

# Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik

Herausgegeben von U. Bankhofer, V. Nissen  
D. Stelzer und S. Straßburger

Bastian Eine, Dirk Stelzer

## **Erstellung eines Metamodells zur Entwicklung einer Kollaborationsplattform für die Druckbranche**

Arbeitsbericht Nr. 2014-02, April 2014



Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien  
Institut für Wirtschaftsinformatik

**Autor:** Bastian Eine, Dirk Stelzer

**Titel:** Erstellung eines Metamodells zur Entwicklung einer Kollaborationsplattform für die Druckbranche

Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 2014-02, Technische Universität Ilmenau, 2014

**ISSN 1861-9223**

ISBN 978-3-938940-53-2

URN urn:nbn:de:gbv:ilm1-2014200034

© 2014            Institut für Wirtschaftsinformatik, TU Ilmenau

**Anschrift:**        Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
                          und Medien, Institut für Wirtschaftsinformatik,  
                          PF 100565, D-98684 Ilmenau.  
                          <http://www.tu-ilmenau.de/wid/forschung/ilmenauer-beitraege-zur-wirtschaftsinformatik/>

## Gliederung

Abbildungsverzeichnis .....	iii
Tabellenverzeichnis .....	iii
Abkürzungsverzeichnis .....	iii
1 Einleitung .....	2
2 Eine Kollaborationsplattform für die Druckbranche .....	6
3 Anforderungen an das Metamodell .....	8
4 Entwicklung des Metamodells .....	11
4.1 Auswahl geeigneter Beschreibungsmittel .....	11
4.2 Spezifikation von Syntax und Semantik .....	12
4.3 Spezifikationsebenen und Abstraktionsmechanismus .....	12
5 Ergebnisse .....	13
5.1 Metamodell für Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen .....	13
5.2 Metamodell für Aufgaben der Kollaborationsplattform .....	16
5.3 Evaluation des Metamodells .....	17
5.4 Erweiterung des Metamodells um Integritätsbedingungen .....	19
6 Schlussbemerkungen .....	21
Literaturverzeichnis .....	23
Anhang 1: Metamodell für Aufgaben der Kollaborationsplattform .....	27
Anhang 2: Metamodellinstanz Produktionsnetzwerke verwalten .....	28
Anhang 3: Metamodellinstanz Produktionsprozesse beschreiben .....	29

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Kollaborationsplattform zur Orchestrierung komplexer Dienstleistungen .....	4
Bild 2: Akteurmodell für die Druckbranche.....	6
Bild 3: Abstraktionsmechanismus für die Metamodellierung.....	13
Bild 4: Metamodell Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen .....	14
Bild 5: Beispiel-Modell für die Druckbranche .....	15
Bild 6: Übereinstimmung von Kundenanforderungen und Anbieterressourcen .....	16
Bild 7: Erweitertes Metamodell mit Integritätsbedingungen .....	20

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufgaben der Kollaborationsplattform PRINT-IT.....	8
---	---

## Abkürzungsverzeichnis

BPMN	Business Process Model and Notation
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERM	Entity-Relationship-Modell
JDF	Job Definition Format
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
OCL	Object Constraint Language
STEP	Standard for the Exchange of Product model data
SysML	Systems Modeling Language
UML	Unified Modeling Language
UNSCPS	United Nations Standard Products and Services Code

*Dieser Beitrag ist eine erweiterte und überarbeitete Version folgender Publikation:*

*Bastian Eine, Dirk Stelzer: Erstellung eines Metamodells zur Entwicklung einer Kollaborationsplattform für die kundeninduzierte Orchestrierung komplexer Dienstleistungen in der Druckbranche. In: Dennis Kundisch, Leena Suhl und Lars Beckmann (Hrsg.): Tagungsband Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2014 (MKWI 2014), Paderborn 26. - 28. Februar, S. 1808 – 1820.*

**Zusammenfassung:** *In diesem Beitrag wird die Erstellung eines Metamodells zur Entwicklung einer Kollaborationsplattform für die Druckbranche dargestellt. Die beschriebenen Arbeiten und Erkenntnisse sind im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Forschungsprojekts PRINT-IT (Förderkennzeichen KF2987001ED2) entstanden. Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer Kollaborationsplattform zur auftragsspezifischen unternehmensübergreifenden Leistungserstellung für kleine und mittelständische Unternehmen der Druckbranche. Das erstellte Metamodell dient dazu, die für die Kollaborationsplattform relevanten Objekte und Beziehungen so zu strukturieren, zu visualisieren und zu beschreiben, dass die Kommunikation über bestimmte Sachverhalte vereinfacht wird und damit Planung, Entwicklung, Anwendung und Weiterentwicklung der Kollaborationsplattform unterstützt werden. Eine besondere Eigenschaft des Metamodells ist, dass neben der Konfiguration von Dienstleistungen und Produkten durch Kunden auch die Verknüpfung von Dienstleistungs- und Produkteigenschaften mit Produktionsprozessen und Ressourcen von Anbietern berücksichtigt werden.*

**Schlüsselworte:** *Metamodell, Druckbranche, Kooperation, Kollaborationsplattform*

## 1 Einleitung

Die Nachfrage nach kundenindividuellen Produkten und Dienstleistungen nimmt in vielen Branchen zu [WAEH+2012]. Kunden informieren sich mit Hilfe des World Wide Web über Produktvarianten und Alternativen und können damit Spezifikationen von Produkten beurteilen und eigene Vorstellungen über ihr Wunschprodukt entwickeln. Um auf die zunehmende Nachfrage nach kundenindividuellen Produkten reagieren und zugleich kurze Produktionszeiten sowie niedrige Preise gewährleisten zu können, sind für Unternehmen hohe Investitionen notwendig [MeKu2011]. Für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind solche Investitionen häufig nicht möglich, da diese nicht über die erforderlichen finanziellen Mittel verfügen. Um trotzdem gegen große Unternehmen zu bestehen, können KMU kooperieren und Teile kundenindividueller Produkte durch Kooperationspartner erstellen lassen. Durch ein gemeinsames Angebot eigener Kernkompetenzen und freier Maschinenkapazitäten können sich KMU an einer auftragspezifischen unternehmensübergreifenden Leistungserstellung beteiligen und außerdem ihr eigenes Leistungsangebot erweitern, indem unternehmensexterne Ressourcen genutzt werden [Lors2003].

In der Druckbranche fehlt es immer noch an technischer Unterstützung zur Automatisierung typischer Prozesse unternehmensübergreifender Leistungserstellung (z. B. Kapazitätsprüfung, Netzwerkbildung, Zuordnung von Kundenanforderungen zu Anbieterressourcen, Preisermittlung, Austausch von Produkt- und Prozessdaten, unternehmensübergreifende Produktionsplanung und -steuerung), obwohl solche Kooperationen in der Druckbranche bereits weitverbreitet sind.

Die Druckbranche kann in drei Teilbereiche gegliedert werden: Vorstufe, Druck und Weiterverarbeitung. In der Vorstufe wird die Gestaltung der vom Kunden bereitgestellten Inhalte vorgenommen und ihre Ausrichtung auf dem zu bedruckenden Material vorbereitet. Druck bezeichnet den Prozess, bei dem das zu bedruckende Material mit den Inhalten bedruckt wird. Die Weiterverarbeitung umfasst u. a. das Falzen, Schneiden, Zusammentragen und Veredeln des bedruckten Materials. Viele Druckereien lassen Teile der Fertigung von anderen Unternehmen durchführen. Beispielsweise besteht ein Katalog aus einem Innenteil und einem Umschlag. Während der Innenteil in einer Druckerei gefertigt wird, wird der

Umschlag z. B. aus Mangel an Ressourcen<sup>1</sup> (Maschinen, Personal) in einer anderen Druckerei hergestellt. Zusammenfügen und Binden der Bestandteile werden durch eine Buchbinderei geleistet. Die Herstellung eines Druckprodukts ist eine komplexe Dienstleistung, da z. B. ein Katalog erst durch die Kombination von Innenteil und Umschlag entsteht, die auf Grund individueller Kundenanforderungen von unterschiedlichen Unternehmen hergestellt wurden. In der Druckbranche werden Komponenten-Dienstleistungen<sup>2</sup> zu einer komplexen Dienstleistung mit eigenem Charakter zusammengesetzt [WAEH+2012]. Da Kunden in der Druckbranche üblicherweise nicht von Dienstleistungen sprechen, sondern individuell konfigurierte Produkte bestellen, wird in diesem Beitrag die Bezeichnung Produkt verwendet.

Die Druckbranche in Deutschland besteht aus ca. 10.000 Unternehmen, welche mehrheitlich KMU sind [Bund2012]. Auf Grund zunehmender Konkurrenz von Web2Print-Shops bzw. Online-Druckereien und Wettbewerbern aus Asien und Osteuropa konzentrieren sich KMU der Druckbranche auf Nischen und gehen Kooperationen mit anderen Unternehmen ein, um wettbewerbsfähig zu sein [Köni2011]. Die wenigen großen Web2Print-Shops (z. B. Flyeralarm)<sup>3</sup>, bieten eine Vielzahl von konfigurierbaren Produktarten an; jedoch sind die Auswahlmöglichkeiten bei der Konfiguration durch die Vorgaben des jeweiligen Anbieters beschränkt [Köni2011]. Zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU ist es sinnvoll, durch Spezialisierung und Kooperation mit anderen Unternehmen den Nachfragern eine größere Vielfalt bei der Konfiguration von Produkten anzubieten, als dies durch die großen Web2Print-Shops geleistet wird. Dadurch wären miteinander kooperierende KMU in der Lage, individuelle Kundenbedürfnisse besser zu erfüllen, als die großen Anbieter das tun können. Dazu sind u. a. ein Austausch von Produktinformationen zwischen Unternehmen und eine überbetriebliche Koordination von Produktionsprozessen notwendig. Dies setzt gemeinsame Produkt- und Prozessmodelle voraus, in denen einheitliche Bezeichnungen und Strukturen zur Beschreibung von Produkten und Prozessen verwendet werden. Der Austausch von Produktinformationen und die überbetriebliche Koordination

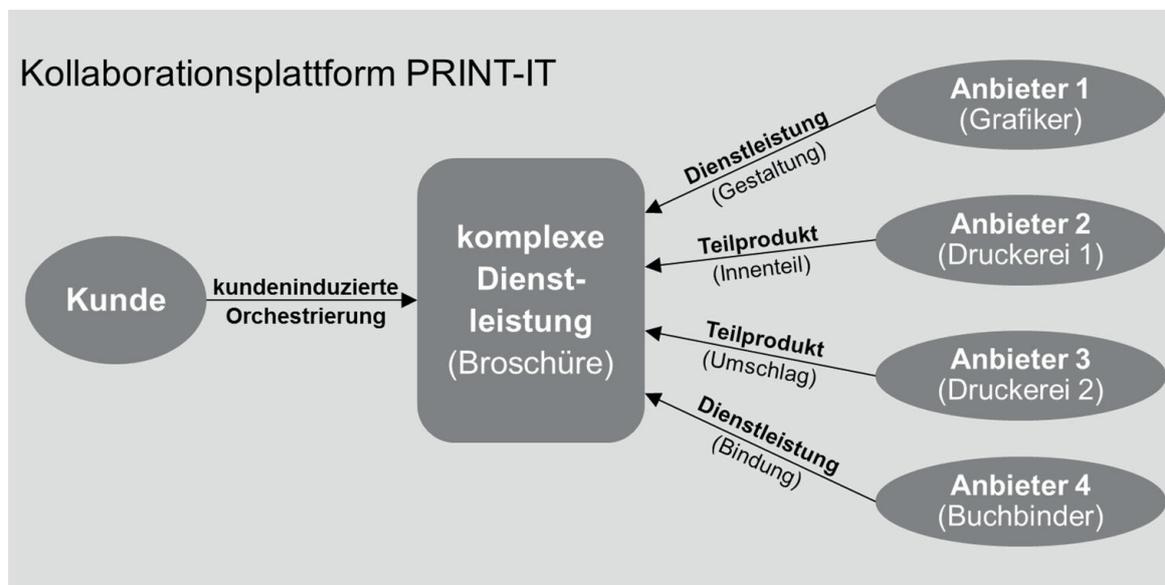
---

<sup>1</sup> Unter Ressourcen werden in diesem Beitrag die Hilfsmittel verstanden, über die ein Anbieter verfügt, um Produkte herzustellen und Dienstleistungen zu erbringen [Wern1984].

<sup>2</sup> Eine Komponenten-Dienstleistung ist eine Dienstleistung, die mit anderen Komponenten-Dienstleistungen zu einer komplexen Dienstleistung mit eigenem Charakter zusammengesetzt werden und erst dadurch den Bedarf eines Kunden decken kann [WAEH+2012].

<sup>3</sup> 64% des Umsatzes, der in der Druckbranche über Web2Print-Shops generiert wird, wird von 20 Unternehmen erwirtschaftet [Zipe2013].

von Produktionsprozessen kann z. B. durch eine Kollaborationsplattform<sup>4</sup> unterstützt werden. Wie in Bild 1 dargestellt, könnten damit Anbieter ihre Komponenten-Dienstleistungen über eine einheitliche Benutzerschnittstelle anbieten und Nachfrager ihre Produkthanforderungen spezifizieren sowie die Anbieter wählen und zusammenstellen, die die Bestandteile des gewünschten Produkts herstellen können.



**Bild 1: Kollaborationsplattform zur Orchestrierung komplexer Dienstleistungen**

Um einen Überblick über den Gegenstandsbereich zu erhalten und die Komplexität zu verringern, können die für die Entwicklung der Plattform relevanten Objekte und Beziehungen in Modellen abgebildet werden [Stac1973]. Mit Hilfe von Objektmodellen<sup>5</sup> können sowohl Softwareentwickler als auch Entscheidungsträger bei der Entwicklung der Plattform unterstützt werden. Da Produkte und Produktarten in der Druckbranche durch die individuelle Spezifikation ihrer Eigenschaften bestimmt werden, gibt es eine unüberschaubare Menge an möglichen Produkten und eine Vielzahl von Produktarten<sup>6</sup>. Bei der Modellierung des Gegenstandsbereichs muss daher eine Abstraktionsebene gewählt werden, auf welcher von konkreten Produkten oder Produktarten abstrahiert werden kann [Fran2002].

<sup>4</sup> Als Kollaborationsplattform wird in diesem Beitrag eine Plattform bezeichnet, die neben den bereits von Frank in [Fran2000] und [Fran2002] beschriebenen Funktionen einer Handelsplattform im Internet auch die freiwillige Zusammenarbeit mehrerer autonomer Anbieter unter Nutzung gemeinsamer Ressourcen zur Erreichung eines gemeinsamen Zieles unterstützt [Kock2005]. Eine wichtige Aufgabe der Kollaborationsplattform ist z. B. die Verwaltung und Verteilung von Teilaufträgen auf mehrere Anbieter.

<sup>5</sup> Objektmodelle werden in der objektorientierten Softwareentwicklung genutzt, um mit Hilfe von Klassen und Objekten sowie deren Eigenschaften und Beziehungen komplexe Systeme übersichtlich darzustellen [Oest2012].

<sup>6</sup> Produktarten können beispielsweise sein: Katalog, Flyer, Prospekt, Plakate oder Briefpapier. Produkte werden durch ihre Eigenschaftswerte spezifiziert, beispielsweise ein Katalog im Format DIN A5 mit einem Innenteil von 300 Seiten, 2-farbig gedruckt und einem Umschlag von 4 Seiten, 4-farbig gedruckt und glänzend veredelt.

Ziel dieses Beitrags ist es, die Erstellung eines Metamodells<sup>7</sup> zur Entwicklung einer Kollaborationsplattform für kleine und mittelständische Unternehmen der Druckbranche zu beschreiben.

Die Erstellung und beispielhafte Anwendung des Metamodells gibt einen Überblick darüber, welche Objekte und Beziehungen bei der Entwicklung einer Kollaborationsplattform für die Druckbranche zu beachten sind und an welchen Stellen Probleme auftreten können, für deren Bewältigung weitere Hilfsmittel notwendig sind. Besondere Eigenschaften des hier dargestellten Metamodells sind die Berücksichtigung kundenindividueller Produkte und deren Verknüpfung mit Produktionsprozessen, d. h. die Zuordnung von Produkteigenschaften zu Produktionsprozessen sowie zu Ressourcen verschiedener Anbieter von Komponenten-Dienstleistungen. Neben den bereits erwähnten Vorteilen bei der Entwicklung kann das Metamodell außerdem den Einsatz der Kollaborationsplattform unterstützen: Nehmen an der Kollaborationsplattform unterschiedliche Akteure teil, so müssen in der Regel unterschiedlich strukturierte Informationssysteme miteinander verknüpft werden. Dazu kann eine Harmonisierung von Datenmodellen notwendig sein, um einen automatisierten Datenaustausch zwischen den Akteuren zu ermöglichen. Auch hierbei kann das Metamodell als Vorlage und zur Sicherstellung einheitlicher und konsistenter Modelle dienen.

Zur Entwicklung des Metamodells folgen wir dem Design-Science-Ansatz in der Ausprägung von Peffers et al. [PTRC2007]: Zunächst werden mit Hilfe von bereits publizierten Erkenntnissen und Erkenntnissen der Autoren aus der Arbeit an dem Forschungsprojekt PRINT-IT Anforderungen an das Metamodell abgeleitet. Danach erfolgt die Entwicklung und Demonstration des Metamodells. Im Anschluss wird es evaluiert, indem geprüft wird, welche Anforderungen durch das Metamodell erfüllt werden und wie bisher nicht erfüllte Anforderungen erfüllt werden können [PRTV2012].

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert. Im Anschluss an die Einleitung wird im zweiten Abschnitt eine Kollaborationsplattform zur Unterstützung auftragsspezifischer unternehmens-

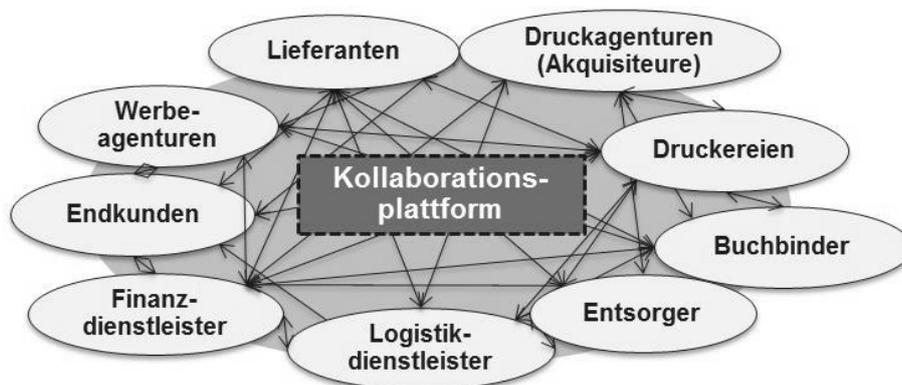
---

<sup>7</sup> In einem Metamodell werden Modelle und Modellbildung selbst zum Gegenstand der Modellierung [Stra1999]. In unserem Beitrag wird unter einem Metamodell ein Modell verstanden, welches von konkreten Betrachtungsgegenständen abstrahiert und diese auf einer höheren Abstraktionsebene darstellt. Beispielsweise wird von konkreten Produkten und Produktarten abstrahiert und diese werden unter verallgemeinerten Begriffen zusammengefasst. Diese Art der Metamodellierung ist an [Kühn2006] angelehnt und wird in [Stra1999] auch als Referenzmodellierung oder als Entwicklung generischer Modelle bezeichnet. Aus Sicht der sprachbasierten Metamodellierung ist unser Metamodell ein Objektmodell, da im sprachbasierten Metamodell die Modellierungssprache zur Erstellung von Modellen beschrieben wird. In unserem Fall ist dies das Modell der Modellierungssprache Unified Modeling Language (UML).

übergreifender Leistungserstellung in der Druckbranche beschrieben. Im dritten Kapitel werden Anforderungen an das Metamodell entwickelt. Im vierten Kapitel werden das Metamodell und im fünften Kapitel das aus dem Metamodell abgeleitete Modell für die Druckbranche dargestellt. Im sechsten Kapitel wird das Metamodell evaluiert. Die Schlussbemerkungen umfassen eine kurze Zusammenfassung, eine kritische Würdigung des Beitrags sowie einen Ausblick.

## 2 Eine Kollaborationsplattform für die Druckbranche

Eine Kollaborationsplattform für die Druckbranche kann sowohl Nachfragern als auch Anbietern dienen. Nachfrager können Privatpersonen oder Unternehmen sein. Anbieter sind u. a. Druckereien, Buchbindereien, Lieferanten von Papier, Farbe und anderen Hilfsmitteln sowie Werbeagenturen, Logistik- und Finanzdienstleister. Anbieter bieten ihre Produkte und Dienstleistungen über die Kollaborationsplattform an, Nachfrager konfigurieren und bestellen Produkte und Dienstleistungen. Dabei stellt die Plattform sowohl für Anbieter als auch für Nachfrager eine einheitliche Benutzerschnittstelle dar und sorgt für Übersicht und Transparenz. Das Akteurmodell in Bild 2 zeigt unterschiedliche Akteure der Druckbranche, die durch die Kollaborationsplattform unterstützt werden können, und deren Beziehungen zueinander.



**Bild 2: Akteurmodell für die Druckbranche**

Nachfrager können auf der Plattform ihre Produkthanforderungen spezifizieren und werden bei der Konfiguration von Produkten unterstützt. Zusammenhänge und Abhängigkeiten von Produkteigenschaften werden für den Nachfrager erkennbar gemacht. Beispielsweise werden bei der Zusammensetzung eines Produkts mögliche Alternativen aufgezeigt. Dabei werden auch individuelle Präferenzen der Nachfrager berücksichtigt (z. B. kurze Liefer-

zeit, niedriger Preis, ökologische Produktion). Dadurch können auch Nachfrager mit fehlenden Fachkenntnissen über Produkte, Dienstleistungen und Fertigungsverfahren die Konfiguration eines Produkts eigenständig durchführen. Nach der Konfiguration eines Produkts erhält der Nachfrager eine Auflistung von Anbietern, die dieses Produkt oder einzelne Bestandteile erstellen können. Der Nachfrager wählt die Anbieter zur Herstellung des Produkts nach eigenen Präferenzen aus (bspw. nach Preis, Lieferzeit, Kundenbewertungen). Das Auswählen und Bündeln der Dienstleistungen übernimmt also der Nachfrager. Er kann sich dabei von der Plattform unterstützen lassen, z. B. wenn er keine Information über die Qualität der Anbieter hat. Auf Wunsch kann der Nachfrager lediglich das Produkt spezifizieren und die Verteilung der Aufträge der Plattform überlassen. Die Kollaborationsplattform verteilt nach Abschluss der Bestellung die Produkt- und Kundeninformationen sowie die Produktionsschritte an die ausgewählten Anbieter. Während der Abwicklung der Bestellung und Herstellung des Produkts hat der Kunde die Möglichkeit, die Leistungserbringung zu verfolgen und ggf. zu beeinflussen. Die Plattform übermittelt Statusmeldungen von Anbietern und Rückmeldungen an Kunden. Diese und weitere Aufgaben der Kollaborationsplattform konnten aus Gesprächen mit den an dem Forschungsprojekt PRINT-IT beteiligten Partnern abgeleitet werden und sind in Tabelle 1 als Übersicht zusammengefasst.

<b>Aufgabentyp / Phase</b>	<b>Aufgabe</b>
auftragsunabhängige Aufgaben	Produktionsprozesse beschreiben
	Produkt Daten beschreiben
	Preisbildung beschreiben
	Akteure verwalten
	Produktionsnetzwerke verwalten
Information und Bestellung	über End- und Teilprodukte informieren
	Bestellungen über Suchfunktion, Katalog und Konfigurator ermöglichen
	Vertragsschluss unterstützen
	Content-Daten aufnehmen, prüfen und verwalten
Auftragsverwaltung und -abwicklung	Auftragsdaten verwalten
	Auftragsstatus verwalten
	Produktion planen und steuern
	Verpackung berechnen und beschaffen
	Versand planen, steuern und kontrollieren
	Zahlungsabwicklung unterstützen
Servicephase	Feedback erheben
	Reklamationen verwalten
	Statistiken verwalten

**Tabelle 1: Aufgaben der Kollaborationsplattform PRINT-IT**

### 3 Anforderungen an das Metamodell

Um Anforderungen an das Metamodell abzuleiten, wurden Standards und Publikationen zur integrierten Produkt- und Produktionsprozessmodellierung analysiert sowie die Übersicht über die Aufgaben der Kollaborationsplattform PRINT-IT (Tabelle 1) verwendet.

Standards aus dem Bereich Produkt- und Produktionsprozessmodellierung werden eher als Datenaustauschformate, denn als Modellierungshilfsmittel genutzt, wie z. B. der Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP, ISO 10303) [BDDK+1997] oder das Job Definition Format (JDF) für die Druckbranche. Außerdem existieren Standards, die als Klassifikationssystem für Produkte und Dienstleistungen dienen, z. B. United Nations Standard Products and Services Code (UNSCPS). Diese gehen aber nicht oder nur ansatz-

weise auf die Spezifika der Druckbranche ein. Standards konnten daher nur begrenzt bei der Ableitung von Anforderungen an das Metamodell helfen.<sup>8</sup>

Im Bereich der Wirtschaftsinformatik stellt Frank in [Fran2000] Anforderungen an eine Handelsplattform für Produkte im Internet auf. Zwar beschränken sich diese Anforderungen auf die Kundensicht und die Konfiguration von Produkten, dennoch können einige davon auch für unser Metamodell verwendet werden. Wir erweitern den Ansatz von Frank, indem wir zusätzlich die Verknüpfung der Produktkonfiguration mit den Produktionsprozessen sowie die Zuordnung der Produktionsprozesse zu mehreren Anbietern und deren Ressourcen betrachten.

In den Ingenieurwissenschaften ist eine größere Anzahl von Quellen zur integrierten Produkt- und Produktionsmodellierung als in der Wirtschaftsinformatik zu finden, z. B. [A-wis2000], [John2001], [Kais1997]. In den darin beschriebenen Ansätzen liegt der Fokus auf der Produktentwicklung und der dafür hilfreichen Verknüpfung von Produktdaten- und Prozessmodellen. Auch in diesen Quellen lassen sich Anforderungen finden, die für unsere Zwecke übernommen oder angepasst werden können.

In Analogie zu den Anforderungen von Frank in [Fran2000], John in [John2001] und aufgrund unserer Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt PRINT-IT werden folgende Anforderungen an das Metamodell gestellt:

1. Das Metamodell soll sich durch die sinnvolle Vereinfachung des realen Systems sowie durch Überschaubarkeit auszeichnen. Die Komplexität des Metamodells muss jederzeit beherrschbar bleiben.
2. Es sollen beliebige Produkte und Produktarten abbildbar sein.
3. Das Metamodell soll es ermöglichen, von Produkt-/Dienstleistungsmerkmalen auf die notwendigen Produktionsressourcen von Anbietern zu schließen.

Das Metamodell soll die Entwicklung von Hilfsmitteln unterstützen, mit denen

4. Kunden in die Lage versetzt werden, individuelle und gleichzeitig korrekte Konfigurationen und Bestellungen von Produkten durchzuführen,
5. Anbieter in die Lage versetzt werden, ihre Ressourcen, die zur Herstellung von Produkten und Erbringung von Dienstleistungen verwendet werden, einheitlich abzubilden,

---

<sup>8</sup> Teilweise konnten Informationen über Struktur und Produktion von Druckprodukten aus [10] verwendet werden.

6. eine gehaltvolle Beschreibung der Produkte aus Sicht der Kunden dargestellt wird und ihren u. U. variierenden Bedürfnissen nach Detaillierung und Anschaulichkeit gerecht wird,
7. eine gehaltvolle Beschreibung der Ressourcen aus Sicht der Anbieter dargestellt wird und ihren u. U. variierenden Bedürfnissen nach Detaillierung und Fachsprache gerecht wird,
8. Produktarten als solche dargestellt werden können, um Analysen des Kaufverhaltens zu unterstützen und Redundanz bei Datenerfassung und -verwaltung zu vermeiden,
9. im Zeitverlauf relevantes Wissen über Leistungsmerkmale von Anbietern (z. B. Termintreue, Kundenzufriedenheit etc.) gesammelt werden kann,
10. verschiedene Formen der Preisbildung und Preiszuordnung (zu Produktarten und einzelnen Produkten) möglich sind,
11. Anbieter in die Lage versetzt werden, Standardpreise für die von ihnen angebotenen Produkte und Dienstleistungen zu hinterlegen,
12. Anbieter ihre Angebotspreise auftragsspezifisch variieren können, z. B. um auf unterschiedliche Kapazitätsauslastungen reagieren oder bestimmten Kundengruppen Rabatte anbieten zu können,
13. Anbieter aufgrund unterschiedlicher Preis-/Leistungsverhältnisse (Produktqualität, Kundenzufriedenheit, Terminzusagen, Preise) priorisiert und ausgewählt werden können,
14. Produktions- und Lieferkapazitäten von Anbietern abgebildet werden können und zwar sowohl grundsätzlich als auch in Abhängigkeit von der aktuellen Kapazitätsauslastung, da nur so die Lieferfähigkeit zu einem spezifischen Auftrag überprüft werden kann,
15. Konsortien abgebildet werden können, die typischerweise bestimmte Aufträge bzw. Auftragstypen gemeinsam bearbeiten, und
16. alternative Anbieter selektiert werden können, die in der Lage sind, die gleichen Leistungen anzubieten wie der präferierte Anbieter, um im Fall von Störungen auf alternative Anbieter ausweichen zu können.

In den Ausführungen der folgenden Kapitel wird deutlich, dass nicht alle Anforderungen gleichzeitig durch ein Metamodell erfüllt werden können. Die Forderung nach Überschaubarkeit und beherrschbarer Komplexität (Anforderung 1) schränkt - sinnvollerweise - den Umfang des zu erstellenden Metamodells ein. Daher werden mehrere Meta-/Modelle er-

stellt und unterschiedliche Spezifikationsebenen genutzt. Außerdem werden weitere Hilfsmittel erörtert, um die Anforderungen vollständig erfüllen zu können.

## 4 Entwicklung des Metamodells

### 4.1 Auswahl geeigneter Beschreibungsmittel

Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, haben Standards im Bereich der Produkt- und Prozessdatenmodellierung den Nachteil, dass sie nicht auf die Darstellung von Objektmodellen ausgerichtet sind, d. h. die Standards stellen keine Abbildungsmittel bereit, mit denen ein Metamodell für unseren Gegenstandsbereich entwickelt werden kann.<sup>9</sup>

Ein Überblick und Vergleich von Modellierungssprachen findet sich u. a. in [BKBB+2009]. Modellierungssprachen mit dem Fokus auf Prozesse, wie z. B. Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) oder die Business Process Model and Notation (BPMN) sind für unseren Zweck nicht geeignet, da der Schwerpunkt in dem Metamodell keine ablauforientierte Betrachtung sein soll, sondern die strukturelle Sicht auf die relevanten Objekte der Druckbranche und deren Beziehungen<sup>10</sup>. Unter den Modellierungssprachen mit dem Fokus auf Daten bzw. Objekte bietet die UML umfangreiche Abbildungsmittel [Obj2011].<sup>11</sup> Mit der UML kann von konkreten Gegenständen abstrahiert werden, indem Objekte zu Klassen zusammengefasst und durch gemeinsame Attribute beschrieben werden. Ebenso sind Abbildungsmittel für die Abbildung der Relationen Generalisierung/Spezialisierung und Aggregation/Komposition vorgesehen, womit Beziehungen zwischen Klassen dargestellt werden können. Im Unterschied zum Entity-Relationship-Modell (ERM) bietet die UML außerdem eine Möglichkeit, Regeln und Abhängigkeiten zwischen Objekten mit Hilfe von Integritätsbedingungen<sup>12</sup> abzubilden. Ein weiterer Vorteil der UML ist, dass ggf. für unterschiedliche Sichtweisen verschiedene UML-Diagrammtypen ver-

---

<sup>9</sup> Eine Ausnahme bildet die Datenmodellierungssprache EXPRESS, die in dem Standard STEP (ISO 10303) zur Modellierung von Produktdaten beschrieben ist. Mit EXPRESS ist es möglich, Elemente (Objekte und Eigenschaften) und deren Beziehungen zueinander darzustellen [BKBB+2009]. Die von EXPRESS bereitgestellten Abbildungsmittel sind denen der UML ähnlich. Für unser Metamodell verwenden wir jedoch die UML, da sie umfangreichere Abbildungsmittel als EXPRESS bietet und in der Wirtschaftsinformatik weiter verbreitet ist.

<sup>10</sup> Die Reihenfolge der Produktionsprozesse in der Druckbranche ist von der Konfiguration des Druckprodukts abhängig. Somit ist keine allgemeingültige Reihenfolge von Produktionsprozessen in einem Metamodell darstellbar.

<sup>11</sup> Es existieren auch Ansätze, in denen vorgeschlagen wird, Elemente aus der prozessorientierten Modellierung mit Elementen der daten- bzw. objektorientierten Modellierung zu kombinieren [HoNü2008].

<sup>12</sup> Integritätsbedingungen schränken die möglichen Inhalte, Zustände oder die Semantik von Modellelementen ein und müssen stets erfüllt sein. Diese werden auch als Beschränkungen, Verbote, Zwänge oder Zusicherungen bezeichnet. Für die UML werden Integritätsbedingungen mit Hilfe der Object Constraint Language (OCL) beschrieben [Oest2012].

wendet werden können oder UML-Diagramme um neue Elemente erweitert werden, was bereits zur Entwicklung weiterer Modellierungstechniken geführt hat, wie z. B. der Systems Modeling Language (SysML) [Obj2012].

## 4.2 Spezifikation von Syntax und Semantik

Die Spezifikation von Syntax und Semantik der Modellierungen ist an der UML ausgerichtet. Im Rahmen des Forschungsprojekts PRINT-IT wurde eine Notationübersicht erstellt, welche die in den Metamodellen und Modellen verwendeten Elemente erläutert und den Forschungspartnern auch ohne Kenntnisse der UML dazu dienen kann, die Metamodelle und Modelle interpretieren und anwenden zu können.

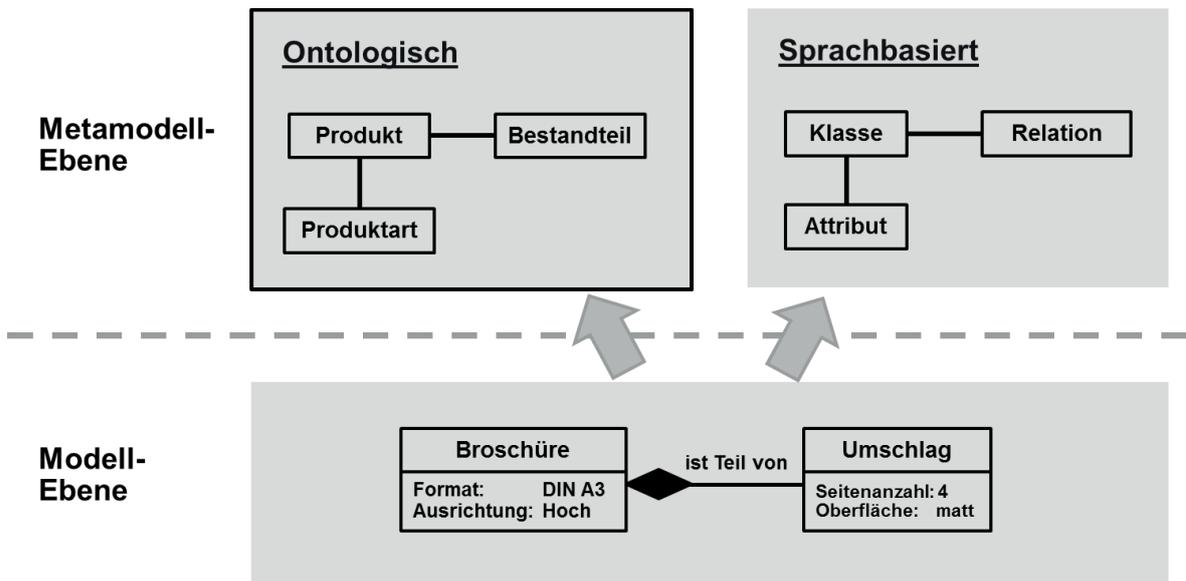
## 4.3 Spezifikationsebenen und Abstraktionsmechanismus

Auf Grund der hohen Komplexität und der großen Anzahl von relevanten Objekten und Beziehungen des Gegenstandsbereiches, ist es sinnvoll, mehrere Meta-/Modelle auf unterschiedlichen Spezifikationsebenen zu erstellen, um sowohl eine möglichst vollständige Darstellung als auch Überschaubarkeit sicherzustellen. Während der Arbeit an dem Forschungsprojekt PRINT-IT haben sich zwei Spezifikationsebenen als hilfreich erwiesen: Auf der ersten Ebene wurden zwei Metamodelle erstellt. Auf der zweiten Ebene wurden zwei Metamodellinstanzen beispielhaft detailliert.

Das eine Metamodell der ersten Ebene beschreibt die Elemente, die zur Beschreibung der Abhängigkeiten von Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen zu verwenden sind (Bild 4). Das andere Metamodell der ersten Ebene bildet den gesamten Umfang der Kollaborationsplattform - gegliedert nach den Aufgaben der Kollaborationsplattform – ab (Anhang 1). Auf der zweiten Spezifikationsebene werden beispielhaft Metamodellinstanzen erstellt, die mit Hilfe der Metamodelle der ersten Spezifikationsebene erstellt wurden (Anhang 2 und 3).

Der Erstellung der Metamodelle und der Metamodellinstanzen liegt in dieser Arbeit ein ontologisches Metamodell-Verständnis zu Grunde. Wie in Bild 3 beispielhaft dargestellt, wird bei dem ontologischen Metamodell-Verständnis von konkreten Gegenständen der Modell-Ebene abstrahiert und diese auf Metamodell-Ebene mit Hilfe von übergeordneten Begriffen inhaltlich beschrieben und zusammengefasst. Das weitverbreitete sprachbasierte Metamodell-Verständnis beschreibt im Gegensatz dazu auf der Metamodell-Ebene die sprachlichen Elemente, die auf der Modell-Ebene verwendet werden. Der sprachbasierte

Abstraktionsmechanismus wird in Kapitel 5.4 dieser Arbeit angewendet, um das Metamodell um Integritätsbedingungen zu erweitern.



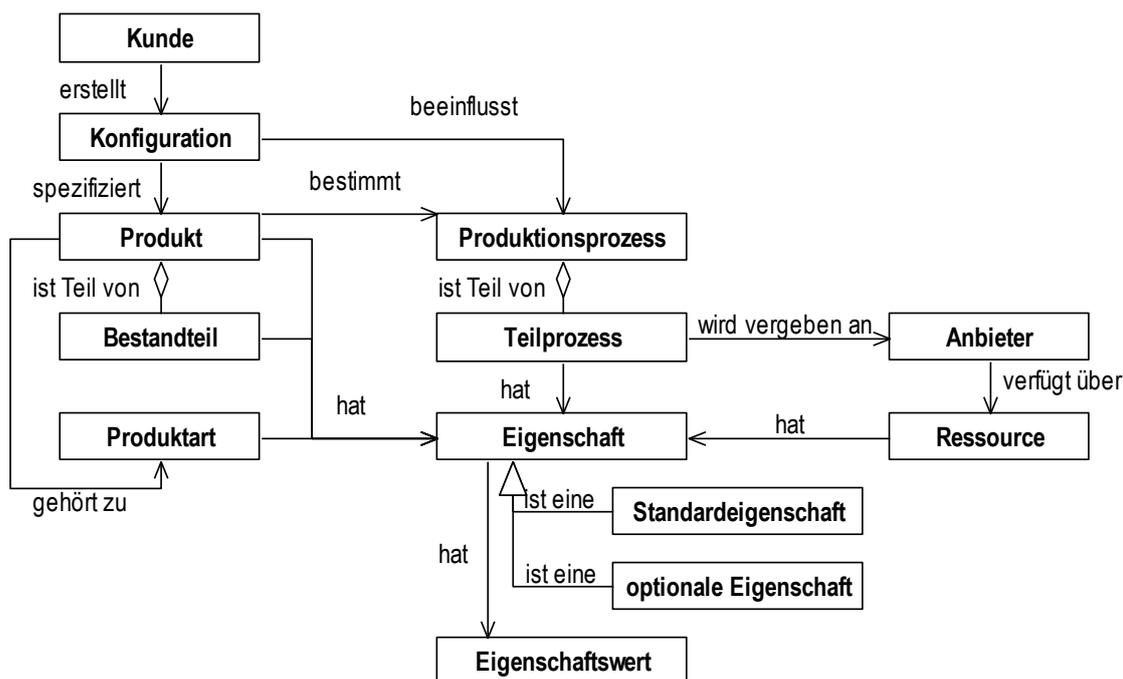
**Bild 3: Abstraktionsmechanismus für die Metamodellierung**

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Metamodell für Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen

Ebenso wie Frank in [Fran2000] präsentieren wir Ergebnisse, die auf Meta-Konzepten basieren, um von konkreten Gegenständen zu abstrahieren.<sup>13</sup> Für das erste Metamodell, welches die Abhängigkeiten von Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen beschreibt, haben wir den Metamodell-basierten Ansatz von Frank für die Modellierung von Produkten der Druckbranche angepasst und um bereits erwähnte Betrachtungsgegenstände erweitert. Bild 4 zeigt unser Metamodell zur Beschreibung der Abhängigkeiten von Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen.

<sup>13</sup> Eine Erläuterung zu unterschiedlichen Abstraktionsebenen ist in [Stra1999] und zur Repräsentation von Produkten in [Fran2002] zu finden.



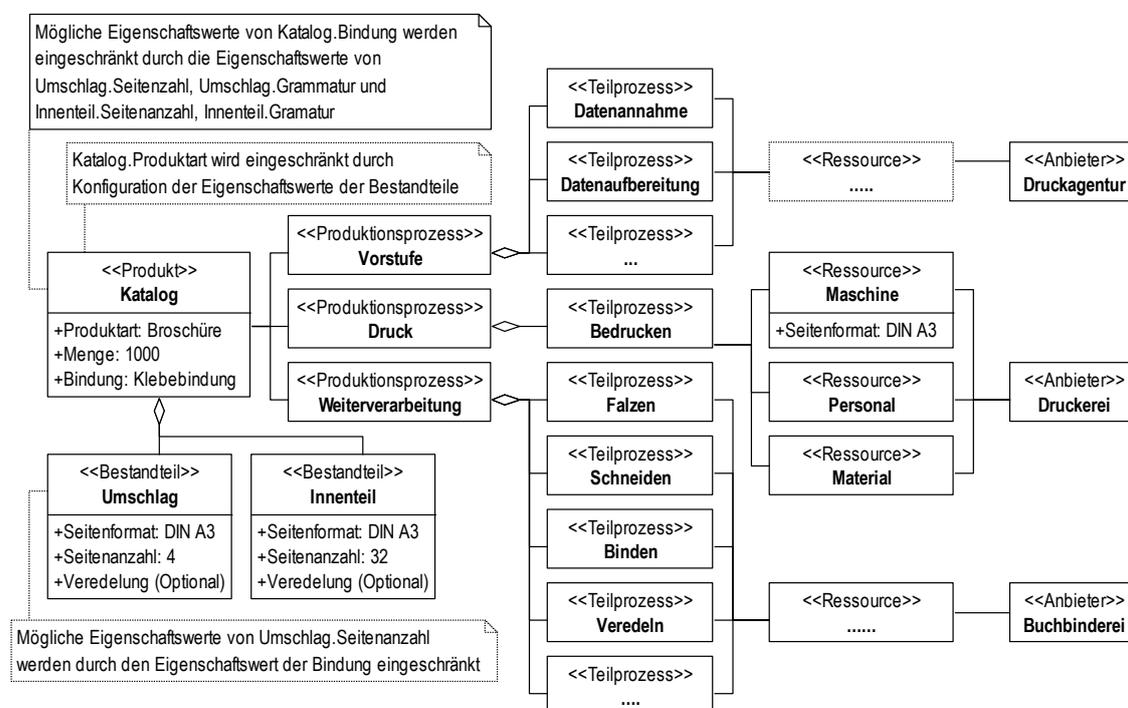
**Bild 4: Metamodell Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen**

Der Kunde spezifiziert über die Konfiguration die Eigenschaften und Eigenschaftswerte des Produkts bzw. der Produktbestandteile. Die Festlegung der Eigenschaften und Eigenschaftswerte bestimmt, welcher Produktart das konfigurierte Produkt zuzuordnen ist. Die vollständige Konfiguration bestimmt den zur Herstellung des individuellen Produkts notwendigen Produktionsprozess. Der Produktionsprozess kann in Teilprozesse unterteilt werden, die wiederum auf mehrere Anbieter verteilt werden können. Damit sind von der Kollaborationsplattform Konstellationen von mehreren Anbietern zu prüfen, die durch Erbringung von Teilprozessen in der Lage sind, das bestellte Produkt zu erstellen. Möglich wäre auch, dass bei einem konfigurierten Produkt mehrere Produktionsprozesse mit unterschiedlichen Reihenfolgen von Teilprozessen relevant sind. Denkbar wäre dann, dass Kunden z. B. zwischen ökologischer, kosteneffizienter oder schneller Produktion auswählen können. Bei der Überprüfung der Anbieter, die Teilprozesse erbringen können, müssen die benötigten Ressourcen von der Kollaborationsplattform mit den Ressourcen der Anbieter verglichen werden. Anbieter müssen dafür zum einen angeben, über welche Ressourcen sie generell verfügen und zum anderen, welche Auslastung oder Verfügbarkeit ihre Ressourcen im erforderlichen Zeitraum haben.

Um die Komplexität des Metamodells gering zu halten, wurden in diesem Metamodell nur die Klassen und Beziehungen abgebildet, die zur Erfüllung der Anforderungen 1 bis 8

notwendig sind. In dem Metamodell ist z. B. die Verwendung von Integritätsbedingungen nicht dargestellt. Diese können jedoch auf Modellebene Anwendung finden, um Abhängigkeiten und Regeln zwischen Objekten und Eigenschaften zu beschreiben. Die Verwendung von Integritätsbedingungen im Kontext der Produkt- und Produktionsprozessmodellierung und Konfiguration wird z. B. in [CaFo2011], [Bien2001] und [Leck2006] erläutert. Außerdem sind in diesem Metamodell keine Kardinalitäten angegeben, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang soll aber noch einmal betont werden, dass die Teilprozesse auf mehrere Anbieter verteilt werden können.

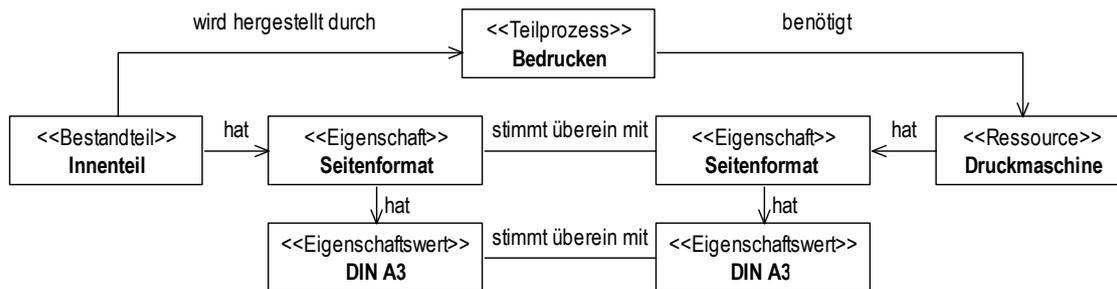
In Anlehnung an den Design-Science-Ansatz nach Peffers et al. [PTRC2007] wurde zur Demonstration des Metamodells ein Beispiel-Modell für die Druckbranche aus dem Metamodell abgeleitet. In Bild 5 wird dieses Modell für das Druckprodukt Katalog dargestellt.



**Bild 5: Beispiel-Modell für die Druckbranche**

Das Druckprodukt Katalog besteht aus den Bestandteilen Umschlag und Innenteil. Die Konfiguration des Druckprodukts wird durch die Eigenschaften des Katalogs und dessen Bestandteile wiedergegeben. Beispielsweise sind für den Umschlag und den Innenteil des Katalogs das Seitenformat DIN A3 angegeben. In den Notizfeldern, die über gestrichelte Linien mit den Klassen verbunden sind, sind beispielhaft Anmerkungen zu Regeln und Abhängigkeiten hinterlegt. Die Produktionsprozesse für den Katalog sind in die drucktypischen Prozesse Vorstufe, Druck und Weiterverarbeitung gegliedert. Diese lassen sich in

weitere Teilprozesse unterteilen, die für die Herstellung des Katalogs notwendig sind. Weitere Teilprozesse sind durch die gepunkteten Klassennamen angedeutet. Die Teilprozesse benötigen Ressourcen, um bearbeitet werden zu können. Diese Ressourcen sind von den Eigenschaftswerten der Konfiguration abhängig. Beispielsweise benötigt der Teilprozess Bedrucken eine Ressource bzw. Maschine, die den Umschlag und den Innenteil im Seitenformat DIN A3 bedrucken kann (Bild 6).



**Bild 6: Übereinstimmung von Kundenanforderungen und Anbieterressourcen**

Anbieter, die über die erforderlichen Ressourcen verfügen, d. h. im erforderlichen Zeitraum eine solche Maschine und freie Maschinenkapazität haben, können dem Kunden vorgeschlagen und dem Teilprozess zugeordnet werden.

## 5.2 Metamodell für Aufgaben der Kollaborationsplattform

Ein zweites Metamodell bildet die relevanten Gegenstände geordnet nach den Aufgaben der Kollaborationsplattform ab. Dieses Metamodell gibt einen Gesamtüberblick und zeigt die Zusammenhänge und Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Aufgaben bzw. den dafür relevanten Gegenständen (Anhang 1). Zur Demonstration dieses Metamodells wurden zwei Metamodellinstanzen erstellt, welche beispielhaft die Anwendung dieses Metamodells zeigen. Die Erstellung dieser Metamodellinstanzen wird durch das erste Metamodell zur Beschreibung der Eigenschaften von Produkten, Produktionsprozessen und Ressourcen unterstützt. Die Metamodellinstanz im Anhang 2 beschreibt die Aufgabe Produktionsnetzwerke verwalten, die Metamodellinstanz im Anhang 3 bildet die Aufgabe Produktionsprozesse beschreiben ab.

Dargestellt werden in beiden Metamodellinstanzen Klassen von Objekten und die Beschreibung dieser Klasse mit Hilfe von Eigenschaften und Eigenschaftswerten sowie deren Beziehungen zu anderen Klassen. Im rechten Bereich des Modells sind zudem

Beispiele für Aufzählungen hinterlegt, welche mögliche Werte nennen, die die Eigenschaften annehmen können.

### 5.3 Evaluation des Metamodells

In diesem Abschnitt wird erörtert, inwieweit die in Kapitel drei aufgestellten Anforderungen durch das Metamodell für Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen erfüllt werden. Das Metamodell für Aufgaben der Kollaborationsplattform wird nicht evaluiert, da es nicht zur Erfüllung der gestellten Anforderungen erstellt wurde, sondern lediglich als Übersicht und zur Strukturierung des Gegenstandsbereiches nach den Aufgaben der Kollaborationsplattform dient. Für Anforderungen, die durch das Metamodell für Produkt, Produktionsprozesse und Ressourcen nicht oder nur eingeschränkt erfüllt werden, werden Vorschläge gemacht, wie die Anforderungen erfüllt werden können.

Anforderung 1 ist erfüllt: Das Metamodell ist überschaubar und hat eine beherrschbare Komplexität.

Anforderung 2 ist erfüllt: Durch die Konfiguration von Eigenschaften und Eigenschaftswerten sind beliebige Produkte und Produktarten abbildbar.

Anforderung 3 ist nur eingeschränkt erfüllt: Eine Zuordnung von Produkt-/Dienstleistungsmerkmalen zu den notwendigen Ressourcen von Anbietern kann erfolgen, indem die Produkt-/Dienstleistungsmerkmale auf notwendige Produktionsprozesse übertragen und die Produktionsprozesse in Teilprozesse untergliedert werden. Von den Teilprozessen ist dann auf die notwendigen Ressourcen zu schließen. Diese Zuordnungen sind einmalig zu beschreiben und bei der Entwicklung auf der Kollaborationsplattform zu hinterlegen. Verfügt die Kollaborationsplattform über entsprechende Mechanismen, können für Kundenanforderungen automatisch passende Anbieter gefunden werden. In der Literatur werden diese Mechanismen als Match Making oder Pattern Matching bezeichnet [Hümm2004].

Anforderung 4 ist nur eingeschränkt erfüllt: Da im Metamodell die Struktur von Produkten und deren Abhängigkeiten von Produktionsprozessen und Ressourcen von Anbietern ersichtlich ist, können Hilfsmittel entwickelt werden, die Kunden bei der individuellen und korrekten Konfiguration und Bestellung von Produkten unterstützen. Kunden können ihre individuellen Konfigurationen durch die Angabe oder Auswahl von Eigenschaften und Eigenschaftswerten erstellen. Um allerdings inkorrekte Konfigurationen ausschließen zu können, muss die Kollaborationsplattform Vorgaben bei der Konfiguration machen, z. B.

indem nur Eigenschaften und Eigenschaftswerte angeboten werden, die mit den bereits eingegebenen Angaben eine korrekte Konfiguration ergeben. Damit die Kollaborationsplattform solche Schlussfolgerungen und Einschränkungen treffen kann, ist das Metamodell um Elemente zu erweitern, mit denen Integritätsbedingungen zur Beschreibung von Regeln und Abhängigkeiten zwischen Eigenschaften und Eigenschaftswerten abgebildet und von der Kollaborationsplattform interpretiert werden können. Die Ausformulierung von konkreten Integritätsbedingungen zu konkreten Eigenschaften und Eigenschaftswerten kann daraufhin durch Personen mit entsprechendem fachspezifischem Wissen auf Modellebene erfolgen.

Anforderung 5 ist nur eingeschränkt erfüllt: Anbieter können ihre Ressourcen durch Eigenschaften und Eigenschaftswerte beschreiben. Beziehungen zwischen den relevanten Klassen (Ressource, Eigenschaft, Eigenschaftswert) sind im Metamodell erkennbar. Um allerdings unangemessene Produktbeschreibungen zu vermeiden und einheitliche Bezeichnungen zu gewährleisten, wäre die Nutzung eines einheitlichen Vokabulars (z. B. in Form eines Glossars oder Thesaurus<sup>14</sup>) oder Standards, der Produktbezeichnungen oder Rahmenbedingungen vorgibt, ergänzend zum Metamodell notwendig [Höff2007].

Anforderung 6 ist nur eingeschränkt erfüllt: Eine gehaltvolle Beschreibung und einheitliche Bezeichnung von Produkten und Bestandteilen sowie Standardeigenschaften und optionalen Eigenschaften aus Sicht der Kunden kann ebenfalls nur mit Hilfe eines zusätzlichen Hilfsmittels - einem Thesaurus - unterstützt werden. Das Metamodell kann die Entwicklung eines Thesaurus erleichtern, da es einen Überblick über die Struktur und Abhängigkeiten von Produkten und Bestandteilen bietet. Durch die Darstellung von Beziehungen zwischen Begriffen (z. B. übergeordnet, untergeordnet, synonym, usw.) kann ein Thesaurus variierenden Bedürfnissen nach Detaillierung und Anschaulichkeit gerecht werden.

Anforderung 7 ist nur eingeschränkt erfüllt: Grundsätzlich ist eine gehaltvolle Beschreibung der Ressourcen aus Sicht der Anbieter mit Hilfe der im Metamodell abgebildeten Strukturen möglich. Damit eine einheitliche Bezeichnung der Ressourcen sichergestellt werden kann, ist allerdings ebenfalls ein Thesaurus notwendig. Bezeichnungen und Beschreibungen aus Sicht der Kunden sind dabei allerdings von den Bezeichnungen und Beschreibungen aus Sicht der Anbieter zu unterscheiden, da das Bedürfnis der Anbieter nach

---

<sup>14</sup> Ein Glossar ist eine Liste aus Wörtern mit Erklärungen oder Übersetzungen. Ein Thesaurus ist ein kontrolliertes Vokabular, dessen Begriffe durch Relationen miteinander verbunden sind [Gars2004].

Fachsprache nicht zwangsläufig mit den Bezeichnungen aus Sicht der Kunden sichergestellt werden kann. Daher ist für Kunden und Anbieter entweder jeweils ein separater Thesaurus zu verwenden oder es werden in einem gemeinsamen Thesaurus kunden- bzw. anbieterspezifische Bezeichnungen und Begriffsbeziehungen entsprechend gekennzeichnet. Werden diese Thesauri mit Hilfe eines Standards von allen Teilnehmern der Kollaborationsplattform eingesetzt und verwendet, können diese auch einen automatisierten Austausch von Informationen unterstützen.

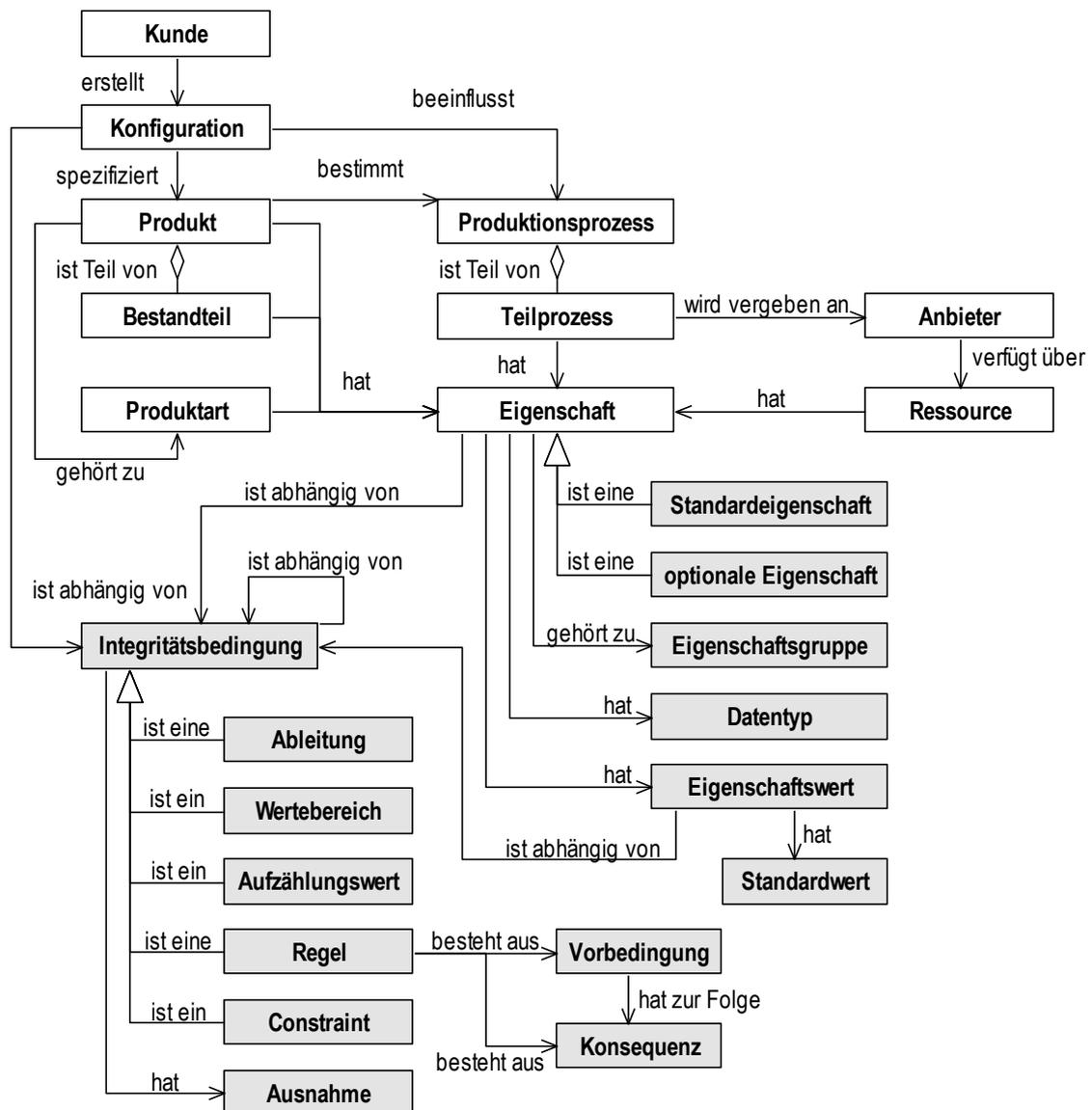
Anforderung 8 ist erfüllt: Sind Produktarten im Vorfeld durch bestimmte Eigenschaften und Eigenschaftswerte charakterisiert, lässt sich ein bestimmtes Produkt auf Grund seiner spezifizierten Eigenschaften und Eigenschaftswerte einer Produktart zuordnen.

Um die in diesem Abschnitt skizzierten Defizite des Metamodells zu erfüllen, sind zusätzliche Hilfsmittel notwendig, die im Metamodell nicht dargestellt werden können, ohne dass es an Übersichtlichkeit verliert und die Komplexität deutlich zunimmt. Wichtige Hilfsmittel, die das Metamodell ergänzen könnten, wären Thesauri sowie darauf aufbauend Standards. Thesauri können ein einheitliches Vokabular in einer Branche schaffen. Standards können die Beschreibung und einheitliche Bezeichnung der Produkte, Produktionsprozesse und Ressourcen von Anbietern auf der Plattform unterstützen und beim (automatisierten) Austausch von Informationen zwischen den Anbietern zur gemeinsamen Leistungserstellung helfen. Die Entwicklung von Thesauri und Standards kann durch aus dem Metamodell abgeleitete Modelle unterstützt werden, in denen die relevanten Objekte und ihre Beziehungen übersichtlich dargestellt werden. Integritätsbedingungen können auf Modellebene hinterlegt werden, um Regeln und Abhängigkeiten zur Gewährleistung zulässiger Kombinationen von Eigenschaften und Eigenschaftswerten abzubilden.

#### 5.4 Erweiterung des Metamodells um Integritätsbedingungen

In diesem Abschnitt wird eine Erweiterung des Metamodells für Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen um Integritätsbedingungen vorgestellt. Integritätsbedingungen ergeben sich zunächst aus den Eigenschaften und Eigenschaftswerten der Ressourcen von Anbietern. Aus diesen Integritätsbedingungen ergeben sich wiederum Einschränkungen für die Eigenschaften und Eigenschaftswerte durchführbarer Teilprozesse sowie möglicher Eigenschaften von Produkten. Daher grenzen die Integritätsbedingungen auch die Konfiguration von Produkten durch Kunden ein. Bei

den Integritätsbedingungen kann zwischen verschiedenen Typen unterschieden werden. Diese sind im erweiterten Metamodell in Bild 7 dargestellt.



**Bild 7: Erweitertes Metamodell mit Integritätsbedingungen**

Ableitungen bezeichnen Integritätsbedingungen, die den Wert einer Eigenschaft in Abhängigkeit von anderen Eigenschaftswerten definiert [Albe1995, 71], z. B. die Bestimmung des Gewichts eines Katalogs durch Berechnung der Summe der Gewichte von Umschlag und Innenteil.

Ein Wertebereich definiert einen Bereich, in dem der auszuwählende Wert einer Eigenschaft liegen muss, z. B. kann für die Höhe eines Katalogs ein Wertebereich von 10 bis 30 cm vorgegeben werden.

Ist ein Wertebereich auf wenige konkrete Werte beschränkt, so kann die Integritätsbedingung als Aufzählungswert bezeichnet werden [Albe1995, 71], z. B. wenn für den Wert der Eigenschaft Format eines Katalogs die Alternativen auf DIN A3, DIN A4 oder DIN A5 beschränkt sind.

Als Regel werden Integritätsbedingungen bezeichnet, die aus einer Vorbedingung und einer daraus folgenden Konsequenz bestehen [Bien2001, 127], z. B. hat die Auswahl der Produktart Katalog zur Folge, dass neben einem Innenteil auch ein Umschlag für den Katalog spezifiziert werden muss.

Im Gegensatz zur Regel ist ein Constraint eine ungerichtete Restriktion, d. h. durch Constraints werden alle Eigenschaftswerte aufgeführt, deren Kombination durch ein Verbot ausgeschlossen wird [Bien2001, 125], z. B. schließt die Auswahl von 300 Seiten für einen Katalog aus, dass als Bindungsart eine Ringbindung ausgewählt werden kann.

In Bezug auf die Integritätsbedingungen ist im erweiterten Metamodell ebenfalls angedeutet, dass es hilfreich sein kann, Ausnahmen von Integritätsbedingungen zu formulieren, z. B. wenn es geringeren Aufwand bedarf, eine allgemeine Regel und Ausnahmen davon zu formulieren, statt eine große Anzahl von Regeln für unterschiedliche Gegebenheiten aufzustellen.

Im Gegensatz zu dem ontologischen Abstraktionsmechanismus, der für die weiß hinterlegten Klassen in Bild 4 und Bild 7 verwendet wurde, kann der Abstraktionsmechanismus, der für die in dem erweiterten Metamodell grau hinterlegten Klassen in Bild 7 verwendet wurde, als sprachbasiert bezeichnet werden, da die grau hinterlegten Klassen sprachliche Elemente spezifizieren, die zur Erstellung von Modellen verwendet werden können.

## 6 Schlussbemerkungen

In diesem Beitrag haben wir zwei Metamodelle vorgestellt, welche dazu dienen, Modelle im Kontext auftragsspezifischer unternehmensübergreifender Leistungserstellung in der Druckbranche zu erstellen und zu harmonisieren. Der Schwerpunkt des einen Metamodells liegt auf der übersichtlichen Darstellung der relevanten Gegenstände und Beziehungen, gegliedert nach den Aufgaben der Kollaborationsplattform. Der Schwerpunkt des anderen Metamodells liegt auf der Darstellung der Produktkonfiguration und der Verknüpfung von spezifischen Produkthanforderungen mit notwendigen Produktionsprozessen sowie Res-

sources von Anbietern. Zur Illustration haben wir die Metamodelle verwendet, um Beispielmuster zur Entwicklung einer Kollaborationsplattform für die Druckbranche zu erstellen. Aus dem Metamodell für Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen lassen sich Erkenntnisse ableiten, die für die Entwicklung weiterer Hilfsmittel zur Unterstützung auftragspezifischer unternehmensübergreifender Leistungserstellung außerhalb der Druckbranche genutzt werden können.

Die Anforderungen an ein Metamodell für die Kollaborationsplattform sind durch das Metamodell für Produkt, Produktionsprozess und Ressourcen größtenteils erfüllt. Nicht erfüllte Anforderungen können mit zusätzlichen Hilfsmitteln, wie z. B. Thesauri bearbeitet werden. Zudem wurden in diesem Beitrag weitere Anforderungen (z. B. Preisbildungsmechanismen) genannt, die aus Komplexitätsgründen nicht berücksichtigt werden konnten, grundsätzlich aber erfüllbar sind. Interessant ist außerdem, inwieweit das Metamodell um die Darstellung fachspezifischen Wissens (z. B. Match-Making-Prozesse) erweitert werden kann, ohne dass die Übersichtlichkeit verloren geht. Als erster Schritt in diese Richtung wurde dazu in dieser Arbeit bereits eine Erweiterung des Metamodells um Integritätsbedingungen durchgeführt.

Als nächstes ist eine empirische Evaluation von Nutzung und Nutzen des Metamodells in der Druckbranche durchzuführen, um ggf. weitere Grenzen des Metamodells zu identifizieren und Verbesserungsvorschläge zu erhalten. Da unser Metamodell auch als Vorbild für andere Bereiche auftragspezifischer unternehmensübergreifender Leistungserstellung verwendet werden kann, wären weitere Beispiele der Anwendung des Metamodells für andere Branchen ebenfalls interessant, um das Metamodell ggf. anzupassen oder zu erweitern.

## Literaturverzeichnis

- [Albe1995] Albers, S.: Modellbasiertes Prototyping: Entwicklung betrieblicher Anwendungssysteme auf der Basis von Metamodellen. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1995.
- [Awis2000] Awiszus, B.: Integrierte Produkt- und Prozessmodellierung umformtechnischer Planungsprozesse. Shaker Verlag, Aachen 2000.
- [BDDK<sup>+</sup>1997] Benn, W.; Dube, H.; Dürr, H.; Kunzmann, U.; Löbig, S.: ISO 10303 (STEP) - Datenaustauschformat oder Modellierungsbasis?. *Industrie-Management: Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse*. Nr. 2, 2007, S. 34-37.
- [Bien2001] Bienek, C.: Prozeßorientierte Produktkonfiguration zur integrierten Auftragsabwicklung bei Variantenfertigern. Shaker Verlag, Aachen 2001.
- [BKBB<sup>+</sup>2009] Becker, J.; Knackstedt, R.; Beverungen, D.; Bräuer, S.; Bruning, D.; Christoph, D.; Greving, S.; Jorch, D.; Joßbächer, F.; Jostmeier, H.; Wiethoff, S.; Yeboah, A.: Modellierung der hybriden Wertschöpfung: Eine Vergleichsstudie zu Modellierungstechniken. In: Becker, J.; Grob, H.-L.; Hellingrath, B.; Klein, S.; Kuchen, H.; Müller-Funk, U.; Vossen, G. (Hrsg), *Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik Westfälische Wilhelms-Universität Münster*. Nr. 125, 2009.
- [Bund2012] Bundesverband Druck und Medien e.V.: Die deutsche Druckindustrie in Zahlen. [http://www.bvdm-online.de/Zahlen/pdf/taschenstatistik\\_2012.pdf](http://www.bvdm-online.de/Zahlen/pdf/taschenstatistik_2012.pdf) o. O. 2012, Abruf: 2013-07-30.
- [CaFo2011] Campagna, D. Formisano, A.: ProdProc - Product and Production Process Modeling and Configuration. In: *Proceedings of the 26th Italian Conference on Computational Logic*. Nr. 810, 2011, S. 261-279.
- [Fran2000] Frank, U.: Die Modellierung von Produkten für Handelsplattformen im Internet - ein Ansatz auf der Basis von Metakzepten. In: Frank, U.; Jasper, H.; Küng, J.; Vossen, G. (Hrsg), *Informationssysteme für E-Commerce: EMISA-2000*. Linz 2000.
- [Fran2002] Frank, U.: Modeling Products for Versatile E-Commerce Platforms: Essential Requirements and Generic Design Alternatives. In: Mayr, H.

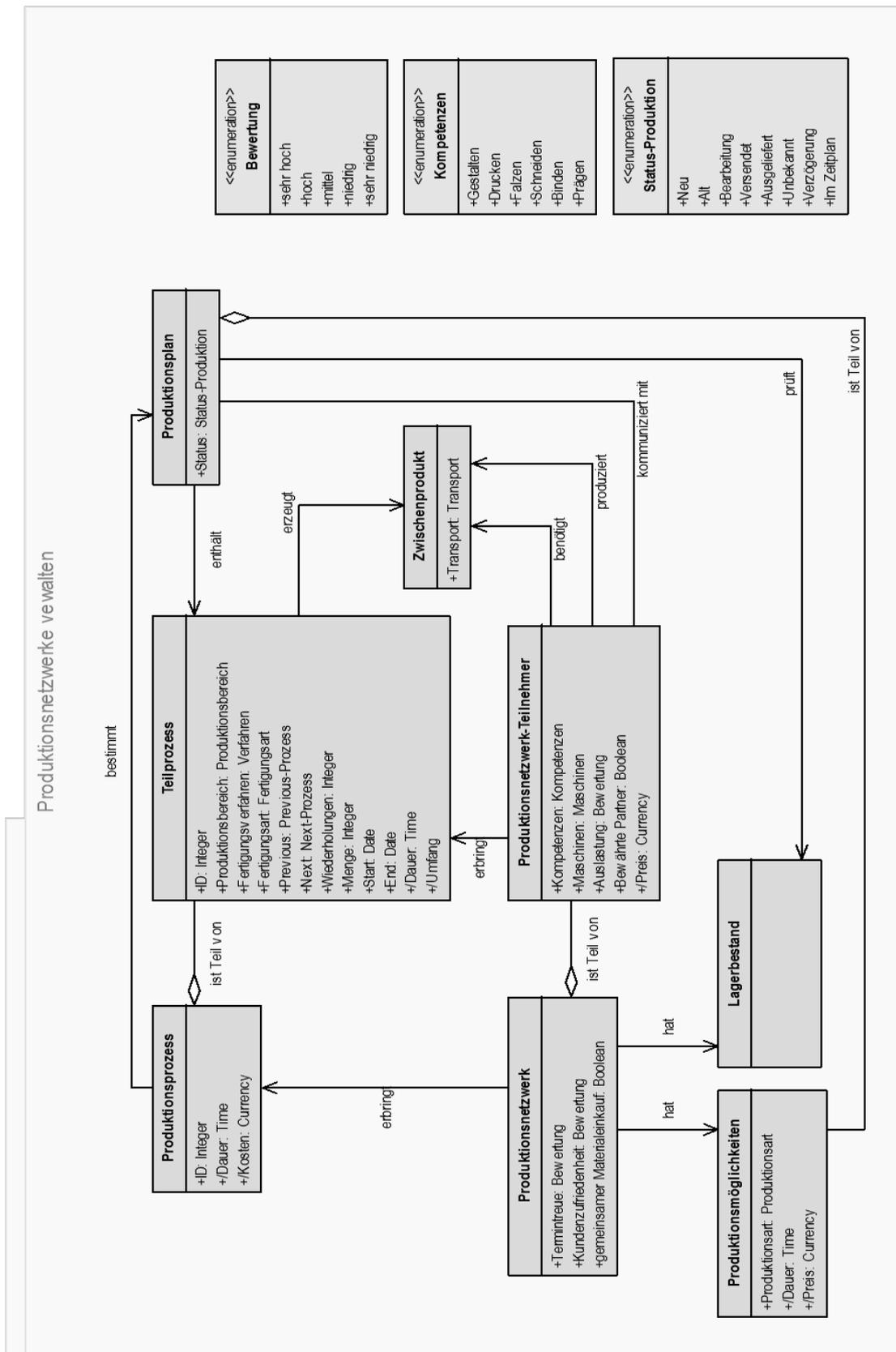
- (Hrsg), Proceedings of the 2nd International Workshop on Conceptual Modeling Approaches for E-Business. Springer, Tampere 2002.
- [Gars2004] Garshol, L. M.: Metadata? Thesauri? Taxonomies? Topic Maps! Making sense of it all. *Journal of Information Science*. Nr. 30(4), 2004, S. 378-391.
- [Höff2007] Höfferer, P.: Achieving Business Process Model Interoperability Using Metamodels and Ontologies. In: Österle, H.; Schelp, J.; Winter, R. (Hrsg), *ECIS: University of St. Gallen, 2007*, S. 1620-1631.
- [HoNü2008] Hogrebe, F.; Nüttgens, M.: Integrierte Produkt- und Prozessmodellierung: Rahmenkonzept und Anwendungsfall zur EU-Dienstleistungsrichtlinie. In: Loos, P.; Nüttgens, M.; Turowski, K.; Werth, D. (Hrsg), *Modellierung betrieblicher Informationssysteme – Modellierung zwischen SOA und Compliance Management*. Köllen, Bonn 2008.
- [Hümm2004] Hümmel, W.: Vertragsverhandlungen um konfigurierbare Produkte im elektronischen Handel. Dissertation, Technische Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg 2004.
- [Inte2009] International Cooperation for the Integration of Processes in Prepress, Press and Postpress - CIP4: JDF Specification version 1.4a. [http://www.cip4.org/open\\_source/index.html](http://www.cip4.org/open_source/index.html) o. O. 2009, Abruf: 2013-08-21.
- [John2001] John, H.: Modellierungstechnik zur Integration von Prozesswissen in ein Produktmodell. Shaker, Aachen 2001.
- [Kais1997] Kaiser, J.: Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozeß mit Produktmodellen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1997.
- [Kock2005] Kock, N.: What is E-Collaboration? *International Journal of e-Collaboration*. Nr. 1(1), 2005, S. :i-vii.
- [Köni2011] König, A.: Geschäftsmodell Onlinedruck. Entstehungsgeschichte, Funktionsweise, Beispiele. In: Peschke, H.; König, A. (Hrsg), *Berichte aus der Druck- und Medientechnik*. Nr. 1, Berlin 2011.
- [Kühn2006] Kühne, T.: Matters of (Meta-)Modelling. *Software and Systems Modelling*. Nr. 5(4), 2006, S. 369-385.

- [Leck2006] Leckner, T.: Kundenkooperation beim Web-basierten Konfigurieren von Produkten. EUL Verlag, Köln, 2006.
- [Lors2003] Lorscheid-Trostmann, K.: Entwicklung eines informationslogistischen Strukturkonzepts zur globalen Produktionsdatenintegration in der Branche Druck. Dissertation im Fachbereich E-Elektrotechnik, Informationstechnik, Medientechnik an der Bergischen Universität Wuppertal, Wuppertal 2003.
- [MeKu2011] Meiser, S.; Kuehn, W.: Resource Capacity Search in Collaborative Print Service Networks. In: Tohben, K.; Stich, V.; Imtiaz, A. (Hrsg): Proceedings of the 2011 17<sup>th</sup> International Conference on Concurrent Enterprising (ICE 2011). Aachen 2011.
- [Obj2012] Object Management Group: OMG Systems Modeling Language. <http://www.omg-systems-modeling.org/> o. O. 2012, Abruf: 2013-08-26.
- [Obj2011] Object Management Group: Unified Modeling Language. <http://www.omg.org/spec/UML/> o. O. 2011, Abruf: 2013-08-15.
- [Oest2012] Oesterreich, B.: Analyse und Design mit der UML 2.5: Objektorientierte Softwareentwicklung. Oldenbourg, München 2012.
- [PRTV2012] Peffers, K.; Rothenberger, M.; Tuunanen, T.; Vaezi, R.: Design science research evaluation. In: Peffers, K.; Rothenberger, M.; Kuechler, B. (Hrsg), DESRIST'12 Proceedings of the 7th international conference on Design Science Research in Information Systems: advances in theory and practice. Springer, Berlin, Heidelberg 2012.
- [PTRC2007] Peffers, K.; Tuunanen, T.; Rothenberger, M.; Chatterjee, S.: A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems. Nr. 24(3), 2007, S. 45-77.
- [Stac1973] Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien, New York 1973.
- [Stra1999] Strahringer, S.: Probleme und Gefahren im Umgang mit „Meta“-Begriffen: ein Plädoyer für eine sorgfältige Begriffsbildung. In: Proceedings of the International Knowledge Technology Forum. Potsdam 1999.
- [Wern1984] Wernerfelt, B.: The Resource-Based View of the Firm. Strategic Management Journal. Nr. 5(2), 1984, S. 171-180.

- [WAEH<sup>+</sup>2012] Winter, A.; Alt, R.; Ehmke, J.; Haux, R.; Ludwig, W.; Mattfeld, D.; Oberweis, A.; Paech, B.: Manifest – Kundeninduzierte Orchestrierung komplexer Dienstleistungen. Gestaltung eines Paradigmenwechsels. Informatik-Spektrum. Nr. 35(6), 2012, S. 399-408.
- [Zipc2013] Zipcon consulting GmbH: Online Print Synopsium 2013.  
[http://www.online-print-symposium.de/wp-content/uploads/OPS\\_Fazit\\_final\\_mitBildern OPS-Logo.pdf](http://www.online-print-symposium.de/wp-content/uploads/OPS_Fazit_final_mitBildern OPS-Logo.pdf) o. O. 2013, Abruf: 2013-08-21.



## Anhang 2: Metamodellinstanz Produktionsnetzwerke verwalten



### Anhang 3: Metamodellinstanz Produktionsprozesse beschreiben

