



SInProD

Strategien der Integration
von Produkten und Dienstleistungen
in der Bauindustrie

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Methoden zur Produkt- und Dienstleistungsmodellierung

Vergleichende Untersuchung industrieller Modellierungsmethoden

Projekt-Arbeitsbericht Nr. 2.1

Daniel Weiß / Jörg Leukel / Stefan Kirn

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
1 Motivation	5
2 Untersuchungsgegenstand	8
2.1 Methoden der Informationsmodellierung	9
2.2 Methoden des Produktdatenmanagements	11
2.3 Methoden der Bauwirtschaft	12
3 Vorgehensweise zum Methodenvergleich	14
3.1 Anforderungen	14
3.2 Metamodellierung	16
3.3 Verwandte Arbeiten	18
3.3.1 Metamodellsprache und Metametamodell	19
3.3.2 Modellierungskonventionen	21
3.3.3 Vorgehensmodell	24
4 Durchführung des Methodenvergleichs	26
4.1 Spezifikation der Methoden-Metamodelle	26
4.2 Identifikation gemeinsamer Konzepte	35
4.3 Spezifikation eines integrierten Metamodells	37
5 Fazit	40
Literatur	41

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: GAEB DA XML-Austauschphasen	12
Abb. 2: Bestandteile eines Vergleichs	14
Abb. 3: Einordnung des Metamodell-basierten Vergleichs	17
Abb. 4: Layoutkonventionen	23
Abb. 5: Metamodell Leistungsmodell.....	26
Abb. 6: Metamodell Klassendiagramm	28
Abb. 7: Metamodell Y-CIM Produktmodell.....	29
Abb. 8: Metamodell EXPRESS-G.....	31
Abb. 9: Metamodell ISO 13584.....	32
Abb. 10: Metamodell GAEB Produktmodell.....	33
Abb. 11: Metamodell bau:class.....	34
Abb. 12 Metamodell des integrierten Produktmodells	38

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchte Modellierungssprachen für Leistungen.....	8
Tab. 2: Abgrenzung von horizontal- und vertikal-dominanten Vergleichstypen	16
Tab. 3: Abgrenzung Übersicht Metamodell-basierter Methodenvergleiche	18
Tab. 4: Übersicht Methodenvergleiche der Produktmodellierung	19
Tab. 5: Übersicht berücksichtigter Elemente – ARIS.....	27
Tab. 6: Übersicht berücksichtigter Elemente – UML.....	28
Tab. 7: Übersicht berücksichtigter Elemente – Y-CIM	30
Tab. 8: Übersicht berücksichtigter Elemente – EXPRESS-G	31
Tab. 9: Übersicht berücksichtigter Elemente – ISO 13584	32
Tab. 10: Übersicht berücksichtigter Elemente – GAEB	34
Tab. 11: Übersicht berücksichtigter Elemente – bau:class	35
Tab. 12: Metamodell-Vergleich.....	36
Tab. 13: Übersicht berücksichtigter Elemente – Gemeinsames Metamodell.....	38

Abkürzungsverzeichnis

AP	Application Protocol
ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
ERM	Entity-Relationship-Modell
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen
ISO	International Organization for Standardization
LV	Leistungsverzeichnis
OZ	Ordnungszahl
SOTA	State of the Art
STEP	Standard for The Exchange of Product model data
UML	Unified Modeling Language
WfMS	Workflow-Management-System
XML	eXtensible Markup Language

1 Motivation

Seit Porter diskutiert die wissenschaftliche wie praxisorientierte Literatur Fragen der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen insbesondere im Hinblick auf die Wettbewerbsstrategien Kostenführerschaft und Differenzierung [Port85].

Dabei dominieren meist Kostensenkung und Preiswettbewerb („Geiz ist geil“) die Diskussion nicht nur in Fachkreisen, sondern auch in der Öffentlichkeit. Dem entspricht eine Konsumentenmentalität, die beim Billigkauf selbst offensichtliche Gesundheitsrisiken ignoriert (z.B. Trash-Food, kleinkindergefährdende Spielwaren aus China). Die Folge sind immer ausgefeiltere Lösungen für die Massenproduktion wie Plattformstrategien, drastische Verkürzungen der Fertigungstiefe, kundenindividuelle Massenproduktion, schneller Produktionsanlauf etc. [KABJ08]. Zusammengefasst tendieren diese Strategien letztendlich dazu, den kundenindividuellen Teil der Fertigung möglichst nah beim Kunden anzusiedeln und auf diese Weise Economies of Scale und Economies of Scope zu erzielen. Andererseits gibt es kundenseitig auch ausdrücklich den Wunsch nach Differenzierung [Coat95]. Viele Produkte sowohl im Retailbereich als auch im B2B-Geschäft werden nur dann gekauft, wenn diese ein gewisses Maß an „Exklusivität“ sichern. Bei zukünftig sich weiter öffnenden Einkommens- und Vermögensschere wird es immer wichtiger, gerade auch die damit erreichbaren Zahlungsbereitschaften erfolgreich zu adressieren – und Individualisierung scheint dafür eine perfekte Lösung zu sein [KABJ08, S. 3-4]. Individualisierung bezeichnet konkret die Gestaltung von Produkteigenschaften, so dass diese den individuellen Präferenzen der Kunden möglichst exakt entsprechen [KABJ08, S. 6].

Das BMBF-Forschungsprojekt „Strategien der Integration von Produktion und Dienstleistung (SInProD)“ untersucht die Umsetzung von Individualisierung mittels *Hybridisierung*. Im Fall der Hybridisierung als speziellem Instrument des Soft Customization erfolgt die Individualisierung dabei durch Kopplung von Sachgütern mit begleitenden, kundenindividuellen Dienstleistungen.

Der Übergang zur hybriden Wertschöpfung macht es jedoch u.a. notwendig, dass vorhandene Produkt- und Dienstleistungsmodelle miteinander kombiniert werden können bzw. die verwendeten Modellierungsmethoden zueinander jeweils kompatibel sind [WeLK08]. Daher werden im Rahmen des Arbeitspaket 2.1 „Modellierungskonzepte“ zunächst die vorhandenen Konzepte für Produkt- und Dienstleistungsmodellierung (*Gegenstand*) aufbereitet und analysiert. Um die Anzahl der zu unter-

suchenden Konzepte verringern zu können, wird die Auswahl auf die Methoden eingeschränkt, die für eine Anwendung im industriellen Umfeld entwickelt wurden. Die Anwendungsdomäne „Bauindustrie“ stellt zugleich ein Selektionskriterium dar.

Zum Vergleich der Modellierungsmethoden wählt der Beitrag eine Metamodell-Perspektive [Stra96], da Metamodelle neben Vorgehensmodellen, Techniken und Werkzeugen [BWHW05] nicht nur das zentrale konstituierende Element von Methoden darstellen, sondern auch zugleich erlaubt, notationsbedingten Methodenunterschiede zu eliminieren und den Vergleich dadurch objektiviert. Die Perspektive macht dabei folgende drei Schritte notwendig:

1. **Spezifikation der Methoden-Metamodelle** unter Verwendung einer gemeinsamen Technik. Zu diesem Zweck sind bereits formalisierte Metamodelle u.U. in diese Notation zu überführen. Für Methoden ohne explizites Metamodell ist dieses zu rekonstruieren. Im Rahmen dieses Beitrages wird als Technik die Sprache UML2 eingesetzt und davon der Modelltyp Klassendiagramm verwendet.
2. **Identifikation gemeinsamer Konzepte** der Methoden durch den Vergleich der Metamodelle. Dieser Vergleich umfasst sämtliche Elemente des eingesetzten Modelltyps. Für Klassendiagramme sind dies Klassen, Attribute, Assoziationen und Kardinalitäten. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass gleiche oder ähnliche Konzepte unterschiedlich modelliert werden können (so könnten Produkteigenschaften sowohl als Klasse als auch in Form von Attributen modelliert werden).
3. **Spezifikation eines gemeinsamen Metamodells.** Die vergleichende Metamodell-basierte Untersuchung erlaubt es prinzipiell, ein vollständiges Metamodell zu spezifizieren. Dieses kann entweder als Totalmodell oder integriertes Modell angelegt werden. Über den Umfang und Abdeckungsgrad dieses Metamodells können jedoch vor der Durchführung der Schritte 1 und 2 keine verlässlichen Aussagen getroffen werden.

Zu diesem Zweck werden (1) Methoden der Informationsmodellierung, (2) Methoden des Produktdatenmanagement sowie (3) branchenspezifische Methoden der Bauindustrie betrachtet. Es werden jeweils solche Methoden ausgewählt, die in der wissenschaftlichen Literatur ausreichend gut dokumentiert (gemessen an der Anzahl der Veröffentlichungen) sind und einen hohen Reifegrad aufweisen.

Der Arbeitsbericht gliedert sich wie folgt: Kapitel 2 stellt den Untersuchungsgegenstand vor. Kapitel 3 beschreibt die Anforderungen an Methodenvergleiche, die zu verwendende Metasprache und führt verwandte Arbeiten im Forschungskontext an. Kapitel 4 beinhaltet die Spezifikation der einzelnen Metamodelle, die Identifikation gemeinsamer Konzepte und den Entwurf eines integrierten Metamodells. Kapitel 5 fasst die Ergebnisse zusammen.

2 Untersuchungsgegenstand

In diesem Kapitel werden ausgewählte Methoden zur Modellierung von Sach- und Dienstleistungen vorgestellt. Diese gliedern sich hinsichtlich der Metamodellperspektive in zwei Gruppen: Methoden der konzeptuellen Modellierung und Referenzdatenmodelle.

Während ISO 10303 und ISO 13584 sich nur auf Sachleistungen beziehen, sind ARIS, UML und Y-CIM nicht auf eine Leistungsart beschränkt. Bei GAEB DA XML 3.0 und bau:class handelt es sich um branchenspezifische Methoden der Bauwirtschaft.

Sprache	Quelle	Typ	Sprachspezifikation	Metamodellkonstruktion
ARIS	[Sche01]	Leistungsmodell	eigene	Übernahme
UML	[UMLI07]	Klassendiagramm	eigene	Übernahme
ISO 10303	[ISO04]	Datendefinition	eigene	Rekonstruktion
ISO 13584	[ISO98]	Referenzdatenmodell	EXPRESS	Übersetzung in Metamodellsprache
Y-CIM	[Sche97]	Referenzdatenmodell	ERM	
GAEB DA XML 3.0	[GAEB00]	Referenzdatenmodell	XML Schema	
bau:class	[Bauc07]	Referenzdatenmodell	Datenbankschema	

Tab. 1: Untersuchte Modellierungssprachen für Leistungen

Zu diesem Zweck hat jedoch zunächst eine Präzisierung des allgemeinen Leistungsbegriffs stattzufinden.

Eine Leistung ist danach das Ergebnis einer Transformation unter Verwendung definierter Einsatzobjekte (synonym Produktionsfaktoren) und Prozessfaktoren, also insbesondere Potenzial- und Repetierfaktoren [Dyck00, S. 42f.; Gute51, S. 298]. Werden Repetierfaktoren (also Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffe) eindeutig den Einsatzobjekten zugeschrieben, lassen sich Potenzialfaktoren nicht trennscharf Einsatzobjekten oder Prozessfaktoren zuordnen. So ändern Potenzialfaktoren (also insbesondere die menschliche Arbeitskraft, Maschinen, langlebige Werkzeuge, usw.) – im Gegensatz zu Repetierfaktoren – ihre Qualität während der Transformation nicht oder nicht wesentlich. Die fehlende Trennschärfe ergibt sich aus dem Umstand, dass

Potenzialfaktoren aber doch einer Abnutzung unterliegen können. Abhängig von der Erscheinungsform – materiell oder immateriell – wird weiter zwischen Sach- und Dienstleistungen differenziert. Sachleistungen sind in ihrer Erscheinungsform materiell, Dienstleistungen dagegen immateriell [Dyck00, S. 42f.]. In beiden Fällen wird ein ergebnis-orientierter Leistungsaspekt in den Vordergrund gestellt.

Dienstleistungen weisen im speziellen aber ferner noch potenzial- und prozess-orientierte Aspekte auf [Dyck00, S. 42f.; Cors97, S. 26]. Der prozess-orientierte Aspekt wird durch die Kombination bzw. Interaktion interner und externer Faktoren betont. Bei letzteren handelt es sich um den Dienstleistungsnachfrager selbst oder dessen Dienstleistung (als Ergebnis). Interne Faktoren beschreiben dagegen die Leistungsbereitschaft des Dienstleistungsanbieters, also dessen Faktoreinsatz. Prozess- und potential-orientierte Leistungsaspekte weisen dabei eine gewisse inhaltliche Nähe auf, da Potenzialfaktoren ihrerseits ebenfalls zu den Einsatzfaktoren gerechnet werden können.

Die Grenzen zwischen Sach- und Dienstleistungen verschwimmen jedoch zunehmend – das Angebot an hybriden Leistungsbündeln steigt an. Darunter werden Leistungen verstanden, welche abhängig von Kundenanforderungen aus Potenzial- und Repetierfaktoren erstellt werden, sowohl Sach- als auch Dienstleistungsanteile berücksichtigen [AbSc06, S. 467f.] und nur noch schwer (zu hohen Kosten) voneinander entkoppelt werden können. Eine Definition dieser Form berücksichtigt damit nicht nur die ergebnis-orientierten Aspekte, sondern wird in gleichem Maße auch einer Prozess- und Potenzialorientierung gerecht.

2.1 Methoden der Informationsmodellierung

ARIS

Die Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) stellt in Wissenschaft und Praxis einen etablierten Modellierungsrahmen zur Beschreibung von Organisationen dar. Dieser beschreibt Organisationen aus fünf Sichten, namentlich der Organisations-, Daten-, Funktions-, Steuerungs- und Leistungssicht. Jede Sicht gliedert sich weiter in drei Ebenen: das Fachkonzept, DV-Konzept und Implementierung [ScJo02].

Die zur Modellierung von Leistungen relevanten Modelltypen sind Bestandteil der Leistungssicht. Diese ist eng mit den weiteren Sichten des ARIS-Hauses verwoben, weswegen Modelltypen der Leistungssicht immer auch Verknüpfungen zu Modelltypen der Organisations-, Daten-, Funktions- und Steuerungssicht aufweisen. Dabei

wird in der Leistungssicht bezüglich der drei Beschreibungsebenen auf das DV-Konzept und Implementierung verzichtet. Der Leistungsbegriff umfasst sowohl Sach- als auch Dienstleistungen [Sche01].

UML

Die Unified Modeling Language (UML) [UMLI07] ist eine weit verbreitete Modellierungssprache und diente zunächst zur Spezifikation objektorientierter Softwaresysteme, unabhängig von deren Fach- und Realisierungsgebiet. Zu deren Beschreibung bedient sich UML unterschiedlichster Diagrammtypen (z.B. Use Cases, Klassendiagramme, Interaktionsdiagramme, Aktivitätendiagramme) [LiLi06]. Sie liefert damit ein Instrument zur Analyse, Design und Architektur und unterstützt insbesondere objektorientierte Vorgehensweisen [RHQJ05].

Zur Produktmodellierung findet die UML seit Ende der 1990er Jahre Verwendung. Zu diesem Zweck kommen ausgewählte statische Strukturdiagrammtypen zu Anwendung (primär Klassendiagramme) [ArPo99]. Zu den wesentlichen Elementen zählen damit Klassen, Attribute und Assoziationen.

Y-CIM

Das Referenzmodell für betriebliche Informationssysteme (Y-CIM) dient zur Strukturierung der in der Fertigung von Industrieunternehmen anfallenden betriebswirtschaftlichen und technischen Aufgaben. Die betriebswirtschaftlichen Aufgaben beinhalten die Planung, Durchführung und Kontrolle von Fertigungsaufträgen. Die technischen Aufgaben dagegen fokussieren den Entwicklungs- und Herstellungsprozess der tatsächlichen Produkte, also auch die Konstruktion der Produkte sowie die Planung und Realisierung des Produktportfolios [SBMS05]. Ferner spezifiziert das Y-CIM Referenzmodelle industrieller Geschäftsprozesse zur Abarbeitung der betriebswirtschaftlichen und technischen Aufgaben.

Die in Y-CIM bereitgestellten Modelle basieren auf dem ARIS-Haus. Anders als in ARIS selbst findet sich das Produktmodell findet in der Datensicht [Sche97, S. 555f.], da Y-CIM auf einer früheren Version des ARIS-Hauses beruht, welche noch keine spezielle Leistungssicht enthielt. Dieses beschreibt Teile anhand ihrer Funktion, den Lösungsprinzipien zur Funktionsrealisierung den topologisch-geometrischen Merkmalen und ist in Form eines Entity-Relationship-Modells spezifiziert.

2.2 Methoden des Produktdatenmanagements

ISO 10303

Der Standard ISO 10303, ebenfalls bekannt unter dem Akronym STEP („Standard for the Exchange of Product Model Data“), dient zur Beschreibung physikalischer und funktionaler Merkmale von Produkten und wurde von der International Organization for Standardization (ISO) in Zusammenarbeit mit den Industrie-Konsortien PDES, Inc. und ProSTEP entwickelt [PLSW04; Prat05].

Der Standard ist gegliedert in sieben Serien, die ihrerseits aus einzelnen parts bestehen [LiLi06]. Im vorliegenden Kontext von Bedeutung ist die Serie der Description Methods (parts 11-19), welche die Spezifikationsmethoden festlegen, mit Hilfe derer Modellbeschreibungen innerhalb von STEP erfolgen [AEKP00].

Zur konsistenten, widerspruchsfreien und semantisch eindeutigen Spezifikation der Produktmodelle dient die formale Beschreibungssprache EXPRESS (ISO 10303-11) [ISO04] und deren graphische Repräsentation EXPRESS-G (Untermenge von EXPRESS) [ProS06]. Diese Standard-eigene Modellierungssprache kombiniert Konzepte der ER-Modellierung mit denen der objektorientierten Modellierung [PLSW04].

Produkte werden danach durch Schemata modelliert die zueinander in Beziehung stehen und deren Eigenschaften durch Attribute und Datentypen beschrieben werden. Inter-Schema-Referenzen und Seitenreferenzen ermöglichen die Aufteilung komplexer Modelle in einzelne Teilmodelle [LiLi06; ProS06].

ISO 13584

Der Standard ISO 13584, bekannt unter dem Akronym PLIB („Parts Library“) gliedert sich in einzelne Teilebibliotheken (synonym Teilkataloge) und dient dazu Konstruktionswissen rechnerverarbeitbar spezifizieren zu können [AEKP00]. Er besteht derzeit aus zwölf „parts“ von denen im vorliegenden Kontext der ISO 13584-42:1998 [ISO98] von besonderer Bedeutung ist. Dort wird ein in EXPRESS beschriebenes konzeptionelles Datenmodell zur Beschreibung von Produkten spezifiziert.

Produkte werden dabei durch Klassen (engl. class) modelliert, deren Eigenschaften durch Merkmale (engl. properties). Alle Objekte (Teile) einer Klasse werden durch dieselben Merkmale beschrieben, unterscheiden sich jedoch in ihren Merkmalsausprägungen.

2.3 Methoden der Bauwirtschaft

GAEB DA XML 3.0

Der „gemeinsame Ausschuss Elektronik im Bauwesen“ (GAEB) fördert den Einsatz von IT-Informationssystemen im Bauwesen unter Berücksichtigung einer einheitlichen Sprache aller am Bau Beteiligten. Er versteht sich als normierendes Gremium, da dessen Arbeitsergebnisse vom Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) veröffentlicht werden und er auf internationaler Ebene in der International Construction Information Society (ICIS) vertreten ist. Die ICIS strebt auf internationaler Ebene eine Harmonisierung der Bauinformationen an.

Zur eindeutigen Beschreibung von Bauleistungen und IT-Informationssystem-seitigen Repräsentation wurde von GAEB ein hierarchisches Leistungsverzeichnis (LV) und eine auf XML (eXtensible Markup Language) basierende Spezifikation GAEB DA XML (aktuelle Version 3.0; Stand Juli 2004) [GAEB00] erarbeitet. Diese unterstützt die Datenaustauschphasen D80-D89 zwischen Bauplanung und -ausführung (vgl. Abb. 1) [GaeB07]. Produkte werden dabei in Form von Leistungen beschrieben und durch Teilleistungen (synonym Positionen) verfeinert. Zur eindeutigen Kennzeichnung und Identifikation der Teilleistungen dienen Ordnungszahlen (OZ) (max. 14 Stellen).

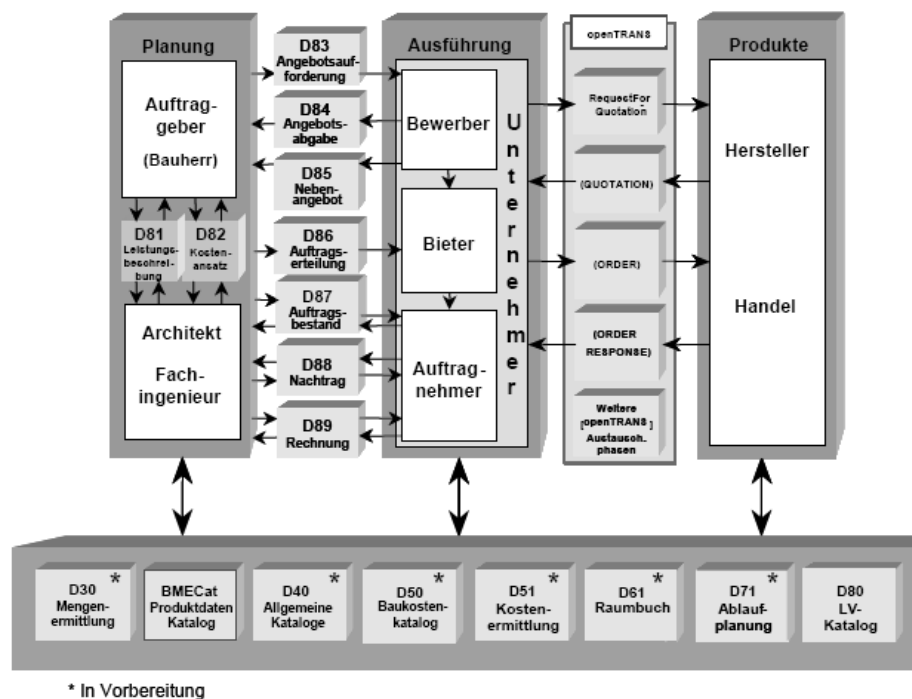


Abb. 1: GAEB DA XML-Austauschphasen

Bau:class

Bau:class ist ein hierarchisch gegliedertes Klassifikationssystem für Bauprodukte in der der Bau- und Gebäudebewirtschaftungsbranche [Bauc07]. Der Umfang von bau:class orientiert sich an DIN 276 (Kosten im Bauwesen- Teil 1: Hochbau) und damit an dem vom GAEB aufgestellten und vom DIN herausgegebenen Standard-Ausschreibungssystem STLB-Bau (Dynamische BauDaten) orientiert [Entz07]. Ferner umfasst Bau:class sämtliche in GAEB spezifizierten Leistungspakte und Leistungsbereiche, mit Ausnahme des Architektur Leistungspaket. Es besteht derzeit aus ca. 5000 Produkt- und Teilleistungsgruppen, welche diese durch Merkmale und Merkmalsausprägungen beschreiben [Bauc07].

3 Vorgehensweise zum Methodenvergleich

3.1 Anforderungen

Durchführung

Die Durchführung von Methodenvergleichen lässt sich auf folgendes Prinzip zurückführen: Einem Katalog an zu untersuchenden Methoden (Untersuchungsgegenstand) wird ein strukturierter Katalog an Merkmalen (Untersuchungsrahmen) gegenübergestellt und evaluiert, ob und wenn ja, in welcher Ausprägung eine Methode ein spezifisches Merkmal aufweist. Beides zusammen bildet das Vergleichsschema (vgl. Abb. 2) [Stein94; Stra96, S. 99].

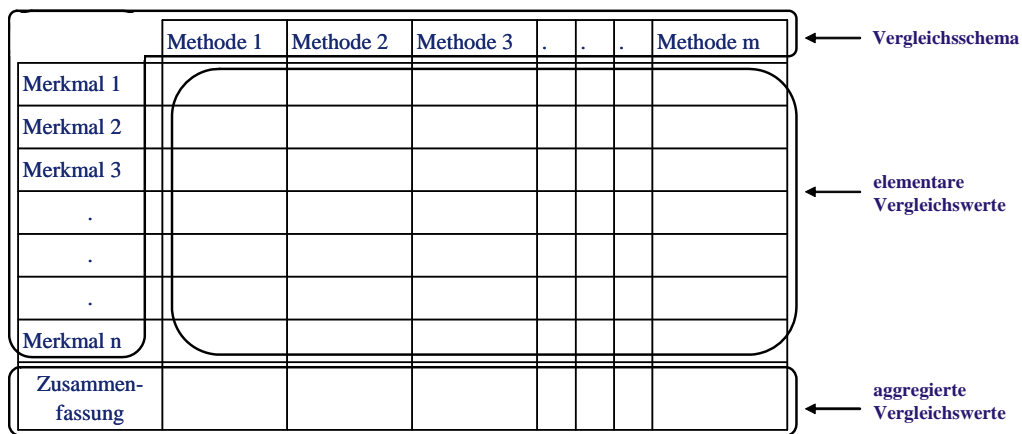


Abb. 2: Bestandteile eines Vergleichs

Gestaltung

Untersuchungsrahmen

Der Untersuchungsrahmen bestimmt die Tiefe (Detaillierung) des Vergleichs und wird durch die Zahl der Merkmale und die Granularität der Merkmalsausprägungen determiniert. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu erzielen und den Vergleich stärker zu strukturieren, wird an den Untersuchungsrahmen die Anforderungen gestellt auf komplexe Merkmale zu verzichten und sich ausschließlich elementare Merkmale zu beschränken [Stra96, S. 102f.]. Die Anzahl und Granularität der Merkmale beeinflusst neben der Tiefe aber auch den Umfang des Vergleichs. Beschreibt die Tiefe ein Maß für den Detaillierungsgrad, so ist unter dem Umfang der Abdeckungsgrad aller möglichen inhaltlichen Themenbereiche, die in einen Vergleich einbezogen werden könnten, zu verstehen. Ist eine Untersuchung danach weder tief noch umfangreich, wird stattdessen von einer Klassifikation [HaMN92; Hess84] gesprochen. Ferner

sollte es sich bei den Merkmalen des Untersuchungsrahmens um objektiv bestimmbare handeln (z.B. beinhaltet eine Methode einen bestimmten Konstruktionsoperator), auf subjektiv-wertende (z.B. Benutzerfreundlichkeit, Wartbarkeit, etc.) sollte dagegen verzichtet werden [Stra96, S. 102f.].

Untersuchungsgegenstand

Ähnlich dem Untersuchungsrahmen lässt sich der Untersuchungsgegenstand durch dessen Breite und dem Umfang charakterisieren. Die Breite bezeichnet die Heterogenität des Spektrums zu untersuchender (Produktmodellierungs-)Methoden. Der Umfang hingegen bezieht sich auf die Anzahl betrachteter Methoden innerhalb einer Klasse von Methoden [Stra96, S. 105f.].

Bei breiten Vergleichen kann auch eine Strukturierung in der Methodendimension in Form einer Klassifikation der Methoden hilfreich sein. Eine Methodenklassifikation kann also zum einen als Mittel zur besseren Strukturierung des Vergleichsschemas dienen [MoPu92]. Zum anderen kann eine Klassifikation auch das Ergebnis eines Vergleichs sein. Die Offenheitsanforderung an Methodenvergleiche bezieht sich wie zuvor betont auf das ganze Vergleichsschema, also auch auf den Methodenkatalog. Konsequenzen ergeben sich aber vornehmlich für die Gestaltung des Vergleichsschemas in der Merkmalsdimension [Stra96, S. 105f.].

Die Merkmalsausprägungen unterscheiden sich primär in Bezug auf ihre Granularität und lassen sich bei komplexen Merkmalen nach dem Grad ihrer Formalisierung differenzieren. So weisen bspw. natürlich-sprachlich formulierte Merkmalsausprägungen hoher Granularität einen geringen Formalisierungsgrad auf [Stra96, S. 105f.].

Zusammenfassung

In der Phase der Auswertung wird das ermittelte Datenmaterial unter verschiedenen Gesichtspunkten zusammengefasst. Nach dem Grad der Verdichtung kann dabei zwischen Teil- und Totalaggregationen differenziert werden. Teilaggregationen basieren auf einem Ausschnitt des Datenmaterials und stellen eine Zusammenfassung bzw. Auswertung im Hinblick auf ein bestimmtes Kriterium dar. Teilaggregationen können also wie beschrieben auf der Definition der Verwerter interessierender Kriterien beruhen, aber auch unmittelbar auf der Strukturierung des Merkmalskataloges basieren, und zwar dann, wenn eine Verdichtung entlang dieser vorgenommen wird bis ggf. eine Totalaggregation erreicht ist. Totalaggregationen sind nur selten anzutreffen und meist nur als letztes Ergebnis einer mehrstufigen Aggregation. Um die

Anforderung einen hohen Aggregationsgrad zu erzielen, erreichen zu können, sind die Granularität und der Strukturierungsgrad der Merkmalsausprägungen entscheidend [Stra96, S. 109f.].

3.2 Metamodellierung

Parallel zu den in Kapitel 3.1 formulierten Anforderungen lassen sich Vergleichsdurchführungen nach horizontal- und vertikal-dominanten durchgeführten Vergleichen unterscheiden (vgl. [BrRS83; MBBF83, Stra96, S. 111]).

Gestaltungsmerkmal	Horizontal-dominanter Vergleich	Vertikal-dominanter Vergleich
Fokus	Merkmal („Welche Methode weist Merkmal x auf?“)	Methode („Was sind die grundlegenden Eigenschaften von Methode y?“)
Merkmale		
Granularität	Niedrig; Elementare Merkmale	Hoch; Komplexe Merkmale
Formalisierungsgrad	Hoch	Niedrig
Strukturierungsgrad	Hoch	Niedrig
Methodenumfang	Hoch	Niedrig
Auswertung		
Aggregationsgrad	Hoch	Niedrig
Art der Ergebnisse	Quantitativ; explizit	Qualitativ; implizit
Offenheit		
nachträglichen Auswertungen	Hoch	Niedrig
Untersuchungsgegenstand	Niedrig	Hoch
Untersuchungsrahmen	Niedrig bis mittel	Hoch

Tab. 2: Abgrenzung von horizontal- und vertikal-dominanten Vergleichstypen

Die Metamodell-basierte Form des Methodenvergleichs beabsichtigt die Vorteile beider Vergleichsformen miteinander zu verbinden und ausgehend von einer vertikal-dominanten Vergleichsform durch Erhöhung des Formalisierungsgrades der Merkmalsausprägungen eine Annäherung an die horizontal-dominante Vergleichsform zu erzielen.

Das hat den Vorteil, dass (1) die Methoden weiterhin in ihrem Gesamtzusammenhang beschrieben, aber gleichzeitig – unter Verwendung von Modellierungssprachen – (2) formaler, strukturierter und einheitlicher beschrieben werden können. Abb. 3 zeigt die Einordnung dieser Vergleichsform gegenüber den bisher betrachteten zwei Formen [Stra96, S. 111f.].

Dem Konzept muss jedoch zum Nachteil gereicht werden, dass die Offenheitsanforderung negativ beeinflusst wird. Das lässt sich darauf zurückführen, dass über alle Methoden hinweg bei der Modellbildung der jeweils gleiche Abstraktionsgrad und dieselben Verkürzungsmerkmale zugrunde gelegt werden müssen. Ein späteres erweitern des Vergleichsschemas ist somit schwierig, weswegen die Anzahl an zu untersuchenden Methoden nicht zu gering ausfallen darf [Stra96, S. 111f.].

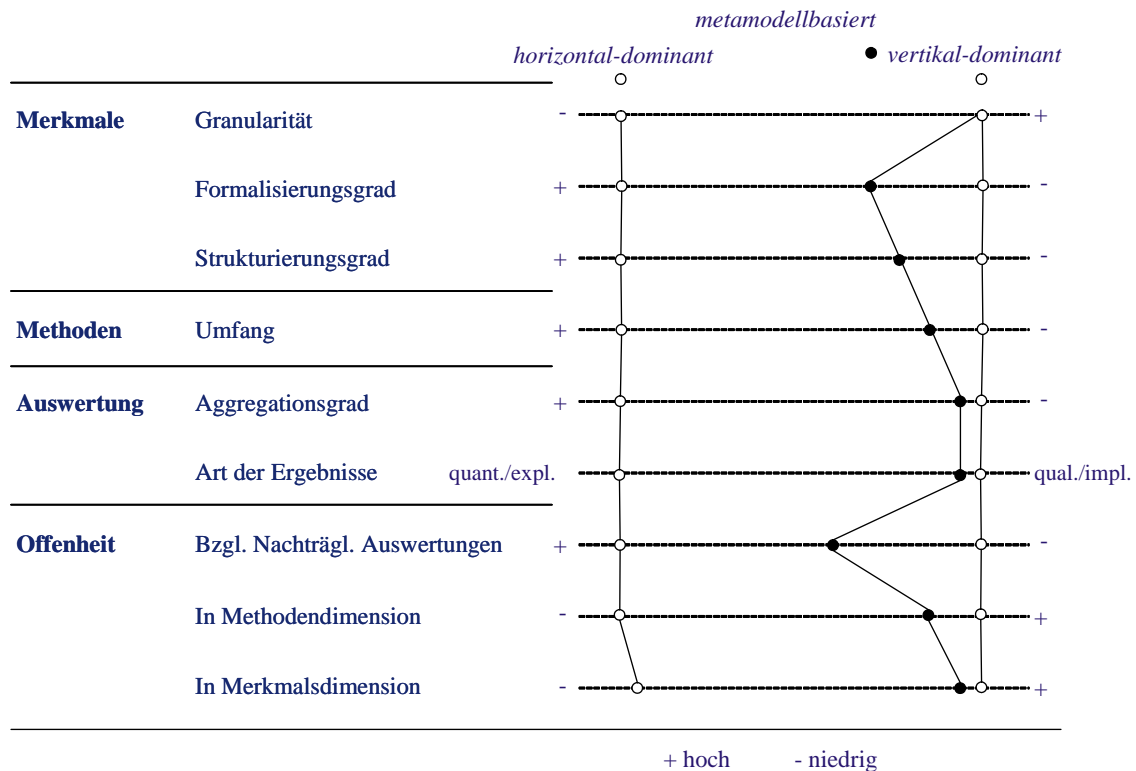


Abb. 3: Einordnung des Metamodell-basierten Vergleichs

Die Durchführungs- und Gestaltungsanforderungen an Metamodell-basierte Vergleiche sind dabei dieselben wie die in Kapitel 2.2 beschriebenen. Jedoch müssen sie um Metamodell-spezifische Anforderungen ergänzt werden, und zwar hinsichtlich (1) der verwendeten Sprache, (2) dem Abstraktionsgrad sowie (3) dem Verkürzungsmerkmal der Modellbildung [Stra96, S. 111f.].

Alle drei Aspekte beeinflussen die Tiefe des Vergleichs. Zusätzlich können zur Beschreibung der Methodenarchitektur, wiederum Modelle eingesetzt werden. Bei diesen Modellen handelt es sich bei der hier zugrunde gelegten engen Metamodelldefinition nicht um Metamodelle, aber um Modelle, die Komponenten von Metamodellen verwenden und in derselben Sprache wie diese formuliert sind. Des Weiteren können verschiedene Mechanismen oder Techniken angewandt werden, um mehr Einheitlichkeit in der horizontalen Dimension zu erzielen [Stra96, S. 111f.].

Ein wesentliches Charakteristikum des Metamodell-basierten Methodenvergleichs ist die Beschränkung des Merkmalskatalogs im Umfang. Mittels Metamodellen können bestimmte Merkmale einer Methode modelliert werden, aufbauend hierauf gegebenenfalls die Methodenarchitektur. Andere Merkmalsbereiche einer Methode, die über modellierungstechnische Aspekte hinausgehen, müssen Ergänzungen des Metamodell-basierten Vergleichs in Form einer der beiden anderen Ansätze vorbehalten bleiben. Betrachtet man die Offenheit eines solchen Vergleichs in der Merkmalsdimension, so ist festzuhalten, dass eine Ausdehnung in Merkmalsbereiche, die nicht Metamodell-basiert ausgedrückt werden können, unter Beibehaltung dieser Vergleichsform ausgeschlossen ist. Die geschilderte Umfangsbeschränkung in der Merkmalsdimension kann als ein wesentlicher Nachteil Metamodell-basierter Vergleiche eingestuft werden. Wesentlich interessanter ist die Beurteilung der Metamodellierung als Instrument des Methodenvergleichs in den modellierungstechnischen Merkmalsbereichen [Stra96]. Genau dies wird im Anschluss an die Vorstellung des hier exemplarisch durchgeführten Methodenvergleichs untersucht.

3.3 Verwandte Arbeiten

Die Metamodellierung als Vorgehensweise zum systematischen Methodenvergleich findet seit Anfang 1990-er Jahre in der Wirtschaftsinformatik Verwendung.

Quelle	Problemstellung	Lösungsansatz & Metamodellsprache
[FäGH91]	Keine explizite Problemstellung	Sprachbasierte Metaisierung
[HoGB93]	Komplexität der Methoden führt zu einer fehlerhaften Methodenanwendung.	Sprach- und prozessbasierte Metaisierung
[HeBr96]	SOTA Business Process Redesign	Sprachbasierte Metaisierung
[Heym96]	Keine explizite Problemstellung	Prozessbasierte Metaisierung
[Stra96]	(Weiter-) Entwicklung von Softwareentwicklungsmethoden.	Sprachbasierte Metaisierung
[ZuMü99]	Semantische Mächtigkeit von Sprachen zur Organisationsmodellierung in WfMS.	Sprachbasierte Metaisierung
[PaPr97]	Anforderungen zur Unterstützung der Softwarewiederverwendung	Sprachbasierte Metaisierung

Tab. 3: Abgrenzung Übersicht Metamodell-basierter Methodenvergleiche

Hinweise auf die Verwendung der Metamodellierung in Hinblick auf Methoden der Produktmodellierung haben sich bisher nicht identifizieren lassen. Vielmehr basieren

Methodenvergleiche in diesem Kontext auf einer vergleichenden Modellierung anhand konkreter Beispiele.

Quelle	Gegenstand	Problemstellung	Lösungsansatz & Metamodellsprache
[ArPo99]	EXPRESS-G; UML	Defizite in der semantisch gleichwertigen Beschreibung relevanter Sachverhalte.	Vergleich der Modellierungssprachen anhand von Beispielen.
[LeSD03]	XML	Keine explizite Problemstellung	N.N.
[Pric04]	EXPRESS	Mapping von EXPRESS in UML 1.5.	ISO STEP Part 25 [ISO05]
[PLSW04]	STEP; UML; XML	STEP Produktmodell für betriebswirtschaftliche Anwendungen nicht anwendbar.	Sequenzieller Vergleich anhand eines Beispiels: STEP ->XML; STEP->UML

Tab. 4: Übersicht Methodenvergleiche der Produktmodellierung

3.3.1 Metamodellsprache und Metametamodell

3.3.1.1 Anforderungen

Aus der Perspektive der Metamodellierung hat die zu verwendende Modellierungssprache insbesondere den Anforderungen der (1) Spracheignung und (2) Determiniertheit zu genügen [BeSc04; Stra96, S. 130f.].

Da die Modellerstellung unter Zuhilfenahme unterschiedlichster Modellierungssprachen erfolgen kann, ist die Auswahl einer geeigneten Sprache entscheidend. Die Spracheignung wird dabei durch die semantische Mächtigkeit [ZeLe95], den Formalisierungsgrad und die Sprachverständlichkeit determiniert [BeSc04]. Die Modellierungssprache soll ferner die Erstellung eines syntaktisch richtigen Metamodells erlauben, welches auch aus fachsprachlicher Sicht semantisch richtig ist [BeSc04].

Die semantische Mächtigkeit einer Modellierungssprache erlaubt es einen definierten Sachverhalt präzise und differenziert abzubilden. Das setzt allerdings voraus, dass diese über eine Vielzahl an unterschiedlichen Modellierungskonstrukten verfügt. Die Rationale liegt im vorliegenden Kontext in der Vermeidung bzw. Abschwächung des Verkürzungsmerkmals (also das Methodenunterschiede bei der Modellbildung aufgrund der Verkürzung verloren gehen). Ähneln die Metamodelle ihren Modelloriginalen, den Modellierungsmethoden, sind die wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Methoden nicht mehr zu erkennen [Stra96, S. 130f.].

Die Anforderung der Determiniertheit an eine Modellierungssprache verlangt die Abwesenheit von Gestaltungsfreiräumen bei der Modellbildung [Mist89]. Da mit einer zunehmenden Mächtigkeit und Zahl an Modellierungskonstrukten in der Regel abnimmt, ist eine vollständige Determiniertheit nicht anzustreben. Vermieden werden sollten aber Situationen in denen für ein und denselben Sachverhalt verschiedene semantisch gleichwertige Modellierungsalternativen gewählt werden können und die einheitliche Modellierung damit verloren geht [Stra96, S. 130f.].

Weitere Anforderungen sind die leichte Erlernbarkeit der Modellierungssprache und Verständlichkeit der konstruierten Metamodelle [BeSc04; SoOs92].

3.3.1.2 Metamodellsprache UML

Die UML in ihrer aktuellen Version 2.1.1 wird denen in Kapitel 3.4.1.1 definierten Anforderungen gerecht [UMLI07]. Zwar ist sie nicht vollständig determiniert [FQLG03], bietet jedoch ein umfangreiches Repository an Diagrammtypen um Sachverhalte ausreichend präzise beschrieben zu können. Im vorliegenden Fall werden Klassendiagramme gewählt um die Methoden-Metamodelle beschreiben zu können. Nachfolgend werden die dafür notwendigen Konstruktionselemente jeweils kurz erläutert.

- Klasse (engl. class): „A class describes a set of objects that share the same specifications of features, constraints, and semantics” [UMLI07]. Eine Klasse wird durch ein Rechteck mit durchgezogener Linie dargestellt. Der Name der Klasse steht in Fettdruck und mittig innerhalb des Rechtecks. Der Name wird groß geschrieben. Der Name einer abstrakten Klasse wird kursiv gesetzt [RHQJ05].
- Attribut (engl. property): „A property is a structural feature of a classifier that characterizes instances of the classifier” [UMLI07]. Attributnamen werden kleingeschrieben und Klassenattribute unterstrichen. Attribute repräsentieren die strukturellen Eigenschaften und Klassen und bilden deren Datengerüst.
- Generalisierung (engl. generalization): „A generalization is a taxonomic relationship between a more general classifier and a more specific classifier” [RHQJ05]. Die Generalisierung setzt zwei Klassen bzw. Classifier so miteinander in Beziehung, dass die eine eine Verallgemeinerung der anderen darstellt.

- Assoziation (engl. association): „An association describes a set of tuples whose values refer to typed instances. An instance of an association is called a link“ [UML107]. Assoziationen dienen in Klassendiagrammen zur Darstellung von Beziehungen zwischen einzelnen Klassen. Grafisch werden binäre Assoziationen durch eine durchgezogene Kante zwischen den beiden Klassen repräsentiert. Handelt es sich um Beziehungen zwischen mehreren Klassen (>2) wird von n-ären Assoziationen gesprochen, welche grafisch durch eine Raute symbolisiert wird. Deren wichtigste Angaben sind ihre Benennung und Kardinalität. Ist der gewählte Assoziationsname nicht für beide Leserichtungen gleich, kann die jeweils gewünschte durch ein ausgefülltes Dreieck dargestellt werden, dessen Spitze in die Leserichtung zeigt. Die Verwendung von Rollen erlaubt die Verwendung der Klassen spezifischer zu verwenden und erhöht die semantische Aussagekraft des Modells. Aggregationen und Kompositionen sind eine Sonderform von Assoziationen und drücken „Teile-Ganzes-Beziehungen“ aus. Aggregationsbeziehungen sind im Kern nichts anderes als eine abkürzende Schreibweise der Rollen „besteht aus“ – für das Assoziationsende des Ganzen – und „ist Teil von“ für das Ende der Teile. Grafisch ist das Assoziationsende mit dem leeren Diamanten mit dem „Ganzen“ verbunden, die „Teile“ befinden sich als Klasse am Ende der Assoziation. Eine noch stärkere Form dieses Zusammenhangs bildet die Komposition. In ihrem Fall bilden „Teile“ und „Ganzes“ eine Einheit, deren Auflösen die Zerstörung des „Ganzen“ hat [RHQJ05; Balz00].
- Assoziationsklasse (engl. association class): „An association class is a model element that has both association and class properties“ [RHQJ05]. Assoziationsklassen werden als gewöhnliche Klassen modelliert und über eine gestrichelte Kante mit der Assoziation verbunden. Beide tragen denselben Namen der welcher zumindest an einem der beiden Objekte angetragen sind muss. Die spezielle Klasse dient dazu Eigenschaften näher zu beschreiben die keinem der zur Assoziation beitragenden Classifier sinnvoll zugeordnet werden können [RHQJ05; Balz00].

3.3.2 Modellierungskonventionen

Trotz der durch die Verwendung einer Modellierungssprache vorgegebenen syntaktischen Regeln, existieren nach wie vor Freiheitsgrade hinsichtlich der Modellerstellung. Unterschiedliche Modellersteller können für einen gegebenen Sachverhalt –

trotz der identischen verwendeten Modellierungssprache – somit deutlich differierende Modelle erstellen. Ein inhaltlich und syntaktisch korrektes Modell ist unabhängig von der verfolgten Zielsetzung zwar notwendig, aber nicht hinreichend, da gegebenenfalls die abgebildeten Aspekte unzureichend beschrieben oder nicht hinreichend relevant sind. Es ist daher notwendig die Modellierungsfreiheit bewusst einzuschränken und die Modellverständlichkeit zu erhöhen (vgl. Grundsatz der Klarheit [Schü98]).

Zur Vorstrukturierung der (Leistungs-)Modelle werden daher folgende Layout-Entscheidungen bzw. Anordnungsbeziehungen getroffen:

- Vertikal werden die Objekte nach den Kriterien Objekt und Struktur angeordnet. Spezialisierte Objekte sind unterhalb des generalisierten Objektes zu platzieren.
- Horizontal werden die Objekte entsprechend ihrer Existenzabhängigkeit von links nach rechts angeordnet. Dabei ist die Anzahl der Kantenkreuzungen zu minimieren.

Vertikal unterhalb des Produktes wird die Leistungsstruktur angeordnet (vgl. Abb. 4). Dies bedeutet, dass dort die Teilprodukte (Sachleistungen, Dienstleistungen, etc.) in Form einer Produkthierarchie modelliert werden.

Vertikal darüber werden die leistungsunabhängigen Elemente modelliert. Zu diesen zählen die betrieblichen Funktionen, Organisationseinheiten, etc., also der betriebliche Kontext in dessen die Produkte Verwendung finden bzw. erstellt werden.

Horizontal neben den Produkten werden die leistungsabhängigen Elemente angeordnet. Zu diesen zählen die Produktmerkmale, deren Wertebereiche und die Produktfunktionen. Der Trennstrich soll dabei verdeutlichen, dass Produktfunktionen aus einem originären Verwendungszweck abgeleitet werden, ein Produkt aber auch Verwendungszweckfremde (kontextabhängig) Zwecke verwendet werden kann.

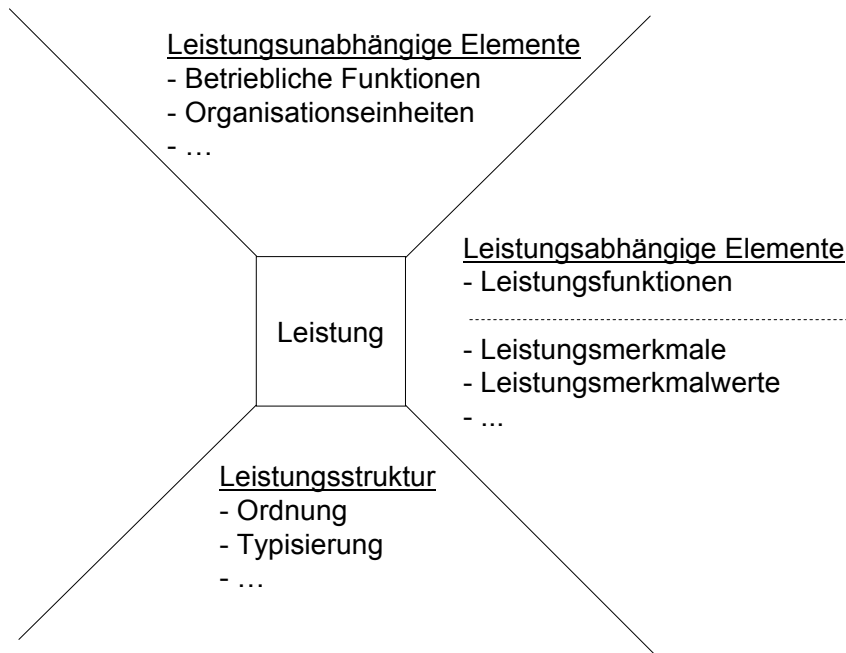


Abb. 4: Layoutkonventionen

Die Konventionen dienen einer Vereinheitlichung der Modellierungsergebnisse, um eine gute Lesbarkeit und Verständlichkeit gewährleisten und die Voraussetzungen für eine Integration der Methoden-Metamodelle zu einem integrierten Metamodell schaffen. Für die Benennung aller Modelle und Objekte sind daher die nachfolgenden grundlegenden Regeln verbindlich:

- **Einheitliche Schreibweise:** Die einmal für ein bestimmtes Wort gewählte Schreibweise ist immer beizubehalten. Ein Wechsel in der Schreibweise (auch bei Abkürzungen) ist nicht zulässig, da dies zu inhaltlichen Redundanzen führt. Eine einheitliche Schreibweise gilt dabei immer nur je Modell, da die Terminologie der Methoden soll erhalten bleiben soll.
- **Groß- / Kleinschreibung:** Das erste Wort einer Objekt- / Modellbezeichnung wird immer groß geschrieben. Ansonsten sind Substantive groß und Prädikate klein zu schreiben.
- **Abkürzungen:** Abkürzungen, insbesondere übliche Abkürzungen aus dem Sprachgebrauch können im Objektnamen verwendet werden. Wird eine Abkürzung verwendet, so ist diese durchgängig zu verwenden. Ein Wechsel zwischen der Verwendung der Abkürzung und der ausgeschriebenen Version ist nicht erlaubt. Dabei werden Zwischenräume weggelassen.
- **Zeilenumbrüche / Leerzeichen:** Zur besseren Lesbarkeit der Objektbezeichnungen können manuelle Zeilenumbrüche (STRG + Return)

eingefügt werden. Zusätzliche Leerstellen zu Layoutzwecken dürfen nicht eingefügt werden.

3.3.3 Vorgehensmodell

Der Identifikation gemeinsamer Konzepte kommt eine entscheidende Bedeutung zu.

Die vergleichende Untersuchung umfasst sämtliche Elemente des eingesetzten Modelltyps. Für Klassendiagramme sind dies Klassen, Attribute, Assoziationen und Kardinalitäten.

- Klassen: Ein Vergleich der Anzahl und Art der Klassen stellt den wohl wichtigsten Bestandteil des Metamodellvergleichs dar. Die semantische Mächtigkeit steigt mit der Anzahl an Klassen im Methoden-Metamodell (bei einem über alle Methoden hinweg einheitlichen Abstraktionsgrad). Dabei hängt die Validität des Ergebnisses aber wesentlich vom Detailgrad der spezifizierten Modelle ab.
- Assoziationen: Die semantische Mächtigkeit steigt mit der Anzahl an Relationen, sofern die Anzahl an Klassen identisch bleibt. Im Fall von Klassendiagrammen können keine logischen Ausdrücke (AND, OR; XOR) formuliert werden. Soll eine vergleichbare Aussage getroffen werden, hat dies mit Hilfe von Kardinalitäten zu erfolgen.
- Kardinalitäten: Hohe Kardinalitäten geben über potentielle Gestaltungsspielräume beim Produktdesign Aufschluss.
- Attribute: Ein Vergleich der Attribute gibt weiteren Aufschluss bezüglich der Produktcharakteristika. Bei den Attributen kann es sich dabei sowohl um obligatorische als auch optionale handeln. Die semantische Mächtigkeit steigt mit der Anzahl an insbesondere optionalen Attributen.

Dem Vergleich gemeinsamer Konzepte sind aber die Identifikation und Auflösung von Modellkonflikten vorgelagert [BCEN06; ZuMü99]. Bei diesen kann es sich um Namens-, Typ- und Strukturkonflikte handeln.

- Namenskonflikte: Synonyme und Homonyme zählen zu dieser Klasse von Konflikten. Um Homonyme handelt es sich sobald unterschiedliche Elemente zweier oder mehrerer Modelle mit demselben Namen bezeichnet werden. Von Synonymen wird hingegen gesprochen, sobald zwei identische Klassen unterschiedlicher Modelle unterschiedlich benannt sind. In beiden Fällen bedarf es

einer Analyse der Klassen und ihrer Assoziationen, das sowohl Synonyme als auch Homonyme die Klarheit von Modellen reduzieren, da die insbesondere Homonyme dazu führen, das die Bedeutung eines Begriffs von dem Anwender und dem Anwendungskontext abhängt.

- Typkonflikte: Diese Art Konflikte liegen immer dann vor, wenn ein und derselbe Sachverhalt in zwei Modellen unter Verwendung verschiedener Konzepte modelliert wird, so zum Beispiel Produkteigenschaften welche sowohl als Klasse als auch in Form eines Attributes modelliert werden können.
- Strukturkonflikte: Strukturkonflikte treten immer dann auf, wenn zu integrierende Metamodelle einen und denselben Sachverhalt semantisch unterschiedlich darstellen, so zum Beispiel wenn in den Objektmodellen in dem einen Fall eine Assoziationen zwischen zwei Klassen existiert und im anderen Fall nicht. Ferner können Strukturkonflikte dann entstehen, wenn unterschiedliche Personen an der Modellerstellung beteiligt sind.

4 Durchführung des Methodenvergleichs

4.1 Spezifikation der Methoden-Metamodelle

ARIS

Die Beschreibung der Leistungssicht (synonym Produktstruktur) erfordert die Einführung eines allgemeinen Leistung (Produkt) – Begriffs. Dieser stellt eine Generalisierung von Sach- und Dienstleistungen dar. Informations- und Sonstige Dienstleistungen sind Spezialisierungen von allgemeinen Dienstleistungen. (Gesamt) Leistungen können ferner aus einzelnen (Teil)Leistungen bestehen und besitzen somit eine Leistungsstruktur.

Weiter sind Leistungen mit denen zu ihrer Erstellung anfallenden Kosten zu bewerten – die Bewertung erfolgt anhand des Kostensatz und der Kostenart. Kostenarten klassifizieren die in der Kostenrechnung anfallenden Kosten (so z.B. Material- oder Personalkosten). Kostensätze sind dagegen konkrete Durchschnittswerte einer Kostenart für eine spezifische Leistung oder Anteilssätze der Kostenart an den Gesamtkosten der Leistung [Sche01].

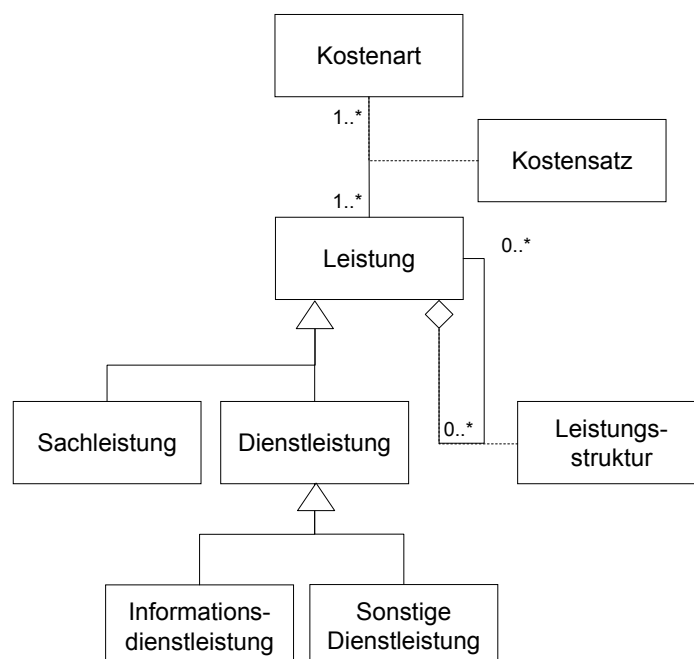


Abb. 5: Metamodell Leistungsmodell

Lfd. Nr.	Klasse	Definition
A1	Leistung	ist das Ergebnis einer oder mehrerer Funktionen. Leistung und Produkt kann synonym verwendet werden
A2	Sachleistung	ist eine Spezialisierung der Leistung
A3	Dienstleistung	ist eine Spezialisierung der Leistung
A4	Informationsdienstleistung	ist eine Spezialisierung der Dienstleistung
A5	Sonstige Dienstleistung	ist eine Spezialisierung der Dienstleistung
A6	Leistungsstruktur	beschreibt den Aufbau einer (Gesamt)Leistung aus Einzelleistungen
A7	Kostenart	kategorisiert die angefallene Kosten in der Kostenrechnung nach deren Natur
A8	Kostensatz	dient der Bewertung innerbetrieblicher Leistungen, wodurch Gemeinkosten einem jeweiligen Kostenträger zugerechnet werden können. Der Kostensatz kann in eine fixe und variable Komponente zerlegt werden.

Tab. 5: Übersicht berücksichtigter Elemente – ARIS

UML

Klassen bilden das zentrale Element des Metamodells und können unter Verwendung von Assoziationen eine Klassenstruktur bilden. Weiter werden Klassen durch ihre Attribute beschrieben und können bestimmte Operationen ausführen. Abhängig davon welchen Datentyps sie sind, können Attribute unterschiedliche Werte annehmen. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit können Klassen zudem zu logischen Modulen sog. Paketen zusammengefasst werden und können aus anderen Paketen heraus referenziert werden [ArPo99]. Das spezifizierte Metamodell für den Modelltyp Klassendiagramm steht dabei nicht für sich allein, sondern ist ein Teilmodell der Unified Modeling Language Infrastructure (Version 2.1.1).

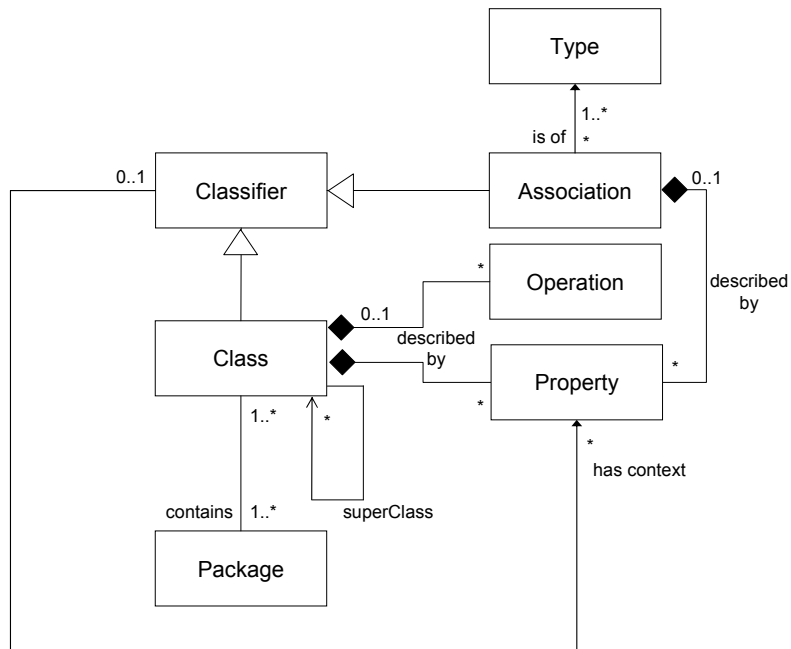


Abb. 6: Metamodell Klassendiagramm

Lfd. Nr.	Klasse	Definition
B1	Package	fasst Klassen zu logischen Modulen zusammen.
B2	Class	bildet das zentrale Element und kann synonym als Teilleistung verstanden werden.
B3	Property	beschreibt beschreiben die Eigenschaften von Klassen bzw. Leistungen.
B4	Operation	beschreibt die „Funktionen“ die auf den Objekten der Klasse ausgeführt werden können.
B5	Classifier	ist eine Metaklasse, repräsentiert eine Gruppe von Modellelementen (Klassen, Assoziationen, etc.) mit den gleichen Eigenschaften und wird zur Produktmodellierung nicht benötigt.
B6	Association	dient zur Darstellung von Beziehungen zwischen Klassen.
B7	Type	ist eine Metaklasse und repräsentiert eine Menge von Werten, die den Wertebereich eines typisierten Elements festlegen. Bspw. repräsentiert die Menge der natürlichen Zahlen {0, 1, 2, ...} den Typ „Natürliche Zahl“.

Tab. 6: Übersicht berücksichtigter Elemente – UML

Y-CIM

In [Sche97] wird ein Produktmodell anhand von Technische Funktionen, dem Lösungsprinzip, Teilen und Teilemerkmalen beschrieben. Dabei bringt die Funktionsstruktur zum Ausdruck das Funktionen auch in Teilfunktionen hierarchisch aufgegliedert werden können.

Einer technischen Funktion (unabhängig auf welcher Ebene der Funktionsstruktur) können weiter Lösungsprinzipien zugeordnet werden. Auch bei Lösungsprinzipien können hierarchische Untergliederungen bestehen. Lösungsprinzipien verbinden technische Funktionen und Teile (Gestalt) über das Funktions- bzw. Teilprinzip. Teile werden weiter durch die Stückliste beschrieben. Aussagen zu Fertigungsverfahren sind ebenfalls möglich.

Die drei Sichten Funktionen, Lösungsprinzipien und Gestalt lassen sich jeweils durch Merkmale beschreiben. Auch zwischen den Merkmalen kann eine Struktur, z.B. in Form eines Baums, definiert werden. Ein Weg des Baumes stellt dann eine Merkmalbeschreibung für ein konkretes Teil dar. In der Datenstruktur ist die Hierarchisierungsmöglichkeit der Merkmale nicht übernommen worden. Jedes Merkmal ist somit ein Element des Typs Merkmal. Von ihm aus gehen Beziehungstypen zu den drei Sichten.

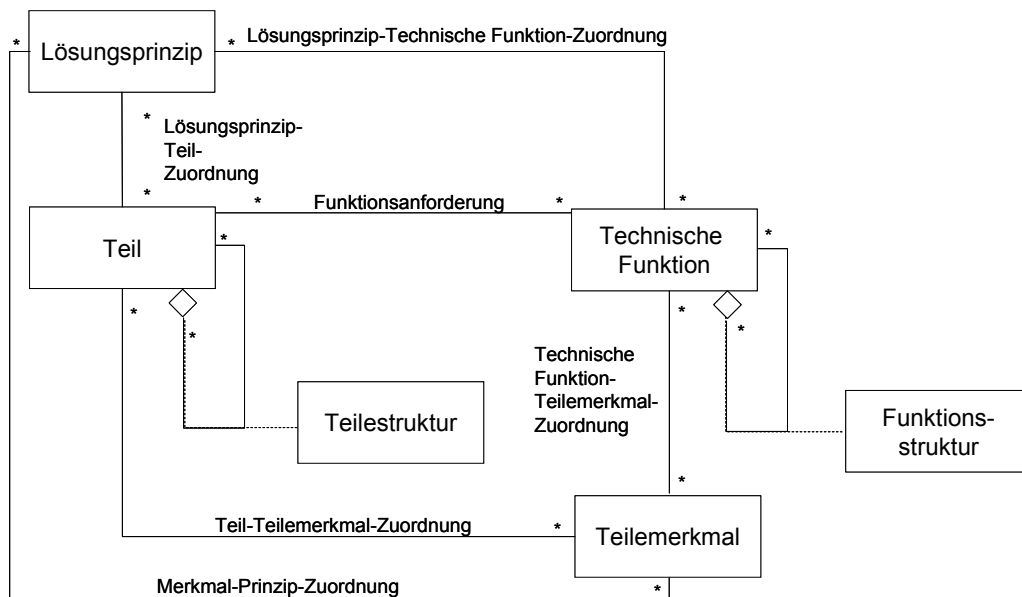


Abb. 7: Metamodell Y-CIM Produktmodell

Lfd. Nr.	Klasse	Definition
C1	Teil	wird anhand von Stücklisten beschrieben und charakterisiert die Bestandteile des Produktes.
C2	Teilemerkmal	beschreibt die Eigenschaften von Teilen und werden durch Merkmals-Prinzip- und Funktions-Merkmal-Zuordnungen Technischen Funktionen und Lösungsprinzipien zugeordnet.
C3	Technische Funktion	beschreibt die technischen Funktionen eines Produktes.
C4	Lösungsprinzip	spezifiziert einen konzeptionellen Ansatz mit Hilfe dessen ein Merkmal realisiert werden kann.
C5	Teilestruktur	Ein Teil kann aus einer Gruppe von Teilen bestehen. Der Teilebegriff kann demnach auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen verwendet werden.
C6	Funktionsstruktur	Eine Funktion kann aus einer Gruppe von Funktionen bestehen. Der Funktionsbegriff kann demnach auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen verwendet werden.

Tab. 7: Übersicht berücksichtigter Elemente – Y-CIM

ISO 10303

Das Entity stellt das zentrale Element der formalen Sprache EXPRESS dar. Entities stellen eine Klasse von Objekten der Realwelt mit denselben Merkmalen dar und werden mittels Relationen zueinander in Beziehung gesetzt [AEKP00].

Merkmale von Entities ohne eigene Struktur wie die bspw. die Serien- oder Versionsnummer werden durch zu definierende Datentypen (Simple Typ, Select Types oder Enumerations) zum Ausdruck gebracht. Beispiele für Simple Types sind String; Integer, usw., während es sich bei Enumerations und Select Types um benutzerdefinierte um Aufzählungen handelt, also bspw. rot, gelb, grün. Darüber hinaus können Synonyme (sog. Defined types) für Typen wie Entities, Enumerations, Simple Types oder Select Types definiert werden. Dadurch wird versucht dem Modell eine höhere semantische Aussagekraft zu verleihen [AEKP00].

Merkmale können zudem als Optional und/oder Unique gekennzeichnet werden. Unique bedeutet, dass die Wertebelegung für dieses Attribut für alle Instanzen des zugehörigen Entity verschieden sein muss. Als Optional gekennzeichnete Attribute erlauben, dass diese nicht für jede Instanz mit einem Wert belegt sein müssen. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit können Entities zu logischen Modulen sog. Schemata zusammengefasst werden und können aus anderen Schemata heraus Referenziert

(Reference From, Use From Der Unterschied zwischen diesen beiden Konstrukten besteht darin, dass mittels Reference From referenzierte Elemente lediglich innerhalb des importierenden Schemas sichtbar sind. Im Gegensatz dazu sind Elemente, die über Use From referenzieren, über mehrere Ebenen der Referenzierung hinweg sichtbar [AEKP00].

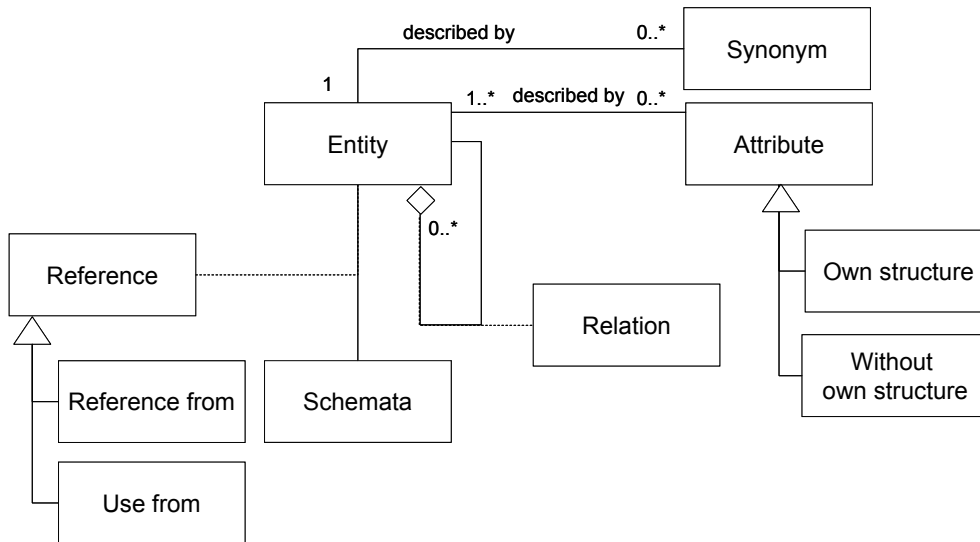


Abb. 8: Metamodell EXPRESS-G

Lfd. Nr.	Klasse	Definition
D1	Entity	stellt eine Klasse von Objekten der Realwelt mit denselben Merkmalen dar
D2	Attribute	beschreibt die Eigenschaften von Entities.
D3	Synonym	kann für Entities, Enumerations, Simple Types oder Select Types definiert werden. Soll die Verständlichkeit des Modells erhöhen.
D4	Schemata	fasst Entities zu logischen Modulen zusammen.
D5	Reference	dient der Referenzierung von Entities aus anderen Schematas.
D6	Relation	setzt Entities zueinander in Beziehung

Tab. 8: Übersicht berücksichtigter Elemente – EXPRESS-G

ISO 13584

Das zentrale Element des Datenmodells der ISO 13584-42 [CEN05] stellt die Product class dar, welche eine Klasse von Produkten mit denselben Eigenschaften (Property) repräsentiert. Die Eigenschaftenwerte (Value) sind dabei zugänglich von der jeweiligen Anwendungsdomäne (Domain).

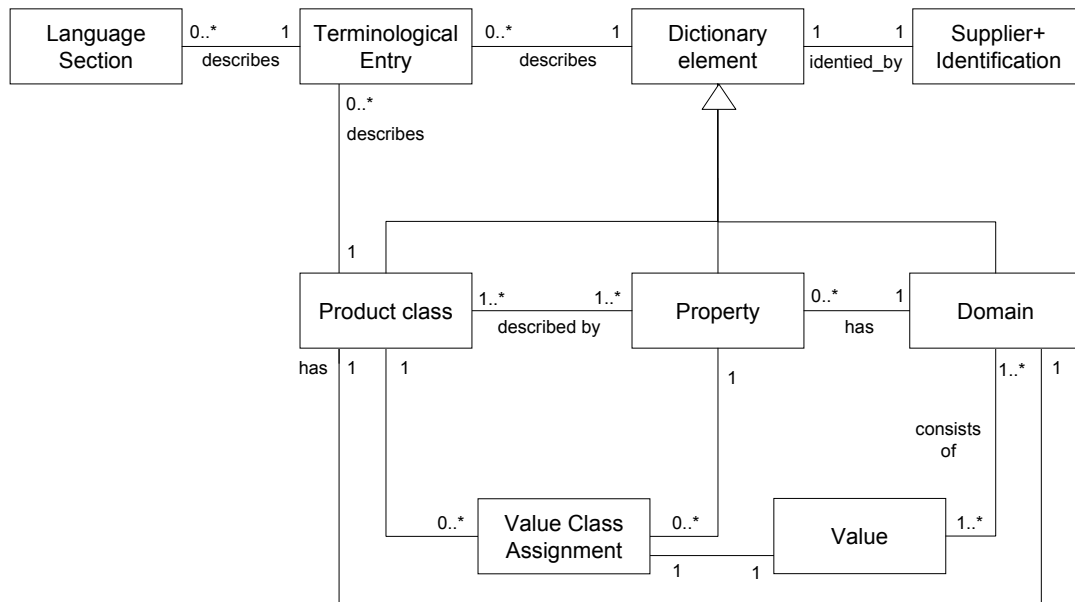


Abb. 9: Metamodell ISO 13584

Lfd. Nr.	Klasse	Definition
E1	Product class	definiert Klassen von Produkten mit den gleichen Eigenschaften.
E2	Property	beschreibt ein Merkmal der Product class.
E3	Domain	beschreibt den jeweils zulässigen Wertebereich.
E4	Value	spezifiziert den Wert eines Merkmals.
E5	Class Value Assignment	weist den Wert eines Merkmals einer Klasse zu.
E6	Dictionary element	Verzeichniseintrag
E7	Supplier+Identification	identifiziert einen Verzeichniseintrag.
E8	Terminological Entry	ist eine Metaklasse und wird zur Produktmodellierung nicht benötigt.
E9	Language Section	ist eine Metaklasse und wird zur Produktmodellierung nicht benötigt.

Tab. 9: Übersicht berücksichtigter Elemente – ISO 13584

GAEB DA XML 3.0

Die Bauleistung besteht aus einzelnen Teilleistungen (synonym Positionen). Diese werden durch ausgewählte Attribute (u.a textuelle Beschreibung, Einheitspreis, Einheit, etc.) näher beschrieben. Der Gesamtbetrag (GB) entspricht dabei dem Produkt aus Einheitspreis und Teilleistungsmenge. Der GB kann auf unterschiedlichen De-

taillierungsstufen Verwendung finden. Die Summe aller Gesamtbeträge ist die Leistungsverzeichnissumme (synonym Auftragswert oder Angebotswert).

Die zur erbringenden Bauleistung wird durch (1) eine allgemeine Darstellung der Bauaufgabe (Baubeschreibung), (2) ein in Teilleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis als auch (3) durch weitere Anlagen beschrieben. Dieses kann weiter nach Leistungsverzeichnis-Bereichen kategorisiert werden.

Das Leistungsverzeichnis existiert zudem in zwei Fassungen, dem Langtext- und Kurztext- Leistungsverzeichnis (LV). Das Langtext-Leistungsverzeichnis muss die Teilleistungen eindeutig und präzise beschreiben. Das Kurztext-Leistungsverzeichnis dient hingegen ausschließlich der Kurzansprache von Teilleistungen, damit z.B. für die Rechnungslegung die Positionen untereinander unterschieden werden können.

Ein Los ist der in einem Bauauftrag enthaltene mengenmäßige Anteil einer erforderlichen Gesamtleistung. Umfangreiche Bauleistungen sollen möglichst in Lose geteilt und nach diesen vergeben werden. Teillose (Gebäude 1, 2, 3, usw.) dienen dabei der örtlichen, Fachlose (z.B. Erdarbeiten, Zimmerarbeiten, usw.). Ein Los ist der in einem Bauauftrag enthaltene Anteil einer erforderlichen Gesamtleistung (also eine Menge an Teilleistungen). Umfangreiche Bauleistungen sollen möglichst in Lose geteilt und nach Losen vergeben werden. Dabei können Teillose (bei örtlicher Abgrenzung) und Fachlose (bei fachlicher Abgrenzung) unterschieden werden. Weiter können Lose zu Losgruppen zusammengefasst werden.

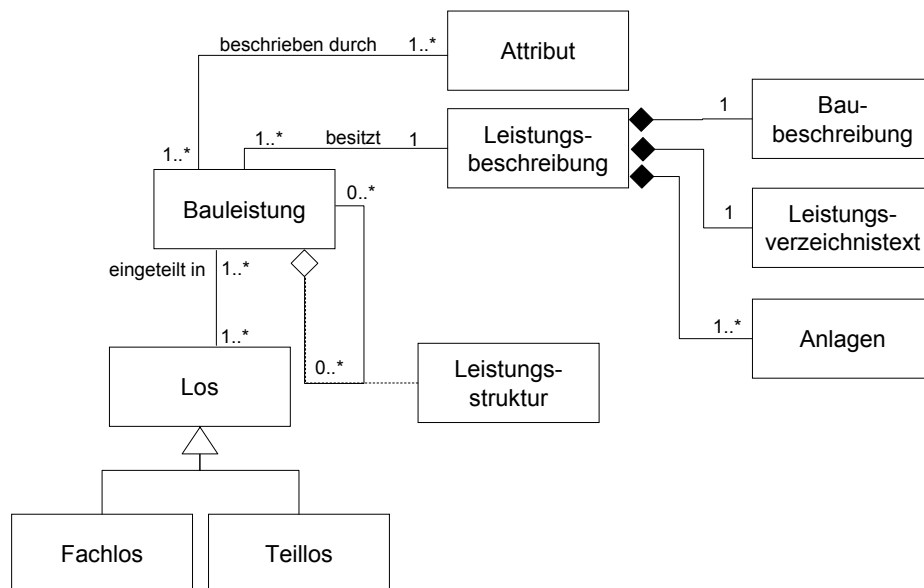


Abb. 10: Metamodell GAEB Produktmodell

Lfd. Nr.	Klasse	Definition
F1	Bauleistung	ist eine Klasse von Leistungen mit denselben Merkmalen und Besteht weiter aus einzelnen Teilleistungen (synonym Positionen)
F2	Attribut	beschreibt eine Eigenschaft von Bauleistungen
F3	Los	fasst Leistungsmengen zusammen.
F4	Leistungsbeschreibung	dokumentiert die zu erbringende Leistung.
F5	Leistungsstruktur	Ein Produkt ist eine Leistung oder eine Gruppe von Leistungen.

Tab. 10: Übersicht berücksichtigter Elemente – GAEB

Bau:class

Bau:class kategorisiert Produkte hierarchisch in Form von Untergruppen, Gruppen, Hauptgruppen und Sachgebieten. So wird beispielsweise ein Elektroböhrhammer dem Sachgebiet 21 (Werkzeug), der Hauptgruppe 21-05 (Elektrowerkzeug), der Gruppe 21-05-03 (Böhrhammer elektrisch) und Untergruppe 21-05-03-01 (Böhrhammer elektrisch) zugeordnet. Das einzelne Produkt (im Beispiel also der Böhrhammer) wird weiter durch Merkmalsleisten (Z.B. Artikel-Nr, Betriebsspannung, etc.) und Schlagworte (Elektroböhrhammer) beschrieben. Bau:class trifft damit keine Aussage bzgl. der Produktstruktur, sondern systematisiert Produkte lediglich bezogen auf deren Sachgebiete.

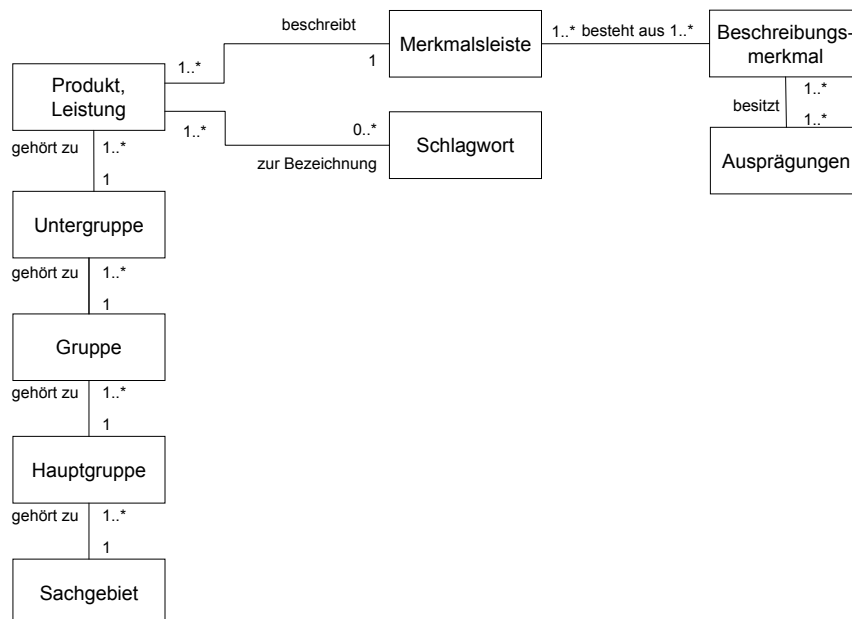


Abb. 11: Metamodell bau:class

Lfd. Nr.	Klasse	Definition
G1	Produkt, Leistung	ist eine Klasse von Leistungen mit denselben Merkmalen.
G2	Sachgebiet, Hauptgruppe, Gruppe, Unterg- ruppe	kategorisiert ein Produkt.
G3	Merkmalsleiste	beschreibt das Produkt.
G4	Beschreibungs- merkmal	gehört zu einer Merkmalsleiste.
G5	Ausprägungen	beschreiben der Wert eines Beschreibungsmerkmals.
G6	Schlagwort	spezifiziert verwandte Begriffe.

Tab. 11: Übersicht berücksichtigter Elemente – bau:class

4.2 Identifikation gemeinsamer Konzepte

Die Konstruktion der Metamodelle im vorhergehenden Abschnitt hat zu unterschiedlichen Metamodellen hinsichtlich der Anzahl der Modellelemente, Beziehungen zwischen Modellelementen und verwendeter Terminologie geführt. Diese Unterschiede können zum Teil auf verschiedene Ziele und Einsatzgebiete der Modellierungssprachen zurückgeführt werden (z.B. Beschränkung auf Sachleistungen, Beschränkung auf Datenaustausch).

Für den Modellvergleich werden in einem ersten Schritt die Metamodellelemente gegenübergestellt. Dadurch werden unterschiedliche Abdeckungsgrade und Terminologie sichtbar. Die Gegenüberstellung erfordert, dass die jeweiligen Definitionen der Originalsprachen geprüft und semantisch verglichen werden. Der Vergleich umfasst nur solche Sachverhalte, die in den Metamodellen explizit durch Klassen und Assoziationen repräsentiert werden, d.h. die Attributebene wird nicht betrachtet. Die Darstellung in Tabelle 12 gliedert sich gemäß den Layoutkonventionen in Leistungsbe-griff, Leistungsstruktur, leistungsunabhängige und leistungsabhängige Elemente.

ARIS	UML	ISO 10303	ISO 13584	Y-CIM	GAEB DA XML 3.0	bau:class
Leistungsbegriff						
Leistung	Class	Entity	Product class	Teil	Bauleistung	Produkt, Leistung
Sachleistung						
Dienstleistung						
Informationsdienstleistung						
Sonstige Dienstleistung						
Leistungsstrukturen						
Leistungsstruktur	superClass	Relation		Teilestruktur	Leistungsstruktur	
	Association					
	Package	Schemata, Reference			Los, Fachlose, Teillos	
						Sachgebiet, Hauptgruppe, Gruppe, Untergruppe
Leistungsabhängige Elemente						
Attribut	Property	Attribute	Property	Teilemerkmal	Attribut	Beschreibungsmerkmal
						Merkmalsleiste
					Leistungsbeschreibung	
		Synonym				Schlagwort
	Operation			Technische Funktion, Funktionsstruktur		
			Domain			
			Value			Ausprägungen
Leistungsunabhängige Elemente						
Kostenart						
Kostensatz						
				Lösungsprinzip		
			Supplier+ Identification			
			Terminological Entry, Language Section			

Tab. 12: Metamodell-Vergleich

In der Gesamtschau der Metamodelle stellen sich die betrachteten Modellierungsmethoden wie folgt dar:

- Als einzige Sprache differenziert ARIS den Leistungsbegriff. Zudem bettet ARIS die Leistungsmodellierung in die Unternehmensmodellierung ein. Damit können Bezüge der Leistungen zum betrieblichen Kontext hergestellt werden.
- Im Y-CIM Referenzmodell werden mit Lösungsprinzipien und technischen Funktionen Bezüge zum Fertigungsprozess hergestellt, die in den anderen Methoden fehlen.
- Alle Methoden beschreiben Leistungen durch Merkmale. ISO 13584 weist das umfangreichste Merkmalmodell auf, welches unter anderem eine umfangreiche Datentyphierarchie enthält und Abhängigkeiten zwischen Merkmalen kennt (nicht Bestandteil von Bild 5).

- Das Referenzdatenmodell für Ordnungssysteme ISO 13584 und das bauwirtschaftliche Ordnungssystem bau:class betrachten lediglich atomare Leistungen, wohingegen die anderen Methoden die Modellierung von Leistungsstrukturen erlauben.
- Die Zusammenfassung von Leistungen zu Leistungsbündeln kann nur mit den Methoden ISO 10303 (Schemata) und GAEB (Lose) beschrieben werden.
- Semantische Beziehungen zwischen Leistungen jenseits der Hierarchisierung und mengenmäßige Zusammenfassung können nur in UML beschrieben werden (Assoziationen).

4.3 Spezifikation eines integrierten Metamodells

Die Aufgabe des integrierenden Metamodells ist es, die aus der Analyse resultierenden relevanten Sprachmittel der Leistungsmodellierung formal wiederzugeben. Es handelt sich nicht um eine Obermenge der einzelnen Metamodelle. Das in Bild 9 dargestellte Metamodell basiert auf den folgenden Ergebnissen der vorhergehenden Analyse und Gegenüberstellung:

- Leistungen werden nach Sach-, Dienst- und hybriden Leistungen differenziert.
- Beziehungen zwischen Leistungen hierarchischer Art (Leistungsstruktur) oder Bündelungen (Losbildung) von Teilleistungen sein.
- Leistungen werden durch Merkmale beschrieben. Das Merkmodell orientiert sich an ISO 13584. Textuelle Beschreibungen, wie sie in GAEB explizit modelliert sind, werden ebenfalls über Merkmale wiedergegeben.

Das in diesem Kapitel spezifizierte Metamodell beinhaltet neben den gemeinsamen vereinigt zentrale Elemente der in den vorhergehenden Kapiteln vorgestellten einzelnen Metamodelle.

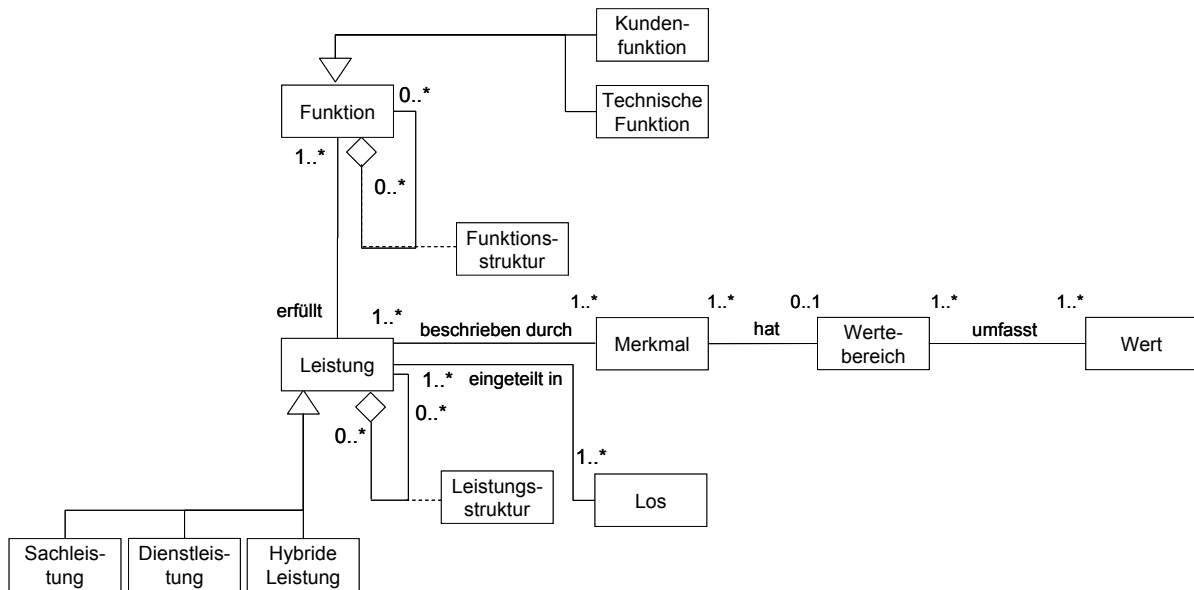


Abb. 12 Metamodell des integrierten Produktmodells

Zur Berücksichtigung der Kundenintegration in den Leistungsprozess wird das im Y-CIM enthaltene Sprachmittel der Technischen Funktion entlehnt und auf kundenabhängige Funktionen ausgeweitet. Während eine technische Funktion kontextunabhängig ist, bezieht sich eine Kundenfunktion gerade auf Kundenanforderungen oder allgemein den Kundenkontext. Diese Funktionen können hierarchisiert werden.

Lfd. Nr	Klasse	Definition
H1	Leistung	Leistungen sind das Ergebnis von Transformationen.
H2	Sachleistung	Spezialisierung des Leistungsbegriffs
H3	Dienstleistung	Spezialisierung des Leistungsbegriffs
H4	Hybride Leistung	Spezialisierung des Leistungsbegriffs
H5	Leistungsstruktur	Der Leistungsbegriff kann auf unterschiedlichen Ebenen verwendet werden. So kann eine einzelne Leistung aus verschiedenen Teilleistungen bestehen.
H6	Funktion	Komplexe Tätigkeit, die weiter Kunden- und technische Funktionen spezialisiert werden kann und direkt in ein Funktionsbündel eingeht.
H7	Funktionsstruktur	Der Funktionsbegriff kann auf unterschiedlichen Ebenen verwendet werden. So kann eine Funktion Leistung aus verschiedenen Teilfunktionen bestehen.
H8	Merkmal	beschreibt die Eigenschaften von Leistungen.
H9	Wertebereich	beschreibt den jeweils zulässigen Wertebereich.
H10	Wert	spezifiziert den Wert eines Merkmals.
H11	Los	fasst Leistungsmengen zusammen.

Tab. 13: Übersicht berücksichtigter Elemente – Gemeinsames Metamodell

Das spezifizierte Metamodell berücksichtigt zudem wesentliche Elemente anderer Metamodelle insbesondere in Form von Attributen für Leistungen, Funktionen, Organisationseinheiten und Lieferungen. So lassen sich Leistungen u.a. durch ihren Identifier, die SerienNr., (synonyme) Bezeichnung, Kostenart, den Kostensatz, die VersionNr. und ihren Status beschreiben. Funktionen hingegen lassen u.a. ebenfalls durch einen Identifier, ihre Bezeichnung, Bearbeitungsdauer, Ausführungs- bzw. Ausfallwahrscheinlichkeit, ihrem Toleranzbereich, etc. charakterisieren.

Die jeweils „interessanten“ Attribute hängen dabei von dem zu beschreibenden Objekt und dem jeweiligen Sachverhalt ab. Weitere betriebswirtschaftliche relevante Attributstypen können u.a. dem ARIS-Toolset entnommen werden.

5 Fazit

Gegenstand des Beitrags waren drei Klassen von Methoden zur Leistungsmodellierung, (1) Methoden der Informationsmodellierung, (2) Methoden des Produktdatenmanagements und (3) Methoden der Bauindustrie.

Diese wurden aus einer Metamodell-Perspektive miteinander verglichen. Dabei wurde deutlich, dass diese für unterschiedliche Verwendungszweck konzipiert wurden (fachkonzeptionelle Modellierung oder DV-Konzept nahe Modellierung; branchenspezifisch oder branchenunabhängig) und daher verschiedene Elemente berücksichtigen.

Das Ergebnis des Beitrages ist ein Artefakt [HMPPR04] mit Hilfe dessen sowohl Sachleistungen, Dienstleistungen als auch hybride Leistungsbündel in einem Unternehmenskontext spezifiziert werden können. Es begegnet damit dem Problem, das bisher nur originäre Methoden zur Beschreibung von entweder Sach- oder aber Dienstleistungen existierten. Das entwickelte bzw. konstruierte Leistungsmodell weist dabei selbst einen hybriden Charakter auf, da es nicht nur Objekte mehr fachkonzeptioneller Metamodelle enthält, sondern auch jene, die ursprüngliche für die Datenmodellierung konzipiert wurden.

Literatur

- [AbSc06] Abramovici, M.; Schulte, S.: Lifecycle Management für hybride Leistungsbündel (HLB). In: wt Werkstattstechnik online 96 (2006) 7/8, S. 467-471.
- [AEKP00] Arlt, M.; Endres, M.; Katzenmaier, J.; Philipp, M.; Püttner, C.: STEP. In: Anderl, R.; Trippner, D. (Hrsg.): STEP (STandard for the Exchange of Product Model Data). Eine Einführung in die Entwicklung, Implementierung und industrielle Nutzung der Normenreihe ISO 10303 (STEP). Stuttgart 2000, S. 35-122.
- [Arno92] Arnold, P.; Bodoff, S.; Coleman, D.; Gilchrist, H.; Hayes, F.: An evaluation of five object-oriented development methods. In: JOOP Focus on Analysis & Design, S. 107-121.
- [ArPo99] Arnold, F.; Podehl, G.: Best of Both Worlds – A Mapping from Express-G to UML. In: The Modeling Language. <<UML>>'98: Beyond the Notation. Berlin 1999, S. 49-63.
- [Balz00] Balzert, H.: Lehrbuch der Softwaretechnik. 2. Aufl., München 2000.
- [Bauc07] Bau:class. <http://www.bauclass.org>. Abruf am 2007-03-02.
- [BCEN06] Brunet, G.; Chechik, M.; Easterbrook, S.; Nejati, S.; Niu, N.; Sabetzadeh, M.: A Manifesto for Model Merging. In: Proceedings of the 2006 international workshop on Global integrated model management, Shanghai 2006, S. 5-12.
- [BeSc04] Becker, J.; Schütte, R.: Handelsinformationssysteme. Domänenorientierte Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 2. Aufl., Frankfurt am Main 2004.
- [BWHW05] Braun, C.; Wortmann, F.; Hafner, M.; Winter, R.: Method Construction – A Core Approach to Organizational Engineering. In: ACM Symposium on Applied Computing (SAC'05). Santa Fe 2005, S. 1295-1299.
- [CEN05] European Committee For Standardization (CEN): CWA 15295. Description of References and Data Models for Classification. Brüssel 2005.
- [Coat95] Coates, J.: Customization promises sharp competitive edge. In: Research in Technology Management 38, S. 6-7 (1995)
- [Cors97] Corsten, H.: Dienstleistungsmanagement. 3. Aufl., München 1997.

- [DIEN04] Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN): DIN EN 61360-2:2004-12. Genormte Datenelementtypen mit Klassifikationsschema für elektrische Bauteile-Teil 2: EXPRESS-Datenmodell (IEC 61360-2:2002 + A1:2003); Deutsche Fassung EN 61360-2:2002 + A1:2004. Berlin 2004.
- [DiOr96] Dietz, P.; Ort, A.: Verwendung der ISO 13584 „Parts Library“. http://www.imw.tu-clausthal.de/fileadmin/Bilder/Forschung/Publicationen/Mitt_1996/96_10.pdf, Abruf am 2007-03-18.
- [Dyck00] Dyckhoff, H.: Grundzüge der Produktionswirtschaft. Einführung in die Theorie betrieblicher Wertschöpfung. Berlin 2000.
- [EgMe00] Egyed, A.; Medvidovic, N.: “A Formal Approach to Heterogeneous Software Modeling”. In: Proceedings of Formal Aspects of Software Engineering (FASE'00), Berlin 2000, S. 178 - 192.
- [Entz07] Entzian, K.: Integration von bau:class in eCl@ss. http://www.bauclass.org/pdf/informationen/lectures/2006_02_23_entzian_build_it.zip. Abruf am 2007-06-28.
- [FäGH91] Färberböck, H.; Gutzwiller, T.; Heym, M.: Ein Vergleich von Requirements Engineering Methoden auf Metamodell-Basis. In: Timm, M. (Hrsg.): Requirements Engineering '91: „Structured Analysis“ und verwandte Ansätze, PB 273, Berlin 1991.
- [FQLG03] Fuentes, J. M.; Quintana, V.; Llorens, J.; Génova, G.: Errors in the UML Metamodel? In: ACM SIGSOFT Software Engineering Notes 28 (2003) 6, S. 3-3.
- [FrLV99] Frese, E.; Lehnen, M.; Valcárcel, S.: Leistungsindividualisierung im Maschinenbau – Eine wettbewerbsstrategische Analyse. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zbf) 51 (1999) 9, S. 883-903.
- [Gaeb07] Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB). <http://www.gaeb.de>, Abruf am 2007-03-05.
- [GAEB00] GAEB 2000: Das freie GAEB Buch. Informationen zum Thema GAEB Datenträgeraustausch im Bauwesen. <http://www.gaeb2000.de/buch/inhalt/kapitel2.html>, Abruf am 2007-03-14.
- [Gilp93] Gilpin, M.: A Comparison of Object Oriented Analysis and Design Methods, Tutorial, Case World. 1993.
- [Gute51] Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band 1. Die Produktion. Berlin 1951.

- [HoGB93] Hong, S.; van den Goor, G.; Brinkkemper, S.: A formal approach to the comparison of object-oriented analysis and design methodologies: In: Proceedings of the Twenty-Sixth Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii 1993, S. 689-698.
- [HeBr96] Hess, T., Brecht, L.: State of the Art des Business Process Redesign: Darstellung und Vergleich bestehender Methoden. 2. Aufl., Wiesbaden 1996.
- [Heym96] Heym, M.: Prozeß- und Methoden-Management für Informationssysteme: Überblick und Referenzmodelle. Berlin 1995.
- [HMPR04] Hevner, A., R.; March, S., M.; Park, J.; Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly 28 (2004) 1, S. 75-105.
- [ICIS07] International Construction Information Society (ICIS). Abruf am 2007-03-14.
- [ISO05] International Organization for Standardization (ISO): ISO 13303-25:2005. Industrial automation systems and integration -- Product data representation and exchange -- Part 25: Implementation methods: EXPRESS to XMI binding. Genf 2005.
- [ISO04] International Organization for Standardization (ISO): ISO 13303-11:2004. Industrial automation systems and integration -- Product data representation and exchange -- Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual. Genf 2004.
- [ISO03] International Organization for Standardization (ISO): ISO 13584-24:2003. Industrial automation systems and integration -- Parts library -- Part 24: Logical resource: Logical model of supplier library. Genf 2003.
- [ISO01] International Organization for Standardization (ISO): ISO 13584-1:2001. Industrial automation systems and integration -- Parts library -- Part 1: Overview and fundamental principles. Genf 2001.
- [ISO98] International Organization for Standardization (ISO): ISO 13584-42:1998. Industrial automation systems and integration -- Parts library -- Part 42: Description methodology: Methodology for structuring part families. Genf 1998.
- [KABJ08] Kirn, St.; Anhalt, C.; Bieser, T.; Jacob, A.; Klein, A.; Leukel, J.: Individualisierung von Sachgütern und Dienstleistungen durch Adaptivität von Wertschöpfungssystemen in Raum, Zeit und Ökonomie. In: Kirn, St. (Hrs.g): Individualization Engineering. Gestaltung adaptiver

- Wertschöpfungssysteme für individualisierte Sachgüter und Dienstleistungen. Cuvillier-Verlag, Göttingen 2008, S. 3-60.
- [KeZK06] Kersten, W.; Zink, T.; Kern, E.-M.: Wertschöpfungsnetzwerke zur Entwicklung und Produktion hybrider Produkte: Ansatzpunkte und Forschungsbedarf. In: Blecker, T.; Gemünden, H.G. (Hrsg.): Wertschöpfungsnetzwerke. Festschrift für Bernd Kaluza. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2006, S. 189-202.
- [LeSD03] Leukel, J.; Schmitz, V.; Dorloff, F.-D.: B2B E-Procurement Beyond MRO?. In: Proceedings of the 6th International Conference on Electronic Commerce Research (ICECR-6), Dallas, Texas, USA, October 23-26, 2003, S. 493-500.
- [LiLi06] Li, H.; Liu, X.: Product Modeling during Its Whole Lifecycle for Collaborative Design in PLM. In: Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation. Dalian, China 2006, S. 6890-6894.
- [MBBF83] Maddison, R.N.; Baker, G.J.; Bhabuta, L.; Fitzgerald, G.; Hindle, K.; Song, J.H.T.; Stokes, N.; Wood, J.R.G.: Information Systems Methodologies. o.O. 1983.
- [Mist89] Mistelbauer, H.: Datenstrukturanalyse in der Systementwicklung. In: Müller-Ettrich, G. (Hrsg.): Effektives Datendesign: Praxis-Erfahrungen. Köln 1989, S. 109-160.
- [PaPr97] Pastor, R.A.; Price, R.T.: Using Metamodels of Methodologies to determine the needs for reusability. In: Proceedings of the 1997 symposium on Software reusability. Boston 1997, S. 121-129.
- [PLSW04] Peak, R.S.; Lubell, J.; Srinivasan, V.; Waterbury, S.C.: STEP, XML, and UML: Complementary Technologies. In: Journal of Computing And Information Science In Engineering 4 (2004) 4, S. 279-390.
- [Port85] Porter, M.: Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Advantage. 1985.
- [Pric04] Price, D.: An Introduction to ISO STEP Part 25. EUROSTEP®, online. http://homepages.nildram.co.uk/~esukpc20/exff2004_11/docs/p25intro.pps. Abruf am 2007-03-01.
- [ProS06] ProSTEP iViP Association: Beschreibungsmethoden. <http://www.prostep.org/de/standards/was/beschreibung>, Abruf am 2007-03-06.

- [RiMC05] Richards, H.D.; Makatsoris, C.; Chang, Y.S.: Change Process Drivers for E-Business. In: Khosrow-Pour, M. (Hrsg.): Encyclopedia of Information Science and Technology. Volume I. Hershey 2005, S. 397-403.
- [RHQJ05] Rupp, C.; Hahn, J.; Queins, S.; Jeckle, M.; Zengler, B.: UML 2.0 – glasklar. Praxiswissen für die UML-Modellierung & Zertifizierung. München 2005.
- [SBMS05] Scheer, A.-W.; Boczanski, M.; Muth, M.; Schmitz, W.-G.; Segelbacher, U.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Saarbrücken 2005.
- [Sche01] Scheer, A.-W.: ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 4. Aufl., Berlin 2001.
- [Sche97] Scheer, A.-W.: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 7. Aufl.; Berlin 1997.
- [Schü98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung: Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Wiesbaden 1998.
- [ScJo02] Scheer, A. W.; Jost, W.: ARIS in der Praxis – Gestaltung, Implementierung und Optimierung von Geschäftsprozessen. Berlin 2002.
- [SFB06] Sonderforschungsbereich Transregio 29: „Engineering hybrider Leistungsbündel – Dynamische Wechselwirkungen von Sach- und Dienstleistungen in der Produktion“. <http://www.lps.rub.de/tr29/Ziele>, 2006-10-24, Abruf am 2007-01-22.
- [Sol83] Sol, H.G.: A Feature Analysis of Information Systems Design Methodologie. In: Olle, T.W.; Sol, H.J.; Tully, C.J. (Hrsg.): Information Systems Design Methodologies: A Feature Analysis, CRIS-2, IFIP WG 8.1 Working Conference, Amsterdam 1983, S. 1-7.
- [SoOs92] Song, X.; Osterweil, L.J.: Toward Objective, Systematic Design-Method Comparisons. In: IEEE Software 9 (1992) 5, S. 43-53.
- [Stad05] Stadler, H.: Supply Chain Management – An Overview. In: Stadler, H; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Berlin 2005, S. 9-35.
- [Ste94] Stein, W.: Objektorientierte Analysemethoden: Vergleich, Bewertung, Auswahl. Mannheim 1994.

- [Stra96] Strahringer, S.: Metamodellierung als Instrument des Methodenvergleichs: Eine Evaluierung am Beispiel objektorientierter Analysemethoden. Shaker Verlag, Aachen 1996.
- [Sydo02] Sydow, J: Strategische Netzwerke: Evolution und Organisation. Gabler, Wiesbaden 2002.
- [UMLI07] Object Management Group (OMG): Unified Modeling Language: Infrastructure (version 2.1.1 / 07-02-06). <http://www.omg.org/docs/formal/07-02-06.pdf>, Abruf am 2007-03-16.
- [WeLK08] Weiß, D.; Leukel, J.; Kirn, St.: Concepts for Modeling Hybrid Products in the Construction Industry – A Metamodel Approach. In: Proceedings of the 11th International Conference on Business Information Systems (BIS 2008), Innsbruck, Österreich, 5.-7. Mai 2008, Springer LNBIP Vol. 7, S. 154-164.
- [XiSt05] Xing, Z.; Stroulia, E.: "UMLDiff: An Algorithm for Object-Oriented Design Differencing". In: Proceedings of 20th IEEE International Conference on Automated Software Engineering (ASE'05), Long Beach 2005, S. 54 - 65.
- [ZeLe96] Zelewski, S.: Petrinetzbasierte Modellierung komplexer Produktionssysteme Die Betriebswirtschaft 56 (1996) o.A., S. 845-846.
- [ZuMü99] Zur Mühlen, M.: Evaluation of workflow management systems using meta models. In: Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii 1999, o.A.



SinProd

www.sinprod.de

Universität Hohenheim
Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 1
Frau Prof. Dr. Mareike Schoop
Schloss Hohenheim
70593 Stuttgart
Tel. +49 (0)711 459 23345
Fax. +49 (0)711 459 23145
info@sinprod.de