

1 Forschungsinstitut der Forschungsgemeinschaft
für Elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V.

2 Universität des Saarlandes

Namen der Forschungsstellen

12942 N

AiF-Vorhaben-Nr.

01.07.2001 bis 31.12.2003

Bewilligungszeitraum

Schlussbericht für den Zeitraum : 1.7.2001 bis 31.12.2003

(Forschungsstellen 1 von 2 bis 2 von 2)

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWi über die



geförderten Forschungsvorhaben

Forschungsthema :

**Erweiterung des DVG-Datenmodells
auf MS- und NS-Netze
unter Einschluss wirtschaftlicher Optimierungsaufgaben**

Mannheim, 3. Mai 2004

Ort, Datum

Stempel und Unterschrift des Projektleiters der FS 1

Saarbrücken, 30. April 2004

Ort, Datum

Stempel und Unterschrift des Projektleiters der FS 2

Abschlussbericht

AIF-Vorhaben-Nr.12942 N

Forschungsthema:

Erweiterung des DVG-Datenmodells auf MS- und NS-Netze unter Einschluss wirtschaftlicher Optimierungsaufgaben

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Anforderungen an das Datenmodell.....	2
2.1	Allgemeine Anforderungen.....	2
2.2	Spezielle Anforderungen.....	2
2.2.1	Niederspannungsebene.....	3
2.2.2	Hoch- und Höchstspannungsebene	6
2.2.3	Mittelspannungsebene.....	8
2.2.4	Zuverlässigkeitsberechnung.....	8
2.2.5	Technisch-ökonomische Netzplanung	9
3	Stand der Technik	12
3.1	Bestehende Datenmodelle	12
3.1.1	ElectroNet	12
3.1.2	DVG-Datenmodell	12
3.1.3	CIM (Common Information Model)	13
3.1.4	ODIN und IONN	13
3.1.5	Elektrische GIS-Fachschalen	15
3.2	Implementierungstechniken	16
3.2.1	STEP und EXPRES	16
3.2.2	XML.....	16
3.2.3	XML-Techniken.....	20
3.2.4	Vergleich Softwaretechniken	21
4	Konzeptioneller Modellentwurf	23
4.1	Modellkomponenten	23
4.2	Versorgungsnetz.....	24
4.3	Elektrisches Netz.....	26
4.4	Elektrischer Modellkern.....	27
4.4.1	Knotenpunkte	28
4.4.2	Zweige.....	29
4.4.3	Topologieverfolgung.....	30
4.5	Schaltfelder und Schaltanlagen	32
4.6	Standorte	35
4.7	Trassen	36
4.8	Kunden / Verbraucher	39

4.9	Betriebsmitteltypen	40
4.10	Objektattribute	41
4.10.1	Allgemeine Modellierung	41
4.10.2	Betriebswirtschaftliche Attribute	43
4.10.3	Erweiterbarkeit	44
5	XML-Datenformat	45
5.1	Zielsetzungen	45
5.2	Von UML zu XML	45
5.3	Elementhierarchie	47
6	Demonstrator	52
6.1	ODION	52
6.2	Implementierung der IO-Routinen	54
6.2.1	XML-Parser	54
6.2.2	Praxiserfahrungen	55
7	Zusammenfassung	57
8	Literaturverzeichnis	59

Bilderverzeichnis

Abbildung 2.1 Niederspannungsnetz in lagerichtiger Darstellung.....	4
Abbildung 2.2 Zuordnung von Abrechnungsdaten	6
Abbildung 4.1 Modellkomponenten	24
Abbildung 4.2 Versorgungsnetz.....	25
Abbildung 4.3 N-Tor-Modellierung / Knoten-Zweig-Modell.....	28
Abbildung 4.4 Topologieverfolgung.....	30
Abbildung 4.5 Feldmodellierung	33
Abbildung 4.6 Schaltanlage	35
Abbildung 4.7 Standort	36
Abbildung 4.8 Trassenmodell	37
Abbildung 4.9 Mastbild.....	38
Abbildung 6.1 ODION-Komponenten	53
Abbildung 6.2 ODION	53
Abbildung 6.3 Dialog mit betriebswirtschaftlichen Größen	54
Abbildung 6.4 XML-Editor.....	56

Diagrammverzeichnis

Diagramm 4.1 Versorgungsnetz	26
Diagramm 4.2 Elektrisches Teilnetz	27
Diagramm 4.3 Knotenpunkt	29
Diagramm 4.4 Topologieverfolgung ohne Schaltfeld	31
Diagramm 4.5 Topologieverfolgung mit Schaltfeld	32
Diagramm 4.6 Schaltanlage und Innentopologie von Schaltfeldern	34
Diagramm 4.7 Trassenmodell	38
Diagramm 4.8 Kundenmodell	40
Diagramm 4.9 Attributsmodell (Ausschnitt).....	42
Diagramm 5.1 DVGDatensatz	47
Diagramm 5.2 Stromnetz	48
Diagramm 5.3 Verbindungsknoten	49
Diagramm 5.4 Schaltfelder.....	50
Diagramm 5.5 Standort	51
Diagramm 8.1 Vererbung.....	126
Diagramm 8.2 Assoziationen	126
Diagramm 8.3 Aggregation / Komposition	127

1 Einleitung

Netzberechnungen werden in zunehmendem Maße auch in Verteilungsnetzen und in Industrienetzen durchgeführt, um eine wirtschaftliche Auslegung zu erreichen. Bisher kamen dabei meist die klassischen Berechnungsverfahren wie Lastfluss- und Kurzschlussstromberechnung zum Einsatz. In den vergangenen Jahren wurden jedoch diverse neue Berechnungsverfahren entwickelt, die weitgehend automatisiert die Netzanbindungen neuer Kunden optimieren und die zu erwartende Zuverlässigkeit der Anbindung bewerten können. Nur durch Einsatz dieser Verfahren ist es möglich, individuelle Kundenanforderungen ohne großen manuellen Aufwand bei der Netzauslegung zu berücksichtigen. Mittelfristig wird dies zu geringeren Netzkosten bei angemessener Versorgungszuverlässigkeit führen.

Das trotz dieser Vorteile die neuen Berechnungsverfahren nur zögerlich eingeführt werden, ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die derzeit verbreiteten Datenmodelle (u.a. DVG-Datenmodell [1]) den Aufbau von Stationen und die Führung von Leitungen nicht detailliert genug nachbilden. Die Vorhaltung zusätzlicher Daten in proprietären Formaten ist daher bislang die einzige Lösung zur Bereitstellung dieser Informationen. Hierdurch wird jedoch der Aufwand für die Implementierung von Schnittstellen erhöht und eine Verwendung der zusätzlichen Daten in anderen Applikationen erschwert.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist daher die Entwicklung eines Datenmodells, das eine für alle relevanten Netzberechnungsverfahren ausreichend detaillierte Beschreibung des elektrischen Netzes ermöglicht. Das Datenmodell soll dabei die Erfordernisse aller Spannungsebenen abdecken, um durchgängige Programmsysteme zu ermöglichen und unzulässige Vereinfachungen durch zu enge Systemgrenzen zu vermeiden. So weit möglich, müssen diese zusätzlichen Informationen allerdings optional bleiben, damit sich das neue Datenmodell auch in den bisherigen Anwendungsbereichen des DVG-Datenmodells etablieren kann und keinen zusätzlichen Aufwand bei der Implementierung von Schnittstellen verursacht.

Neben diesen technischen Anforderungen muss eine weite Verbreitung des Datenmodells erreicht werden. Nur so werden von Netzbetreibern bzw. Softwareanbietern Schnittstellen realisiert, was wichtige Voraussetzung für die weitergehenden Ziele dieses Forschungsvorhabens ist. Um dies zu erreichen, basiert das hier vorgestellte Datenmodell auf dem bereits etablierten und im Rahmen früherer AiF-Forschungsvorhaben entwickelten DVG-Datenmodell.

2 Anforderungen an das Datenmodell

Bevor mit dem Entwurf eines Datenmodells begonnen werden kann, müssen zunächst die Anforderungen an das Datenmodell analysiert werden. Im folgenden sind daher allgemeine Anforderungen sowie spezielle Anforderungen einzelner Applikationen und Spannungsebenen aufgeführt.

2.1 Allgemeine Anforderungen

Kompatibilität

Das neue Datenmodell stößt im späteren Einsatz auf bereits bestehende Applikationen. Diese setzen die Standards, zu denen das neue Modell kompatibel sein muss. Die Annahme, dass Rechenkerne oder interne Datenmodelle existierender Applikationen an ein neues Datenmodell angepasst werden, ist unrealistisch. Ein inkompatibles Datenmodell würde von der Industrie nicht akzeptiert.

Handhabbarkeit

Nur wenn Schnittstellen zum neuen Datenmodell mit geringem Aufwand erstellt werden können, wird das Datenmodell in der Praxis nutzbar. Erweiterungen gegenüber dem bisherigen DVG-Datenmodell sollten daher – soweit möglich – optional sein. Zur Implementierung des Datenmodells sollte eine verbreitete und standardisierte Technik verwendet werden.

Flexibilität

Das hier vorgestellte Datenmodell umfasst gegenüber dem bisherigen DVG-Datenmodell zahlreiche Erweiterungen. Dennoch ist zu erwarten, dass auch zukünftig Anpassungen erforderlich sein werden. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass sich viele Erweiterungen auf Attribute einzelner Netzelemente oder die Spezialisierung von Netzelementen beschränken. Wesentliche strukturelle Erweiterungen sind bei einer Integration von Gas- und Wassernetzen in das Datenmodell zu erwarten. Für diese Art von Erweiterungen müssen im Datenmodell entsprechende Konzepte vorgesehen werden.

2.2 Spezielle Anforderungen

Grundsätzlich kann ein Netzdatenmodell in Netzbetriebs- und Netzplanungssoftware eingesetzt werden. Die unterschiedlichen Applikationen haben dabei gemeinsame aber auch jeweils spezielle Anforderungen an das Datenmodell. Da die Anforderungen der klassischen Netzberechnungsverfahren bereits vom derzeitigen DVG-Datenmodell vollständig erfüllt werden, werden in diesem Abschnitt lediglich die speziellen Anforderungen von Applikationen zur Zuverlässigkeitsberechnung und zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung von Netzen vorgestellt.

Neben den unterschiedlichen Anforderungen einzelner Applikationen, müssen auch die speziellen Anforderungen der verschiedenen Spannungsebenen bei der Konzeption des Datenmodells berücksichtigt werden. Im folgenden sind daher die speziellen Anforderungen der Nieder-, Mittel und Hochspannungsebene in jeweils separaten Abschnitten aufgeführt.

2.2.1 Niederspannungsebene

Zu den typischen Aufgaben von Software im Bereich Betrieb und Planung von Niederspannungsnetzen zählen:

- Darstellung von Betriebsmittelinformationen
- Visualisierung der Netztopologie (Trennstellen, Netzgebiete)
- Lastflussrechnung
- Kurzschlussstromberechnung
- Netzverlustberechnung
- Trennstellenoptimierung
- Netzausbauoptimierung
- Netzschutzauslegung

Dabei sind Niederspannungsnetze gegenüber Netzen höherer Spannungsebenen insbesondere durch die im Folgenden Besonderheiten gekennzeichnet:

Lagerichtige Netzdarstellung

Die grafische Darstellung eines Niederspannungsnetzes erfolgt in der Netzplanungssoftware vorzugsweise lagerichtig. Die lagerichtige Netzdarstellung erfordert die Positionsdaten der Standorte und die Informationen über die geografischen Verläufe von Leitungen. Zur besseren Orientierung werden häufig Katasterpläne als Hintergrundkarte geladen (Abbildung 2.1).

Geoinformationssysteme als Datenquellen

Die Gesamtstromkreislänge eines Niederspannungsnetzes ist groß, die Länge einer einzelnen Leitung jedoch klein. Folglich setzt sich das typische Niederspannungsnetz aus einer großen Anzahl von Zweigelementen und Knoten zusammen. Diese große Zahl von Netzelementen kann nur mit unvermeidbar großem Aufwand direkt in ein Netzplanungsprogramm eingegeben werden. Um Netzdaten zu importieren, bietet sich eine Schnittstelle zu Geoinformationssystemen (GIS) an.

GIS werden mittlerweile in den meisten Kommunen eingesetzt, um in digitalisierter Form beispielsweise Kataster- und Netzpläne vorzuhalten. Wesentliches Merkmal von GIS ist die digitale Speicherung von Sachdaten über die in den Plänen grafisch erfassten Objekte. GIS enthalten daher nicht nur den grafischen Verlauf einer Leitung, sondern beispielsweise auch Informationen über deren Länge, Typ oder Verlegedatum. Das zu entwickelnde Datenmodell soll als Schnittstelle zwischen GIS und Netzplanungssoftware einsetzbar sein und so einen einfachen Datenaustausch über ein Standardformat ermöglichen.

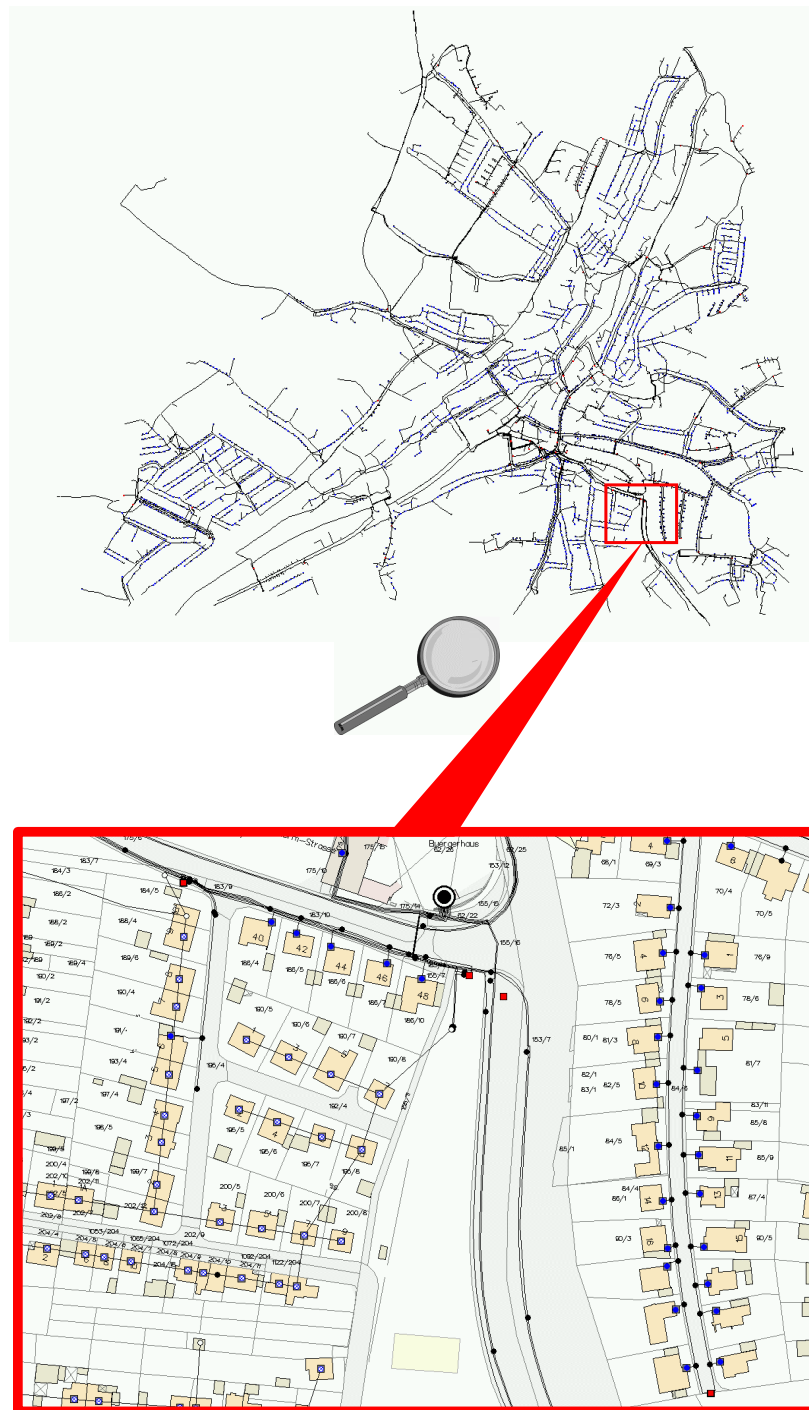


Abbildung 2.1 Niederspannungsnetz in lagerichtiger Darstellung

Individuallösungen

Die vergleichsweise geringen Spannungen und Leistungen in Niederspannungsnetzen führen in der Praxis häufig zu technischen Individuallösungen bei Netzbetreibern. Diese Speziallösungen entziehen sich mitunter dem Versuch einer möglichst einfachen und einheitlichen Modellierung. Das Datenmodell muss flexibel genug sein, um auch ungewöhnliche Lösungen, wie z.B. die direkte Verbindung von Leitungen und Sammelschienen, nachbilden zu können.

Indirekte Bestimmung der Netzlast

Die Auslegung eines Niederspannungsnetzes wird im wesentlichen durch den elektrischen Leistungsbedarf der Kunden bestimmt. Bei diesen erfolgen jedoch erst bei sehr hohen Jahresverbräuchen Leistungsmessungen. Bei Privatkunden und kleineren Betrieben wird stattdessen bislang üblicherweise nur die gelieferte elektrische Energie erfasst. Die Erfassung der gelieferten Energie erfolgt im Auftrag des Stromlieferanten, der wiederum dem Kunden die Energie in Rechnung stellt. Je nach Grad der Entflechtung sind die relevanten Daten zur Netzberechnung also zunächst auf mehrere unabhängige Unternehmen verteilt. Der Netzbetreiber kennt die Topologie und den Aufbau des Netzes, die Stromlieferanten besitzen mit den Energiemengen und Tarifen der Kunden Anhaltswerte für deren Leistungsbezug. Zur elektrischen Berechnung des Netzes sind daher zwei Schritte notwendig:

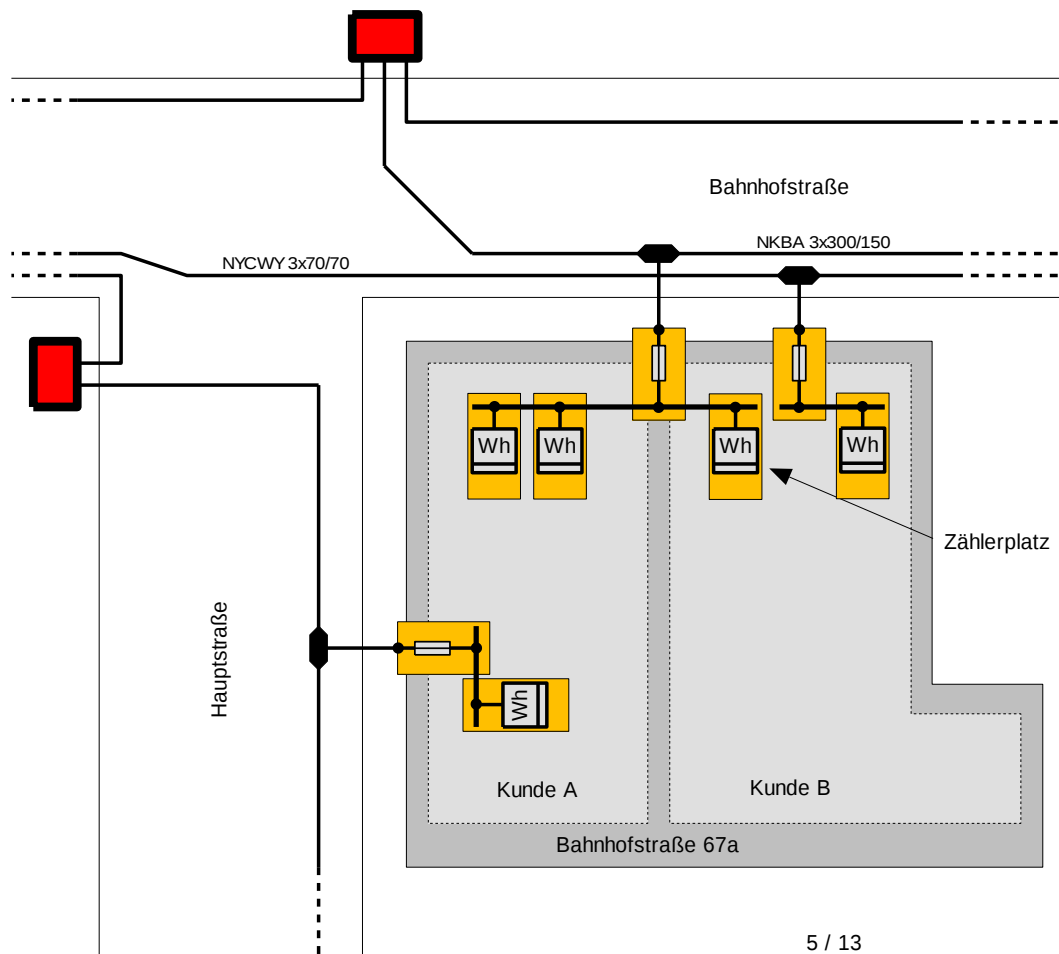
1. Die Daten müssen unternehmensübergreifend zusammengeführt werden. Der Netzbetreiber hat Anspruch auf die Jahresverbrauchswerte der angeschlossenen Kunden. Voraussetzung für einen reibungslosen Datenaustausch ist allerdings die Vereinbarung einheitlicher Schlüssel, mit denen die Verbrauchsstellen bezeichnet werden.
2. Aus den Jahresarbeiten und Tarifeinordnungen der Kunden müssen anschließend mit Hilfe von jeweils angepassten Lastganglinien die zeitabhängigen Leistungen ermittelt werden.

Die Tatsache, dass die Bestimmung der Jahresverbräuche losgelöst von den Bedürfnissen der Technik durch ein rein kaufmännisch orientiertes Handelsunternehmen erfolgt, erschwert die Verwendung eines einheitlichen Schlüssels. Grund hierfür ist die unterschiedliche Bedeutung, die die gelieferte elektrische Energie für Techniker und Kaufleute besitzt: Während sie für Techniker Ursache der im Niederspannungsnetz fließenden Ströme ist, stellt elektrische Energie für Kaufleute eine geldwerte Handelsware dar, die auf nicht näher definierte Weise ihren Weg zum Kunden findet.

Geografisch werden die gelieferten Energiemengen auf kaufmännischer Seite daher oft nur grob einem Gebäude zugeordnet. Für die Rechnungsstellung an den Kunden ist diese Zuordnung ausreichend und in der Mehrzahl der Fälle genügt sie auch um auf technischer Seite den Verbrauch eindeutig einer Hausanschlussleitung zuzuordnen. Ist jedoch ein Gebäude über mehrere Versorgungsleitungen mit dem Stromnetz verbunden, kann keine eindeutige Zuordnung erfolgen (Abbildung 2.2). Zwar betrifft diese Problematik nur wenige Prozente der Anschlüsse. Bei denen handelt es sich aber häufig um Gewerbebetriebe mit großem Energiebedarf, so dass durch diese Ungenauigkeit erhebliche Fehler bei der Leistungsabschätzung entstehen können.

Der liberalisierte Strommarkt fordert auch an anderen Stellen eine genauere Zuordnung von Energiemengen zu einzelnen Netzanschlüssen. Daher wurde vom VDEW mit dem Metering-Code [2] eine Richtlinie erarbeitet, die vorsieht, dass Jahresverbräuche nicht mehr pauschal Gebäuden, sondern deutlich differenzierter so genannten Zählpunkten zugeordnet werden. Ein Zählpunkt definiert exakt die Stelle, an der technisch die Messung der gelieferten Energie erfolgt. Die Bezeichnung für einen Zählpunkt wird einmalig, unveränderlich und standardisiert vergeben. Werden diese Zählpunktbezeichner im GIS konkreten Hausanschlussleitungen bzw. deren Endknoten zugeordnet, ist über sie eine eindeutige Zuordnung der Verbräuche zu Hausanschlussleitungen möglich.

Um eine größtmögliche Flexibilität zu bieten, sollte das Datenmodell sowohl eine Zuordnung der Verbräuche über Gebäude als auch über Zählpunktbezeichner erlauben.



5 / 13

Abbildung 2.2 Zuordnung von Abrechnungsdaten

2.2.2 Hoch- und Höchstspannungsebene

In Hoch- und Höchstspannungsnetzen wird Software zur Unterstützung von Netzplanung und -betrieb meist für

- Lastflussrechnungen,
- Kurzschlussstromberechnungen,
- Spannungs-Blindleistungsoptimierung,
- Anregeanalyse von Schutzgeräten,
- Zuverlässigkeitsberechnungen und
- die Visualisierung der Netztopologie

eingesetzt.

Im Gegensatz zur Niederspannungsebene, auf der Daten ohnehin nur sehr eingeschränkt verfügbar sind (siehe Abschnitt 2.2.1), steht auf der Hoch- und Höchstspannungsebene die Genauigkeit von Berechnungsergebnissen im Vordergrund. Folglich sind auch wesentlich detailliertere Modelle zur Beschreibung der elektrischen Eigenschaften sowie des Ausfallverhaltens der Netzkomponenten erforderlich.

Die gegenüber der Niederspannungsebene erforderlichen Datenmodellerweiterungen lassen sich in drei Kategorien einteilen:

- Elektrische Nachbildung nicht explizit betrachteter Netzbereiche
- Beschreibung der Kopplungen zwischen einzelnen Phasen des Drehstromsystems zur Berechnung unsymmetrischer Fehlerfälle
- Beschreibung der Regeleigenschaften von Netzelementen (z.B. leistungsregelnde Transformatoren)

Ein weiterer Unterschied ist, dass in der Hoch- und Höchstspannungsebene eher orthogonale Netzdarstellungen verwendet werden. Diese werden meist ausschließlich zur Visualisierung innerhalb einzelner Applikationen verwendet, so dass sich keine allgemein gültigen Anforderungen in Bezug auf die Grafikschnittstellen definieren lassen.

Nachbildung nicht explizit betrachteter Netzbereiche

Nicht explizit betrachtete Netzbereiche werden üblicher Weise über sogenannte Ersatznetze abgebildet. Die zur Beschreibung von Ersatznetzen verwendeten Berechnungsmodelle sind bereits mehrfach veröffentlicht [3][4] und weitgehend ausgereift. Das DVG-Datenmodell [1] stellt geeignete Elemente zur vollständigen Beschreibung von Ersatznetzen bereit. In diesem Forschungsvorhaben werden diese Elemente daher übernommen.

Beschreibung der Kopplungen zwischen einzelnen Phasen des Drehstromsystems zur Berechnung unsymmetrischer Fehlerfälle

Auch für die Beschreibung der Kopplungen zwischen einzelnen Phasen bietet das DVG-Datenmodell bereits zwei Möglichkeiten:

- Vereinfachte Beschreibung der Kopplungen über so genannte Nullsystemkopplungen
- Vollständige Beschreibung der Kopplungen in Freileitungsnetzen durch Vorgabe von Mastgeometrien

Prinzipiell können mit den Elementen des DVG-Datenmodells alle Kopplungen in der erforderlichen Genauigkeit nachgebildet werden. Die Beschreibung ist jedoch aufwändig, da im DVG-Datenmodell eine Unterteilung von Leitungen bei einem Wechsel parallel geführter Leitungen erforderlich ist, was wiederum an anderen Stellen (z.B. Beschreibung von Stromkreisen) Aufwand verursacht. Bei der Entwicklung des neuen Datenmodells wird daher eine einfachere Nachbildung von Kopplungen angestrebt.

Beschreibung der Regeleigenschaften von Netzelementen

Eine Beschreibung der Regeleigenschaften der Netzelemente ist im Gegensatz zur Berücksichtigung der Regeleigenschaften in Berechnungsverfahren eine vergleichsweise einfache Aufgabe. Meist sind nur wenige zusätzliche Attribute je Netzkomponente für eine ausreichend genaue Beschreibung erforderlich. Da das DVG-Datenmodell bereits geeignete Elemente bereitstellt, werden diese hier weitgehend übernommen. Lediglich bei der Nachbildung querregelnder Transformatoren, die technisch sehr unterschiedlich ausgeführt werden, sind geringfügige Erweiterungen erforderlich.

2.2.3 Mittelspannungsebene

Nieder- und Hochspannungsebene stellen jeweils spezielle und recht unterschiedliche Anforderungen an das Datenmodell. Die Anforderungen der Mittelspannungsebene liegen zwischen den beiden Extremen. Je nach Ausrichtung der Applikationen orientieren sich die Anforderungen eher an denen der Niederspannungs- oder denen der Hochspannungsebene. Entsprechend gelten fast alle Anforderungen, die für die Nieder- und Hochspannungsebene definiert wurden, in ihrer Summe auch für die Mittelspannungsebene:

- Lagerichtige und orthogonale Netzdarstellung sind gleichermaßen sinnvoll
- Leitungskapazitäten müssen berücksichtigt werden
- Spannungsregelnde Elemente sind vorhanden
- Eine Kundenmodellierung ist notwendig
- Nachbildung nicht betrachteter Netzbereiche ist bei vermascht betriebenen Mittelspannungsnetzen erforderlich

2.2.4 Zuverlässigkeitsberechnung

Die meisten Netzberechnungsverfahren bilden die elektrischen Eigenschaften des Netzes in einem Netzzustand ab (z.B. Lastflussrechnung, Kurzschlussstromberechnung). Für die Bewertung der Zuverlässigkeit eines Netzes müssen hingegen eine Vielzahl unterschiedlicher Netzzustände automatisch ermittelt und anschließend bewertet werden. Die automatische Ermittlung von Netzzuständen erfordert die Nachbildung von Schutzeinrichtungen sowie die Nachbildung betrieblicher Freiheitsgrade, die im Rahmen der Wiederversorgung genutzt werden können.

Diese Anforderungen sind mit den bei Netzberechnungen häufig verwendeten Knoten-Zweig-Modellen nicht vereinbar. Eine genauere Nachbildung der betrieblichen Freiheitsgrade ist erforderlich. Es gibt prinzipiell zwei unterschiedliche Ansätze, wie diese Freiheitsgrade beschrieben werden können:

- Explizite Nachbildung einzelner Schaltmöglichkeiten
(z.B. Sammelschienenwechsel, Festlegung von Funktionsgruppen, die durch Schalthandlungen nicht unterteilt werden können)
- Explizite Nachbildung der Schaltgeräte
(z.B. Trenn- und Leistungsschalter)

Die Vorteile des zweiten Ansatzes sind die realitätsnähere Beschreibung, eine höhere Flexibilität sowie die bessere Wiederverwendbarkeit der Daten in anderen Applikationen. Wesentlicher Nachteil ist der höhere Datenbedarf. Um die Vorteile beider Ansätze zu vereinen, wird in diesem Forschungsvorhaben die Möglichkeit vorgesehen, dass der Aufbau von Schaltfeldern und Kupplungen explizit nachgebildet werden kann (siehe Abschnitt 4.5).

Neben der Nachbildung betrieblicher Freiheitsgrade ist es für Zuverlässigkeitsberechnungen in der Hoch- und Höchstspannungsebene sehr hilfreich, wenn der gleichzeitige Ausfall mehrerer Freileitungssysteme auf einem Gestänge nicht händisch vorgegeben werden muss. Um diese so genannten Common-Mode-Ausfälle [5] automatisch ermitteln zu können, ist es erforderlich, Informationen über die Zuordnung von Freileitungen zu Gestängen bereits im Datenmodell zu berücksichtigen. Da diese Information auch für wirtschaftliche Bewertungen

von Netzbauten benötigt wird, werden in dem hier vorgestellten Datenmodell Trassen und Gestänge als eigenständige Komponenten nachgebildet (siehe Abschnitt 4.7).

2.2.5 Technisch-ökonomische Netzplanung

Die Liberalisierung des Strommarktes erfordert verstärkt die Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Aspekte bei der Planung von Netzen. Die technische Planung und die betriebswirtschaftliche Optimierung von Netzen können dabei nicht losgelöst voneinander durchgeführt werden. Bei der betriebswirtschaftlichen Optimierung muss als Nebenbedingung stets die Forderung nach einem ausreichend zuverlässigen Netzbetrieb erfüllt sein. Umgekehrt sind heute durch den verstärkten Kostendruck aber aufwändige technische Lösungen nur begrenzt finanzierbar. Ziel der Netzplanung ist daher nicht mehr das technisch optimale Netz, sondern eher das technisch-ökonomisch optimale Netz: Minimale Kosten bei gleichzeitiger Gewährleistung eines hinreichend zuverlässigen Betriebs.

Mit der Liberalisierung sind bei Netzbetreibern neue Aufgabenstellungen für Netzberechnungen entstanden:

- Separate Ausweisung der Kosten für die Netznutzung durch Dritte
- Einfluss notwendiger oder optionaler Aus-, Um- und Instandhaltungsmaßnahmen auf die Kosten für die Netznutzung
- Höhe des Optimierungspotentials in den einzelnen Netzgebieten

Die Klärung solcher oder ähnlicher Fragen und die Notwendigkeit, kostenoptimale Netze zu planen erfordert optimierende Werkzeuge. Kennzeichnend für diese Werkzeuge ist eine Integration grundlegender technischer und betriebswirtschaftlicher Funktionen. Durch deren interne Verzahnung und parallele Nutzung im Programm lassen sich grundsätzlich neue Funktionen realisieren, die mit einem rein technischen Netzplanungsprogramm und einer separaten betriebswirtschaftlichen Standardsoftware nicht möglich sind.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die für ein technisch-ökonomisches Planungswerkzeug benötigten betriebswirtschaftlichen Größen mit in dem Datenmodell zu erfassen. Zu diesen Größen zählen insbesondere Kosten, die in einen direkten Bezug zu den elektrischen Betriebsmitteln des Netzes gebracht werden können. Die Miete oder die Abschreibung für das Firmengebäude, in dem die Buchhaltung ihren Sitz hat, gehören beispielsweise nicht in diese Kategorie. Für eine technisch-ökonomische Netzplanung spielen sie zunächst auch keine Rolle, da sie durch Aus- oder Umbaumaßnahmen des Netzes nicht beeinflussbar sind. Für die Berechnung absoluter Netzkosten sind solche Kosten natürlich dennoch von Bedeutung.

Die Kosten des Netzbetriebs (z.B. Personal und Fahrzeugpark) lassen sich durch eine geschickte Netzplanung beeinflussen: Ein wartungsarm konzipiertes Netz (z.B. durch zusätzliche Sekundärtechnik) spart Personal und Gerät. Ein konkreter Wert, welche Kosten ein einzelnes Betriebsmittel durch Betrieb, Wartung, Instandhaltung und Reparatur verursacht, lässt sich allerdings lediglich im statistischen Mittel beziffern. Faktoren wie das Alter des Betriebsmittels, die Anfahrtzeit für das Personal zum Betriebsmittel müssten dabei prinzipiell ebenso berücksichtigt werden, wie ein nachteiliger, exponierter und daher störfallträchtiger Standort des Betriebsmittels.

Schließlich existieren Kosten, die sich zumindest theoretisch genau einzelnen Betriebsmitteln zuordnen lassen (z.B. Anschaffungskosten eines Transformators bzw. die damit verbundene

Abschreibung). Allerdings besteht in der Praxis ein grundsätzliches Problem, betriebswirtschaftliche Daten aus einem ERP-System ganz konkreten technischen Betriebsmitteln, wie sie in einem Netzdatenmodell vorhanden sind, zuzuordnen: Auf technischer und betriebswirtschaftlicher Seite herrschen unterschiedliche Denkweisen vor. Während in der technisch orientierten Netzplanungssoftware Objekte streng funktionale Einheiten bilden, resultieren die Objekte im ERP aus den buchhalterischen Anforderungen. Betriebsmittel werden in diesen Systemen meist nach Aufträgen und Abschreibungsdauern gruppiert [6].

Folgende konkrete Anforderungen ergeben sich aus den obigen Überlegungen:

Erfassung nichtelektrischer Objekte

Die Notwendigkeit, nichtelektrische, aber kostenbehaftete Objekte mit in das Modell aufzunehmen liegt auf der Hand: Die Kosten eines geplanten oder bestehenden Netzes lassen sich nur ermitteln, wenn sämtliche Bestandteile des Netzes erfasst sind. Dazu gehören Gebäude ebenso wie Masten oder Verteilerschränke. Sollen absolute Kosten berechnet werden, ist auch eine Berücksichtigung globaler Netzkosten erforderlich.

Einführung betriebswirtschaftlicher Anlagengüter

Um betriebswirtschaftliche (genauer buchhalterische) Sichtweisen in dem Datenmodell abbilden zu können, ist es notwendig, zusätzliche Container zu definieren, die elektrische Einzelobjekte zu **betriebswirtschaftlichen Anlagengütern** zusammenfassen. Hintergrund ist, dass beispielsweise eine Schaltanlage als Ganzes angeschafft und abgeschrieben wird – nicht jeder Schalter und jede Sammelschiene einzeln. Entsprechend existieren auf betriebswirtschaftlicher Seite Informationen etwa über die Anschaffungskosten nur für die Schaltanlage als Ganzes. Ein Aufteilen der Gesamtkosten auf die im elektrischen Datenmodell vorhandenen Einzelobjekte ist nicht sinnvoll, da hierbei die Information über die aus betriebswirtschaftlicher Sicht vorhandene Einheit (das Anlagengut) verloren geht. In direkter Konsequenz werden den einzelnen Bestandteilen eines betriebswirtschaftlichen Anlagenguts in der Regel keine betriebswirtschaftlichen Attribute zugeordnet.

Modellierung von Trassen

Planungswerkzeuge wie IONN [7][8] oder ODIN [9], die selbstständig optimale (technisch, technisch-ökonomisch) Lösungen für den Netzaus- oder umbau generieren, benötigen dazu Informationen über potentiell mögliche Leitungsverläufe. Ohne diese wäre das Ergebnis der Optimierung ein minimal spannendes Netz, dessen Leitungen ohne Rücksicht auf Straßenverläufe, Bebauung oder Dienstbarkeiten verlegt wären.

Um die geografischen, baulichen und rechtlichen Gegebenheiten berücksichtigen zu können, müssen Trassenverläufe – auch potentielle – in dem Datenmodell erfassbar sein. Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, ist es für die exakte Berechnung von Hoch- und Höchstspannungsnetzen notwendig, Aspekte wie Mastgeometrie oder Verdrillung zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang wurde bereits die Forderung nach einem Trassenmodell aufgestellt. Da sich die Anforderungen nicht widersprechen, ist es Ziel des Modellentwurfs, ein für betriebswirtschaftliche und technische Belange einheitliches Trassenmodell zu entwickeln.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sollte das Trassenmodell die zur Berücksichtigung von Mitlegungseffekten notwendigen Informationen enthalten. Applikationen zur Berechnung der Hoch- und Höchstspannungsleitungen benötigen die Position der Leiter am Mast. Für die

Belange einer technisch-ökonomischen Netzplanung ist es darüber hinaus notwendig, auch Kabeltrassen in dem Datenmodell nachzubilden.

Um die Nutzbarkeit bestehender Trassen beurteilen zu können, sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Die Verlegung einer weiteren Leitung muss von den Platzverhältnissen möglich sein. Mindestabstände müssen dabei eingehalten werden.
- Bei Kabeltrassen darf zusätzlich die Summe der Verlustleistungen aller Kabel einen bestimmten Wert nicht überschreiten, um eine thermische Überlastung der Kabel zu vermeiden. Mit steigender Anzahl von Kabeln in einer Trasse reduziert sich deren jeweilige maximale Belastbarkeit (Reduktionsfaktoren).

Neben der Vorgabe von Trassen, ist es für eine automatische Netzausbauplanung auch notwendig, potentielle Anlagenstandorte definieren zu können.

Betriebswirtschaftliche Attribute

Als grundlegende betriebswirtschaftliche Attribute sind den Betriebsmitteln gemeinsam:

- Anschaffungs- bzw. Errichtungskosten zum Errichtungsdatum
- Errichtungsdatum
- Aktivierungsdatum
- Abschreibungsdauer
- Preisindex
- Betriebs-, Instandhaltungs-, Wartungs- und Reparaturkosten
- Stilllegungskosten

Über diese Attribute kann sowohl eine Bewertung von Umbaumaßnahmen als auch eine Ermittlung der absoluten Netzkosten erfolgen.

3 Stand der Technik

In diesem Kapitel werden derzeit verfügbare Datenmodelle, die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens berücksichtigt wurden, mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen kurz vorgestellt. Anschließend erfolgt eine Gegenüberstellung der standardisierten Implementierungstechniken STEP und XML.

3.1 Bestehende Datenmodelle

3.1.1 ElectroNet

ElectroNet war ein ESPRIT IV-Projekt(European Strategic Programm of Research and Development in Information Technologies), das sich mit dem Austausch der Daten von Hoch- und Höchstspannungsnetzen zum Zweck der Planung und Analyse beschäftigte [10]. Ziel des Projektes war die Erstellung eines europaweit einheitlichen Datenmodells für die Netzplanungsrechnung unter Verwendung der STEP-Technologie.

Obwohl das im Rahmen dieses Projektes entwickelte Datenmodell eine detaillierte Nachbildung von Hoch- und Höchstspannungsnetzen erlaubt, konnte es sich aus folgenden Gründen leider nicht als neuer Standard für den Datenaustausch zwischen Übertragungsnetzbetreibern durchsetzen:

- Die STEP-Technik erfordert aufwändige und teure Werkzeuge zur Analyse von Datensätzen. Diskussionen mit Softwareanbietern und Netzbetreibern zeigten, dass dieser Aufwand eine nennenswerte Hürde beim Umstieg auf ein neues Datenmodell darstellt.
- Die extrem hohe Flexibilität des entwickelten Datenmodells (alle Komponenten werden als n-Tore nachgebildet) lässt zwar umfassenden Spielraum für Erweiterungen, erschwert jedoch die Konvertierung des Datenmodells in mathematische Modelle für Netzberechnungsverfahren. Dies gilt insbesondere für die Vielzahl von n-Toren, die prinzipiell auch in Netzberechnungsverfahren explizit nachgebildet werden müssen.

In diesem Forschungsvorhaben werden daher nur einige Elemente des ElectroNet-Datenmodells übernommen. An anderen Stellen werden neue Modelle entwickelt, die bei ähnlich hoher Flexibilität besser zu den Anforderungen der klassischen Netzberechnungsverfahren passen. Um die Nachteile der STEP-Technik zu umgehen, wird auch bei der Implementierung des Datenmodells ein anderer Weg beschritten (siehe Abschnitt 3.2).

3.1.2 DVG-Datenmodell

Das von der FGH entwickelte DVG-Datenmodell dient der Beschreibung elektrischer Netze. Es wurde erstmals 1991 von den DVG-Unternehmen als Standard zum Austausch von Netzdaten definiert. Im Mai 1995 wurde eine neue, in zahlreichen wesentlichen Punkten weiterentwickelte Version des DVG-Datenmodells (Basis: relationale Datenbankstruktur) veröffentlicht. Danach folgten kleinere Anpassungen des Datenmodells in den Jahren 1996 und 1999.

Das Datenmodell, das primär auf die Anforderungen von Hoch- und Höchstspannungsnetzen ausgelegt ist, beschreibt sehr umfassend die elektrischen Eigenschaften der Netzelemente für klassische Netzberechnungsverfahren (u.a. Lastfluss- und Kurzschlussstromberechnung).

Im Kern handelt es sich bei dem DVG-Datenmodell wie bei den meisten der derzeit verbreiteten Datenmodelle um ein Knoten-Zweig-Modell. Die Nachbildung von Stationen beschränkt sich folglich auf die Nachbildung einzelner Knoten, die nicht zwangsläufig einzelnen Sammelschienenabschnitten entsprechen. Eine für Zuverlässigkeitsberechnungen erforderliche Nachbildung betrieblicher Freiheitsgrade ist nicht möglich (siehe Abschnitt 2.2.4). Auch ein Trassenmodell ist nicht vorhanden, was die Anwendungsgebiete des Datenmodells zusätzlich einschränkt bzw. die Bereitstellung zusätzlicher Daten in proprietären Formaten erfordert.

Aufgrund der umfassenden Nachbildung der elektrischen Eigenschaften von Netzelementen sowie der hohen Anwenderakzeptanz wird das DVG-Datenmodell in diesem Forschungsvorhaben als Basis verwendet. Um den in Abschnitt 2 beschriebenen Anforderungen gerecht zu werden, ist jedoch eine grundlegende Überarbeitung der Struktur des Datenmodells erforderlich. Zur Wahrung der Kompatibilität werden die Attributlisten einzelner Netzelemente aus dem DVG-Datenmodell (Stand 1999) übernommen und gegebenenfalls erweitert.

3.1.3 CIM (Common Information Model)

Der hohe Aufwand für die Weitergabe von Daten aus EMS-Applikationen führte zu der Entwicklung des CIM-Datenmodells. Ein Teil dieses Datenmodells beschreibt die elektrischen Eigenschaften von Netzkomponenten und ist somit auch eine mögliche Basis für dieses Forschungsvorhaben. Wesentlicher Vorteil des CIM-Datenmodells ist, dass es mittlerweile standardisiert (IEC 61970-3xx) und – zumindest in den USA – auch relativ weit verbreitet ist. Allerdings wurde das Datenmodell im Hinblick auf EMS-Systeme entwickelt. Viele der Netzobjekte, die für ein Netzplanungssystem relevant sind und die bereits im DVG-Datenmodell (Abschnitt 3.1.2) enthalten waren, fehlen oder werden nur unzureichend genau nachgebildet (u.a. Nullsystemkopplungen, schräg regelnde Transformatoren, Sternpunktschienen, Trassen).

Als Tauschformat für das CIM-Datenmodell wird ein XML-basiertes Format verwendet. Da das Datenmodell jedoch praktisch keine Objekthierarchie vorschreibt, können die Vorteile der XML-Technik, die sich insbesondere bei hierarchischen Strukturen ergeben, nicht genutzt werden.

Aufgrund dieser Nachteile wird das CIM-Datenmodell nicht direkt in dieses Forschungsvorhaben einbezogen.

3.1.4 ODIN und IONN

Die Netzberechnungs- und Netzoptimierungswerkzeuge IONN und ODIN wurden am Lehrstuhl für Energieversorgung der Universität des Saarlandes entwickelt. Diese Programme erlauben durch numerische Simulation des Netzes nicht nur Aussagen über dessen elektrisches Verhalten, sondern auch über die zu erwartenden Betriebs- und Investitionskosten. Dabei sind IONN und ODIN auch in der Lage, selbständig bestimmte elektrische oder betriebswirtschaftliche Größen zu optimieren. So ist es beispielsweise möglich, eine besonders wirtschaftliche Variante für einen Netzausbau zu ermitteln. Schwerpunkt dieser Applikationen sind Funktionen zur Netzausbauplanung. Dazu müssen in den Programmen neben den rein elektrischen Netzdaten auch betriebswirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden. Dies geschieht, indem elektrische Betriebsmittel um betriebswirtschaftliche Attribute wie etwa Anschaffungskosten oder Errichtungsdatum erweitert werden. Darüber hinaus sind in den Programmen auch die Kosten von nichtelektrischen Anlagengütern erfasst.

ODIN

ODIN (**O**ptimale **D**ynamische **I**nteraktive Planung von Mittelspannungs-Netzen) ist ein Programmsystem zur Planung elektrischer Mittelspannungsnetze [9]. Neben konventionellen Planungswerkzeugen bietet ODIN dem Planer Tools zur automatischen Bestimmung notwendiger Netzausbaumaßnahmen. Einen besonderen Schwerpunkt bilden dabei die Kostenberechnungs- und Kostenoptimierungsfunktionen. Ziel der Planung mit ODIN ist die Minimierung der im gesamten Planungszeitraum anfallenden Investitions- und Verlustbarwerte.[11] Das Haupteinsatzgebiet von ODIN ist die Umstrukturierung von Mittelspannungsnetzen. Hierbei ermittelt ODIN, welche kostenoptimalen Baumaßnahmen notwendig sind, um ein bestehendes Netz in ein Netz mit fester Netzform umzustrukturieren. Als Netzformen bietet ODIN das Ringnetz und das Ringspangennetz.

Die elektrischen Netzdaten werden in ODIN mit Hilfe eines relativ einfach gehaltenen Knoten-Zweig-Modells erfasst. Die Stärken des Datenmodells liegen in der zusätzlichen Erfassung von Aspekten, die für eine kostenoptimale Netzausbauplanung notwendig sind, wie etwa:

- Spezifische Kabelkosten inklusive Verlegungskosten
- Mitlegungsfaktor
- Kalkulationszinsfluss
- Spezifische Arbeitskosten
- Arbeitsverlustgrad
- Betriebsdauer eines Netzelements

IONN

IONN (**I**nteraktive **O**ptimierende **N**iederspannungs **N**etzplanung) ist ein Programmsystem zur Planung und Optimierung von Niederspannungsnetzen [7][8]. IONN bietet neben den üblichen Netzberechnungsfunktionen wie Lastflussrechnung und Kurzschlussstromberechnung vor allem effiziente Funktionen zur Optimierung eines Netzes [12]:

- Trennstellenoptimierung für alle gängigen Netzformen und für unterschiedliche Optimierungsziele, wie Verlustkosten, Transformatorreserve oder Leitungsauslastung
- Standortoptimierung für beliebig viele neue Netzstationen unter Berücksichtigung der Anbindungskosten an Mittelspannungsnetze und unter Berücksichtigung von Verlustkosten und Bausperren
- Ermittlung des wirtschaftlichsten Netzausbaus (nur neue Leitungen oder auch zusätzliche Stationen) unter Berücksichtigung von Leitungsüberlastungen und Spannungsbandverletzungen sowie Tiefbaukosten und Legesperren

Das Datenmodell von IONN orientiert sich an den Anforderungen der Niederspannung:

- Im Unterschied zur Planung von Netzen der Mittel- und Hochspannungsebene muss in der Niederspannungsebene von vornherein die bauliche Machbarkeit einer Leitungsverlegung geprüft und berücksichtigt werden. Dazu existiert in IONN ein Trassenmodell (siehe auch Abschnitt „Trassen“ in Kapitel 2.2.5).

- Leitungen sind in der Niederspannung an ihren Enden nicht immer schaltbar. Entsprechende Informationen über Schalter und Sicherungen sind in dem Datenmodell von IONN vorhanden.
- Um die Netzlasten zu modellieren sind Informationen über den Verbrauch und das Verbrauchsverhalten der Haushaltskunden in dem Datenmodell erforderlich (siehe Abschnitt „Bestimmung der Netzlasten“ in Kapitel 2.2.1).

3.1.5 Elektrische GIS-Fachschalen

Geografische Informationssysteme (GIS) sind der elektronische Ersatz für Karten und Pläne im digitalen Zeitalter. Präziser formuliert dienen GIS zur Speicherung von so genannten *raumbezogenen Daten*. Diese können unterschiedlichster Art sein: Straßenverläufe, Flurstücksgrenzen und Gebäudegrundrisse sind ebenso typische Daten, die für eine Erfassung in einem GIS in Frage kommen, wie Gas-, Wasser- oder Stromleitungsverläufe. Auch die Speicherung von Umwelt-Messwerten (ob Gewässerverschmutzung oder Sonnenscheindauer) ist ein Anwendungsgebiet von GIS. Gemeinsames Merkmal der Daten ist ihr räumlicher Bezug.

Die praktischen Vorzüge eines GIS bestehen darin, dass die Netzdaten überall im Unternehmen jederzeit auf einfache Art verfügbar sind. Primäre Aufgabe ist dabei die Netzdokumentation. Es gibt zahlreiche Anbieter von GIS, allerdings arbeitet dabei jeder mit eigenen Datenmodellen und Standards.

Kennzeichnend für ein GIS ist, dass neben den Grafikdaten auch Sachdaten gespeichert werden können. Dazu existiert - oft getrennt von der Grafikdatenbank - eine Sachdatenbank, in der nähere Informationen über die grafisch erfassten Objekte gespeichert werden. So sind bei einer in einem GIS erfassten elektrischen Leitung sowohl ihr grafischer Verlauf als auch beispielsweise Informationen über Kabeltyp oder Verlegejahr abgelegt. Sach- und Grafikdatensatz eines Objektes sind dabei mit gegenseitigen Referenzen versehen. Um dies zu ermöglichen, wird in einem GIS meist mit Vektorgrafiken gearbeitet.

Sollen darüber hinaus Beziehungen von Objekten untereinander modelliert werden, sind spezielle Datenmodelle erforderlich. Diese sind Bestandteil so genannter Fachschalen, innerhalb derer spartenspezifisch (Strom, Gas, Wasser usw.) Daten modelliert sind. In elektrischen Fachschalen zur Erfassung von Stromnetzen finden teilweise komplexe Knoten-Zweig-Modelle Verwendung. Die Modellierung ist jedoch recht unterschiedlich und uneinheitlich. Auch das Niveau der Datenmodelle differenziert stark.

Zusätzlich existieren Ansätze, topologische Beziehungen über Koordinaten-Vergleiche herzustellen. In diesem Fall endet eine Leitung genau dann in dem Verteiler, wenn die Koordinaten von Leitungsende und Verteilerschrank hinreichend übereinstimmen. Spätestens, wenn der Verteiler mehrere Sammelschienen enthält, stößt dieses Modell endgültig an seine Grenzen. Diese Ansätze werden in diesem Forschungsvorhaben daher nicht weiter betrachtet.

Wichtig im Zusammenhang mit GIS ist der Begriff der Anlage bzw. des Standortes als Container für weitere Betriebsmittel. Leistungsfähigere elektrische GIS-Fachschalen unterstützen neben den im GIS vorhandenen grafischen Netzobjekten, wie etwa einer Umspannstation, auch deren Bestandteile z.B. Transformatoren oder Schaltanlagen.

Um Schnittstellen zu GIS mit unterschiedlich weit entwickelten elektrischen Fachschalen zu unterstützen, ist es notwendig, unterschiedliche Detaillierungsgrade im Datenmodell zu unterstützen.

3.2 Implementierungstechniken

Datenmodelle sind zunächst unabhängig von einer konkreten Implementierung, für die unterschiedliche Techniken verwendet werden können. Das bisherige DVG-Datenmodell basierte auf keiner Standard-Technik, wodurch der Aufwand für die Entwicklung von Schnittstellen erhöht wird und standardisierte Werkzeuge zur Visualisierung, Manipulation und Prüfung von Daten nicht zur Verfügung stehen. In diesem Forschungsvorhaben soll daher eine Standard-Technik für die Implementierung des Datenmodells verwendet werden.

Eine Analyse zeigte, dass insbesondere die STEP- und die XML-Technik prinzipiell für die Implementierung des Datenmodells geeignet sind. Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile dieser Techniken kurz vorgestellt.

3.2.1 STEP und EXPRES

Die Ursprünge der STEP-Technologie (Standard for the exchange of product model data - ISO 10303) stammen aus der Automobilindustrie. Insbesondere der Austausch von CAD-Daten zwischen Herstellern und Zulieferern verursachte dort Probleme. Die Kosten zur Erstellung von Schnittstellen übertrafen die Kosten der CAD-Systeme häufig um ein Vielfaches. Mit der STEP-Technologie wurde eine eindeutige Syntax zur Beschreibung technischer Daten entwickelt, die mittlerweile in internationalen Normen festgelegt ist. In der Automobilindustrie hat sich diese Implementierungstechnik weitgehend durchgesetzt.

Der Austausch von Netzdaten verursacht ähnliche Probleme wie in der Automobilindustrie, so dass STEP auch eine mögliche Implementierungstechnik für ein elektrisches Datenmodell ist. Im ElectroNet-Projekt (Abschnitt 3.1.1) wurde diese Technik bereits zur Beschreibung von Netzdaten eingesetzt. Die Erfahrungen, die in den letzten Jahren mit dieser Technik gesammelt wurden, sind jedoch wenig viel versprechend. STEP ist in der Energie-Branche nach wie vor weitgehend unbekannt, was eine zeitaufwändige Einarbeitung von Softwareentwicklern und Anwendern erfordert. Weder bei Netzbetreibern noch bei Softwareanbietern sind die teuren Werkzeuge, die zum Schreiben und Lesen von STEP-Daten benötigt werden, vorhanden. Diskussionen mit Netzbetreibern und Softwareanbietern zeigten, dass diese Gründe eine wesentliche Ursache für die geringe Verbreitung und damit den geringen Erfolg des ElectroNet-Datenmodells sind.

3.2.2 XML

Insbesondere im Bereich des Internet wird heute sehr häufig XML [13][14] als Implementierungstechnik für den Datenaustausch eingesetzt. Allerdings ist das Bild, das von der Metasprache XML verbreitet wird, oft nicht korrekt:

- XML ist keinesfalls nur eine Technik für das Internet. Es ist mehr als ein Nachfolger von HTML, da es neben der Beschreibung von Webseiten auch eine plattform- und systemübergreifende Beschreibung beliebiger Daten erlaubt.
- XML ist zwar recht neu, basiert aber auf SGML, das schon 1986 mit der ISO 8879 spezifiziert wurde. XML selbst existiert seit 1998 als lizenzfreier Standard des World Wide Web Consortiums (W3C) [15].

Die breite Unterstützung und große Verbreitung von XML ist neben seiner guten technischen Eignung für bestimmte Problemstellungen wesentlicher Vorteil dieser Implementierungstech-

nik. Bei XML stehen dem Anwender neben der eigentlichen Sprachdefinition unzählige Programmierertools, Erweiterungen, aber auch bereits in der Sprache XML verfasste (Anwendungs-) Sprachen zur Verfügung. Damit ist es vergleichsweise einfach, XML in eigenen Applikationen zu unterstützen.

Die große Verbreitung bedeutet darüber hinaus auch, dass die meisten Entwickler bereits mit XML vertraut sind. Ein XML-basiertes Projekt bedeutet für sie nur geringen Einarbeitungsaufwand und die Akzeptanz ist entsprechend hoch. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, die beispielsweise im GIS-Umfeld als Dienstleister häufig zu finden sind, ist dies ein wichtiges Argument.

Hinzu kommt die Tatsache, dass für die Nutzung von XML keinerlei Lizenzgebühren anfallen. Leistungsfähige Programmierertools und umfangreiche Dokumentation stehen unentgeltlich zur Verfügung.

Was ist XML?

XML ist eine Metasprache, d.h. es lassen sich mit ihrer Hilfe andere Sprachen definieren und beschreiben - eine Sprache für Sprachen sozusagen. Das Akronym XML steht für **eXtensible Markup Language**, dementsprechend handelt es sich bei XML um eine Auszeichnungssprache (engl. Markup Language).

Merkmal einer Auszeichnungssprache ist eine Trennung von Daten und Semantik. Ein alltägliches Beispiel hierfür ist etwa das Markieren wichtiger Abschnitte innerhalb eines wissenschaftlichen Textes durch den Leser mit gelbem Textmarker und das Durchstreichen falscher Passagen mit rotem Filzstift. Die eigentlichen Daten (der Text) werden mit Auszeichnungen (den farbigen Markierungen) versehen. Die Auszeichnung (engl. Tag) macht eine Aussage über die Daten (wichtig bzw. sachlich falsch). Auszeichnungen lassen sich auch schachteln, wenn der Leser etwa im gelb markierten Abschnitt sprachlich schlechte Formulierungen unterschlängelt.

Wieder auf XML bezogen, sehen Auszeichnungen bzw. Tags folgendermaßen aus:

```
<Leitung>
  <Endknoten1>KN0001</Endknoten1>
  <Endknoten2>KN0002</Endknoten2>
  <Laenge>107.6</Laenge>
</Leitung>
```

Der String `<Endknoten1>` ist in obigem Beispiel ein Tag. Es definiert den Beginn eines Datenbereichs, der mit dem String `</Endknoten1>` endet. In diesem Bereich befindet sich mit `KN0001` das eigentliche Datum. Die Gesamtheit aus den Start- und Endtags und den „Nutz“-Daten wird als XML-Element bezeichnet. Wie in dem Beispiel zu erkennen ist, lassen sich XML-Elemente schachteln. Innerhalb des mit `<Leitung>` begonnenen und mit `</Leitung>` beendeten Bereichs, befinden sich als Daten weitere XML-Elemente.

Tags lassen sich in XML um so genannte Attribute erweitern. Damit eröffnet sich eine zweite Möglichkeit, einem XML-Element Daten zuzuordnen.

```
<Leitung knoten1="KN0001" knoten2="KN0002" laenge="107.6">
  ....
```

</Leitung>

Teilweise wird damit der eigentliche Elementinhalt - oben als Nutzdaten bezeichnet - überflüssig. Für diesen Fall existiert eine verkürzte Schreibweise, um das Element zu schließen.

```
<Leitung knoten1="KN0001" knoten2="KN0002" laenge="107.6" />
```

Häufig ist der Entwickler frei in seiner Entscheidung, ob er Daten als XML-Attribut oder als XML-Element modelliert. In vielen Fällen ist jedoch eine der Vorgehensweisen für den jeweils konkreten Fall vorteilhafter. In anderen Fällen existiert sogar nur eine Lösungsmöglichkeit. Grundsätzlich gelten dabei folgende Regeln:

- Entitäten bilden jeweils eigene XML-Elemente
- Sehr eng mit einer Entität verknüpfte Eigenschaften (z.B. ID, Name) werden meist durch XML-Attribute des Elements erfasst.
- Dem Element optional zuzuordnende Eigenschaften werden eher in XML-Unterelementen beschrieben.

XML-Schemas

Mit Hilfe der Metasprache XML lassen sich, wie beschrieben, eigene Sprachen definieren. Hierbei ist es wünschenswert, dass sich die Grammatik der eigenen Sprachdefinition in standardisierter und computerlesbarer Form festhalten lässt. Damit wird es beispielsweise für Systeme möglich, die Einhaltung von bestimmten strukturellen Eigenschaften eines XML-Dokuments zu überprüfen. Die Programmierung aufwändiger Ausnahmebehandlungen für fehlende Daten oder Strukturen in einem XML-Dokument kann entfallen, wenn dieses zuvor auf die Einhaltung bestimmter Regeln überprüft wurde. Die Definition der Regeln (der Grammatik), denen ein Dokument folgt, kann mit Hilfe der im Folgenden beschriebenen Schemadefinitionssprache XML-Schemas^{*} erfolgen.

Bereits vor deren Einführung durch das World Wide Web Consortium (W3C) existierte mit den DTDs (Data Typ Definitions) eine Möglichkeit Daten über die Daten zu speichern. Allerdings stoßen DTDs gerade bei datenzentrierten Anwendungen schnell an ihre Grenzen, so dass von dem W3C eine weitaus leistungsfähigere Alternative entwickelt wurde. Die XML-Schemas besitzen gegenüber DTDs darüber hinaus den Vorteil selbst in XML formuliert zu sein. Bei DTDs ist dies nicht der Fall, diese nutzen eine eigene Syntax.

Ein XML-Schema kann in gewisser Hinsicht in Analogie zu einer Klassendefinition in einer Programmiersprache gesehen werden. Der eigentliche XML-Datensatz mit den Nutzdaten kann dann entsprechend als Instanz dieses XML-Schemas interpretiert werden. Analog den primitiven Datentypen in einer Programmiersprache stehen in den XML-Schemas ebenfalls zahlreiche einfache Datentypen, wie integer, double oder string zur Verfügung. Darüber hinaus existieren Listen- und Vereinigungstypen.

^{*} Als Plural von „XML-Schema“ wird auch in deutschen Texten zumeist die in der W3C-Spezifikation verwendete englische Form „XML-Schemas“ gebraucht. In das Deutsche übersetzt würde der Plural korrekterweise „Schemata“ lauten.

Analog dem Vorgehen in einer objektorientierten Programmiersprache lassen sich neue Typen definieren, diese können über die Mechanismen der Vererbung von bestehenden Typen abgeleitet sein. Die Konsistenz eines Datensatzes lässt sich durch Kardinalitäten und Elementrelationen sicherstellen.

Die Möglichkeiten, die XML-Schemas bieten, sind in dem folgenden kurzen Überblick stichwortartig aufgelistet. Für weitergehende Informationen in das sehr komplexe Thema sei auf die Webseite des W3C verwiesen.

Datentypen:

- Komplexe, zusammengesetzte Typen (complex types) durch die das Inhaltsmodell von Elementen festgelegt wird
- Einfache Typen (simple types), durch die der atomare Datentyp eines Elements oder Attributs festgelegt wird (zahlreiche build-in Typen; string, decimal, integer, time, date ...)
- Neue einfache Typen lassen sich durch Einschränkung von built-in Typen definieren, z.B. string von der Länge 24, integer zwischen 0 und 100 oder Aufzählungstypen. Dabei ist die Benutzung von regulären Ausdrücken möglich.
- Sowohl komplexe Typen, als auch einfache Typen können bei der Definition benannt und später wiederverwertet werden.

Struktur und Konsistenz:

- Konnektoren: sequence, choice, all (, | &)
- Kardinalität von Elementen: minOccurs und maxOccurs (?, +, *)
positive ganze Zahl, default: 1
maxOccurs kann den Wert „unbounded“ annehmen
- Status von Attributen: required, optional, prohibited
- Default-Werte für (fehlende) Attribute *und* (leere) Elemente
- fixed-Werte von Attributen *und* Elementen (nur Attribute)
- Untermodelle von Elementen und Attributgruppen können benannt und wiederverwendet werden: model groups (Parameterentitäten)
- weitere Möglichkeiten, neue Typen abzuleiten und Typen zu redefinieren
- Festlegung der Eindeutigkeit von Elementen und Attributen, Überprüfung von Referenzintegrität
- erweiterte Möglichkeiten zur Dokumentation
- Modularisierung von Schemata
- any: keinerlei Beschränkungen für das Inhaltsmodell eines Elements (kann sowohl einfachen Typ als auch beliebigen komplexen Typ oder gemischt enthalten); auch für Attribute.

3.2.3 XML-Techniken

Was XML vor allem interessant macht, sind die zahlreichen Techniken, Standards und Tools in ihrem Umfeld. Die für dieses Projekt wichtigsten werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

XPATH

XPATH ist eine Sprache, die es ermöglicht, Teile innerhalb eines XML-Dokuments zu adressieren. Unter einem Teil eines XML-Dokuments sind hierbei einzelne Elemente oder einzelne Attribute zu verstehen, aber auch ganze Gruppen von Elementen oder Attributen. Durch die Integration einer Abfragesprache in XPATH kann die Auswahl der adressierten Dokumentteile von Bedingungen abhängig gemacht werden.

Mit XPATH existiert ein Standard[†], der unter anderem dazu verwendet werden kann, Beziehungen zwischen Elementen mittels Referenzen zu formulieren. XPATH macht von der Baumstruktur eines XML-Dokumentes mit seinen Knoten Gebrauch. Die Beschreibung erfolgt hierbei nicht mittels einer XML-Sprache, sondern analog der Adressierung einer Datei in einem Dateisystem durch einen Unix-Pfad.

```
path="/Netz/Leitungen/Leitung[1]"
```

Der Grund für eine vom XML-Standard abweichende Syntax ist in der kompakteren Schreibweise zu suchen.

XPATH erlaubt darüber hinaus durch die Abfragemechanismen eine gezielte Suche bestimmter XML-Elemente. Beispielsweise ist die Suche nach dem XML-Element vom Typ Leitung, dessen Attribut id den Wert „LE0001“ besitzt, folgendermaßen möglich (ausführliche und kurze Schreibweise):

```
path="/Netz/Leitungen/Leitung[attribute::id=LE0001]"
path="/Netz/Leitungen/Leitung[@id=LE0001]"
```

XUPDATE

Der Planungsvorgang bei Energieversorgungsnetzen besteht oftmals aus dem Entwurf mehrerer unterschiedlicher Netzvarianten, die in ihren technischen und betriebswirtschaftlichen Eigenschaften gegenübergestellt werden. Sofern es sich nicht um eine reine Neubauplanung handelt, sind alle diese Varianten durch eine weitgehende Übereinstimmung mit dem bestehenden Netz gekennzeichnet. Oft werden von mehreren Planern parallel unterschiedliche Vorhaben im Netz vorbereitet. Sollen diese Einzelvorhaben in ihrer Wirkung auf das Gesamtnetz beurteilt werden, müssen die jeweils damit verbundenen Netzänderungen in das bestehende Gesamtnetz eingefügt werden.

Daraus leitet sich die Forderung ab, Netzänderungen differenziell abspeichern zu können. Damit wird eine speichersparende Variantenhaltung möglich, da immer nur der Unterschied zur vorherigen Netzvariante gespeichert wird und nicht das gesamte Netz. Viel wesentlicher ist jedoch die Tatsache, dass nun unterschiedliche Netzvarianten, die von dem gleichen

[†] Verabschiedet 1999 vom World Wide Web Consortium (W3C)

Ursprungsnetz abstammen, zusammengefügt werden können. Voraussetzung ist jedoch, dass die unterschiedlichen Netzvarianten nicht identische Netzbereiche modifizieren.

Da sich das Problem der differenziellen Variantenhaltung nicht auf Energieversorgungsnetze beschränkt, wurde für XML mit XUPDATE bereits eine entsprechende Technik entwickelt.

XUPDATE ist eine Sprache, um XML-Dokumente zu modifizieren. Entwickelt wurde sie durch die Industrieinitiative XML:DB, die durch die SMB GmbH, die dbXML Group L.L.C. und die OpenHealth Care Group ins Leben gerufen wurde. XML:DB wird darüber hinaus durch eine wachsende Zahl von Organisationen im Umfeld von XML und XML-Datenbanken unterstützt.

XUPDATE besitzt Funktionen, um gezielt XML-Elemente bzw. Attribute einzufügen, zu löschen oder zu modifizieren. Dabei macht XUPDATE von der zuvor beschriebenen Sprache XPATH Gebrauch:

Hinzufügen

```
<xupdate:append select="/Netz/Leitungen" child="last()">
  <xupdate:element name="Leitung">
    .....<Endknoten1>KN0001</Endknoten1>
      <Endknoten2>KN0002</Endknoten2>
      <Laenge>107.6</Laenge>
    </xupdate:element>
  </xupdate:append>
```

Modifizieren

```
<xupdate:update select="/Netz/Leitungen/Leitung[0]/Laenge">
  115.6
</xupdate:update>
```

Entfernen

```
<xupdate:remove select="/Netz/Leitungen/Leitung[1]"/>
```

3.2.4 Vergleich Softwaretechniken

Prinzipiell kommen sowohl STEP als auch XML für die Implementierung des Datenmodells in Frage. Die STEP-Technik ist bislang in der Energie-Branche im Gegensatz zu XML jedoch praktisch nicht verbreitet. Außerdem bietet XML wesentlich mehr Möglichkeiten zur Datenvisualisierung und Datenverwaltung. So ist beispielsweise die Verwaltung von Netzvarianten bei XML Teil der Beschreibungssprache und nicht mehr – wie bisher – Teil des Datenmodells (siehe Abschnitt 3.2.3).

Zusätzlich sind bei XML heute eine Vielzahl von Werkzeugen zum Schreiben, Lesen, Prüfen, Visualisieren und Modifizieren von Datensätzen kostenfrei oder kostengünstig verfügbar. Praktisch alle Softwareanbieter haben Erfahrung mit dieser Technik, so dass der Einarbeitungsaufwand gering ist.

Beim Vergleich der beiden Alternativen ist aus heutiger Sicht XML zur Beschreibung von Netzdaten der STEP-Technik vorzuziehen. In diesem Forschungsvorhaben wird daher XML zur Implementierung des Datenmodells verwendet.

4 Konzeptioneller Modellentwurf

In diesem Kapitel wird der konzeptionelle Modellentwurf objektorientiert beschrieben. Um die Darstellung übersichtlich zu halten, werden insbesondere die Änderungen gegenüber dem bisherigen DVG-Datenmodell diskutiert. Eine vollständige Beschreibung des Datenmodells findet sich in Anhang A.

Zur Visualisierung des Zusammenhangs zwischen Objekten wird die Unified Modeling Language* (UML) eingesetzt, die speziell zum Entwurf objektorientierter Datenmodelle entwickelt wurde. Eine kurze Übersicht der hier verwendeten Notationen von UML-Klassendiagrammen findet sich in Anhang B.

4.1 Modellkomponenten

Das Datenmodell ist modular aufgebaut (Abbildung 4.1). Je nach Anwendungsbereich können bestimmte Elemente hinzugefügt oder weggelassen werden. Eine Ergänzung eines bestehenden Datensatzes ist dabei jederzeit möglich.

* Von Booch, Rumbaugh und Jacobson bei Rational Software Corporation entwickelt und 1997 von der OMG (Object Management Group) als Standard akzeptiert

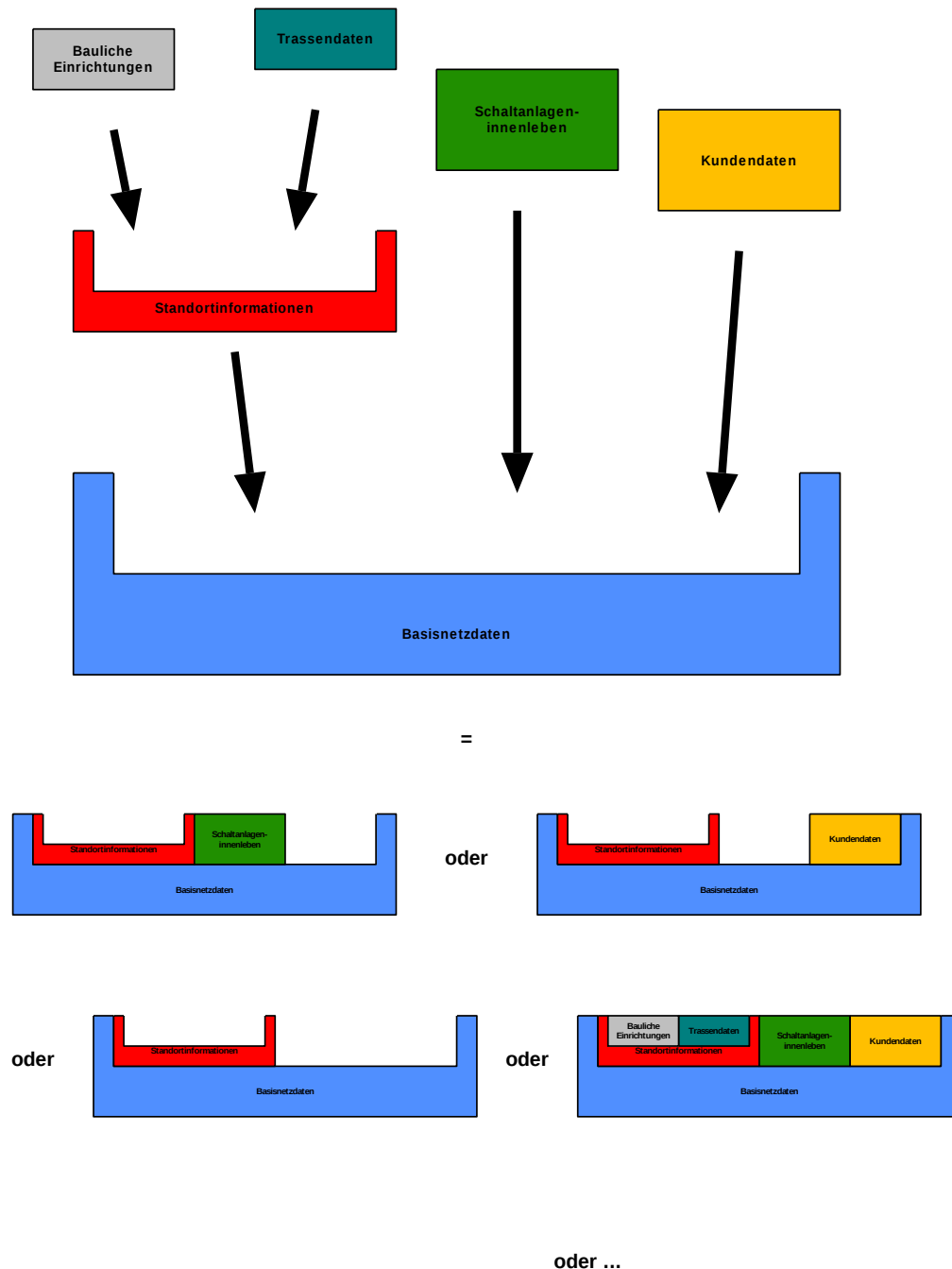


Abbildung 4.1 Modellkomponenten

4.2 Versorgungsnetz

Das in einem Datensatz beschriebene elektrische Netz setzt sich aus Anwendersicht häufig aus mehreren Teilnetzen zusammen. Dabei ist eine Aufteilung nach Spannungsebenen ebenso denkbar wie eine Aufteilung gemäß der geografischen Lage der Stationen. In diesem Datenmodell setzt sich daher ein Versorgungsnetz aus beliebig vielen Teilnetzen zusammen, die jeweils beliebige Netzelemente umfassen können.

Wie in Abbildung 4.2 angedeutet, wäre auch eine Kopplung unterschiedlicher Sparten (z.B. Gas und Wasser) in dem Datenmodell möglich. Auch hierfür könnte das Teilnetzkonzept eingesetzt werden, wobei unterschiedliche Spezialisierungen erforderlich wären.

Die verschiedenen Teilnetze müssen nicht alle im gleichen Detaillierungsgrad erfasst sein. Abhängig davon, welches Netz bei der Betrachtung im Vordergrund steht, kann beispielsweise das Niederspannungsnetz sehr genau, das überlagerte Mittelspannungsnetz jedoch nur sehr grob (z.B. mit als Ersatzschaltbild) modelliert sein. Teilnetze lassen sich im nachhinein ersetzen, ergänzen oder modifizieren, ohne dass die anderen Teilnetze des Versorgungsnetzes davon tangiert werden. Dies ist beispielsweise von Vorteil, wenn die Teilnetzdaten aus unterschiedlichen Quellen (etwa verschiedene Netzbetreiber auf der Verbundnetzebene) stammen.

Die Möglichkeit, mit mehreren Teilnetzen zu arbeiten, ist rein optional. Alle Netzelemente können grundsätzlich auch in ein einziges Teilnetz gelegt werden.

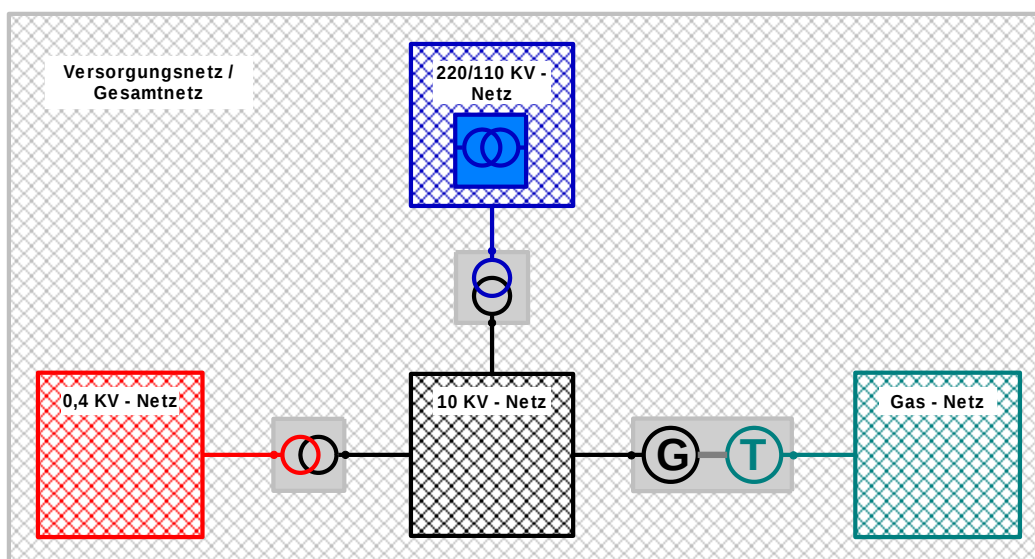


Abbildung 4.2 Versorgungsnetz

In Diagramm 4.1 ist zu erkennen, dass sich das Versorgungsnetz neben den Teilnetzen aus weiteren Bestandteilen zusammensetzt. Dabei handelt es sich um Objekte, die über die Grenzen der einzelnen Teilnetze hinaus relevant sind. Dies sind im einzelnen:

- Standorte
- Trassen
- Kunden
- Elemente zum Koppeln von Teilnetzen

Standorte, die in Abschnitt 4.6 näher beschrieben werden, können etwa im Fall einer Umspannstation Elemente aus mehreren Teilnetzen enthalten. Aus diesem Grund befinden sie sich auf der Ebene des Versorgungsnetzes und sind somit aus allen Teilnetzen referenzierbar. Standorte, die lediglich Bestandteile eines Teilnetzes besitzen, können diesem direkt zugeordnet werden.

Trassen (siehe Abschnitt 4.7) können analog zu den Standorten jeweils Leitungen aus unterschiedlichen Teilnetzen enthalten.

Die Teilnetzkoeppelemente dienen dazu, eine Verbindung zwischen unterschiedlichen Teilnetzen auch spartenübergreifend herzustellen. Ein Beispiel hierfür ist ein Kraftwerksblock bestehend aus Turbine und Generator.

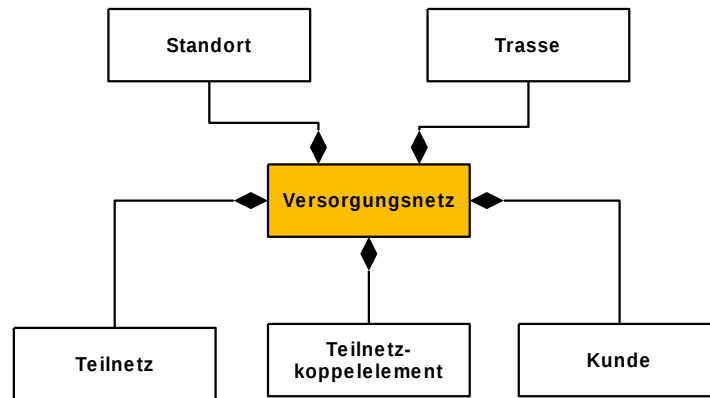


Diagramm 4.1 Versorgungsnetz

4.3 Elektrisches Netz

Das elektrische Teilnetz ist eine Spezialisierung des in Abschnitt 4.2 eingeführten Teilnetzes. Von diesem erbt es vor allem die Eigenschaft, Bestandteil des Versorgungsnetzes zu sein. Darüber hinaus ist es der Container für die einzelnen elektrischen Netzelemente, aus denen sich das Stromnetz in der Realität zusammensetzt. Diese Eigenschaft, elektrische Netzelemente zu enthalten, erbt es von einem (allgemeinen) elektrischen Netz. Dieses kann auch zur Modellierung von Stromkreisen in Form von Subnetzen genutzt werden. Die einzelnen elektrischen Netzelementarten sind in Diagramm 4.2 dargestellt. Im einzelnen handelt es sich dabei um:

- Zweigelemente
- Knotenpunkte
- Schaltanlagen und deren Elemente

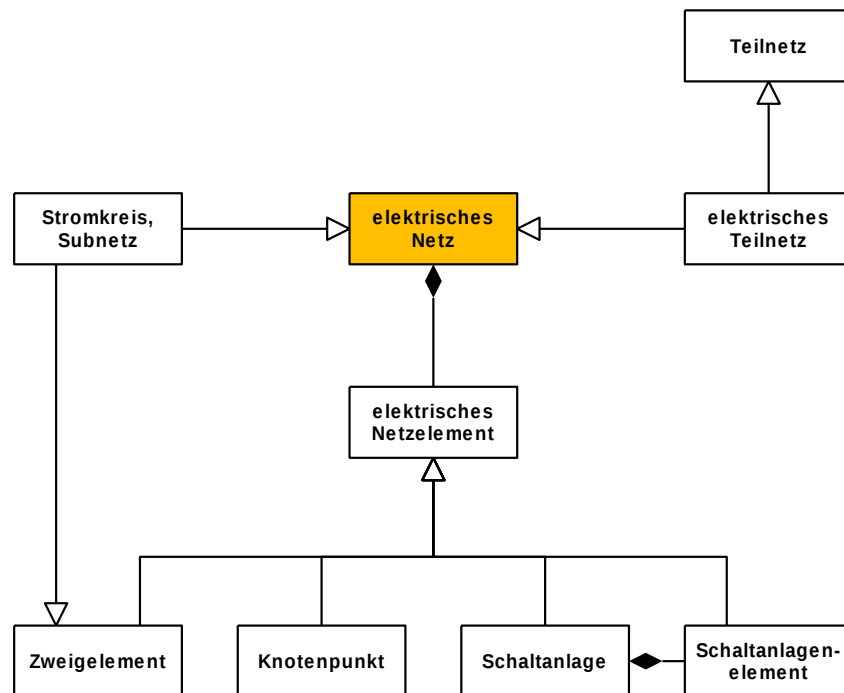


Diagramm 4.2 Elektrisches Teilnetz

4.4 Elektrischer Modellkern

Der elektrische Kern des Datenmodells beschreibt die grundlegende Topologie des Netzes, die sich im Wesentlichen aus der elektrischen Verschaltung der Betriebsmittel ergibt. Meist werden hierfür

- Knoten-Zweig-Modelle oder
- allgemeine N-Tor-Modelle

verwendet.

Im Knoten-Zweig-Modell entsprechen Knoten elektrischen zusammengeschalteten Sammelschienen und Zweige elektrischen Verbindungselementen (z.B. Leitung, Transformator). Die N-Tor-Modellierung fasst auch elektrische Knoten als Zweig auf. Der elektrische Knoten besitzt dabei N-Tore, wobei die Zahl n im Fall der Sammelschiene der Zahl der Feldabgänge entspricht. Die Verknüpfung der N-Tore erfolgt über abstrakte Knoten, die, um eine Verwechslung mit den elektrischen Knoten zu vermeiden, *Konnektoren* genannt werden. In Abbildung 4.3 sind beide Modellierungen anhand einer Sammelschiene dargestellt.

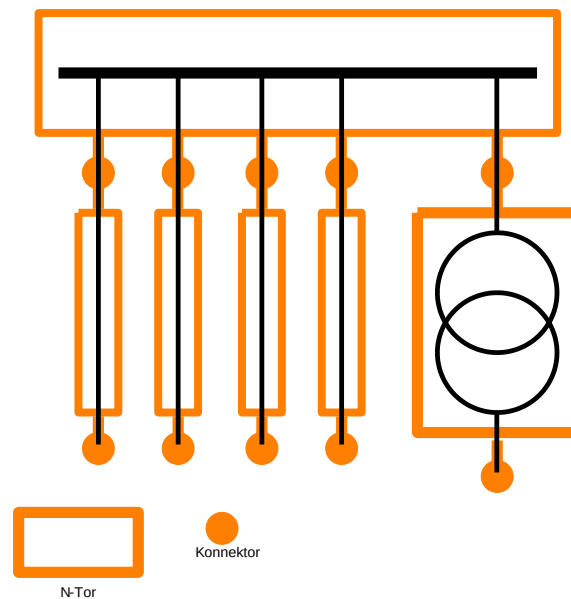


Abbildung 4.3 N-Tor-Modellierung / Knoten-Zweig-Modell

Die N-Tor-Modellierung bietet im Bezug auf das Datenformat eine sehr große Flexibilität. Dieser grundsätzliche Vorteil des Modells ist zugleich auch sein größter Nachteil. Die Möglichkeiten, die sich mit den vielen Freiheitsgraden, die das Modell zulässt, ergeben, führen in vielen Applikationen zu zusätzlichem Aufwand. Wenn im Modell nicht mehr zwischen Knoten und Zweigelementen unterschieden wird, diese Unterscheidung aber programmintern beispielsweise für eine Lastflussrechnung von Bedeutung ist, muss das Programm selbst die Unterscheidung treffen, was den Implementierungsaufwand erhöht.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Modellierungen

	Knoten-Zweig-Modell	N-Tor-Modell
Kompatibilität	Hoch	gering
Anbindung an bestehende Applikationen	Einfach	schwer
Flexibilität (Zooming etc.)	Mittel	hoch

Da die einfache Anbindung an bestehende Applikationen wichtige Voraussetzung für eine weite Verbreitung des Datenmodells ist, orientiert sich das hier vorgestellte Datenmodell eher an einem Knoten-Zweig-Modell. Im folgenden werden die Basiselemente zur Beschreibung der Topologie vorgestellt:

4.4.1 Knotenpunkte

Ein Knotenpunkt ist eine Verbindung elektrischer Betriebsmittel mit einem annähernd einheitlichem Potential.

In der Praxis handelt es sich dabei meist um

- Sammelschienenabschnitte und
- Klemmen.

Im Gegensatz zu Sammelschienenabschnitten sind bei Klemmen die angrenzenden Zweige fest miteinander verbunden.

Das elektrische Potential eines an einen Sammelschienenabschnitt angeschlossenen Betriebsmittels ist an dem entsprechenden Betriebsmittelanschluss des Schaltfeldes nur mit dem Potential des Sammelschienenabschnitts identisch, wenn das Schaltfeld geschlossen ist. Um auch im Fall des offenen Schaltfeldes alle Potentiale bei entsprechenden Komponenten ablegen zu können, wird ein weiterer Knotentyp eingeführt:

- Feldabgang

Obwohl ein allgemeines Objekt Knotenpunkt grundsätzlich alleine ausreichend wäre, erweist es sich in der Praxis als sinnvoll, die oben genannten Spezialisierungen auch in das Datenmodell zu übernehmen (Diagramm 4.3). Zum einen unterscheiden sich die Attribute der einzelnen Knotentypen, zum anderen wird das Einlesen der Daten für Applikationen vereinfacht, da eine gewisse Vorstrukturierung vorhanden ist.

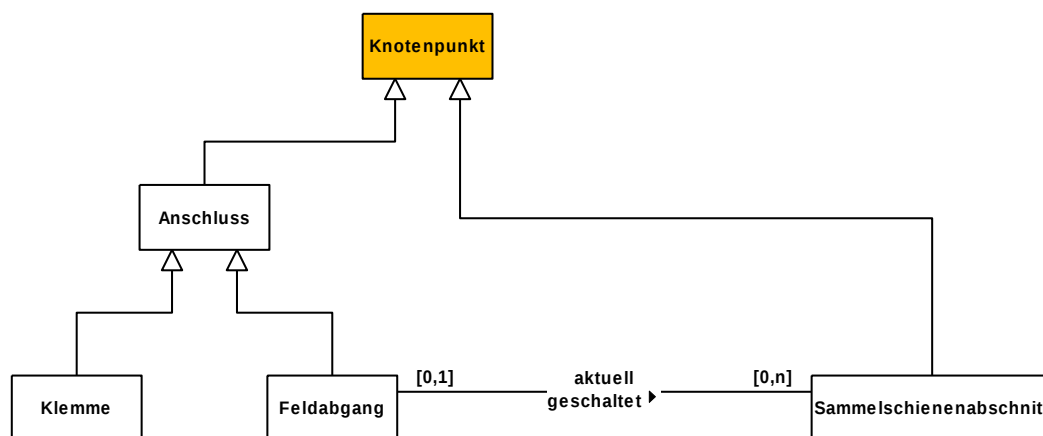


Diagramm 4.3 Knotenpunkt

4.4.2 Zweige

Zweigelemente bilden die Kanten des Datenmodells. Entsprechend der möglichen Anzahl der Anschlüsse, mit denen ein Zweigelement verbunden ist, lässt es sich einer der folgenden Objektgruppen zuordnen:

- 1-Tore (Kontakt zu einem Anschluss)
 - Einspeisung (u.a. Kraftwerksblock, Generator)
 - Verbraucher (u.a. Asynchronmotor, Last)
 - Wicklung eines Transformators
- 2-Tore (Kontakt zu 2 Anschlüssen)
 - Kupplung
 - Drosselspule

- Leitungsabschnitt
- Ersatzlängszweig
- N-Tore (Kontakt zu n Anschlüssen)
 - Stromkreis

4.4.3 Topologieverfolgung

Für viele Anwendungen ist die Kenntnis der groben Zusammenhänge im Netz ausreichend. Es muss lediglich bekannt sein, welche Betriebsmittel miteinander verbunden sind. Der interne Aufbau von Schaltfeldern ist für solche Applikationen nicht relevant. Um diesen unterschiedlichen Datenanforderungen Rechnung zu tragen, besitzt das Datenmodell einen Mechanismus, um eine Verfolgung der Netztopologie in drei unterschiedlichen Detaillierungsgraden zu ermöglichen (Abbildung 4.4).

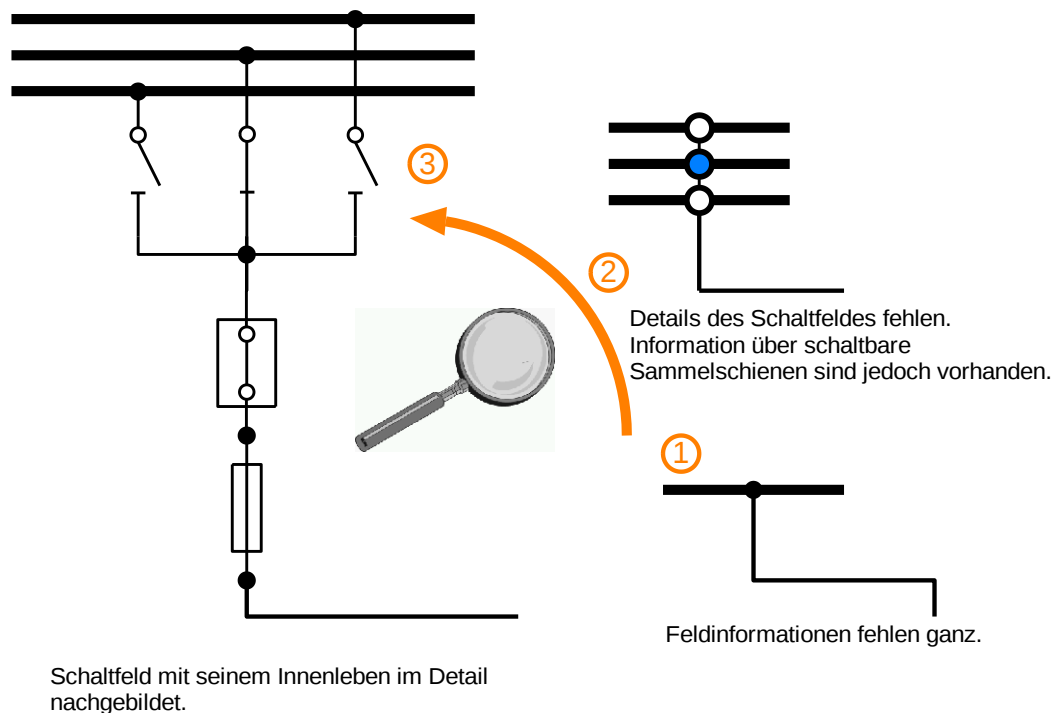


Abbildung 4.4 Topologieverfolgung

Das Modell ist dabei so konzipiert, dass ein Datensatz mit Schaltfeldinformationen stets auch so gelesen werden kann, als ob die Details nicht vorhanden wären. Umgekehrt kann ein Datensatz mit fehlendem Aufbau von Schaltfeldern durch ein geeignetes Programm nachträglich ergänzt werden.

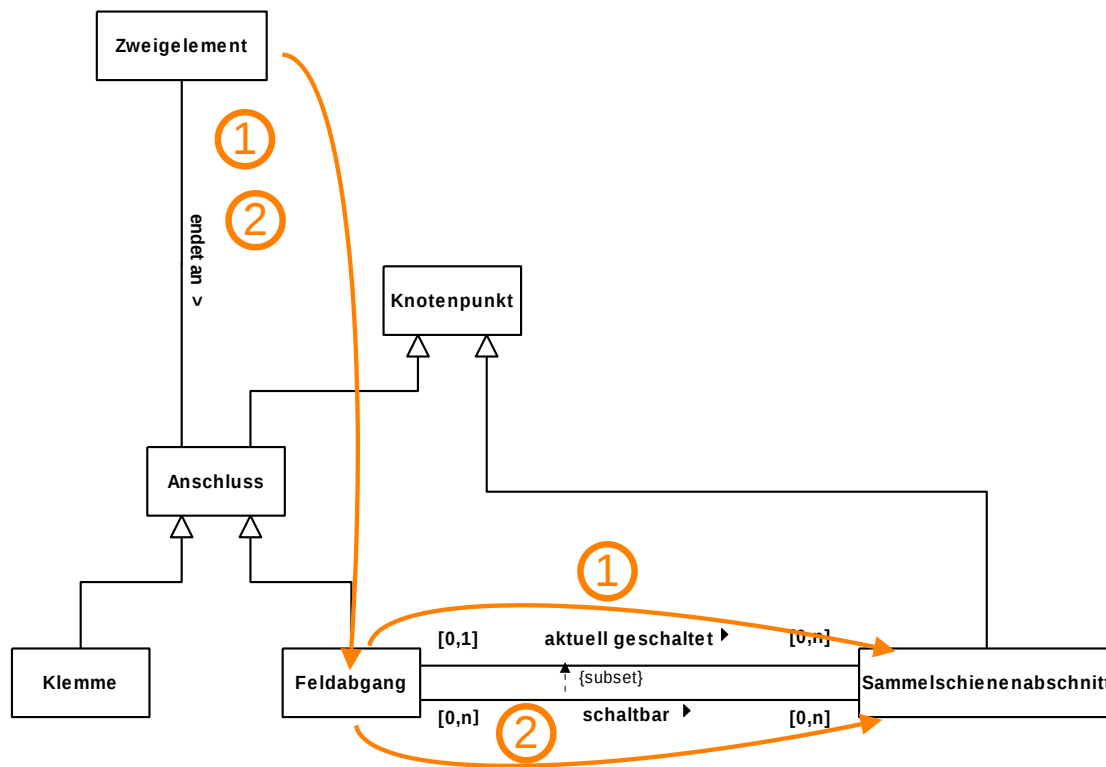


Diagramm 4.4 Topologieverfolgung ohne Schaltfeld

Diagramm 4.4 zeigt die Topologieverfolgung für die Fälle, in denen der interne Aufbau des Schaltfeldes nicht von Interesse ist. Das Zweigelement endet stets an einem Knotenpunkt. Handelt es sich dabei um einen Feldabgang, so besitzt dieser eine Referenz auf den Sammelschienenabschnitt, mit dem er aktuell verbunden ist (Variante 1). Ferner besitzt der Feldabgang eine Liste aller Sammelschienenabschnitte, mit denen er verbunden werden kann (Variante 2).

Im Diagramm 4.5 ist die Topologieverfolgung unter Einbeziehung der Schaltfelder skizziert. Auch in diesem Fall endet das Zweigelement an einem Knotenpunkt, der im betrachteten Fall ein Feldabgang ist. Der Feldabgang besitzt eine Referenz auf das Abgangsfeld, dem er zugeordnet ist. Durch interne Topologieverfolgung im Feld, kann eine Aussage darüber getroffen werden, welcher Sammelschienenabschnitt aktuell mit dem Feldabgang verbunden ist.

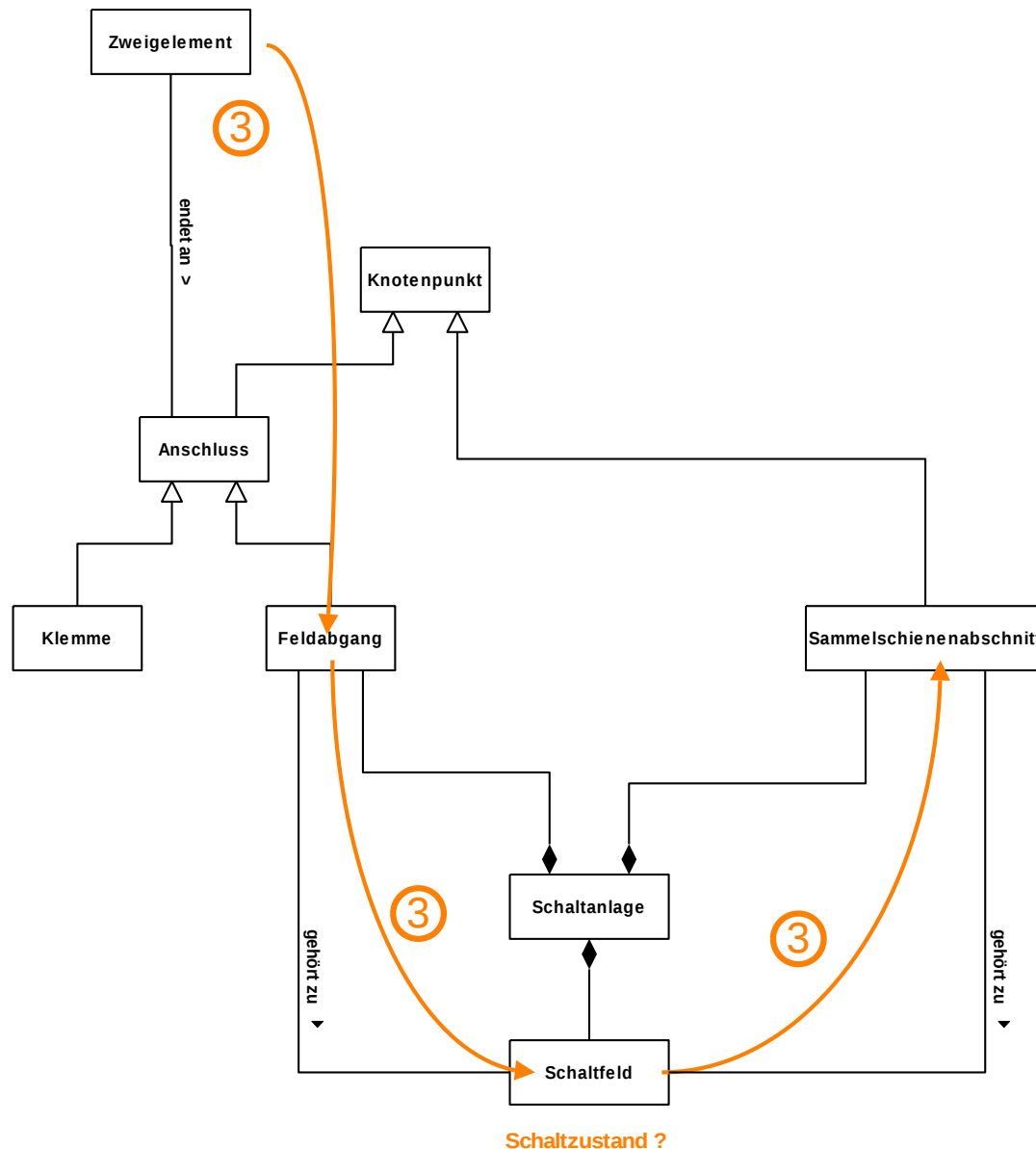


Diagramm 4.5 Topologieverfolgung mit Schaltfeld

4.5 Schaltfelder und Schaltanlagen

Die in Diagramm 4.5 gezeigte Topologieverfolgung unter Zuhilfenahme der Schaltfelder erfordert eine Modellierung der Innentopologie des Schaltfeldes. Diese erfolgt gekapselt, so dass ein Schaltfeld auch als „Black Box“ angesehen werden kann, in die nur bei Bedarf hineingeschaut wird.

Die Kapselung der Innentopologie des Schaltfeldes kann grundsätzlich auf die beiden in Abbildung 4.5 skizzierten Weisen erfolgen. Variante 1 zeichnet sich dadurch aus, dass keinerlei Netzelemente außerhalb des Feldes referenziert werden. Das Feld ist somit für sich alleine vollständig. Der Bezug zu externen Knotenpunkten wird über Referenzen hergestellt. Die Referenzen können, falls das Feld nicht angeschlossen ist, leer sein, wodurch beispielsweise Bibliotheken realisierbar werden.

Variante 2 benutzt auch innerhalb des Feldes Knotenpunkte die außerhalb des Feldes liegen. Nachteil dieses Ansatzes ist, dass ein Feld nicht ohne äußeres Netz vollständig beschrieben werden kann. Da dieser Nachteil schwerer wiegt als der mit Variante 1 verbundene höhere Aufwand bei der Topologieverfolgung, wird in diesem Forschungsvorhaben Variante 1 verwendet.

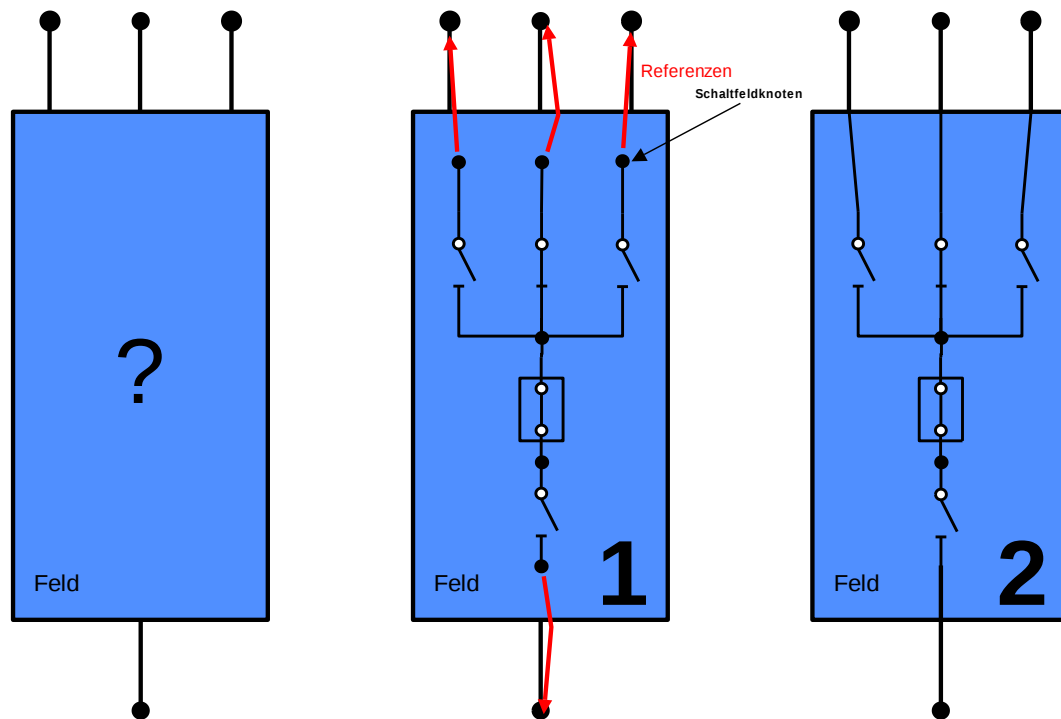


Abbildung 4.5 Feldmodellierung

Im Inneren des Schaltfeldes findet ein Knoten-Zweig-Modell Verwendung. Dazu wird im Datenmodell ein eigener Schaltfeldknoten eingeführt (Diagramm 4.6).

Ein Schaltfeld ist Bestandteil einer Schaltanlage (Abbildung 4.6). Eine Schaltanlage enthält neben Schaltfeldern Sammelschienen, die sich wiederum aus Sammelschienenabschnitten zusammensetzen. Die wesentlichen Funktionen der Schaltanlage sind:

- Aufnahme betriebswirtschaftlicher Daten
- Gruppierung elektrisch zusammenhängender Felder und Sammelschienen.

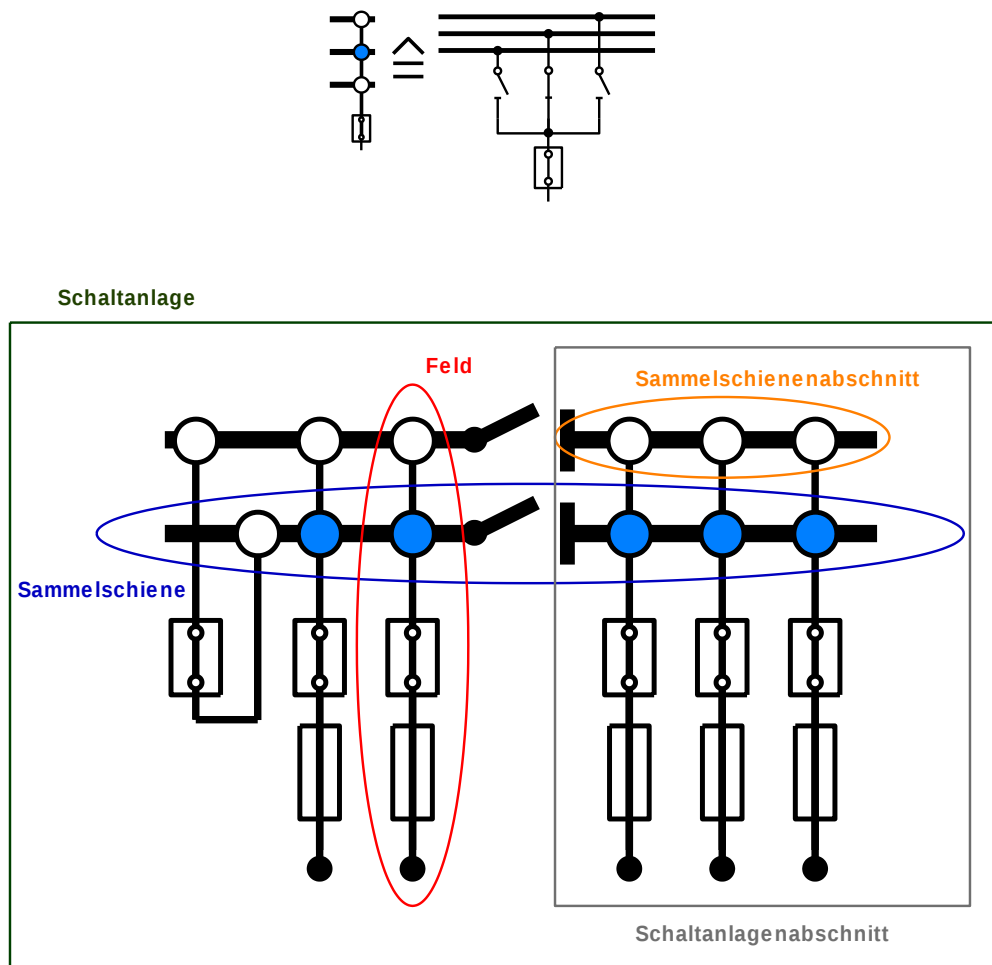


Abbildung 4.6 Schaltanlage

4.6 Standorte

Ein Standort stellt eine funktionale Einheit mit begrenzter räumlicher Ausdehnung dar. Diese Einheit setzt sich aus einer Menge von Betriebsmitteln zusammen, die in ihrer Summe eine bestimmte Aufgabe erfüllen. Ein Beispiel für einen Standort ist eine Ortnetzstation, die sich aus einem Transformator, einer Mittelspannungsschaltanlage und einer Niederspannungsschaltanlage zusammensetzt.

Zusätzlich können einem Standortobjekt auch nichtelektrische Betriebsmittel zugeordnet werden. Zu diesen nichtelektrischen Betriebsmitteln zählen vor allem bauliche Einrichtungen:

- Grundstücke
- Gebäude
- Schaltschränke
- Masten
- Muffenkörper

Damit lassen sich vor allem betriebswirtschaftliche Aspekte wie Restwert oder Anschaffungskosten einer Anlage besser erfassen. Die Art eines Standortes ergibt sich aus seinen Komponenten.

Beispiele für Standortarten sind:

- Kraftwerk
- Gebäude-Umspannstation
- Tragmast
- Mast-Umspannstation
- Abspannmast
- Muffe
- Verteilerschrank
- Kundengebäude

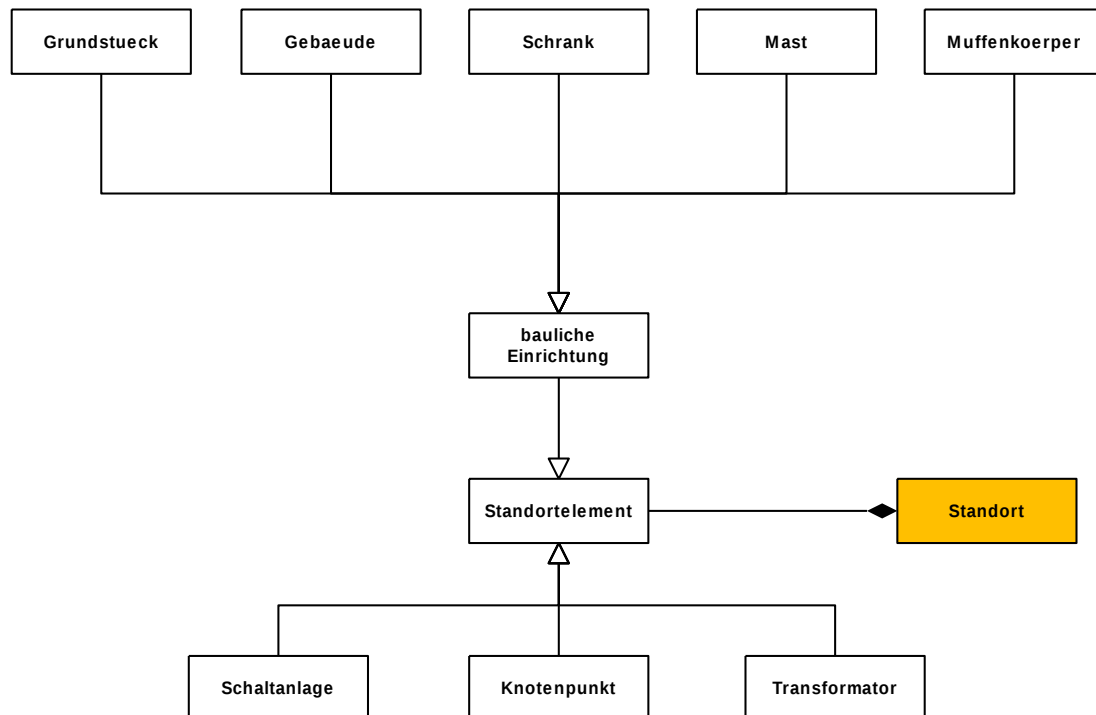


Abbildung 4.7 Standort

4.7 Trassen

Die Nachbildung von Trassen, Freileitungsgestängen und Gräben ist für wirtschaftliche Bewertungen von Umbaumaßnahmen notwendig (siehe Abschnitt 2.2.5). Außerdem ist sie hilfreich für Zuverlässigkeitsberechnungen sowie für die Nachbildung von Nullsystemkopplungen, sobald mehrere Leitungen parallel geführt werden (siehe Abschnitte 2.2.2 und 2.2.4).

Da eine Nachbildung von Trassen für klassische Netzberechnungsverfahren nicht erforderlich ist, sind Trassenmodelle in den zur Zeit verwendeten Datenmodellen meist nicht enthalten. Folglich sind diese Informationen auch oft nicht verfügbar, so dass eine Nachbildung von Trassen optional bleiben muss. Das Trassenmodell in dem hier vorgestellten Datenmodell ist daher weitgehend unabhängig vom Leitungsmodell.

Eine Trasse liegt immer zwischen genau zwei Standorten. Jeder Trasse können beliebig viele Gräben und Freileitungsgestänge zugeordnet werden, die der Trasse auf der gesamten Länge folgen. Zur Vermeidung von Redundanzen werden sowohl die Länge als auch die begrenzenden Standorte nur bei der Trasse gespeichert. Alle gemeinsamen Eigenschaften von Gräben und Freileitungen (z.B. Zuordnung zu genau einer Trasse) werden in einem Basiselement (Leitungsgruppe) abgelegt.

Ein Leitungsabschnitt kann mehrere Trassen überspannen (siehe Abbildung 4.8). Die Verknüpfung von Leitungsabschnitten und Leitungsgruppen ist folglich eine n:n-Beziehung (d.h. ein Leitungsabschnitt kann mehreren Leitungsgruppen zugeordnet sein und eine Leitungsgruppe mehreren Leitungsabschnitten).

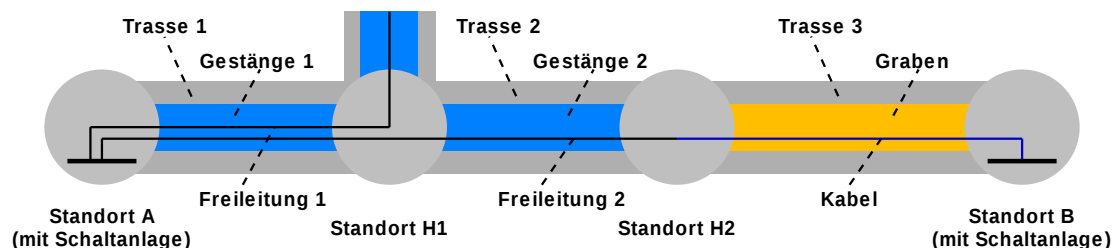


Abbildung 4.8 Trassenmodell

Zur Umwandlung dieser n:n-Beziehung in zwei besser handhabbare 1:n-Beziehungen wird das Koppellement PosRST eingeführt, das genau eine Leitungsgruppe mit einem Leitungsabschnitt verbindet. Aufgrund dieser Eigenschaften ist das Element PosRST gut geeignet, um zusätzlich die Positionen der Teilleiter der Leitungsabschnitte in der Leitungsgruppe genauer zu spezifizieren. Einem PosRST Element werden für die 3 Teilleiter (R, S und T) genau 3 Positionen zugeordnet. Jede einzelne Position wird über ein Positions-Element beschrieben, das eine x- und eine y-Koordinate enthält. Über die Koordinaten kann die Position eines Teilleiters im Mastbild oder im Graben angegeben werden (Abbildung 4.9).

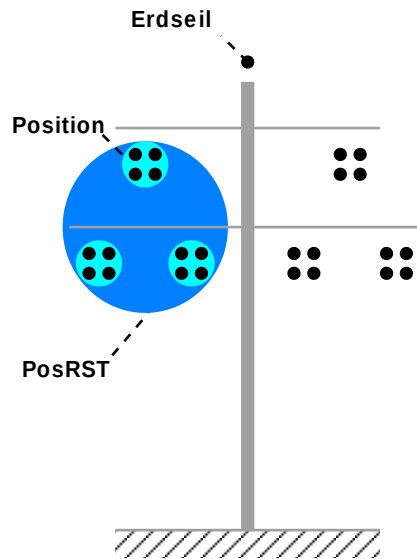


Abbildung 4.9 Mastbild

Für eine vollständige Beschreibung von Freileitungen ist zusätzlich die Berücksichtigung von Erdseilen erforderlich. Da auch ein Erdseil eine feste Position im Mastbild besitzt, ist das Element Erdseil von Position abgeleitet. Erdseile werden direkt dem entsprechenden Freileitungsgestänge zugeordnet. Da ein Freileitungsgestänge mehrere Erdseile enthalten kann, handelt es sich hierbei um eine 1:n-Beziehung.

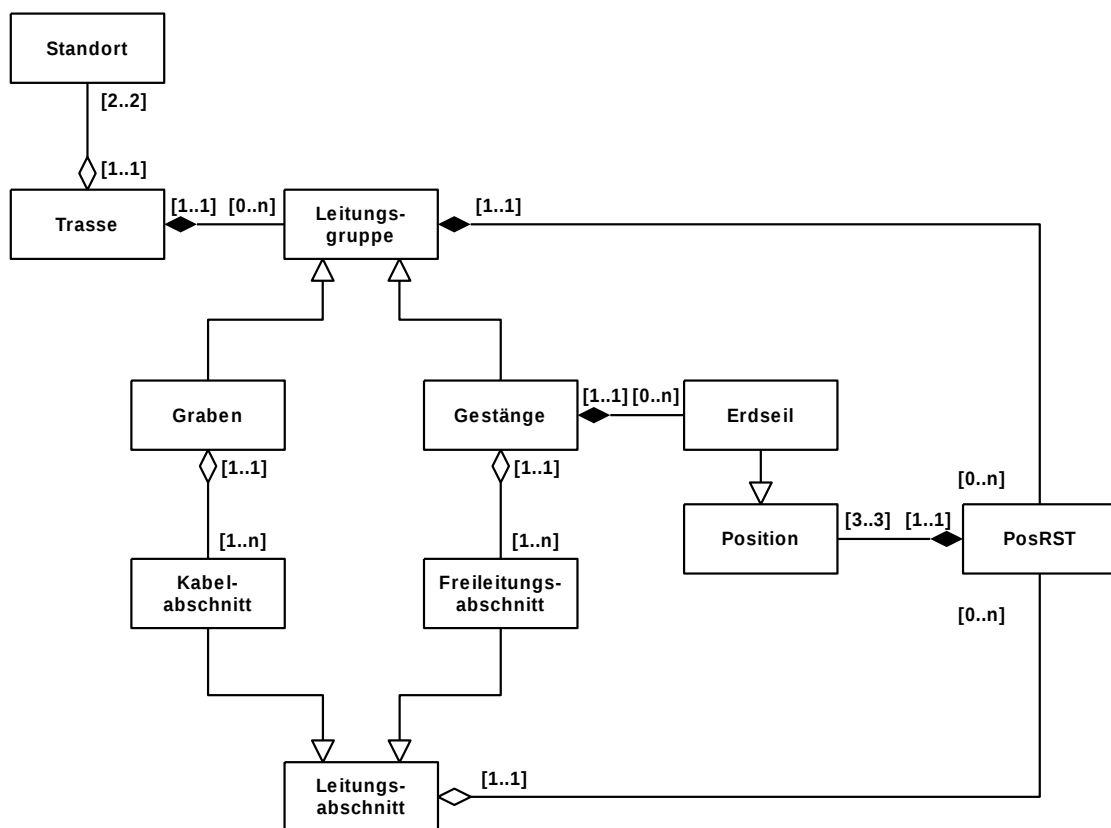


Diagramm 4.7 Trassenmodell

Nullsystemkopplungen zwischen Freileitungsabschnitten auf einem Gestänge, die für unsymmetrische Kurzschlussstromberechnungen vorgegeben werden müssen, sind jeweils zwei PosRST-Elementen einer Leitungsgruppe zugeordnet. Auf diese Weise ist bekannt, auf welchen Teilen der Freileitungsabschnitte welche Kopplungen der Nullsysteme bestehen. Die im DVG-Datenmodell notwendige Unterteilung eines Freileitungsabschnittes bei einem Wechsel parallel geführter Leitungen kann auf diese Weise vermieden werden. Ebenfalls entfällt die fehlerträchtige Angabe, ob es sich um gegenläufige Leitungsabschnitte handelt. Diese Information kann aus dem Trassenmodell direkt ermittelt werden.

4.8 Kunden / Verbraucher

Das Datenmodell soll in Bezug auf die Modellierung der Kunden den in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Anforderungen genügen. Insbesondere muss eine Zuordnung der Jahresverbräuche zu den entsprechenden Lastpunkten mit und ohne Zählpunkt möglich sein. Damit ist das Modell kompatibel zum Metering-Code [2] sowie zu den in der Praxis üblichen Vorgehensweisen.

Informationen zu Kunden (u.a. Jahresverbrauch und Tarif) befinden sich im Objekt Verbrauchsstelle (Diagramm 4.8). Diese Größen lassen sich dem zugehörigen elektrischen Kundenmodell auf zwei Arten zuordnen:

- über Standort, Sammelschienenabschnitt und Feldabgang
- über Zählpunkt, Sammelschienenabschnitt und Feldabgang.

Der Weg über den Standort ist dabei nur dann eindeutig, wenn sich genau eine Sammelschiene im Standort befindet.

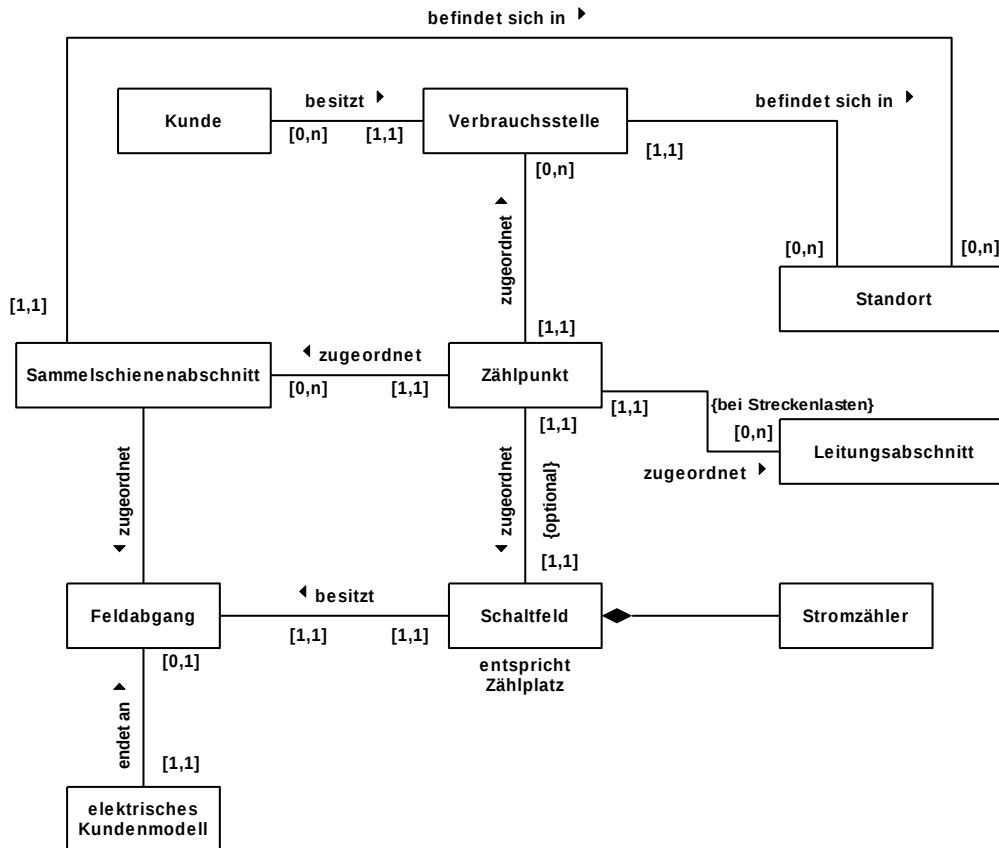


Diagramm 4.8 Kundenmodell

4.9 Betriebsmitteltypen

Von zahlreichen Netzelementen, beispielsweise Sicherungen oder Kabel existieren normierte oder standardisierte Bauformen. Da alle Netzelemente der gleichen Bauart meist auch sehr ähnliche technische Daten besitzen, ist es nicht notwendig, diese so genannten Typdaten für jedes eingesetzte Exemplar jeweils separat abzuspeichern. Stattdessen genügt es, die Kenndaten jeder Bauform eines Betriebsmittels einmalig in einer Bibliothek abzulegen. Bei einem Objekt des eigentlichen Betriebsmittels genügt dann eine Referenz auf den entsprechenden Betriebsmitteltyp, um die zugehörigen Typdaten zugänglich zu machen. Damit reduziert sich zum einen der Speicherbedarf, zum anderen können aber auch die Typdaten für alle Netzelemente diesen Typs auf einfache Weise global geändert werden.

Im Datenmodell existieren folgende Typen:

- Leitungsaabschnittstyp
- Sicherungstyp
- Leistungsschaltertyp
- Transformatortyp (2- und 3-Wickler)
- Verteilerschranktyp
- Gebäudetyp

- Masttyp
- Generatortyp
- Asynchronmotortyp
- Erseiltyp

4.10 Objektattribute

Nachdem in den vorangehenden Abschnitten des Kapitel 4 ausschließlich die Modellierung der Netztopologie im Vordergrund stand, soll im Folgenden abschließend für den konzeptionellen Modellentwurf die Modellierung der Betriebsmittelattribute behandelt werden. Dabei stehen vor allem grundsätzliche Erwägungen im Vordergrund. Eine vollständige Auflistung der einzelnen Attribute findet sich im Anhang A.

4.10.1 Allgemeine Modellierung

Ein typisches Problem beim Austausch von Daten besteht in der Praxis darin, die Einheiten und Größenordnungen aller Attribute korrekt zu erkennen und entsprechend zu behandeln. Der Datensatz selbst liefert dazu meist keine Informationen. Erst die Datenformatbeschreibung gibt Aufschluss darüber, ob beispielsweise die Bemessungsleistung in kW oder MW angegeben ist.

In der Regel liegt die Datenformatbeschreibung in Form eines Textes vor, der vom Computer nicht direkt interpretierbar ist. Werden neben den reinen Nutzdaten auch Daten über Daten in den Datensatz integriert, lässt sich ein Datenaustausch teilweise automatisieren.

Dazu ist es notwendig, die einzelnen Attribute (u.a. Länge, Impedanz) der Betriebsmittel als Objekte zu betrachten. Der eigentlichen Wert wird dann jeweils innerhalb des „Attributsobjektes“ gespeichert. Daneben enthält dieses Objekt aber auch zusätzliche Informationen über das Attribut, wie etwa:

- Einheit
- Skalierung
- Formelzeichen
- Beschreibung
- Optional

Um Redundanzen zu vermeiden und Speicherplatz zu sparen, befinden sich die beschreibenden Informationen in einer Attributsbibliothek. Jedes Betriebsmittel besitzt eine Liste mit Attributsobjekten. Diese Attributsliste referenziert ein Objekt innerhalb der Attributsbibliothek. Das Objekt liefert die Beschreibungen zu allen Attributen des Betriebsmittels. Dazu ist in ihm eine Liste mit Attributstypen vorhanden. Innerhalb eines Attributtyps befinden sich die Informationen zu Einheit, Skalierung usw. (siehe Diagramm 4.9).

Neben den im Diagramm beschriebenen einfachen Attributsobjekten wie Fließkommazahlen, ganzen Zahlen, komplexen Zahlen, Texten und Datumsangaben existieren Objekte für:

- Listen einfacher Typen
- Wertesets (z.B. Ein/Aus)

- Zeitliche Verläufe (etwa für Lastgänge)

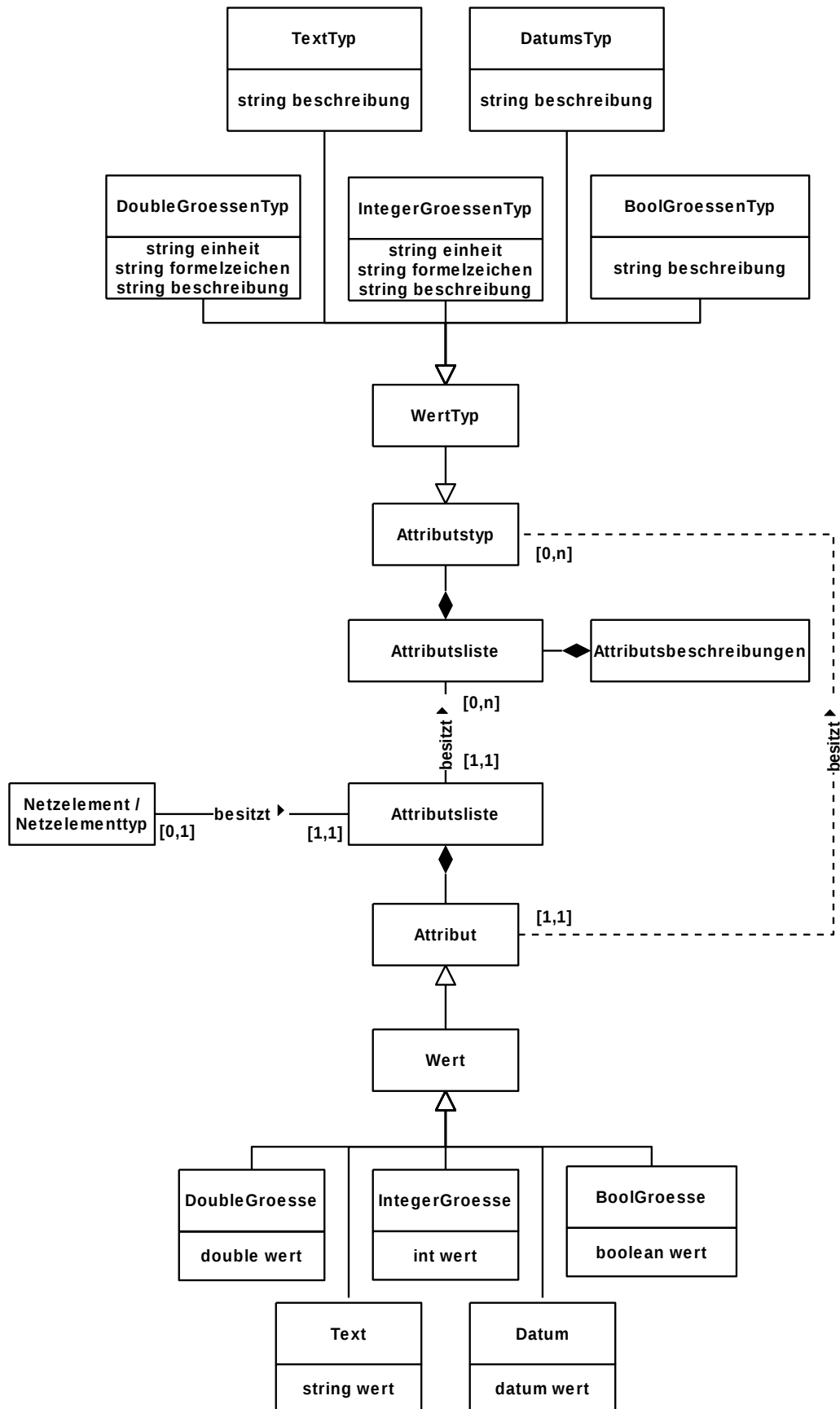


Diagramm 4.9 Attributsmodell (Ausschnitt)

4.10.2 Betriebswirtschaftliche Attribute

Um den in Kapitel 2.2.5 beschriebenen Anforderungen Rechnung zutragen, müssen den Netzobjekten, die den betriebswirtschaftlichen Anlagengütern entsprechen, betriebswirtschaftliche Attribute zugeordnet werden.

Zu den betriebswirtschaftlichen Anlagengütern zählen:

- Grundstück
- Gebäude
- Mast
- Muffe
- Schaltanlage
- Transformator
- Generator
- Asynchronmaschine
- Drosselspule
- Leitung
- Trasse

Die betriebswirtschaftlichen Attribute sind (mit Ausnahme der Trasse) die bereits im Kapitel 2.2.5 genannten:

- Anschaffungs- bzw. Errichtungskosten zum Errichtungsdatum
- Errichtung-, Installations- oder Inbetriebnahmedatum
In der Praxis ist oft keine Aussage darüber möglich, ob es sich um das Rechnungsdatum des Lieferanten, das Datum der Installation oder den Tag der Inbetriebnahme handelt. Da typischerweise jedoch zwischen den einzelnen Zeitpunkten keine großen Zeitspannen liegen, ist eine Differenzierung auch nicht notwendig.
- Aktivierungsdatum
Das Aktivierungsdatum entspricht dem Zeitpunkt, an dem das Anlagengut in das Anlagevermögen aufgenommen wurde. Dieser Wert wird für buchhalterische Kostenrechnungen benötigt.
- Abschreibungsdauer
- Preisindex
- Betriebs-, Instandhaltungs-, Wartungs- und Reparaturkosten
- Stilllegungskosten
- Schrottwert

Die Trasse besitzt Informationen über die Verlegekosten, auch unter Berücksichtigung von Mitlegeeffekten.

4.10.3 Erweiterbarkeit

Die Erweiterung des Datenmodells um zusätzliche Attribute gestaltet sich problemlos. Dazu müssen lediglich die Attributlisten entsprechend ergänzt werden. Bestehende Programme, die von den neuen Attributen keinen Gebrauch machen bzw. keine Kenntnis besitzen, können diese einfach überlesen. Es ist bei diesen Programmen keine Anpassung des Quelltextes notwendig.

Des weiteren ist durch das Teilnetzkonzept (Abschnitt 4.2) und die Definition spartenübergreifender Objekte (u.a. Standort, Trasse) bereits eine Datenmodellerweiterung hinsichtlich anderer Sparten, wie Gas, Wasser oder Fernwärme vorgesehen.

5 XML-Datenformat

Nachdem in Kapitel 4 der konzeptionelle Modellentwurf beschrieben wurde, wird in diesem Kapitel die konkrete Implementierung in XML vorgestellt.

5.1 Zielsetzungen

Auf Basis der Analyse ergeben sich folgende Zielsetzungen bei der Festlegung des Datenformates:

- Gute Handhabbarkeit
- Klarheit und Lesbarkeit vor Performance
- Hohe Informationstiefe

Unter hoher Informationstiefe ist die Bereitstellung aller notwendigen Informationen für ein möglichst automatisiertes Einlesen zu verstehen. Die Unterstützung von XML-Schemas soll hierfür keine zwingende Voraussetzung sein.

5.2 Von UML zu XML

Eine zu Kapitel 3.2.2 alternative Kurzbeschreibung von XML lautet:

XML ist eine Definition zum Abspeichern einer Baumstruktur

Die Elemente in einem XML-Dokument sind also stets als Baum organisiert. Dieser lässt sich grundsätzlich für zwei Zwecke nutzen:

- Nachbildung von zusammengesetzten Objekten (Kompositionen)
- Hierarchische Gliederung von Objekten nach deren Art, Unterart usw.

Ein Beispiel für die Nachbildung von Kompositionen ist das Schaltfeld:

```
<Feld id="FELD_5">
  <Schalter id="SCHALTER_14">
    ...
  </Schalter>
  <Sicherung id="SICHERUNG_29">
    ...
  </Sicherung>
</Feld>
```

Genau der Schalter und die Sicherung, die im Feld untergebracht sind, sind in XML Unter-elemente des Feldes. Diese Unterelemente sind in ihrer Existenz abhängig von dem Feld (schwache Entitäten). Kompositionen lassen sich in XML ohne die explizite Verwendung von Referenzen realisieren.

Die hierarchische Gliederung kann dagegen zur Nachbildung einer objektorientierten Vererbungsstruktur in XML genutzt werden:

```
<Netzelementliste>
  <Zweigelementliste>
    <Schalterliste>
      ...
      <Schalter id="SCHALTER_14">
        ...
      </Schalter>
      ...
    </Schalterliste>
    <Sicherungsliste>
      ...
      <Sicherung id="SICHERUNG_29">
        ...
      </Sicherung>
      ...
    </Sicherungsliste>
  </Zweigelementliste>
</Netzelementliste>
```

Prinzipiell lassen sich Objekte jedoch nach beliebigen Ordnungskriterien hierarchisch anordnen.

Da ein Element zur Vermeidung von Redundanz und Inkonsistenz nur ein einziges Mal in der XML-Datei erscheinen sollte, schließen sich die beiden beschriebenen Nutzungsmöglichkeiten für die XML-Baumstruktur prinzipiell gegenseitig aus. Eine Kombination ist lediglich derart möglich, dass an einer Stelle mit Referenzen statt mit vollständigen Objektbeschreibungen gearbeitet wird:

```
<Feld id="FELD_5">
  <Ref_Schalter ref="SCHALTER_14" />
  <Ref_Sicherung ref="SICHERUNG_29" />
  <Ref_Stromwandler ref="STROMWANDLER_3"/>
</Feld>
```

Wie ein konzeptionelles Modell in dieser Hinsicht in XML umgesetzt wird, muss im Einzelfall entschieden werden. Eine a priori beste Lösung existiert nicht, weswegen individuell entschieden werden muss, welcher Weg besonders günstig ist. Mitunter handelt es sich dabei um einen Kompromiss.

Referenzen lassen sich in XML auf unterschiedliche Weise realisieren. Die bereits in dem oben stehenden Listing skizzierte Vorgehensweise setzt eine Eindeutigkeit aller Bezeichner über das ganze Netz voraus. Findet statt einer Referenzierung nur über den Bezeichner (einem Fremdschlüssel, der auf die ID eines Netzelements verweist) eine Referenzierung mit Hilfe von XPath statt, ist diese strikte Eindeutigkeit nicht notwendig. Es wird so beispielsweise möglich, in unterschiedlichen Schaltfeldern gleiche Bezeichner für Feldelemente zu vergeben. Auch die Vereinigung elektrischer Teilnetze aus unterschiedlichen Quellen zu einem Versorgungsnetz wird damit unkritischer.

5.3 Elementhierarchie

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die Hierarchie der XML-Elemente. Die Wurzel des XML-Baumes und damit des Datensatzes ist das Element `DVGDatensatz`. Dieses Element enthält die (optionale) Beschreibung aller Attribute, die Betriebsmittelbibliothek, das Versorgungsnetz mit den eigentlichen Netzdaten und die Variantenverwaltung.

Das Versorgungsnetz enthält (entsprechend Kapitel 4.2) Unterelemente mit den Standorten, Trassen, Kunden, Teilnetzkoeppelementen und den Teilnetzen. Diagramm 5.1 zeigt die Modellhierarchie unterhalb des Elements `DVGDatensatz`.

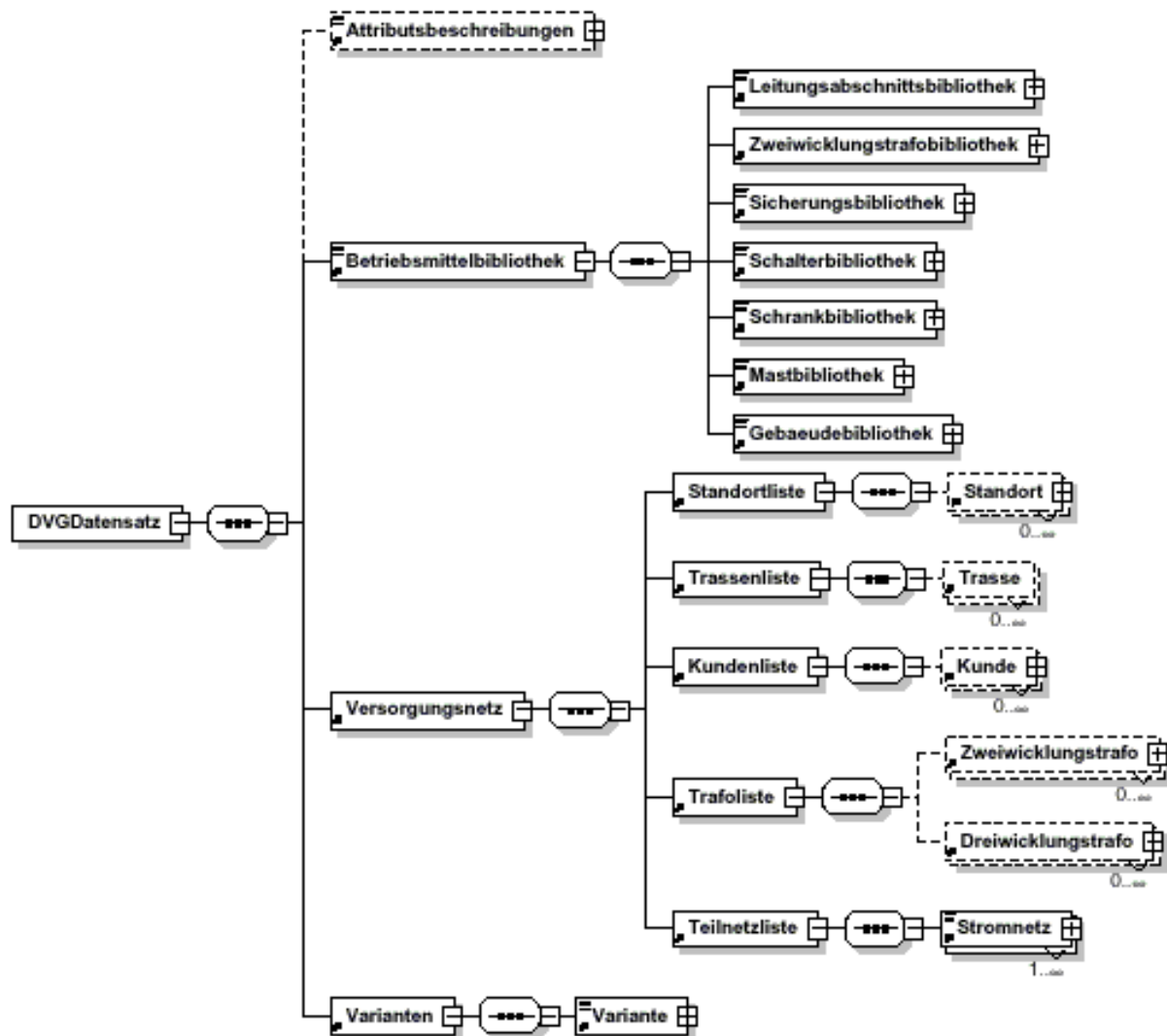


Diagramm 5.1 DVGDatensatz

Das XML-Element `Stromnetz` besitzt als Unterelemente analog Kapitel 4.3 eine Liste mit den elektrischen Verbindungsknoten, eine optionale Schaltanlagenliste und die Liste mit allen Zweigelementen des Netzes. Diagramm 5.2 zeigt den entsprechenden Ausschnitt aus der Modellhierarchie.

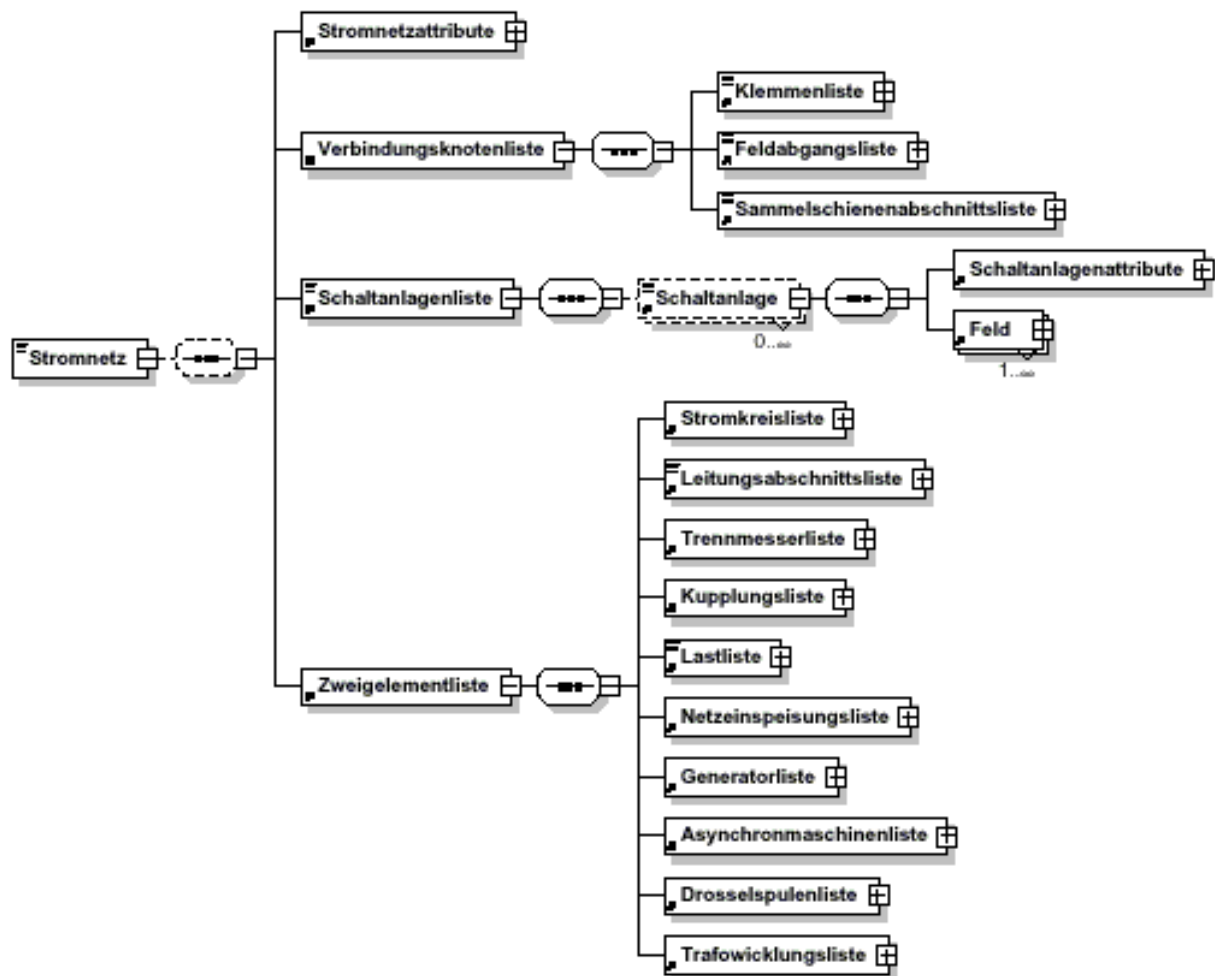


Diagramm 5.2 Stromnetz

Die Liste mit den elektrischen Verbindungsknoten enthält in drei Unterkategorien Listen mit Klemmen, Feldabgängen und Sammelschienenabschnitten. Das entsprechende konzeptionelle Modell findet sich in Kapitel 4.4.3. Die XML-Hierarchie ist in Diagramm 5.3 dargestellt.

Wesentliche Bestandteile der Schaltanlage sind die Felder, die über ein Knoten-Zweig-Modell bestehend aus Feldknoten und Feldzweigen beschrieben werden (Diagramm 5.4). Details wurden in Kapitel 4.5 auf konzeptioneller Ebene diskutiert.

Schließlich zeigt Diagramm 5.5 die unterhalb des Elements `Standort` angesiedelten Elemente. Insbesondere befinden sich dort die XML-Elemente der baulichen Einrichtungen `Gebaeude`, `Schrank`, `Mast`, `Muffenkoerper` und `Grundstueck`. Das entsprechende konzeptionelle Modell wurde in Kapitel 4.6 vorgestellt.

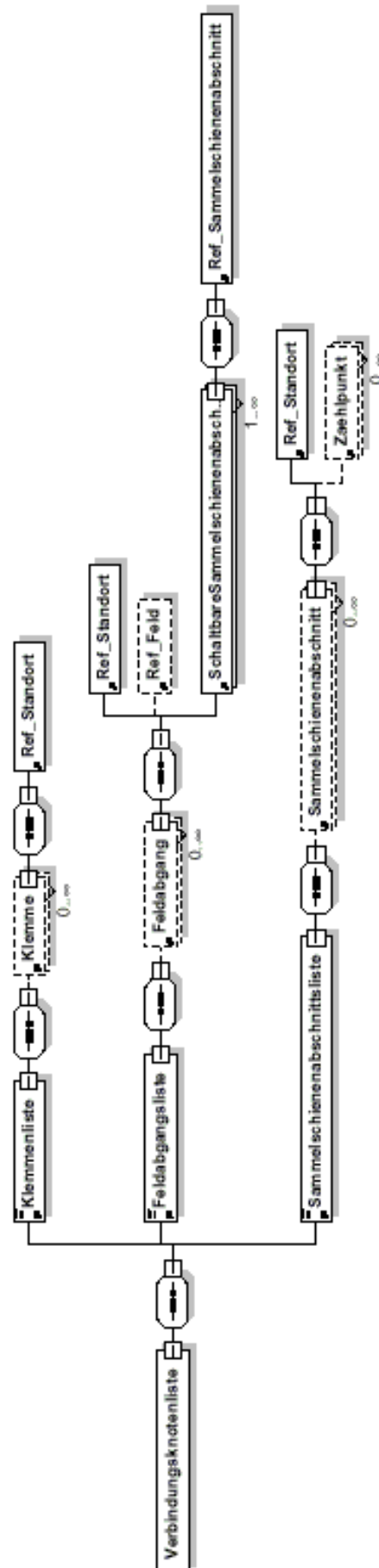


Diagramm 5.3 Verbindungsknoten

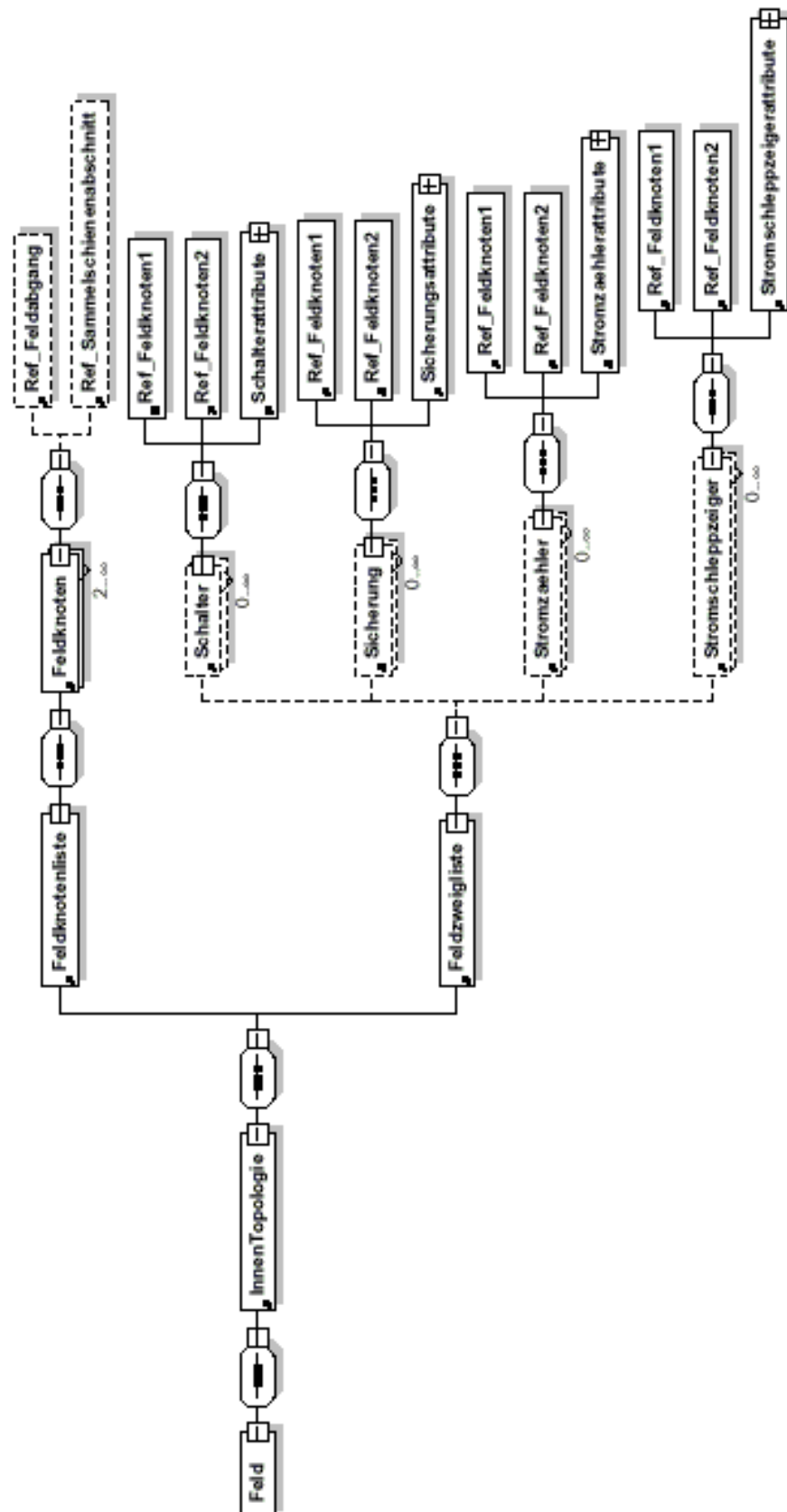


Diagramm 5.4 Schaltfelder

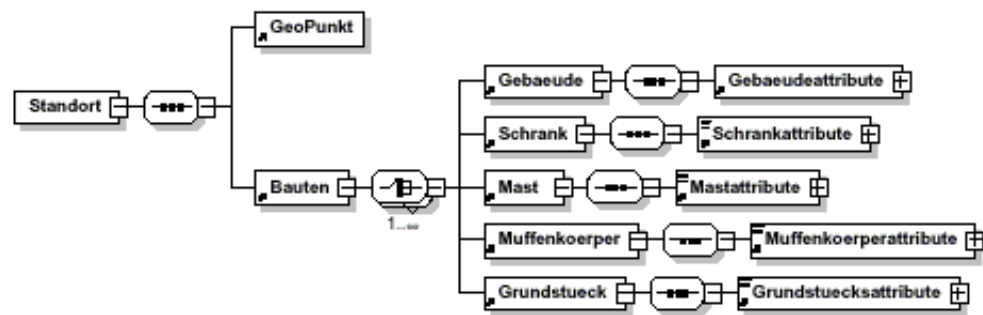


Diagramm 5.5 Standort

6 Demonstrator

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines praxistauglichen Datenmodells. Um dies zu gewährleisten, wurde der Modellentwurf schon in einem frühen Stadium mit konkreter Software unter Praxisbedingungen getestet. Auf diese Weise konnten frühzeitig unpraktikable Ansätze erkannt und durch besser handhabbare ersetzt werden.

Als Testsoftware für das neue Datenformat wurde das Netzoptimierungswerkzeug ODION ausgewählt, das an der Universität des Saarlandes entwickelt wurde und durch integrierte Algorithmen zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung von Nieder- und Mittelspannungsnetzen optimal zum Test der Modellerweiterungen geeignet ist.

6.1 ODION

ODION ist ein Computerprogramm zur Planung von elektrischen Energieversorgungsnetzen. Es erlaubt eine Bearbeitung, Berechnung und Optimierung spannungsebenenübergreifender Netze von der Nieder- bis zur Hochspannungsebene. Der Programmschwerpunkt liegt jedoch auf der Verteilnetzebene.

Wichtige Merkmale von ODION sind:

- Sehr gute Eignung für Nieder- und Mittelspannungsnetze
 - Entsprechendes Datenmodell mit Kunden, Zählpunkten, Trassen, Trennmessern ...
 - Leistungsfähige lagerichtige Grafik
- Integration betriebswirtschaftlicher Daten und Funktionen
 - Datenmodell mit betriebswirtschaftlichen (auch nichtelektrischen) Anlagengütern
 - Verlustkostenberechnung
 - Netzwert- und Netzkostenberechnung
- Offene Schnittstellen zu anderen Systemen (z.B. GIS, ERP, CRM)

Um den jeweiligen Bedürfnissen der unterschiedlichen Spannungsebenen in Bezug auf die Netzdarstellung gerecht zu werden, unterstützt ODION parallel die lagerichtige und die orthogonale Darstellung von Netzen. Das Konzept von ODION erlaubt eine nahtlose Erweiterung auch auf andere Sparten, wie etwa Gas oder Wasser.

ODION ist eine relativ neue Entwicklung. Das Datenmodell und auch die meisten anderen Module von ODION sind konsequent objektorientiert implementiert. Als Programmiersprache wird Java eingesetzt. Ältere Berechnungs- und Optimierungsmodule, die in anderen Sprachen programmiert wurden, sind über Schnittstellen eingebunden.

ODION besteht aus einzelnen Komponenten (Abbildung 6.1), die nach einem Baukastensystem schnell zu individuell zugeschnittenen Applikationen verbunden werden können.

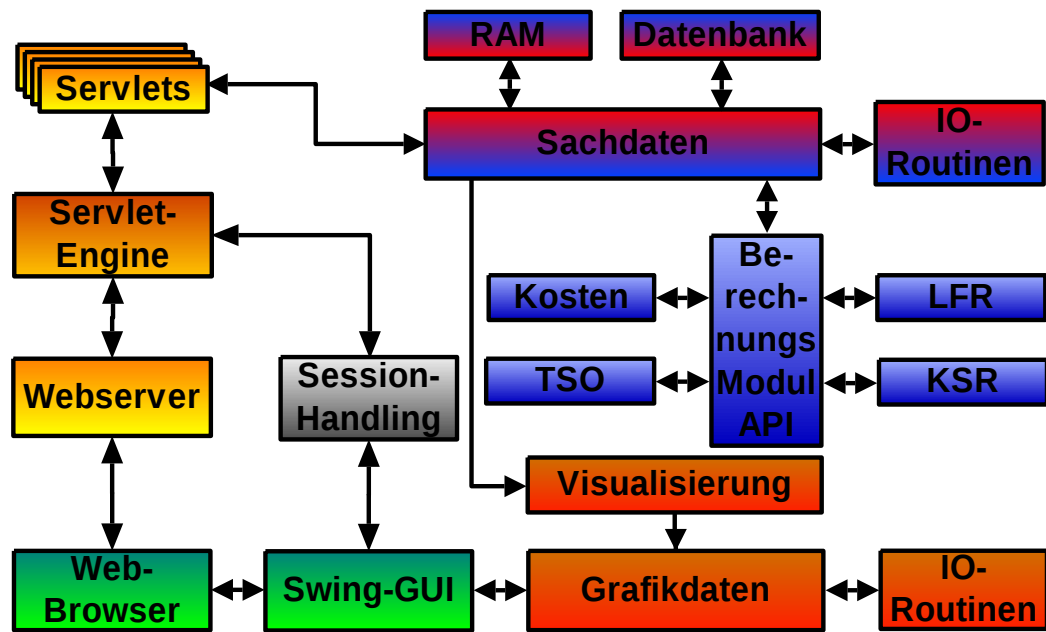


Abbildung 6.1 ODION-Komponenten

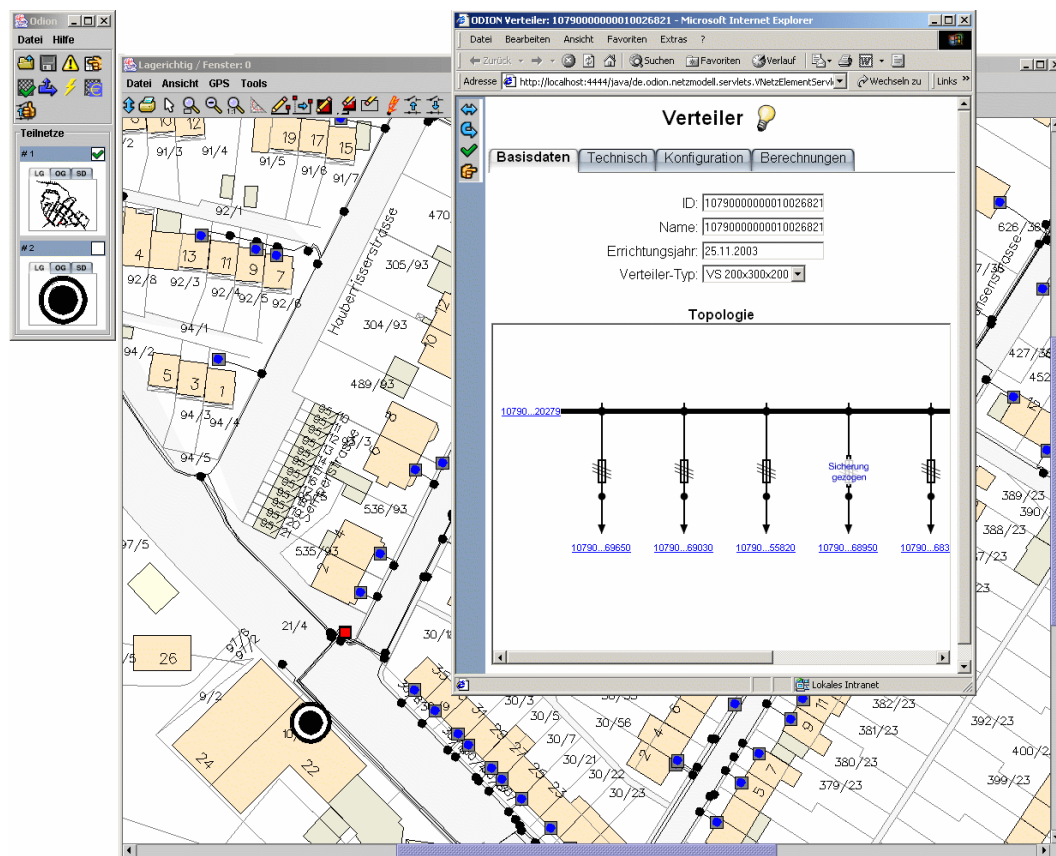


Abbildung 6.2 ODION

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'http://localhost:4444/java/de.oc'. The page title is 'Leitungsabschnitt'. The browser's menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Go', 'Bookmarks', 'Tools', 'Window', and 'Help'. The page has a navigation bar with tabs: 'Überblick', 'Technisch', 'Ökonomisch', 'Typdaten', and 'Berechnungen'. The 'Ökonomisch' tab is selected. The main content area contains a form with the following fields and values:

Field	Value	Unit
Leitungslänge:	61.4913	m
Errichtungsdatum:	1.1.1978	
Aktivierungsdatum:	1.7.1978	
Anschaffungswert (AW):	2.9121	Tsd. €
Preisindex-Reihe:	237	
Preisindex:	102.7	%
Tagesneuwert (TNW):	5.0949	Tsd. €
AfA-Art:	Linear	
AfA-Modus:	pro rata temporis	
AfA-Satz:	3.3333	%
Abschreibungsdauer:	30	Jahre
AfA-Betrag (AW):	97.0699	€/Jahr
Restwert (AW):	630.556	€
Restwert (TNW):	1.1032	Tsd. €
Abschreibung (AW):	97.0699	€
Abschreibung (TNW):	169.8311	€

Abbildung 6.3 Dialog mit betriebswirtschaftlichen Größen

6.2 Implementierung der IO-Routinen

6.2.1 XML-Parser

XML-Parser (auch XML-Prozessoren genannt) sind Softwarewerkzeuge mit denen ein XML-Dokument gelesen, geschrieben, bearbeitet und manipuliert werden kann. Der XML-Parser prüft dabei, ob der im XML-Dokument enthaltene Code syntaktische Fehler aufweist.

Parser stehen dem Programmierer als API (application programming interface) für alle gängigen Programmiersprachen zur Verfügung. Es existieren verschiedene Arten von Parsern, von denen die folgenden zwei Ansätze in der Praxis am häufigsten verwendet werden:

- Document Object Model (DOM)
- Simple API for XML (SAX)

DOM (baumbasiertes API)

DOM-Parser stellen nach dem vollständigen Einlesen des XML-Dokuments dieses als baumförmige Datenstruktur dar. Mit Hilfe entsprechender Objekte und Methoden (etwa für die Knoten des Baums) kann innerhalb der Struktur des XML-Datensatzes navigiert werden. Einzelne XML-Elemente oder deren Inhalt können hinzugefügt, geändert oder entfernt werden. Der Programmierer kann losgelöst von der XML-Implementierung mit einer logischen Datenstruktur arbeiten. Ein wahlfreier Zugriff auf einzelne XML-Elemente ist möglich, da das gesamte XML-Dokument in der Datenstruktur verfügbar ist.

DOM wurde von dem W3C als programmiersprachen- und plattformunabhängige Sammlung von Schnittstellen und Objekten definiert und ist ein API für gültige XML-Dokumente. Für Java, C++, C# und die meisten anderen gängigen Programmiersprachen existieren entsprechende Sprachbindungen für diese Schnittstellen.

SAX (ereignisbasiertes API)

SAX (Simple API for XML) ist ein API, das beim Parsen des XML-Dokuments eine Reihe von Ereignissen (Events) auslöst. Der XML-Baum wird im Gegensatz zum DOM nicht als Datenstruktur betrachtet. Der Programmierer muss stattdessen zu den möglichen Ereignissen, wie etwa Start oder Ende des Dokuments, Auftreten des Beginntags eines XML-Elements usw., entsprechende Call-Back-Methoden implementieren. Innerhalb dieser Methoden müssen die zur Verfügung stehenden Daten entsprechend weiterverarbeitet werden.

SAX ist im Gegensatz zu DOM kein offizieller Standard des W3C, sondern wurde maßgeblich von David Meggison und der XML-Dev-Newsgroup entwickelt. Mit der API Spezifikation wurde zunächst eine Implementierung für Java veröffentlicht. Bereits seit längerem sind jedoch Bindungen für alle gängigen Programmiersprachen vorhanden. Aufgrund seiner starken Verbreitung stellt SAX einen allgemein anerkannten Quasistandard für das ereignisbasierte Parsen von XML-Dokumenten dar.

Vor- und Nachteile der Parser

- SAX eignet sich für sehr große Datensätze, die sequentiell bearbeitet werden können. SAX ist dabei in der Regel schneller und benötigt sehr viel weniger Hauptspeicher. Der Implementierungsaufwand ist fast immer höher, als bei Verwendung von DOM.
- DOM liest den gesamten Datensatz zunächst ein und bildet ihn in einer Baumstruktur ab. Je nach Größe des Datensatzes wird hierzu viel Hauptspeicher und eine entsprechende Rechenzeit benötigt. Anschließend ermöglicht DOM ein komfortables und vor allem wahlfreies Navigieren in der XML-Struktur. Der Datenzugriff gestaltet sich sehr einfach. Des weiteren ist DOM gut geeignet, XML-Dokumente aufzubauen bzw. zu modifizieren, um sie anschließend zu speichern.

6.2.2 Praxiserfahrungen

Zur Implementierung der Ein- und Ausleseroutinen für das neue Datenformat wurde das API dom4j [16] verwendet. Dabei zeigte sich:

- Der Aufwand für eine Routine zum Schreiben des Datenformates beträgt etwa 800 Zeilen, der Aufwand für eine Routine zum Einlesen ca. 1000 Zeilen Quelltext.
- Die mit den XML-Parsern gebotene Funktionalität erlaubt eine vergleichsweise einfache Implementierung der Schnittstellen. Der Entwickler kann sich bei Verwendung eines DOM-Parsers der Problematik von einer relativ hohen (beinahe schon konzeptionellen) Ebene nähern. Die Daten liegen fertig eingelesen in einem Baummodell vor, aus dem diese in das eigene Modell kopiert werden können.
- Bedenken hinsichtlich der Performance bei größeren Netzen sind unbegründet. Allerdings muss bei großen Netzen ausreichend Arbeitsspeicher zur Verfügung stehen, da bei DOM-Parsern alle Daten zeitweise doppelt im Speicher gehalten werden. Die Verwendung kurzer Namen für die Tags wirkte sich bei den getesteten Parsern nicht gravierend auf die Rechenzeiten aus.

- Ohne Komprimierung sind XML-Dateien sehr groß. Ursache sind neben dem grundsätzlichen Konzept von XML (Elemente werden mit Tags geklammert) vor allem die langen aussagekräftigen Tagnamen. Der XML-Datensatz zur Beschreibung des in Abbildung 2.1 gezeigten Niederspannungsnetzes (ca. 15.000 Einwohner) ist etwas 60 MByte groß. Die Handhabung solcher und größerer Dateien ist für aktuelle Rechner allerdings kein Problem. Um die Weitergabe der Dateien zu vereinfachen, können Dateien komprimiert werden. Durch die sich wiederholenden Tags ist der erzielbare Kompressionsfaktor sehr hoch. Die 60 MByte große Datei lässt sich beispielsweise auf etwas 3 MByte komprimieren.
- Sollte das Einlesetempo eine große Rolle spielen, bietet sich die Verwendung eines SAX-basierten Parsers an. Die bessere Performance wird durch einen erhöhten Implementierungsaufwand erkaufte.
- Die Entwicklung der Schnittstellen wird durch das Klartextformat und die Baumstruktur des Datensatzes vereinfacht. Die XML-Datei kann so direkt in einem Editor auf Fehler untersucht werden. Dabei bietet sich die Verwendung spezieller XML-Editoren an (Abbildung 6.4). Fragen in Bezug auf das Datenmodell lassen sich häufig durch einen Blick in eine Beispieldatei ausräumen. Die Entwicklung von Einleseroutinen vereinfacht sich damit.

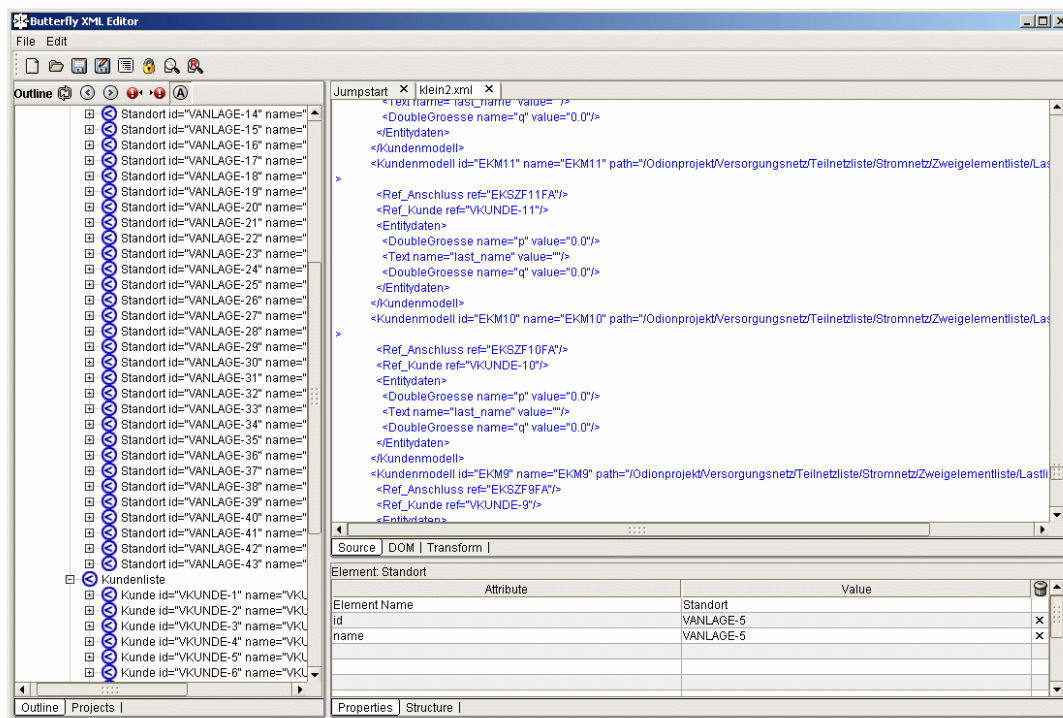


Abbildung 6.4 XML-Editor

7 Zusammenfassung

Für den Einsatz von Lastflussrechnungen, Zuverlässigkeitsberechnungen und wirtschaftlichen Optimierungen in Netzen aller Spannungsebenen wurde das derzeit weit verbreitete DVG-Datenmodell erheblich erweitert. Diese Erweiterungen betreffen insbesondere

- Kunden auf der Niederspannungsebene, für die im Gegensatz zu höheren Spannungsebenen sehr wenige bzw. anders geartete Daten vorliegen,
- Stationen, bei denen für eine Bewertung der Zuverlässigkeit auch die betrieblichen Freiheitsgrade während der Wiederversorgung nachgebildet werden müssen, sowie
- Trassen und Leitungsgestänge, die für eine wirtschaftliche Bewertung von Netzbauaumaßnahmen wesentlich detaillierter als bisher nachzubilden sind. Diese Informationen können auch verwendet werden, um das Ausfallverhalten von Mehrfachleitungen ohne zusätzlichen Eingabeaufwand realitätsnah zu simulieren.

Zusätzlich wurden neue Elemente eingeführt, die keine direkte elektrische Funktion besitzen, aber dennoch für wirtschaftliche Optimierungen benötigt werden (Gebäude, Schrank, etc.).

Um nicht die Anwendbarkeit des im Rahmen dieses Forschungsvorhabens entwickelten Datenmodells in den bisherigen Einsatzgebieten des DVG-Datenmodells zu erschweren, wurde darauf geachtet, dass alle zusätzlichen Attribute und Elemente optional sind. So können beispielsweise Schaltfelder entweder schaltergenau oder auch stark vereinfacht als Kopplung zwischen einem Anschlussknoten und einem Sammelschienenabschnitt nachgebildet werden.

Auch bei der Implementierung des Datenmodells stand eine einfache Anwendbarkeit im Vordergrund. Als Implementierungstechnik wurde daher XML ausgewählt, das sich in den letzten Jahren als Quasi-Standard für Datenauschformate etabliert hat. Wesentlicher Vorteil von XML sind die Vielzahl kostenloser und kostengünstiger Werkzeuge, die die Entwicklung von Softwareschnittstellen vereinfachen. Dadurch können auch kleinere Hersteller von Softwarepaketen leichter einzelne Softwaremodule am Markt anbieten, auch wenn sie aufgrund ihrer Größe keine Komplettlösungen entwickeln können.

Ein weiteres Merkmal des neu entwickelten Datenmodells ist die klare Struktur, die sich unmittelbar in den XML-Dateien widerspiegelt. So können Datensätze mit standardisierten Werkzeugen gut visualisiert und auch von ungeübten Anwendern leicht geändert werden.

In der vorliegenden Form stellt das Datenmodell im Vergleich zum DVG-Datenmodell bereits wesentlich mehr Möglichkeiten zur Beschreibung elektrischer Netze zur Verfügung. Dennoch ist zu erwarten, dass zukünftig Erweiterungen vorgenommen werden müssen. Die Strukturen wurden daher so konzipiert, dass eine Erweiterung sowohl bei elektrischen Netzelementen als auch hinsichtlich anderer Netzarten (Gas, Wasser) problemlos möglich ist.

Die Praxistauglichkeit des neuen Datenmodells wurde mit Hilfe eines Demonstrators überprüft. Dazu wurde ein bestehendes Netzplanungsprogramm um Schnittstellen erweitert, die es erlauben, das beschriebene XML-Format zu lesen und zu schreiben. Der Demonstrator enthält Algorithmen, die das Datenmodell in ein Knoten-Zweig-Modell überführen, das wiederum Basis existierender Verfahren zur Lastfluss- und Kurzschlussstromberechnung ist. Diese Kompatibilität des Datenmodells zu einfacheren Modellen ist für die zukünftige Akzeptanz sehr wichtig, da in den wenigsten Fällen vorhandene Berechnungsverfahren durch einen Datenmodellwechsel aufwändig angepasst oder neu programmiert werden.

Es ist zu erwarten, dass durch die Entwicklung dieses Datenmodells der Aufwand für den Einsatz von Verfahren zur wirtschaftlichen Optimierung und Zuverlässigkeitsberechnung gesenkt werden kann. Mittelfristig wird dies einen Beitrag zur Steigerung der Leistungsfähigkeit insbesondere kleinerer Netzbetreiber, die keine Spezialisten für diese Rechenverfahren vorhalten können, und damit zu einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit aller Unternehmen leisten. Die Ziele des Forschungsvorhabens konnten somit vollständig erreicht werden.

8 Literaturverzeichnis

- [1] DVG-Datenmodell für Planungsrechnungen, Heidelberg 1999
- [2] Verband der Elektrizitätswirtschaft -VDEW- e.V., VDEW-Richtlinie Abrechnungszählung und Datenbereitstellung Metering Code Frankfurt am Main 2000
- [3] Ward, J. B.
Equivalent circuit for power flow studies
AIEE Trans., Vol 68, 1949, S. 373-382
- [4] Cigré, WG 02- SC 38
Steady-state and dynamic external equivalents State of the art report
Cigré electra, No. 134, February 1991, S. 94-117
- [5] Wellßow, W.; Sorg, A.; Zdrallek, M.
Erweiterte Ausfallmodelle zur realitätsnahen Störungssimulation
Elektrizitätswirtschaft 99 (2000), Heft 13, S. 31-38
- [6] Koch, K.
Erweiterung der Netzplanungssoftware ODION um ein Modul zur technisch-ökonomischen Netzwerkberechnung, Kaiserslautern 2003
Diplomarbeit des Fachbereichs Betriebswirtschaft der Fachhochschule Kaiserslautern in Zusammenarbeit mit der Technischen Fakultät der Universität des Saarlandes
- [7] IONN
Interaktive Optimierende Planung von Niederspannungsnetzen
Benutzerhandbuch Lehrstuhl für Energieversorgung, Universität des Saarlandes
- [8] Blug, C.; Schneider, S.
Kostenminimierung in Niederspannungsnetzen mit IONN;
Elektrizitätswirtschaft 96 (1997) Heft 19 S.1006 - 1015
- [9] Freund, H.; Wolff, H.P.; Kämmerer, H.
ODIN - Ein Programmpaket zur Unterstützung der Netzplanung;
Elektrizitätswirtschaft 88 (1989), S. 111 – 115
- [10] Dreyer, T.;Giannini, M.;Lambrecht, D.;Laresgoiti, I.;Selvik, E.;Weber, Th.
Electronet – A Project Closing Report Achievements of the Esprit IV Project 22297
ETEP Vol. 11, No. 3, May/June 2001
- [11] Klein, L.
Rechneroptimierte dynamische Planung von Mittelspannungsnetzen,
Saarbrücken 1989, Dissertation der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität des Saarlandes
- [12] Blug, C.
Rechneroptimierte Niederspannungsnetze
Saarbrücken 1997, Dissertation der Technischen Fakultät der Universität des Saarlandes

- [13] Anderson, R.; Birbeck, M.; Kay, M.
Professional XML, Birmingham 2000, Wrox Press
- [14] Kazakos, W.; Schmidt, A.; Tomczyk, P.
Datenbanken und XML, Berlin Heidelberg 2002, Springer Verlag
- [15] World wide Web Consortium
<http://www.w3.org>
- [16] dom4j
<http://www.dom4j.org>

Anhang A Formatbeschreibung

A.1 Elemente und Attribute

Im folgenden sind alle Elemente des Datenmodells alphabetisch sortiert in einer redundanzfreien Darstellung aufgelistet. Für jedes Element sind die Attribute und Zeiger in separaten Tabellen dargestellt. Einige der Elemente enthalten weder Zeiger noch Attribute. Solche Elemente sind meist Basiselemente anderer Objekte. Sie dienen der Strukturierung des Datenmodells und ermöglichen eine genauere Typisierung von Zeigern.

Die Attribut-Tabellen enthalten 4 Spalten:

Spalte 1 (Name):	Name des Attributes
Spalte 2 (Typ):	Typ des Attributes Folgende Typen werden verwendet: - DoubleGroesse: Gleitkommazahl - IntegerGroesse: Ganzzahlige Zahl - Text: Zeichenfolge - BoolGroesse: Ja / Nein - Angabe - Datum: Datum
Spalte 3 (Einheit):	Einheit der Attributes
Spalte 4 (Beschreibung):	Klartextbeschreibung der Attributes

Die Zeiger-Tabellen enthalten ebenfalls 4 Spalten:

Spalte 1 (Name des Zeigers):	Name des Zeigers
Spalte 2 (Zeigertyp):	Typ des Zeigers d.h. es sind nur Zeiger auf Objekte des angegebenen Typs zulässig.
Spalte 3 (Pflichteintrag):	Ja / Nein – Angabe Kein Eintrag: Belegung des Zeigers ist optional ✓: Belegung des Zeigers ist Pflicht
Spalte 4 (Art des Zeigers):	In dieser Spalte sind zwei Einträge zulässig: Kein Eintrag: Zeiger dient der Objektverknüpfung, enthält aber keine Information über Objekthierarchien. Besitz: Das referenzierte Objekt gehört zum referenzierenden Objekt. Vater: Das Objekt ist dem referenzierten Objekt untergeordnet. In XML werden diese Zeiger nicht explizit nachgebildet, da über die hierarchische Struktur bereits der Vater jedes Objektes vorgegeben ist.

Element Anschluss

Das Element Anschluss ist abgeleitet von Knotenpunkt. Es beschreibt Knoten, an die Netzelemente angeschlossen werden können.

Element Asynchronmotor

Das Element Asynchronmotor ist abgeleitet von Verbraucher. Es beschreibt die elektrischen Eigenschaften eines Asynchronmotors.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ILR_Ir	DoubleGroesse		Verhältnis Anlauf- zu Bemessungsstrom
Ir	DoubleGroesse	A	Bemessungsstrom
Modellbez	Text		Modellbezeichnung
P_mech	DoubleGroesse	MW	mechanische Wirkleistung
Polpaarz	DoubleGroesse		Polpaarzahl
Sr	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung
Tm	DoubleGroesse	S	Anlaufzeitkonstante
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung
Wirkungsgrad	DoubleGroesse		Wirkungsgrad
X1_R1	DoubleGroesse		X/R im Mitsystem
Cosphir	DoubleGroesse		Bemessungsleistungsfaktor
nametyp	Text		Name des Typs
Ns	DoubleGroesse	1/min	synchrone Drehzahl
pvr	DoubleGroesse	p.u.	mechanische Reibungsverluste
rL	DoubleGroesse	p.u.	Läuferwiderstand
rS	DoubleGroesse	p.u.	Ständerwiderstand
sb	DoubleGroesse		auf die mechanische Wirkleistung bezogene Kurzschlusscheinleistung
x0	DoubleGroesse	p.u.	Nullsystemreaktanz
xh	DoubleGroesse	p.u.	Hauptfeldreaktanz
xsigma_L	DoubleGroesse	p.u.	Läufer Streureaktanz
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element AsynchronmotorTyp

Typ eines Asynchronmotors

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ILR_Ir	DoubleGroesse		Verhältnis Anlauf- zu Bemessungsstrom
Ir	DoubleGroesse	A	Bemessungsstrom
Modellbez	Text		Modellbezeichnung
P_mech	DoubleGroesse	MW	mechanische Wirkleistung
Polpaarz	DoubleGroesse		Polpaarzahl
Sr	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung
Tm	DoubleGroesse	S	Anlaufzeitkonstante
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung
Wirkungsgrad	DoubleGroesse		Wirkungsgrad
X1_R1	DoubleGroesse		X/R im Mitsystem
Cosphir	DoubleGroesse		Bemessungsleistungsfaktor
Ns	DoubleGroesse	1/min	synchrone Drehzahl
pvr	DoubleGroesse	p.u.	mechanische Reibungsverluste
rL	DoubleGroesse	p.u.	Läuferwiderstand
rS	DoubleGroesse	p.u.	Ständerwiderstand
sb	DoubleGroesse		auf die mechanische Wirkleistung bezogene Kurzschlusscheinleistung
x0	DoubleGroesse	p.u.	Nullsystemreaktanz
xh	DoubleGroesse	p.u.	Hauptfeldreaktanz
xsigma_L	DoubleGroesse	p.u.	Läufer Streureaktanz
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element Austauschleistung

Das Element Austauschleistung ist abgeleitet von NetzObjekt. Es ist Basiselement der Elemente Regelzone und Netzgruppe und beschreibt deren Leistungsbezug und Leistungslieferung.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Ausgleich_Faktor	DoubleGroesse		Beteiligung an dem Ausgleich der Regelzonenbilanz 0.0 keine Beteiligung
P_Bezug	DoubleGroesse	MW	Austauschleistung Summe des Bezugs
P_Lieferung	DoubleGroesse	MW	Austauschleistung Summe der Lieferung

Element BauEinrichtung

Das Element BauEinrichtung ist abgeleitet von Standortelement. Es beschreibt eine bauliche Einrichtung an einem Standort.

Element Boundaryinjection

Das Element Boundaryinjection ist abgeleitet von Einspeisung. Mittels dieses Elementes können gezielt Flüsse des explizit nachgebildeten Netzes in ein Ersatznetz vorgegeben werden.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
P_Ersatznetz	DoubleGroesse	MW	in das Ersatznetz fließender Wirkfluss
P_Restnetz	DoubleGroesse	MW	in das Restnetz fließender Wirkfluss
Q_Ersatznetz	DoubleGroesse	Mvar	in das Ersatznetz fließender Blindfluss
Q_Restnetz	DoubleGroesse	Mvar	in das Restnetz fließender Blindfluss
R0	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz im Nullsystem
R1	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz im Mitsystem
R_ext	DoubleGroesse	Ohm	R bei Extended-Ward
Sk	DoubleGroesse	GVA	Anfangskurzschlusswechselstromleistung
U_ext	DoubleGroesse	kV	Spannungsbetrag bei Extended-Ward
X0	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz im Nullsystem
X1	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz im Mitsystem
X1_R1	DoubleGroesse		Verhältnis X/R im Mitsystem
X_ext	DoubleGroesse	Ohm	X bei Extended-Ward

Element Dreiwicklungstrafo

Das Element Dreiwicklungstrafo ist abgeleitet von Trafo. Es beschreibt einen 3-Wicklungs-Transformator.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Anschluss_cosphi0	IntegerGroesse		Anschlussnummer für cosPhi Zusatz
ERMAX	DoubleGroesse	p.u.	zulässige Erregung
Fcosphi0gl1	DoubleGroesse		Funktionswert bei cosPhi = 1.0 abhängig vom Einstellwert cosPhi0
I_b	DoubleGroesse		höchster Betriebsstrom vor dem Kurzschluss
lkr	DoubleGroesse		Wichtungsfaktor der Stromabhängigkeit I/Ir
K_T_12	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für die Korrektur der Impedanz zwischen Anschluss 1 und 2
K_T_13	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für die Korrektur der Impedanz zwischen Anschluss 1 und 3
K_T_23	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für die Korrektur der Impedanz zwischen Anschluss 2 und 3
Kommentar	Text		Kommentar
Korr_Verfahren	IntegerGroesse		Korrekturverfahren
Kurzname	Text		Kurzname
Langname	Text		Langname
Mittelstufe_S1	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 1
Mittelstufe_S2	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 2
Name	Text		Name des Dreiwicklungstrafo
P_Vorgabe	DoubleGroesse	MW	Wirkfluss-Vorgabe
P_leer	DoubleGroesse	kW	Leerlaufverluste
Pkmax12	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 2 bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmax13	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 3 bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmax23	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 2 und 3 bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin12	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 2 bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin13	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 3 bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin23	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 2 und 3 bei minimaler Stellung des Stufenschalters

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Pkr12	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 2 im Bemessungsbetrieb
Pkr13	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 3 im Bemessungsbetrieb
Pkr23	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 2 und 3 im Bemessungsbetrieb
R00max1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R00max2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R00min1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R00min2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R00r1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
R00r2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
R0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
R0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
Regelung_S1	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 1 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe
Regelung_S2	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 2 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe
S_dauer_1	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung Wicklung 1
S_dauer_2	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung Wicklung 2
S_dauer_3	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung Wicklung 3
Schaltgr	Text		Schaltgruppe
Sr1	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung Anschluss 1
Sr2	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung Anschluss 2
Sr3	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung Anschluss 3

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
UREG	DoubleGroesse	kV	Spannung bei der zulässigen Erregung
U_b	DoubleGroesse		minimale Betriebsspannung vor dem Kurzschluss
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen
Unter_Last_nicht_verstellbar_S1	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 1' 1: Stufenschalter 1 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 1 ist unter Last verstellbar
Unter_Last_nicht_verstellbar_S2	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 2' 1: Stufenschalter 2 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 2 ist unter Last verstellbar
Uzus_Winkel_S1	DoubleGroesse		Grad Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
Uzus_Winkel_S2	DoubleGroesse	Grad	Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
V_Zuordnung	IntegerGroesse		Verlustzuordnung (s.a. Bemerkungen)
X00max1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X00max2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X00min1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
X00min2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
X00r1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X00r2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
X0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
X0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
X0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
aktstufe_s1	DoubleGroesse		aktuelle Stufenstellung von Stufenschalter 1

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
aktstufe_s2	DoubleGroesse		aktuelle Stufenstellung von Stufenschalter 2
cosphi0	DoubleGroesse		Einstellwert cosPhi0
gestufte_Seite_S1	IntegerGroesse		gestufte Seite von Stufenschalter 1 0: Oberspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 3: Seite 3 kein Eintrag: Stufenschalter 1 nicht vorhanden
gestufte_Seite_S2	IntegerGroesse		gestufte Seite Stufenschalter 2 0: Oberspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 3: Seite 3 kein Eintrag: Stufenschalter 2 nicht vorhanden
i_leer	DoubleGroesse	%	Leerlaufstrom der Wicklung mit dem größten Sr
Maxstufe_s1	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 1
Maxstufe_s2	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 2
Minstufe_s1	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 1
Minstufe_s2	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 2
nach_A_Nr	IntegerGroesse		Richtung des Wirkflusses (nach Anschluss Nr.)
Nametyp	Text		Name des Typs
phi_b	DoubleGroesse		Winkel des Leistungsfaktors vor dem Kurzschluss
spgreg_anschluss	IntegerGroesse		Anschluss des Knoten der Spannungshaltung Wenn die Spannungshaltung direkt am Transf. erfolgt, dann wird der Knoten durch die Anschlussnummer (0=Anfang,1=Ende) angegeben.
ukmax12	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 2 bezogen)
ukmax13	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 3 bezogen)
ukmax23	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 2 und Anschluss 3 bezogen)

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ukmin12	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 2 bezogen)
ukmin13	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 3 bezogen)
ukmin23	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 2 und Anschluss 3 bezogen)
ukr12	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 2 bezogen)
ukr13	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 3 bezogen)
ukr23	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 2 und Anschluss 3 bezogen)
umax_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umax_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umin_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umin_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
spgreg_knoten	Knotenpunkt		
wicklung1	TrafoWicklung	✓	Besitz
wicklung2	TrafoWicklung	✓	Besitz
wicklung3	TrafoWicklung	✓	Besitz

Element DreiwicklungstrafoTyp

Typ des Dreiwicklungstransformators

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Anschluss_cosphi0	IntegerGroesse		Anschlussnummer für cosPhi Zusatz
ERMAX	DoubleGroesse	p.u.	zulässige Erregung
Fcosphi0gl1	DoubleGroesse		Funktionswert bei cosPhi = 1.0 abhängig vom Einstellwert cosPhi0
I_b	DoubleGroesse		höchster Betriebsstrom vor dem Kurzschluss
lkr	DoubleGroesse		Wichtungsfaktor der Stromabhängigkeit I/Ir
K_T_12	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für die Korrektur der Impedanz zwischen Anschluss 1 und 2
K_T_13	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für die Korrektur der Impedanz zwischen Anschluss 1 und 3
K_T_23	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für die Korrektur der Impedanz zwischen Anschluss 2 und 3
Kommentar	Text		Kommentar
Korr_Verfahren	IntegerGroesse		Korrekturverfahren
Mittelstufe_S1	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 1
Mittelstufe_S2	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 2
Name	Text		Name des Dreiwicklungstrafo

P_Vorgabe	DoubleGroesse	MW	Wirkfluss-Vorgabe
P_leer	DoubleGroesse	kW	Leerlaufverluste
Pkmax12	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 2 bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmax13	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 3 bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmax23	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 2 und 3 bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin12	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 2 bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin13	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 3 bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin23	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 2 und 3 bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Pkr12	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 2 im Bemessungsbetrieb
Pkr13	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 1 und 3 im Bemessungsbetrieb
Pkr23	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste zwischen den Anschlüssen 2 und 3 im Bemessungsbetrieb
R00max1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R00max2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R00min1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R00min2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R00r1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
R00r2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
R0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung

R0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
Regelung_S1	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 1 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe
Regelung_S2	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 2 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe
S_dauer_1	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung Wicklung 1
S_dauer_2	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung Wicklung 2
S_dauer_3	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung Wicklung 3
Schaltgr	Text		Schaltgruppe
Sr1	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung Anschluss 1
Sr2	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung Anschluss 2
Sr3	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung Anschluss 3
UREG	DoubleGroesse	kV	Spannung bei der zulässigen Erregung
U_b	DoubleGroesse		minimale Betriebsspannung vor dem Kurzschluss
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen
Unter_Last_nicht_verstellbar_S1	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 1' 1: Stufenschalter 1 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 1 ist unter Last verstellbar
Unter_Last_nicht_verstellbar_S2	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 2' 1: Stufenschalter 2 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 2 ist unter Last verstellbar
Uzus_Winkel_S1	DoubleGroesse		Grad Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
Uzus_Winkel_S2	DoubleGroesse	Grad	Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
V_Zuordnung	IntegerGroesse		Verlustzuordnung (s.a. Bemerkungen)
X00max1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X00max2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X00min1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
X00min2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung

X00r1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X00r2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
X0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
X0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
X0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
cosphi0	DoubleGroesse		Einstellwert cosPhi0
gestufte_Seite_S1	IntegerGroesse		gestufte Seite von Stufenschalter 1 0: Überspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 3: Seite 3 kein Eintrag: Stufenschalter 1 nicht vorhanden
gestufte_Seite_S2	IntegerGroesse		gestufte Seite Stufenschalter 2 0: Überspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 3: Seite 3 kein Eintrag: Stufenschalter 2 nicht vorhanden
i_leer	DoubleGroesse	%	Leerlaufstrom der Wicklung mit dem größten Sr
Maxstufe_s1	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 1
Maxstufe_s2	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 2
Minstufe_s1	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 1
Minstufe_s2	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 2
nach_A_Nr	IntegerGroesse		Richtung des Wirkflusses (nach Anschluss Nr.)
phi_b	DoubleGroesse		Winkel des Leistungsfaktors vor dem Kurzschluss
spgreg_anschluss	IntegerGroesse		Anschluss des Knoten der Spannungshaltung Wenn die Spannungshaltung direkt am Transf. erfolgt, dann wird der Knoten durch die Anschlussnummer (0=Anfang,1=Ende) angegeben.

ukmax12	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 2 bezogen)
ukmax13	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 3 bezogen)
ukmax23	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 2 und Anschluss 3 bezogen)
ukmin12	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 2 bezogen)
ukmin13	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 3 bezogen)
ukmin23	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 2 und Anschluss 3 bezogen)
ukr12	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 2 bezogen)
ukr13	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 1 und Anschluss 3 bezogen)
ukr23	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters (auf Durchgangsbemessungsscheinleistung zwischen Anschluss 2 und Anschluss 3 bezogen)
umax_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umax_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung

umin_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umin_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element EVBasis

Das Element EVBasis ist abgeleitet von QuerZweig3P. Es ist Basiselement aller Einspeisungen und Verbraucher.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
P0	DoubleGroesse	MW	Wirkanteil der Leistung
P0	DoubleGroesse	MW	Wirkanteil der Leistung
Q0_ind	DoubleGroesse	Mvar	ind. Blindanteil der Leistung
Q0_ind	DoubleGroesse	Mvar	ind. Blindanteil der Leistung
Q0_kap	DoubleGroesse	Mvar	kap. Blindanteil der Leistung
Q0_kap	DoubleGroesse	Mvar	kap. Blindanteil der Leistung
S0	DoubleGroesse	MVA	Scheinleistung der Last
S0	DoubleGroesse	MVA	Scheinleistung der Last
cos_phi	DoubleGroesse		cos_Phi der Last
cos_phi	DoubleGroesse		cos_Phi der Last
ganglinientyp	IntegerGroesse		Ganglinientyp
wvprio	DoubleGroesse		Wiederversorgungspriorität (je größer der Wert desto höher ist die Priorität)
xup	DoubleGroesse		Spannungsexponent für P
xuq_ind	DoubleGroesse		Spannungsexponent für Q_ind
xuq_kap	DoubleGroesse		Spannungsexponent für Q_kap

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
multfaktor	MultFaktor		

Element Einspeisung

Das Element Einspeisung ist abgeleitet von EVBasis. Es ist Basiselement spezialisierter Elemente zur Nachbildung von Einspeisungen (z.B. Generator).

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kr	DoubleGroesse	MW/Hz	Betrag der primären Leistungszahl
P_max	DoubleGroesse	MW	obere Grenze der Wirkleistung
P_min	DoubleGroesse	MW	untere Grenze der Wirkleistung
Q_max	DoubleGroesse	Mvar	obere Grenze der Blindleistung
Q_min	DoubleGroesse	Mvar	untere Grenze der Blindleistung.
einspprio	IntegerGroesse		Einspeisepriorität Spannungsgeregelte Einspeisung mit höchster Priorität im Teilnetz wird zum Slack
grenzkosten	DoubleGroesse	Euro/MWh	Grenzkosten für zusätzliche Erzeugung
spannungsgeregelt	IntegerGroesse		Typ der Einspeisung 0 = nicht spannungsgeregelt 1 = spannungsgeregelt
spgregelung_abschaltbar	IntegerGroesse		Umwandlung PQ nach PV in LF-Berechnung bei dieser Einspeisung zulässig 0: unzulässig 1: zulässig
usoll	DoubleGroesse	KV	Sollspannung der Einspeisung

Element Erdseil

Das Element Erdseil ist abgeleitet von Position. Es beschreibt ein Erdseil eines Freileitungsgestänges. Ein Freileitungsgestänge kann mehrere Erdseile enthalten.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
A1	DoubleGroesse	mm ²	äusserer Querschnitt (leitend) des Seiles
A2	DoubleGroesse	mm ²	innerer Querschnitt des Seiles
Durchmesser	DoubleGroesse	cm	Seildurchmesser
durchhang	DoubleGroesse	m	Durchhang des Seiles
Nametyp	Text		Name des Typs
r_GS	DoubleGroesse	Ohm/km	spezifischer Gleichstromwiderstand des Seiles
r_WS	DoubleGroesse	Ohm/km	spezifischer Wechselstromwiderstand des Seiles

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
gestaenge	Gestaenge	✓	Vater

Element ErdseilTyp

Typ eines Erdseils

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
A1	DoubleGroesse	mm ²	äusserer Querschnitt (leitend) des Seiles
A2	DoubleGroesse	mm ²	innerer Querschnitt des Seiles
Durchmesser	DoubleGroesse	cm	Seildurchmesser
durchhang	DoubleGroesse	m	Durchhang des Seiles
r_GS	DoubleGroesse	Ohm/km	spezifischer Gleichstromwiderstand des Seiles
r_WS	DoubleGroesse	Ohm/km	spezifischer Wechselstromwiderstand des Seiles

Element Ersatzlaengsweig

Das Element Ersatzlängsweig ist abgeleitet von Zweig. Instanzen dieses Elementes entstehen bei einer Netzwerkreduktion.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
R0	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz im Nullsystem (Kurzschlussreduktion)
R12_KS	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz gemessen von Anschluss 1, Anschluss 2 kurzgeschlossen (Kurzschlussreduktion)
R12_LFL	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz gemessen von Anschluss 1, Anschluss 2 kurzgeschlossen im Mitsystem (Lastflussreduktion)
R21_LFL	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz gemessen von Anschluss 2, Anschluss 1 kurzgeschlossen im Mitsystem (Lastflussreduktion)
Ur1	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung Anschluss 1
Ur2	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung Anschluss 2
X0	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz im Nullsystem (Kurzschlussreduktion)
X12_KS	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz gemessen von Anschluss 1, Anschluss 2 kurzgeschlossen (Kurzschlussreduktion)
X12_LFL	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz gemessen von Anschluss 1, Anschluss 2 kurzgeschlossen im Mitsystem (Lastflussreduktion)
X21_LFL	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz gemessen von Anschluss 2, Anschluss 1 kurzgeschlossen im Mitsystem (Lastflussreduktion)

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
versorgungsnetz	Versorgungsnetz	✓	Vater

Element Ersatzquerzweig

Das Element Ersatzquerzweig ist abgeleitet von QuerZweig3P. Instanzen dieses Elementes entstehen bei einer Netzwerkreduktion.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kr	DoubleGroesse	MW/Hz	Ersatzleistungszahl
P_bel	DoubleGroesse	MW	Wirkanteil der Ersatz-Last mit S=konst.
P_ein	DoubleGroesse	MW	Wirkleistung der Ersatzspeisung
P_kl	DoubleGroesse	MW	Wirkanteil der Ersatz-Last mit Z=konst.
Q_bel	DoubleGroesse	Mvar	Blindanteil der Ersatz-Last mit S=konst.
Q_ein	DoubleGroesse	Mvar	Blindleistung der Ersatzspeisung
Q_kl	DoubleGroesse	Mvar	Blindanteil der Ersatz-Last mit Z=konst.
R0	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz im Nullsystem (Kurzschlussreduktion)
R1	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz im Mitsystem (Kurzschlussreduktion)
R_ext	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz bei Extended-Ward
Sk	DoubleGroesse	GVA	Anfangs-Kurzschlusswechselstromleistung
Usoll	DoubleGroesse	kV	PVspannung bei Extended-Ward
X0	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz im Nullsystem (Kurzschlussreduktion)
X1	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz im Mitsystem (Kurzschlussreduktion)
X1_R1	DoubleGroesse		Verhältnis X/R im Mitsystem
X_ext	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz bei Extended-Ward

Element Fahrzeit

Das Element Fahrzeit ist abgeleitet von NetzObjekt. Sie gibt an, wie lange die Fahrt von einem Standort zu einem anderen Standort dauert.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Auto	BoolGroesse		Fahrzeit automatisch ermittelt
Dauer	DoubleGroesse	Min	Fahrzeit zwischen 2 Stationen

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
stnach	Standort	✓	
stvon	Standort	✓	

Element Feld

Das Element Feld ist abgeleitet von NetzObjekt. Es beschreibt ein einzelnes Schaltfeld. Der Zeiger auf die Innentopologie ist nur belegt, wenn der Aufbau des Schaltfeldes explizit nachgebildet wird.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Bedienart	IntergerGroesse		Bedienart 0: fernbedient 1: vorortbedient 2: nicht schaltbar 3: nicht bekannt
NameZuvTyp	Text		Name des Typs mit den Zuverlässigkeitskenndaten
Schaltzeit	DoubleGroesse	min	Schaltzeit
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
innentopologie	InnenTopologie		Besitz
schaltanlage	Schaltanlage	✓	Vater

Element FeldAbgang

Das Element FeldAbgang ist abgeleitet von Anschluss. An einen Feldabgang können andere Netzobjekte (z.B. Leitungen und Transformatoren) angeschlossen werden.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
feld	Feld	✓	Vater
ssab	Sammelschienenabschnitt		

Element FeldAbgangVerbindung

Das Element FeldAbgangVerbindung repräsentiert mögliche Verbindungen zwischen Feldabgängen und Sammelschienenabschnitten.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
verbunden	BoolGroesse		true wenn diese Verbindung geschaltet ist

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
feldabgang	FeldAbgang	✓	Vater
ssab	Sammelschieneabschnitt	✓	

Element FeldKnoten

Das Element FeldKnoten ist abgeleitet von Knotenpunkt. Ein Feldknoten liegt immer innerhalb eines Schaltfeldes.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
innentopologie	InnenTopologie	✓	Vater
abgang	FeldAbgang		

Element Feldzweig

Das Element Feldzweig ist abgeleitet von NetzObjekt. Es beschreibt Schaltelemente, die innerhalb eines Schaltfeldes liegen.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
aknoten	FeldKnoten	✓	
eknoten	FeldKnoten	✓	
innentopologie	InnenTopologie	✓	Vater

Element Freileitungsabschnitt

Das Element Freileitungsabschnitt ist abgeleitet von Leitungsabschnitt. Es beschreibt Freileitungsabschnitte inklusive Anordnung und Aufbau der Teilleiter.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
A1	DoubleGroesse	mm ²	äusserer Querschnitt (leitend) des Seiles
A2	DoubleGroesse	mm ²	innerer Querschnitt des Seiles
Teil_Abstand	DoubleGroesse	Cm	Teilleiterabstand des Bündels
Teil_Lage	DoubleGroesse		Teilleiterlage des Bündels
Teil_Zahl	IntegerGroesse		Teilleiterzahl des Bündels
durchhang	DoubleGroesse	M	Durchhang des Leiters
r_GS	DoubleGroesse	Ohm/km	spezifischer Gleichstromwiderstand des Seiles
r_WS	DoubleGroesse	Ohm/km	spezifischer Wechselstromwiderstand des Seiles

Element Gebaeude

Das Element Gebaeude ist abgeleitet von BauEinrichtung. In ihr sind betriebswirtschaftliche Informationen abgelegt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
MaxAnzTrafos	IntegerGroesse		Maximale Anzahl der Transformatoren im Gebäude
nametyp	Text		Name des Typs

Element GebaeudeTyp

Typ eines Gebäudes

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa

Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
MaxAnzTrafos	IntegerGroesse		Maximale Anzahl der Transformatoren im Gebäude

Element Generator

Das Element Generator ist abgeleitet von Einspeisung.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
CE	DoubleGroesse	microF	Erdkapazität Ständerwicklung
K_B	DoubleGroesse		vorgegebener Korrekturfaktor für den Kraftwerksblock
K_G	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für den Generator
K_T	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für den Transformator
Korr_Verfahren	IntegerGroesse		Korrekturverfahren
Korr_Verfahren_B	IntegerGroesse		Korrekturverfahren B
Korr_Verfahren_C	IntegerGroesse		Korrekturverfahren C
Modellbez	Text		Modellbezeichnung
Prognose_Faktor	DoubleGroesse		Beteiligung an Lastprognose
Qmax_von_Pmax	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmax(Pmax)
Qmax_von_Pmin	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmax(Pmin)
Qmin_von_Pmax	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmin(Pmax)
Qmin_von_Pmin	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmin(Pmin)
Ranking_Nr	IntegerGroesse		Rangfolge beim Hochfahren von Kraftwerken
Sr	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung
Td1S	DoubleGroesse	s	transiente Zeitkonstante der Längsachse
Td2S	DoubleGroesse	s	subtransiente Zeitkonstante der Längsachse
Tm	DoubleGroesse	s	mechanische Anlaufzeitkonstante aller mit der Synchronmaschine an der gemeinsamen Welle rotierenden Massen
Tq1S	DoubleGroesse	s	transiente Zeitkonstante der Querachse
Tq2S	DoubleGroesse	s	subtransiente Zeitkonstante der Querachse
UQmin	DoubleGroesse	kV	minimale Betriebsspannung OS-Seite
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung
cosphir	DoubleGroesse		cosPhi bei Bemessungsbetrieb
nr	DoubleGroesse	1/min	Bemessungsdrehzahl
pG	DoubleGroesse		maximale Generatorregelung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
pvr	DoubleGroesse	p.u.	mechanische Reibungsverluste
rG	DoubleGroesse	p.u.	bezogener Ständerwiderstand
rGf	DoubleGroesse	p.u.	bezogener fiktiver Ständerwiderstand
x0G	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Nullreaktanz
xd2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Längsreaktanz gesättigt
xdu	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Synchron-Längsreaktanz ungesättigt
xdu1S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Transient-Längsreaktanz ungesättigt
xdu2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Längsreaktanz ungesättigt
xp	DoubleGroesse	p.u.	POTIER-Reaktanz
xq2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Querreaktanz gesättigt
xqu	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Synchron-Querreaktanz ungesättigt
xqu1S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Transient-Querreaktanz ungesättigt
xqu2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Querreaktanz ungesättigt
xsigma_DDq	DoubleGroesse	p.u.	doppelt verkettete Streureaktanz zwischen Dq1 und Dq2-Wicklungen in der q-Achse
xsigma_a	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Ständer-Streifeldreaktanz
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
nametyp	Text		Name des Typs

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
knoten1p	Knoten1P	✓	Besitz

Element GeneratorTyp

Typ eines Generators

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
CE	DoubleGroesse	microF	Erdkapazität Ständerwicklung
K_B	DoubleGroesse		vorgegebener Korrekturfaktor für den Kraftwerksblock
K_G	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für den Generator
K_T	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für den Transformator
Korr_Verfahren	IntegerGroesse		Korrekturverfahren
Korr_Verfahren_B	IntegerGroesse		Korrekturverfahren B
Korr_Verfahren_C	IntegerGroesse		Korrekturverfahren C
Modellbez	Text		Modellbezeichnung
Prognose_Faktor	DoubleGroesse		Beteiligung an Lastprognose
Qmax_von_Pmax	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmax(Pmax)
Qmax_von_Pmin	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmax(Pmin)
Qmin_von_Pmax	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmin(Pmax)
Qmin_von_Pmin	DoubleGroesse	Mvar	PQ-Diagramm Qmin(Pmin)
Ranking_Nr	IntegerGroesse		Rangfolge beim Hochfahren von Kraftwerken
Sr	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung
Td1S	DoubleGroesse	s	transiente Zeitkonstante der Längsachse
Td2S	DoubleGroesse	s	subtransiente Zeitkonstante der Längsachse
Tm	DoubleGroesse	s	mechanische Anlaufzeitkonstante aller mit der Synchronmaschine an der gemeinsamen Welle rotierenden Massen
Tq1S	DoubleGroesse	s	transiente Zeitkonstante der Querachse
Tq2S	DoubleGroesse	s	subtransiente Zeitkonstante der Querachse
UQmin	DoubleGroesse	kV	minimale Betriebsspannung OS-Seite
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung
cosphir	DoubleGroesse		cosPhi bei Bemessungsbetrieb
Nr	DoubleGroesse	1/min	Bemessungsdrehzahl
pG	DoubleGroesse		maximale Generatorregelung
pvr	DoubleGroesse	p.u.	mechanische Reibungsverluste
rG	DoubleGroesse	p.u.	bezogener Ständerwiderstand
rGf	DoubleGroesse	p.u.	bezogener fiktiver Ständerwiderstand
x0G	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Nullreaktanzen
Xd2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Längsreaktanzen gesättigt
xdu	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Synchron-Längsreaktanzen ungesättigt
xdu1S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Transient-Längsreaktanzen ungesättigt
xdu2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Längsreaktanzen ungesättigt
Xp	DoubleGroesse	p.u.	POTIER-Reaktanz
Xq2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Querreaktanzen gesättigt
xqu	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Synchron-Querreaktanzen ungesättigt

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
xqu1S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Transient-Querreaktanz ungesättigt
xqu2S	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Subtransient-Querreaktanz ungesättigt
xsigma_DDq	DoubleGroesse	p.u.	doppelt verkettete Streureaktanz zwischen Dq1 und Dq2-Wicklungen in der q-Achse
xsigma_a	DoubleGroesse	p.u.	bezogene Ständer-Streufeldreaktanz
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element Gestaenge

Das Element Gestaenge ist abgeleitet von Leitungsgruppe. Es beschreibt Freileitungsgestänge, die mehrere Freileitungsabschnitte aufnehmen können.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element GeoPolyLinie

Das Element GeoPolyLinie beschreibt einen geographischen Polygonzug anhand von Stützpunkten.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
GeoPunkte	GeoPunkt		Besitz
Trasse	Trasse		Vater
Leitungsabschnitt	Leitungsabschnitt		Vater

Element GeoPunkt

Das Element GeoPunkt beschreibt einen geographischen Punkt anhand seiner Gauß-Krüger-Koordinaten.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
GKH	DoubleGroesse	Meter	Gauß-Krüger-Hochwert
GKR	DoubleGroesse	Meter	Gauß-Krüger-Rechtswert

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
GeoPolyLinie	GeoPolyLinie		Vater
Standort	Standort		Vater

Element Graben

Das Element Graben ist abgeleitet von Leitungsgruppe. Es beschreibt Gräben, die mehrere Kabelabschnitte aufnehmen können.

Element Grundstueck

Das Element Grundstueck ist abgeleitet von BauEinrichtung. In ihr sind betriebswirtschaftliche Informationen abgelegt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung

			pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element InnenTopologie

Das Element InnenTopologie beschreibt den internen Aufbau eines Schaltfeldes, sofern dieser nachgebildet werden soll.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
feld	Feld	✓	Vater

Element KabelAbschnitt

Das Element KabelAbschnitt ist abgeleitet von Leitungsabschnitt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Reduktionsfaktor	DoubleGroesse		Reduktionsfaktor bei Kabeln

Element KnMessstelle

Das Element KnMessstelle ist abgeleitet von Messstelle. Es beschreibt Knotenmessstellen.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
Knotenpunkt	Knotenpunkt	✓	Vater

Element Knoten

Das Element Knoten ist abgeleitet von NetzObjekt. Es ist Basiselement aller 1- und 3-phasiger Knoten.

Element Knoten1P

Das Element Knoten1P ist abgeleitet von Knoten. Es beschreibt 1-phasige Knoten.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
geerdet	IntegerGroesse		0: Knoten nicht geerdet; 1: Knoten geerdet

Element Knotenpunkt

Das Element Knotenpunkt ist abgeleitet von Knoten. Es beschreibt 3-phasige Knoten und ist Basiselement spezialisierter 3-phasiger Knoten (z.B. Sammelschienenabschnitt).

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kommentar	Text		Kommentar
Limit_Ik	DoubleGroesse	kA	Maximal zulässiger Anfangskurzschlusswechselstrom
Limit_ip	DoubleGroesse	kA	Maximal zulässiger Stosskurzschlussstrom
Umax	DoubleGroesse	kV	obere Spannungsgrenze
Umin	DoubleGroesse	kV	untere Spannungsgrenze
Usoll	DoubleGroesse	kV	Sollspannung

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
netzgruppe	Netzgruppe		

Element Klemme

Das Element Klemme ist abgeleitet von Anschluss. Es beschreibt Knoten, die nicht innerhalb einer Schaltanlage liegen.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen
Un	DoubleGroesse	kV	Nennspannung

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
standort	Standort		
versorgungsnetz	Versorgungsnetz		Vater
stromnetz	Stromnetz		Vater

Element Kompensationsdrossel1P

Das Element Kompensationsdrossel1P ist abgeleitet von QuerZweig1P. Es beschreibt 1-phasi-ge Kompensationsdrosseln.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Iakt	DoubleGroesse	A	Einstellwert des Stroms bei der Petersenspule
Imax	DoubleGroesse	A	Obere Grenze des einzustellenden Stroms der Petersenspule
Imin	DoubleGroesse	A	Untere Grenze des einzustellenden Stroms

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
			der Petersenspule
Limit_Ik	DoubleGroesse	kA	Max. Anfangskurzschlusswechselstrom (für niederohmige strombegrenzende Erdung)
RNE	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Sternpunktimpedanz
R_X	DoubleGroesse		Widerstandsverhältnis R/X
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung
XNE	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Sternpunktimpedanz

Element Kompensationsdrossel3P

Das Element Kompensationsdrossel3P ist abgeleitet von QuerZweig3P. Es beschreibt 3-phasi-ge Kompensationsdrosseln.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
R0	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz
X0	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz
Pr	DoubleGroesse	kW	Wirkverluste (dreiphasig) im Bemessungsbetrieb
Qr	DoubleGroesse	Mvar	aufgenommene Blindleistung im Bemessungsbetrieb
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
knoten1p	Knoten1P	✓	Besitz

Element KSAnzeiger

Das Element KSAnzeiger ist abgeleitet von NetzObjekt. Es beschreibt Kurzschlussanzeiger.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ferngemeldet	IntegerGroesse		Ferngemeldeter Kurzschlussanzeiger
in_betrieb	IntegerGroesse		Kurzschlussanzeiger in Betrieb

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
leitungsabschnitt	Leitungsabschnitt	✓	Vater

Element Kupplung

Das Element Kupplung ist abgeleitet von Zweig. Eine Kupplung verbindet immer genau zwei Sammelschienenabschnitte.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Bedienart	IntegerGroesse		Bedienart 0: fernbedient 1: vorortbedient 2: nicht schaltbar 3: nicht bekannt
NameZuvTyp	Text		Name des Typs mit den Zuverlässigkeitskenndaten
Schaltzeit	DoubleGroesse	min	Schaltzeit

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
ss_anf	Sammelschienenabschnitt	✓	
ss_end	Sammelschienenabschnitt	✓	

Element Kunde

Das Element Kunde ist abgeleitet von NetzObjekt. Es enthält Informationen über einen Kunden.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kundennummer	Text		
Anrede	Text		Herr, Frau, Firma usw.
Vorname	Text		

Nachname	Text		
Straße	Text		
Hausnummer	Text		
Postleitzahl	IntegerGroesse		
Ort	Text		

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
standort_anf	Standort	✓	
versorgungsnetz	Versorgungsnetz	✓	Vater

Element Kundenmodell

Das Element Kundenmodell ist abgeleitet von Verbraucher. In ihm ist das elektrische Verbrauchsverhalten der Netzkunden nachgebildet. Der zeitliche Leistungsbedarf wird dabei über die im Objekt Verbrauchsstelle gespeicherten Informationen über TarifElement und Jahresverbrauch bestimmt.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
verbrauchsstelle	Verbrauchsstelle	✓	
standort_anf	Standort	✓	

Element KWBlock

Das Element KWBlock ist abgeleitet von Einspeisung. Es beschreibt Kraftwerksblöcke, die sich aus einem Transformator und einem Generator zusammensetzen.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
K	DoubleGroesse		vorgegebener Korrekturfaktor
Korr_Verfahren	IntegerGroesse		Korrekturverfahren (s. Hinweise)
Pkr	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste im Bemessungsbetrieb
Prognose_Faktor	DoubleGroesse		Beteiligung an Lastprognose
R0K	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz
Ranking_Nr	IntegerGroesse		Rangfolge beim Hochfahren von Kraftwerken
Schaltgr	Text		Schaltgruppe
SrG	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung des Generators
SrT	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsleistung des Transformators
Stellung_max	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters
Stellung_min	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters

Stellung_r	IntergerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters
Stufenst_akt	DoubleGroesse		aktuelle Stufenstellung
UQmin	DoubleGroesse	kV	minimale Betriebsspannung OS-Seite
UrG	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung des Generators
UrT1	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung des Transformators auf Seite 1
UrT2	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung des Transformators auf Seite 2
Uzus_Winkel	DoubleGroesse	Grad	Winkel zwischen der Zusatzspannung und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
X0K	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz
cosphir	DoubleGroesse		cosPhi bei Bemessungsbetrieb
pG	DoubleGroesse		maximale Generatorregelung
rG	DoubleGroesse	p.u.	bezogener Ständerwiderstand
rGf	DoubleGroesse	p.u.	bezogener fiktiver Ständerwiderstand
ukr	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei Hauptanzapfung des Stufenschalters
umax	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung (Hauptanzapfung bis maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umin	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung (Hauptanzapfung bis minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
xd2S	DoubleGroesse	%	bezogene Subtransient-Längsreaktanz gesättigt
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
knoten1p	Knoten1P	✓	Besitz

Element Last

Das Element Last ist abgeleitet von Verbraucher.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
C1	DoubleGroesse	microF	Eingangskapazität Leiter 1
C12	DoubleGroesse	microF	Koppelkapazität 1-2
C2	DoubleGroesse	microF	Eingangskapazität Leiter 2
C23	DoubleGroesse	microF	Koppelkapazität 2-3
C3	DoubleGroesse	microF	Eingangskapazität Leiter 3
C31	DoubleGroesse	microF	Koppelkapazität 3-1
R1	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz Leiter 1
R12	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Koppelimpedanz 1-2
R2	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz Leiter 2
R23	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Koppelimpedanz 2-3
R3	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz Leiter 3
R31	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Koppelimpedanz 3-1
R_me	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz zwischen Sternpunkt und Erde
Tfp	DoubleGroesse	s	Zählerzeitkonstante des Wirkleistungs-Lastmodells für die Frequenzabhängigkeit
Tfq_ind	DoubleGroesse	s	Zählerzeitkonstante des Blindleistungs-Lastmodells (induktiv) für die Frequenzabhängigkeit
Tfq_kap	DoubleGroesse	s	Zählerzeitkonstante des Blindleistungs-Lastmodells (kapazitiv) für die Frequenzabhängigkeit
Tv_fp	DoubleGroesse	s	Nennerzeitkonstante des Wirkleistungs-Lastmodells für die Frequenzabhängigkeit
Tv_fq_ind	DoubleGroesse	s	Nennerzeitkonstante des Blindleistungs-Lastmodells (induktiv) für die Frequenzabhängigkeit
Tv_fq_kap	DoubleGroesse	s	Nennerzeitkonstante des Blindleistungs-Lastmodells (kapazitiv) für die Frequenzabhängigkeit
X0_R0	DoubleGroesse		Verhältnis X/R im Nullsystem
X1	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz Leiter 1
X12	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Koppelimpedanz 1-2
X2	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz Leiter 2
X23	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Koppelimpedanz 2-3
X3	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz Leiter 3
X31	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Koppelimpedanz 3-1
X_me	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz zwischen Sternpunkt und Erde
Z0	DoubleGroesse	Ohm	Nullimpedanz
Z0_z1	DoubleGroesse		Verhältnis Null- zu Mitimpedanz
xfp	DoubleGroesse		Faktor für die stationäre Abhängigkeit von der Frequenz für P
xfq_ind	DoubleGroesse		Faktor für die stationäre Abhängigkeit von der Frequenz für Q_ind

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
xfq_kap	DoubleGroesse		Faktor für die stationäre Abhängigkeit von der Frequenz für Q_kap

Element LDrossel

Das Element LDrossel ist abgeleitet von Zweig. Es beschreibt Längsdrosseln, die beispielsweise zur Reduktion von Kurzschlussströmen eingesetzt werden.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Ir	DoubleGroesse	A	Bemessungsstrom
Pkr	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste (dreiphasig) im Bemessungsbetrieb
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element Leistungsschalter

Das Element Leistungsschalter ist abgeleitet von Feldzweig.

Attribute

Element LeistungsschalterTyp

Typ eines Leistungsschalters

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Ir	DoubleGroesse	A	Bemessungsstrom

Element Leitungsgruppe

Das Element Leitungsgruppe ist abgeleitet von NetzObjekt. Es ist Basiselement der Elemente Gestänge und Graben und immer genau einer Trasse zugeordnet.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
Trasse	Trasse	✓	Vater

Element Leitungsabschnitt

Das Element Leitungsabschnitt ist abgeleitet von Zweig. Es ist Basiselement der Elemente FreileitungAbschnitt und KabelAbschnitt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Ir	DoubleGroesse	A	Bemessungsstrom des Seiles
Länge	DoubleGroesse	Km	Länge des Leitungsabschnittes
Pdiel	DoubleGroesse	kW	dielektrische Verluste
Tend	DoubleGroesse	Grad Celsius	Leitertemperatur am Ende des KS bei min. KS-Strom nach VDE 0102
Un	DoubleGroesse	kV	Nennspannung
X0	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz des Nullsystems
X1	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz des Mitsystems
C0	DoubleGroesse	microF	Kapazität des Nullsystems
C1	DoubleGroesse	microF	Kapazität des Mitsystems
R0	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz des Nullsystems
R1	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz des Mitsystems
NameZuvTyp	Text		Name des Typs mit den Zuverlässigkeitskennndaten
VerlegeDatum	Datum		Datum der Verlegung
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
nametyp	Text		Name des Typs

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
ksanzeiger_end	KSanzeiger	✓	Besitz
ksanzeiger_anf	KSanzeiger	✓	Besitz
stromkreis	Stromkreis	✓	Vater
Zaehlpunkt	Zaehlpunkt		Besitz

Element Leitungsabschnittstyp

Typ eines Leitungsabschnittes

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Ir	DoubleGroesse	A	Bemessungsstrom des Seiles
Pdiel	DoubleGroesse	kW	dielektrische Verluste
Tend	DoubleGroesse	Grad Celsius	Leitertemperatur am Ende des KS bei min. KS-Strom nach VDE 0102
Un	DoubleGroesse	kV	Nennspannung
X0	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz des Nullsystems
X1	DoubleGroesse	Ohm	Reaktanz des Mitsystems
C0	DoubleGroesse	microF	Kapazität des Nullsystems
C1	DoubleGroesse	microF	Kapazität des Mitsystems
R0	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz des Nullsystems
R1	DoubleGroesse	Ohm	Resistanz des Mitsystems
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element Mast

Das Element Mast ist abgeleitet von BauEinrichtung. In ihm sind betriebswirtschaftliche Informationen abgelegt über den Mast im Sinne einer baulichen Einrichtung.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
------	-----	---------	--------------

ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
nametyp	Text		Name des Typs

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
gestaenge	Gestaenge		
standort	Standort		

Element MastTyp

Typ eines Mastes

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element Messstelle

Das Element Messstelle ist abgeleitet von NetzObjekt. Es enthält Daten einer Messung und ist Basiselement der Kotten- und Zweigmessstellen.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
------	-----	---------	--------------

Kennung_U	Text		Wertekennung der Spannung leer - nicht vorhanden A - aktuell H - Handersatzwert E - estimerter Wert aus vorangegangener Rechnung P - Pseudomesswert N - nicht erneuerter Messwert U - ungültig
Mess_U	DoubleGroesse	kV	Messwert der Spannungsmessung
Sigma_U	DoubleGroesse	kV	Sigma der Spannungsmessung

Element Muffenkoerper

Das Element Muffenkoerper ist abgeleitet von BauEinrichtung. In ihr sind betriebswirtschaftliche über die Muffe im Sinne einer baulichen Einrichtung Informationen abgelegt. Der Standort enthält neben dem Muffenkoerper die zu der Muffe gehörende elektrische Klemme.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element MultFaktor

Das Element MultFaktor ist abgeleitet von NetzObjekt. Es beschreibt einen Multiplikationsfaktor, über den Wirk- und Blindleistungsabgabe einer Gruppe von Einspeisungen und Verbrauchern pauschal erhöht bzw. verringert werden kann.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Lastprognose	DoubleGroesse	MW	Lastprognose (Summenwert)
P	DoubleGroesse	%	Multiplikationsfaktor für P (1 = 100%)

Q_ind	DoubleGroesse		Multiplikationsfaktor für Q_ind (1 = 100%)
Q_kap	DoubleGroesse		Multiplikationsfaktor für Q_kap (1 = 100%)
cos(phi_ind)	DoubleGroesse		cos(phi) für Q_ind aus P
cos(phi_kap)	DoubleGroesse		cos(phi) für Q_kap aus P
cos_phi_ind	DoubleGroesse		cos(phi) für Q_ind aus P
cos_phi_kap	DoubleGroesse		cos(phi) für Q_kap aus P

Element NetzObjekt

Basiselement aller Netzobjekte.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Bezeichner	Text		Bezeichner

Element Netzeinspeisung

Das Element Netzeinspeisung ist abgeleitet von Einspeisung.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Prognose_Faktor	Double		Beteiligung an Lastprognose
Ranking_Nr	Integer		Rangfolge beim Hochfahren von Kraftwerken
Sk_akt	Double	GVA	aktuelle Anfangskurzschlusswechselstromleistung
Sk_max	Double	GVA	maximale Anfangskurzschlusswechselstromleistung
Sk_min	Double	GVA	minimale Anfangskurzschlusswechselstromleistung
X0_R0	Double		Verhältnis X/R im Nullsystem
X0_R0_max	Double		Verhältnis X/R im Nullsystem für die maximale Anfangskurzschlusswechselstromleistung
X0_R0_min	Double		Verhältnis X/R im Nullsystem für die minimale Anfangskurzschlusswechselstromleistung
X1_R1	DoubleGroesse		Verhältnis X/R im Mitsystem
X1_R1_max	DoubleGroesse		Verhältnis X/R im Mitsystem für die maximale Anfangskurzschlusswechselstromleistung
X1_R1_min	DoubleGroesse		Verhältnis X/R im Mitsystem für die minimale Anfangskurzschlusswechselstromleistung
Z0_Z1	DoubleGroesse		Verhältnis der Impedanzen von Null- und Mitsystem

Element Netzgruppe

Das Element Netzgruppe ist abgeleitet von Austauschleistung. Einer Netzgruppe können verschiedene Instanzen des Element Knotenpunkt zugeordnet werden.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Faktor_P	DoubleGroesse		Gleichzeitigkeitsfaktor für P
Faktor_Q	DoubleGroesse		Gleichzeitigkeitsfaktor für Q

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
regelzone	Regelzone		

Element NullKopplung

Das Element NullKopplung ist abgeleitet von NetzObjekt. Es verbindet genau zwei Teilabschnitte zweier Freileitungen. Die 2 Teilabschnitte werden über die Zeiger Abschnitt1 und Abschnitt2 referenziert.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
R0	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Nullsystemkopplungsimpedanz
X0	DoubleGroesse	Ohm	Imaginaerteil der Nullsystemkopplungsimpedanz

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
Abschnitt1	PosRST	✓	
Abschnitt2	PosRST	✓	

Element Position

Das Element Position ist abgeleitet von NetzObjekt. Es beschreibt die Position eines Freileitungsseiles in einem Mastbild.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
x	DoubleGroesse	m	X-Koordinate bezogen auf Mastfuss
y	DoubleGroesse	m	Y-Koordinate bezogen auf Mastfuss

Element PosRST

Das Element PosRST ist abgeleitet von NetzObjekt. Es beschreibt die Position einer 3-phasi-gen Leitung in einem Mastbild und setzt sich daher aus 3 einzelnen Positions-Elementen zusammen.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
leitungsabschnitt	Leitungsabschnitt	✓	
leitungsgruppe	Leitungsgruppe	✓	
lage_s	Position		Besitz
lage_t	Position		Besitz
lage_r	Position		Besitz

Element QuerZweig

Das Element QuerZweig ist abgeleitet von NetzObjekt. Es ist Basiselement der 1- und 3-phasigen Querzweige und immer genau einem Knoten zugeordnet.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Betrieb	IntegerGroesse		0 - Nicht in Betrieb, 1 - in Betrieb
Kommentar	Text		Kommentar
Kurzname	Text		Kurzname
Langname	Text		Langname
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen

Element QuerZweig1P

Das Element QuerZweig1P ist abgeleitet von QuerZweig. Es ist Basiselement spezialisierter 1-phasiger Querzweige.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
Anschluss	Knoten1P	✓	Vater

Element QuerZweig3P

Das Element QuerZweig3P ist abgeleitet von QuerZweig. Es ist Basiselement spezialisierter 3-phasiger Querzweige.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
NameZuvTyp	Text		Name des Typs mit den Zuverlässigkeitskennwerten

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
mess	ZwMessstelle		Besitz

Anschluss	Anschluss	✓	Vater
-----------	-----------	---	-------

Element Regelblock

Das Element Regelblock ist abgeleitet von Austauschleistung.

Element Regelzone

Das Element Regelzone ist abgeleitet von Austauschleistung. Eine Regelzone kann (alleine oder zusammen mit anderen Regelzonen) einem Regelblock zugeordnet werden.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
regelblock	Regelblock		

Element Sammelschiene

Das Element Sammelschiene ist abgeleitet von NetzObjekt. Es beschreibt eine Sammelschiene innerhalb einer Schaltanlage.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
NameZuvTyp	Text		Name des Typs mit den Zuverlässigkeitskennndaten
Pos	IntegerGroesse		Position der Sammelschiene in dem Schaltanlagenabschnitt

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
schaltanlage	Schaltanlage	✓	Vater

Element Sammelschienenabschnitt

Das Element Sammelschienenabschnitt ist abgeleitet von Anschluss. Es beschreibt Abschnitte einer Sammelschiene.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
sammelschiene	Sammelschiene		
Zaehlpunkt	Zaehlpunkt		Besitz
versorgungsnetz	Versorgungsnetz		Vater
stromnetz	Stromnetz		Vater

Element SSUm

Das Element SSUm ist abgeleitet von Knotenpunkt. Es beschreibt eine Umgehungsschiene. Im Gegensatz zu Sammelschienen kann es nicht in Abschnitte unterteilt werden.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
schaltanlage	Schaltanlage	✓	Vater

Element Schaltanlage

Das Element Schaltanlage ist abgeleitet von NetzObjekt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Schutzart	IntegerGroesse		Schutzart
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr

Element Schaltelement1P

Das Element Schaltelement1P ist abgeleitet von NetzObjekt. Es ist Basiselement aller 1-phasigen Schaltelemente.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
aknoten	Knoten1P	✓	
eknoten	Knoten1P	✓	

Element Schrank

Das Element Schrank ist abgeleitet von BauEinrichtung.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
maxAnzSchaltfelder	IntergerGroesse		Maximale Anzahl der Schaltfelder im Schrank
nametyp	Text		Name des Typs

Element SchrankTyp

Typ eines Kabelverteilerschranks

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntergerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
maxAnzSchaltfelder	IntergerGroesse		Maximale Anzahl der Schaltfelder im Schrank

Element Sicherung

Das Element Sicherung ist abgeleitet von Feldzweig.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
ausloesestrom	DoubleGroesse	A	Strom der zum Durchschmelzen der Sicherung benötigt wird

Element Standort

Das Element Standort ist abgeleitet von NetzObjekt. Einem Standort können u.a. Schaltanlagen und Transformatoren zugeordnet werden.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kommentar	Text		Kommentar
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen
anfahrbar	IntegerGroesse		Werte: 0 (ist nicht anfahrbar), 1 (ist anfahrbar)
nrausschnitt	IntegerGroesse		Nummer Ausschnitt
tanfahrt	DoubleGroesse	min	Durchschnittliche Anfahrzeit
xpos	DoubleGroesse		x-Position
ypos	DoubleGroesse		y-Position
zugangszeit_erste	DoubleGroesse	min	Zugangszeit für den ersten Zutritt
zugangszeit_weitere	DoubleGroesse	min	Zugangszeit für den weiteren Zutritt

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
versorgungsnetz	Versorgungsnetz		Vater
teilnetz	Teilnetz		Vater

Element Standortelement

Das Element Standortelement ist abgeleitet von NetzObjekt.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
standort	Standort		Vater

Element SternpunktZuleitung

Das Element SternpunktZuleitung ist abgeleitet von QuerZweig1P. Über diesen Querzweig können Flüsse aus 3-phasigen Komponenten (z.B. Transformator) in 1-phasige Komponenten nachgebildet werden.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
netzobjekt	NetzObjekt	✓	

Element Sternpunktbildner

Das Element Sternpunktbildner ist abgeleitet von QuerZweig3P.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
I_leer	DoubleGroesse	A	Leerlaufstrom
Ir	DoubleGroesse	A	Bemessungssternpunktstrom
P_leer	DoubleGroesse	KW	Leerlaufverluste
R0	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Sternpunktimpedanz
Ur	DoubleGroesse	KV	Bemessungsspannung
X0	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Sternpunktimpedanz

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
knoten1p	Knoten1P	✓	Besitz

Element Stromkreis

Das Element Stromkreis ist abgeleitet von NetzObjekt.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
versorgungsnetz	Versorgungsnetz	✓	Vater

Element Stromnetz

Das Element Stromnetz ist abgeleitet von Teilnetz. Das Element beschreibt ein elektrisches Teilnetz, dem wiederum elektrische Elemente zugeordnet werden können.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Netzfrequenz	DoubleGroesse	Hz	Netzfrequenz kein Eintrag: 50 Hz
Tonfrequenz	DoubleGroesse	Hz	Tonfrequenz
fak_messb_i	DoubleGroesse		Faktor Messbereich I
fak_messb_p	DoubleGroesse		Faktor Messbereich P
fak_messb_q	DoubleGroesse		Faktor Messbereich Q
messfak_i	DoubleGroesse		Messfaktor I
messfak_p	DoubleGroesse		Messfaktor P
messfak_q	DoubleGroesse		Messfaktor Q

messfak_u	DoubleGroesse		Messfaktor U
sichtpruefdauer	DoubleGroesse	min/km	Übliche Dauer der Sichtprüfung bei Freileitungen

Element Teilnetz

Das Element Teilnetz stellt ein allgemeines Basiselement für unterschiedliche Netzarten dar. In der hier vorgestellten Version des Datenmodells ist nur das Stromnetz von diesem Element Teilnetz abgeleitet.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kommentar	Text		Kommentar

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
versorgungsnetz	Versorgungsnetz	✓	Vater

Element Trafo

Das Element Trafo ist abgeleitet von Standortelement. Es ist Basiselement aller Transformatoren.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
versorgungsnetz	Versorgungsnetz		Vater
stromnetz	Stromnetz		Vater

Element TrafoWicklung

Das Element TrafoWicklung ist abgeleitet von NetzObjekt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Ur	DoubleGroesse	kV	Bemessungsspannung

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
anschluss	Anschluss	✓	
trafo	Trafo	✓	
sternpunkt	Knoten1P		Besitz

Element Trasse

Das Element Trasse ist abgeleitet von NetzObjekt. Eine Trasse kann mehrere Gestänge und mehrere Gräben beinhalten.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Länge	DoubleGroesse	km	Länge des Koppelabschnitts
rho_Boden	DoubleGroesse	Ohm*m	spezifischer Bodenwiderstand
fl_moeglich	BoolGroesse		Möglichkeit der Errichtung eines Freileitungsgestänges in dieser Trasse
kostenkabel1	DoubleGroesse	EUR	Kosten für Tiefbau zur Verlegung eines Kabel
kostenkabel2bisn	DoubleGroesse	EUR	zus. Kosten für Tiefbau bei Verlegung mehrerer Kabel (Kosten je Kabel)

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
standort_end	Standort	✓	
standort_anf	Standort	✓	
versorgungsnetz	Versorgungsnetz		Vater
stromnetz	Stromnetz		Vater

Element Trennschalter

Das Element Trennschalter ist abgeleitet von Feldzweig. Es beschreibt einen 3-phasigen Trennschalter, der immer einem Schaltfeld zugeordnet sein muss (siehe auch Element Feldzweig).

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
schaltvermoegen	BoolGroesse		Schaltvermögen false: unter Last schaltbar (Lasttrennschalter) true: nur spannungslos schaltbar

Element Verbraucher

Das Element Verbraucher ist abgeleitet von EVBasis. Es ist Basiselement spezialisierter Elemente zur Nachbildung von Verbrauchern (z.B. Asynchronmotor).

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Prognose_faktor	DoubleGroesse		Beteiligung an Lastprognose
Verbprio	IntegerGroesse		Priorität des Verbrauchers

			Verbraucher mit niedriger Priorität werden zuerst abgeschaltet
--	--	--	--

Element Verbrauchsstelle

Das Element Verbrauchsstelle ist abgeleitet von NetzObjekt. In ihm sind die Informationen über den Verbrauch und dem zugrundeliegenden Tarif an einem Zählpunkt hinterlegt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Jahresverbrauch	Double		
Tarif	Text		Haushalt, Gewerbe etc.

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
Kunde	Kunde	✓	Vater
Zaehlpunkt	Zaehlpunkt		Besitz

Element Versorgungsnetz

Das Element Versorgungsnetz beschreibt ein vollständiges Versorgungsnetz, das neben dem in diesem Bericht beschriebenen elektrischen Netz auch andere Netze enthalten kann.

Element Zaehlpunkt

Das Element Zaehlpunkt ist abgeleitet von NetzObjekt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Land	Text		
Netzbetreiber	Text		
Postleitzahl	Text		
Nummer	Text		

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
verbrauchsstelle	Verbrauchsstelle	✓	Vater

Element ZwMessstelle

Das Element ZwMessstelle ist abgeleitet von Messstelle. Es beschreibt Zweigmessstellen, die zusätzlich zu Spannungsmesswerten auch Flussmesswerte aufnehmen können.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kennung_I	Text		Wertekennung Strom

			leer - nicht vorhanden A - aktuell H - Handersatzwert E - estimerter Wert aus vorangegangener Rechnung P - Pseudomesswert N - nicht erneuerter Messwert U - ungültig
Kennung_blind	Text		Wertekennung Blindfluss leer - nicht vorhanden A - aktuell H - Handersatzwert E - estimerter Wert aus vorangegangener Rechnung P - Pseudomesswert N - nicht erneuerter Messwert U - ungültig
Kennung_wirk	Text		Wertekennung Wirkfluss leer - nicht vorhanden A - aktuell H - Handersatzwert E - estimerter Wert aus vorangegangener Rechnung P - Pseudomesswert N - nicht erneuerter Messwert U - ungültig
Mess_I	DoubleGroesse	A	Messwert Strom
Mess_blind	DoubleGroesse	Mvar	Messwert Blindfluss
Mess_wirk	DoubleGroesse	MW	Messwert Wirkfluss
Messb_I	DoubleGroesse	A	Messbereich Strom
Messb_blind	DoubleGroesse	Mvar	Messbereich Blindfluss
Messb_wirk	DoubleGroesse	MW	Messbereich Wirkfluss
Sigma_I	DoubleGroesse	A	Sigma Strommessung
Sigma_blind	DoubleGroesse	Mvar	Sigma Blindflussmessung
Sigma_wirk	DoubleGroesse	MW	Sigma Wirkflussmessung

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
netzobjekt	NetzObjekt	✓	

Element Zwe Wicklungstrafo

Das Element Zwe Wicklungstrafo ist abgeleitet von Trafo. Es beschreibt einen 2-Wicklungs-Transformator.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Anschluss_cosphi0	IntegerGroesse		Anschlussnummer für cosPhi Zusatz
ERMAX	DoubleGroesse	p.u.	zulässige Erregung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
F1cosphi0	DoubleGroesse		Funktionswert bei cosPhi = 1.0 abhängig vom Einstellwert cosPhi0
I_b	DoubleGroesse		höchster Betriebsstrom vor dem Kurzschluss
Ikr	DoubleGroesse		Wichtungsfaktor für I/Ir
K_T	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für den Transformator
Korr_Verfahren	IntegerGroesse		Korrekturverfahren (s. Hinweise)
Mittelstufe_S1	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 1
Mittelstufe_S2	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 2
P_Vorgabe	DoubleGroesse	MW	Wirkfluss-Vorgabe
P_leer	DoubleGroesse	kW	Leerlaufverluste
Pkmax	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Pkr	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste im Bemessungsbetrieb
R00max1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R00max2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R00min1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R00min2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R00r1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
R00r2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
R0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
R0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
Regelung_S1	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 1 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Regelung_S2	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 2 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe
S_dauer	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung
Schaltgr	Text		Schaltgruppe
Sr	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung
UREG	DoubleGroesse	kV	Spannung bei der zulässigen Erregung
U_b	DoubleGroesse		minimale Betriebsspannung vor dem Kurzschluss
Unter_Last_nicht_verstellbar_S1	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 1' 1: Stufenschalter 1 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 1 ist unter Last verstellbar
Unter_Last_nicht_verstellbar_S2	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 2' 1: Stufenschalter 2 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 2 ist unter Last verstellbar
Uzus_Winkel_S1	DoubleGroesse	Grad	Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
Uzus_Winkel_S2	DoubleGroesse	Grad	Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
X00max1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X00max2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X00min1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
X00min2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
X00r1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X00r2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
X0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
X0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
X0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
aktstufe_s1	DoubleGroesse		aktuelle Stufenstellung von Stufenschalter 1
aktstufe_s2	DoubleGroesse		aktuelle Stufenstellung von Stufenschalter 2
cosphi0	DoubleGroesse		Einstellwert cosPhi0
gestufte_Seite_S1	IntegerGroesse		gestufte Seite von Stufenschalter 1 0: Oberspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 kein Eintrag: Stufenschalter 1 nicht vorhanden
gestufte_Seite_S2	IntegerGroesse		gestufte Seite von Stufenschalter 2 0: Oberspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 kein Eintrag: Stufenschalter 2 nicht vorhanden
i_leer	DoubleGroesse	%	Leerlaufstrom der Wicklung mit dem größten Sr
Maxstufe_s1	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 1
Maxstufe_s2	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 2
Minstufe_s1	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 1
Minstufe_s2	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 2
nach_A_Nr	IntegerGroesse		Richtung des Wirkflusses (nach Anschluss Nr.)
Nametyp	Text		Name des Transformatortyps
phi_b	DoubleGroesse		Winkel des Leistungsfaktors vor dem Kurzschluss
spgreg_anschluss	IntegerGroesse		Anschluss des Knoten der Spannungshaltung Wenn die Spannungshaltung direkt am Transf. erfolgt, dann wird der Knoten durch die Anschlussnummer (0=Anfang,1=Ende) angegeben.
Ukmax	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Ukmin	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Ukr	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei Hauptanzapfung des Stufenschalters
umax_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
umax_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umin_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umin_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
ErrichtungsDatum	Datum		Datum der Errichtung bzw. Installation
AktivierungsDatum	Datum		Datum zu dem der Anlagenzugang in der Buchhaltung erfasst wird
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
Kommentar	Text		Kommentar
Kurzname	Text		Kurzname
Langname	Text		Langname
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen
V_Zuordnung	IntegerGroesse		Verlustzuordnung
zust	BoolGroesse		Zustand des Transformators false: nicht geerdet true: geerdet

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
Spgreg_knoten	Knotenpunkt		
wicklung1	TrafoWicklung	✓	Besitz
wicklung2	TrafoWicklung	✓	Besitz

Element ZweiwicklungstrafoTyp

Typ eines Zweiwicklungstransformators

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Anschluss_cosphi0	IntegerGroesse		Anschlussnummer für cosPhi Zusatz
ERMAX	DoubleGroesse	p.u.	zulässige Erregung
F1cosphi0	DoubleGroesse		Funktionswert bei cosPhi = 1.0 abhängig vom Einstellwert cosPhi0
I_b	DoubleGroesse		höchster Betriebsstrom vor dem Kurzschluss
lkr	DoubleGroesse		Wichtungsfaktor für I/Ir
K_T	DoubleGroesse		Korrekturfaktor für den Transformator
Korr_Verfahren	IntegerGroesse		Korrekturverfahren (s. Hinweise)
Mittelstufe_S1	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 1
Mittelstufe_S2	IntegerGroesse		Hauptanzapfung des Stufenschalters 2
P_Vorgabe	DoubleGroesse	MW	Wirkfluss-Vorgabe
P_leer	DoubleGroesse	kW	Leerlaufverluste
Pkmax	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Pkmin	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Pkr	DoubleGroesse	kW	Kurzschlussverluste im Bemessungsbetrieb
R00max1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R00max2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R00min1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R00min2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R00r1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
R00r2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
R0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
R0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
R0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
R0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
R0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
R0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Realteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
Regelung_S1	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 1 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe
Regelung_S2	IntegerGroesse		automatische Stufung von Stufenschalter 2 0: keine automatische Stufung 1: Spannungshaltung 2: Wirkfluss-Vorgabe
S_dauer	DoubleGroesse	MVA	Dauerscheinleistung
Schaltgr	Text		Schaltgruppe
Sr	DoubleGroesse	MVA	Bemessungsscheinleistung
UREG	DoubleGroesse	kV	Spannung bei der zulässigen Erregung
U_b	DoubleGroesse		minimale Betriebsspannung vor dem Kurzschluss
Unter_Last_nicht_verstellbar_S1	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 1' 1: Stufenschalter 1 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 1 ist unter Last verstellbar
Unter_Last_nicht_verstellbar_S2	BoolGroesse		Flag 'feste Anzapfung bei Stufenschalter 2' 1: Stufenschalter 2 ist unter Last nicht verstellbar 0: Stufenschalter 2 ist unter Last verstellbar
Uzus_Winkel_S1	DoubleGroesse	Grad	Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
Uzus_Winkel_S2	DoubleGroesse	Grad	Winkel zwischen dem Zeiger der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 und dem Zeiger der Transformatorspannung bei Hauptanzapfung
X00max1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X00max2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X00min1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung
X00min2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
X00r1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X00r2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Leerlaufnullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
X0Kmax1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 maximale Stellung
X0Kmax2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 maximale Stellung
X0Kmin1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 minimale Stellung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
X0Kmin2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 minimale Stellung
X0Kr1	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der Kurzschlussnullimpedanz Anschluss 1 Hauptanzapfung
X0Kr2	DoubleGroesse	Ohm	Imaginärteil der KS-Nullimpedanz Anschluss 2 Hauptanzapfung
cosphi0	DoubleGroesse		Einstellwert cosPhi0
gestufte_Seite_S1	IntegerGroesse		gestufte Seite von Stufenschalter 1 0: Oberspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 kein Eintrag: Stufenschalter 1 nicht vorhanden
gestufte_Seite_S2	IntegerGroesse		gestufte Seite von Stufenschalter 2 0: Oberspannungsseite 1: Seite 1 2: Seite 2 kein Eintrag: Stufenschalter 2 nicht vorhanden
i_leer	DoubleGroesse	%	Leerlaufstrom der Wicklung mit dem größten Sr
Maxstufe_s1	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 1
Maxstufe_s2	IntegerGroesse		maximale Stellung des Stufenschalters 2
Minstufe_s1	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 1
Minstufe_s2	IntegerGroesse		minimale Stellung des Stufenschalters 2
nach_A_Nr	IntegerGroesse		Richtung des Wirkflusses (nach Anschluss Nr.)
phi_b	DoubleGroesse		Winkel des Leistungsfaktors vor dem Kurzschluss
spgreg_anschluss	IntegerGroesse		Anschluss des Knoten der Spannungshaltung Wenn die Spannungshaltung direkt am Transf. erfolgt, dann wird der Knoten durch die Anschlussnummer (0=Anfang,1=Ende) angegeben.
Ukmax	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei maximaler Stellung des Stufenschalters
Ukmin	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei minimaler Stellung des Stufenschalters
Ukr	DoubleGroesse	%	bezogene Kurzschlussspannung bei Hauptanzapfung des Stufenschalters
umax_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umax_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - maximale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
umin_S1	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 1 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
umin_S2	DoubleGroesse	%	Betrag der Zusatzspannung von Stufenschalter 2 (Hauptanzapfung - minimale Stellung) bezogen auf die Bemessungsspannung
Anschaffungswert	DoubleGroesse	EUR	Anschaffungswert zum Zeitpunkt der Errichtung
Preisindexreihe	Text		Preisindexreihe
Abschreibungsdauer	IntegerGroesse	Jahre	Abschreibungszeitraum entsprechend Afa
Stilllegungsaufwand	DoubleGroesse	EUR	Kosten für die Stilllegung (Abbau usw.)
Schrottwert	DoubleGroesse	EUR	Möglicher Erlös durch den Verkauf der stillgelegten Anlage
Betriebskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für den Betrieb pro Jahr
Instandhaltungskosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Instandhaltung und Wartung pro Jahr
Reparaturkosten	DoubleGroesse	EUR/a	Kosten für Reparaturen pro Jahr
Kommentar	Text		Kommentar

Element Zweig

Das Element Zweig ist abgeleitet von NetzObjekt.

Attribute

Name	Typ	Einheit	Beschreibung
Kommentar	Text		Kommentar
Kurzname	Text		Kurzname
Langname	Text		Langname
Ukz	Text		Unternehmenskennzeichen
V_Zuordnung	IntegerGroesse		Verlustzuordnung
Zust	IntegerGroesse		Zustand des Zweiges 0: nicht geerdet 1: geerdet

Zeiger

Name des Zeigers	Zeigertyp	Pflichteintrag	Art des Zeigers
Anschluss1	Anschluss	✓	
Anschluss2	Anschluss	✓	
Stromkreis	Stromkreis		Vater

A.2 Beispieldatei

Das folgende Listing zeigt beispielhaft den Aufbau einer XML-Datei in dem beschriebenen Datenformat. Das Listing enthält kein vollständiges Netz, sondern beschränkt sich aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die exemplarische Demonstration, den wesentlichen

Aspekten des Formats. An den Stellen die mit „...“ gekennzeichnet sind wurde entsprechend gekürzt.

```
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1" ?>

<DVGDatensatz xmlns:dvg="http://lev.ee.uni-sb.de/dvgmodell">
  <Attributsbeschreibungen>
    <Attributliste id="Leitungsabschnittsattribute">
      <DoubleGroessenTyp name="Länge" muss="true" formelzeichen="l"
        einheit="m" skalierung="k" beschreibung="Länge des
        Leitungsabschnitts" />
      <DatumsTyp name="verlegedatum" muss="false"
        beschreibung="Verlegedatum der Leitung" />
      <DoubleGroessenTyp name="anschaffungswert" muss="false"
        formelzeichen="" einheit="EUR" skalierung=""
        beschreibung="Anschaffungswert des Leitungsabschnitts" />
      ...
    </Attributliste>
    <Attributliste id="Leitungsabschnittstypattribute">
      <DoubleGroessenTyp name="Ir" muss="true" formelzeichen="Ir"
        einheit="A" skalierung="" beschreibung="Bemessungsstrom der
        Leitung" />
      <DoubleGroessenTyp name="Pdiel" muss="true" formelzeichen="Pdiel"
        einheit="W" skalierung="k" beschreibung="dielektrische Verluste"
        />
      ...
    </Attributliste>
    ...
  </Attributsbeschreibungen>

  <!-- Abschnitt mit den Betriebsmittelbibliotheken -->
  <Betriebsmittelbibliothek>
    <Leitungsabschnittsbibliothek>
      <Leitungsabschnittstyp typ="NYCWY 3x300/300">
        <Leitungsabschnittstypattribute>
          <DoubleGroessen name="Ir" wert="520.0" />
          <DoubleGroessen name="Pdiel" wert="0.012" />
          ...
        </Leitungsabschnittstypattribute>
      </Leitungsabschnittstyp>
      ...
    </Leitungsabschnittsbibliothek>
    <Sicherungsbibliothek>
      ...
    </Sicherungsbibliothek>
    ...
  </Betriebsmittelbibliothek>
```

```

<!--Abschnitt mit dem Versorgungsnetz im Urzustand -->
<Versorgungsnetz id="TESTNETZ1" name="Saarbrücken Ost">
  <Standortliste>
    <Standort id="VANLAGE0" name="Umspannstation Thullenhausstr.">
      <GeoPunkt gkh="2573925.6733" gkl="5460026.6312" />
      <Gebaeude id="VGEB2" name="Gebäude Station Thullenhausstr.">
        <Gebaeudeattribute>
          <Datum name="errichtungsdatum" wert="2.5.1985" />
          <DoubleGroesse name="anschaffungswert" wert="11675.00" />
          ...
        </Gebaeudeattribute>
      </Gebaeude>
    </Standort>
    ...
  </Standortliste>
  <Kundenliste>
    <Kunde id="VKUNDE1" name="00747110815">
      <Kundenattribute>
        <Text name="vorname" wert="Karl" />
        <Text name="nachname" wert="Meier" />
        <Text name="strasse" wert="Thullenhausstraße" />
        <Text name="hausnummer" wert="5a" />
        <IntegerGroesse name="plz" wert="66123" />
        <Text name="ort" wert="Saarbrücken" />
        <Text name="kundennummer" wert="00747110815" />
        ...
      </Kundenattribute>
      <Verbrauchsstelle id="VKUNDE1_VS1">
        <!--
          Zuordnung über Gebäude, oder alternativ ...
        -->
        <Ref_Standort ref="VANLAGE23" path="//Standort[@id='VANLAGE45']" />
        <!--
          ... wenn möglich Zuordnung über Zählpunkt
        -->
        <Zaehlpunkt land="DE" netzbetreiber="000562" postleitzahl="66123"
          nummer="AO6G56M11SN51G21M24S" />
        <Verbrauchsstellenattribute>
          <DoubleGroesse name="jahresverbrauch" wert="5387.3" />
          <Text name="tarif" wert="Haushalt" />
        </Verbrauchsstellenattribute>
      </Verbrauchsstelle>
    </Kunde>
    ...
  </Kundenliste>

```

```
<Trafoliste>
  <Zweiwicklungstrafo id="VTRAFO1" name="Trafo1 Thullenhausstr." typ="DY 5
    630">
    <Ref_Standort ref="VANLAGE0"
      path="//Standort[@id='VANLAGE0']" />
  </Zweiwicklungstrafo>
  <Zweiwicklungstrafoattribute>
  ...
  </Zweiwicklungstrafoattribute>

</Trafoliste>
```

```
<Teilnetzliste>
  <Stromnetz id="ENETZNS" name="NS-Netz Saarbrücken Ost">
    <Stromnetzattribute>
    ...
    </Stromnetzattribute>
    <Verbindungsknotenliste>
      <Klemmenliste>
        <Klemme id="EKL5" name="EKL5">
          <Ref_Standort ref="VANLAGE45"
            path="//Standort[@id='VANLAGE45']" />
        </Klemme>
        ...
      </Klemmenliste>
      <Feldabgangsliste>
        <Feldabgang id="EFAB3" name="EFA007">
          <Ref_Standort ref="VANLAGE0" path="//Standort[@id='VANLAGE0']" />
          <Ref_Feld ref="ESAF4"
            path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
              Stromnetz[@id='ENETZNS']/Schaltanlagenliste/
              Schaltanlage[@id='esan120']/Feld[@id='ESAF4']" />
        <SchaltbareSammelschienenabschnitte>
          <Ref_Sammelschienenabschnitt connected="true" ref="ESSA20"
            path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
              Stromnetz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
              Sammelschienenabschnittsliste/
              Sammelschienenabschnitt[@id='ESSA20']" />
        </SchaltbareSammelschienenabschnitte>
      </Feldabgang>
      <Feldabgang id="EFAB87" name="Thullenhausstr. 5a">
        <Ref_Standort ref="VANLAGE23" path="//Standort[@id='VANLAGE23']" />
        <!--
          Feld optional, fehlt hier
        -->
```

```

    <SchaltbareSammelschienenabschnitte>
      <Ref_Sammelschienenabschnitt connected="true" ref="ESSA222"
        path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
          Stromnetz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
          Sammelschienenabschnittsliste/
          Sammelschienenabschnitt[@id='ESSA222']"/>
    </SchaltbareSammelschienenabschnitte>
  </Feldabgang>
  ...
</Feldabgangsliste>
<Sammelschienenabschnittsliste>
  <Sammelschienenabschnitt id="ESSA20" name="ESSA20">
    <Ref_Standort ref="VANLAGE0" path="//Standort[@id='VANLAGE0']"/>
  </Sammelschienenabschnitt>
  <Sammelschienenabschnitt id="ESSA222" name="ESSA222">
    <Ref_Standort ref="VANLAGE23" path="//Standort[@id='VANLAGE23']"/>
    <Ref_Zaehlpunkt land="DE" netzbetreiber="000562" postleitzahl="66123"
      nummer="AO6G56M11SN51G21M24S"/>
  </Sammelschienenabschnitt>
  ...
</Sammelschienenabschnittsliste>
</Verbindungsknotenliste>
<Schaltanlagenliste>
  <Schaltanlage id="ESANL20" name="Schaltanlage Thullenhausstr.">
    <Schaltanlagenattribute>
      <DoubleGroesse name="anschaffungswert" wert="4573.50" />
      <DoubleGroesse name="stilllegungsaufwand" wert="300.0" />
      <IntegerGroesse name="abschreibungsdauer" wert="30" />
      <DoubleGroesse name="schrottwert" wert="100.0" />
      <Datum name="errichtungsDatum" wert="8.12.2003" />
      <IntegerGroesse name="nutzungsDauer" wert="30" />
      <Datum name="aktivierungsDatum" wert="8.12.2003" />
    </Schaltanlagenattribute>
    <Feld id="ESAF4" name="F007" konfiguration="NS_Abgangsfeld">
      <InnenTopologie>
        <Feldknotenliste>
          <Feldknoten id="EFAB3">
            <Ref_Feldabgang ref="EFAB3"
              path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/Stromne
                tz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
                Feldabgangsliste/Feldabgang[@id='EFAB3']"/>
          </Feldknoten>
          <Feldknoten id="ESSA20">
            <Ref_Sammelschienenabschnitt ref="ESSA20"
              path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/Stromne
                tz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
                Sammelschienenabschnittsliste/

```

```
        Sammelschienenabschnitt[@id='ESSA20']/>
      </Feldknoten>
    </Feldknotenliste>
  <Feldzweigliste>
    <Schalter id="eschalter2" name="S2">
      <Ref_Feldknoten1 ref="ESSA20" path="../../Feldknotenliste/
        Feldknoten[@id='ESSA20']/>
      <Ref_Feldknoten2 ref="EFAB3" path="../../Feldknotenliste/
        Feldknoten[@id='EFAB3']/>
      ...
    </Schalter>
  </Feldzweigliste>
</InnenTopologie>
</Feld>
...
</Schaltanlage>
...
</Schaltanlagenliste>
<Zweigelementliste>
  <Stromkreisliste />
  <Leitungsabschnittsliste>
    <Leitungsabschnitt id="ELA0" name="EKL22-EKL33"
      typ="NYCWY 3x300/300">
      <Ref_Anschluss1 ref="EKL22"
        path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
          Stromnetz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
          Klemmenliste/Klemme[@id='EKL22']/>
      <Ref_Anschluss2 ref="EKL33"
        path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
          Stromnetz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
          Klemmenliste/Klemme[@id='EKL33']/>
    <GeoPolyLinie>
      <GeoPunkt gkh="2573913.914" gkl="5460021.672" />
      <GeoPunkt gkh="2573917.881" gkl="5460029.606" />
      <GeoPunkt gkh="2573925.106" gkl="5460026.631" />
    </GeoPolyLinie>
    <Leitungsabschnittsattribute>
      <DoubleGroesse name="laenge" wert="0.016684" />
      <Datum name="verlegedatum" wert="8.12.2003" />
      <DoubleGroesse name="anschaffungswert" wert="4237.00" />
      <DoubleGroesse name="stilllegungsaufwand" wert="200.0" />
      <IntegerGroesse name="abschreibungsdauer" wert="30" />
      <DoubleGroesse name="schrottwert" wert="0.0" />
      <IntegerGroesse name="nutzungsdauer" wert="30.0" />
      <Datum name="aktivierungsDatum" wert="8.12.2003" />
    </Leitungsabschnittsattribute>
  </Leitungsabschnitt>
</Leitungsabschnittsliste>
```

```

...
</Leitungsabschnittsliste>
<Trennmesserliste />
<Kupplungsliste />
<Lastliste>
  <Kundenmodell id="EKM17" name="EKM17">
    <Ref_Anschluss ref="EFAB87"
      path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
      Stromnetz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
      Feldabgangsliste/Feldabgang[@id='EFAB87']"/>
    <Kundenmodellattribute>
      ...
    </Kundenmodellattribute>
  </Kundenmodell>
  ...
</Lastliste>
<Trafowicklungsliste>
  <Trafowicklung id="EUSW1" name="USW Trafo Thullenhausstr."
    wicklungsnummer="2" unenn="400.0">
    <Ref_Trafo ref="VTrafo1"
      path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Trafoliste/
      Zweiwicklungstrafo[@id='VTrafo1']"/>
    <Ref_Anschluss ref="EFAB3"
      path="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
      Stromnetz[@id='ENETZNS']/Verbindungsknotenliste/
      Feldabgangsliste/Feldabgang[@id='EFAB3']"/>
    </Trafowicklung>
  </Trafowicklungsliste>
</Zweigelementliste>
</Stromnetz>
<Stromnetz id="enetzMS" name="MS-Netz Saarbrücken Ost">
  ...
</Stromnetz>
</Teilnetzliste>
</Versorgungsnetz>
<!--
Abschnitt mit den differenziellen Varianten des Netzes
-->
<Varianten>
  <Variante name="test1" vorgaenger="TESTNETZ1">
    <xupdate:remove select="/DVGDatensatz/Versorgungsnetz/Teilnetzliste/
      Stromnetz[@id='ENETZNS']/Zweigelementliste/Stromkreisliste/
      Leitungsabschnitt[@id='ELA0']"
      xmlns:xupdate="http://www.xmlldb.org/xupdate"/>
    ...
  </Variante>
</Varianten>

```

</DVGDatensatz>

Anhang B Diagramm-Notationen

Die in diesem Bericht für die Diagramme verwendeten Notationen sind im Folgenden beschrieben. Mit wenigen Abweichungen orientiert sich die Notation an den UML-Standards. Die Kardinalitäten bei Objektassoziationen sind in Min-Max-Notation angegeben.

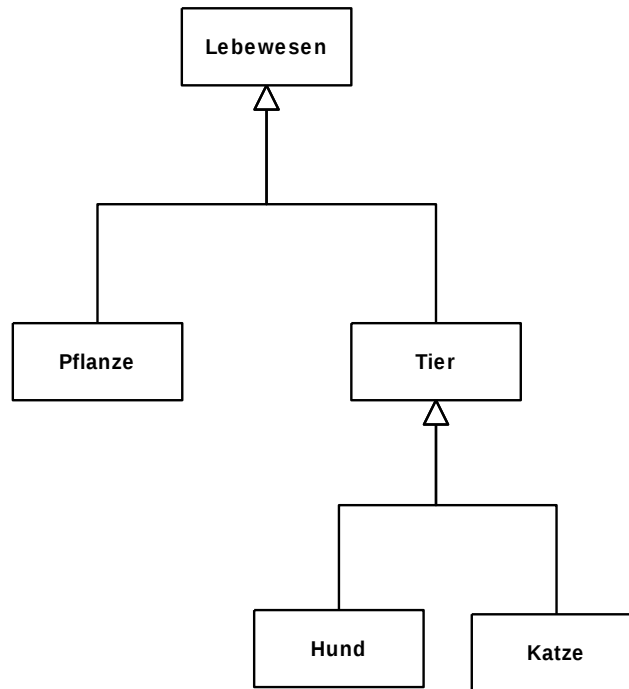
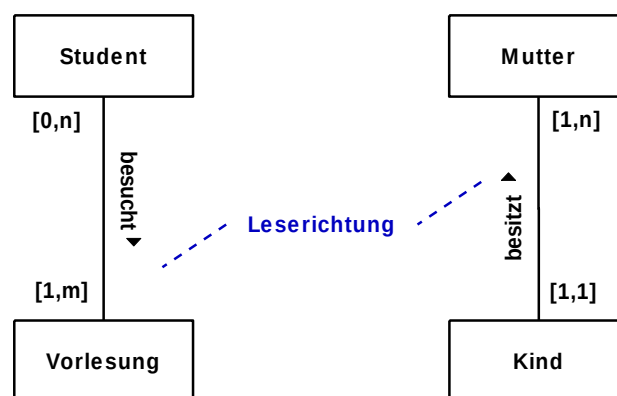


Diagramm 8.1 Vererbung



Ein Student besucht minimal gar keine und maximal n Vorlesungen $[0,n]$

Eine Vorlesung wird von minimal einem Studenten (sonst findet sie nicht statt) und maximal m Studenten besucht $[1,m]$

Ein Kind besitzt minimal und maximal eine leibliche Mutter $[1,1]$

Eine Mutter hat minimal ein (sonst ist sie keine Mutter) und maximal n (n biologisch begrenzt) Kinder $[1,n]$

Diagramm 8.2 Assoziationen

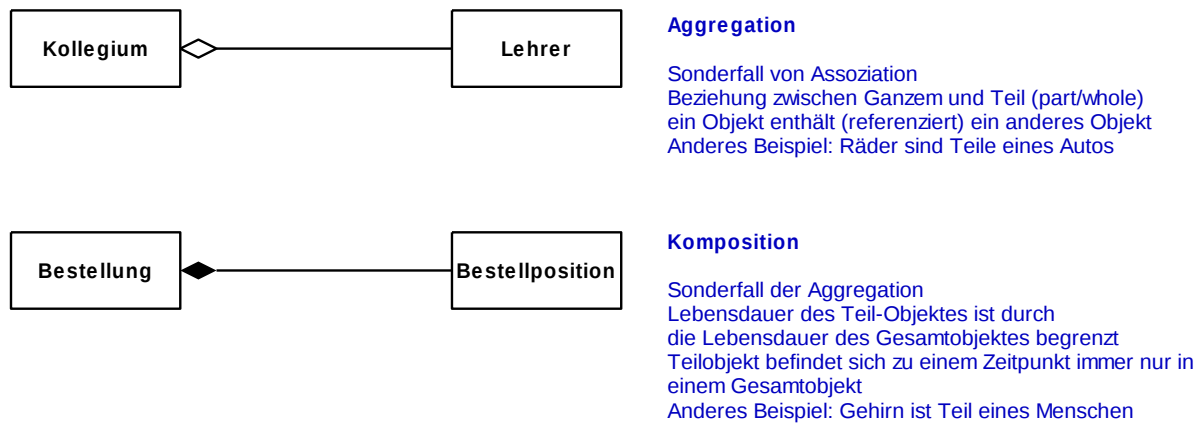


Diagramm 8.3 Aggregation / Komposition

Im Datenmodell richtet sich die Abgrenzung der Komposition von der Aggregation danach, ob die Lebensdauer der Teil-Objekte *in Bezug auf den Datensatz* von der Lebensdauer des Gesamtobjekts abhängt. Ein Transformator als Bestandteil eines Standorts kann zwar nach Abbau der Station an anderer Stelle weiterverwendet werden - seine Lebensdauer ist somit nicht unbedingt abhängig von der Lebensdauer des Gesamtobjekts Standort. Allerdings wird der Transformator an seinem neuen Standort in der Regel unter einem neuen Bezeichner geführt. Er hält damit als neues Objekt in einen neuen Datensatz Einzug. Ferner kann sich ein Transformator stets nur an einem Standort zeitlich gleichzeitig befinden - ein Merkmal der Komposition. Daher werden diese und vergleichbare Assoziationen im Datenmodell als Kompositionen behandelt.