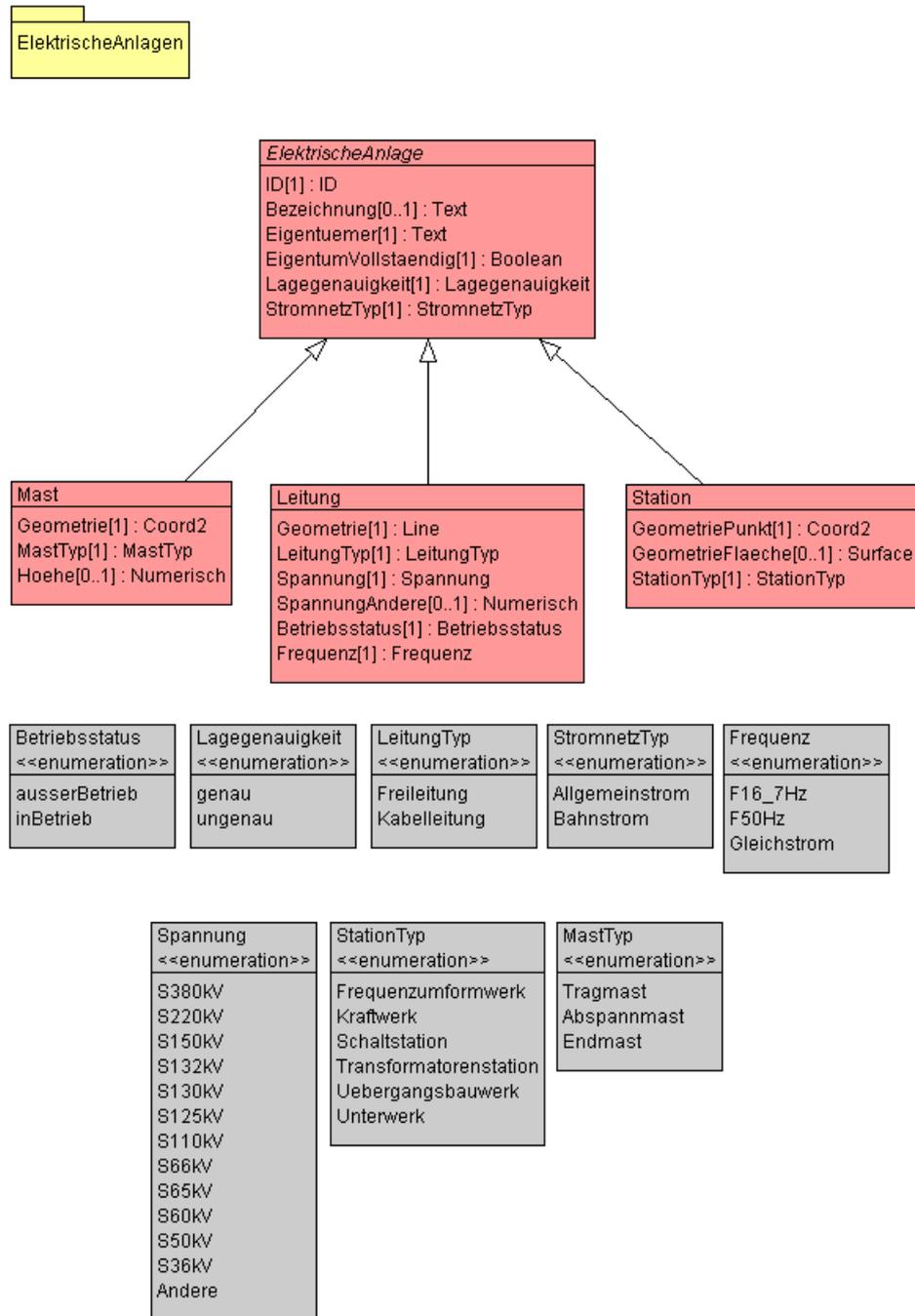


Abbildung 2: UML-Klassendiagramm Thema «ElektrischeAnlagen»



Objektkatalog

Tabelle 1: Objektkatalog

Klasse «ElektrischeAnlage»			
Attributname	Kardinalität³	Datentyp	Beschreibung
ID	1	Zeichenkette	Technischer Identifikator, welche der Eigentümer in seinem System führt.
Bezeichnung	0..1	Zeichenkette	Bezeichnung der elektrischen Anlage, so dass der Werkbetreiber die Anlagen bei Rückfragen identifizieren kann. Beispiel für eine Leitung: «Oberdorf – Niederdorf». Beispiel für eine Station: «Hinterdorf». Beim Mast wird die Mastnummer eingetragen.
Eigentuemmer	1	Zeichenkette	Bezeichnung des Eigentümers der elektrischen Anlage. Ansprechpartner für Rückfragen im Planungsprozess.
EigentumVollstaendig	1	Boolean	Angabe, ob die elektrische Anlagen vollständig dem Eigentümer gehört.
Lagegenauigkeit	1	Wertebereich Lagegenauigkeit	Genauigkeit eines Objektes. Siehe Tabelle 2.
StromnetzTyp	1	Wertebereich StromnetzTyp	Typ des Stromnetzes. Siehe Tabelle 3.
Klasse «Mast»: Diese Klasse ist eine Spezialisierung von «ElektrischeAnlage»			
Attributname	Kardinalität	Datentyp	Beschreibung
Geometrie	1	Koordinate LKoord	2D-Koordinate
MastTyp	1	Wertebereich MastTyp	Typ des Mastes. Siehe Tabelle 4.
Hoehe	0..1	Numerisch	Höhe der Mastspitze über Grund in Meter
Klasse «Leitung»: Diese Klasse ist eine Spezialisierung von «ElektrischeAnlage»			
Attributname	Kardinalität	Datentyp	Beschreibung
Geometrie	1	Polyline	Offener Linienzug, Stützpunkte in 2D-Landeskoordinaten, zwei Dezimalstellen
LeitungTyp	1	Wertebereich LeitungTyp	Typ des Trassees. Siehe Tabelle 5.
Spannung	1	Wertebereich Spannung	Siehe Tabelle 6.
SpannungAndere	0..1	Numerisch	Falls eine andere Spannung verwendet wird, gibt man hier die korrekte Spannung in Kilovolt (kV) an. 0.00 bis 999.99
Betriebsstatus	1	Wertebereich Betriebsstatus	Langfristiger Betriebs- und Planungszustand. Siehe Tabelle 7.
Frequenz	1	Wertebereich Frequenz	Siehe Tabelle 9.

³ 1 = obligatorisch. 0..1 = optional.



Klasse «Station»: Diese Klasse ist eine Spezialisierung von «ElektrischeAnlage»

Attributname	Kardinalität	Datentyp	Beschreibung
GeometriePunkt	1	Koordinate LKoord	2D-Koodinate
GeometrieFlaeche	0..1	Fläche	2D-Fläche des belegten Areals, kann aus swissTLM3D abgeleitet werden.
StationTyp	1	Wertebereich StationTyp	Siehe Tabelle 8.

Tabelle 2: Definition Wertebereich Lagegenauigkeit

Wert	Definition
Genau	Mittlerer Fehler: ± 10 cm, Toleranz: ± 30 cm
ungenau	Definition von «genau» ist nicht erfüllt.

Tabelle 3: Definition Wertebereich StromnetzTyp

Wert	Definition
Allgemeinstrom	Stromnetz zur Versorgung der Endverbraucherinnen und Endverbraucher
Bahnstrom	Bahnstromübertragungsleitungsnetz

Tabelle 4: Definition Wertebereich MastTyp

Wert	Definition
Tragmast	Mast einer Freileitung, welcher nur das Gewicht der durchgehenden Seile trägt und die Leitung auf der erforderlichen Höhe hält. Wird auch für Winkeltragmast verwendet, welcher die Richtung der Leitung ändert.
Abspannmast	Mast einer Freileitung, welcher bei einer Richtungsänderung der Leitung das Gewicht der Seile und zusätzliche (z.B. seitliche) Zugkräfte trägt.
Endmast	Mast einer Freileitung, an dem die Freileitung in der Regel in ein Erdkabel oder einen Masttransformator überführt wird.

Tabelle 5: Definition Wertebereich LeitungTyp

Wert	Definition
Freileitung	Elektrische Leitung, welche im Freien durch die Luft geführt wird.
Kabelleitung	Meist erdverlegte elektrische Leitung.



Tabelle 6: Definition Wertebereich Spannung

Wert	Definition
S380kV	Leitung mit einer Spannung von 380 kV.
S220kV	Leitung mit einer Spannung von 220 kV.
S150kV	Leitung mit einer Spannung von 150 kV.
S132kV	Leitung mit einer Spannung von 132 kV.
S130kV	Leitung mit einer Spannung von 130 kV.
S125kV	Leitung mit einer Spannung von 125 kV.
S110kV	Leitung mit einer Spannung von 110 kV.
S66kV	Leitung mit einer Spannung von 66 kV.
S65kV	Leitung mit einer Spannung von 65 kV.
S60kV	Leitung mit einer Spannung von 60 kV.
S50kV	Leitung mit einer Spannung von 50 kV.
S36kV	Leitung mit einer Spannung von 36 kV.
Andere	Falls eine Spannung verwendet wird, welche hier nicht aufgeführt ist. Die tatsächliche Spannung wird im Attribut «SpannungAndere» dokumentiert.

Tabelle 7: Definition Wertebereich Betriebsstatus

Wert	Definition
ausserBetrieb	Die Leitung befindet sich ausser Betrieb. Wird auch für stillgelegte Leitungen verwendet. Zudem können auch im Bau befindliche Leitungen bereits mit diesem Status geliefert werden.
inBetrieb	Die Leitung befindet sich im normalen Betrieb.



Tabelle 8: Definition Wertebereich StationTyp

Wert	Definition
Frequenzumformwerk	Elektrische Anlage zur Umformung von Allgemiestrom (50 Hertz) in Bahnstrom (16.7 Hertz) oder in eine andere Frequenz (bspw. 0 Hertz) oder umgekehrt.
Kraftwerk	Stromerzeugungsanlage
Schaltstation	Eine Station, welche über eine Schaltanlage verfügt.
Transformatorstation	Verbindung von verschiedenen Spannungsebenen im Bereich der Mittelspannung zur regionalen Verteilung.
Uebergangsbauwerk	Verbindung von Frei- und Kabelleitungen.
Unterwerk	Das Unterwerk verbindet zwei verschiedene Spannungsebenen miteinander. Höchstspannung zu Hochspannung und Hochspannung zu Mittelspannung. Synonym für Unterstation.

Tabelle 9: Definition Wertebereich Frequenz

Wert	Definition
F16_7Hz	Frequenz von 16.7 Hz, Bahnstrom
F50Hz	Frequenz von 50 Hz, Allgemiestrom
Gleichstrom	Gleichstrom



6. Hinweise zur modellkonformen Datenaufbereitung in speziellen Fällen

Leitungen verschiedener Eigentümer auf einem Mast

Grundsätzlich liefert jeder Werkbetreiber nur die Daten der eigenen elektrischen Anlagen, wobei auch diejenigen Anlagen gemeint sind, welche er nur zu einem Anteil besitzt. Gehört ein Mast zwei Werkbetreibern, liefern beide die Daten dieses Mastes.

Leitungen nicht lagegenau erfasst und Trasse mit verschiedenen Leitungen und Spannungsebenen

In diesem Beispiel erfasst ein Werkbetreiber in seinem Produktionssystem nur den Verlauf des Trassees als linienförmige Geometrie. Die einzelnen Leitungen (elektrischen Leiter) erfasst er ohne lagegenaue Geometrien. Es gibt einen Abschnitt, bei dem zwei Leitungen parallel laufen und unterschiedliche Spannungen aufweisen (siehe Abb. 3).

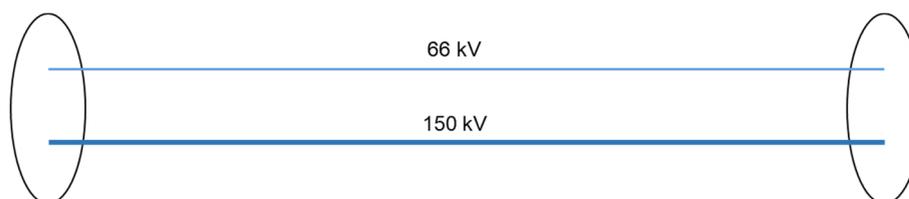


Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Trassees mit einer Leitung mit einer Spannung von 66 kV und einer Leitung mit einer Spannung von 150 kV.

Gemäss der Semantikbeschreibung des Transferdatenmodells beschreibt eine Leitung einen linienförmigen Leitungsabschnitt bzw. eine Leitung gleicher Spannung. In diesem Beispiel verfügt ein Werkbetreiber nicht über die lagegenauen Geometrien der einzelnen Leitungen. Daher übernimmt er für jede Leitung die geometrische Information des übergeordneten Trassees.

Demnach liefert der Werkbetreiber für diesen Abschnitt zwei linienförmige Leitungsabschnitte mit der identischen Geometrie des Trassees. Einmal mit der Spannungsebene 66 kV und einmal mit der Spannungsebene 150 kV (siehe Abb. 4).



Abbildung 4: Darstellung der modellkonformen Daten zweier Leitungen im gleichen Trasse mit unterschiedlichen Spannungsebenen gemäss Darstellungsmodell.

Phasen aufgeteilt in separate Leitungen

Ein Werkbetreiber hat in einem Leitungsabschnitt die Phasen auf einzelne elektrische Leiter und Masten aufgeteilt. Für die korrekte Abbildung gemäss dem vorliegenden Datenmodell, liefert er den Verlauf aller dieser Leitungen und Masten. Zudem beschreibt er bei der Bezeichnung der Leitung die Phase textuell.



7. Darstellungsmodell

Klasse «Mast»

Die Objekte der Klasse «Mast» werden in Abhängigkeit des Attributes «MastTyp» symbolisiert (siehe Tab. 10). Zudem werden die Symbole abhängig vom Massstab angezeigt (siehe Tab. 11).

Tabelle 10: Symboldefinition der Objekte der Klasse «Mast»

Wert des Attributs «MastTyp»	Symbol	Symbol-Eigenschaften
Tragmast		1. Ebene: Kreis mit Grösse 3 Punkt, Schwarz 2. Ebene: Kreis mit Grösse 6 Punkt, Füllfarbe Weiss, Umrandung Schwarz 1 Punkt
Abspannmast Endmast		1. Ebene: Kreuz mit Grösse 6 Punkt, Schwarz 2. Ebene: Kreis mit Grösse 6 Punkt, Füllfarbe Weiss, Umrandung Schwarz 1 Punkt

Tabelle 11: Massstab-abhängige Darstellung der Objekte der Klasse «Mast»

Darzustellen in Massstabsbereich
1:1 bis 1:50'000

Klasse «Leitung»

Die Objekte der Klasse «Leitung» werden in Abhängigkeit des Attributes «LeitungTyp» symbolisiert (siehe Tab. 12). Für die Farbe und Dicke der Linie sind die Attribute «StromnetzTyp» und «Spannung» massgebend (siehe Tab. 13). Es werden lediglich Leitung dargestellt, welche den Betriebsstatus «inBetrieb» aufweisen.

Tabelle 12: Symboldefinition der Objekte der Klasse «Leitung»

Wert des Attributs «LeitungTyp»	Symboldefinition
Freileitung	
Kabelleitung	 5 Einheiten Farbe, 5 Einheiten leer



Tabelle 13: Farbdefinition der Objekte der Klasse «Leitung»

Wert des Attributs «StromnetzTyp»	Wert des Attributs «Spannung»	Symboldefinition
Allgemeinstrom	S380kV	 RGB 231, 41, 138 Liniendicke: 4 Punkt
Allgemeinstrom	S220kV	 RGB 27, 158, 119 Liniendicke: 3 Punkt
Allgemeinstrom	S150kV S132kV S130kV S125kV S110kV	 RGB 117, 112, 179 Liniendicke: 2 Punkt
Allgemeinstrom	S66kV S65kV S60kV S50kV S36kV Andere	 RGB 102, 166, 30 Liniendicke: 1.5 Punkt
Bahnstrom	S132kV	 RGB 217, 95, 2 Liniendicke: 2 Punkt
Bahnstrom	S66kV Andere	 RGB 230, 171, 2 Liniendicke: 2 Punkt

Klasse «Station»

Die Objekte der Klasse «Station» verfügen immer über eine Punktgeometrie und zudem meistens über eine Flächengeometrie. Die Darstellung erfolgt abhängig vom Massstab (siehe Tab. 14). Flächen werden alle gleich symbolisiert (siehe Tab. 15). Punkte werden in Abhängigkeit des Typs symbolisiert (siehe Tab. 16).

Tabelle 14: Massstab-abhängige Darstellung der Objekte der Klasse «Station»

Massstabsbereich	Darzustellende Geometrie
1:1 bis 1:25'000	Punkt und Fläche (falls vorhanden).
1:25'001 bis ∞	Punkt



Tabelle 15: Symboldefinition der Objekte der Klasse «Station»

Symboldefinition	
	Umrandung schwarz, 1 Punkt Füllung RGB 225, 225, 225

Tabelle 16: Symboldefinition der Objekte der Klasse «Station»

Masstabsbereich	Wert des Attributs «StationTyp»	Symbol	Symbol-Eigenschaften
1:1 bis 1:100'000	Kraftwerk Schaltstation Transformatorstation Unterwerk		Viereck mit Grösse 5 Punkt, Füllfarbe 225, 225, 225, Umrandung Schwarz 1 Punkt
1:1 bis 1:100'000	Uebergangsbauwerk Frequenzumformwerk		1. Ebene: Viereck mit Grösse 5 Punkt, Füllfarbe 225, 225, 225, Umrandung Schwarz 1 Punkt 2. Ebene: Kreis mit Grösse 2 Punkt, Schwarz
1:100'001 bis ∞	Kraftwerk Schaltstation Transformatorstation Unterwerk		Viereck mit Grösse 9 Punkt, Füllfarbe 225, 225, 225, Umrandung Schwarz 1 Punkt
1:100'001 bis ∞	Uebergangsbauwerk Frequenzumformwerk		1. Ebene: Viereck mit Grösse 9 Punkt, Füllfarbe 225, 225, 225, Umrandung Schwarz 1 Punkt 2. Ebene: Kreis mit Grösse 4 Punkt, Schwarz



Beispielhafte Darstellung

Abbildungen 5 und 6 zeigen beispielhafte Darstellungen gemäss dem oben definierten Darstellungsmodell. Die Darstellung ist abhängig vom Massstab.

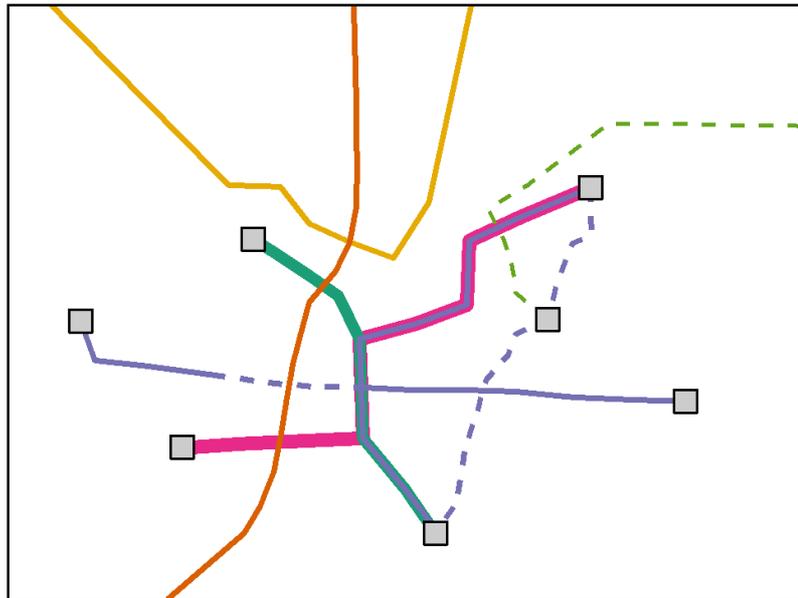


Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung im Massstab 1:26'000. Stationen werden als Punkte dargestellt.

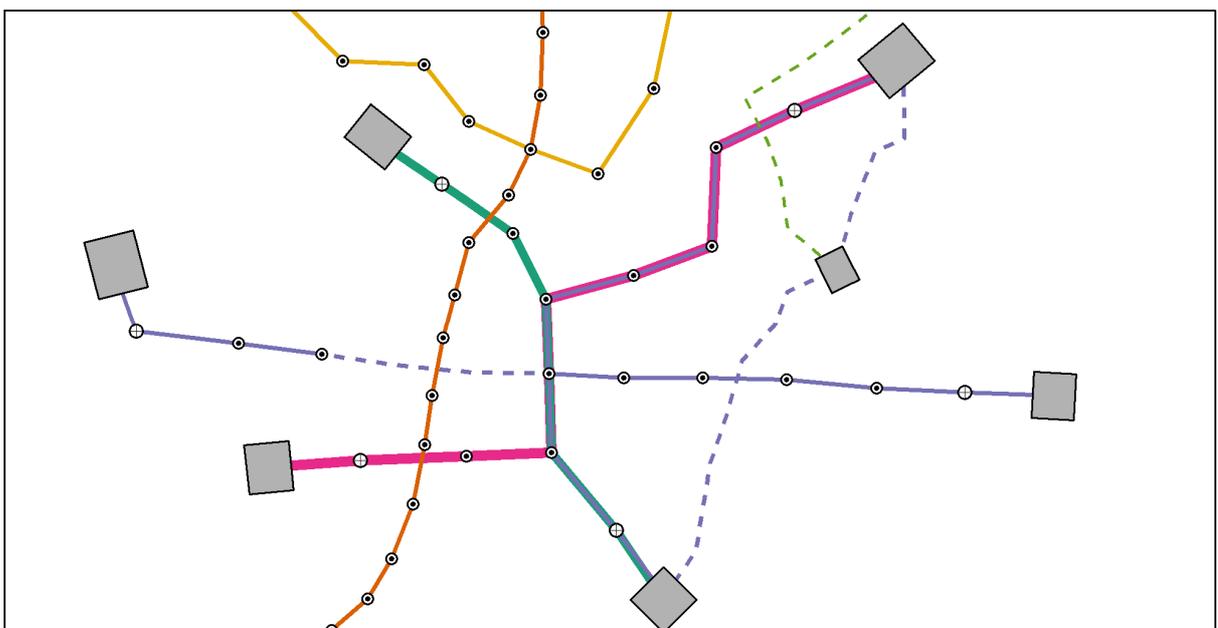


Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung im Massstab 1:12'000. Stationen werden als Flächen mit ihrer realen Ausdehnung dargestellt. Die Masten sind ebenfalls ersichtliche.



8. Anhang A: Glossar

Tabelle 17: Glossar

Begriff	Erläuterung
Geobasisdaten	Geodaten, die auf einem Recht setzenden Erlass des Bundes, eines Kantons oder einer Gemeinde beruhen.
Geodaten	Raumbezogene Daten, die mit einem bestimmten Zeitbezug die Ausdehnung und Eigenschaften bestimmter Räume und Objekte beschreiben, insbesondere deren Lage, Beschaffenheit, Nutzung und Rechtsverhältnisse.
INTERLIS	Plattformunabhängige Datenbeschreibungssprache und Transferformat für Geodaten. INTERLIS ermöglicht es, Datenmodelle präzise zu modellieren.
Minimales Geodatenmodell	Abbildung der Wirklichkeit, welche Struktur und Inhalt von Geodaten systemunabhängig festlegt und welche aus Sicht des Bundes und gegebenenfalls der Kantone auf das inhaltlich Wesentliche und Notwendige beschränkt ist.
SIA-Norm 405	Die Norm SIA 405 gilt für den Austausch und die Publikation von Werkinformations- und Leitungskataster-Daten. Siehe http://www.sia.ch/405 .
Station	Anlage (Umspannwerk, Verteilstelle, Hochspannungsbezüger etc.) in Hoch- und Mittelspannung.
Tragwerk	Entspricht einem Mast und führt oberirdische elektrische Systeme.
UML	Unified Modeling Language. Grafische Modellierungssprache zur Definition von objektorientierten Datenmodellen.
Werkinformation	Gesamtheit aller Daten des Mediums Elektrizität in einem Versorgungsgebiet, die ein Werkbetreiber für den Betrieb und den Unterhalt seines Leitungsnetzes benötigt.

9. Anhang B: Quellenangaben

- Titelbild: Martin Hertach, aufgenommen am 4. November 2020.



10. Anhang C: INTERLIS-Modelldatei

Hinweis

Das minimale Geodatenmodell «Elektrische Anlagen mit einer Nennspannung von über 36 kV» (ElektrischeAnlagenNennspannungUeber36kV_V1.ili) ist in der Modell-Ablage des Bundes erhältlich: <https://models.geo.admin.ch/BFE/>

ElektrischeAnlagenNennspannungUeber36kV_V1.ili

```
INTERLIS 2.3;

!!@ technicalContact=mailto:geoinformation@bfe.admin.ch
!!@ furtherInformation=https://www.bfe.admin.ch/geoinformation
!!@ IDGeoIV=219.1

MODEL ElektrischeAnlagenNennspannungUeber36kV_V1 (de)
AT "https://models.geo.admin.ch/BFE"
VERSION "2021-03-31" =
  IMPORTS GeometryCHLV95 V1;

DOMAIN

  Betriebsstatus = (
    ausserBetrieb,
    inBetrieb
  );

  Frequenz = (
    F16_7Hz,
    F50Hz,
    Gleichstrom
  );

  ID = TEXT*100;

  Lagegenauigkeit = (
    genau,
    ungenau
  );

  LeitungTyp = (
    Freileitung,
    Kabelleitung
  );

  MastTyp = (
    Tragmast,
    Abspannmast,
    Endmast
  );

  Numerisch = 0 .. 9999;

  Spannung = (
    S380kV,
    S220kV,
    S150kV,
    S132kV,
    S130kV,
    S125kV,
    S110kV,
    S66kV,
    S65kV,
    S60kV,
    S50kV,
    S36kV,
    Andere
  );

  StationTyp = (
    Frequenzumformwerk,
    Kraftwerk,
    Schaltstation,
    Transformatorenstation,
    Uebergangsbauwerk,
    Unterwerk
  );
```



```
StromnetzTyp = (  
  Allgemeinstrom,  
  Bahnstrom  
);  
  
Text = TEXT*500;  
  
TOPIC ElektrischeAnlagen =  
  
  CLASS ElektrischeAnlage (ABSTRACT) =  
    ID : MANDATORY ID;  
    Bezeichnung : Text;  
    Eigentuerer : MANDATORY Text;  
    EigentumVollstaendig : MANDATORY BOOLEAN;  
    Lagegenauigkeit : MANDATORY Lagegenauigkeit;  
    StromnetzTyp : MANDATORY StromnetzTyp;  
  END ElektrischeAnlage;  
  
  CLASS Leitung  
  EXTENDS ElektrischeAnlage =  
    Geometrie : MANDATORY GeometryCHLV95_V1.Line;  
    LeitungTyp : MANDATORY LeitungTyp;  
    Spannung : MANDATORY Spannung;  
    SpannungAndere : Numerisch;  
    Betriebsstatus : MANDATORY Betriebsstatus;  
    Frequenz : MANDATORY Frequenz;  
    MANDATORY CONSTRAINT NOT (Spannung == #Andere) OR DEFINED (SpannungAndere);  
  END Leitung;  
  
  CLASS Mast  
  EXTENDS ElektrischeAnlage =  
    Geometrie : MANDATORY GeometryCHLV95_V1.Coord2;  
    MastTyp : MANDATORY MastTyp;  
    Hoehe : Numerisch;  
  END Mast;  
  
  CLASS Station  
  EXTENDS ElektrischeAnlage =  
    GeometriePunkt : MANDATORY GeometryCHLV95_V1.Coord2;  
    GeometrieFlaeche : GeometryCHLV95_V1.Surface;  
    StationTyp : MANDATORY StationTyp;  
  END Station;  
  
END ElektrischeAnlagen;  
  
END ElektrischeAnlagenNennspannungUeber36kV_V1.
```