

1 Forschungsinstitut der FGH e.V., Mannheim

2 RACOS GmbH, Konstanz

Namen der Forschungsstellen

12360 N

AiF-Vorhaben-Nr.

01.01.2000 bis 31.12.2001

Bewilligungszeitraum

Schlussbericht für den Zeitraum : 1.1.2000 bis 31.12.2001

(Forschungsstellen 1 von 2 bis 2 von 2)

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWi über die



geförderten Forschungsvorhaben

Forschungsthema :

**Informationsmanagement
für Herstellung, Bau und Betrieb von Anlagen der elektrischen
Energieverteilung**

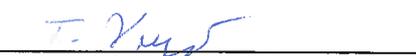
Mannheim, 30. April 2001

Ort, Datum


Unterschrift des Projektleiters der FS 1

Konstanz, 3. Mai 2001

Ort, Datum


Unterschrift des Projektleiters der FS 2

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Bildverzeichnis	iv
1 Einleitung	1
2 Problemstellung	2
2.1 Aktuelle Situation	2
2.2 Forschungsziel	3
2.3 Vorgehensweise	5
3 Anforderungen an das Informationsmodell	6
4 Informationsmodell und Abbildbarkeit auf STEP AP 212	10
4.1 Einleitung	10
4.1.1 Allgemeines	10
4.1.2 Beschreibungssprache EXPRESS-G	10
4.2 Untersuchung der Abbildbarkeit auf STEP AP 212	11
4.2.1 Aufgabenstellung	11
4.2.2 Vorgehensweise	12
4.2.3 Anmerkungen	12
4.3 High Level Schema	13
4.3.1 Beschreibung	13
4.3.2 Validierung und Abbildbarkeit	14
4.4 Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Objekt	14
4.4.1 Beschreibung	14
4.4.2 Validierung und Abbildbarkeit	17
4.5 Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Zuordnung	17
4.5.1 Beschreibung	17
4.5.2 Validierung und Abbildbarkeit	17
4.6 Konnektivitätsschema	20
4.6.1 Beschreibung	20
4.6.2 Validierung und Abbildbarkeit	21

4.7	Ortsschema	24
4.7.1	Beschreibung	24
4.7.2	Validierung und Abbildbarkeit	25
4.8	Dokumentschema	28
4.8.1	Beschreibung	28
4.8.2	Validierung und Abbildbarkeit	30
4.9	Verwaltungsschema	33
4.9.1	Beschreibung	33
4.9.2	Validierung und Abbildbarkeit	34
4.10	Klassifikationsschema	35
4.10.1	Beschreibung	35
4.10.2	Validierung und Abbildbarkeit	37
4.11	Kennzeichnungsschema	39
4.11.1	Beschreibung	39
4.11.2	Validierung und Abbildbarkeit	40
4.12	Eigenschaftsschema	44
4.12.1	Beschreibung	44
4.12.2	Validierung und Abbildbarkeit	45
4.13	Einheitenschema	47
4.13.1	Beschreibung	47
4.13.2	Validierung und Abbildbarkeit	48
4.14	Zustandsschema	49
4.14.1	Beschreibung	49
4.14.2	Validierung und Abbildbarkeit	50
4.15	Declutteringschema	53
4.15.1	Beschreibung	53
4.15.2	Validierung und Abbildbarkeit	54
4.16	Darstellungsschema	55
4.16.1	Beschreibung	55
4.16.2	Validierung und Abbildbarkeit	59
5	Prototypische Umsetzung des Datenmodells	67
5.1	Einleitung	67
5.2	Beschreibung des erstellten Datenbank-Prototyps	67
5.2.1	Allgemeines	67
5.2.2	Funktionen	68
5.2.3	Produkte	73
5.2.4	Orte	74
5.2.5	Zustände	74

6	Beispielprozess Trennschaltersteuerung	76
6.1	Bezug zu Vorarbeiten der IG EVU	76
6.2	Ergebnisse eines Planspiels	80
6.2.1	Übersicht	80
6.2.2	Darstellung eines Teilaspektes des Beispielprozesses	81
7	Zusammenfassung	84
 Literatur		 85
 Anhang		 87
A	Glossar	87

Bildverzeichnis

Bild 1	Lebenszyklus – grob	2
Bild 2	Lebenszyklus – fein [3]	4
Bild 3	Anforderungen an das Informationsmodell	6
Bild 4	EXPRESS-G Notation – Beispiel	11
Bild 5	High Level Schema	13
Bild 6	Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Objekt	16
Bild 7	Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Zuordnung	19
Bild 8	Konnektivitätsschema	21
Bild 9	Ortsschema	25
Bild 10	Ortsschema – Äquivalent in AP 212	27
Bild 11	Dokumentschema	29
Bild 12	Verwaltungsschema	34
Bild 13	Klassifikationsschema	36
Bild 14	Klassifikationsschema – Zugehöriger Ausschnitt aus AP 212	37
Bild 15	Kennzeichnungsschema	40
Bild 16	Kennzeichnungsschema – Ausschnitt aus dem äquivalenten Schema in AP 212	41
Bild 17	Eigenschaftsschema	45
Bild 18	Eigenschaftsschema – zugehöriger Ausschnitt aus AP 212 zur Aufnahme von Eigenschaftswerten	46
Bild 19	Einheitenschema	48
Bild 20	Zustandsschema	50
Bild 21	Declutteringschema	53
Bild 22	Decluttering-Beispiel [14]	54
Bild 23	Darstellungsschema – Teil 1	56
Bild 24	Darstellungsschema – Teil 2	57
Bild 25	Darstellungsschema – Teil 3	58
Bild 26	Darstellungsschema – Teil 4	59
Bild 27	Startformular des Datenbank-Prototyps	68
Bild 28	Formular "Funktionen" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt 1	69
Bild 29	Formular "Klasse physikalischer Objekte" des Datenbank-Prototyps	69
Bild 30	Formular "Funktionsanschlüsse" des Datenbank-Prototyps	70
Bild 31	Formular "Funktionen" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt 2	71

Bild 32	Formular "Ganzzahlige Eigenschaften" des Datenbank-Prototyps	72
Bild 33	Formular "Ort" des Datenbank-Prototyps	73
Bild 34	Formular "Produkt" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt	74
Bild 35	Formular "Zustand" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt	75
Bild 36	Klassen aus [15 (Teil 3)]	76
Bild 37	Funktionsstruktur – mit Kennbuchstaben nach IEC 61346	78
Bild 38	Produktstruktur – mit Kennbuchstaben nach IEC 61346	79
Bild 39	Ortsstruktur – mit Kennbuchstaben nach IEC 61346	80
Bild 40	Schematischer Aufbau der Funktion und des Produktes "Trennschalter"	82
Bild 41	Anbindung an das Zustandsschema	83

1 Einleitung

Seit langer Zeit werden zur Erstellung der Dokumentation für Energieverteilungsanlagen sowohl auf Hersteller – als auch auf Betreiberseite (in Energieversorgungsunternehmen, kurz EVU) erfolgreich CAD-Systeme eingesetzt. Die verwendeten Systeme weisen unterschiedliche Ausprägungen hinsichtlich der Struktur, der Datenhaltung, der Eingabesystematik und ihrer Auswerteprogramme auf.

Um dieser Situation zu begegnen werden von Herstellern oft mehrere verschiedene CAD-Systeme vorgehalten, obwohl dies aus wirtschaftlicher Sicht keinen Sinn macht, da der Aufwand für Anschaffung, Schulung und Pflege zu hoch ist.

Bei den EVU sowie ihren internen und externen Dienstleistern spiegelt sich die Vielgestaltigkeit der Aufgabenstellungen in den dort vorhandenen Landschaften informationsverarbeitender Systeme (IV-Systeme) wider. Im Netzbereich existieren eine Vielzahl aufgabenspezifischer IV-Systeme, die als Insellösungen weitgehend unabhängig voneinander sind, z.B. unterstützen jeweils einzelne Systeme die Arbeitsabläufe Spezifikation / Projektierung / Realisierung / Betrieb und Instandhaltung. Eine einheitliche Verfügbarkeit der Informationen über den gesamten Lebenszyklus der Anlagen ist derzeit jedoch nicht gegeben.

Vielmehr können Informationen aufgrund mangelnder Schnittstellen- bzw. Informationsmodelldefinitionen nicht oder nur unter Inkaufnahme von Informationsverlusten unter den Systemen ausgetauscht werden. Hieraus resultieren hohe finanzielle Aufwendungen für die wiederholte, häufig manuelle Eingabe von Daten, die darüber hinaus die Gefahr der Inkonsistenz birgt. Zusätzlich liegen auch noch viele Informationen nur in Papierform vor.

Der Bearbeitung der Schnittstellen zwischen den einzelnen Gewerken kommt deshalb besondere Bedeutung zu. Für den Austausch von CAD-Daten zwischen Herstellern und Lieferanten, sowie für die abschließende Übergabe der fertigen Dokumentation an die Betreiber muss ein besonderer Aufwand getrieben werden, um die Qualität der Dokumentation sicher zu stellen. Erfolgte früher die Weitergabe und der Austausch von Dokumentation ausschließlich papiergebunden, so hat sich im Laufe der letzten Jahre über den Zwischenstand "Papier plus Daten", eindeutig ein Trend zur elektronischen Weitergabe der Dokumentation herauskristallisiert.

Die völlig unabgestimmte Weiterentwicklung der einzelnen Systeme durch CAD-Hersteller macht oft einen funktionsorientierten Zugriff auf "alte" Daten oder Daten aus Systemen anderer Hersteller unmöglich. Stete Migration und Nacharbeit sind daher an der Tagesordnung. Weiterhin hat die digitale Leittechnik mit ihrer integrierten Funktionalität eine Komplexität erreicht, die mit den derzeitigen Informationsverarbeitungssystemen (z.B. CAD) und den gültigen Dokumentationsformen in der Praxis kaum beherrscht wird.

Diese und andere Entwicklungen bzw. Veränderungen bei der Abwicklung von Projekten zeigen, dass mit den heute gebräuchlichen CAD-Systemen langfristig die gestiegenen Anforderungen an eine elektronische Dokumentation nicht oder nur mit erhöhtem Zusatzaufwand zu erfüllen sein werden. Es müssen also neue Wege gesucht und gefunden werden !

Hierzu soll im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ein Informationsmodell erstellt werden, das den aktuellen Anforderungen genügt.

2 Problemstellung

2.1 Aktuelle Situation

Die einzelnen Lebensabschnitte einer Schaltanlage von der Spezifikation bis zum Betrieb im elektrischen Netz werden von verschiedenen Informationsflüssen begleitet (siehe Bild 1).

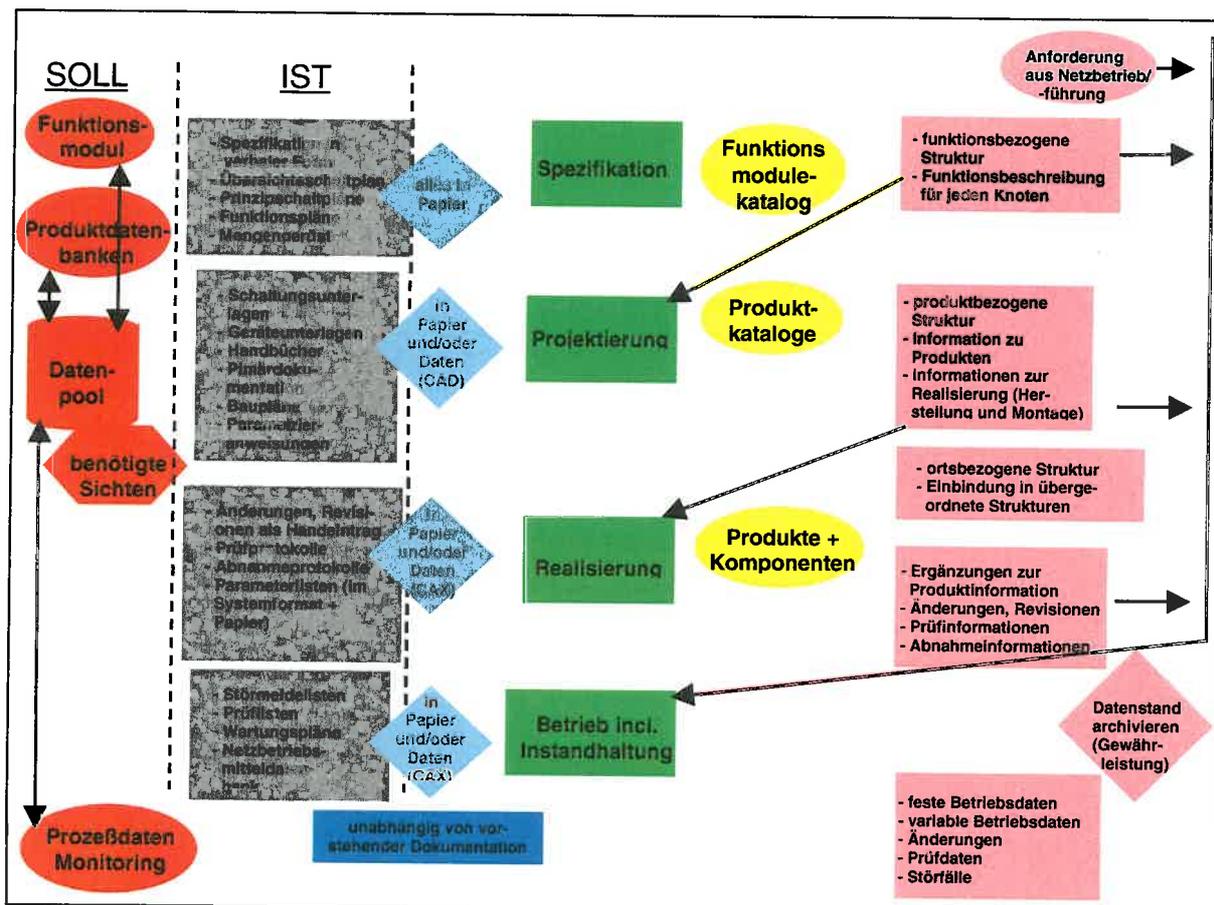


Bild 1 Lebenszyklus – grob

Die Spezifikationsphase ist stark funktional geprägt, d.h. hier werden die vom Netzbetrieb vorgegebenen Aufgaben wie Transformieren, Schalten, Trennen, Erden, Messen etc. spezifiziert. In der Projektierungsphase werden dann für die Erfüllung der in der Spezifikation festgelegten Funktionen konkrete Produkte ausgewählt. Die entsprechenden Produktdaten sind in Produktkatalogen wie z.B. der ECAD PartsLib [1] verfügbar. Während der Realisierungsphase kommen zu den Funktions- und Produktdaten zusätzlich ortsbezogene Informationen hinzu. Für Betrieb und Instandhaltung werden schließlich Betriebsdaten und Daten zur Historie der Anlage ergänzt.

Begleitend zu den einzelnen beschriebenen Phasen des Lebenszyklus werden Dokumente angelegt und geführt. Dies geschieht heute zum einen häufig redundant an unterschiedlichen Orten und in unterschiedlicher Form, zum anderen erfolgt der Änderungsdienst oft noch durch Handeinträge. Daher sind konsistente Daten eher die Ausnahme als die Regel.

Zukünftig soll die Dokumentation auf eine gemeinsame Datenbasis gestellt werden. Der Zugriff auf diese Daten über die gesamte Lebensdauer einer Anlage ist zu gewährleisten. Dies ist in Bild 1 in Form eines Datenpools gezeigt.

2.2 Forschungsziel

Der AiF-Forschungsantrag "Informationsmanagement für Herstellung, Bau und Betrieb von Anlagen der elektrischen Energieverteilung" befasst sich mit der grundsätzlichen Konzeption eines dynamischen Informationsmanagement-Tools für Anlagen der elektrischen Energieverteilung.

In diesem Rahmen soll ein Informationsmodell erstellt werden, das die Möglichkeit bietet, alle Informationen, die zu Anlagen der elektrischen Energieverteilung während ihres Lebenszyklus anfallen (siehe Bild 2) zentral zu erfassen, zu verwalten und unter verschiedenen Blickwinkeln für den Anwender zugänglich zu machen.

Bild 2 stellt den Lebenszyklus einer Schaltanlage in Form eines Petri-Netzes [2] dar. Hierbei wird für alle Phasen des Lebenszyklus angegeben, welche Informationen in welcher Form anfallen und mit Hilfe welcher Informationssystemen diese gehalten werden. Hieraus werden bereits erste Anforderungen an das zu erstellende Informationsmodell abgeleitet.

Die Definitionen zu den in Bild 2 verwendeten Begriffen befinden sich in Anhang A.

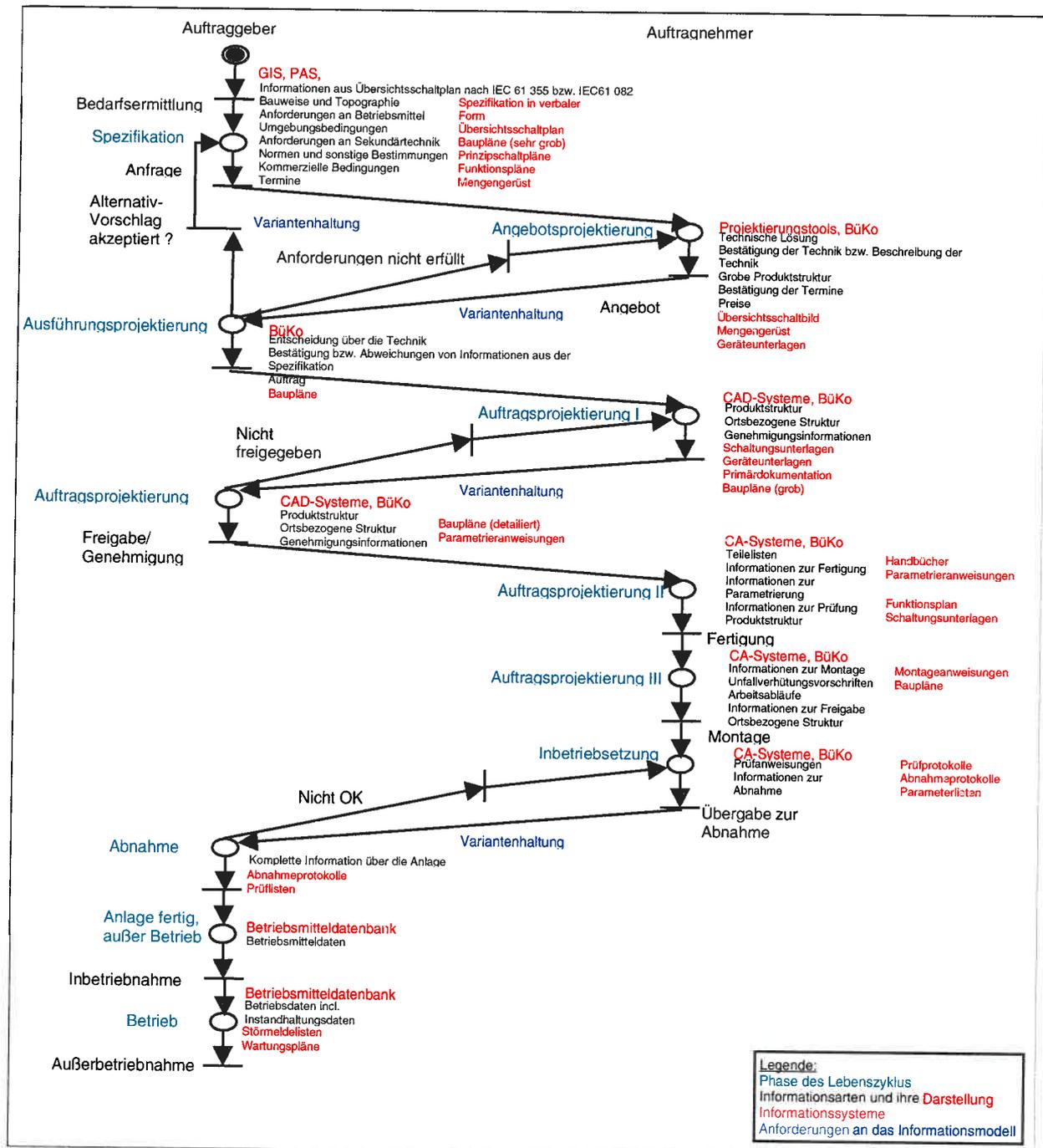


Bild 2 Lebenszyklus – fein [3]

2.3 Vorgehensweise

Entgegen der im Forschungsantrag vorgesehenen Vorgehensweise, die die folgenden Schritte zur Erreichung des Projektzieles vorsah:

- Bestandsaufnahme vorhandener Informationsmodelle
- Erstellung eines Anforderungsprofils
- Entwicklung eines Informationsmodells
- Überprüfung der Abbildbarkeit auf STEP-AP212
- Demonstration der Funktion an einem Teilprozess

wurde das Arbeitsprogramm leicht modifiziert.

Die zu Projektbeginn vorgesehene Bestandsaufnahme vorhandener CAD-Informationsmodelle war darin begründet, den zu untersuchenden Bereich zum einen durch die Vereinigung aller in den Informationsmodellen vorhandener Klassen und Attribute vollständig abzugrenzen und abzudecken, zum anderen aber auch die Teile der gesichteten Informationsmodelle in einem neuen "optimierten" Informationsmodell zu integrieren. Hierbei sollte untersucht werden, welche Teile in den Informationsmodellen vorhanden sind und gebraucht werden, welche vorhanden sind und nicht gebraucht werden und wo genereller Ergänzungsbedarf besteht.

Die Informationsmodelle der CAD-Hersteller konnten jedoch kaum verfügbar gemacht werden. Dies ist darin begründet, dass die verwendeten Informationsmodelle von den CAD-Herstellern in erster Linie für den internen Gebrauch dokumentiert sind, so dass eine Überarbeitung der Dokumentation zur Weitergabe nach Außen einen beträchtlichen Aufwand bedeuten würde. Weiterhin stellen die verwendeten Informationsmodelle aber auch Unternehmens-Know-How der CAD-Hersteller dar, das in der Regel nicht öffentlich zur Verfügung gestellt wird.

Um den Erfolg des Forschungsvorhabens dennoch sicherzustellen wurde die Vorgehensweise wie folgt geändert:

- Erstellung eines Anforderungsprofils
- Entwicklung eines Informationsmodells
- Überprüfung der Abbildbarkeit auf STEP-AP212
- Validierung des Informationsmodells gegen STEP-AP212
- Validierung des Informationsmodells an einem Beispielprozess

Die neue Vorgehensweise hat darüber hinaus den Vorteil, dass man sich von vorhandenen Produkten löst und somit in der Lage ist, völlig neue Ansätze zu finden, die nicht länger auf CAD-Systemen beruhen, die zum heutigen Zeitpunkt die zukünftigen Anforderungen ohnehin nur mit Einschränkungen erfüllen können.

Der Aufbau dieses Berichtes ist im weiteren an die o.g. Vorgehensweise angelehnt.

3 Anforderungen an das Informationsmodell

Die wesentlichen Zielsetzungen bei der Erstellung des Informationsmodells sind:

- **Umfang**

Es ist ein umfassendes Informationsmodell bereitzustellen, das geeignet ist, den gesamten Lebenszyklus einer Anlage der elektrischen Energieversorgung zu beschreiben und dabei die Sichten "Funktion", "Produkt" und "Ort" unterstützt. Insbesondere soll neben der Struktur und Konnektivität eines Systems auch jedes der in ihm enthaltenen Objekte nach den jeweils geforderten Gesichtspunkten klassifiziert, mit den benötigten Eigenschaften versehen und (schema-)grafisch dargestellt werden können.

Neben einer umfassenden technischen Modellierung sollen auch organisatorische Attribute verwaltet werden. Hierzu gehören verantwortliche Änderungsstände und Versionen, Freigaben und Freigabeverantwortung sowie Arbeitsanweisungen und Revisionsstände, so dass Parallelarbeit basierend auf einem gemeinsamen Datenbestand ermöglicht wird.

Alle Nutzer aus den verschiedenen Bereichen sowie externe Dienstleister / Hersteller können auf Informationen in definiertem Umfang zugreifen und sich alle benötigten Sichten auf die Daten mit ihren spezifischen Darstellungen ableiten.

Neben der Einbindung der digitalen Leittechnik und der Monitoring-Systeme bezüglich der Dokumentation ist dabei auch ein Austausch zu betriebswirtschaftlichen Systemen zu gewährleisten.

- **Normen**

Das zu erstellende Informationsmodell soll konform zu allen einschlägigen Normen seines Anwendungsbereiches sein (siehe Bild 3).

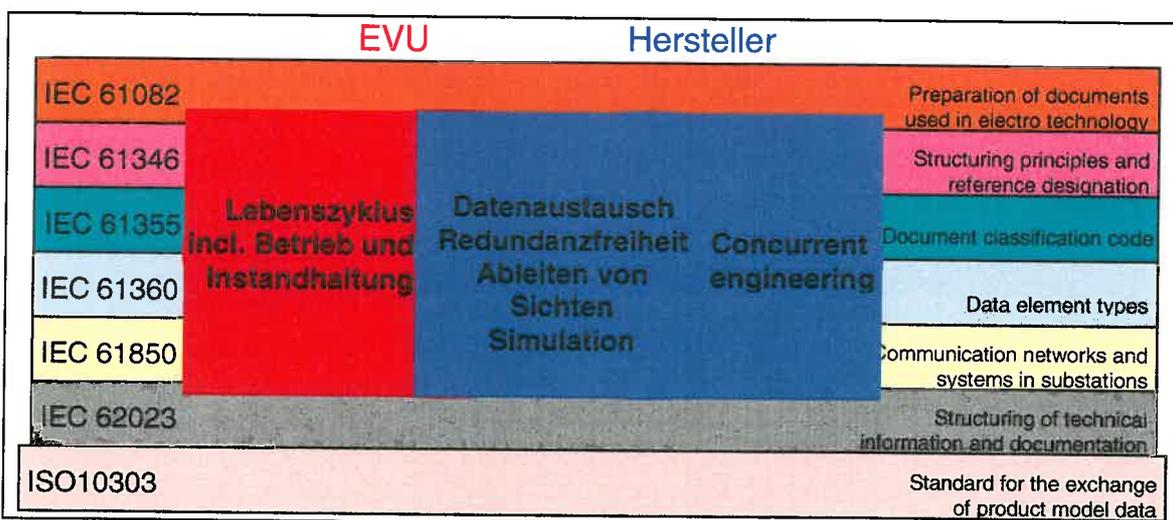


Bild 3 Anforderungen an das Informationsmodell

Hierbei sind als relevant zu nennen:

- **IEC 61082** [4] Dokumente der Elektrotechnik:
Diese Norm enthält allgemeine Regeln und Richtlinien für die Erstellung von Dokumenten der Elektrotechnik und legt spezielle Regeln und Richtlinien für bestimmte Dokumentarten fest.
- **IEC 62023** [5] Strukturierung technischer Information und Dokumentation:
Diese Norm ist das Bindeglied zwischen Strukturierungsprinzipien für Systeme und Strukturierungsprinzipien für Dokumente der Elektrotechnik.
- **IEC 61346** [6] Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung:
Diese Norm enthält Festlegungen zur Klassifizierung von Objekten in Anlagen der elektrischen Energieverteilung und zugehörigen Kennbuchstaben.
Wesentlich ist hierbei vor allem die Unterteilung in eine funktionale -, eine produktorientierte und eine ortsorientierte Sichtweise. Diese sog. Aspekte werden an verschiedenen Stellen dieses Berichts immer wieder aufgegriffen.
- **IEC 61360** [7] Standard Datenelemente und Klassifikationsschema für elektrotechnische Komponenten:
Diese Vorschrift legt Datenelemente für elektrotechnische Komponenten fest und stellt somit eine einheitliche Basis für das Verständnis ausgetauschter Daten her. IEC 61360 wird auch innerhalb der ECAD partslib [3] angewendet. IEC 61360 wird im folgenden als Grundlage für den sog. Klassifikationsansatz verwendet.
- **CD IEC 61850** [8] Kommunikationsnetzwerke und Systeme in Unterstationen:
CD IEC 61850 beschäftigt sich mit der Kommunikation zwischen digitalen Geräten der (Schutz-) und Leittechnik in Schaltanlagen. Sie bietet ein abstraktes objektorientiertes Daten- und Dienstmodell für die Beschreibung solcher System an und erhebt den Anspruch Gültigkeit für den gesamten Lebenszyklus solcher Systeme zu besitzen.
Da die meisten Teile dieses zukünftigen Standards den Status eines CD (Committee Draft) besitzen und aufgrund der Harmonisierung insbesondere mit US-amerikanischen Standardisierungsbemühungen noch nicht stabil sind, muss ihre konkrete Anwendung innerhalb diese Vorhabens detailliert diskutiert werden – aufgrund der großen Bedeutung dieser Norm werden die Aktivitäten um IEC 61850 aber auf jeden Fall beachtet.
- **ISO 10303** [9] STEP:
STEP (Standard for the exchange of product model data) stellt einen Standard für den einheitlichen Austausch von Produktdaten dar. Aufgrund der hohen Lebensdauer von Schaltanlagen, Netzen und Kraftwerken stellen insbesondere die EVU hohe Anforderungen an die langfristig gesicherte Interpretierbarkeit ihrer Informationen. Dies kann nur durch die Verwendung eines internationalen Standards sichergestellt werden [9]. Da dieser nur in größeren Zeitintervallen (> 5 Jahre) unter Berücksichtigung strenger Auflagen verändert werden kann, bleibt die Interpretierbarkeit älterer Daten, Strukturen und Funktionalitäten gewährleistet.
Diese Technologie wird insbesondere in der Automobilindustrie für den Datenaustausch zwischen Herstellern und Zulieferern in großem Umfang und mit Erfolg eingesetzt. AP212, ein Teil von STEP, der speziell für die Belange der

Elektrotechnik entwickelt wurde, ist mittlerweile internationaler Standard. Seine Anwendung in der Praxis bleibt jedoch abzuwarten. Alternative Datenaustauschmöglichkeiten wie z.B. XML [10, 11] sollten ebenfalls diskutiert werden.

- **Redundanzfreiheit**

Das Informationsmodell ist redundanzfrei aufgebaut. Eine einmal eingepflegte technische Information kann von allen in der Prozesskette folgenden Systemen weiterverwendet werden. Dies reduziert den Eingabeaufwand und gewährleistet eine einheitliche Interpretation.

Durch die Verwendung eines Informationsmodells über alle Systeme hinweg ergibt sich darüber hinaus auch die Möglichkeit einer einheitlichen Datenpflege.

- **Referenzmodell und Austauschbarkeit**

Als Referenz für das Informationsmodell – sowohl zu Validierungszwecken als auch als Grundlage für den Datenaustausch – wird ISO 10303 AP 212 [9] verwendet. AP 212 kann als Referenzmodell für den Bereich elektrotechnischer Anwendungen angesehen werden, das sich dazu eignet, die prinzipielle Stimmigkeit eines für einen bestimmten Anwendungsbereich entwickelten Informationsmodelles zu überprüfen. Bei der hohen Lebensdauer von Schaltanlagen, Netzen und Kraftwerken werden hohe Anforderungen an eine langfristig gesicherte Interpretierbarkeit ihrer Informationen gestellt. Dies kann nur durch Abstützung auf einen internationalen Standard sichergestellt werden. Da dieser nur in größeren Zeitintervallen (> 5 Jahre) unter Berücksichtigung strenger Auflagen verändert werden kann, bleibt die Interpretierbarkeit älterer Daten, Strukturen und Funktionalitäten auf diese Weise gewährleistet.

Durch die Verwendung neutraler Datenformate [9, 10] sind EVU und Hersteller in der Lage, sich von CAD-herstellerspezifischen Systemen zu lösen und vielmehr die einzusetzenden Systeme nach der angebotenen Funktionalität auszuwählen. Beispielsweise verkürzt sich dann bei der Einführung eines neuen Netzleitsystems der Aufwand für die Datenaufbereitung wesentlich, da existierende Informationen problemlos übernommen werden können.

Mit der Deregulierung des deutschen Energiemarktes kommt der internationalen Ausrichtung der EVU eine neue Bedeutung zu. Durch die Verwendung eines internationalen ISO-Standards für die Modellierung des unternehmensinternen Datenvolumens werden Kooperationen mit europäischen oder internationalen Partnern, Kunden, Lieferanten oder Beteiligungen stark vereinfacht. Partnerunternehmen sind dann nicht mehr gezwungen, ähnliche Systemlandschaften vorzuhalten, um Informationen auszutauschen. Auf Herstellerseite liegt der klar erkennbare Nutzen bei der problemlosen Übernahme von Daten der Lieferanten, deren Einbindung in interne Engineering-Tools und der Weitergabe der Daten an die EVU-Kunden ohne weitere Nachbearbeitung.

Ein weiterer wichtiger Vorteil, gerade für die Hersteller von Energieverteilungsanlagen, ist die Möglichkeit des "concurrent engineering", d.h. das gemeinschaftliche Arbeiten an dem

selben Projekt von verschiedenen Standorten aus und mit verschiedenen Bearbeitern. Dies erlaubt, die Durchlaufzeiten der Projektbearbeitung weiter zu reduzieren.

Der Druck des liberalisierten Marktes bewirkt weiterhin einen massiven Personalabbau, mit dem ein großer Verlust an Know-how verbunden ist. Im technischen Bereich kann dem nur durch den Einsatz entsprechender IV-Systeme begegnet werden: Mitarbeiter-Know-how muss Unternehmens-Know-how werden.

Ein Informationsmanagement wird auch in Bezug auf einen erhöhten Abbau des Abnutzungsvorrates der netztechnischen Anlagen notwendig, der als kurzfristige Effizienzsteigerung aktuell diskutiert wird.

Die Gewährleistung der Konsistenz der Informationsmodelle von EVU ist nicht zuletzt von entscheidender Bedeutung für die Erfüllung der Anforderungen der Arbeitssicherheit, zur Realisierung einer wirtschaftlichen Errichtung und für den Betrieb von Anlagen und Netzen. Durch den integrativen, ganzheitlichen Ansatz und bei Erfüllung der zuvor genannten Ziele, wird ein weiterer Einsatz von IV-Systemen im Anlagenbereich der EVU erst wirtschaftlich verantwortbar.

Die wirtschaftlichen Aspekte, Vorteile durch die Konzentrationsmöglichkeit auf wesentliche Arbeitsschritte, sowie der Erhalt und die Weitergabe von anlagentechnischem Know-how stellt für Hersteller und EVU gleichermaßen einen immensen Nutzen dar. Eine enge Zusammenarbeit bei der Konzeption eines solchen Informationsmodells erhöht die Erfolgsaussichten für den zukünftigen Einsatz.

In einer zukünftigen Anwendung des angestrebten Informationsmodells ist die PC-Simulation des leittechnischen Prozesses denkbar, welche bei der Genehmigung der Auftragsprojektierung durch den Auftragnehmer eingesetzt werden könnte.

Gerade in der digitalen Leittechnik soll zukünftig eine selektive, aufgabenorientierte Darstellung einer Funktion mit allen beteiligten Elementen unterstützt werden. Somit wird eine schnelle Fehlersuche und Behebung möglich.

4 Informationsmodell und Abbildbarkeit auf STEP AP 212

4.1 Einleitung

4.1.1 Allgemeines

Das Informationsmodell ist der eigentliche Gegenstand dieses Forschungsvorhabens. Da die Beschreibung des Modells selbst und die Erläuterung der Untersuchung auf Abbildbarkeit auf STEP AP 212 thematisch eng verwandt sind, werden diese Aufgaben in diesem Kapitel zusammenhängend behandelt. Im folgenden wird dabei jeweils zuerst der entsprechende Teil des Informationsmodells beschrieben und anschließend die Abbildbarkeit untersucht.

Das im folgenden beschriebene Informationsmodell ist in sog. Schemata bzw. Teilschemata unterteilt, wobei jedes Schema einen eigenen überschaubaren Aspekt des Modells beschreibt. Die grafische Beschreibung erfolgt in der Notation EXPRESS-G, die im folgenden Abschnitt näher erläutert wird.

Die Beschreibung des Informationsmodells und der Abbildbarkeit auf AP 212 erfolgt an Hand der Teilschemata des Informationsmodells, die auf Grundlage der Ergebnisse dieser Arbeit und eines parallelen Praxistests erstellt, korrigiert und verbessert (siehe Kapitel 6) wurden. Die hier präsentierte Version des Informationsmodells und seiner Teilschemata entspricht der Endfassung.

4.1.2 Beschreibungssprache EXPRESS-G

Zur Darstellung wurde die Notation EXPRESS-G (ISO 10303-11) gewählt. Dies ist darin begründet, dass EXPRESS einen Teil des STEP-Standards ISO 10303 darstellt, der in diesem Vorhaben zur Anwendung kommen soll, somit genormt ist und entsprechende CA-Tools zur Bearbeitung von EXPRESS verfügbar sind. Zum besseren Verständnis werden im folgenden die Grundzüge dieser Beschreibungssprache erläutert.

Bild 4 fasst die wichtigsten EXPRESS-G Symbole zusammen. Hierbei entspricht jeder rechteckige Kasten einer Entität. Entitäten beschreiben gleichartige Objekte auf Basis ihrer gemeinsamen Eigenschaften (Attribute). Ein einzelnes Objekt, das zu einer Entität gehört, wird dabei als Instanz bezeichnet. Entitäten sind im Prinzip mit Klassen in der objektorientierten Programmierung vergleichbar. Im Gegensatz zu diesen umfassen sie allerdings nur Attribute und keine Methoden.

Die Strukturen eines Datenmodells werden mittels Linien beschrieben, die die Entitäten miteinander verknüpfen.

Dünne Linien kennzeichnen Beziehungen. Dabei implizieren Sie eine Richtung. So "zeigt" eine Instanz einer Entität am stumpfen Ende der Verbindungslinie auf mindestens eine Instanz am Ende der Linie an dem sich ein Kreis befindet. Das entsprechende Attribut gehört dabei zur ersten Entität. Ist eine Beziehung optional, wird dies mit Hilfe einer strichlierten Linie dargestellt.

Eine Instanz kann auch auf eine Aggregation (z.B. set) von Instanzen verweisen. Dies wird durch die Notation $S[a:b]$ ausgedrückt, wobei a die minimale und b die maximale Anzahl an

Instanzen bestimmt. Wenn die Aggregation keine Begrenzung besitzen soll, wird dies mit Hilfe eines Fragezeichens ausgedrückt (EXPRESS kennt neben set noch weitere Aggregationstypen: bags, lists und arrays).

Beziehungen können auch inverse Attribute besitzen. Dies wird durch den Präfix "(INV)" ausgedrückt. Somit gehört das Attribut in diesem Falle zur Entität am Kreis-Ende der Verbindungslinie.

Dicke Linien werden zur Darstellung von Hierarchien (ist-ein Beziehung) verwendet. Dabei erbt die Unterentität am Kreisende der Linie von Ihrer Oberentität alle Attribute und Beziehungen. Oberentitäten können auch abstrakt sein, d.h. es kann keine Instanz von dieser Entität abgeleitet werden. Dies wird durch die Notation "(ABS)", "Abstract Sypertype", dargestellt.

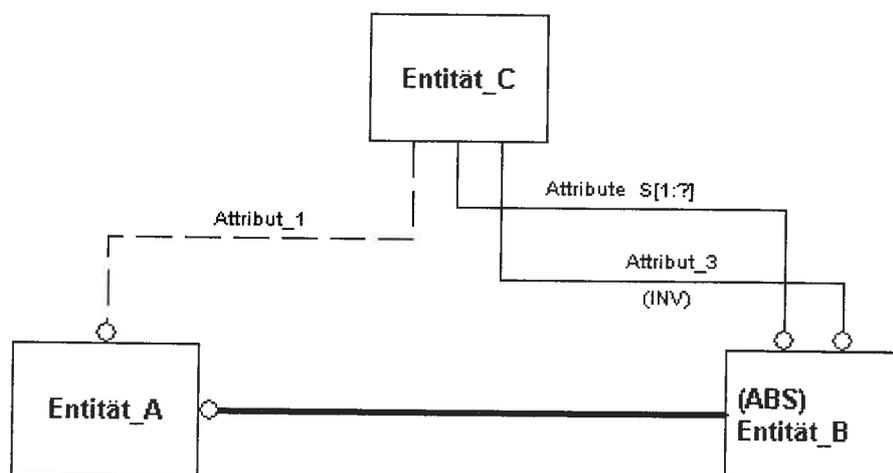


Bild 4 EXPRESS-G Notation – Beispiel

4.2 Untersuchung der Abbildbarkeit auf STEP AP 212

4.2.1 Aufgabenstellung

Die Untersuchung der Abbildbarkeit und Validierung des erarbeiteten Informationsmodells gegen ISO STEP AP 212 ist aus folgenden Gründen von Bedeutung:

- AP 212 dient als Referenz für das für den Bereich Energieverteilung entwickelte Informationsmodell, weil es aufgrund des hohen in AP 212 investierten Validierungsaufwandes als Referenzmodell für den Bereich elektrotechnischer Anwendungen insgesamt angesehen werden kann und sich somit dazu eignet, die prinzipielle Stimmigkeit eines für einen bestimmten Anwendungsbereich entwickelten Modells zu überprüfen.
- Bei der hohen Lebensdauer von Schaltanlagen, Netzen und Kraftwerken stellen insbesondere EVUs hohe Anforderungen an eine langfristig gesicherte Interpretierbarkeit ihrer Informationen. Dies kann am besten durch Abstützung auf einen internationalen

Standard sichergestellt werden, da dieser nur in größeren Zeitintervallen (> 5 Jahre) unter Berücksichtigung strenger Auflagen verändert werden kann.

- Mit der Deregulierung des deutschen Energiemarktes kommt überdies der internationalen Ausrichtung der EVU eine erhöhte Bedeutung zu. Durch die Verwendung eines internationalen Standards als Referenz für die Modellierung der unternehmensinternen Daten und als Austauschformat werden Kooperationen mit europäischen oder internationalen Partnern, Kunden, Lieferanten oder Beteiligungen vereinfacht. Partnerunternehmen sind dadurch nicht mehr gezwungen, ähnliche Systemlandschaften vorzuhalten, um Informationen auszutauschen.

4.2.2 Vorgehensweise

Die Abbildungs- und Validierungsuntersuchung wird gegen das ARM (application reference model) von AP 212 durchgeführt, weil es sich bei dem ARM um das (Referenz-)Datenmodell von AP 212 und damit um den eigentlichen Informationsgehalt von AP 212 handelt, was insbesondere im Hinblick auf die Validierungsaufgabe von Bedeutung ist. Hingegen handelt es sich bei dem AIM (application interpreted model) von AP 212 um eine Abbildung dieses Informationsgehaltes in die integrierten Ressourcen von STEP (ISO 10303).

Auch im Hinblick auf einen späteren Datenaustausch auf Basis von AP 212 ist diese Vorgehensweise hinreichend, weil die Abbildung ARM → AIM als Teil der Norm in AP 212 (wie in allen anderen vollständigen APs) durch Mapping-Tabellen bis ins letzte Detail dokumentiert ist.

Die Abbildungsuntersuchung selbst beschränkt sich im allgemeinen darauf, jeweils einen gangbaren Weg für das aktuelle Abbildungsproblem an Hand der Subschemata des Informationsmodells in textueller Form zu dokumentieren. Sie verzichtet auf eine Analyse aller denkbaren Abbildungspfade und insbesondere auf die Hinterlegung von formalen Mapping-Tabellen, weil dies einen Arbeitsaufwand erfordern würde, der den Rahmen dieses Projektes sprengen würde.

Nachfolgend wird der von der Abbildung des Informationsmodells nach AP 212 betroffene Teil von AP 212 nur auszugsweise und beispielhaft grafisch dargestellt, um Copyright-Verletzungen vorzubeugen, weil bei vollständiger Darstellung der betroffenen Bereiche ca. 50 % des ARM von AP 212 im EXPRESS-G-Format zur Darstellung kommen müssten.

4.2.3 Anmerkungen

Das in dieser Arbeit untersuchte Informationsmodell wird – im Vergleich zu AP 212 – für einen stärker spezialisierten Anwendungsbereich und im Hinblick auf verbesserte Implementierbarkeit entwickelt und unterscheidet sich daher von AP 212 in einigen wesentlichen Punkten:

- Das Modell ist, nicht zuletzt im Hinblick auf die Objektorientierung und im Gegensatz zu AP 212, streng hierarchisch aufgebaut und ist geeignet, in Form einer Klassenbibliothek implementiert zu werden.

- Aufbauend auf dieser strengen (Entitäten-)Hierarchie wird, zum Zwecke einer verbesserten Transparenz, Lesbarkeit und Implementierbarkeit des Modells, auf eine Verwendung von AND/OR-Vererbung, Mehrfachvererbung und select-Typen als Modellierungsoptionen vollkommen verzichtet.
- Auf Grund der stärkeren Spezialisierung des Informationsmodells auf einen bestimmten Anwendungsbereich, hier die Energieverteilung, ist es möglich, bestimmte Teilbereiche des Modells etwas stärker auf die entsprechenden Anforderungen abzustimmen, was einerseits zu Entitäten ohne direktes semantisches Äquivalent in AP 212 führt und andererseits hilft, die Gesamtzahl der benötigten Entitäten im Vergleich zu AP 212 erheblich zu reduzieren.

Insgesamt resultiert hieraus ein Informationsmodell, das sich, im Vergleich zu AP 212, als kompakter, übersichtlicher und besser implementierbar darstellt.

4.3 High Level Schema

4.3.1 Beschreibung

Das High Level Schema (siehe Bild 5) bildet die hierarchisch oberste Ebene des Informationsmodells. Von ihm werden alle weiteren Schemata abgeleitet.

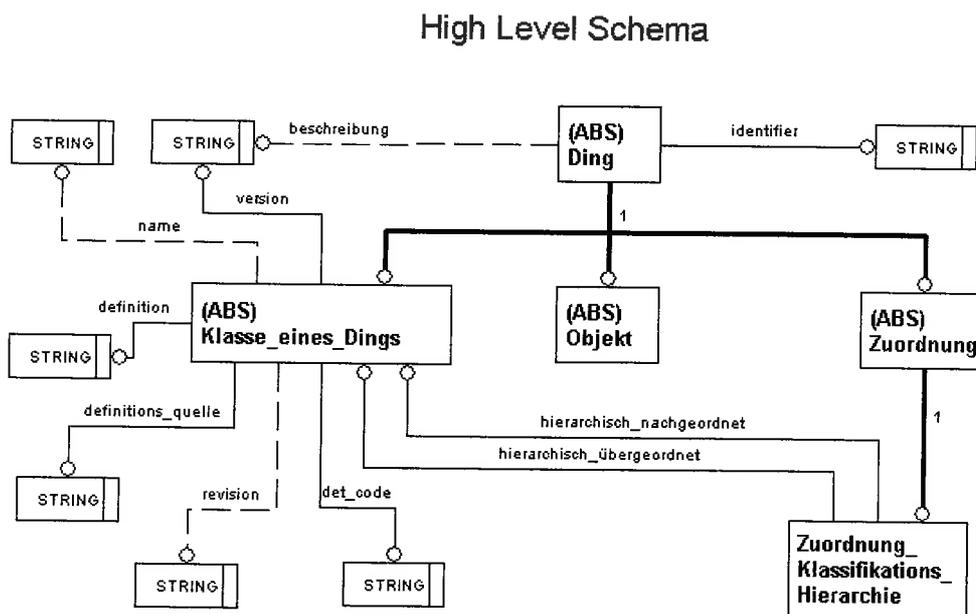


Bild 5 High Level Schema

Den Ursprung des Modells bildet die Entität "Ding". Sie steht für alle Objekte, die mit diesem Informationsmodell erfasst und verwaltet werden können. Sie wurde eingeführt, um eine rigorose Hierarchisierung des Modells zu erreichen. Zwecks Identifikation und Unterscheidung aller Objekte erhält jede Instanz von "Ding" einen eindeutigen Identifier und optional eine Beschreibung

- Als "Objekte" werden die Dinge betrachtet, die den eigentlichen Inhalt des Datenmodells ausmachen, d.h. von eigenem Interesse sind. Dies sind z.B. Produkte, Funktionen und Attribute.
- "Klasse_eines_Dings" dient der Klassifizierung von Objekten, d.h. der Zuordnung von Bedeutungen. Die Entität "Klasse_eines_Dings" wurde nur aus modellierungstechnischen Gründen schon im High Level Schema mit Attributen und einer "Zuordnung_Klassifikations_Hierarchie"- Entität versehen, damit sie im Klassifikations-schema als sogenanntes USE FROM – Konstrukt in einfacher Weise verwendet werden kann. Die Beschreibung und Abbildung der Entitäten und Attribute erfolgt im Klassifikationsschema
- "Zuordnung" stellt die Realisierung des Assoziations-Ansatzes [12] dar. Dieser bietet die Möglichkeit, Zuordnungen zwischen Instanzen verschiedener Entitäten vorzunehmen. Als Beispiel sei die Zuordnung eines Produktes zu der Funktion, die es realisieren soll, genannt.

4.3.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das High Level Schema hat kein Äquivalent in AP 212. Es dient hier lediglich in Anlehnung an die Objektorientierung zur rigorosen Hierarchisierung des Modells.

Die Abbildbarkeit des Informationmodells nach AP 212 ist hierdurch nicht eingeschränkt, weil das High Level Schema (mit Ausnahme der Attribute von "Ding") im wesentlichen einer ordnenden Zusammenfassung aller verwendeten Entitäten dient und nicht im eigentlichen Sinne Semantik repräsentiert und überdies alle wesentlichen Entitäten in AP 212 (mit Ausnahme der Assoziationen) ein Namens- und/oder ID-Attribut und eine Beschreibung haben. In allen anders gelagerten Fällen müssen die entsprechenden Attribute auf null abgebildet werden. Die Beschreibung und Abbildung der Entität "Zuordnung_Klassifikations_Hierarchie" und der Attribute von "Klasse_eines_Dings" erfolgt im Klassifikationsschema.

4.4 Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Objekt

4.4.1 Beschreibung

Die Entität (ABS) Objekt des High Level Schemas hat 83 Subtypen. Das zugehörige Ableitungsschema (siehe Bild 6) dient ausschließlich der Dokumentation der "Vererbungsverhältnisse" innerhalb des "Objektzweiges" des Informationsmodells und enthält keinerlei Relationen oder Attribute. Die entsprechende Dokumentation dieser Relationen und Attribute wird in den jeweiligen Subschemata geleistet. Das Ableitungsschema hat somit einen rein informativen Charakter und enthält daher auch keine USE FROM und REFERENCE FROM Symbole.

4.4.2 Validierung und Abbildbarkeit

Da innerhalb des Ableitungsschemas - wie erwähnt - sämtliche Relationen und Attribute fehlen, werden auch alle Validierungs- und Abbildungsuntersuchungen im Zusammenhang der jeweiligen Subschemata durchgeführt.

4.5 Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Zuordnung

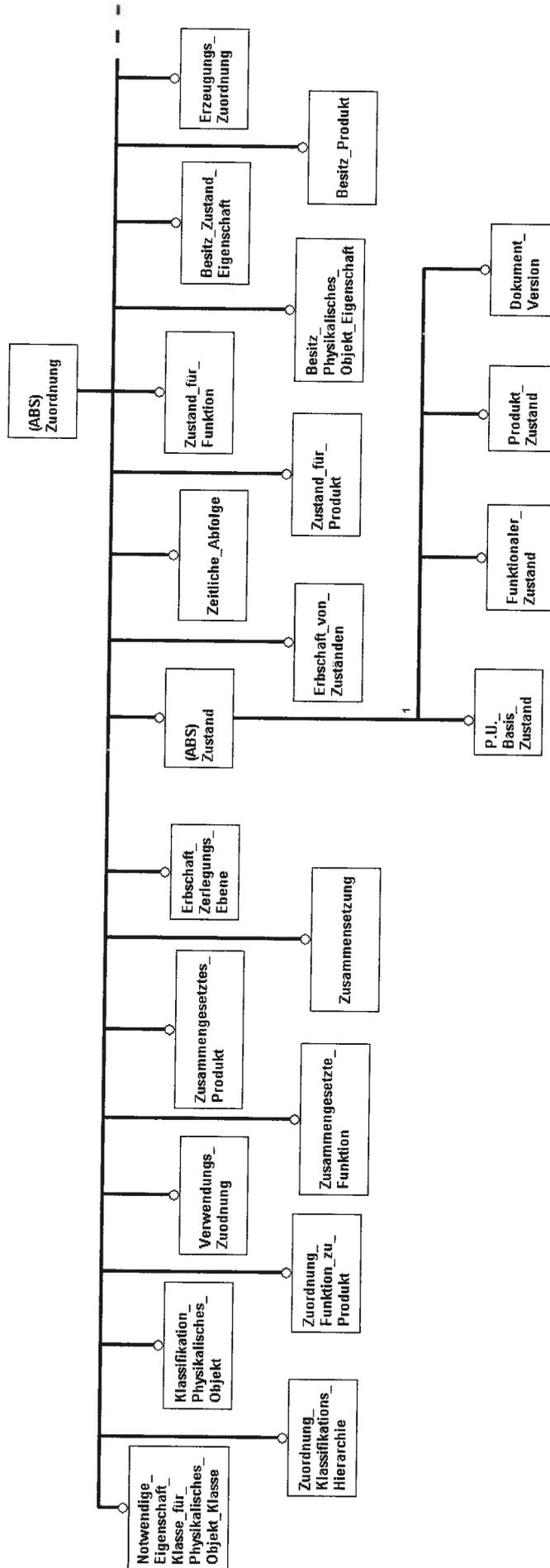
4.5.1 Beschreibung

Die Entität (ABS) Zuordnung des High Level Schemas hat 41 Subtypen. Das zugehörige Ableitungsschema (siehe Bild 7) dient ausschließlich der Dokumentation der "Vererbungsverhältnisse" innerhalb des "Zuordnungszweiges" des Informationsmodells und enthält keinerlei Relationen oder Attribute. Die entsprechende Dokumentation dieser Relationen und Attribute wird in den jeweiligen Subschemata geleistet.

4.5.2 Validierung und Abbildbarkeit

Da innerhalb des Ableitungsschemas - wie erwähnt - sämtliche Relationen und Attribute fehlen, werden auch alle Validierungs- und Abbildungsuntersuchungen im Zusammenhang der jeweiligen Subschemata durchgeführt. Das Ableitungsschema hat somit einen rein informativen Charakter und enthält daher auch keine USE FROM – und REFERENCE FROM – Symbole.

Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Zuordnung



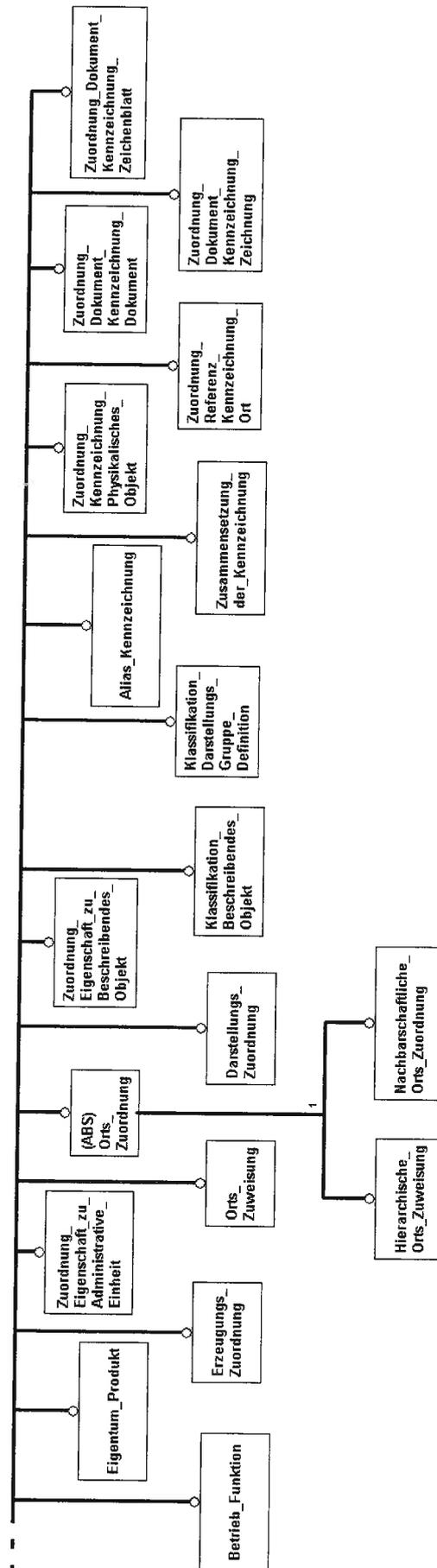


Bild 7 Ableitungsschema für Subtypen von (ABS) Zuordnung

4.6 Konnektivitätsschema

4.6.1 Beschreibung

Funktionen und Produkte können beliebig tief geschachtelt sein (Assembly-Struktur) und auf jeder Dekompositionsebene klassifiziert werden (siehe Bild 8). Da auch Anschlüsse und Verbindungen Subtypen von "Funktion" bzw. "Produkt" sind, können Anschlussgruppen und Verbindungsbündel ebenfalls beliebig tief geschachtelt werden. Mit Hilfe des Attributes "Art_der_Zusammensetzung" wird die Art der Schachtelung näher bestimmt. Es werden folgende Arten der Schachtelung unterschieden:

- Assembly: Verknüpfung einer Instanz von "Funktion" oder "Produkt" mit "Funktion" oder "Funktions_Anschluss" oder "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" bzw. "Produkt" oder "Produkt_Anschluss" oder "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen".
- Anschlussgruppe: Verknüpfung einer Instanz von "Funktions_Anschluss" oder "Produkt_Anschluss" mit "Funktions_Anschluss" bzw. "Produkt_Anschluss".
- Verbindungsbündel: Verknüpfung einer Instanz von "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" oder "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen" mit "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" bzw. "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen".

Entsprechend IEC 61346 [6] wird streng zwischen Produkten und Funktionen unterschieden:

- Funktionen sind hierbei Aufgaben, die von einem Objekt in dem jeweils gewählten Kontext erfüllt werden sollen. Diese können optional mit einem zusätzlichen Kennbuchstaben gemäß IEC 61346 [6, Tabelle 1] versehen werden.
- Die Produktsicht beschreibt die Realisierung eines Objektes, welches eine bestimmte Funktion erfüllen soll. Im Sinne der IEC 61346 [6] wird beispielsweise der Austausch eines Leistungsschalters in einem Feld einer Schaltanlage so interpretiert, dass das Produkt ausgetauscht wird, während die Funktion vor und nach dem Austausch die selbe ist.
- Die Ortssicht beschreibt die Orte, an welchen Objekte installiert sind und wird im Ortsschema (siehe Bild 9) näher beschrieben.
- Produkte können bestimmten, zumindest prinzipiell bestellbaren Produkttypen entsprechen, die in einem konkreten Fall Verwendung finden. Produkttypen sind nicht im Sinne einer Produktdefinition zu interpretieren.

Funktionen und Produkten lassen sich Anschlüsse zuordnen, die miteinander verbunden werden können. Für Funktions- und Produktanschlüsse kann eine Typisierung angegeben werden.

Schließlich ermöglicht "Zuordnung_Produkt_zu_Funktion" die Festlegung, durch welche(s) Produkt(e) eine Funktion realisiert wird.

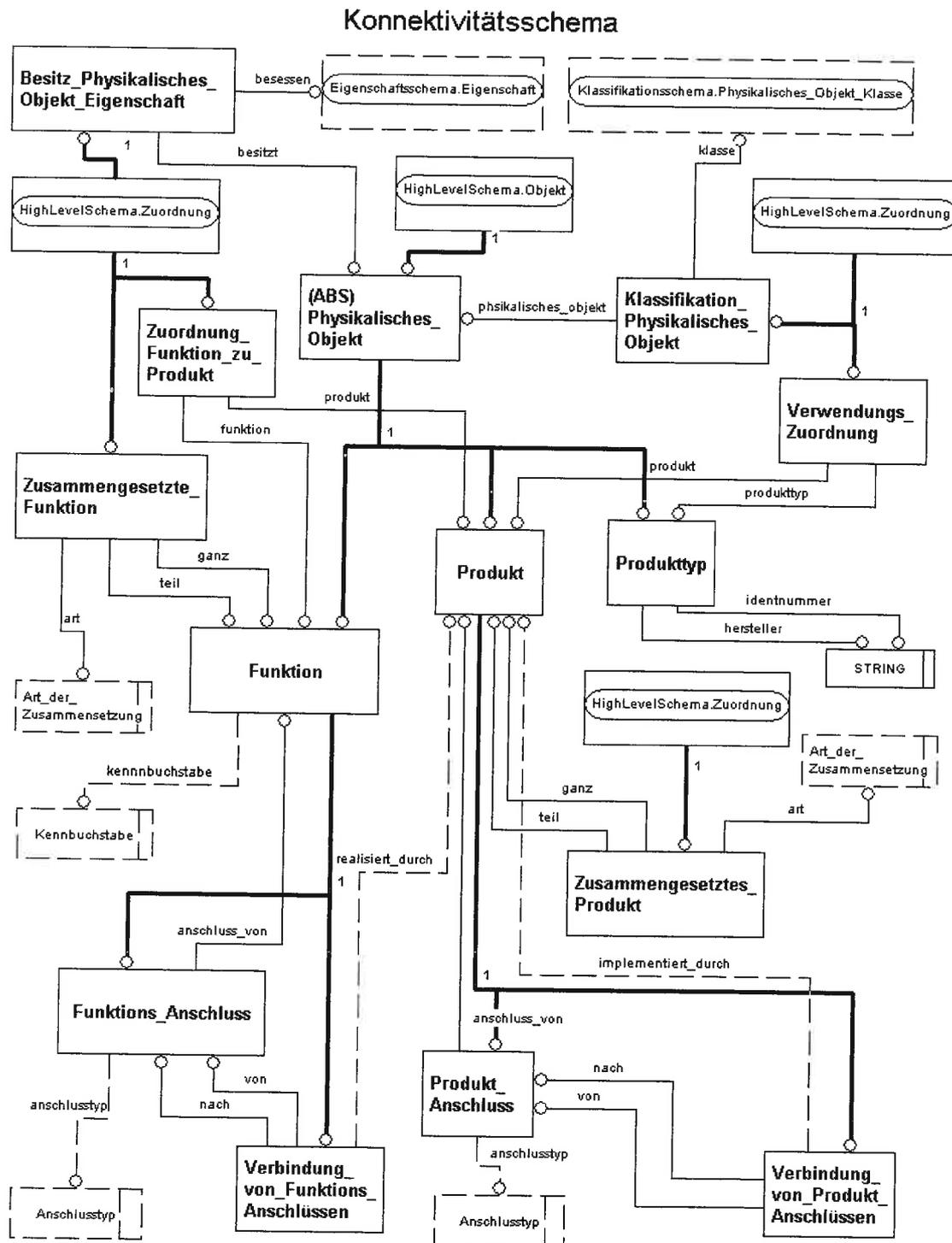


Bild 8 Konnektivitätsschema

4.6.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Konnektivitätsschema ist grundsätzlich mit AP 212 verträglich und auf dieses abbildbar.

Bei der Abbildung treten jedoch einige Detailprobleme zu Tage, wie z.B. die Tatsache, dass in den entsprechenden UOFs (units of functionality) von AP 212, z.B. für Instanzen von "Funktion", "Produkt", "Produkt_Anschluss" oder "Verbindung_von_Funktion_

Anschlüssen", jeweils Paare von Definitions- und Verwendungs-Entitäten anzulegen sind. Insgesamt sieht die Abbildung wie folgt aus:

- Für jede Instanz von "Funktion" wird je eine Instanz von `single_function_unit` und `function_definition` erzeugt. Für jede zuvor erzeugte Instanz von `function_definition` muss dann zusätzlich noch je eine Instanz von `function_version` und, im Falle eines neuen Inhaltes des Attributs "Kennbuchstabe" von "Funktion", `functionality` erzeugt werden. Das Attribut "Kennbuchstabe" von "Funktion" wird in dem Pflichtattribut `id` von `functionality` abgelegt.
- Für jede Instanz von "Funktions_Anschluss" wird je eine Instanz von `port` und `interface_port` erzeugt. Das optionale Attribut "Anschlusstyp" von "Zuordnung_von_Anschluss_zu_Funktion" wird – versehen mit einem Index – in dem Pflichtattribut `id` von `port` und `interface_port` abgelegt. Die Relation "anschluss_von" wird durch die Relationen `port_of` und `interface_port_of` von `port` bzw. `interface_port` absorbiert.
- Für jede Instanz von "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" wird je eine Instanz von `network` und `interface_port_connectivity` erzeugt. Die Pflichtrelation `connectivity_of` der erzeugten Instanz von `network` bzw. `interface_port_connectivity` wird durch eine geeignete Instanz von "Zusammengesetzte_Funktion", die je eine Instanz von "Funktion" und "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" verbindet, abgesättigt. Falls eine derartige Instanz von "Zusammengesetzte_Funktion" nicht existieren sollte, muss dennoch eine Verbindung zu einer geeigneten Instanz von `function_definition` hergestellt werden. Die optionale Relation "realisiert_durch" wird durch Erzeugung einer Instanz von `connectivity_allocation`, die die aktuelle Instanz von `network` mit einer geeigneten Instanz von `assembly_definition` oder `device` verbindet, abgebildet.
- Für jede Instanz von "Zusammengesetzte_Funktion" wird in Abhängigkeit von dem Wert von "Art_der_Zusammensetzung" wie folgt vorgegangen:
 - Assembly: handelt es sich um zwei Instanzen von "Funktion", die miteinander verknüpft werden, dann wird eine Instanz von `composition_relationship` angelegt, die die zugehörigen Instanzen von `function_definition` und `single_function_unit` miteinander verbindet. Handelt es sich um je eine Instanz von "Funktion" und "Funktions_Anschluss", die miteinander verknüpft werden, dann wird "Zusammengesetzte_Funktion" auf die Relationen `port_of` und `interface_port_of` der zugehörigen Instanzen von `port` und `interface_port` abgebildet. Handelt es sich um je eine Instanz von "Funktion" und "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen", die miteinander verknüpft werden, dann wird "Zusammengesetzte_Funktion" auf die Relationen `connectivity_of` der zugehörigen Instanzen von `network` und `interface_port_connectivity` abgebildet.
 - Anschlussgruppe: je eine Instanz von `port_relationship` und `interface_port_relationship` wird angelegt, die die zugehörigen Instanzen von `port` bzw. `interface_port` miteinander verbindet. Für die Relation `relation_type` von `port_relationship` bzw. `interface_port_relationship` wird `name` ausgewählt und dort der Inhalt von "Art_der_Zusammensetzung", d.h. Anschlussgruppe abgelegt.
 - Verbindungsbündel: eine Instanz von `function_connectivity_definition_relationship` wird angelegt, die die zugehörigen Instanzen von `network` bzw. `interface_port_connectivity` miteinander verbindet. Für die Relation `relation_type` von `port_`

relationship bzw. interface_port_relationship wird name ausgewählt und dort der Inhalt von "Art_der_Zusammensetzung", d.h. Verbindungsbündel, abgelegt.

- Für jede Instanz von "Produkt" wird eine Instanz von single_device und eine Instanz von design_discipline_item_definition oder assembly_definition (wenn das Produkt aus Unterteilen besteht) erzeugt. Für jede zuvor erzeugte Instanz von design_discipline_item_definition oder assembly_definition muss dann zusätzlich noch je eine Instanz von item_version und, im Falle eines neuen Inhaltes des Attributs "Identnummer" von "Produkttyp", auch von item erzeugt werden. Instanzen von "Produkttyp" werden von geeigneten, zuvor erzeugten Instanzen von item absorbiert. In deren Pflichtattribut id wird der Inhalt von "Identnummer" abgelegt.
- Das Attribut "Hersteller" von "Produkttyp" erfordert die Erzeugung von einer Instanz von organization für jeden zusätzlichen Herstellernamen und wird in den Pflichtattributen id und name von organization abgelegt (diese Lösung setzt voraus, dass es zu jedem verwendeten Herstellernamen je eine Instanz von organization gibt); über die Pflichtrelation organization_type wird name ausgewählt und dort der Inhalt von "Hersteller" oder "manufacturer" abgelegt. Die Verbindung zwischen den zugehörigen Instanzen von organization und item wird mit Hilfe einer Instanz von person_organization_assignment hergestellt.
- Für jede Instanz von "Produkt_Anschluss" wird je eine Instanz von terminal und interface_terminal erzeugt. Das optionale Attribut "Anschlusstyp" von "Zuordnung_Anschluss_zu_Produkt" wird – versehen mit einem Index – in dem Pflichtattribut id von terminal und interface_terminal abgelegt. Die Relation "anschluss_von" wird durch die Relationen terminal_of und interface_terminal_of von terminal bzw. interface_terminal absorbiert.
- Für jede Instanz von "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen" wird je eine Instanz von connection und interface_terminal_connection erzeugt. Die Pflichtrelation connectivity_of der erzeugten Instanz von connection bzw. interface_terminal_connection wird durch eine geeignete Instanz von "Zusammengesetzte_Funktion", die je eine Instanz von "Produkt" und "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen" verbindet, abgesättigt. Falls eine derartige Instanz von "Zusammengesetztes_Produkt" nicht existieren sollte, muss dennoch eine Verbindung zu einer geeigneten Instanz von assembly_definition hergestellt werden. Die optionale Relation "implementiert_durch" wird auf die ebenfalls optionale Relation implemented_by S[0:?] von connection bzw. interface_terminal_connection abgebildet.
- Für jede Instanz von "Zusammengesetztes_Produkt" wird in Abhängigkeit von dem Wert von "Art_der_Zusammensetzung" wie folgt vorgegangen:
 - Assembly: handelt es sich um zwei Instanzen von "Produkt", die miteinander verknüpft werden, dann wird eine Instanz von assembly_component_relationship angelegt, die die zugehörigen Instanzen von assembly_definition und single_device miteinander verbindet. Handelt es sich um je eine Instanz von "Produkt" und "Produkt_Anschluss", die miteinander verknüpft werden, dann wird "Zusammengesetzte_Funktion" auf die Relationen terminal_of und interface_terminal_of der zugehörigen Instanzen von terminal und interface_terminal abgebildet. Handelt es sich um je eine Instanz von "Produkt" und "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen", die miteinander verknüpft werden, dann wird

"Zusammengesetzte_Funktion" auf die Relationen connectivity_of der zugehörigen Instanzen von connection und interface_terminal_connection abgebildet.

- Anschlussgruppe: je eine Instanz von terminal_relationship und interface_terminal_relationship wird angelegt, die die zugehörigen Instanzen von terminal bzw. interface_terminal miteinander verbindet. Für die Relation relation_type von terminal_relationship bzw. interface_terminal_relationship wird name ausgewählt und dort der Inhalt von "Art_der_Zusammensetzung", d.h. Anschlussgruppe, abgelegt.
- Verbindungsbündel: eine Instanz von connectivity_definition_relationship wird angelegt, die die zugehörigen Instanzen von connection bzw. interface_terminal_connection miteinander verbindet. Für die Relation relation_type von terminal_relationship bzw. interface_terminal_relationship wird name ausgewählt und dort der Inhalt von "Art_der_Zusammensetzung", d.h. Verbindungsbündel, abgelegt.
- Für jede Instanz von "Zuordnung_Produkt_zu_Funktion" wird eine Instanz von offered_function_allocation angelegt, die die zugehörigen Instanzen von function_definition und design_discipline_item_definition oder assembly_definition miteinander verbindet.
- Für jede Instanz von "Klassifikation_Physikalisches_Objekt" wird eine Instanz von classification_association angelegt, die die zugehörigen Instanzen von function_definition oder design_discipline_item_definition bzw. assembly_definition und general_classification miteinander verbindet.
- Für jede Instanz von "Besitz_Physikalisches_Objekt_Eigenschaft" wird je eine Instanz von data_element_association erzeugt, die die erzeugte Instanz von user_defined_data_element mit der zugehörigen Instanz von z.B. function_definition oder assembly_definition verbindet. Das Attribut definitional von data_element_association wird auf "false" gesetzt.

4.7 Ortsschema

4.7.1 Beschreibung

Im Ortsschema (siehe Bild 9) können Objekten Orte zugewiesen werden. Die Orte werden mit Hilfe von Positionen beschrieben, die Koordinaten besitzen. Orte können hierbei sowohl hierarchische als auch nachbarschaftliche Beziehungen zueinander haben.

- Für jede Instanz von "Kartesischer_3D_Koordinaten_Raum (soweit noch keine geeignete Instanz seitens AP 212 vorhanden) wird je eine Instanz von cartesian_coordinate_space_3d und numerical_precision in AP 212 erzeugt und mittels der Relation precision miteinander verbunden. Das Pflichtattribut "längenmaß" wird auf das korrespondierende Attribut length_measure_unit der aktuellen Instanz von cartesian_coordinate_space_3d abgebildet. Die Pflichtattribute plane_measure_unit von cartesian_coordinate_space_3d und distance_precision und angular_precision von numerical_precision in AP 212 haben im Informationsmodell kein Äquivalent und müssen mit geeigneten Defaultwerten abgesättigt werden.
- Für jede verbleibende Instanz von "Orts_Zuweisung", die nicht durch Pflichtattribute defining_item von location absorbiert wurden, wird jeweils eine Instanz von location_assignment erzeugt, die die betrachtete Instanz von "Ort" mit einer zugehörigen Instanz von "Physikalisches_Objekt" verbindet. Das Pflichtattribut role der Instanz von location_assignment wird mit dem vordefinierten String "accommodation" belegt.
- Für jede Instanz von "Hierarchische_Orts_Zuordnung" wird eine Instanz von hierarchical_location_relationship erzeugt, die die zuvor erzeugten Instanzen von location im Sinne der gewünschten Hierarchie miteinander verbindet. Der Inhalt des Attributs "beschreibung" der Instanz von "Hierarchische_Orts_Zuordnung" kann im Attribut description von hierarchical_location_relationship abgelegt werden.
- Für jede Instanz von "Nachbarschaftliche_Orts_Zuordnung" wird eine Instanz von neighbourhood_location_relationship erzeugt, die die zuvor erzeugten Instanzen von location miteinander verbindet. Der Inhalt des Attributs "beschreibung" der zuvor erzeugten Instanz von "Nachbarschaftliche_Orts_Zuordnung" muss dazu verwendet werden, die Pflichtrelation relation_type von neighbourhood_location_relationship abzusättigen. Zu diesem Zweck wird über relation_type name ausgewählt und in einer Instanz von name, in dessen Namensattribut, wird – nicht ganz bedeutungskonform – der Inhalt von "beschreibung" eingetragen.
- Für jede Instanz von "GIS_Position" wird eine Instanz von gis_position erzeugt, die die Attribute von "GIS_Position",
 - "x_koordinate" → x_coordinate,
 - "y_koordinate" → y_coordinate,
 - "x_achse_delta" → x_axis_delta_x,
 - "y_achse_delta" → y_axis_delta_y,
 - "höhe" → height,
 - "maßstab" → scale,
 - "system" → system und
 - "zone" → zone

eins zu eins übernehmen kann.

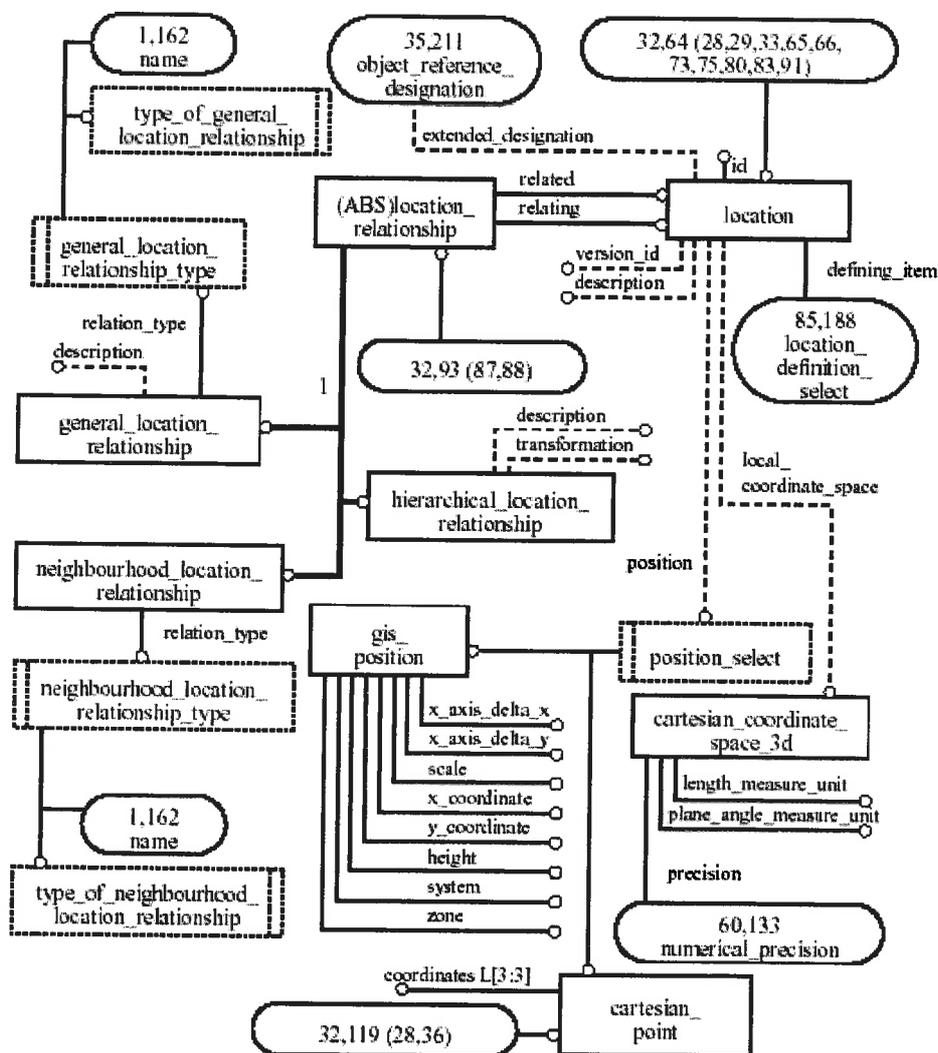


Bild 10 Ortsschema – Äquivalent in AP 212

- Für jede Instanz von "Punkt_3D" wird eine Instanz von cartesian_point erzeugt, die die Attribute von "Punkt_3D",
 - "x_koordinate" → coordinates L[1:1],
 - "y_koordinate" → coordinates L[2:2] und
 - "z_koordinate" → coordinates L[3:3]
 eins zu eins übernehmen kann.

4.8 Dokumentschema

4.8.1 Beschreibung

Das Dokumentschema (siehe Bild 11) dient im wesentlichen drei Aufgabenstellungen:

- Der Verwaltung von Dokumenten und ihren Versionen.
- Der Beschreibung der Art und Weise der Ablage oder Implementierung von Dokumenten und damit auch der Verwaltung externer Dokument-Referenzen. In diesem Zusammenhang müssen Informationen über den Ablagetyp mit dem Wertebereich
 - digital oder
 - physisch
- und optional über das erzeugende System, das verwendete Betriebssystem, die verwendete(n) Sprache(n), eine externe ID, den Lagerort oder Pfad und das Dateiformat hinterlegt werden
- Der Beschreibung der Einbettung von Darstellungselementen (siehe Darstellungsschema Teil 1 bis Teil 4) in Zeichenblätter oder schematische Darstellungen und der Beschreibung, wie diese ggf. mit Zeichnungen und schließlich Dokumenten verknüpft sind.

Damit diese Aufgabenstellungen mit der gewünschten Präzision und in dem gewünschten Detaillierungsgrad bewältigt werden können, wurde die Möglichkeit geschaffen, jedem beschreibenden Objekt im gewünschten Umfang Klassifikationsinformation und Eigenschaften zuzuordnen.

Dokumentschema

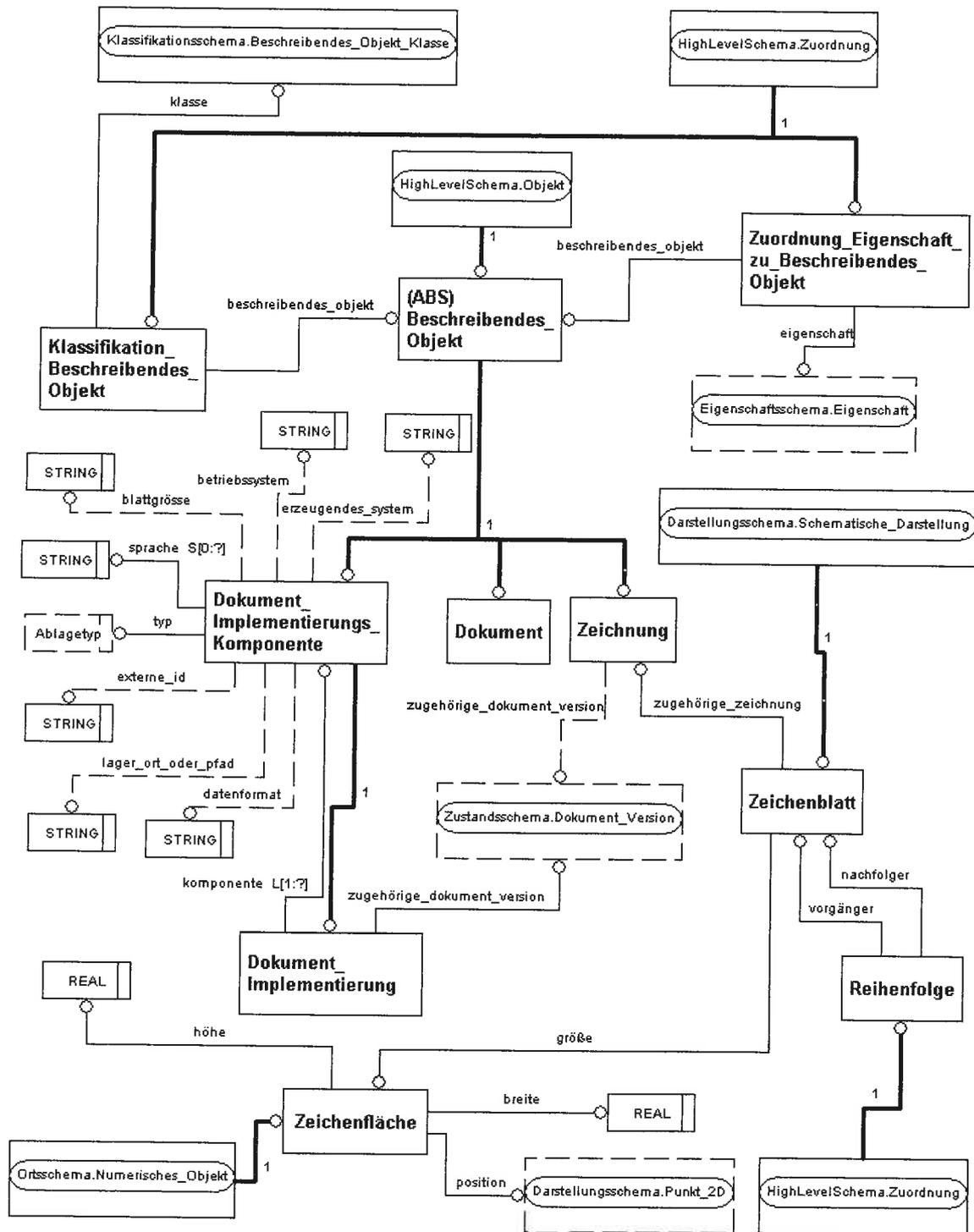


Bild 11 Dokumentschema

4.8.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Dokumentschema ist mit Ausnahme einiger Detailprobleme, die in einem Fall auf Unzulänglichkeiten in AP 212 zurückzuführen sind, gut auf AP 212 abbildbar.

Das Problem auf Seiten von AP 212 besteht in folgendem:

- Alle Instanzen von Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element", die auf einem Zeichenblatt platziert werden sollen, müssten in AP 212 semantisch richtig über eine sogenannte AND/OR- Vererbung mit einer Instanz von sheet_placed_annotation versehen werden. sheet_placed_annotation kann aber in der vorliegenden Version von AP 212 nicht mit drawing_sheet (dem Äquivalent zu "Zeichenblatt") verbunden werden, was so nicht gewollt sein kann! Daher muss auf dem Umweg über die Definition eines Views (Verwendung von view_placed_annotation, drawing_view) eine Verbindung zu der verwendeten Instanz von drawing_sheet hergestellt werden.

Vor Hintergrund dieser Einschränkung seitens AP 212, ergibt sich die Abbildung des Dokumentschemas wie folgt:

- Für jede Instanz von "Dokument" wird eine Instanz von document in AP 212 erzeugt. Das Pflichtattribut id von document wird mit dem Inhalt von "identifizier" abgesättigt.
- Für jede Instanz von "Dokument_Version" wird eine Instanz von document_version in AP 212 erzeugt. Die Pflichtrelation associated_document in AP 212 absorbiert die Pflichtrelation "dokument" der abzubildenden Instanz von "Dokument_Version". Jede Instanz von document in AP 212 erfordert zwingend die Existenz von mindestens einer Instanz von document_version. Falls eine entsprechende Instanz von "Dokument_Version" nicht zur Verfügung steht sollte, muss eine Dummy-Instanz von document_version angelegt werden. Das Pflichtattribut id von document_version wird mit dem Inhalt von "identifizier" abgesättigt.
- Für jede Instanz von "Zeichnung" wird eine Instanz von drawing in AP 212 erzeugt. Die optionale Relation "zugehörige_dokument_version" von "Zeichnung", die auf die zugehörige Instanz von "Dokument_Version" zeigt, wird durch Erzeugung einer Instanz von document_assignment erfüllt, die die aktuelle Instanz von drawing mit der zugehörigen Instanz von document_version verbindet. Über die Relation role von document_assignment wird name ausgewählt und dort "zugehörige_dokument_version" eingetragen. Das Pflichtattribut id von drawing wird mit dem Inhalt von "identifizier" abgesättigt, wohingegen in das Pflichtattribut version_id der Inhalt von id der verbundenen Instanz von document_version eingetragen wird. Ist keine Instanz von document_version verbunden, dann muss eine Kopie des Inhalts von id verwendet werden.
- Für jede Instanz von "Dokument_Implementierungs_Komponente" wird eine Instanz von digital_file oder hardcopy in AP 212 erzeugt, je nachdem, ob das Attribut "typ" von "Dokument_Implementierungs_Komponente" mit "digital" oder "physisch" belegt ist. Das Pflichtattribut id von digital_file oder hardcopy wird mit dem Inhalt von "identifizier" abgesättigt. Die optionalen Attribute "sprache S[0:?}", "erzeugendes_system", "betriebssystem", "externe_id", "lager_ort_oder_pfad", "datenformat" und "blattgröße" sollten nur gefüllt und abgebildet werden, wenn ihre Inhalte von den entsprechenden

Inhalten der zugehörigen Instanz von "Dokument_Implementierung" abweichen. Für den Fall, dass abweichende Werte vorliegen, werden sie wie folgt abgebildet:

- "sprache S[0:?]": Abbildung auf die optionale Relation content und Erzeugung einer Instanz von document_content_property und für jede Sprache eine Instanz von language, in deren attribut language_code die entsprechende Sprache (vorzugsweise der internationale Sprachcode) eingetragen wird.
- "erzeugendes_system": Abbildung auf die optionale Relation creation und Erzeugung einer Instanz von document_creation_property und Ablage des Attributwertes im Pflichtattribut creating_interface.
- "betriebssystem": Abbildung über die optionale Relation creation und Ablage des Attributwertes im Attribut operating_system der zuvor (für das Attribut "erzeugendes_system") erzeugten Instanz von document_creation_property.
- "externe_id": Abbildung auf die optionale Relation external_id_and_location S[0:?] und Erzeugung je einer Instanz von external_file_id_and_location und document_location_property und zusätzlich Ablage des Attributwertes im Pflichtattribut external_id von external_file_id_and_location.
- "lager_ort_oder_pfad": Abbildung über die optionale Relation external_id_and_location S[0:?] und Ablage des Attributwertes im Pflichtattribut location_name der zuvor (für das Attribut "externe_id") erzeugten Instanz von document_location_property.
- "datenformat": Abbildung auf die optionale Relation file_format und Erzeugung je einer Instanz von document_format_property, coded_size und classification_system und zusätzlich Ablage des Attributwertes im Attribut data_format von document_format_property.
- "blattgröße": Abbildung über die optionale Relation file_format und Ablage des Attributwertes (z.B. "ISO A0") im Pflichtattribut size der zuvor (für das Attribut "datenformat") erzeugten Instanz von coded_size. Das Pflichtattribut id der über referenced_standard referenzierten Instanz von classification_system wird mit dem Namen des verwendeten Papiergrößensystem (z.B. bei A-Formaten "ISO 216") abgesättigt.
- Für jede Instanz von "Dokument_Implementierung" wird eine Instanz von digital_document oder physical_document in AP 212 erzeugt, je nachdem, ob das Attribut "typ" von "Dokument_Implementierung" mit "digital" oder "physisch" belegt ist. Die Pflichtrelation "zugehörige_dokument_version" wird auf die Relation associated_document_version der erzeugten Instanz von digital_document bzw. physical_document abgebildet, die auf die zugehörige Instanz von document_version zeigt. Die Pflichtrelation "komponente L[1:?]" wird auf die Relation file S[0:?] der erzeugten Instanz von digital_document bzw. component S[0:?] der erzeugten Instanz von physical_document abgebildet, die dann auf die zugehörigen Instanzen von digital_file oder hardcopy verweisen, die zuvor für die über "komponente L[1:?]" verbundenen Instanzen von "Dokument_Implementierungs_Komponente" erzeugt wurden. Das Pflichtattribut id von digital_document oder physical_document wird mit dem Inhalt von "identifier" abgesättigt. Die optionalen Attribute "sprache S[0:?]", "erzeugendes_system",

"betriebssystem", "externe_id", "lager_ort_oder_pfad", "datenformat" und "blattgrösse" gelten global für alle verwiesenen Instanzen von "Dokument_Implementierungs_Komponente". Die Attributwerte werden wie folgt abgebildet:

- "sprache S[0:?]": Abbildung auf die optionale Relation content und Erzeugung einer Instanz von document_content_property und für jede Sprache eine Instanz von language, in deren attribut language_code die entsprechende Sprache (vorzugsweise der internationale Sprachcode) eingetragen wird.
- "erzeugendes_system": Abbildung auf die optionale Relation creation und Erzeugung einer Instanz von document_creation_property und Ablage des Attributwertes im Pflichtattribut creating_interface.
- "betriebssystem": Abbildung über die optionale Relation creation und Ablage des Attributwertes im Attribut operating_system der zuvor (für das Attribut "erzeugendes_system") erzeugten Instanz von document_creation_property.
- "externe_id": Falls vorhanden, wird mit dem Inhalt das Pflichtattribut id von digital_document oder physical_document überschrieben.
- "lager_ort_oder_pfad": Abbildung über die optionale Relation common_location S[0:?] und Erzeugung einer Instanz von document_location_property und Ablage des Attributwertes im Pflichtattribut location_name von document_location_property.
- "datenformat": Abbildung auf die optionale Relation representation_format und Erzeugung je einer Instanz von document_format_property, coded_size und classification_system und zusätzlich Ablage des Attributwertes im Attribut data_format von document_format_property.
- "blattgrösse": Abbildung über die optionale Relation representation_format und Ablage des Attributwertes (z.B. "ISO A0") im Pflichtattribut size der zuvor (für das Attribut "datenformat") erzeugten Instanz von coded_size. Das Pflichtattribut id der über referenced_standard referenzierten Instanz von classification_system wird mit dem Namen des verwendeten Papiergrößensystem (z.B. bei A-Formaten "ISO 216") abgesättigt.
- Für jede Instanz von "Zeichenfläche" und "Point_2D" (soweit noch keine geeignete Instanz vorhanden, siehe Darstellungsschema) wird je eine Instanz von rectangular_area und von point_2d in AP 212 erzeugt. Die Pflichtattribute "höhe" und "breite" werden auf die Pflichtattribute height und width der erzeugten Instanz von rectangular_area abgebildet. Die Relation "position" wird auf die Relation position der Instanz von rectangular_area in AP 212 abgebildet.
- Für jede Instanz von "Zeichenblatt" und – von "Schematische_Darstellung" vererbt – "Kartesischer_2D_Koordinatenraum" (soweit noch keine geeignete Instanz vorhanden, siehe Darstellungsschema) wird – wegen der oben geschilderten Mängel in AP 212 – je eine Instanz von drawing_sheet, drawing_view, point_2D und cartesian_coordinate_space in AP 212 erzeugt. Das Pflichtattribut name von drawing_sheet wird mit dem Inhalt von "identifizier" abgesättigt. Die Pflichtrelation "koordinaten_system" wird auf die Relation coordinate_space der Entität drawing_view, die auf die zuvor erzeugte Instanz von cartesian_coordinate_space verweist, abgebildet. Die Pflichtrelation "enthält S[1:?]" hingegen wird auf die Relation containing_view jeder einzelnen Instanz von

view_placed_annotation (siehe Darstellungsschema) abgebildet, die auf die aktuell erzeugte Instanz von drawing_view verweist. Die Pflichtrelation containing_sheet von drawing_view stellt dann die Verbindung zur zugehörigen Instanz von drawing_sheet her, während ihre Pflichtrelation position auf diejenige Instanz von point_2d verweist, die im Kontext der Abbildung der zugehörigen Instanz von "Zeichenfläche" erzeugt wurde. Das Pflichtattribut rotation der aktuellen Instanz von drawing_view wird dann immer mit 0 belegt. Die Pflichtrelation "größe" der zuvor erzeugten Instanz von "Zeichenblatt" wird auf die Relation size der entsprechenden Instanz von drawing_sheet abgebildet, die die Verbindung zur zugehörigen Instanz von rectangular_area herstellt, die zuvor im Kontext der Abbildung von "Zeichenfläche" erzeugt wurde.

- Für jede Instanz von "Reihenfolge" wird in AP 212 eine Instanz von drawing_sheet_relationship erzeugt, über deren Pflichtrelation role name ausgewählt und mit der Zeichenkette "Reihenfolge" belegt wird.
- Für jede Instanz von "Klassifikation_Beschreibendes_Objekt" wird eine Instanz von classification_association angelegt, die die zugehörigen Instanzen von z.B. document oder digital_document und general_classification miteinander verbindet.
- Für jede Instanz von "Zuordnung_Eigenschaft_zu_Beschreibendes_Objekt" wird je eine Instanz von data_element_association erzeugt, die die erzeugte Instanz von user_defined_data_element mit der zugehörigen Instanz von z.B. document oder drawing_sheet verbindet. Das Attribut definitional von data_element_association wird auf "false" gesetzt.

4.9 Verwaltungsschema

4.9.1 Beschreibung

Das Verwaltungsschema (siehe Bild 12) dient der Unterscheidung von Betreiber-, Besitz- und Eigentumsverhältnissen, da diese insbesondere in einem liberalisierten Markt nicht identisch sein müssen.

Die administrative Einheit kann hierbei mit einem Namen versehen und näher beschrieben werden.

Verwaltungsschema

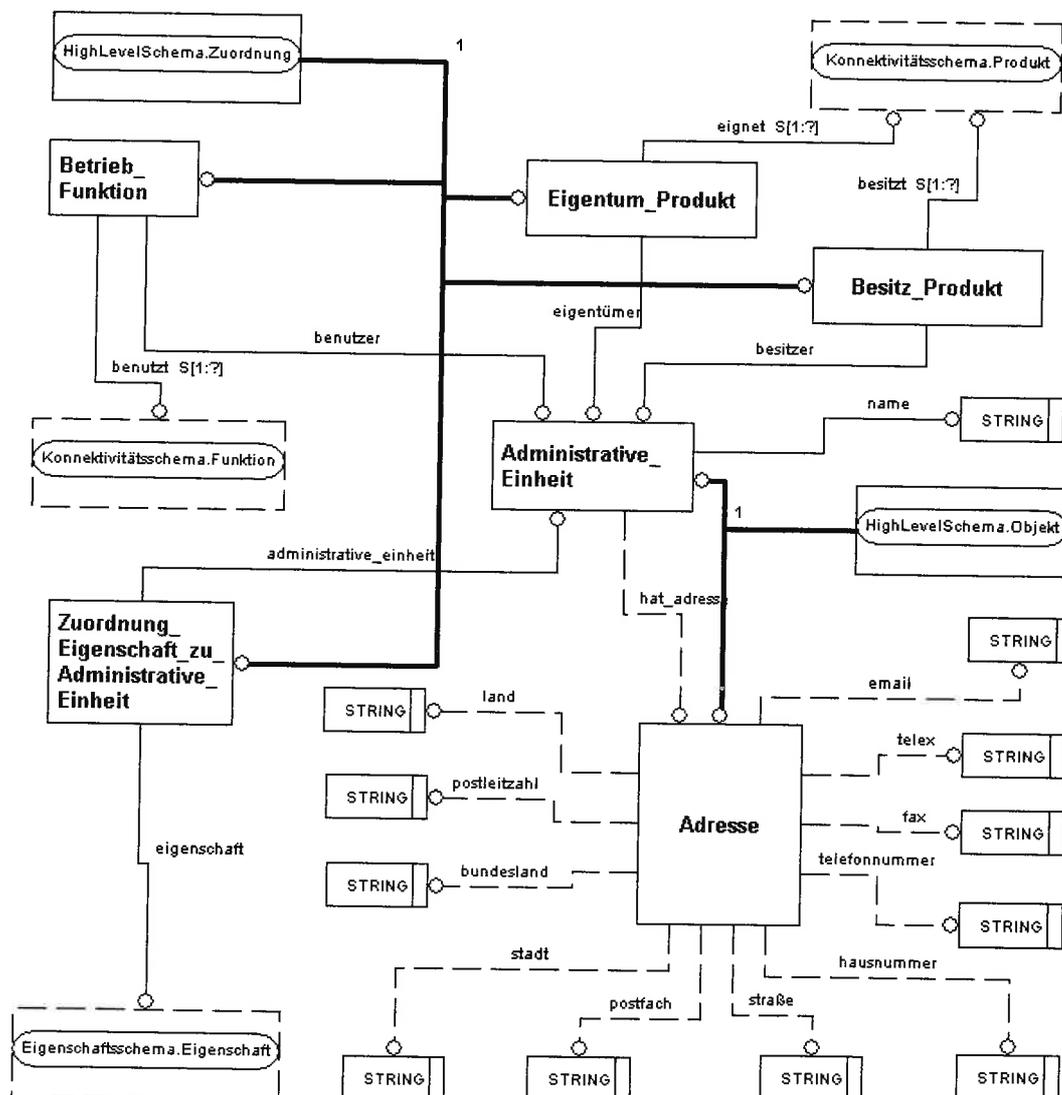


Bild 12 Verwaltungsschema

4.9.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Verwaltungsschema ist auf AP 212 abbildbar.

Die Umsetzung erfolgt unter Verwendung der in AP 212 verfügbaren Entität organization:

- Für jede Instanz von "Administrative_Einheit" wird eine Instanz organization angelegt. Das Pflichtattribut id von organization erhält den Wert von "identifier" aus der Instanz von "Administrative_Einheit" und in das Attribut name wird der Inhalt von "name" der Instanz von "Administrative_Einheit" eingetragen. Über die Relation organization_type von organization wird name ausgewählt und dort als Attribut "Administrative_Einheit" eingetragen.
- Für jede Instanz von "Betrieb_Funktion" wird eine Instanz von person_organization_assignment angelegt, die die zugehörigen Instanzen von organization und function_

version verbindet. Über die Pflichtrelation role von organization wird name ausgewählt und in dessen Namensattribut wird zur Kennzeichnung der Relation der Wert "Betrieb_Funktion" eingetragen.

- Für jede Instanz von "Besitz_Produkt" wird eine Instanz von person_organization_assignment angelegt, die die zugehörigen Instanzen von organization und item_version verbindet. Über die Pflichtrelation role von organization wird name ausgewählt und in dessen Namensattribut wird zur Kennzeichnung der Relation der Wert "Besitz_Produkt" eingetragen.
- Für jede Instanz von "Eigentum_Produkt" wird eine Instanz von person_organization_assignment angelegt, die die zugehörigen Instanzen von organization und item_version verbindet. Über die Pflichtrelation role von organization wird name ausgewählt und in dessen Namensattribut wird zur Kennzeichnung der Relation der Wert "Eigentum_Produkt" eingetragen.

Für jede Instanz von "Zuordnung_Eigenschaft_zu_Administrative_Einheit" wird je eine Instanz von person_organization_assignment erzeugt, die über ihre Relation is_applied_to S[1:?] die insgesamt benötigten Instanzen von user_defined_data_element mit der zugehörigen Instanz von organization über die Relation assigned_person_or_organization verbindet. Über die Relation role wird name ausgewählt und dort "Eigenschaften der Administrativen Einheit" eingetragen.

4.10 Klassifikationsschema

4.10.1 Beschreibung

Das Klassifikationsschema (siehe Bild 13) dient dazu, physikalischen Objekten, Eigenschaften (Attributen), Darstellungsgruppen (z.B. Symbolen), beschreibenden Objekten (z.B. Dokumente, Zeichnungen), Administrativen Einheiten und Orten innerhalb des Informationsmodells Bedeutung zuzuordnen.

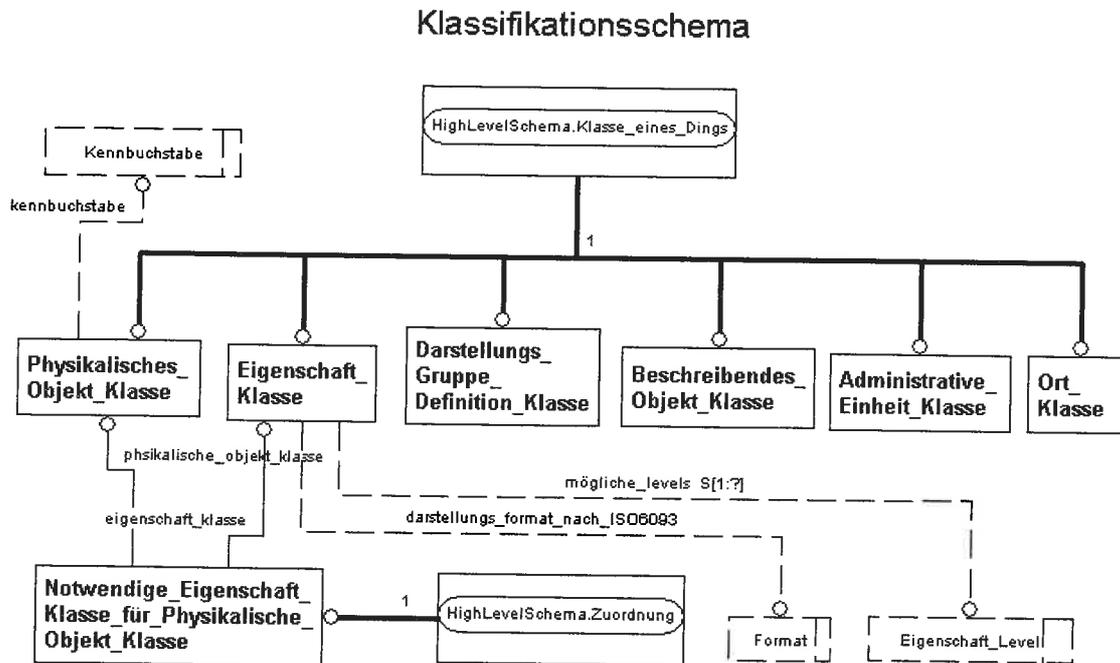


Bild 13 Klassifikationsschema

Hierzu erhalten sie typischerweise Klassifikationsmerkmale gemäß IEC 61360. Sowohl Objekte und Eigenschaften als auch Dokumente können entsprechend IEC 61360 im wesentlichen durch folgende Merkmale klassifiziert werden:

- **Definitionsquelle:** Verweis z.B. auf Standards/Werknormen
- **Version:** Aktuelle Versionsnummer
- **Revision:** Datum der letzten Revision
- **DetCode:** Eindeutiger Identifier
- **Name:** Benennung (optional)

Physikalische Objekte können zusätzlich (einen) optionale(n) Kennbuchstaben gemäß IEC 61346 [6, Tabelle 2] erhalten. Eigenschaften werden zusätzlich beschrieben durch das Format ihrer Darstellung nach ISO 6093 [13]:

- | | |
|--|--|
| • Textkonstante | (M..n) |
| • positive / negative ganze Zahl | (NR1S..n) |
| • positive / negative reelle Zahl | (NR2S..m.n) |
| • positive / negative reelle Zahl in Exponentialschreibweise | (NR3S..m.nESp) |
| • mögliche Levels (außer bei Dokumenten) | (min, nom, typ, max, stv, cal, est, act) |

Die Subtypen von "Klasse_eines_Dings" können sowohl einfach als auch hierarchisch zusammengesetzt (z.B. in Form eines Baumes) sein. Zusätzlich ist eine Entität – "Notwendige_Eigenschaft_Klasse_für_Physikalische_Objekt_Klasse" – vorgesehen, die es

ermöglicht, bestimmten Klassen physikalischer Objekte bestimmte Eigenschaftsklassen notwendig zuzuordnen.

Starre Tafeln und damit beschriebene Wertevorräte werden somit abgelöst. Hiermit wird die Möglichkeit eröffnet, zusätzliche neue Objekt- und Eigenschafts-(Attributs-)Klassen zu definieren und in flexibler Art und Weise miteinander zu verknüpfen.

Dies bedeutet nicht nur, dass das Informationsmodell flexible Handhabbarkeit und Erweiterbarkeit ermöglicht, sondern auch, dass man vorhandene Bibliotheken von Objekt- und Eigenschaftsklassen, beispielsweise für verschiedene Anwendungsbereiche (Gas, Wasser, Elektrotechnik, ...), innerhalb des gleichen Informationsmodells verwenden kann.

4.10.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Klassifikationsschema ist grundsätzlich auf AP 212 abbildbar (auf general_classification siehe Bild 14) und zeigt keine Inkonsistenzen im Vergleich mit AP 212. Einige verbleibende Detailprobleme erweisen sich als lösbar.

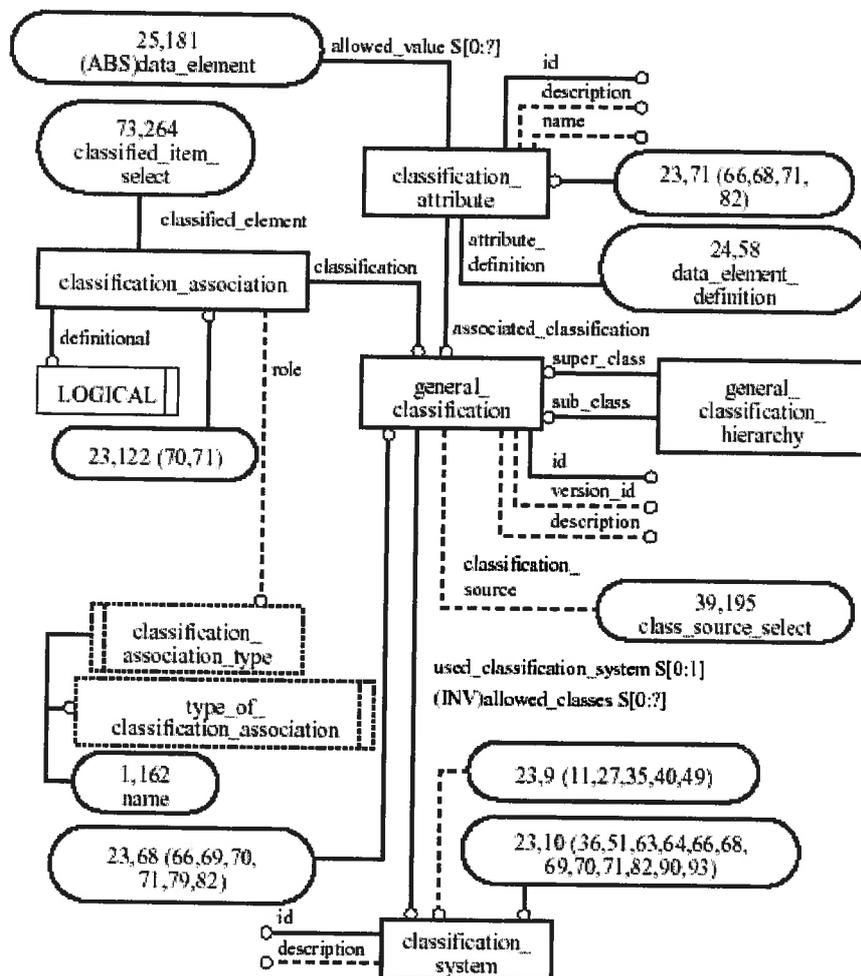


Bild 14 Klassifikationsschema – Zugehöriger Ausschnitt aus AP 212

Unter diesen Randbedingungen sieht die Abbildung nach AP 212 wie folgt aus:

- Zu jeder Instanz eines Subtypen von "Klasse_eines_Dings" wird eine Instanz von `general_classification` erzeugt
- `general_classification` aus AP 212 hat im Vergleich zu "Klasse_eines_Dings" und, mehr noch im Vergleich zu Subtyp "Eigenschaft_Klasse", zu wenige Attribute:
 - Die Attribute "identifizier" (vererbt von "Ding"), "definition" und "version" werden nach `id`, `description` und `version_id` abgebildet.
 - Durch Nutzung der optionalen Relation `classification_source` und Auswahl von `class_reference` können die Attribute "revision" (nicht ganz bedeutungskonform in das Attribut `version`), "det_code" und "definitions_quelle" in `code` und `supplier` absorbiert werden. Die Relation `type_of_repository` von `class_reference` mit Auswahl von `name` muss dann zusätzlich noch durch das optionale Attribut "name" oder, falls nicht vorhanden, eine Kopie von "identifizier" (vererbt von "Ding") abgesättigt werden.
 - Das optionale Attribut "Kennbuchstabe" des Subtypen "Physikalisches_Objekt_Klasse" wird für jede neue Buchstabenkombination in "Kennbuchstabe" durch Erzeugung von Instanzen von `classification_attribute` und `data_element_definition` abgesättigt: Dabei wird in die Attribute `id` von `classification_attribute` und `data_element_definition` Inhalt von "Kennbuchstabe" eingetragen
 - Die optionalen Attribute von "darstellungs_format-nach_ISO6093" und "mögliche_levels[1:?]" von "Eigenschaft_Klasse" können, da sie nur im Kontext von Eigenschaften (Datenelementen) auftreten, auf die Attribute `admitted_qualifier[0:?]` von `data_element_definition` und `value_format` von `format_of_value` (Entität zeigt auf `data_element_definition`) abgebildet werden. Das zusätzlich erforderliche Pflichtattribut `source_document` von `format_of_value` kann dann mit dem Default-Wert "ISO 6093" befriedigt werden.
- Für jede Instanz von "Zuordnung_Klassifikations_Hierarchie" wird eine Instanz von `general_classification_hierarchy` angelegt, die zugehörigen Instanzen von `general_classification` miteinander verbindet.
- AP 212 verlangt ein Klassifikationssystem: Das Pflichtattribut `id` von `classification_system` wird durch eine Kopie von "definitions_quelle", z.B. "IEC 61360" abgesättigt.
- Untertypisierung in Entitäten wie "Physikalisches_Objekt_Klasse", "Eigenschaft_Klasse", usw. ist ohne Äquivalent in AP 212: Der jeweilige Subtyp wird in `description` von `classification_system`, z.B. "Eigenschaft_Klasse", hinterlegt.
- "Notwendige_Eigenschaft_Klasse_für_Physikalische_Objekte_Klasse" ohne Äquivalent in AP 212: Zur Abbildung je einer dieser Entitäten müssen auf Seiten von AP 212 für jede der zu verknüpfenden Instanzen von `general_classification` je eine Instanz von `classification_attribute` und `data_element_definition` erzeugt und deren Pflichtattribute `id` jeweils mit dem Wert von "identifizier" belegt werden. Die eigentliche Verknüpfung der beiden Instanzen von `general_classification` erfolgt dann mit Hilfe einer Instanz von `data_element_definition_relationship`, für deren Relation `relation_type` `name` ausgewählt und mit dem Inhalt von "Notwendige_Eigenschaft_Klasse_für_Physikalische_Objekte_Klasse" belegt wird.

4.11 Kennzeichnungsschema

4.11.1 Beschreibung

Das Kennzeichnungsschema (siehe Bild 15) dient der Erzeugung von identifizierenden Zeichenketten für physikalische Objekte, Orte und beschreibende Objekte (z.B. "Dokument" oder "Zeichnung"). Es ermöglicht eine Beschreibung des strukturellen Aufbaus von Kennzeichnungsstrings und ihrer Bestandteile in dem jeweils benötigten Detaillierungsgrad. Es unterstützt dadurch alle gängigen Kennzeichnungsarten und damit insbesondere, wie in den Anforderungen an das Informationsmodell spezifiziert, IEC 61346, das die Referenzkennzeichnung im Bereich der elektrotechnischen Dokumentation normiert.

Auch eine parallele Verwendung von unterschiedlichen Kennzeichnungsverfahren, ggf. in Abhängigkeit von verschiedenen administrativen Einheiten, ist möglich. Für eine explizite Referenz-, Anschluss- oder Dokumentkennzeichnung stehen entsprechende Subtypen zur Verfügung.

Optional kann das verwendete Kennzeichnungssystem angegeben werden und auch eine nähere Bestimmung der Art der jeweiligen Kennzeichnungskomponente ist möglich.

Kennzeichnungsschema

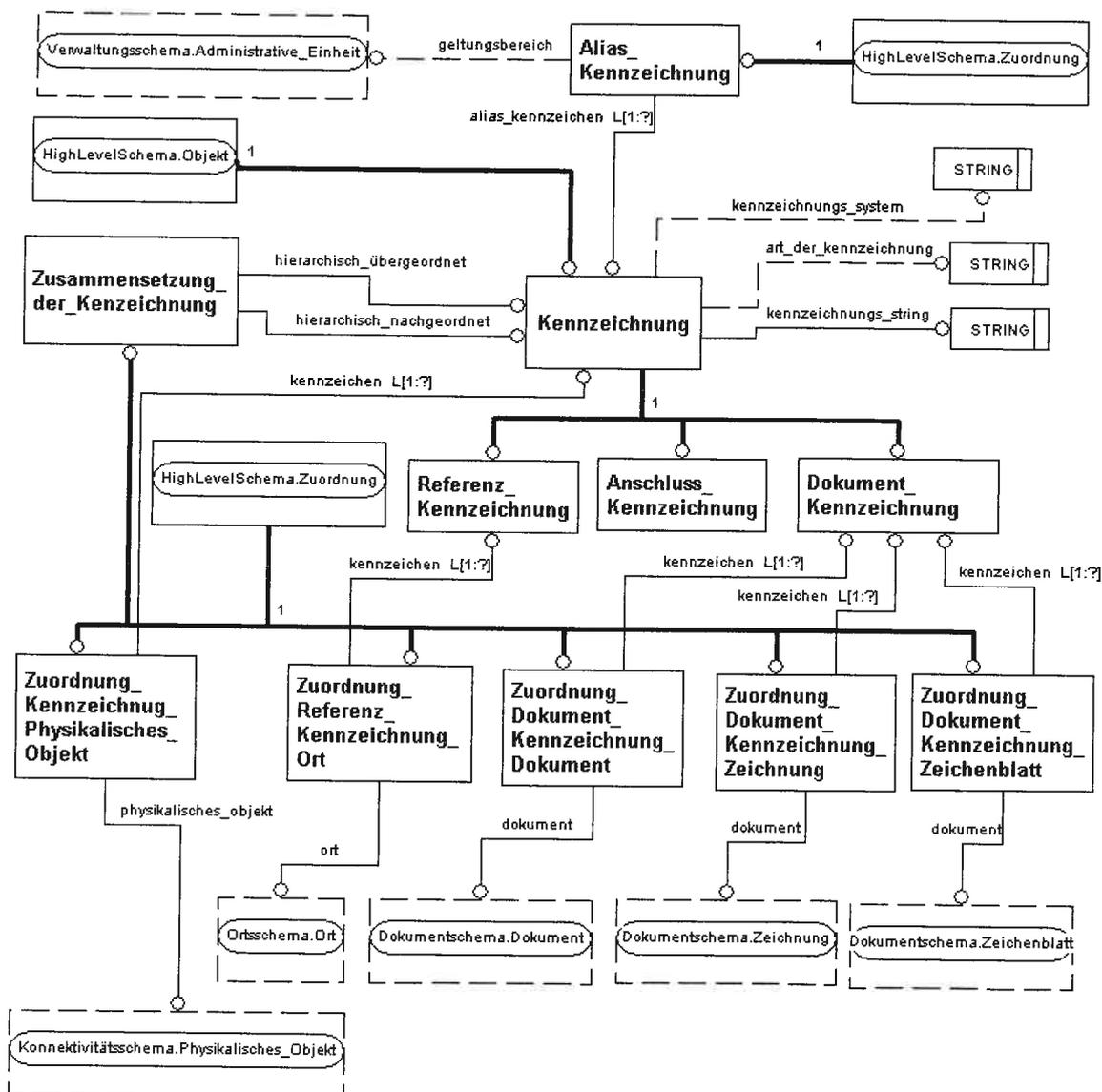


Bild 15 Kennzeichnungsschema

4.11.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Kennzeichnungsschema ist, von einigen Einschränkungen abgesehen, gut auf AP 212 abbildbar (siehe auch Bild 16). So erlauben z.B. sowohl das Informationsmodell als auch AP 212 Kennzeichnungen quasi auf Vorrat, d.h. ohne Verbindung zu irgendwelchen Objekten, abzulegen. In derartigen Fällen ist eine Abbildung fast eins zu eins möglich.

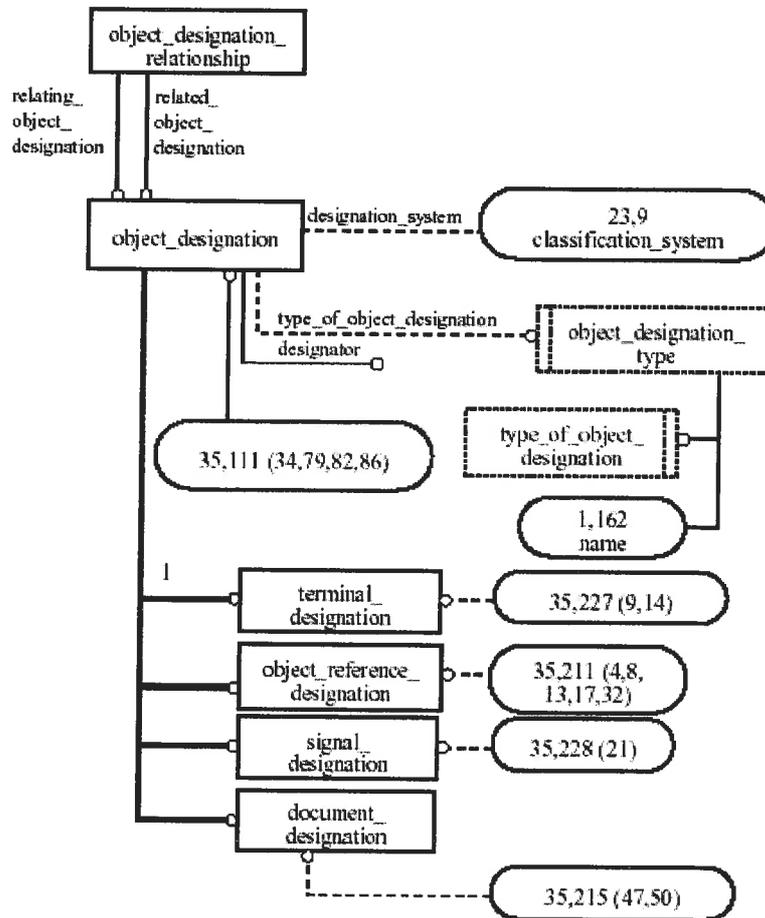


Bild 16 Kennzeichnungsschema – Ausschnitt aus dem äquivalenten Schema in AP 212

Zu den Einschränkungen ist anzumerken, dass auf Seiten von AP 212 Referenzkennzeichen nur für Funktionen, Produkte und Orte zulässig sind. Soweit es sich nicht um Alias-Kennzeichen handelt, sind in diesen Fällen auch exakt nur Referenzkennzeichen zulässig. Im Informationsmodell dagegen sind sowohl Anschlüsse als auch Verbindungen Subtypen von "(ABS) Physikalisches_Objekt": Anschlüsse bilden hierbei kein Problem, weil seitens AP 212 Anschlusskennzeichnung explizit vorgesehen ist. Eine Kennzeichnung von Verbindungen stellt hingegen ein Problem dar, weil diese nur dann bedeutungskonform nach AP 212 abgebildet werden kann, wenn diese entweder durch die Relation "realisiert_durch" (im Falle von Instanzen von "Verbindung_Funktions_Anschlüssen") oder durch die Relation "implementiert_durch" (im Falle von Instanzen von "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen") mit einer Instanz von "Funktion" bzw. "Produkt" verbunden sind. Andernfalls muss auf Seiten von AP 212 auf eine Hilfskonstruktion unter Verwendung von Datenelementen zurückgegriffen werden.

Die Abbildung wird daher in zwei Schritten untersucht:

1. Es handelt sich entweder um Alias-Kennzeichnungen oder die Kennzeichen sind nicht mit zu kennzeichnenden Objekten verbunden
2. Es handelt sich nicht um Alias-Kennzeichnungen und die Kennzeichen sind mit zu kennzeichnenden Objekten verbunden.

Unter den Randbedingungen entsprechend 1. sieht die Abbildung nach AP 212. wie folgt aus:

- Für jede Instanz von "Kennzeichnung" wird eine Instanz von object_designation in AP 212 erzeugt. Instanzen der Subtypen von "Kennzeichnung", d.h. "Referenz_Kennzeichnung", "Anschluss_Kennzeichnung" und "Dokument_Kennzeichnung", werden auf die entsprechenden Subtypen von object_designation, d.h. auf object_reference_designation, terminal_designation und document_designation abgebildet. Die Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" werden von den entsprechenden Attributen bzw. Relationen designator, designation_system und type_of_object_designation aufgenommen.
 - Zur Abbildung des optionalen Attributs "kennzeichnungs_system" muss zusätzlich noch für jeden neuen Textinhalt von "kennzeichnungs_system" eine Instanz von classification_system erzeugt werden, auf die von der Relation designation_system gezeigt wird. Das Pflichtattribut id von classification_system wird mit dem Inhalt von "kennzeichnungs_system" belegt.
 - Zur Abbildung des optionalen Attributs "art_der_kennzeichnung" wird auf Seiten von AP 212 über die Relation type_of_object_designation der Typ name ausgewählt und dort der Inhalt von "art_der_kennzeichnung" eingetragen.
- Für jede Instanz von "Zusammensetzung_der_Kennzeichnung" wird eine Instanz von object_designation_relationship in AP 212 erzeugt und mit den zuvor erzeugten Instanzen von object_designation oder ihren Subtypen in geeigneter Weise verbunden.
- Für jede Instanz von "Kennzeichnung" (oder Subtypen) auf welche jeweils von derselben Instanz von "Alias_Kennzeichnung" gezeigt wird, wird je eine Instanz von alias_designation in AP 212 erzeugt und jeweils mit je einer der zuvor erzeugten Instanzen von object_designation oder ihren Subtypen über die Relation alias_extended_designation verbunden. Über die Pflicht-Relation is_applied_to von alias_designation wird das mit Alias-Kennzeichen versehene Objekt verwiesen. Infolgedessen kann eine Instanz von "Alias_Kennzeichnung" nur abgebildet werden, wenn sie auf mindestens eine Instanz von "Kennzeichen" (oder Subtypen) verweist, die mit "(ABS) Physikalisches_Objekt", "Ort", "Dokument", "Zeichnung" oder "Zeichenblatt" über eine Zuordnung verbunden ist. Das optionale Attribut "geltungsbereich" wird auf das optionale Attribut alias_scope aller Instanzen von alias_designation abgebildet, die im Kontext der aktuellen Instanz von "Alias_Kennzeichnung" erzeugt wurden. Diese Relationen alias_scope zeigen auf diejenige Instanz von organization, die für die von "Alias_Kennzeichnung" verwiesene Instanz von "Administrative_Einheit" (siehe Verwaltungsschema) erzeugt wurde.

Unter den Randbedingungen entsprechend 2. sieht die Abbildung nach AP 212 wie folgt aus:

- Für jede Instanz von "Kennzeichnung" oder ihren Subtypen, die mit einer Instanz von "Physikalisches_Objekt" mittels einer Instanz von "Zuordnung_Kennzeichnung_Physikalisches_Objekt" verbunden ist, ergeben sich in Abhängigkeit von dem verbundenen Subtypen von "Physikalisches_Objekt" diese Abbildungsalternativen:
 - Verbundener Subtyp entweder "Funktion" oder "Produkt": Eine Instanz von object_reference_designation wird in AP 212 erzeugt und wird von der zugehörigen Instanz von single_function_unit bzw. single_device mittels der Relation

- extended_designation verwiesen. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
- Verbundener Subtyp entweder "Funktions_Anschluss" oder "Produkt_Anschluss": Eine Instanz von terminal_designation wird in AP 212 erzeugt und wird von der zugehörigen Instanz von port bzw. terminal mittels der Relation extended_designation verwiesen. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
 - Verbundener Subtyp ist "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" und dessen optionale Relation "realisiert_durch" zeigt auf eine Instanz von "Produkt": Eine Instanz von object_reference_designation wird in AP 212 erzeugt und durch diejenige Instanz von single_device, auf die durch Abbildung der Relation "realisiert_durch" gezeigt wird, über die Relation extended_designation verwiesen. Die aus der Abbildung von "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" auf Seiten von AP 212 entstandene Instanz von network hingegen erhält keine Anbindung an die erzeugte Instanz von objekt_reference_designation. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
 - Verbundener Subtyp ist "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" und dessen optionale Relation "realisiert_durch" zeigt **nicht** auf eine Instanz von "Produkt": In diesem Fall ist auf Seiten von AP 212 keine Kennzeichnung im eigentlichen Sinne möglich, weshalb auf diese Kennzeichnungsoption verzichtet werden sollte, wenn eine Übergabe nach AP 212 angestrebt wird. Soll diese Variante aber dennoch nach AP 212 abgebildet werden, dann müssen die Kennzeichen als Eigenschaften interpretiert werden, die an diejenige Instanz von network angehängt werden müssen, die aus der Abbildung der aktuellen Instanz von "Verbindung_von_Funktions_Anschlüssen" auf Seiten von AP 212 entstanden ist. Die Abbildung von Eigenschaften erfolgt wie im Eigenschaftsschema beschrieben.
 - Verbundener Subtyp ist "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen" und dessen optionale Relation "implementiert_durch" zeigt auf eine Instanz von "Produkt": Eine Instanz von object_reference_designation wird in AP 212 erzeugt und durch diejenige Instanz von single_device, auf die durch Abbildung der Relation "implementiert_durch" gezeigt wird, über die Relation extended_designation verwiesen. Die aus der Abbildung von "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen" auf Seiten von AP 212 entstandene Instanz von connection hingegen erhält keine Anbindung an die erzeugte Instanz von objekt_reference_designation. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
 - Verbundener Subtyp ist "Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen" und dessen optionale Relation "implementiert_durch" zeigt **nicht** auf eine Instanz von "Produkt": In diesem Fall ist auf Seiten von AP 212 keine Kennzeichnung im eigentlichen Sinne möglich, weshalb auf diese Kennzeichnungsoption verzichtet werden sollte, wenn eine Übergabe nach AP 212 angestrebt wird. Soll diese Variante aber dennoch nach AP 212 abgebildet werden, dann müssen die Kennzeichen als Eigenschaften interpretiert werden, die an diejenige Instanz von connection angehängt werden müssen, die aus der Abbildung der aktuellen Instanz von

"Verbindung_von_Produkt_Anschlüssen" auf Seiten von AP 212 entstanden ist. Die Abbildung von Eigenschaften erfolgt wie im Eigenschaftsschema beschrieben.

- Für jede Instanz von "Referenz_Kennzeichnung", die mit einer Instanz von "Ort" mittels einer Instanz von "Zuordnung_Referenz_Kennzeichnung_Ort" verbunden ist, wird eine Instanz von object_reference_designation in AP 212 erzeugt und von der zugehörigen Instanz von location mittels der Relation extended_designation verwiesen. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
- Für jede Instanz von "Dokument_Kennzeichnung", die mit einer Instanz von "Dokument" mittels einer Instanz von "Zuordnung_Dokument_Kennzeichnung_Dokument" verbunden ist, wird eine Instanz von document_designation in AP 212 erzeugt und von der zugehörigen Instanz von document mittels der Relation extended_designation verwiesen. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
- Für jede Instanz von "Dokument_Kennzeichnung", die mit einer Instanz von "Zeichnung" mittels einer Instanz von "Zuordnung_Dokument_Kennzeichnung_Zeichnung" verbunden ist, wird eine Instanz von document_designation in AP 212 erzeugt und von der zugehörigen Instanz von drawing mittels der Relation extended_designation verwiesen. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
- Für jede Instanz von "Dokument_Kennzeichnung", die mit einer Instanz von "Zeichenblatt" mittels einer Instanz von "Zuordnung_Dokument_Kennzeichnung_Zeichenblatt" verbunden ist, wird eine Instanz von document_designation in AP 212 erzeugt und von der zugehörigen Instanz von drawing_sheet mittels der Relation extended_designation verwiesen. Die Abbildung der Attribute "kennzeichnungs_string", "kennzeichnungs_system" und "art_der_kennzeichnung" erfolgt analog zu 1.
- Für jede Instanz von "Zusammensetzung_der_Kennzeichnung" wird eine Instanz von object_designation_relationship in AP 212 erzeugt und mit den zuvor erzeugten Instanzen von object_designation oder ihren Subtypen in geeigneter Weise verbunden.

4.12 Eigenschaftsschema

4.12.1 Beschreibung

Das Eigenschaftsschema (siehe Bild 17) dient der Darstellung von Attributen. Im Gegensatz zu relationalen Strukturen werden diese hier als eigenständige Objekte behandelt. Sie können klassifiziert werden (siehe Klassifikationsschema), ein bestimmtes Level (min, nom, typ, max, stv, cal, est, act) aus der Menge der möglichen Levels haben und Einheiten besitzen sowie physikalischen Objekten, beschreibenden Objekten, Zuständen und Administrativen Einheiten zugeordnet werden (vgl. Konnektivitätsschema, Dokumentschema, Zustands- und Verwaltungsschema). Eigenschaften können auch in Gruppen zusammengefasst werden.

Grundsätzlich können Eigenschaften numerisch, bool'scher Natur, Zeichenketten oder Zeitstempel mit beliebiger Untergliederung sein. Als numerische Eigenschaften werden reelle, ganze und komplexe Zahlen vorgesehen. Für komplexe Zahlen besteht die Möglichkeit der Darstellung in polaren und kartesischen Koordinaten.

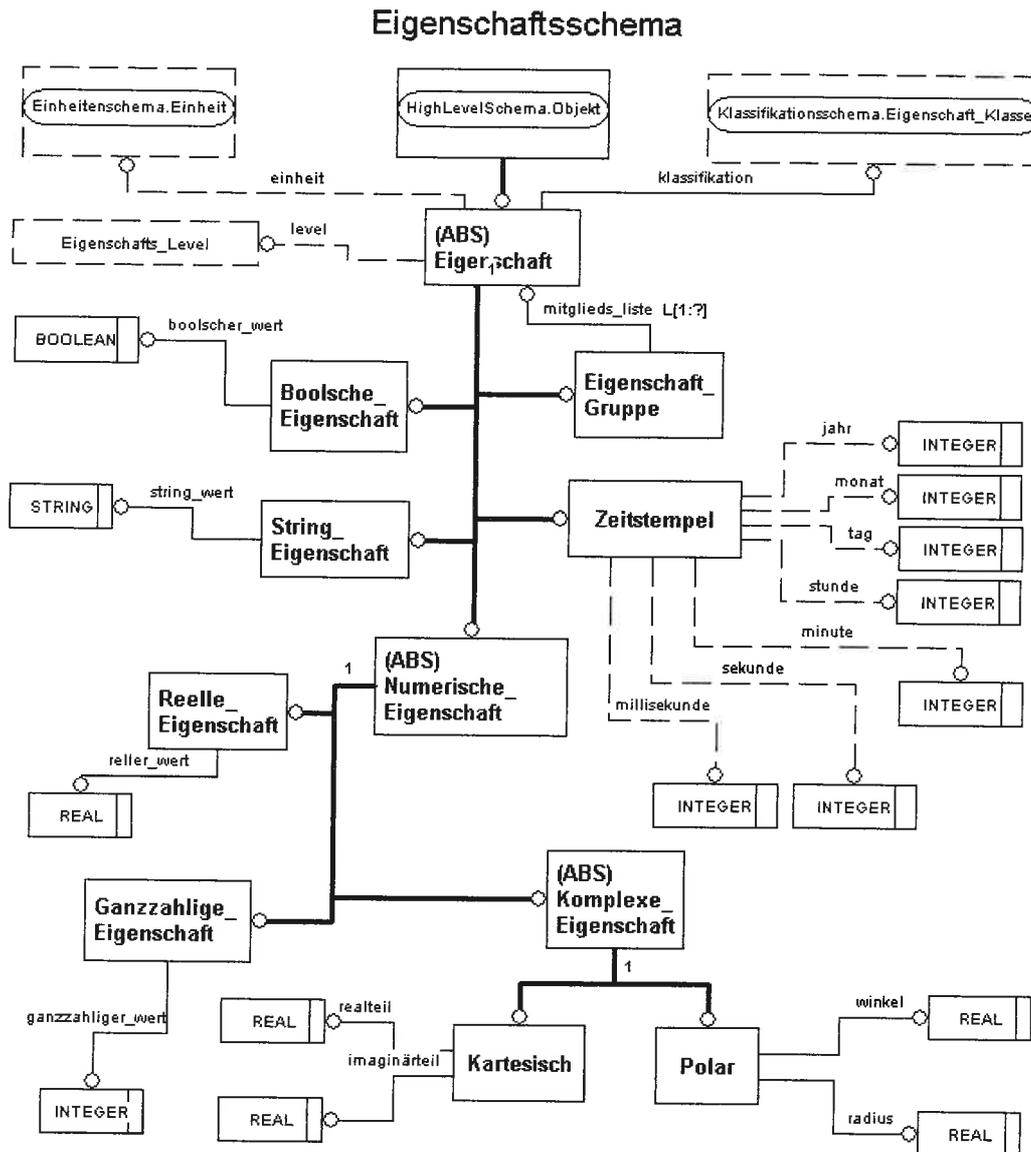


Bild 17 Eigenschaftsschema

4.12.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Eigenschaftsschema ist – inklusive lösbarer Detailprobleme bei den Eigenschafts-Subtypen "Zeitstempel" und "Komplexe_Eigenschaft" – auf AP 212 abbildbar.

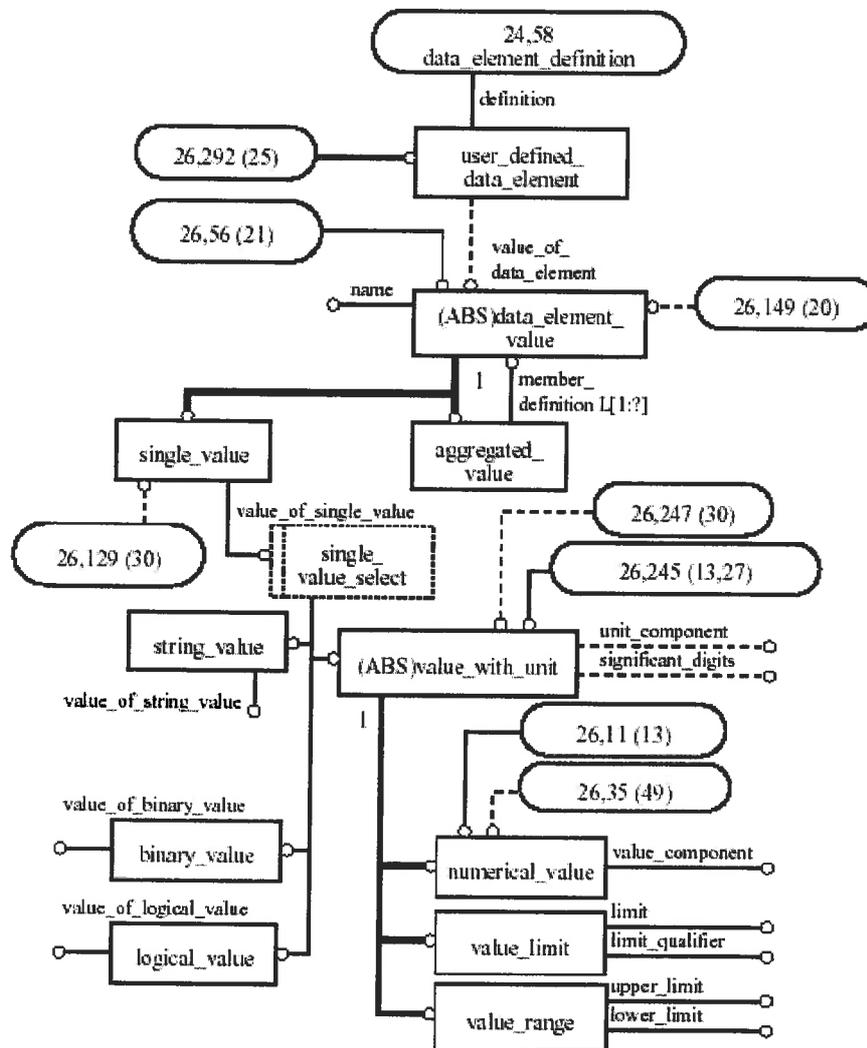


Bild 18 Eigenschaftsschema – zugehöriger Ausschnitt aus AP 212 zur Aufnahme von Eigenschaftswerten

Die Abbildung des Eigenschaftsschemas auf AP 212 sieht wie folgt aus:

- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Eigenschaft" wird jeweils eine Instanz von `user_defined_data_element` angelegt. Eine Instanz von `data_element_definition` wird nur je einmal pro Instanz von "Eigenschaft_Klasse" angelegt und von den zugehörigen Instanzen von `user_defined_data_element` verwiesen. Für die Relation "klassifikation" muss eine Instanz von `classification_association` angelegt werden, die die erzeugte Instanz von `data_element_definition` mit der zugehörigen Instanz von `general_classification` verbindet. Das Pflichtattribut `id` von `data_element_definition` erhält den Wert von `id` aus der über `classification_association` verwiesenen Instanz von `general_classification`. Der Name des Subtypen von "(ABS) Klasse_eines_Dings", hier "Eigenschaft_Klasse", wird im Attribut `description` derjenigen Instanz von `classification_system` hinterlegt, auf welche die zuvor verwiesene Instanz von `general_classification` verweist. Eventuell vorhandene Inhalte der Attribute "einheit" und "level" werden in den Attributen von `global_unit` und `qualifier` von `user_defined_data_element` abgelegt.

- Zur Aufnahme der eigentlichen Eigenschaftswerte muss zusätzlich für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Eigenschaft" – Ausnahmen bilden hier "Zeitstempel" und die Subtypen von "(ABS) Komplexe_Eigenschaft" - je eine Instanz von `single_value` und
 - `string_value` (für "String_Eigenschaft") oder
 - `binary_value` (für "Boolsche_Eigenschaft") oder
 - `numerical_value` (für "Ganzzahlige_Eigenschaft" und "Reelle_Eigenschaft")angelegt werden. Das Pflichtattribut `name` von `single_value` wird jeweils mit dem Namen des verwendeten Subtypen von "(ABS) Eigenschaft", z.B. mit "String_Eigenschaft", belegt.
- Zur Aufnahme der Eigenschaftswerte von "Zeitstempel" müssen je Instanz von "Zeitstempel" eine Instanz von `aggregated_value`, 7 Instanzen von `single_value` und 7 Instanzen von `numerical_value` erzeugt werden. Die Relation `member_definition L[1:?]` von `aggregated_value` zeigt dabei auf die erzeugten 7 Instanzen von `single_value`. Das Pflichtattribut `name` von `aggregated_value` wird mit "Zeitstempel" und die Pflichtattribute `name` der 7 Instanzen von `single_value` werden jeweils mit dem Namen des verwendeten Attributs von "Zeitstempel", d.h. mit "jahr", ... , "stunde", ... , "millisekunde" (in dieser Reihenfolge) belegt. Das Attribut `description` der zugehörigen Instanz von `data_element_definition` erhält den Inhalt "Zeitstempel".
- Zur Aufnahme der Eigenschaftswerte der Subtypen von "(ABS) Komplexe_Eigenschaft" müssen je Instanz von "Kartesisch" oder von "Polar" eine Instanz von `aggregated_value`, 2 Instanzen von `single_value` und 2 Instanzen von `numerical_value` erzeugt werden. Die Relation `member_definition L[1:?]` von `aggregated_value` zeigt dabei auf die erzeugten 2 Instanzen von `single_value`. Das Pflichtattribut `name` von `aggregated_value` wird mit "Komplexe_Zahl" und die Pflichtattribute `name` der 2 Instanzen von `single_value` werden jeweils mit dem Namen des verwendeten Attributs von "Kartesisch" oder "Polar", d.h. entweder mit "realteil" und "imaginärteil" oder mit "winkel" und "amplitude" belegt. Das Attribut `description` der zugehörigen Instanz von `data_element_definition` erhält den Inhalt "Komplexe_Zahl".
- Für jede Instanz von "Eigenschaft_Gruppe" wird für jede über die Relation "mitglieds_liste L[1:?]" verbundene Instanz eines Subtypen von "(ABS) Eigenschaft" jeweils eine Instanz von `data_element_definition_relationship` in AP 212 angelegt. Für die Pflichtrelation `relation_type` von `data_element_definition_relationship` wird `name` ausgewählt und dort "Eigenschaft_Gruppe" eingetragen.

4.13 Einheitenschema

4.13.1 Beschreibung

Das Einheitenschema (siehe Bild 19) stellt Entitäten für SI- und per-unit- (p.u.-) Einheiten zur Verfügung. SI-Einheiten werden mit Hilfe eines Präfix (z.B. M für Mega) und eines Namens (z.B. W für Watt) dargestellt.

Einheiten außerhalb des SI-Systems werden mit Hilfe zusätzlicher Möglichkeiten berücksichtigt:

- Umgerechnete Einheiten werden durch ihren Namen und einen Umrechnungsfaktor beschrieben (z.B. 1 inch = 25.4 mm).
- Abgeleitete Einheiten sind z.B. N/m^2 . Hierbei besteht die Beschreibung aus zwei Elementen, der Einheit "Newton" mit dem Exponent 1 und der Einheit "Meter" mit dem Exponent -2 .
- Die p.u.-Darstellung benötigt einen Basiszustand für die Festlegung ihrer Werte. Z.B. für einen Transformator die Größen 100 MVA und 150 kV.

Einheitenschema

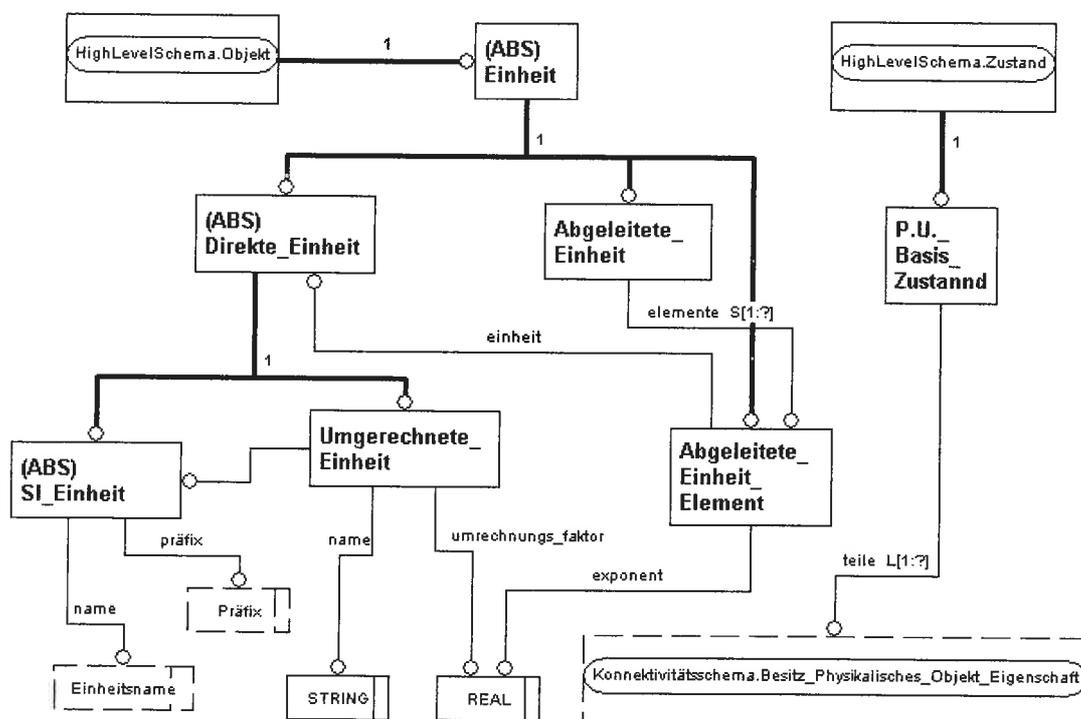


Bild 19 Einheitenschema

4.13.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Einheitenschema hat kein direktes Äquivalent in AP 212.

Die Lösung für die Entität "Einheit" geht davon aus, dass Einheiten jeweils nur zusammen mit Instanzen von Subtypen von "Eigenschaft" (siehe Bild 17) auftreten:

- Es steht daher jeweils eine geeignete Instanz von `user_defined_data_element` zur Aufnahme der Einheit zur Verfügung, in deren Attribut `global_unit` der aus den einzelnen SI-Komponenten (inklusive Exponenten) zusammengesetzte Einheitenstring abgelegt werden muss. Das Produkt der Umrechnungsfaktoren wird mit dem für das Attribut `value_component` der zugehörigen Instanz von `numerical_value` vorgesehenen Zahlenwert multipliziert und anschließend dort abgelegt.

- Die p.u.-Darstellung kann nicht sinnvoll nach AP 212 abgebildet werden. Daher wird vorgeschlagen, die entsprechenden Werte vor einer Übertragung nach AP 212 in SI-Einheiten umzurechnen.

Anmerkung: Eine Abbildung auf das AIM von AP 212 überschreitet, wie erwähnt, den Rahmen dieser Untersuchung: Auf AIM-Ebene existieren Äquivalente zu "Abgeleitete_Einheit", "Abgeleitete_Einheit_Element" und "SI_Einheit" (inklusive Präfix), so dass bei einem Prozessorbau eine direkte Abbildung dieser Elemente ohne Rückgriff auf die oben skizzierte Konkatenierung der einzelnen SI-Komponenten erfolgen kann.

4.14 Zustandsschema

4.14.1 Beschreibung

Das Zustandsschema (siehe Bild 20) dient der Versionsverwaltung. Hierzu werden Zustände (als Mengen von Zuordnungen) definiert. Zustände können einzeln und zusammengesetzt sein, von anderen Zuständen abgeleitet (vererbt) werden und eine zeitliche Abfolge besitzen. Zur näheren Bestimmung eines Zustandes können diesem in beliebigem Umfang Eigenschaften zugeordnet werden. Zusätzlich können Verantwortlichkeiten für die Erzeugung eines Zustandes ausgedrückt werden.

Folgende Zustandsarten werden unterschieden, die bestimmten Funktionen, Produkten und Dokumenten oder Gruppen von Funktionen bzw. Produkten zugeordnet werden:

- Entwurfszustand
- Betriebszustand
- Provisorium
- Anwenderdefinierter Zustand

Zustandsschema

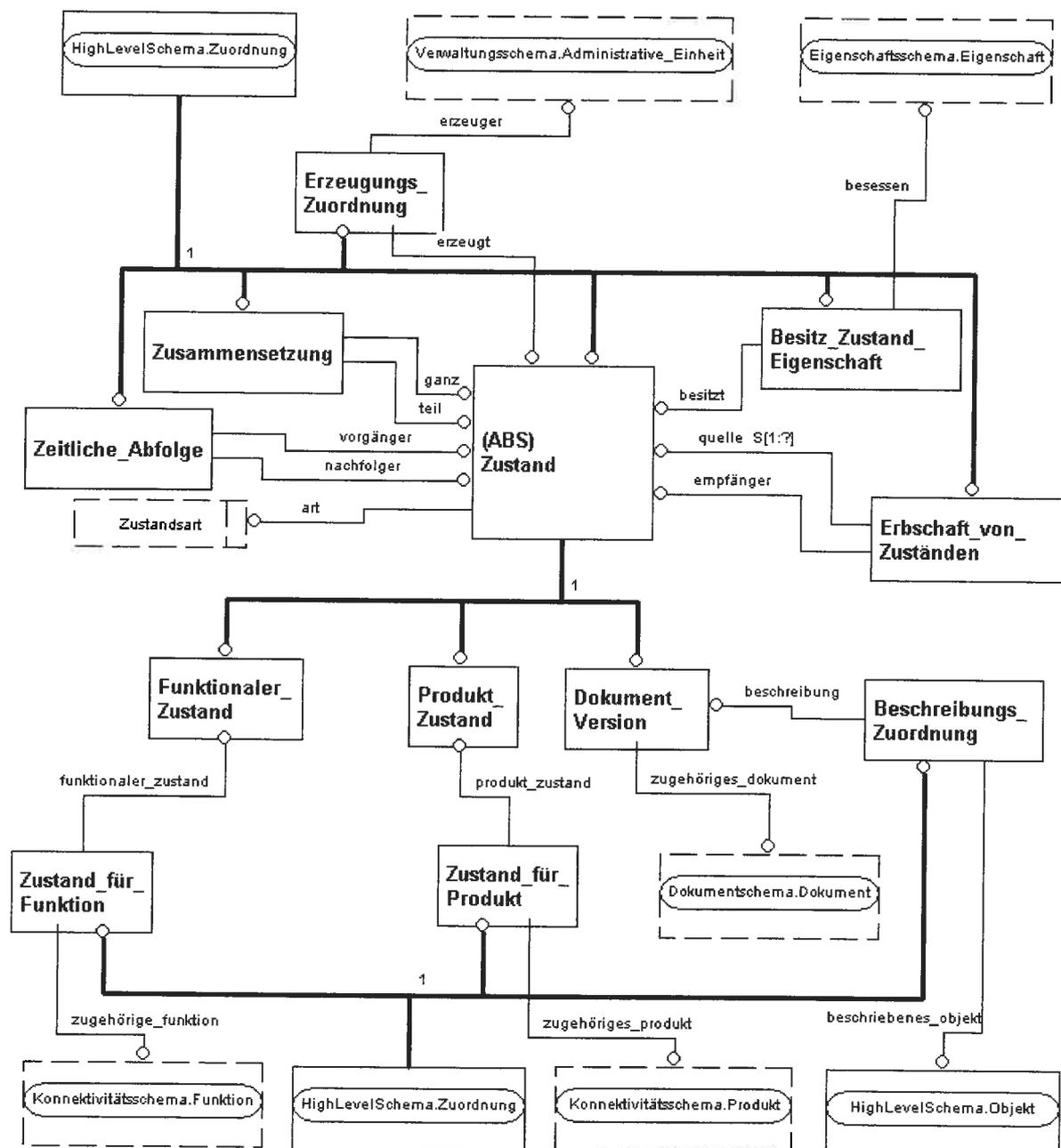


Bild 20 Zustandsschema

4.14.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Zustandsschema hat kein unmittelbares Äquivalent in AP 212, ist aber gut verträglich mit AP 212: Die Lösung des Abbildungsproblems setzt auf der Tatsache auf, dass es in AP 212 Versionsentitäten für Funktionen, Produkte und Dokumente gibt. AP 212 erzwingt sogar die Anlage von Versionsinstanzen, sobald Instanzen von Funktions- und Produktdefinitionen oder von Dokumentimplementierungen erzeugt werden. Daher muss, je nachdem, ob Versionsinformation schon als Default im Kontext der Ablage von konkreten Funktionen, Produkten

oder Dokumentimplementierungen erzeugt wurde oder nicht, die Abbildung auf zwei verschiedenen Wegen erreicht werden:

- Die Zustandsinformation wird dazu verwendet, die auf Seiten von AP 212 schon vorhandene Versionsinfrastruktur zu editieren oder
- die entsprechenden Instanzen von Versionsentitäten inklusive dem erforderlichen Umfeld müssen erst noch erzeugt werden.

Daher ist die nachfolgende Beschreibung der Abbildung des Zustandsschemas wie folgt zu interpretieren:

- Die entsprechenden Versionsinformationen existieren noch nicht auf Seiten von AP 212:
→ Neuanlage
- Die entsprechenden Versionsinformationen wurden schon im Kontext des Konnektivitäts- oder Dokumentschemas angelegt:
→ Editieren

Zusätzlich ist zwecks Abbildung der Entität "Erzeugungs_Zuordnung" eine Hilfskonstruktion unter Verwendung des Datenelementkonstruktes in AP212 erforderlich, weil eine direkte Verbindung von Versionsinformation mit Instanzen der Entität organization in AP212 nicht möglich ist.

Vor diesem Hintergrund sieht die Abbildung des Zustandsschemas nach AP 212 wie folgt aus:

- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Zustand" wird auf Seiten von AP 212 je eine Instanz von
 - function_version erzeugt, wenn es sich um den Subtyp "Funktionaler_Zustand" handelt. Zusätzlich muss mindestens einmal und dann für jeden neuen Inhalt des Attributes "Kennbuchstabe" von "Funktion" eine Instanz von functionality erzeugt werden. Der Inhalt von "Kennbuchstabe" wird dann in dem Pflichtattribut id von functionality abgelegt. Etwaige Instanzen von "Zustand_für_Funktion" werden von der Relation version der zugehörigen Instanz von function_definition absorbiert, die auf die zuvor erzeugte Instanz von function_version zeigt.
 - item_version erzeugt, wenn es sich um den Subtyp "Produkt_Zustand" handelt. Zusätzlich muss mindestens einmal und dann für jeden neuen Inhalt des Attributes "Identnummer" von "Produkttyp" eine Instanz von item erzeugt werden. Der Inhalt von "Identnummer" wird dann in dem Pflichtattribut id von item abgelegt. Etwaige Instanzen von "Zustand_für_Produkt" werden von der Relation associated_item_version der zugehörigen Instanz von design_discipline_item_definition bzw. assembly_definition absorbiert, die auf die zuvor erzeugte Instanz von item_version zeigt.
 - document_version erzeugt, wenn es sich um den Subtyp "Dokument_Version" handelt. Zusätzlich muss mindestens einmal eine Instanz von document erzeugt werden und dann erneut für jede zusätzliche Instanz von "Dokument" auf die von der Relation "zugehöriges_dokument" der aktuellen Instanz von "Dokument_Version" verwiesen wird.

- Für jede Instanz eines von "Zusammensetzung", "Zeitliche_Abfolge" und "Erbschaft_von_Zuständen" wird auf Seiten von AP 212, in Abhängigkeit von dem betroffenen Subtypen von "(ABS) Zustand", je eine Instanz von
 - function_version_relationship erzeugt, wenn es sich um den Subtyp "Funktionaler_Zustand" handelt. Zusätzlich wird für das Pflichtattribut relation_type von function_version_relationship name ausgewählt und dort "Zusammensetzung", "Zeitliche_Abfolge" oder "Erbschaft_von_Zuständen" - entsprechend dem Typ der gewählten Instanz - eingetragen.
 - item_version_relationship erzeugt, wenn es sich um den Subtyp "Produkt_Zustand" handelt. Zusätzlich wird für das Pflichtattribut relation_type von item_version_relationship name ausgewählt und dort "Zusammensetzung", "Zeitliche_Abfolge" oder "Erbschaft_von_Zuständen" – entsprechend dem Typ der gewählten Instanz – eingetragen.
 - document_version_relationship erzeugt, wenn es sich um den Subtyp "Dokument_Version" handelt. Zusätzlich wird für das Pflichtattribut relation_type von document_version_relationship name ausgewählt und dort "Zusammensetzung", "Zeitliche_Abfolge" oder "Erbschaft_von_Zuständen" – entsprechend dem Typ der gewählten Instanz – eingetragen.
- Für jede Instanz von "Besitz_Zustand_Eigenschaft" wird je eine Instanz von data_element_association erzeugt, die eine geeignete Instanz von user_defined_data_element mit der zugehörigen Instanz von function_version, item_version oder document_version verbindet. Das Attribut definitional von data_element_association wird auf "false" gesetzt.
- Für jede Instanz von "Beschreibungs_Zuordnung" wird eine Instanz von document_assignment angelegt, die die aktuelle Instanz von document_version mit einer der über described_object_select auszuwählenden Objektinstanzen verbindet. Für die Relation role von document_assignment wird name ausgewählt und dort als Inhalt "Beschreibungs_Zuordnung" abgelegt.
- Für jede Instanz von "Erzeugungs_Zuordnung" werden je eine Instanz user_defined_data_element, single_value, string_value und data_element_definition angelegt und über ihre zugehörigen Relationen miteinander verbunden. Das Pflichtattribut id von data_element_definition erhält den Wert von "identifizier" aus der Instanz von "Erzeugungs_Zuordnung" und in das Attribut description von user_defined_data_element wird "Erzeugungs_Zuordnung" eingetragen. Das Attribut name von single_value erhält den Eintrag "Administrative_Einheit" und an das Attribut value_of_string_value der Entität string_value wird der Name der zugehörigen Instanz von "Administrative_Einheit" übergeben. Die Relation "erzeuger" wird von der mit associated_data_element beginnenden Verweiskette von data_element_association absorbiert, während die Relation "erzeugt" auf die Relation associated_item von data_element_association abgebildet wird, die in Abhängigkeit von der verwiesenen Instanz von "Funktionaler_Zustand", "Produkt_Zustand" oder "Dokument_Version" auf eine Instanz von function_version, item_version oder document_version verweist.

4.15 Declutteringschema

4.15.1 Beschreibung

Das Declutteringschema (siehe Bild 21) ermöglicht es, für die Darstellung komplexer Objekte verschiedene Detaillierungsstufen vorzugeben. Hierbei verweist eine Zerlegungsebene (Level) auf eine Menge von zusammengesetzten Funktionen, Produkten oder Orten, die im Konnektivitäts- bzw. Ortsschema definiert werden. Die verwiesenen Objekte können dabei an andere Zerlegungsebenen vererbt werden. Die Ablage erfolgt redundanzfrei.

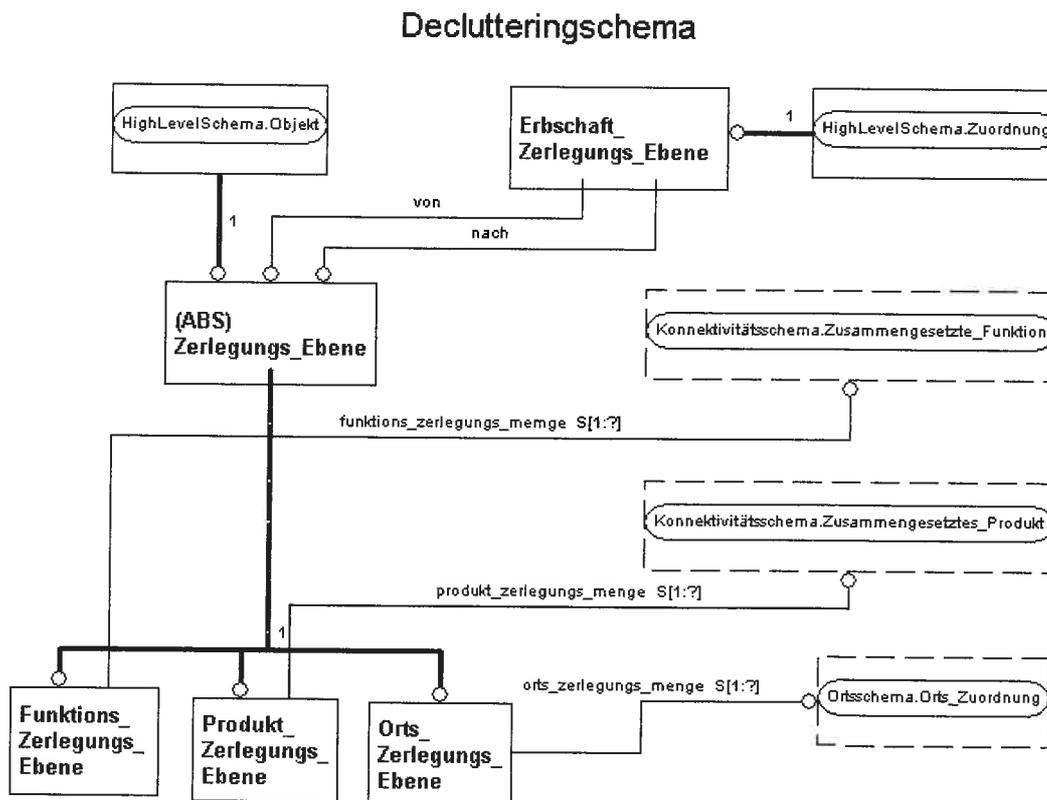


Bild 21 Declutteringschema

Bild 22 beschreibt ein Beispiel. Für unterschiedliche Anwendungen wird eine jeweils verschiedene Modellierungstiefe verlangt. Während in Level a lediglich die Topologie abgelegt wird, zeigt Level b eine Ergänzung durch eine Schaltfunktion, während Level c eine detaillierte Nachbildung eines Feldes beschreibt.

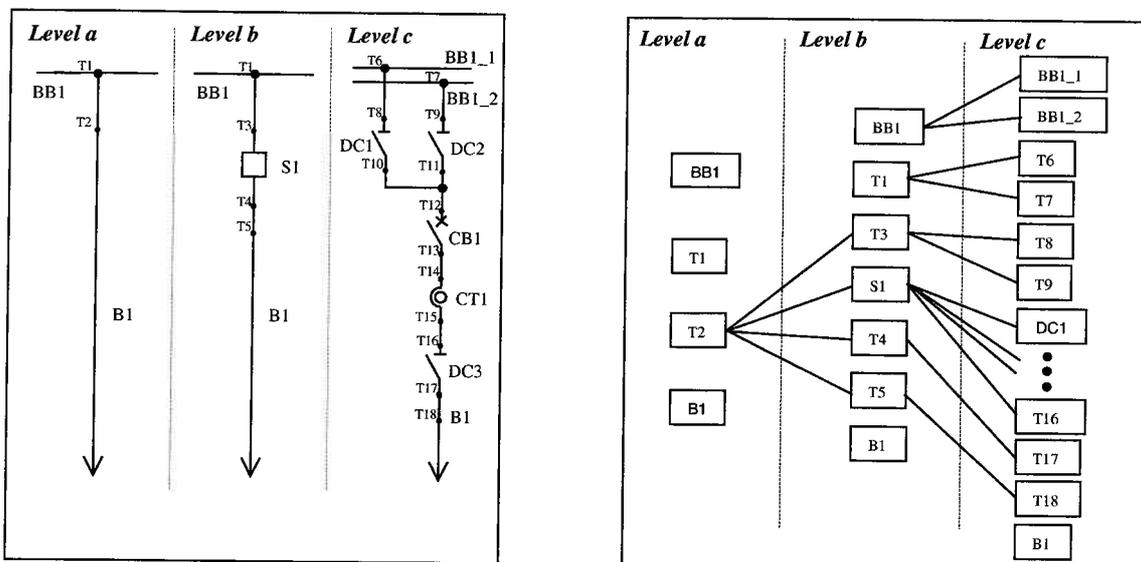


Bild 22 Decluttering-Beispiel [14]

4.15.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Declutteringschema hat kein direktes Äquivalent in AP 212, erweist sich jedoch als abbildbar.

Unter Inkaufnahme eines teilweisen Verlustes an Semantik können die benötigten Informationen für die vorgegebenen ‚Vergrößerungsstufen‘ aus dem Informationsmodell wie folgt nach AP 212 übertragen werden:

- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Zerlegungs_Ebene" wird je eine Instanz `user_defined_data_element` und `data_element_definition` angelegt. Das Pflichtattribut `id` von `data_element_definition` erhält den Wert von "identifizier" aus der Instanz des Subtypen von "(ABS) Zerlegungs_Ebene" und in das Attribut `description` von `user_defined_data_element` wird je nach Lage der Dinge "Funktions_Zerlegungsebene", "Produkt_Zerlegungsebene" oder "Orts_Zerlegungsebene" eingetragen. Für die Relationen "funktions_zerlegungs_menge S[1:?]", "produkt_zerlegungs_menge S[1:?]" oder "orts_zerlegungs_menge S[1:?]" wird für jede verwiesene Instanz von "Zusammengesetzte_Funktion", "Zusammengesetztes_Produkt" oder eines Subtypen von "(ABS)Orts_Zuordnung" je eine Instanz von `data_element_association` erzeugt, die die erzeugte Instanz von `user_defined_data_element` mit den zugehörigen Instanzen von `composition_relationship`, `assembly_component_relationship` oder Subtypen von (ABS)location_relationship verbindet. Das Attribut `definitional` von `data_element_association` wird auf "false" gesetzt.
- Für jede Instanz von "Erbschaft_Zerlegungs_Ebene" wird eine Instanz von `data_element_relationship` angelegt; über die Pflichtrelation `relation_type` wird `name` ausgewählt und dort wird zur Kennzeichnung der Relation der Wert "Erbschaft_Zerlegungs_Ebene" eingetragen.

4.16 Darstellungsschema

4.16.1 Beschreibung

Das Darstellungsschema lehnt sich in leicht modifizierter und teilweise vereinfachter Form weitgehend an AP 212 an und dient der schemagrafischen Dokumentation. Hierbei werden Objekte bestimmten Darstellungselementen zugeordnet. Das Darstellungsschema wird in den nachfolgenden Bildern dargestellt. Dabei wird das in 4 Teilgrafiken dargestellte Darstellungsschema als eine Einheit angesehen und entsprechende (Seiten-)Referenzen innerhalb der Teilschemagrafiken sind als Referenzen auf den entsprechenden Teil (1-4) des Schemas zu interpretieren (siehe Bild 23 bis Bild 26).

Darstellungsgruppen (z.B. Makros) und Darstellungssymbole besitzen einen bestimmten Vergrößerungsfaktor (Maßstab), einen bestimmten Rotationswinkel sowie eine Position. Diese wird durch zwei Koordinaten in einem 2-dimensionalen Koordinatensystem mit definierten Längeneinheiten vorgegeben.

Darstellungssymbole können entweder extern z.B. in einem Standard definiert oder vom Benutzer festgelegt sein. Sind sie vom Benutzer festgelegt, so umfasst ihre Definition eine Menge von 1 bis n Darstellungselementen sowie ein zugehöriges Koordinatensystem.

Darstellungselemente können sein:

- Darstellungsgruppen (siehe Darstellungsschema 1)
- Darstellungssymbole (siehe Darstellungsschema 1)
- Darstellungstexte
Diese haben eine bestimmte Sprache, Ausrichtung (linksbündig, rechtsbündig, zentriert), einen bestimmten Winkel und eine festzulegende Erscheinung (siehe Bild 20). Sie werden mit Hilfe von Textstrings beschrieben, die ihrerseits neben dem Textinhalt eine bestimmte Position und eine bestimmte Rotation besitzen. Neben extern definierten stehen auch vordefinierte Textfonts (IEC 61286, ISO 646, ISO 3098-1, ISO 6937, ISO 8859-1 und ISO 10646) zur Verfügung.
- Darstellungskurven
Darstellungskurven bilden die Begrenzung von Füllflächen und besitzen eine festgelegte Erscheinung (siehe Bild 20). Neben extern- und benutzerdefinierten Linienstilen stehen auch vordefinierte Linienstile (durchgezogen, strichliert [4,1.5], strich-3-punktiert [7,1,1,1], strich-5-punktiert [7,1,1,1,1] und punktiert [1,1]) zu Verfügung.

Allen Darstellungselementen können oder, in der Mehrzahl der Fälle, müssen Farben zugeordnet werden. Neben benutzerdefinierten Farben (Definition des jeweiligen Rot-, Grün- oder Blauanteils) stehen auch vordefinierte Farben (schwarz, rot, grün, blau, gelb, magenta, cyan und weiss) zur Verfügung.

Flächen können grundsätzlich schraffiert oder vollständig mit einer Farbe gefüllt erscheinen.

Neben extern definierten Schraffurmustern können auch vom Benutzer Schraffuren definiert werden. Hierbei ist über die Kurvenerscheinung (siehe Bild 22) eine Linienart auszuwählen und das Muster über Winkel und Abstand der Linien festzulegen.

Darstellungsschema Teil 3

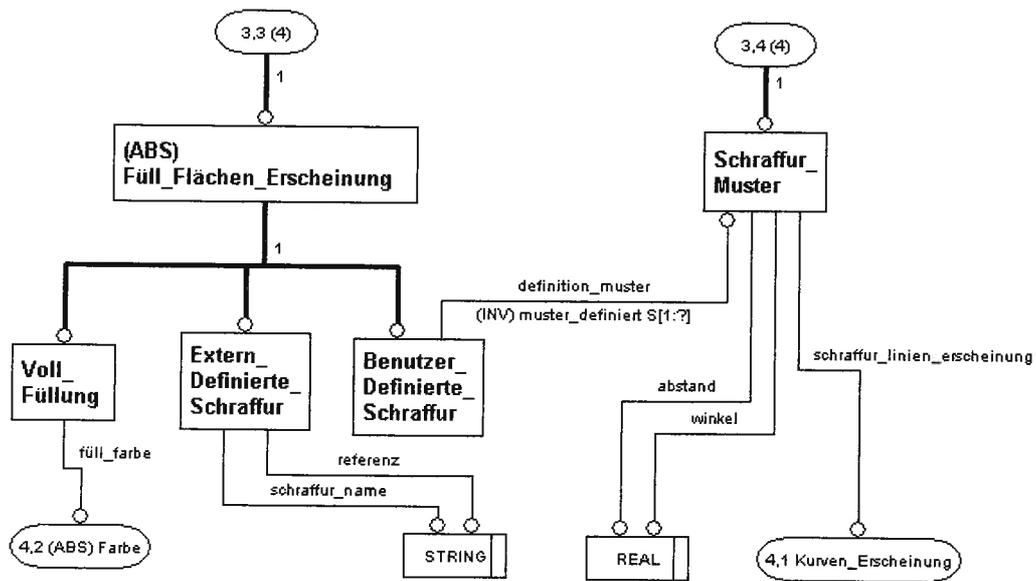


Bild 25 Darstellungsschema – Teil 3

Darstellungsschema Teil 4

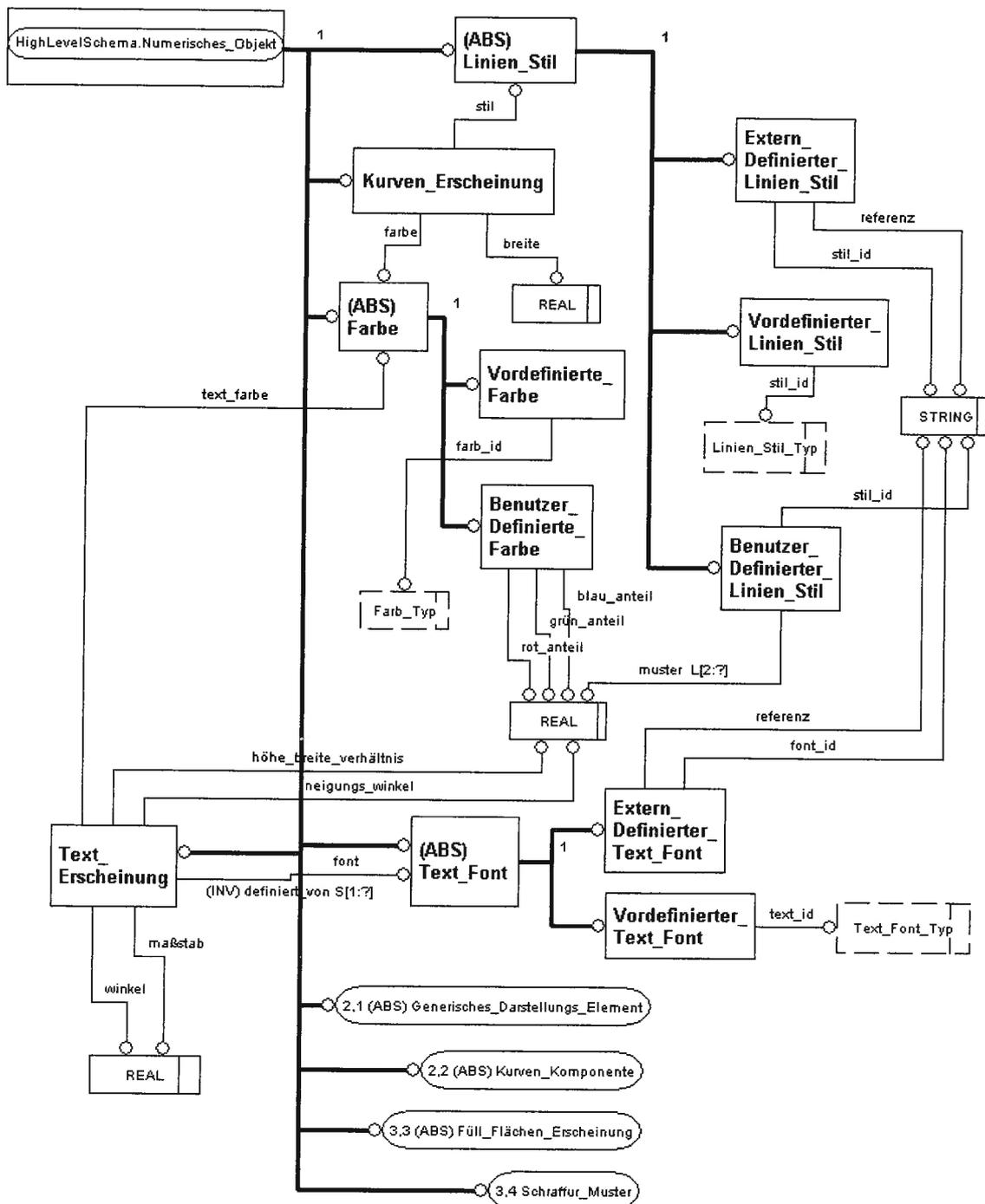


Bild 26 Darstellungsschema – Teil 4

4.16.2 Validierung und Abbildbarkeit

Das Darstellungsschema ist grundsätzlich auf AP 212 abbildbar, wenn man von einigen auf Seiten von AP 212 verursachten Problemen absieht (siehe zum Teil auch Dokumentschema):

- Alle Instanzen von Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element", die auf einem Zeichenblatt plaziert werden sollen, müssten in AP 212 semantisch richtig über

eine sogenannte AND/OR- Vererbung mit einer Instanz von `sheet_placed_annotation` versehen werden. `Sheet_placed_annotation` kann aber in der vorliegenden Version von AP 212 nicht mit `drawing_sheet` (dem Äquivalent zu "Zeichenblatt") verbunden werden, was so nicht gewollt sein kann! Daher muss auf dem Umweg über die Definition eines Views (Verwendung von `view_placed_annotation`, `drawing_view`) eine Verbindung zu der verwendeten Instanz von `drawing_sheet` hergestellt werden.

- Alle Instanzen von Subtypen von "(ABS) Kurven_Komponente" müssen in AP 212 auf Instanzen von `annotation_curve` abgebildet werden, mit dem Problem, dass die zugehörigen Koordinaten nicht mit übergeben und daher auch nicht abgebildet werden können, weil entsprechende Attribute oder Entitäten zur Aufnahme dieser Informationen fehlen. Im AIM von AP 212 dagegen können derartige Informationen abgelegt werden. Deshalb können im Anwendungsfall Prozessorbau das Aussehen einer Kurve und ihr Verlauf abgebildet werden.
- Allen Instanzen von Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" können seitens des Informationsmodells die Attribute "layer" und "sichtbarkeit" zugeordnet werden. Bei ihrer Abbildung ergibt sich folgendes Problem:
 - In AP 212 hat die Entität `visibility` kein Attribut und kann auch nicht optional verwendet werden, was dazu führt, dass nicht ausgedrückt werden kann, ob ein Darstellungselement sichtbar ist oder nicht!
- Die Wertebereiche von `predefined_line_font` und `predefined_colour` scheinen in jeweils einer Position nicht korrekt:
 - `predefined_line_font` enthält für eine durchgezogene Linie `Curvenuous` statt `Continuos`
 - `prefined_colour` enthält für schwarz `Colour` statt `Black`.

Ein weiteres, kleineres Detailproblem lässt sich ohne größeren Aufwand lösen:

- "Text_String" hat keine `surrounding_box` (Pflichtangabe in AP 212; wird nicht gezeichnet); Lösung: entsprechende Maße aus vorhandenen Informationen berechnen (siehe unten).

Unter diesen Randbedingungen sieht die Abbildung nach AP 212 wie folgt aus:

- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Linien_Stil" wird jeweils auf Seiten von AP 212 im Fall von
 - "Extern_Definierter_Linien_Stil" eine Instanz von `externally_defined_line_font` erzeugt. Die Pflichtattribute "stil_id" und "referenz" werden auf die korrespondierenden Attribute `font_id` und `font_reference` in AP 212 abgebildet.
 - "Vordefiniertes_Linien_Stil" eine Instanz von `predefined_line_font` erzeugt. Das Pflichtattribut "stil_id" wird auf das korrespondierende Attribut `font_id` in AP 212 derart abgebildet, dass gilt: durchgezogen → `Curvenuous` (richtig wäre `Continous`, siehe oben), strichliert [4,1.5] → `Dashed`, strich-3-punktiert [7,1,1,1] → `Chain`, strich-5-punktiert [7,1,1,1,1] → `Chain double dash` und punktiert [1,1] → `Dotted`.

- "Benutzer_Definierter_Linien_Stil" eine Instanz von user_defined_line_font erzeugt. Die Pflichtattribute "stil_id" und "muster L[2:?]" werden auf die korrespondierenden Attribute font_id und pattern S[2:?] in AP 212 abgebildet.
- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Farbe" wird jeweils auf Seiten von AP 212 im Fall von
 - "Vordefinierte_Farbe" eine Instanz von predefined_colour erzeugt. Das Pflichtattribut "farb_id" wird auf das korrespondierende Attribut clour_id in AP 212 derart abgebildet, dass gilt: schwarz → Colour (richtig wäre Black, siehe oben), rot → Red, grün → Green, blau → Blue, gelb → Yellow, magenta → Magenta, cyan → Cyan und weiss → White
 - "Benutzer_Definierte_Farbe" eine Instanz von user_defined_colour erzeugt. Die Pflichtattribute "rot_anteil", "grün_anteil" und "blau_anteil" werden auf die korrespondierenden Attribute red_proportion, green_proportion und blue_proportion in AP 212 abgebildet.
- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Text_Font" wird jeweils auf Seiten von AP 212 im Fall von
 - "Extern_Definierter_Text_Font" eine Instanz von externally_defined_text_font erzeugt. Die Pflichtattribute "font_id" und "referenz" werden auf die korrespondierenden Attribute font_id und font_reference in AP 212 abgebildet.
 - "Vordefiniertes_Text_Font" eine Instanz von predefined_text_font erzeugt. Das Pflichtattribut "text_id" wird auf das korrespondierende Attribut font_id in AP 212 derart abgebildet, dass gilt: IEC 61286 → iec 61286, ISO 646 → iso 646, ISO 3098-1 → iso 3098-1, ISO 6937 → iso 6937, ISO 8859-1 → iso 8859-1 und ISO 10646 → iso 10646 .
- Für jede Instanz von "Kurven_Erscheinung" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von curve_appearance erzeugt. Die Pflichtrelationen "farbe" und "stil", die jeweils auf eine Instanz eines Subtypen von "(ABS) Farbe" bzw. von "(ABS) Linien_Stil" zeigen, werden auf die korrespondierenden Relationen curve_colour und font in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von curve_appearance mit den zugehörigen Instanzen der Subtypen von (ABS) colour bzw. (ABS) line_font verbunden werden. Das Pflichtattribut "breite" wird auf das korrespondierende Attribut width in AP 212 abgebildet.
- Für jede Instanz von "Text_Erscheinung" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von text_appearance erzeugt. Die Pflichtrelationen "text_farbe" und "font", die jeweils auf eine Instanz eines Subtypen von "(ABS) Farbe" bzw. von "(ABS) Text_Font" zeigen, werden auf die korrespondierenden Relationen text_colour und font in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von text_appearance mit den zugehörigen Instanzen der Subtypen von (ABS) colour bzw. (ABS) text_font verbunden werden. Die Pflichtattribute "maßstab", "winkel", "höhe_breite_verhältnis" und "neigungs_winkel" werden auf die korrespondierende Attribute character_scale, character_rotation_angle, character_aspect_ratio und character_slant_angle in AP 212 abgebildet.
- Für jede Instanz von "Schraffur_Muster" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von hatching_pattern erzeugt. Die Pflichtrelation "schraffur_linien_erscheinung", die auf

eine Instanz von "Kurven_Erscheinung" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation hatch_line_appearance in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von hatching_pattern mit der zugehörigen Instanz von curve_appearance verbunden wird. Die Pflichtattribute "abstand" und "winkel" werden auf die korrespondierenden Attribute displacement und angle in AP 212 abgebildet.

- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Füll_Flächen_Erscheinung" wird jeweils auf Seiten von AP 212 im Fall von
 - "Voll_Füllung" eine Instanz von solid_fill_area erzeugt. Die Pflichtrelation "füll_farbe" wird auf die korrespondierende Relation fill_colour in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von solid_fill_area mit einer Instanz des jeweils gewählten Subtypen von (ABS) colour verbunden wird
 - "Extern_Definierte_Schraffur" eine Instanz von externally_defined_hatching erzeugt. Die Pflichtattribute "schraffur_name" und "referenz" werden auf die korrespondierenden Attribute hatching_name und hatching_pattern in AP 212 abgebildet.
 - "Benutzer_Definierte_Schraffur" eine Instanz von user_defined_hatching erzeugt. Die Pflichtrelation "definition_muster" wird auf die korrespondierende Relation defining_pattern S[1:?] in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von solid_fill_area mit einer Instanz von hatching_pattern verbunden wird.
- Für jede Instanz von "Punkt_2D" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von point_2D erzeugt.
- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Kurven_Komponente" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von annotation_curve erzeugt. Die Pflichtrelation assigned_appearance auf Seiten von AP 212 wird durch Übernahme der Relation "erscheinung" aus der zugehörigen Instanz von "Darstellungs_Kurve", die mittels der Relation "komponente L[1:?]" auf die aktuell betrachtete Instanz des Subtypen von "(ABS) Kurven_Komponente" zeigt, abgesättigt, wodurch die aktuelle Instanz von annotation_curve mit einer Instanz curve_appearance verbunden wird.
- Für jede Instanz von "Text_String" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von text_string erzeugt. Die Pflichtrelationen "enthaltender_text" und "position", die auf Instanzen von "Darstellungs_Text" bzw. "Punkt_2D" zeigen, werden auf die korrespondierenden Relationen containing_text und position in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von text_string mit den zugehörigen Instanzen von text bzw. point_2d verbunden wird. Die optionale Relation "erscheinung", die auf eine Instanz von "Text_Erscheinung" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation assigned_appearance in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von text_string mit der zugehörigen Instanz von text_appearance verbunden wird. Die Pflichtattribute "zeichen_kette" und "winkel" werden auf die korrespondierenden Attribute character_string und rotation in AP 212 abgebildet. Das optionale Attribut "ausrichtung" ist in AP 212 verpflichtend (falls nicht vorhanden, den Wert von "ausrichtung" der zugehörigen Instanz von "Darstellungs_Text" übernehmen und eintragen) auf das korrespondierende Attribut character_alignment in AP 212 abgebildet. Die Pflichtrelation surrounding_box in AP 212 hat seitens des Informationsmodells kein Äquivalent: Sie wird durch Erzeugung einer Instanz von rectangular_area, auf die von der Relation surrounding_box gezeigt wird,

abgesättigt. Die Relation position der erzeugten Instanz von rectangular_area zeigt auf die zuvor erzeugte Instanz von point_2D und die Attribute height und width von rectangular_area werden aus Texthöhe und Textlänge berechnet (siehe hierzu die Attribute der zugehörigen Instanz von "Text_Erscheinung").

- Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" wird, wegen der oben angesprochenen Probleme, der jeweils korrespondierende Subtyp auf Seiten von AP 212 über eine AND/OR-Vererbung mit einer Instanz von
 - annotation_placed_annotation verbunden, wenn es sich um eine Instanz handelt, die in der Definition eines Symbols oder einer Darstellungsgruppe Verwendung findet,
 - view_placed_annotation (semantisch richtig wäre sheet_placed_annotation) verbunden, wenn es sich um eine Instanz handelt, die auf einem Zeichenblatt abgelegt werden soll oder
 - model_placed_annotation verbunden, wenn es sich um eine Instanz handelt, die in einer Schematischen Darstellung visualisiert werden soll, wobei in diesem Fall (siehe ebenfalls oben) der jeweilige Subtyp ohne Layer- und Schichtbarkeitsinformation abgelegt werden muss.

Alle Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" erben die optionalen Attribute "layer" und "sichtbarkeit", die jeweils, für jeden neuen Wert des Attributes "layer", durch Erzeugung je einer Instanz von layer und visibility nach AP 212 abgebildet werden. Die neu erzeugten Instanzen werden mittels der Relationen annotation_layers S[1:?] bzw. annotation_visibility entweder mit view_placed_annotation, model_placed_annotation oder annotation_placed_annotation verbunden. Der Wert von des Attributes "layer" wird in das Attribut layer_id der zuvor erzeugten Instanz von layer eingetragen.

Die Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" werden im einzelnen wie folgt abgebildet:

- Für jede Instanz von "Darstellungs_Text" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von text erzeugt. Die Pflichtrelation "default_erscheinung", die auf eine Instanz von "Text_Erscheinung" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation text_appearance in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von text mit der zugehörigen Instanz von text_appearance verbunden wird. Die Pflichtattribute "sprach_code" und "ausrichtung" werden auf die korrespondierenden Attribute language_code und alignment in AP 212 abgebildet.
- Für jede Instanz von "Darstellungs_Füll_Flächen_Grenze" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von fill_area_boundary erzeugt. Die Pflichtrelation "kurve", die auf eine Instanz von "Darstellungs_Kurve" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation annotation_curve in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von fill_area_boundary mit der zugehörigen Instanz von annotation_curve verbunden wird.
- Für jede Instanz von "Darstellungs_Füll_Fläche" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von fill_area erzeugt. Die Pflichtrelationen "grenze" und "erscheinung", die auf Instanzen von "Darstellungs_Füll_Flächen_Grenze" bzw. "Füll_Flächen_Erscheinung" zeigen, werden auf die korrespondierenden Relationen boundary und assigned_appearance in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von

- fill_area mit den zugehörigen Instanzen von fill_area_boundary bzw. Subtypen von (ABS) fill_area_appearance verbunden wird.
- Für jede einzelne Relation aus "komponente L[1:?]" einer Instanz von "Darstellungs_Kurve" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von annotation_curve erzeugt (siehe hierzu die Abbildung von "(ABS) Kurven_Komponente"). Die Pflichtrelation "erscheinung", die auf eine Instanz von "Kurven_Erscheinung" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation curve_appearance in AP 212 abgebildet, wodurch die jeweils aktuelle Instanz von annotation_curve mit der zugehörigen Instanz von text_appearance verbunden wird (siehe auch hierzu die Abbildung von "(ABS) Kurven_Komponente").
 - Für jede Instanz von "Darstellungs_Gruppe" wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von annotation_subfigure erzeugt. Die Pflichtrelationen "position" und "definition", die auf Instanzen von "Punkt_2D" bzw. "Darstellungs_Gruppe_Definition" zeigen, werden auf die korrespondierenden Relationen position und definition in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von annotation_subfigure mit den zugehörigen Instanzen von point_2d bzw. annotation_subfigure verbunden wird. Die Pflichtattribute "maßstab" und "rotation" werden auf die korrespondierenden Attribute scale und rotation in AP 212 abgebildet.
 - Für jede Instanz eines Subtypen von "(ABS) Darstellungs_Symbol" wird jeweils auf Seiten von AP 212 entweder eine Instanz von user_defined_symbol oder externally_defined_symbol erzeugt, je nach dem ob es sich bei dem Subtypen um eine Instanz von "Benutzer_Definiertes_Symbol" oder von "Extern_Definiertes_Symbol" handelt. Die Pflichtrelation "position" von "(ABS) Darstellungs_Symbol", die auf eine Instanz von "Punkt_2D" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation position in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von user_defined_symbol oder externally_defined_symbol mit der zugehörigen Instanz von point_2d verbunden wird. Die Pflichtattribute "maßstab" und "rotation" werden auf die korrespondierenden Attribute scale und rotation in AP 212 abgebildet. Handelt es sich bei dem instanziierten Subtypen von "(ABS) Darstellungs_Symbol" um
 - "Benutzer_Definiertes_Symbol", dann muss noch die Pflichtrelation "definition", die auf eine Instanz von "Symbol_Definition" zeigt, auf die korrespondierende Relation definition in AP 212 abgebildet werden, wodurch die aktuelle Instanz von user_defined_symbol mit der zugehörigen Instanz von user_defined_symbol_definition verbunden wird.
 - "Extern_Definiertes_Symbol", dann müssen noch die Pflichtattribute "symbol_name" und "symbol_referenz" auf die korrespondierenden Attribute symbol_name und symbol_referenz in AP 212 abgebildet werden.
 - Für jede Instanz von "Kartesischer_2D_Koordinaten_Raum (soweit noch keine geeignete Instanz vorhanden) wird je eine Instanz von cartesian_coordinate_space_2d und numerical_precision in AP 212 erzeugt und mittels der Relation precision miteinander verbunden. Das Pflichtattribut "längenmaß" wird auf das korrespondierende Attribut length_measure_unit der aktuellen Instanz von cartesian_coordinate_space_2d abgebildet. Die Pflichtattribute plane_measure_unit von cartesian_coordinate_space_2d und distance_

precision und angular_precision von numerical_precision in AP 212 haben im Informationsmodell kein Äquivalent und müssen mit geeigneten Defaultwerten abgesättigt werden.

- Für jede Instanz von "Schematische_Darstellung" (Supertyp von "Darstellungs_Gruppe_Definition") und "Kartesischer_2D_Koordinatenraum (soweit noch keine geeignete Instanz vorhanden) wird je eine Instanz von draughting_model und von cartesian_coordinate_space in AP 212 erzeugt. Das Pflichtattribut name von draughting_model wird mit dem Inhalt von "identifizier" abgesättigt. Die Pflichtrelation "koordinaten_system" wird auf die Relation coordinate_space der Entität draughting_model, die auf die zuvor erzeugte Instanz von cartesian_coordinate_space verweist, abgebildet. Die Pflichtrelation "enthält S[1:?]" hingegen wird auf die Relation element S[1:?] der Entität draughting_model, die auf die zuvor erzeugten Instanzen von model_placed_annotation verweist, abgebildet.
- Für jede Instanz von "Darstellungs_Gruppe_Definition" (Subtyp von "Schematische_Darstellung", Supertyp von "Symbol_Definition") wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von annotation_subfigure_definition erzeugt. Die von "Schematische_Darstellung" geerbte Pflichtrelation "koordinaten_system", die auf eine Instanz von "Kartesischer_2D_Koordinatenraum" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation coordinate_space in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von annotation_subfigure_definition mit der zugehörigen Instanz von cartesian_coordinate_space_2d verbunden wird. Für jede von der Pflichtrelation "enthält S[1:?]" (geerbt von "Schematische_Darstellung") verwiesene Instanz eines Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" wird auf Seiten von AP 212 eine Instanz von annotation_subfigure_definition_element erzeugt, die je eine Instanz von annotation_placed_annotation mit der zuvor erzeugten Instanz von annotation_subfigure_definition mittels der Relationen used_annotation_annotation bzw. containing_definition verbindet. Die Pflichtrelationen annotation_layers S[1:?] und annotation_visibility der zuvor erzeugten Instanzen von annotation_subfigure_definition_element werden durch die optionalen Attribute "layer" und "sichtbarkeit" der verwiesenen Instanzen von Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" abgesättigt (siehe oben).
- Für jede Instanz von "Symbol_Definition" (Subtyp von "Darstellungs_Gruppe_Definition") wird jeweils auf Seiten von AP 212 eine Instanz von user_defined_symbol_definition erzeugt. Die von "Schematische_Darstellung" nach unten vererbte Pflichtrelation "koordinaten_system", die auf eine Instanz von "Kartesischer_2D_Koordinatenraum" zeigt, wird auf die korrespondierende Relation coordinate_space in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von user_defined_symbol_definition mit der zugehörigen Instanz von cartesian_coordinate_space_2d verbunden wird. Die Pflichtrelation "enthält S[1:?]" (nach unten vererbt von "Schematische_Darstellung") wird auf die korrespondierende Relation components S[1:?] in AP 212 abgebildet, wodurch die aktuelle Instanz von user_defined_symbol_definition mit den zugehörigen Instanzen von Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" verbunden werden.. Das Pflichtattribut symbol_definition_id der Instanz von user_defined_symbol_definition wird mit dem Inhalt des Attributes "identifizier" abgesättigt.
- Für jede Instanz von "Klassifikation_Darstellungs_Gruppe_Definition" wird eine Instanz von classification_association angelegt, die die zugehörigen Instanzen von annotation_

subfigure_definition oder user_defined_symbol_definition und general_classification miteinander verbindet.

- Für jede Instanz von "Darstellungs_Zuordnung", die je einen Subtypen von "(ABS) Objekt" mit einem Subtypen von "(ABS) Generisches_Darstellungs_Element" verbindet, wird je eine Instanz von item_presentation angelegt, die ein Objekt aus presentation_select mit Subtypen von (ABS) annotation_element verbindet.

5 Prototypische Umsetzung des Datenmodells

5.1 Einleitung

Da der Schwerpunkt der Arbeiten in diesem Forschungsprojekt auf der Entwicklung des eigentlichen Informationsmodells liegt, wurde die Umsetzung des Modells in eine Datenbankapplikation nur prototypisch vollzogen. Es wurden also nicht alle Einzelheiten des Informationsmodells umgesetzt, und insbesondere wurde die Gestaltung der Bedienoberfläche so einfach wie möglich gehalten. Dies ist ausreichend, um prinzipiell die Umsetzbarkeit des Informationsmodells in ein Anwendungswerkzeug zu demonstrieren und erlaubt darüber hinaus erste Untersuchungen zur Praxistauglichkeit des Modells.

Zusätzlich muss daraufhin gewiesen werden, dass es sich bei dem implementierten Modell um eine frühere Version des in diesem Abschlussbericht beschriebenen Informationsmodells handelt.

Da entsprechende Informationsmanagement- oder CAD-Systeme aus dem Bereich der elektrischen Energieversorgung nicht im Quellcode vorliegen, wurde als beispielhafte Anwendung eine Datenbank-Applikation ausgewählt. Es wird das Programm MS Access 97 verwendet.

5.2 Beschreibung des erstellten Datenbank-Prototyps

5.2.1 Allgemeines

Das Startfenster des erstellten Datenbank-Prototyps ist in Bild 27 dargestellt. Entsprechend den Prinzipien zur Erstellung des Informationsmodells wird zwischen Funktionen, Produkten, und Orten unterschieden (vgl. auch IEC 61346 [6]). Daneben gibt es die Möglichkeit, Zustände festzulegen. Diese können Funktionen, Produkte, Orte und ihre Zuordnung zueinander umfassen.



Bild 27 Startformular des Datenbank-Prototyps

Im folgenden werden einige Aspekte der Umsetzung des Informationsmodells in einen Datenbank-Prototyp vorgestellt.

5.2.2 Funktionen

In dem Funktions-Formular (Bild 28 und Bild 31) können die wichtigsten Angaben zu Funktionen bearbeitet werden. Zunächst können insbesondere die Kurzbezeichnung nach IEC 61346 (siehe Klassifikationsschema) und eine Beschreibung eingetragen werden. Die Angaben zur Klassifikation und zu den Besitz- und Betreiberverhältnissen beziehen sich auch auf das Konnektivitäts- und auf das Verwaltungsschema.

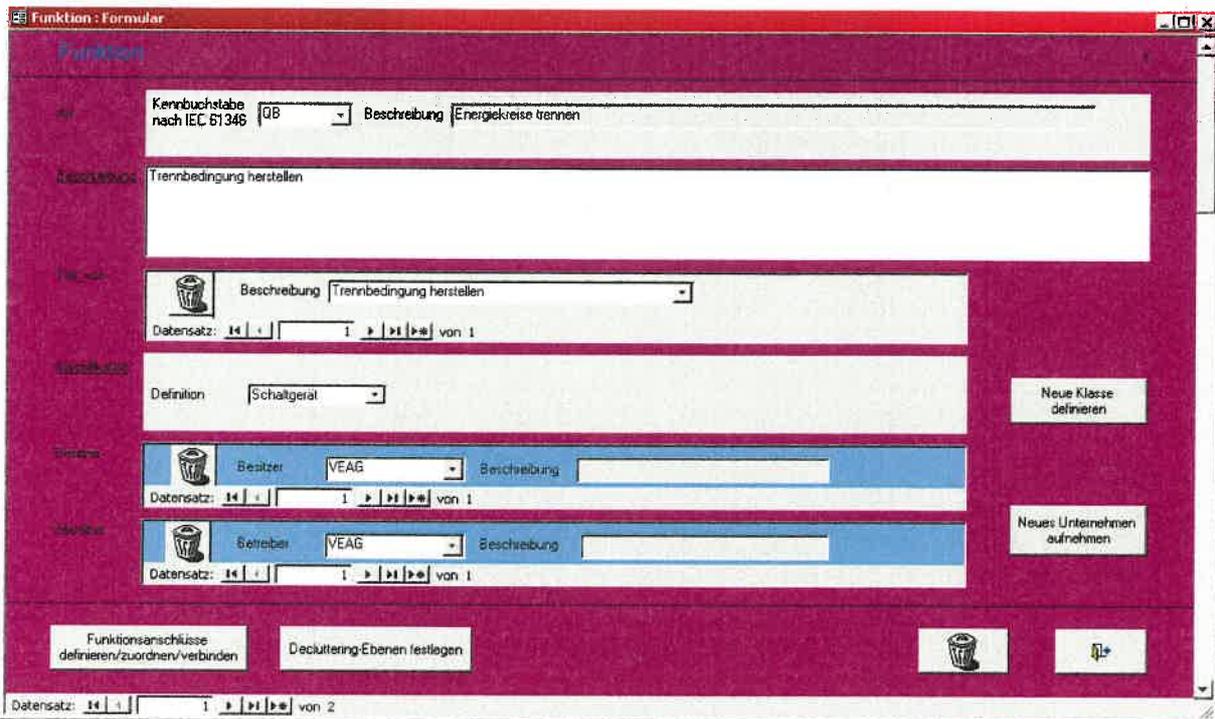


Bild 28 Formular "Funktionen" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt 1

Über die Schaltfläche "Neue Klasse definieren" können neue Klassen physikalischer Objekte definiert werden, siehe Bild 29. Dabei ist die Möglichkeit gegeben, die entsprechenden Hierarchien für Klassen aufzubauen. Die Versionsverwaltung bezieht sich auf das Zustandsschema des Informationsmodells. Über die Schaltfläche "Zuordnung von Eigenschaften zu Klassen" können entsprechend dem Konnektivitätsschema die Verbindungen zu den entsprechenden Eigenschaftsschemata hergestellt werden. Für das Feld "Definitionsquelle" können über die zugehörige Schaltfläche neue Kategorien definiert werden.

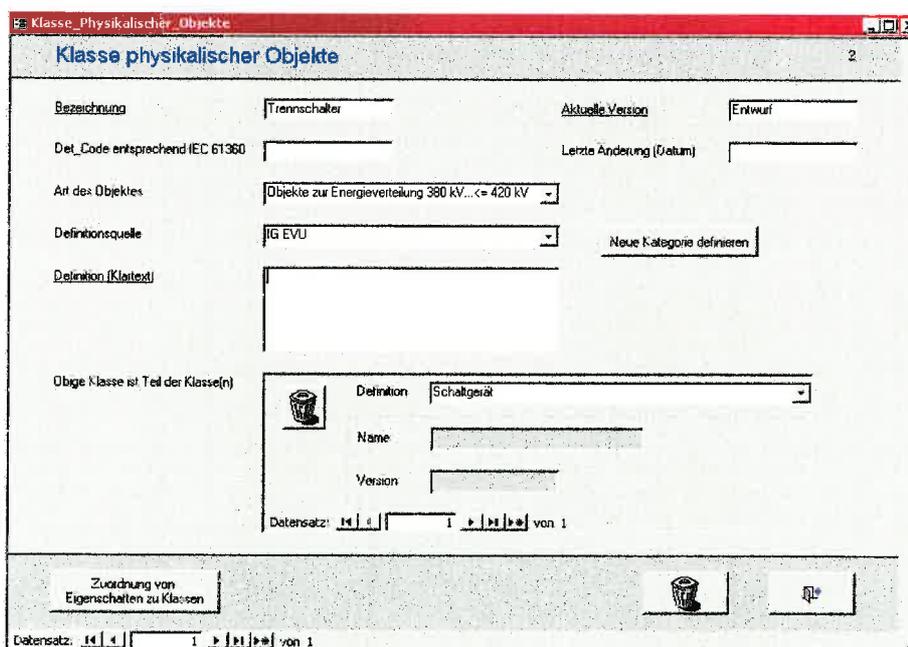


Bild 29 Formular "Klasse physikalischer Objekte" des Datenbank-Prototyps

Im Formular hinter der Schaltfläche "Funktionsanschlüsse definieren zuordnen/verbinden" (siehe Bild 30) im Formular "Funktionen" (Bild 28) können einzelne Anschlüsse mit den zugehörigen Attributen definiert und vor allem entsprechend dem Konnektivitätsschema die Zuordnungen vorgenommen werden. Dabei können verschiedene Anschlussstypen (z.B. digital/analog) gewählt und definiert werden oder auch weitere Funktionen durch erneuten Aufruf des Funktionen-Formulars erstellt werden.

Bild 30 Formular "Funktionsanschlüsse" des Datenbank-Prototyps

Durch die Schaltflächen "Decluttering-Ebenen festlegen" und "Neues Unternehmen aufnehmen" im Formular "Funktionen" (Bild 28) können entsprechende Elemente nach dem Declutteringschema und dem Verwaltungsschema bearbeitet werden.

Des weiteren können über das Formular "Funktionen" (Bild 31) individuelle Eigenschaften, z.B. boolesche oder ganzzahlige Eigenschaften, eingegeben und Orte sowie grafische Symbole als Verweis auf externe Dokumente zugeordnet werden.

Funktionen

Werte: 300
Datensatz: 1 von 2

Vorgabewert: 1

Auswahl: 1

Kartesische Koordinate
 X-Koordinate: 126 Y-Koordinate: 565 Z-Koordinate: 1
 Einheit: km

GIS-Koordinate
 X-Koordinate: 1 Y-Koordinate: 2 Höhe über NN: 4807

X-Ausdehnung: 3 Y-Ausdehnung: 4

Bezugssystem: Zeitzone: MEZ Einheit: m

Buttons: Neue Ganzzahl-Eigenschaft definieren, Neuen Ort definieren

symbol.doc

Buttons: Funktionsanschlüsse definieren/zuordnen/verbinden, Decluttering-Ebenen festlegen

Datensatz: 1 von 2

Bild 31 Formular "Funktionen" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt 2

Als Beispiel für die verschiedenen Eigenschaften ist in Bild 32 das Formular für Ganzzahleigenschaften dargestellt. Eigenschaften können klassifiziert und der Zahlenwert mit Einheiten versehen werden (siehe auch Eigenschaftsschema und Einheitenschema). Es können auch umgerechnete Einheiten (z.B. 1 inch = 2,54 cm) und abgeleitete Einheiten (z.B. 1 Pa = 1 N/m²) berücksichtigt werden. Darüber hinaus kann der Zahlenwert kategorisiert werden (z.B. als Nominalwert, Maximalwert, Vorgabewert usw.).

Ganzzahlige Eigenschaften

Klassifikation: Widerstand im Mitsystem

Neue Klasse definieren

Aktuelles Level: Vorgabe

Wert: 300

Einheiten (nur ein Eintrag möglich)

SI-Einheit: 9

Neue SI-Einheit definieren

Präfix: Kilo

Einheit: Ohm

Ungerechnete Einheit

Abgeleitete Einheit ID

Neue ungerete Einheit definieren

Neue abgeleitete Einheit definieren

Datensatz: 14 | 1 | von 3

Bild 32 Formular "Ganzzahlige Eigenschaften" des Datenbank-Prototyps

Die Schaltfläche "Neuen Ort definieren" öffnet das Ort-Formular, siehe Bild 33. Dieses Formular kann auch direkt vom Startmenü (Bild 27) aus aufgerufen werden. Jeder Ort ist durch einen Namen charakterisiert und ist natürlich entsprechenden Positionen zugeordnet. Darüber hinaus können Bilder als Verweise auf externe Dokumente gespeichert und Hierarchien und Nachbarschaftsbeziehungen festgelegt werden.

The screenshot shows a window titled "Ort : Formular" with a yellow background. The form is titled "Ort" and contains the following elements:

- Name:** A text input field containing "Dummstadt".
- Position (GIS- und/oder kartesische Position):** A section with a dropdown menu "GIS-Position auswählen" set to "1".
- GIS-Position fields:**
 - X-Koordinate: 554, X-Ausdehnung: 546
 - Y-Koordinate: 43, Y-Ausdehnung: 73
 - Höhe über NN: 45, Bezugssystem: [SI]
 - Einheit: [m], Zeitzone: [MEZ]
- Buttons:** "Neue GIS-Position definieren" (New GIS Position Define)
- Kartesische Position auswählen:** A dropdown menu set to "2".
- Kartesische Position fields:**
 - X-Koordinate: 4
 - Y-Koordinate: 5
 - Z-Koordinate: 6
 - Einheit: [m]
- Buttons:** "Neue kartesische Position definieren" (New Cartesian Position Define)
- Plan/Foto:** A large empty rectangular area.
- Teil von:** A dropdown menu set to "Ort", with a sub-field "Datensatz: 14 | 1 von 1".
- Benachbart zu:** A dropdown menu set to "Ort", with a sub-field "1".
- Bottom:** A status bar showing "Datensatz: 14 | 1 von 2" and two icons (trash and refresh).

Bild 33 Formular "Ort" des Datenbank-Prototyps

5.2.3 Produkte

Die einzelnen Funktionen im elektrischen Energieversorgungssystem werden durch entsprechende Produkte realisiert. Die Zuordnung von Produkten zu Funktionen erfolgt im Informationsmodell über das Konnektivitätsschema. In dem erstellten Datenbank-Prototyp können diese Zuordnungen im Produkt-Formular (siehe) bearbeitet werden. Im weiteren ist das Produkt-Formular analog zum Funktions-Formular aufgebaut, mit dem Unterschied, dass hier auch ein Produkttyp angegeben werden kann. Hier können spezielle Informationen, z.B. Hersteller und Seriennummer, gespeichert werden.

Bild 34 Formular "Produkt" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt

5.2.4 Orte

Eine kurze Beschreibung des entsprechenden Formulars (Bild 33) ist im Abschnitt zu Funktionen enthalten.

5.2.5 Zustände

Die Angaben im Zustands-Formular (siehe Bild 35) beziehen sich auf das Zustandsschema des Informationsmodells. Zustände sind Mengen von Assoziationen. Für jeden Zustand kann ein verantwortlicher Bearbeiter genannt werden. Zustände sind nach verschiedenen Arten wie z.B. Entwurf, Betrieb oder Provisorium klassifiziert. Durch die Zuordnung von Nachfolgern kann eine zeitliche Abfolge verschiedener Zustände definiert werden.

Schließlich können alle Merkmale der einzelnen Zustände – z.B. die Besitz- und Betreiber-Verhältnisse, Ortszuweisungen, Zuordnungen von Produkten zu Funktionen usw. – angegeben werden, da prinzipiell überall Änderungen im Verlauf des Lebenszyklus auftreten können. So

kann z.B. die Funktion einer Spannungsquerregelung in einem ersten Planungsstadium durch ein Produkt "querregelnder Transformator" und in einem zweiten Planungsstadium durch ein Produkt "SVC (Static Var Compensator)" realisiert werden.

The screenshot shows a web-based form titled "Zustand" with a red header bar. The form contains several sections:

- Header:** "Zustand" title, a page number "2", and a "Neue Art definieren" button.
- Form Fields:**
 - Benutzer:** Input field with "Schwan".
 - Datum:** Input field with "02.05.2001".
 - Zustandsart:** Dropdown menu with options: "Erbswert", "Betrieb", "Provisorium".
 - Kommentar:** Text area with "Eingabe der ersten Informationen zur Antragsprojektierung".
 - Nachfolger von Zustand:** Input field with "ID" and "2".
 - Navigation:** "Besitz Funktion", "Betrieb Funktion", "Besitz Produkt", "Betrieb Produkt" tabs.
- Function Details (ID: 1):**
 - Funktion:** ID (1), Beschreibung ("Trennbedingung herstellen").
 - Administrative Einheit:** Name ("VEAG"), Beschreibung.
 - Datensatz:** "1" von 2.
- Location Details (ID: 1):**
 - Funktion:** ID (1), Beschreibung ("Trennbedingung herstellen").
 - Ort:** ID (1), Name ("Dummysock").
 - Datensatz:** "1" von 1.
- Assignment (ID: 0):**
 - Funktion:** ID ("AutoWert").
 - Produkt:** ID ("AutoWert").
 - Buttons:** "Funktionen bearbeiten", "Produkte bearbeiten".
 - Datensatz:** "1" von 1.

Bild 35 Formular "Zustand" des Datenbank-Prototyps – Ausschnitt

6 Beispielprozess Trennschaltersteuerung

6.1 Bezug zu Vorarbeiten der IG EVU

Wie bereits in Abschnitt 6.3 erwähnt ermöglicht die Verwendung des Klassifikationsansatzes den Einsatz von Bibliotheken. Ein Teil einer solchen Bibliothek wird in [15 (Teil 3)] angegeben. Bild 36 zeigt die entsprechenden Klassen für Funktion, Produkt und Ort im Überblick.

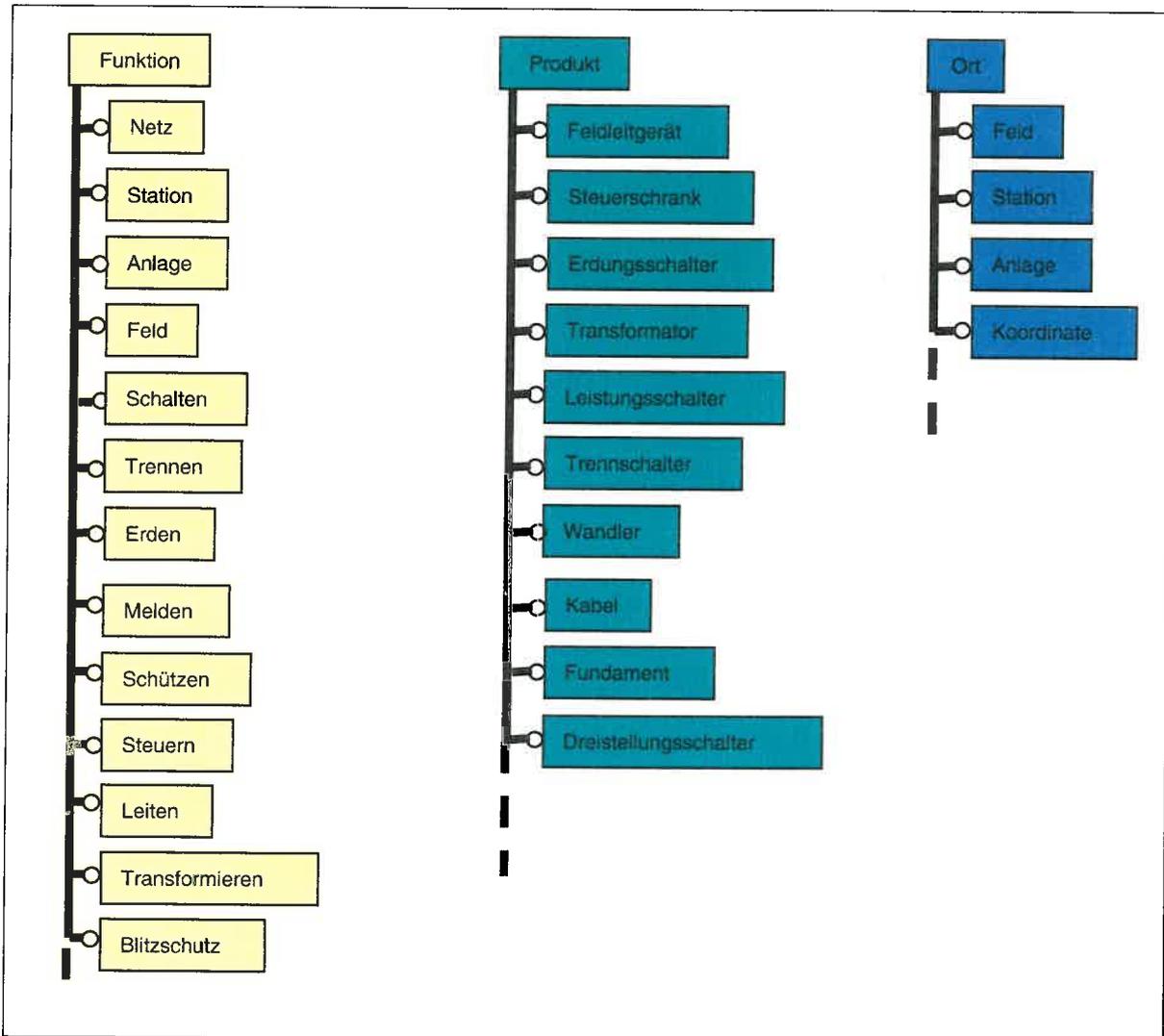


Bild 36 Klassen aus [15 (Teil 3)]

Hierfür wurden von der IG EVU bereits konkrete Strukturen (Bild 37 - Bild 39¹) für die Beschreibung von Stationen vorgeschlagen, die modulartig kombiniert werden können. Diese wären dann lediglich noch an die tatsächlichen Gegebenheiten einer Schaltanlage anzupassen.

Die hier gezeigten Strukturen können vollständig mit Hilfe des in Kapitel 6 präsentierten Informationsmodells abgebildet werden.

¹ Die hier verwendeten Kennbuchstaben entstammen der IEC 61346-2

Folgende Bausteine für eine funktionsbezogene Struktur sind als Muster vorgegeben:

- F-STAT Baustein für erste Untergliederung der **Station** in der funktionsbezogenen Struktur.
- F-HSUE Baustein für **übergeordnete Funktionen**, die gesamte Station betreffend.
- F-HSANL Baustein für **Schaltanlagenfunktion** innerhalb einer Station einschließlich Sekundärfunktionen.
- F-HSUS Baustein für eine **Umspannfunktion** als Bindeglied zwischen Schaltanlagen einschließlich Sekundärfunktionen. (Diese Funktion kann durch einen oder mehrere Transformatoren mit zugehörigen Sekundäreinrichtungen realisiert sein). Es ist empfehlenswert, jeweils die Umspannfunktion zwischen Schaltanlagen als eine Funktion zu betrachten. D.h. auch beim Einsatz von zum Beispiel 3-Wickler-Transformatoren wird von zwei getrennt beschriebenen Funktionen ausgegangen.
- F-HSBUS Baustein für die Funktion **Sammelschiene**.
- F-HSFELD Baustein für die Funktion Leistung schalten (**Feldfunktion**) einschließlich zugehöriger Sekundärfunktionen.
- F-TRAFO Baustein für eine **Transformatorfunktion** einschließlich zugehöriger Sekundärfunktionen.
- F-LSCH Baustein für die Funktion **Leistung schalten** einschließlich zugehöriger Sekundärfunktionen.
- F-TRSCH Baustein für die Funktion Leistungskreis **trennen** einschließlich zugehöriger Sekundärfunktionen.
- F-ERD Baustein für die Funktion HS-Leitungsabschnitt **erden** einschließlich zugehöriger Sekundärfunktionen.

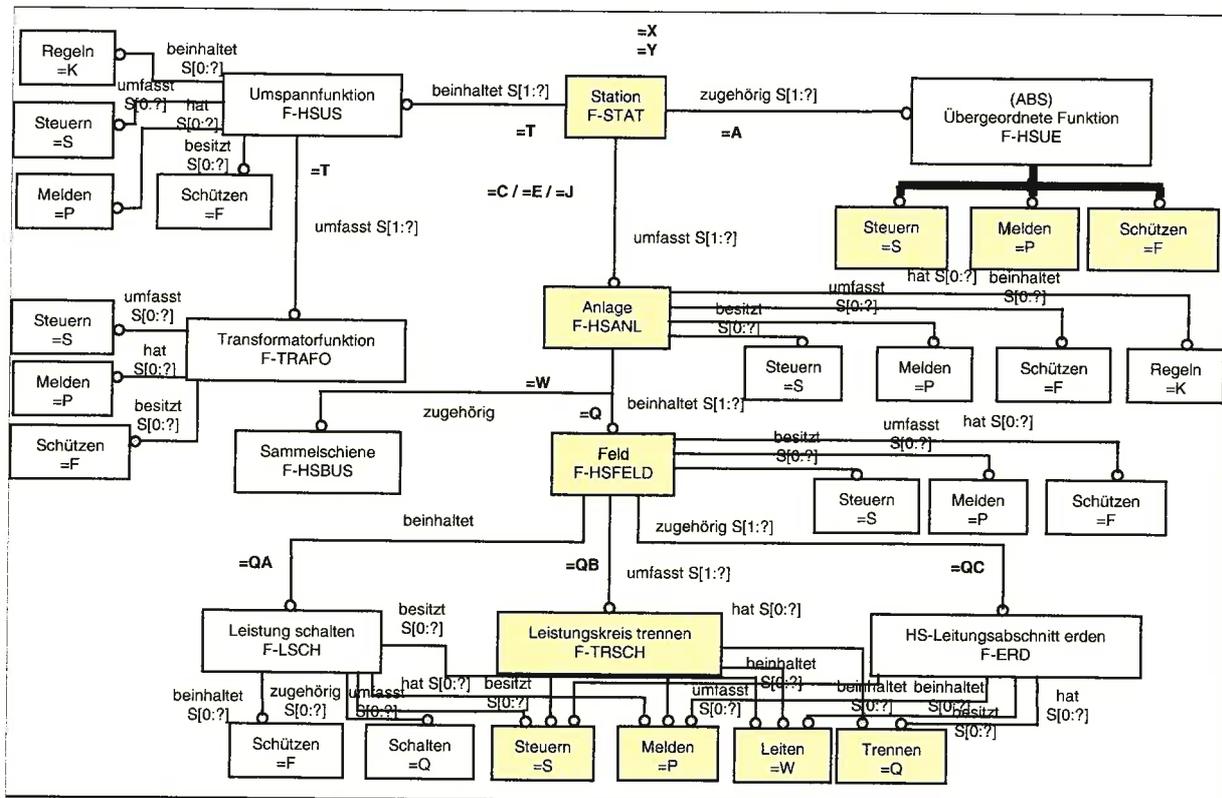


Bild 37 Funktionsstruktur – mit Kennbuchstaben nach IEC 61346

Die folgenden Bausteine für eine produktbezogene Struktur sind als Muster vorgegeben:

- P-STAT Baustein für die erste Untergliederung der **Station** in der produktorientierten Struktur.
- P-HSUE Baustein für **übergeordnete Einrichtungen** in der produktorientierten Struktur.
- P-HSANL Baustein für eine **Schaltanlage** innerhalb einer Station.
- P-HSUS Baustein für eine **Transformatorgruppe** als Bindeglied zwischen Schaltanlagen einschließlich zugehöriger Sekundäreinrichtungen.
- P-UESZ Baustein für eine **übergeordnete Schutzeinrichtung** zugehörig zu einer oder mehreren Schaltanlagen.
- P-HSLT Baustein für **Leittechnik**.
- P-HSEB Baustein für **Eigenbedarf**.
- P-HSBUS Baustein für **Sammelschiene**.
- P-HSFELD Baustein für ein Hochspannungsfeld mit zugeordneten Sekundäreinrichtungen.
- P-TRAFO Baustein für einen **Transformator**.
- P-DRSTS Baustein für **Dreistellungsschalter**.
- P-LSCH Baustein für einen **Leistungsschalter**.
- P-TRSCH Baustein für einen **Trennschalter**.
- P-ERD Baustein für einen **Erdungsschalter**.

- P-PRIM Baustein für **primärtechnischen Aufbau**.
- P-SEK Baustein für **sekundärtechnische Verbindungen und Kabel**.
- P-STS Baustein für einen **Steuerschrank**.

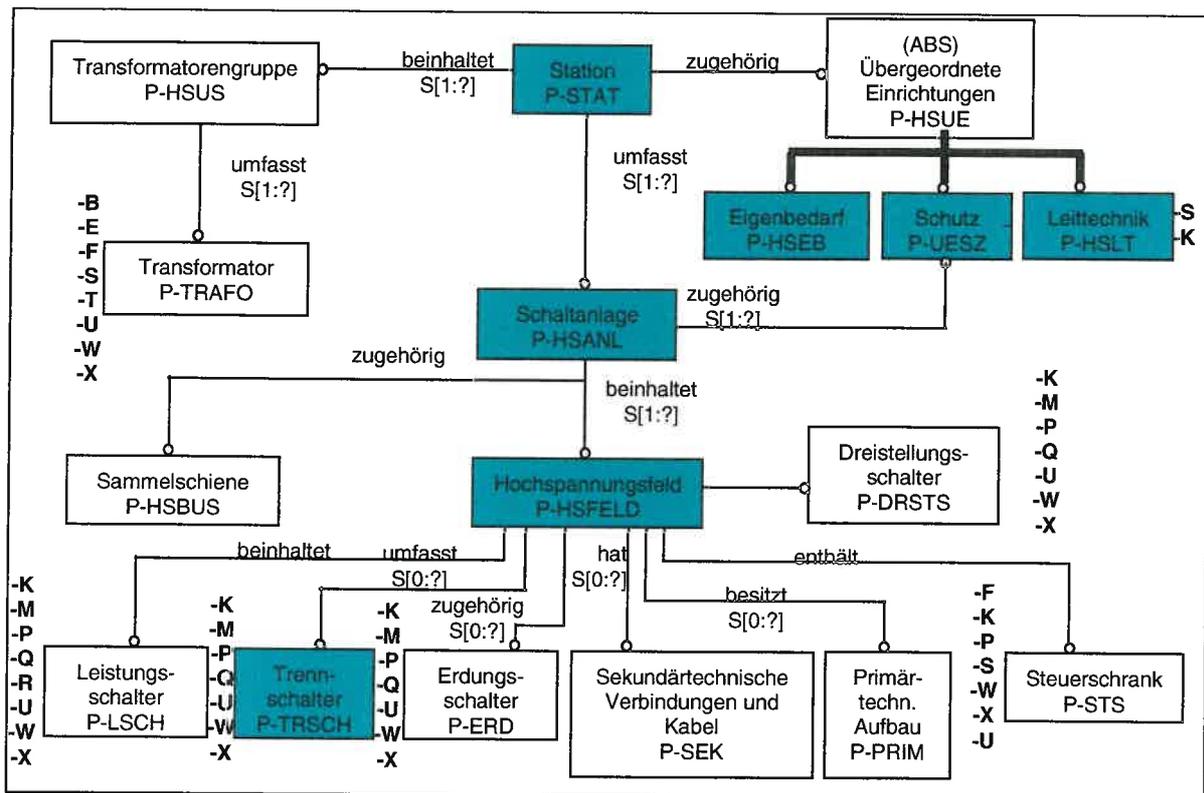


Bild 38 Produktstruktur – mit Kennbuchstaben nach IEC 61346

Die folgenden Bausteine für eine ortsbezogene Struktur sind vorgegeben:

- O-STAT Baustein für die erste Untergliederung der **Station** in der ortsorientierten Struktur.
- O-HSUS Baustein für eine **Transformatorgruppe** als Bindeglied zwischen Schaltanlagen einschließlich zugehöriger Sekundäreinrichtungen.
- O-WGEB Baustein für **Wartengebäude**.
- O-HSANL Baustein für **Schaltanlage**.
- O-HSFELD Baustein für **Schaltfeld**.

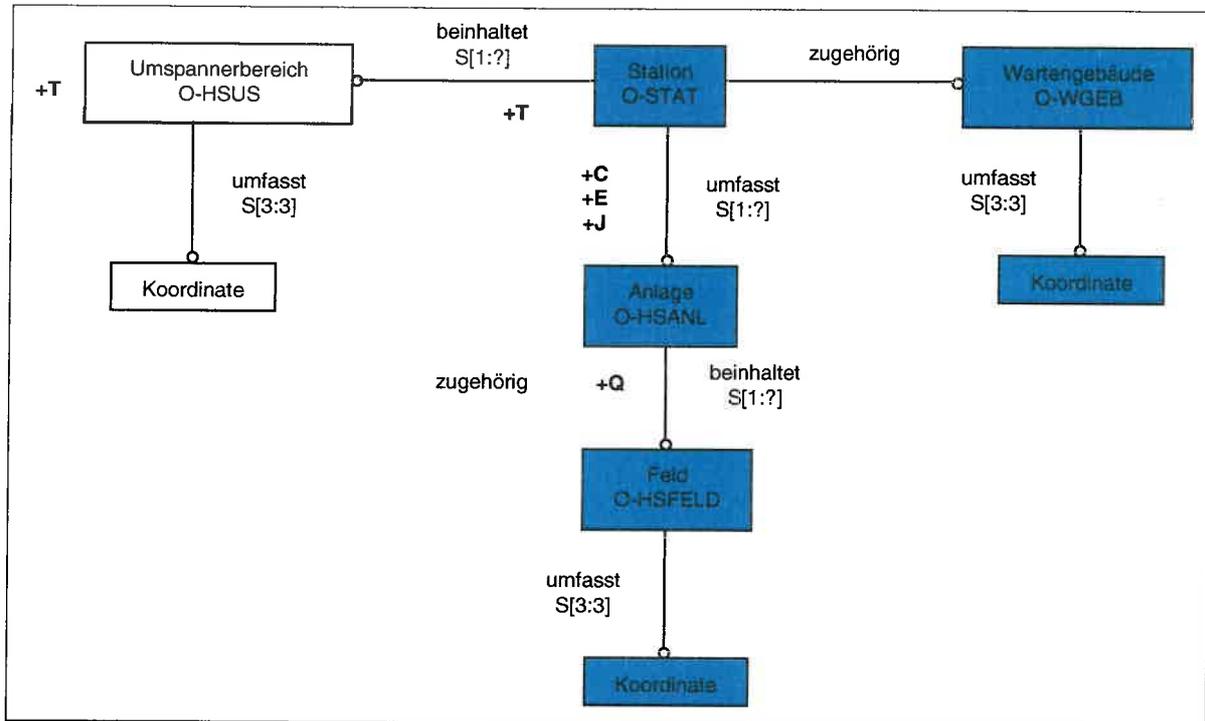


Bild 39 Ortsstruktur – mit Kennbuchstaben nach IEC 61346

6.2 Ergebnisse eines Planspiels

6.2.1 Übersicht

Um den erforderlichen Umfang, die Leistungsfähigkeit und innere Konsistenz des entwickelten Informationsmodells sicherstellen zu können, wurden, wie schon dargelegt, folgende Schritte durchgeführt:

- Validierung gegen das Anforderungsprofil,
- Untersuchung der Abbildbarkeit auf STEP-AP212 und Validierung gegen selbiges,
- Untersuchung der Praxistauglichkeit an Hand eines Beispielprozesses.

Für diesen Beispielprozess wurde die Entwicklung einer Trennschaltersteuerung, von den frühen Phasen der Spezifikation bis zur Erteilung der Freigabe des (Teil-)Projektes zur Fertigung, ausgewählt. Fiktive Partner bei diesem Prozess waren der Netzbetreiber VEAG und der Hersteller Alstom Energietechnik.

Da die Validierungsschritte "Abbildung auf / Validierung gegen AP212" und "Beispielprozess" parallel liefen, sind die schrittweise durchgeführten Veränderungen im Informationsmodell nicht immer eindeutig einem bestimmten Verfahren zuzuordnen.

Die Vorgehensweise beim Durchlaufen dieses Beispielprozesses war konventionell, d.h. es wurden die dem jeweiligen Bearbeiter jeweils zugänglichen und sinnvoll erscheinenden Instrumente – Stromlaufplan, Exel-Tabelle, einfache Email, etc. – zur Bearbeitung des jeweils nächsten Schrittes eingesetzt. Dies dürfte zu einer vergleichsweise realistischen Abbildung

des derzeitigen Ist-Zustandes bei der Bearbeitung von Projekten im Bereich der elektrischen Energieversorgung geführt haben.

Für jeden dieser Einzelschritte wurde dann untersucht, ob sich dieser auf den jeweiligen Stand des Informationsmodells abbilden ließ.

Wichtigstes Einzelergebnis des Beispielprozesses, das diesem eindeutig zugeordnet werden kann, war die Einführung der Entität "Erzeugungs_Zuordnung" im Zustandsschema: Diese Entität verbindet auf jeder gewünschten Detaillierungsebene den jeweiligen Zustand ("Funktionaler_Zustand", "Produkt_Zustand" oder "Dokument_Version") eines beliebigen Teilsystems mit seinem Erzeuger, einer Instanz von "Administrative_Einheit". Auf diese Weise können auch kleinste Veränderungsschritte dem jeweiligen Erzeuger zugeordnet werden, wenn dies erwünscht oder erforderlich ist.

6.2.2 Darstellung eines Teilaspektes des Beispielprozesses

Im Sinne eines besseren Verständnisses für die Untersuchungen im Rahmen des Praxistests wird nachfolgend ein Teilaspekt des Beispielprozesses in der Phase Angebotsprojektierung, Korrektur der Angebotsprojektierung und Freigabe zur Ausführungsprojektierung (siehe hierzu das Petrinetz in Bild 2) dargestellt:

Die beiden nachfolgenden grafischen Darstellungen (Bild 40 und Bild 41) beschreiben mit Hilfe von instanziierten Entitäten des Informationsmodells die Ersetzung des Klemmentyps UK5N durch den Klemmentyp UK5 innerhalb des Motorantriebes eines Trennschalters.

Die erste Grafik skizziert schematisch den Aufbau einer Trennschalterfunktion und ihre Realisierung durch Produkte inklusive der angesprochenen Klemmen vom Typ UK5N. Die zweite Grafik zeigt ausschnittsweise die zugehörige Anbindung für die in Frage stehende Klemme an das Zustandsschema.

Zur Verbesserung der Übersicht wurden - wo immer möglich - Details wie Attribute von Entitäten weggelassen. Aus Gründen der Kompatibilität mit dem verwendeten EXPRESS-Zeichenprogramm wurden die verwendeten Namen der Entitäten mit einem Zählindex versehen, um Kollisionen mit der erzwungenen Eindeutigkeit von Namen zu vermeiden. Attribute wurden in sogenannten DEFINED TYPE – Instanzen abgelegt, um ihren Inhalt mit dem Zeichenprogramm sichtbar machen zu können.

Teilaspekt Beispielprozess: Übersicht

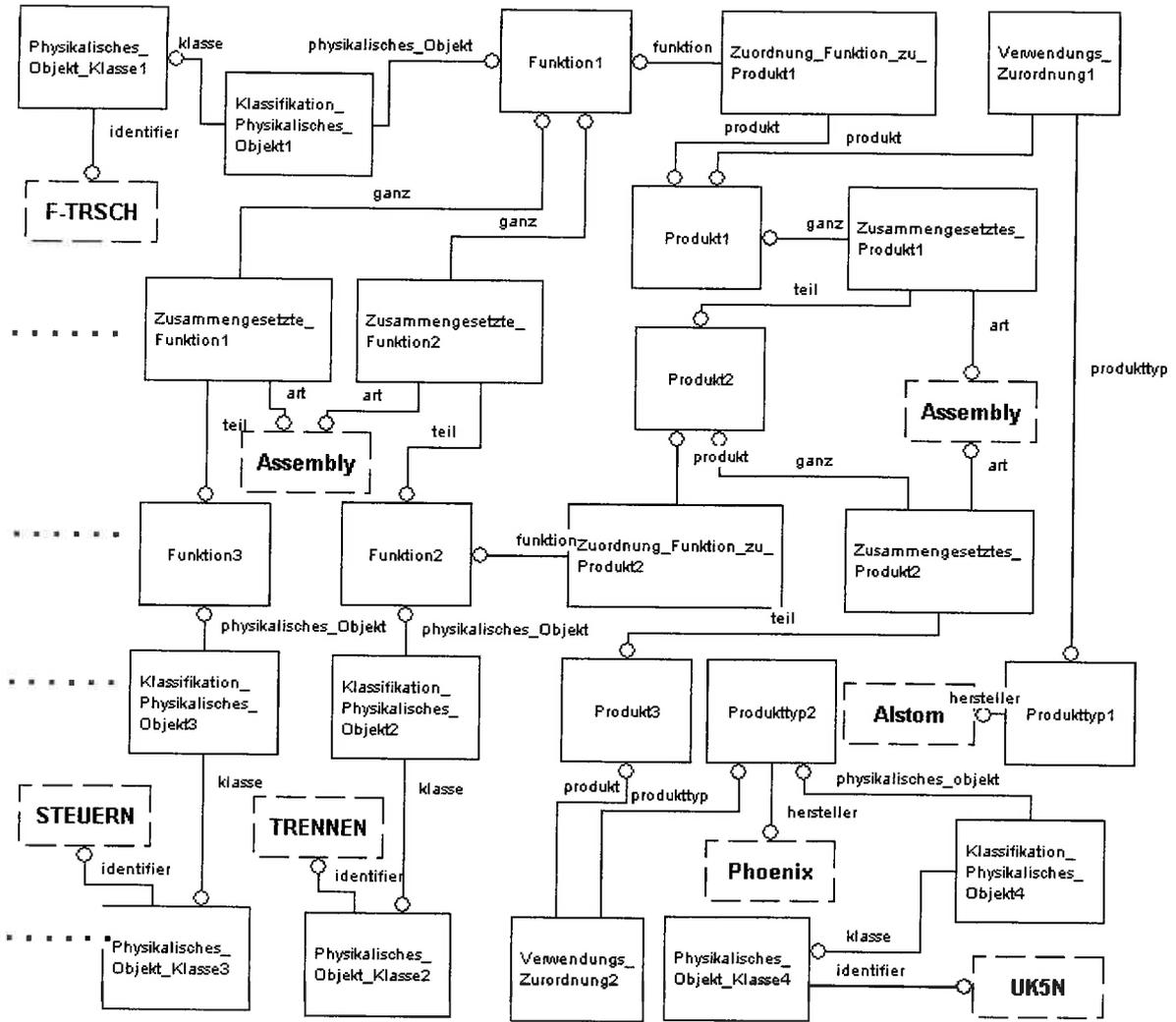


Bild 40 Schematischer Aufbau der Funktion und des Produktes "Trennschalter"

Teilaspekt Beispielprozess: Anbindung an Zustandsschema

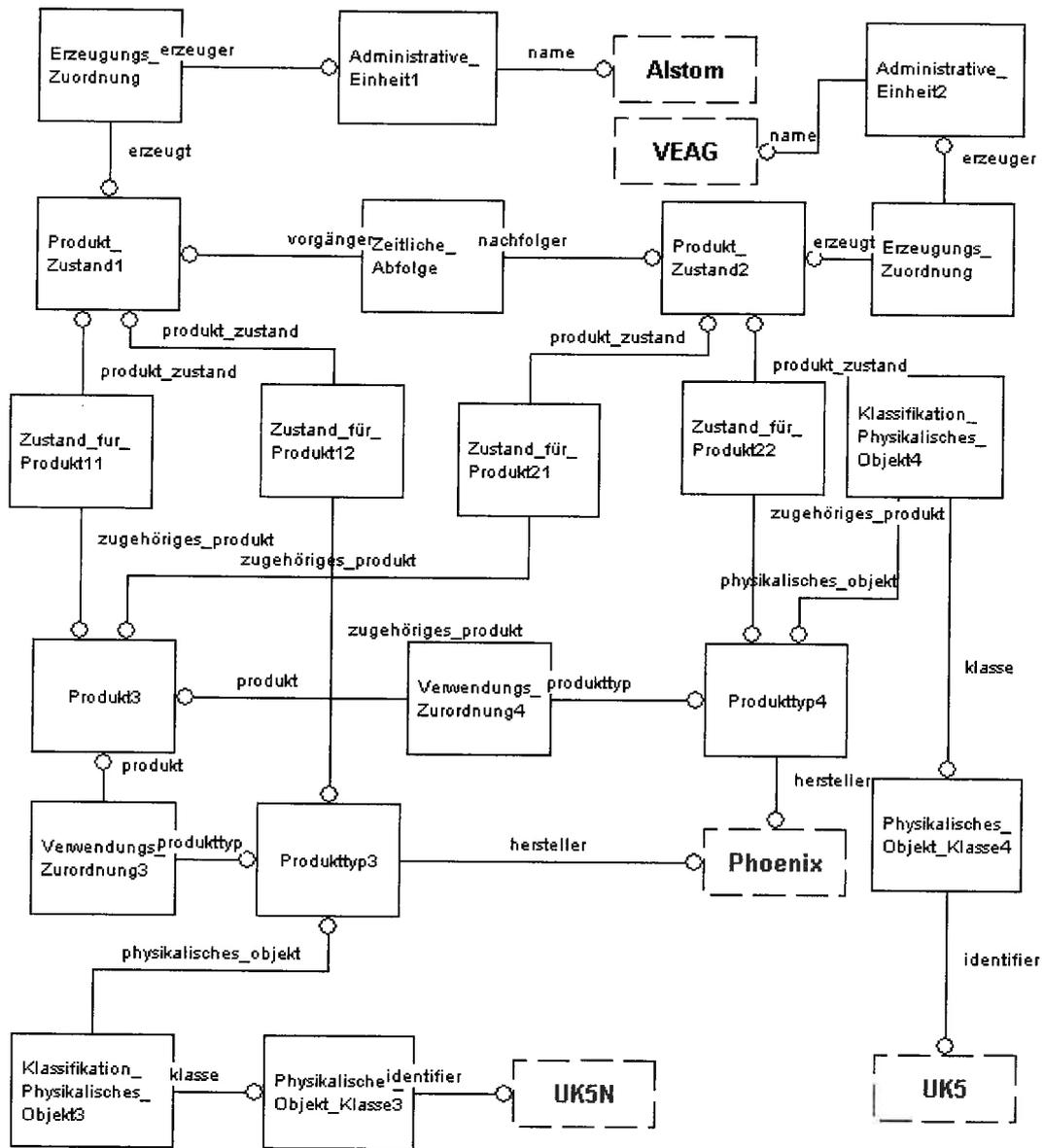


Bild 41 Anbindung an das Zustandsschema

7 Zusammenfassung

In diesem Forschungsvorhaben wurde ein Informationsmodell zur Beschreibung von Anlagen der elektrischen Energieversorgung entwickelt.

Der erste Arbeitsschritt befasste sich dabei mit der Erstellung des Anforderungsprofils für das Informationsmodell. Hier war im ursprünglichen Arbeitsprogramm vorgesehen, eine Bestandsaufnahme bestehender Datenmodelle durchzuführen und daraus den Umfang des zu entwickelnden Modells als Übermenge abzuleiten. Da jedoch die bestehenden, praxisrelevanten Datenmodelle überwiegend nicht zugänglich waren musste ein anderer Ansatz gewählt werden. In Kooperation mit Experten aus der Praxis wurden daher die Anforderungen festgelegt, aus welchen dann Aufbau und Umfang des Informationsmodells abgeleitet werden konnten. Ein besonderes Gewicht lag bei den Anforderungen auf dem angestrebten Umfang des Datenmodells, das Anlagen der elektrischen Energieversorgung über ihren kompletten Lebenszyklus hinweg beschreiben soll. Ferner wird Konformität mit den bestehenden relevanten Normen gefordert, sowie Redundanzfreiheit und die Eignung als Referenz- und Datenaustauschmodell. Die beiden letztgenannten Aspekte sollen durch die Abbildung und Validierung des entwickelten Informationsmodells gegen das genormte STEP AP 212 sichergestellt werden.

Ausgehend von diesen Anforderungen wurde ein entsprechendes Informationsmodell entwickelt. Parallel zur Entwicklung des Datenmodells wurde an einer prototypischen Umsetzung in das Datenbankprogramm MS Access, an der Untersuchung zur Abbildbarkeit nach STEP AP 212 und an einem Beispielprozess zur Untersuchung der Praxistauglichkeit des Modells gearbeitet. Hieraus ergaben sich zahlreiche Anregungen und Korrekturen, die jeweils in das Informationsmodell eingearbeitet wurden.

Im Endergebnis konnte ein stabiles Informationsmodell zur Beschreibung von Anlagen der elektrischen Energieversorgung entwickelt werden. Es werden getrennte Sichten bezüglich der Funktions-, Produkt- und Ortsstruktur unterstützt und neben den technischen Daten auch weitergehende organisatorische Aspekte berücksichtigt. Alle relevanten Daten über den gesamten Lebenszyklus von Anlagen der elektrischen Energieversorgung – Herstellung, Bau und Betrieb – können in das Informationsmodell aufgenommen werden. Das Datenmodell berücksichtigt die zu Beginn des Forschungsvorhabens erstellten Anforderungen. Insbesondere konnten auch die Untersuchungen zur Abbildbarkeit gegen STEP AP 212 und ein Beispielprozess erfolgreich abgeschlossen werden. Des Weiteren steht eine prototypische Implementierung des Datenmodells in MS ACCESS zur Verfügung.

Das erarbeitete Informationsmodell kann nach Abschluss des Forschungsvorhabens zur Konzeption und Realisierung zukünftiger CAX-Werkzeuge herangezogen werden [16]. Es stellt einen wesentlichen Schritt hin zu einem lebenszyklusumfassenden und vollständig normenkonformem Datenmanagement dar.

Im Rahmen eines Workshops soll das Ergebnis gemeinsam mit der IGEVU einer breiten Fachöffentlichkeit vorgestellt werden. Durch die intensive Zusammenarbeit mit Herstellern und Netzbetreibern bei der Projektbearbeitung ist das Interesse an einer produktiven Implementierung des Datenmodells belegt.

Das Forschungsziel wurde erreicht.

Literatur

- [1] Arbeitskreis ECAD PartsLib: "ECAD PartsLib - Die herstellerunabhängige Bauteile-Schnittstelle für die Elektrotechnik", Version 1.2 (1995)
- [2] Wendt, S.: "Nichtphysikalische Grundlagen der Informationstechnik - Interpretierte Formalismen", 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg (1991)
- [3] Scholz, R.; Lambrecht, D.; Weber, Th.: "Informationsmanagement für elektrische Anlagen – Moderne Technologie erfordert moderne Lösungen", CAD-CAM Report Oktober 2000, S. 42-48
- [4] "IEC 61082: Preparation of documents used in electro technology", International Electrotechnical Commission, Genève (1993)
- [5] "IEC 62023: Structuring of technical information and documentation", International Electrotechnical Commission, Genève (2000)
- [6] "IEC 61346: Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designation", International Electrotechnical Commission, Genève (1998)
- [7] "IEC 61360: Standard data element types with associated classification scheme for electric components", International Electrotechnical Commission, Genève (1997)
- [8] "IEC 61850: Communication networks and systems in substations", International Electrotechnical Commission, Genève (2002)
- [9] "ISO 10303: Standard for the exchange of product model data", International Organization for Standardization, Genève (1994)
- [10] <http://www.w3c.org/xml>
- [11] Jung, F.: "XML – Grundstein zum grenzenlosen Datenaustausch", Bulletin SEV/VSE 9/2000
- [12] West, M.: "Developing High Quality Data Models - Volume 1: Principles and Techniques", PDT Published Resource, Sandhurst (1994)
- [13] ISO 6093: "Information processing - Representation of numerical values in character strings for information interchange", International Organization for Standardization, Genève (1985)
- [14] Lambrecht, D.; Weber, Th.; Wellßow, W.H.: "The European ElectroNet Project – New concept for a powerful data model for exchange of planning and operational data", 13th Power System Computation Conference PSCC, Trondheim (1999)
- [15] Interessengemeinschaft Energieverteilung (IG EVU): "Kennzeichnung und Dokumentation", Mannheim (2000)
- [16] Dreyer, Th.; Lambrecht, D.; Schwan, M.; Weber, Th.: "Informationsmanagement für Herstellung, Bau und Betrieb von Anlagen der elektrischen Energieverteilung – Zwischenergebnisse des AiF-Forschungsvorhabens 12360N", Workshop "Elektrotechnik CAD", Stuttgart (2001)

-
- [17] "IEC 60050-411 – International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 411: Rotating machinery", International Electrotechnical Commission, Genève (1996)
- [18] "DIN 31 051: Instandhaltung - Begriffe und Maßnahmen", Deutsches Institut für Normung, Berlin (1985)
- [19] "Bürgerliches Gesetzbuch (BGB)", Fassung der Bekanntmachung vom 2.1.2002, BGBl. I S. 42
- [20] "IEC 60050-191 International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 191: Dependability and quality of service", International Electrotechnical Commission, Genève (1990)
- [21] "Duden – Deutsches Universalwörterbuch, neue Rechtschreibung", Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus, Mannheim (2001)
- [22] ISO 13584: "Industrial automation systems and integration - Parts library", International Organization for Standardization, Genève (2001)
- [23] VDEW: "Anleitung zur systematischen Erfassung von Störungen und Schäden in Netzen über 1 kV und deren statistische Auswertung", 4. Ausgabe, Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke, Frankfurt (1994)

Anhang

A Glossar

Begriff	Weitere Definitionen [Quelle]	Definition IG EVU
Abnahme	<i>Abschließende Prüfung der festgelegten Anforderungen durch den Auftragnehmer, bevor die inbetriebgesetzte Anlage in dessen Besitz übergeht.</i>	
Abnahmeprüfung	Vertraglich vereinbarte Prüfung zum Nachweis gegenüber dem Abnehmer, dass die Maschine bestimmten Anforderungen ihrer Spezifikation genügt. [17]	
Abnutzung	Im Sinne der Instandhaltung Abbau des Abnutzungsvorrates infolge physikalischer und/oder chemischer Einwirkungen. [18]	
Abnutzungsvorrat	Im Sinne der Instandhaltung Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Wiederherstellung durch Instandsetzung innewohnt. [18]	
Anlage	Im Sinne der Instandhaltung Gesamtheit der technischen Mittel eines Systems . [18]	
Aspekt	Spezifische Art Informationen zu einem einzelnen Objekt oder einem Objekt eines Systems auszuwählen oder dieses zu beschreiben. [6 (Teil1)]	
Auftrag	Durch Annahme eines Auftrages verpflichtet sich der Beauftragte, ein ihm vom Auftraggeber übertragenes Geschäft für diesen unentgeltlich zu besorgen. [19 (§ 662)]	
Auftraggeber	<i>"Initiator"; hier: z. B. Betreiber</i>	
Auftragnehmer	<i>"Exekutive"; hier: z. B. Hersteller</i>	
Außerbetriebnahme	Im Sinne der Instandhaltung beabsichtigte unbestimmte Unterbrechung der Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit. [18]	

Begriff	Weitere Definitionen [Quelle]	Definition IG EVU
Außerbetriebsetzung	Im Sinne der <u>Instandhaltung</u> beabsichtigte befristete Unterbrechung der <u>Funktionsfähigkeit</u> einer Betrachtungseinheit während der <u>Nutzung</u> . [18]	
Betrieb	Zusammenwirken aller technischen und administrativen Maßnahmen in der Absicht eine Einheit zur Erfüllung der geforderten <u>Funktion</u> zu befähigen, und zwar unter Berücksichtigung der Anpassung an die Änderungen der externen Bedingungen. [20] <u>Nutzung</u>	
Daten	Darstellung von Fakten, Konzepten oder Anweisungen derart, dass sie von Menschen oder Computern kommuniziert, interpretiert oder verarbeitet werden können. [9 (Teil 1)]	
Datenmodell	<u>Informationsmodell</u> , das <u>Daten</u> beinhaltet.	
Dokumentation	Zusammenstellung, Ordnung und Nutzbarmachung von Dokumenten und Materialien aller Art. [21] <i>Gesamtheit an <u>Informationen</u> zu einer Betrachtungseinheit.</i>	
Funktion	Zweck, der von einem <u>Objekt</u> erfüllt werden soll. [6 (Teil 1)]	
Inbetriebnahme		Herstellen der <u>Betriebsbereitschaft</u> ("unter Spannung setzen")
Inbetriebnahmeprüfung	Prüfung einer Maschine oder Einrichtung, die am Aufstellungsort vorgenommen wird, um die sachgemäße Errichtung und <u>Funktion</u> nachzuweisen. [17]	
Inbetriebsetzung		Herstellung der <u>Funktionsbereitschaft</u> ("ohne Spannung")
Information	Fakten, Konzepte oder Anweisungen [9 (Teil 1)]	
Informationsmodell	Formales Modell einer begrenzten Menge von Fakten, Konzepten oder Anweisungen, das <u>spezifizierte</u> Anforderungen erfüllt. [22 (Teil 1)]	

Begriff	Weitere Definitionen [Quelle]	Definition IG EVU
Inspektion	<p>Maßnahmen zur Festlegung des Istzustandes von technischen Mitteln eines Systems.</p> <p>Diese Maßnahmen beinhalten:</p> <p>Erstellen eines Planes zur Festlegung des Istzustandes, der für die spezifischen Belange des jeweiligen Betriebes oder der betrieblichen Anlage abgestellt ist und hierfür verbindlich gilt.</p> <p>Vorbereitung der Durchführung</p> <p>Durchführung, vorwiegend die quantitative Ermittlung bestimmter Größen</p> <p>Vorlage der Ergebnisse der Istzustandsfeststellung</p> <p>Auswertung der Ergebnisse zur Beurteilung des Istzustandes</p> <p>Ableitung der notwendigen Konsequenzen aufgrund der Beurteilung</p> <p>[18]</p>	
Instandhaltung	<p>Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Festlegung und Beurteilung des Istzustandes von technischen Mitteln eines Systems.</p> <p>Die Maßnahmen beinhalten:</p> <p>Wartung</p> <p>Inspektion</p> <p>Instandsetzung</p> <p>[18]</p>	
Instandsetzung	<p>Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes von technischen Mitteln eines Systems.</p> <p>Diese Maßnahmen beinhalten:</p> <p>Auftrag, Planung, Entscheidung für eine Lösung</p> <p>Vorbereitung der Durchführung, Vorwegmaßnahmen</p> <p>Überprüfung der Vorbereitung, Durchführung</p> <p>Funktionsprüfung und Abnahme, Fertigmeldung</p> <p>Auswertung einschließlich Dokumentation</p> <p>[18]</p>	
Istzustand	<p>Die in einem gegebenen Zeitpunkt festgestellte Gesamtheit der Merkmalswerte.</p> <p>[18]</p>	

Begriff	Weitere Definitionen [Quelle]	Definition IG EVU
Lastenheft	<i>Festlegung der durch die Betrachtungseinheit zu erfüllenden Funktionalität durch den Auftraggeber.</i>	Vom Betreiber: Funktionen
Nutzung	Im Sinne der Instandhaltung bestimmungsgemäße und den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechende Verwendung einer Betrachtungseinheit, wobei unter Abbau des Abnutzungsvorrates Sach- und/oder Dienstleistungen entstehen. [18]	
Nutzungsvorrat	Im Sinne der Instandhaltung Vorrat der bei der Nutzung – bis zum vollständigen Abbau des Abnutzungsvorrates – einer Betrachtungseinheit unter festgelegten Bedingungen erzielbaren Sach- und/oder Dienstleistungen. [18]	
Objekt	Einheit, die bei Entwurf, Engineering, Realisierung, Betrieb , Instandhaltung oder Abbruch behandelt wird. [6 (Teil 1)]	
Pflichtenheft	<i>Festlegung der Produkte, mit denen die vom Auftraggeber festgelegte Funktionalität einer Betrachtungseinheit erfüllt werden soll.</i>	Vom Hersteller: Produkte
Produkt	Beabsichtigtes oder ausgeführtes Ergebnis von Arbeit, oder eines natürlichen oder künstlichen Prozesses. [6 (Teil 1)]	
Projektierung	Vorplanung [21] <i>Erstellung des Pflichtenheftes auf Basis des Lastenheftes.</i>	
Reparatur	Eine Reparatur umfasst die Maßnahmen, die nach einem Ausfall durchgeführt werden, um eine beschädigte Betrachtungseinheit wieder in den Zustand zu versetzen, in dem sie ihre geforderte Funktion erfüllen kann. [23]	

Begriff	Weitere Definitionen [Quelle]	Definition IG EVU
Schaden	<p>Als Schaden wird eine bleibende nachteilige Veränderung eines Betriebsmittels als Folge einer besonderen Einwirkung oder Ursache bezeichnet, die sogleich oder im Laufe der Zeit <u>repariert</u> werden muss.</p> <p>[23]</p> <p>Im Sinne der <u>Instandhaltung</u> Zustand einer Betrachtungseinheit, nach Unterschreiten eines bestimmten (festzulegenden) Grenzwertes des <u>Abnutzungsvorrates</u>, der eine im Hinblick auf die Verwendung unzulässige Beeinträchtigung der <u>Funktionsfähigkeit</u> bedingt.</p> <p>[18]</p>	
Sollzustand	<p>Die für den jeweiligen Fall festzulegende Gesamtheit der Merkmalswerte.</p> <p>[18]</p>	
Spezifikation	<p><i>Festlegung der <u>funktionalen</u> Anforderungen an eine Betrachtungseinheit durch den <u>Auftraggeber</u>.</i></p>	Formulierung der Anforderungen
System	<p>Im Sinne der <u>Instandhaltung</u> Gesamtheit technischer, organisatorischer und anderer Mittel zur selbständigen Erfüllung eines Aufgabenkomplexes.</p> <p>[18]</p> <p>Menge von <u>Objekten</u>, die zueinander in Wechselbeziehung stehen.</p> <p>[6 (Teil 1)]</p>	
Wartung	<p>Maßnahmen zur Bewahrung des <u>Sollzustandes</u> von technischen Mitteln eines <u>Systems</u>.</p> <p>Diese Maßnahmen beinhalten:</p> <p>Erstellung eines Planes, Vorbereitung der Durchführung</p> <p>Durchführung, Vorlage des Ergebnisses, Auswertung</p> <p>Ableitung der notwendigen Konsequenzen</p> <p>[18]</p>	