

OLIVER THOMAS
MARKUS NÜTTGENS
(Herausgeber)

Diskussionsbeiträge
des 2. Workshops
Dienstleistungs-
modellierung
(DLM 2010)

24. März 2010,
Alpen-Adria-Universität Klagenfurt,
Österreich

Vorwort

Der Workshop „Dienstleistungsmodellierung 2010“, der am 24. März 2010 an der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Österreich, im Rahmen der Konferenz „Modellierung 2010“ zum zweiten Mal stattfand, gibt in einem zweijährigen Rhythmus einen Überblick über den State-of-the-Art der Modellierung von Dienstleistungen (weitere Informationen zur Tagung DLM 2010 sind im Internet unter der URL <http://www.imwi.uni-osnabrueck.de/DLM2010> abrufbar). Dabei werden sowohl aktuelle Problemstellungen und Lösungsansätze als auch zukünftige Entwicklungsperspektiven betrachtet. Der Workshop fokussiert einerseits Modelle zur Dienstleistungsentwicklung und -erbringung und andererseits Modelle von Informationssystemen, welche die Entwicklung oder Erbringung von Dienstleistungen unterstützen. Die Beiträge betrachten alle Lebenszyklusphasen von Dienstleistungen sowie alle „Dimensionen“ des Dienstleistungsbegriffs, die eine Basis zur Entwicklung von Ressourcenmodellen (Potenzialdimension), Prozessmodellen (Prozessdimension) und Produktmodellen (Ergebnisdimension) darstellen.

Auf der DLM 2010 wurde eine dreistufige Beitragsannahme verfolgt: 1. Annahme als Diskussionspapier: „Research in Progress“-Papiere werden auf der Tagung zur Diskussion gestellt und erscheinen online in dieser CEUR-Workshop-Proceeding, 2. Annahme als wissenschaftlicher Beitrag: Volle wissenschaftliche Beiträge werden in der Tagungsbandreihe „Dienstleistungsmodellierung“ bei Physica publiziert, 3. Annahme mit Journal-Empfehlung: Ausgezeichnete Beiträge werden mit einer Annahmquote von maximal 20% nach Überarbeitung zur Veröffentlichung in einem Special Issue der englischsprachigen Zeitschrift „Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA)“ empfohlen. Diese Sonderausgabe erscheint Ende 2010.

Die vorliegende CEUR-Workshop-Proceeding enthält die Diskussionsbeiträge der DLM 2010 und vervollständigt damit den bei Physica von uns herausgegebenen Tagungsband „Dienstleistungsmodellierung : Interdisziplinäre Konzepte und Anwendungsszenarien“.

Allen Autoren möchten wir sehr herzlich für Ihren eingereichten Beitrag zur DLM 2010 danken. Für die wissenschaftliche Begutachtung der Beiträge bedanken wir sehr herzlich bei den Mitgliedern des Programmkomitees. Diese sind in alphabetischer Reihenfolge Prof. Dr. Michael Abramovici (Ruhr-Universität Bochum), Dr. Otmar Adam (Villeroy & Boch AG), Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich (TU Kaiserslautern), Hermann Behrens (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.), Prof. Dr. Lucienne Blessing (Universität Luxemburg), Prof. Dr. Freimut Boden-

dorf (Universität Erlangen-Nürnberg), Prof. Dr. Tilo Böhmann (International Business School of Service Management, Hamburg), Prof. Dr. Jan vom Brocke (Hochschule Liechtenstein), Prof. Dr. Ing. habil. Klaus-Peter Fähnrich (Universität Leipzig), Walter Ganz (Fraunhofer IAO, Stuttgart), Dr. Gerhard Gudergan (Forschungsinstitut für Rationalisierung – FIR, Aachen), Prof. Dr. Roland Holten (Universität Frankfurt/Main), Frank Johann (Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG), Dr. Ralf Klein (Capco – The Capital Markets Company, Frankfurt/Main), Dr. Ralf Knackstedt (ERCIS, Universität Münster), Dr. Sabine Korte (VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf), Dr. Kyrill Meyer (Universität Leipzig), Prof. Dr. Jan Marco Leimeister (Universität Kassel), Prof. Dr. Horst Meier (Ruhr-Universität Bochum), Prof. Dr. Kathrin M. Möslein (Universität Erlangen-Nürnberg), Günther Müller-Luschnat (FAST GmbH, München), Prof. Dr. Volker Nissen (TU Ilmenau), Prof. Dr. Andreas Oberweis (Universität Karlsruhe), Prof. Dr. Frank Rump (FH Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven), Michael Schlicker (Interactive Software Solutions GmbH, Saarbrücken), Prof. Dr. Gertrud Schmitz (Universität Duisburg-Essen), Bertolt Schuckließ (Projekträger im DLR, Bonn), Prof. Dr. Kristina Shea (TU München), Dr. Stefan Strecker (Universität Duisburg-Essen) und Prof. Dr. Mathias Weske (Universität Potsdam).

Osnabrück und Hamburg, im Frühling 2010

Oliver Thomas
Markus Nüttgens

Inhaltsverzeichnis

Modellierung strategischer Liefernetze für hybride Leistungsbündel	
<i>Holger Schrödl, Patrick Gugel und Klaus Turowski</i>	1
1 Einführung	1
2 Aktueller Forschungsstand.....	3
2.1 Hybride Leistungsbündel.....	3
2.2 Liefernetze	5
2.3 Strategische Beschaffung.....	6
2.4 Bestehende Referenzmodelle für die Beschaffung hybrider Leistungsbündel.....	8
3 Modellierung eines strategischen Liefernetzes für hybride Leistungsbündel	9
3.1 Konstruktionsmethode	9
3.2 Strategische Bedarfsplanung.....	9
3.3 Strategische Netzwerkmodellierung	11
4 Anwendung des Referenzmodells.....	15
4.1 Angebotserstellung für hybride Produkte in der IT- Industrie	15
4.2 Kundendienstbericht	15
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	16
6 Literaturverzeichnis	17
Modellierung hybrider Wertschöpfung – Grundlagen und Fallbeispiel im Kontext technischer Kundendienstleistungen	
<i>Michael Schlicker, Nadine Blinn und Markus Nüttgens</i>	19
1 Einleitung.....	19
2 State-of-the-Art der Dienstleistungsmodellierung	21
2.1 Modellierung der Prozessdimension.....	22
2.2 Modellierung der Potenzialdimension	23
2.3 Modellierung der Ergebnisdimension.....	24
2.4 Zusammenfassung	24
3 Anforderungen an Modellierungsmethoden zur Konstruktion technischer Serviceprozesse.....	24
4 Serviceprozessmodellierung	28
4.1 Systematisierung der Serviceprozesse im TKD.....	28
4.2 Methode zur Modellierung technischer Serviceprozesse.....	29

4.3 Vorgehensmodell	30
5 Anwendungsfall	34
5.1 Szenario	34
5.2 Modellierungsbeispiel Fehlerbild F.0	36
6 Zusammenfassung und Ausblick	40
7 Literaturverzeichnis	40

Kontinuierliche Referenzmodellverwaltung für die Maschinensimulation

Werner Esswein, Sina Lehrmann und Jeannette Stark **44**

1 Einleitung	44
2 Maschinensimulation als industrielle Dienstleistung	46
2.1 Die betriebswirtschaftliche Relevanz der interaktiven Maschinensimulation	48
2.2 Hinderungsgründe für den Einsatz von interaktiver Maschinensimulation	49
2.3 Erfolgspotenzial des Dienstleistungsangebots zur interaktiven Maschinensimulation	50
3 Referenzmodellierung als Befähiger zur Dienstleistungserbringung	51
4 Kontinuierliche Modellverwaltung als Voraussetzung zur Erfahrungsbasierten Modellevolution	55
4.1 Erfahrungsbasierte Modellverbesserung	55
4.2 Beziehungspfade zwischen Referenzmodell und abgeleiteten Modellen ..	58
5 Zusammenfassung	62
6 Danksagung	63
7 Literaturverzeichnis	63

Meta-Kennzahlen für die Bewertung von Dienstleistungen

Edzard Weber und André Nimmich **65**

1 Einleitung	65
2 Herausforderungen bei der Bewertung von Dienstleistungen	66
2.1 Dienstleistungsspezifische Rahmenbedingungen	66
2.2 Allgemeine Herausforderungen bei Bewertungen	67
3 Metriken	69
3.1 Bewertungsbaum	69
3.2 Meta-Kennzahlen	71
4 Das Kennzahlen-Cockpit	76
4.1 Grundgedanke	76
4.2 Sichten-Konzept	77
4.3 Systemarchitektur	78
5 Anwendung und Ausblick	79
6 Literaturverzeichnis	81

Autorenverzeichnis **83**

Modellierung strategischer Liefernetze für hybride Leistungsbündel

Holger Schrödl, Patrick Gugel und Klaus Turowski

Unternehmen suchen zur Vermeidung von Niedrigpreisstrategien intensiv nach neuen Wegen, sich in einem globalen Markt vom Wettbewerb zu unterscheiden. Eine vielversprechende Antwort bieten hybride Leistungsbündel als Möglichkeit, bestehende Angebote eigenständiger Produkte und Services zu einer integrierten Problemlösung für spezifische Kundenanforderungen auszuweiten. Diese Differenzierungsstrategie führt zu einer steigenden Abhängigkeit zwischen dem anbietenden Unternehmen und dessen Lieferanten. Liefernetze fungieren im Gegensatz zu einer lieferantenzentrierten Beschaffungsstrategie als wesentlicher Wegbereiter in der Gestaltung integrierter Lösungsangebote. Dennoch ist der Einfluss von Liefernetzwerken auf das Management von hybriden Produkten weitgehend unerforscht. Vor allem die Entwicklung strategischer Liefernetze bietet Unternehmen die Möglichkeit, langfristige Lieferantenverbindungen zu etablieren. In diesem Beitrag wird eine Erweiterung bestehender Referenzmodellierungen für die Entwicklung strategischer Liefernetze auf die Anforderungen hybrider Leistungsbündel vorgestellt. Diese Entwicklung strategischer Liefernetze umfasst die Funktionen Identifikation, Bewertung und Auswahl von Liefernetzen für einen spezifischen Bedarf eines hybriden Leistungsbündels. Hierzu werden die Datensicht, die Funktions-sicht und die Steuerungssicht eines bestehenden Modells erweitert und damit an die spezifischen Bedürfnisse hybrider Leistungsbündel angepasst. Das konzipierte Modell wird anhand ausgewählter Fallstudien evaluiert.

1 Einführung

Globale Marktszenarien führen dazu, dass Angebote sehr leicht vergleichbar sind. Dies trifft sowohl im Bereich der Angebote von Produktionsunternehmen wie auch von Dienstleistungsunternehmen zu. In solchen vergleichbaren Angebotssituationen ist häufig eine Preisführerschaft der Schlüssel, um Marktanteile zu gewinnen. Unternehmen, die ihre Marktanteile im Wesentlichen über eine Preisführerschaft erzielen, haben tendenziell weniger strategischen Entwicklungsspielraum. Eine strategisch bedeutsame Art, sich gegenüber dem Mitbewerber in vergleichbaren Märkten zu differenzieren, ist das Anbieten von hybriden Leistungsbündeln

(Burr 2002). Hybride Leistungsbündel stellen dabei eine integrierte Kombination von physischen Produkten und immateriellen Dienstleistungen dar, mit dem Ziel ein spezifisches Kundenproblem zu lösen (Hirschheim, Klein und Lyytinen 1995).

Liefernetze bestehen aus mehreren voneinander unabhängigen Lieferanten, von denen einer dieser Lieferanten als fokal bezeichnet wird. Der fokale Lieferant ist der Lieferant, der das Angebot an den Kunden erstellt. Der fokale Lieferant organisiert alle Aspekte des hybriden Leistungsbündels im Liefernetz. Trotz der Komplexität der Organisation von Liefernetzen ist der Vorteil dieser Organisationsform auf das Angebot hybrider Leistungsbündel enorm: Das Hauptaugenmerk dieser Organisationsform liegt auf der Verbindung von Geschäftsprozessen und stellt daher eine wertvolle Methode dar, hybride Leistungsbündel zu organisieren. Betrachtet man hoch integrierte Leistungsbündel, so erfolgt das Ausliefern solcher Angebote im Rahmen eines Service Prozesses, der nahtlos in die relevanten Kundenprozesse integriert ist.

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass das Management von hybriden Leistungsbündeln in Informationssystemen etablierte Geschäftsprozesse vor neue Herausforderungen stellt. So lassen sich hybride Leistungsbündel in Geschäftsprozessen, beispielsweise im Supply Chain Management, nur unzureichend darstellen. Die Forschung im Bereich der hybriden Wertschöpfung konzentriert sich auf Modelle und Methoden zur Konstruktion solcher Lösungen. Die Diskussion über das Verhalten hybrider Leistungsbündel in Liefernetzen steht noch aus.

Die zentrale Forschungsfrage für den vorliegenden Beitrag lautet: Welche Elemente muss ein Modell für die Entwicklung eines strategischen Liefernetzes für hybride Leistungsbündel enthalten? Hierzu werden bestehende Ansätze zur Referenzmodellierung strategischer Liefernetze betrachtet (Albani, Müssigmann und Zaha 2006) und auf die Anforderungen für das Management hybrider Leistungsbündel erweitert. Das Ergebnis ist dabei eine funktionale Spezifikation eines Modells. Der praktische Nutzen eines solchen Modells wurde durch bisherige Diskussionen mit unterschiedlichen Experten über bereits bestehende Modelle zur Entwicklung strategischer Netzwerke erkannt.

Der Beitrag ist wie folgt strukturiert: In Kapitel 2 wird der aktuelle Forschungsstand zu den Themen hybride Leistungsbündel, Liefernetze, strategische Beschaffung und der Modellierung strategischer Liefernetze dargestellt. In Kapitel 3 werden die Elemente eines Referenzmodells vorgestellt, das eine Entwicklung strategischer Liefernetze für hybride Leistungsbündel beschreibt. Hierzu werden die Elemente, die eine Erweiterung bisheriger Modelle strategischer Liefernetze darstellen, in Form entsprechender Modellierungen vorgestellt. In Kapitel 4 werden die Erweiterungen des Referenzmodells auf zwei unterschiedliche Anwendungsfälle angewendet. Kapitel 5 gibt eine Zusammenfassung und zeigt künftigen Forschungsbedarf auf.

2 Aktueller Forschungsstand

2.1 Hybride Leistungsbündel

Im Allgemeinen sind hybride Leistungsbündel eine Kombination aus physischen Produkten, Dienstleistungen sowie immateriellen Werten wie beispielsweise Garantien oder erworbene Rechte. In Abhängigkeit des Grades der Ausprägung der einzelnen Bestandteile können hybride Leistungsbündel in vier Grundbestandteile zerlegt werden: standardisierte physische Produkte, standardisierte Dienstleistungen sowie kundenspezifische Produkte und kundenspezifische Dienstleistungen. Die Unterteilung dieser vier Elemente ist nicht dichotom, aber die Übergänge zwischen diesen Elementen sind linear in dem Sinne, dass es mehrere Möglichkeiten gibt, diese Elemente zu einem hybriden Leistungsbündel zu kombinieren. Eine Übersicht hierzu zeigt Abb. 1. Ein zentraler Aspekt des Konzeptes eines hybriden Leistungsbündels ist der Startpunkt der Leistungserbringung. Hierbei dient nicht ein einzelner Service als auslösendes Moment, sondern der Kundenwunsch, ein spezifisches Problem zu lösen (Hirschheim, Klein und Lyytinen 1995). Zusammengefasst ist ein hybrides Leistungsbündel eine Kombination aus physischen Produkten, Dienstleistungen und immateriellen Gütern, die auf ein spezifisches Kundenbedürfnis ausgerichtet ist.

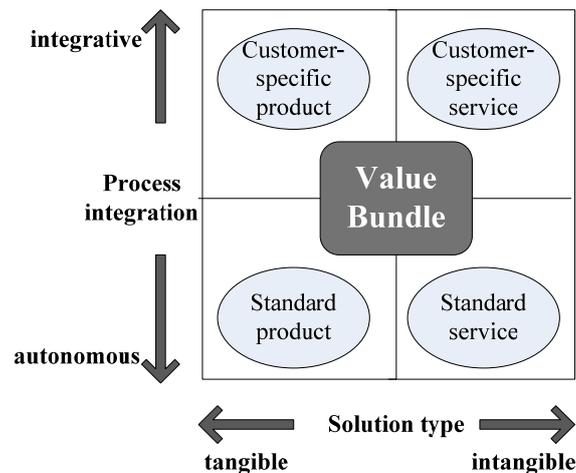


Abb. 1. Zusammensetzung hybrider Leistungsbündel

Integration ist ein zentraler Bestandteil hybrider Leistungsbündel. Dabei bedeutet Integration nicht nur die Bündelung von Produkten und Dienstleistungen im Sinne einer kombinierten Lösung, sondern auch die Prozessintegration auf Kunden und Lieferantenseite (Janiesch et al. 2006). Der Grad der Integration in hybriden Leistungsbündeln ist dabei variabel (Fettke und Loos 2007). Auf der einen

Seite existieren standardisierte physische Produkte, die mit einer Dienstleistung kombiniert sind, die einen direkten Bezug zum physischen Produkt aufweist. Auf der anderen Seite existieren Geschäftsmodelle wie Performance Contracting, bei denen das Angebot des hybriden Leistungsbündels aus einer Reihe von Servicevereinbarungen zur Erbringung einer bestimmten Leistung besteht (Corsten und Gössinger 2008). Solche Servicevereinbarungen verwenden physische Produkte und Dienstleistungen in Form eines hybriden Leistungsbündels, allerdings nutzt der Kunde dieses Leistungsbündel ausschließlich in Form der Servicevereinbarungen. Aus einer Kundensicht ist es nicht möglich, die physischen Anteile von den Dienstleistungsanteilen zu trennen.

Die Zusammensetzung hybrider Leistungsbündel über deren Produktlebenszyklus hinweg ist nicht notwendigerweise konstant. Dabei kann der Produktlebenszyklus in drei Abschnitte geteilt werden: Produktherstellung, Produktnutzung und Produktnachnutzung (Crawford et al. 2005). Im ersten Abschnitt der Produktherstellung liegt der Fokus auf der Identifikation, Evaluation und dem Aufbau von Beziehungen zwischen relevanten Lieferanten, die für das spezifische hybride Leistungsbündel in Frage kommen. Im Abschnitt der Produktnutzung liegt der Schwerpunkt auf der Interaktion zwischen dem Kunden und den Lieferanten, auf der Erfüllung der Servicevereinbarungen und weiteren intangiblen Werten. Im Abschnitt der Nachnutzung liegt der Fokus auf der Außerbetriebnahme des hybriden Leistungsbündels in einer angemessenen Art und Weise oder dem Ersetzen des hybriden Leistungsbündels durch eine Folgelösung.

Hoch integrierte hybride Leistungsbündel mit einem signifikanten Anteil von Dienstleistungen und intangiblen Werten sind nennenswert in die Geschäftsprozesse des Kunden eingebunden (vgl. Abb. 2).

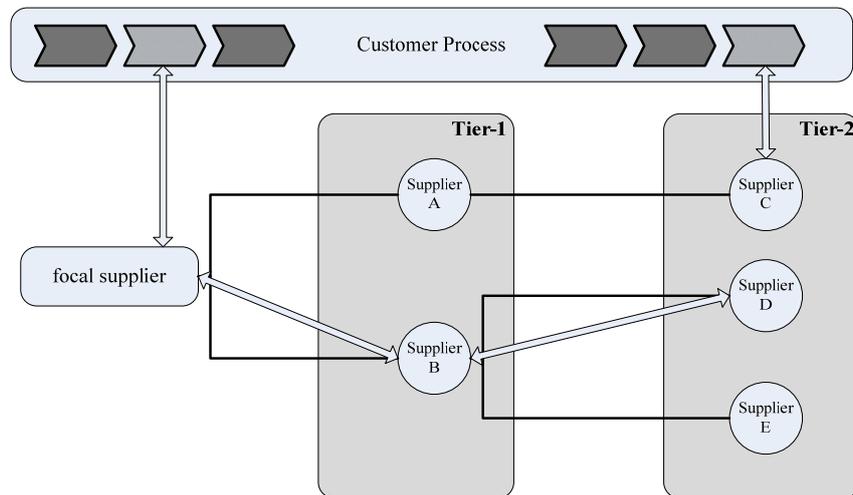


Abb. 2. Prozessintegration von Liefernetzen in Kundenprozesse

Betrachtet man Performance Contracting als Form der höchsten Integration, so stellt diese Leistungsform Subprozesse von betrieblichen Leistungsprozessen des Kunden dar. Setzt man eine adäquate Informationssysteminfrastruktur voraus, so werden aus Prozesssicht drei mögliche Prozessintegrationsformen zwischen den Leistungsprozessen der Anbieter und den Leistungsprozessen des Kunden unterschieden: Prozessintegration durch den fokalen Lieferanten, Prozessintegration durch eine Kombination aus dem fokalen Lieferanten und einem oder mehreren Sublieferanten oder Prozessintegration direkt durch Sublieferanten des fokalen Lieferanten.

2.2 Liefernetze

Es gibt mehrere Möglichkeiten, um Angebote, die auf hybriden Leistungsbündeln basieren, zu erstellen. Diese Möglichkeiten sind dabei auf die Kernkompetenzen der anbietenden Unternehmen ausgerichtet. Mögliche Formen der Realisierung werden dabei in einer hierarchischen Form, einer Kooperationsform und einer Marktform erzielt (Burianek et al. 2007). Unternehmen, die eine Fokussierung als Hersteller oder Produzent aufweisen, können durch den Aufbau eigener Serviceorganisationen innerhalb des Unternehmens ein hybrides Leistungsangebot entwickeln. Das gleiche Szenario gilt auch für Unternehmen, die eine Fokussierung als Dienstleister aufweisen und durch den Aufbau von Produktorganisationen innerhalb des Unternehmens die Möglichkeit schaffen, ein hybrides Leistungsangebot zu erstellen. Die zweite Option zur Erbringung hybrider Leistungsangebote ist das Generieren kombinierter Angebote auf dem Markt. Das anbietende Unternehmen kauft zusätzliche Services oder Produkte auf dem Markt und kombiniert diese zu einem eigenen hybriden Leistungsangebot. Die dritte Option ist der Aufbau enger Kooperationen zwischen unterschiedlichen Zulieferfirmen im Sinne eines Netzwerkverbundes (Davis und Olson 1988). Diese Möglichkeit führt zur Etablierung von Liefernetzen für hybride Leistungsbündel.

Liefernetze bestehen aus mehreren unabhängigen Lieferanten, von denen einer eine ausgezeichnete Position als fokaler Lieferant einnimmt. Dieser fokale Lieferant steht im kommerziellen Kontakt mit dem Kunden (vgl. Abb. 3). Der fokale Lieferant organisiert alle Aspekte des hybriden Leistungsbündels im Liefernetz. Trotz der Komplexität der Organisation von Liefernetzen sind die Vorteile dieser Organisationsform für hybride Leistungsbündel enorm. Das Hauptaugenmerk bei dieser Organisationsform liegt in der Kopplung der Geschäftsprozesse der beteiligten Teilnehmer und ist daher eine wertvolle Methode, hybride Leistungsbündel zu organisieren. Werden hoch integrierte hybride Leistungsbündel betrachtet, so erfolgt die Leistungserbringung eines solchen hybriden Leistungsbündels in Form eines Serviceprozesses, der nahtlos an die jeweiligen Kundenprozesse angebunden ist.

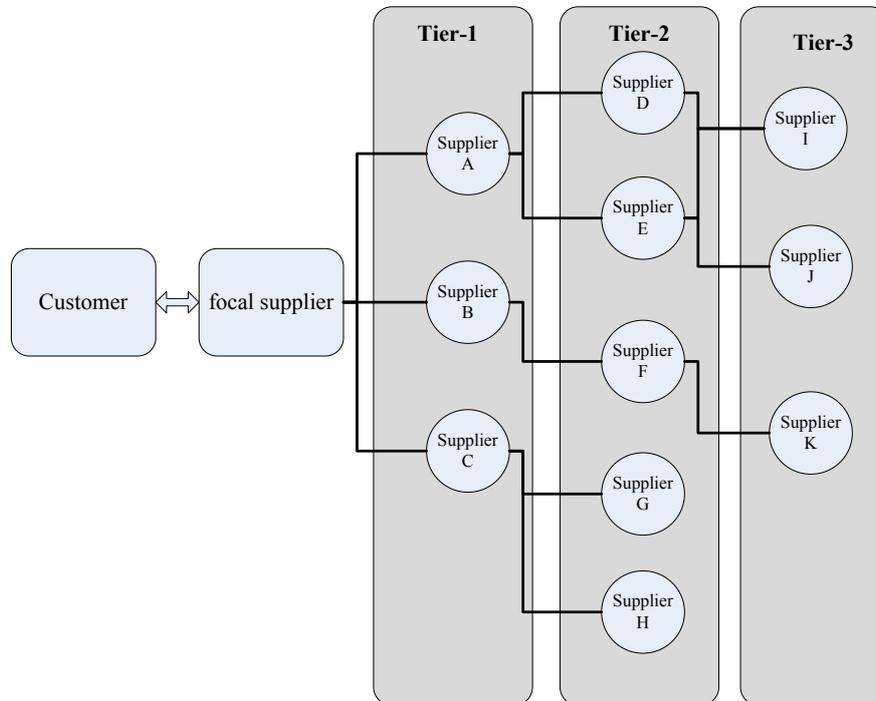


Abb. 3. Liefernetz für hybride Leistungsbündel

Im Sinne strategischer Liefernetze sind hybride Leistungsbündel solche Leistungsbündel, die aus Komponenten zusammengesetzt sind, die von mehreren unterschiedlichen Lieferanten kommen. Die Lieferanten für die unterschiedlichen Komponenten des hybriden Leistungsbündels werden als unabhängige Unternehmen betrachtet. Mit Rücksicht auf die Kundenperspektive auf ein hybrides Leistungsbündel wird ein Lieferant als fokaler Lieferant identifiziert. Dieser fokale Lieferant hat den kommerziellen Kontakt zum Kunden und ist darüber hinaus die Wurzel des Liefernetzes. Alle anderen Lieferanten (Netzwerkknoten) sind direkt oder indirekt, d.h. durch einen anderen Lieferanten, mit dem fokalen Lieferanten verbunden (Kante).

2.3 Strategische Beschaffung

Lange Zeit wurde die Beschaffung ausschließlich als innerbetriebliches Vollzugsorgan betrachtet, das produktions- und absatzpolitische Entscheidung zu erfüllen hatte (Arnold und Essig 2000; Kaufmann 2001). Heute wird jedoch die hohe strategische Bedeutung der Beschaffungsfunktion – in Wissenschaft und Praxis – weitgehend anerkannt (Holbach 2002; Kaufmann 2001; Krampf 2000). Deutlich wird dies insbesondere bei der Betrachtung des wertmäßigen Volumens, das durch

die Beschaffungsfunktion verantwortet wird und rechtfertigt deren Schlüsselrolle innerhalb eines Unternehmens. Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass der Anteil des Beschaffungsvolumens am Bruttoproduktionswert des verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2000 durchschnittlich 69,0% betrug.

Tabelle 1. Anteil des Beschaffungsvolumens am Bruttoproduktionswert des verarbeitenden Gewerbes in Prozent im Jahr 2000 (Statistisches Bundesamt 2002)

<i>Branche</i>	<i>Beschaffungsvolumen in% des Bruttoproduktionswertes</i>
Chemische Industrie	71,0
Kraftwagen und Kraftwagenteile	79,9
Maschinenbau	62,8
Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik	76,4
Verarbeitendes Gewerbe insgesamt	69,0

Der hohe Anteil der Beschaffungsaufgabe an den Gesamtkosten beinhaltet gleichzeitig auch grundsätzliches Potenzial zur Kostensenkung und Leistungsverbesserung. Damit hat die Beschaffungsfunktion unmittelbaren und mittelbaren Ergebniseinfluss und ist als solches als eine wichtige und permanent auszuübende Kernfunktion zu interpretieren (Carr und Pearson 1999; Kienzle 2000).

Durch die Erschließung der genannten Potenziale kann die Beschaffung der Realisierung von Wettbewerbsvorteilen dienen (Carr und Smeltzer 1997; Arnold und Essig 2000; Mol 2003). Dabei sind Wettbewerbsvorteile keineswegs nur auf den Absatzmärkten zu erkennen. Durch die bedingte zunehmende Konzentration auf Kernkompetenzen und einer damit einhergehenden Spezialisierung von Lieferanten, ist eine Entwicklung von Käufer- in Richtung Verkäufermärkte zu beobachten (Weigand 1998; Kuhl 1999). Damit führen also alle Bestrebungen sowohl zu einer Verbesserung der Wettbewerbssituation des beschaffenden (fokalen) Unternehmens auf den Absatzmärkten als auch zu einer Verbesserung für die angeschlossenen Lieferanten (Kuhl 1999).

Gleichzeitig vermehren sich aber durch diese Entwicklung und weitere bekannte äußere Einflüsse, wie bspw. die Globalisierung der Märkte, zunehmende Produktkomplexität, Verkürzung der Produktlebenszyklen, die Probleme innerhalb des ohnehin überwiegend als komplex, dynamisch und diskontinuierlich beschriebene Umfelds der Beschaffungsaufgabe (Kienzle 2000; Holbach 2002). Die strategische Beschaffung als Teil der gesamten Beschaffungsfunktion hat als Hauptaufgabe die Analyse und zielorientierte Gestaltung bzw. Beeinflussung beschaffungsrelevanter Faktoren (Roland 1993; Large 2006). Dabei sind die Faktoren den drei Aufgabenbereichen „Markt“, „Lieferanten“ und „Unternehmen“ zuzuordnen (Friedl 1990; Roland 1993; Ernst 1996). Im vorliegenden Beitrag liegt der Fokus auf der Betrachtung der lieferantenbezogenen Aufgaben. Explizit auf den Aufgaben für den Aufbau und das Management einer guten und effektiven Lieferantebasis. Diese bedingen das Vorhandensein einer Methode zur Identifikation, Selektion

tion und Qualifizierung von möglichen Lieferanten. Grundlage bildet zunächst die Abbildung der Struktur der identifizierten Lieferantenbasis, über Tiers hinweg, als Liefernetz. Ausgehend von diesem Modell lassen sich kundenwunschorientiert flexible (alternative) Wertschöpfungsketten bilden, bewerten und auswählen. Die Durchführung dieser Aufgaben ist aufgrund der komplexen Liefernetzstrukturen nur unter Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) möglich (Kopanaki et al. 2000).

2.4 Bestehende Referenzmodelle für die Beschaffung hybrider Leistungsbündel

Um den derzeitigen Stand der (Referenz-)Modellierung für die strategische Beschaffung erfassen zu können, wurden bestehende (Referenz-)Modelle und deren Analysen betrachtet.

Becker, Beverungen und Knackstedt (2008) konnten insgesamt 13 Referenzmodelle für den Bereich der Produktion sowie 15 Referenzmodelle für den Bereich der Dienstleistungen identifizieren. Nur drei der identifizierten Modelle beziehen sich auf Aspekte hybrider Wertbündel. Jedoch stellen sie fest, dass diese Modelle lediglich auf spezielle Teilgebiete ausgerichtet sind und damit der Erklärungsbeitrag zum Fachgebiet der hybriden Leistungsbündel bezogen auf die integrierte Sicht von Leistungsbündel und Produktlebenszyklus nur sehr begrenzt ist (Becker, Beverungen und Knackstedt 2008).

Im Bereich der strategischen Beschaffung von Dienstleistungen wurden durch Thiell (2006) acht Beiträge identifiziert. Er bemängelt insgesamt die geringe Aufmerksamkeit von Forschung und Praxis, die der strategischen Dienstleistungsbeschaffung trotz festgestellter Defizite gewidmet wird. Der Schwerpunkt der Veröffentlichungen sei im Bereich der operativen Beschaffung zu finden (Thiell 2006). Die ausgewählten Publikationen befassen sich überwiegend mit konkreten Strategien, Konzepten und Problemanalysen, eine Ableitung auf hybride Leistungsbündel und deren strategischer Beschaffung ist nur stark limitiert möglich.

Bei der Untersuchung von Referenzmodellen zur Modellierung von strategischen Liefernetzen ist lediglich der Ansatz von Albani, Müssigmann und Zaha (2006) des „Strategic Supply Network Planning“ (SSND) nennen. Im Zentrum des Modells stehen zwei funktionale Aspekte der strategischen Beschaffung: die strategische Bedarfsplanung und die Modellierung strategischer Liefernetze. Das Modell bezieht sich aber im Kern lediglich auf handelbare Waren. Eine Anwendbarkeit auf Dienstleistungen bzw. hybride Leistungsbündel ist in der Form nicht gegeben. Allerdings könnte durch eine Erweiterung der Sichten des bestehenden Modells eine Anwendbarkeit für das Management hybrider Leistungsbündel erreicht werden.

Für die Modellierung komplexer hybrider Leistungsbündel liefern Becker et al. (2009) bereits ein erstes Grundgerüst für die Datensicht, dieses gilt es gemäß den Anforderungen der strategischen Beschaffung zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen bzw. zu erweitern.

Abschließend lässt sich feststellen, dass bisher keine unmittelbare (Referenz-)Modellunterstützung im Bereich der strategischen Beschaffung für hybride Leistungsbündel existiert. Jedoch lassen sich bestehende (Referenz-)Modelle als Basis nutzen, um diese Lücke zu schließen.

3 Modellierung eines strategischen Liefernetzes für hybride Leistungsbündel

3.1 Konstruktionsmethode

Wie in Abschnitt 2.4 dargestellt weisen in der aktuellen Literatur dokumentierte (Referenz-)Modelle zur Entwicklung strategischer Liefernetze im Hinblick auf hybride Leistungsbündel Defizite auf. Daher werden im vorliegenden Beitrag bestehende Modelle um die spezifischen Anforderungen im Management hybrider Leistungsbündel angepasst und erweitert. Der zentrale Aspekt strategischer Liefernetze – die Etablierung und das Management von langfristigen Beziehungen unter unterschiedlichen Lieferanten verändert sich durch die Betrachtung hybrider Leistungsbündel nicht. Die Organisationsform ist ein Wertschöpfungsnetz. Daher wird an dieser Stelle auf eine Betrachtung der Organisationssicht verzichtet. Wesentlichen Anpassungsbedarf gibt es aber in den Funktionen Bedarfsplanung und Netzwerkmodellierung. Diese Funktionen werden daher in diesem Beitrag näher beleuchtet und durch Anpassungen und Erweiterungen in der Datensicht, in der Funktionssicht und der Steuerungssicht beschrieben. Zur Beschreibung der Erweiterungen des Referenzmodells strategischer Liefernetze für hybride Leistungsbündel werden zunächst semantische Datenmodelle konstruiert (vgl. Abb. 4, 5 und 7). Ergänzend wird der Geschäftsprozess der Identifikation strategischer Liefernetze dargestellt (vgl. Abb. 6). Grundlage der Darstellungen sind hierbei das Referenzmodell zur Entwicklung strategischer Liefernetze (Albani, Müssigmann und Zaha 2006) sowie des Modellierungsansatzes für hybride Leistungsbündel (Becker et al. 2009). Als Darstellungsmethode wird ARIS (Scheer 1999) verwendet.

3.2 Strategische Bedarfsplanung

Die erste Funktion des Modells ist die strategische Bedarfsplanung. Der erste Geschäftsprozess der Funktion strategische Bedarfsplanung ist die Klassifikation aller zu beschaffenden Güter und Dienstleistungen mit einer konsistenten, eindeutigen Identifikation. Diese eindeutige Identifikation kann dann an alle Lieferanten kommuniziert werden. Für standardisierte Einkaufsgüter und Standarddienstleistungen können etablierte Klassifikationsmethoden wie beispielsweise eCl@ss (vgl. <http://www.eclass.de/>) verwendet werden. Für kundenspezifische Güter und Dienstleistungen gilt es, eine passende, netzwerkweit eindeutige Identifikation einzuführen. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Knoten des zukünftigen Netzwerkes in der Lage sind, die Informationen über das hybride Leistungsbündel und

dessen Bestandteile zu verarbeiten. Darüber hinaus werden einzelne Komponenten unterschiedlicher hybrider Leistungsbündel nach definierten Kriterien gruppiert. Kriterien sind hierbei beispielsweise das Gesamteinkaufsvolumen oder die Bedeutung der Komponente für das Unternehmen. Demzufolge gilt es, entsprechende Beschaffungsstrategien unternehmensspezifisch zu entwickeln. Um den bestehenden Referenzprozess auf die Bedürfnisse hybrider Leistungsbündel auszuweiten, wird zunächst im Rahmen eines semantischen Datenmodells das zentrale Informationsobjekt neu definiert. Waren im Referenzprozess die zu beschaffenden Güter das zentrale Informationsobjekt, so sind es für die Erweiterung des Prozesses die hybriden Leistungsbündel, die zu beschaffen sind (vgl. Abb. 4).

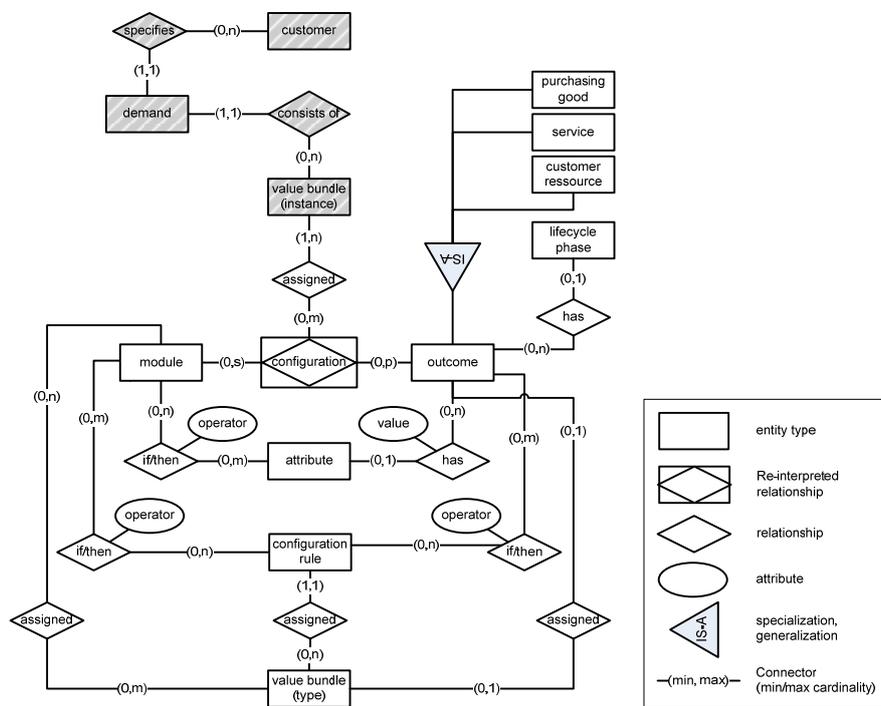


Abb. 4. Semantisches Datenmodell für hybride Leistungsbündel

Mit dem Startpunkt der Spezifikation des Kundenwunsches, der eine Instanziierung eines hybriden Leistungsbündels darstellt, werden sowohl Daten von den direkten Lieferanten als auch von allen Sublieferanten gesammelt, um die strategische Netzwerkmodellierung zu unterstützen. Der spezifische Kundenwunsch besteht aus einer spezifischen Konfiguration von Modulen und Leistungen, die sich in dem Lösungsraum des hybriden Leistungsbündels befinden. Dabei entspricht der Lösungsraum allen zulässigen Konfigurationen eines hybriden Leistungsbündels und wird im Diagramm als value bundle (type) bezeichnet. Hybride Leistungsbündel sind zusammengesetzt aus Modulen und Leistungen. Module sind

Building Blocks, die sich selbst enthalten können und eine gewisse Menge an Leistungen umfassen. Diese Module können in unterschiedlichen hybriden Leistungsbündeln wiederverwendet werden. Leistungen sind das Ergebnis eines ökonomischen Vorgangs und können daher physische Güter, Dienstleistungen oder Kundenressourcen sein. Module und Leistungen werden über Attribute beschrieben. Die Attribute sind dabei sowohl für physische wie auch für serviceorientierte Leistungen gültig. Die Kombinationen von unterschiedlichen Modulen und Leistungen kann eingeschränkt sein. Um diese Einschränkungen darzustellen, werden Konfigurationsregeln verwendet. Diese Konfigurationsregeln schränken den Lösungsraum ein und stellen die Konsistenz der hybriden Leistungsbündel sicher.

3.3 Strategische Netzwerkmodellierung

Zur strukturierten Modellierung von strategischen Liefernetzen folgt dieser Beitrag den Vorschlägen von Albani, Müssigmann und Zaha (2006). Die einzelnen Funktionen der Modellierung eines möglichen Liefernetzes sind dabei in drei Unterbereiche segmentiert: Identifikation, Bewertung und Auswahl von Liefernetzen. Für die Identifikation eines möglichen Liefernetzes wird der Bedarf für ein hybrides Leistungsbündel spezifiziert und an potenzielle oder bestehende Lieferanten im Liefernetz kommuniziert. Der fokale Lieferant sendet dabei den Bedarf für das hybride Leistungsbündel an die Lieferanten in Tier-1. Diese Lieferanten überprüfen, ob sie den jeweiligen Bedarf erfüllen können oder, falls dies nicht zutrifft, senden einen Bedarf ihrerseits an ihre Sublieferanten in Tier-2. Dabei kann zum einen die Situation eintreten, dass der Lieferant in Tier-1 den gesamten Bedarf nicht erfüllen kann und diesen vollständig an seine Lieferanten in Tier-2 weiterleitet. Zum anderen kann eintreten, dass der Lieferant in Tier-1 den Bedarf nur teilweise erfüllen kann und den Teil, den er selbst nicht erfüllen kann, an seine Sublieferanten in Tier-2 weiterleitet. Dieses Verfahren setzt sich subsequent auf alle im Liefernetz vorhandenen Ebenen fort. Im letzten Schritt werden die vom fokalen Lieferanten angeforderten Informationen über das Liefernetz eingesammelt, aggregiert und als Liefernetz visualisiert. In der Visualisierung stellt jeder mögliche Lieferant einen Netzwerkknoten dar.

Dieses Verfahren führt möglicherweise zu mehreren Liefernetzen, die in der Lage wären, den Bedarf des hybriden Leistungsbündels zu decken. In diesem Fall muss der fokale Lieferant entscheiden, welches dieser möglichen Liefernetze gewählt wird, um den spezifizierten Bedarf zu decken. Hierzu wird eine Bewertung der möglichen Liefernetze durchgeführt. Die Bewertung von Liefernetzen basiert auf definierten Bewertungskriterien und einer dazu korrespondierenden Bewertungsmethode. Mögliche Bewertungsmethoden sind beispielsweise ein multikriterieller, gewichteter Vektor (Müssigmann 2006). Das Ergebnis der Bewertung ist eine sortierte Liste aller möglichen Liefernetze, die geeignet sind, den Bedarf des hybriden Leistungsbündels zu erfüllen. Der fokale Lieferant nimmt basierend auf der Bewertung die Auswahl des entsprechenden Liefernetzes vor. Zur Etablierung des strategischen Liefernetzes ist es notwendig, die Beschaffungsbedingungen zu

verhandeln und daraufhin eine Vertragsgrundlage mit den Lieferanten in dem ausgewählten Liefernetz zu schließen. In Abb. 5 wurde das semantische Datenmodell aus Abschnitt 3.2 um die Komponenten erweitert, die für die Identifikation des Liefernetzes relevant sind.

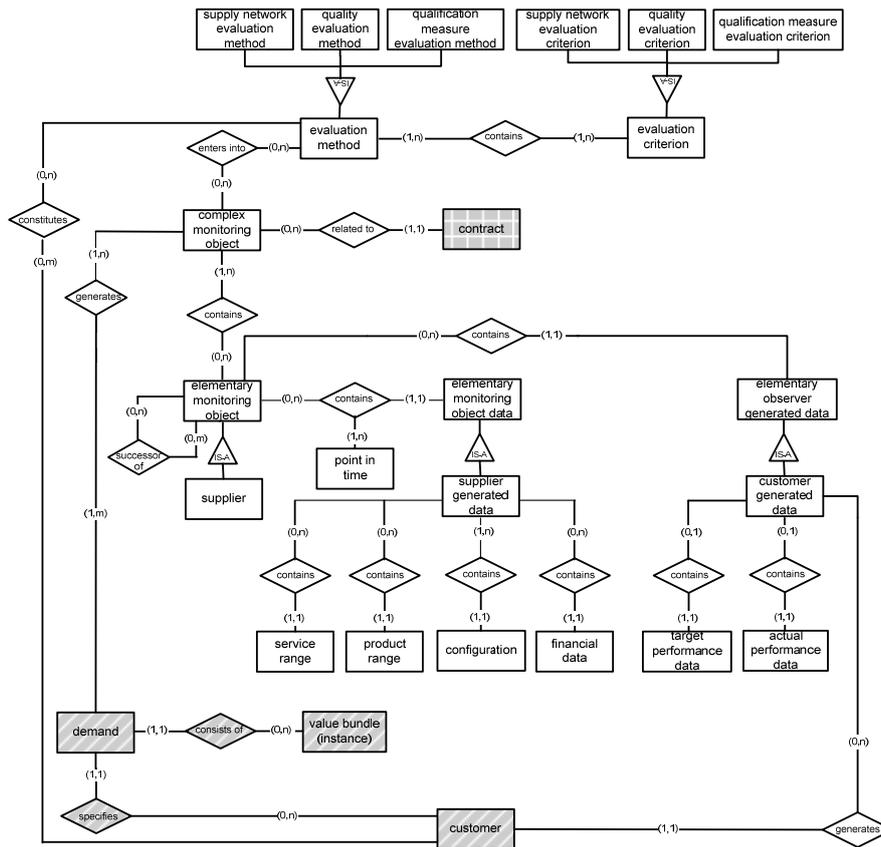


Abb. 5. Semantisches Datenmodell für die Modellierung strategischer Liefernetze für hybride Leistungsbündel

Die schattierten Objekte verbinden die unterschiedlichen semantischen Datenmodelle untereinander. Ausgehend vom Kundenwunsch, der durch eine Instanziierung eines hybriden Leistungsbündels dargestellt wird, ist es notwendig, alle Lieferanteninformationen von $Tier_1$ bis $Tier_n$ einzusammeln. Das Liefernetz, das vom fokalen Lieferanten ausgewählt wurde, den Kundenbedarf zu decken, ist ein Netzwerk aus Lieferanten, die Informationen an den Kunden weitergeben. Diese Informationen werden für die Entwicklung des Liefernetzes genutzt. Im Datenmodell wird das Netzwerk aus Lieferanten als komplexes Monitoring-Objekt repräsentiert, wobei jeder einzelne Lieferant als elementares Monitoring-Objekt darge-

stellt wird. Dieses elementare Monitoring-Objekt steht in direkter Beziehung zu einem Vertrag. Zu einem speziellen Zeitpunkt liefert jeder Lieferant Informationen über die Dienstleistungsausprägung, die Produktausprägungen, die Konfiguration des hybriden Leistungsbündels, Finanzdaten und weitere relevante Daten. Diese Informationen werden als kundenerzeugte Daten bezeichnet. Kundenerzeugte Daten können dabei Zieldaten oder aktuelle Performancedaten sein. Der Kunde erhält die Informationen aller komplexen Monitoring-Objekte, um das Liefernetz zu bewerten. Dabei sind unterschiedliche Bewertungsmethoden über unterschiedliche Bewertungskriterien definiert.

Der gesamte Prozess der Identifikation des Liefernetzes für den spezifischen Bedarf eines hybriden Leistungsbündels, der von einem Kunden geäußert wird, ist in Abb. 6 dargestellt.

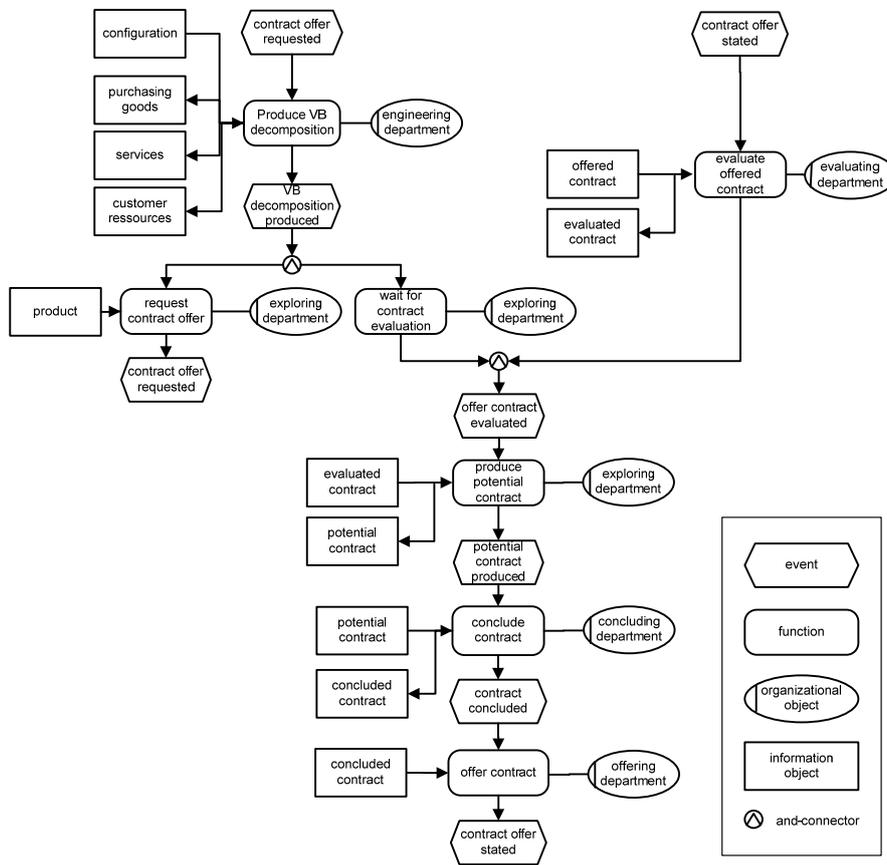


Abb. 6. Geschäftsprozess zur Identifikation von strategischen Liefernetzen für hybride Leistungsbündel.

Der Identifikationsprozess wird durch jeden Knoten des Liefernetzes ausgeführt, bis die letzte Netzwerkebene erreicht ist. Sobald der fokale Lieferant den Bedarf nach einem spezifischen hybriden Leistungsbündel erhalten hat, wird eine Dekomposition des hybriden Leistungsbündels durchgeführt. Diese Funktion wird neu in der Funktionssicht des Modells eingeführt. Mit dieser Funktion wird das hybride Leistungsbündel in nicht weiter unterteilbare Module zerlegt, die dann durch den fokalen Lieferanten als Bedarf an das Liefernetz kommuniziert werden können. Hierbei wird auf Lieferanten mit bestehenden Verträgen wie auch auf neue Lieferanten zurückgegriffen. Im Gegenzug erwartet der fokale Lieferant die Angebote der jeweiligen Lieferanten im Rahmen der bestehenden Verträge. Diese Angebote werden bewertet und bei positiver Bewertung wird der Vertrag abgeschlossen. Da diese Verhandlung durch jeden Knoten innerhalb des Liefernetzes durchgeführt wird, beinhaltet der Vertrag dem Kunden gegenüber alle Vertragsaspekte, die in den einzelnen Vertragssituationen verhandelt und abgeschlossen wurden.

Um die Bedeutung der Verhandlung im Rahmen des Identifikationsprozesses zu verdeutlichen, wird das semantische Datenmodell aus Abb. 5 erweitert um ein Objekt, welches die Vertragsinformationen umfasst. Diese Erweiterung wird in Abb. 7 dargestellt.

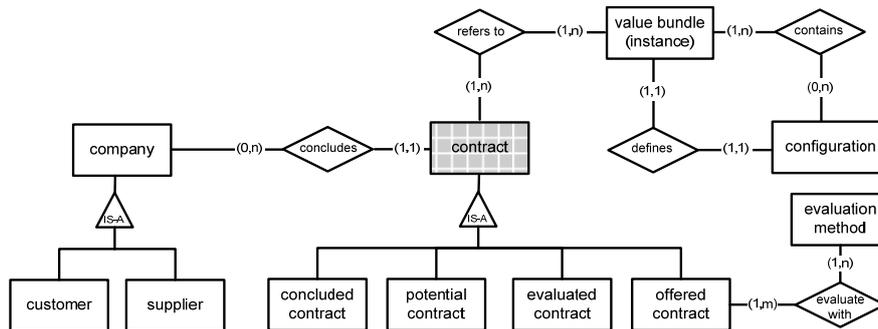


Abb. 7. Semantisches Datenmodell zur Identifikation strategischer Liefernetze für hybride Leistungsbündel

Im Rahmen eines Liefernetzes wird das Objekt **company** eingeführt. Dieses Objekt **company** kann innerhalb eines Liefernetzes sowohl ein Kunde sein, der seinen Bedarf an einen anderen Lieferanten meldet, als auch ein Lieferant zu einer Drittfirma. Eine **company** schließt Verträge mit Kunden und Lieferanten für ein spezifisches Modul eines hybriden Leistungsbündels. Die Instanziierung eines hybriden Leistungsbündels, die wiederum ein hybrides Leistungsbündel enthalten kann, wird durch eine Konfiguration beschrieben. Ein Vertrag kann mehrere Status haben: angeboten, bewertet, potenziell und geschlossen. Geschlossene Verträge können einem Kunden angeboten werden.

4 Anwendung des Referenzmodells

Die praxisrelevante Anwendbarkeit der Modellierung wird nachfolgend anhand ausgewählter Anwendungsfälle beschrieben.

4.1 Angebotserstellung für hybride Produkte in der IT-Industrie

Als erstes Fallbeispiel wird die beschriebene Modellierung auf eine Angebotserstellung für hybride Produkte angewendet. Dieses Fallbeispiel ist in (Langer, Böhm und Krcmar 2008) beschrieben. Hierbei wird anhand eines Unternehmens in der IT- und Telekommunikationsindustrie der Lebenszyklus der Produkte des Unternehmens dargestellt, insbesondere die Phase der Angebotserstellung. Das Unternehmen bietet Produkte mit darauf abgestimmten, produktnahen Dienstleistungen an, allerdings keine vorkonfigurierten Lösungen. Diese Angebotspalette führt daher zu einer komplexen Angebotserstellung. Eine Analyse des Fallbeispiels deckt fünf Probleme im Zusammenhang mit der Hybridität des Leistungsangebots dar, von denen an dieser Stelle zwei Beobachtungen relevant sind für das in diesem Beitrag vorgestellte Modell.

Jedem Angebot liegt ein individuelles Pflichtenheft zugrunde, das je nach Anfrage unterschiedlich ist. Dennoch ist es bei Betrachtung aller Pflichtenhefte möglich, dass einzelne Elemente des Angebots mehrfach vorhanden sind, d. h. über die einzelnen Pflichtenhefte hinaus. Damit wäre es möglich, entsprechende Skaleneffekte bei der Beschaffung zu erzielen. Die Anforderung hierzu ist, dass es einen Leistungskatalog geben muss, der aus modularen hybriden Modulen aufgebaut ist. Es muss also möglich sein, aus einem komplexen hybriden Leistungsbündel eine Dekomposition durchzuführen, die dann den nicht weiter teilbaren Modulen entspricht, aus denen ein Leistungskatalog aufgebaut werden könnte.

Eine zweite Beobachtung ist, dass es Medienbrüche bei der Transformation von Vertragsinhalten in Leistungen gibt. Diese Medienbrüche führen dazu, dass vertraglich vereinbarte Leistungen nicht konform zu den Service Level Agreement erbracht werden und dies zu Problemen in der Geschäftsbeziehung führt. Die daraus abgeleitete Anforderung ist, dass eine automatische Übernahme der Vertragsinhalte in entsprechende Arbeitspläne und Ressourcenbelegungen stattfindet. Bei der Erbringung von Serviceleistungen über Kooperationspartner bedeutet dies, dass die Vertragsinhalte eines jeden Kooperationspartners, d. h. eines Teilnehmers an dem entsprechenden Liefernetz, durch den fokalen Anbieter konsolidiert und an den Kunden weitergegeben werden kann.

4.2 Kundendienstbericht

Als zweites Fallbeispiel wird die beschriebene Modellierung auf den Themenkomplex „Kundendienstberichte“ am Beispiel eines Unternehmens aus der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik angewendet. Dieses Fallbeispiel ist bei Thomas,

Walter und Loos (2008) beschrieben. Die Erbringung von Kundendienstleistungen im Fallbeispiel erfolgt im Zusammenspiel eines Anlagenherstellers, der im wesentlichen Produzent von Sachgütern ist, sowie klein- und mittelständischen Dienstleistern, die für den Betrieb der installierten Anlagen verantwortlich sind. Die erfolgreiche Durchführung der Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit der Instandhaltung und Wartung der Anlagen verbunden sind, erfordert die Verfügbarkeit passender und korrekter Informationen. Kurze Produktentwicklungszyklen und neue Technologie bedingen eine an schnelle Änderungen angepasste Informationsinfrastruktur, die alle am Kundenserviceprozess Beteiligten entsprechend mit den relevanten Informationen versorgt. Der Kundenservice wird durch einen Kundendiensttechniker vor Ort erbracht. Dieser muss in der Lage sein, die entsprechenden notwendigen Leistungen aus dem hybriden Leistungsangebot zu ermitteln. Hierzu ist eine Dekomposition des hybriden Leistungsangebots notwendig. Bei dieser Dekomposition werden die einzelnen Leistungsmodule ermittelt, die dann entweder an die beteiligten Partner (z. B. Ersatzteilbestellung an den Hersteller) abgegeben werden können oder der Kundendiensttechniker kann mit entsprechenden Informationen versorgt werden. Ziel ist auch hier wie im Fallbeispiel unter 4.1 die Erbringung einer Dienstleistung innerhalb eines vereinbarten Servicelevels. Um dies zu erreichen, muss auch an dieser Stelle eine Zusammenführung der einzelnen vertraglichen Vereinbarungen aller Beteiligten stattfinden, um dem Kunden gegenüber den entsprechenden Service leisten zu können.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel dieses Beitrags ist die Erweiterung bestehender Referenzmodelle zur Modellierung strategischer Liefernetze um die spezifischen Anforderungen für das Management von hybriden Leistungsbündeln. Der Beitrag dient damit als Basis zur Entwicklung eines Referenzmodells zur Modellierung eines strategischen Liefernetzes mit Fokus auf das Management hybrider Leistungsbündel. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden zunächst bestehende Referenzmodelle auf ihre Anwendbarkeit hinsichtlich hybrider Leistungsbündel untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass hier Defizite bestehen, die spezifischen Anforderungen an das Management hybrider Leistungsbündel abzubilden. Es wurden daraufhin die Sichten bestehender Referenzmodellierungen erweitert, die den spezifischen Anforderungen hybrider Leistungsbündel gerecht werden. Die Praxisrelevanz wurde anhand der Anwendung der erweiterten Sichten der Modellierung an drei unterschiedlichen Anwendungsfällen evaluiert.

Die Ergebnisse dieses Beitrags dienen als Basis für die Weiterentwicklung der Modellierung strategischer Liefernetze mit Schwerpunkt hybrider Leistungsbündel, die zu stabilen und langfristigen Beziehungen zwischen den beteiligten Unternehmen führt. Darüber hinaus werden ökonomische Vorteile durch eine an die Spezifika hybrider Leistungsbündel angepasste Lieferantenselektion erzielt.

Weiterer Forschungsbedarf ist notwendig hinsichtlich einer vollständigen Referenzmodellierung eines strategischen Liefernetzes für das Management hybrider Leistungsbündel. So ist zum einen durch die Anwendung der bestehenden Ergebnisse auf eine größere Anzahl von Anwendungsfällen zu ermitteln, inwieweit zusätzlicher Modellierungsbedarf für die Komplettierung eines Referenzmodells besteht. Desweiteren ist es notwendig, durch eine weitergehende fachkonzeptionelle Modellierung die Praxisnähe des vorgestellten Modells zu verbessern.

6 Literaturverzeichnis

- Albani A, Müssigmann N, Zaha JM (2006) Reference model for the domain of strategic supply network development. In Reference modeling for business systems analysis, Loos P, Fettke P (Hrsg) IGI Global Idea Group, Hershey
- Arnold HU, Essig M (2000) Sourcing-Konzepte als Grundelemente der Beschaffungsstrategie. *Wissenschaftliches Studium* 29(3):122–128
- Becker J, Beverungen D, Knackstedt R (2008) Reference Models and Modeling Languages for Product-Service Systems Status-Quo und Perspectives for Further Research. In HICCS Proceedings, 105–114
- Becker J, Beverungen D, Knackstedt R, Müller, O (2009) Model-Based Decision Support for the Customer-Specific Configuration of Value Bundles. *Enterprise Modelling und Information Systems Architectures* 4(1):26–38
- Burianek F, Ihl C, Bonnemeier S, Reichwald R (2007) Typologisierung hybrider Produkte: Ein Ansatz basierend auf der Komplexität der Leistungserbringung. TUM Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre – Information Organisation und Management, München <http://www.gbv.de/dms/zbw/591248077.pdf>
- Burr W (2002) Service Engineering bei technischen Dienstleistungen: eine ökonomische Analyse der Modularisierung. DUV, Wiesbaden
- Carr AS, Pearson JN (1997) Strategically managed buyer-supplier relationships und performance outcomes. *Journal of Operations Management* 17(5):497–519
- Carr AS, Smeltzer LR (1997) An empirically based operational definition of strategic purchasing. *European Journal of Purchasing und Supply Management* 3(4):199–207
- Corsten H, Gössinger R (2008) Einführung in das Supply Chain Management. 2. Aufl, Oldenbourg, München
- Crawford CH, Bate GP, Cherbakov L, Holley KL, Tsocanos C (2005) Toward an on demand service-oriented architecture. *IBM Systems Journal* 44(1):81–107
- Davis GB, Olson MH (1988) Management information systems: Conceptual foundations, structure, and development. 2. Aufl, McGraw-Hill, New York
- Ernst A (1996) Methoden im Beschaffungsmarketing. Köln
- Fettke P, Loos P (Hrsg) (2007) Reference modeling for business systems analysis. Idea Group, Hershey
- Friedl B (1990) Grundlagen des Beschaffungscontrolling. Duncker & Humblot, Berlin
- Hirschheim R, Klein HK, Lyytinen K (1995) Information systems development und data modeling: Conceptual und philosophical foundations. Cambridge University Press, Cambridge
- Holbach D (2002) Beschaffungsmarktforschung in der digitalen vernetzten Welt – Grundlagen, Analyse und Anwendungen. DVS, Frankfurt

- Janiesch C, Pfeiffer D, Seidel S, Becker J (2006) Evolutionary Method Engineering: Towards a Method for the Analysis und Conception of Management Information Systems. In AMCIS 2006 Proceedings
- Kaufmann L (2001) Internationales Beschaffungsmanagement. DUV, Wiesbaden
- Kienzle W (2000) Früherkennung im Beschaffungsmarketing. Köln
- Kopanaki E, Smithson S, Kanellis P, Martakos D (2000) The Impact of Interorganizational Information Systems on the Flexibility of Organizations. AMCIS 2000 Proceedings
- Krampf P (2000) Strategisches Beschaffungsmanagement in industriellen Großunternehmen. Ein hierarchisches Konzept am Beispiel der Automobilindustrie. Köln
- Kuhl M (1999) Wettbewerbsvorteile durch kundenorientiertes Supply Management. DUV, Wiesbaden
- Langer P, Böhm T, Krcmar H (2008) Anforderungen an eine IT-unterstützte Angebotserstellung für hybride Produkte. In Proceedings der Tagung Handelsinformationssysteme, Münster
- Large R (2006) Strategisches Beschaffungsmanagement eine praxisorientierte Einführung ; mit Fallstudien. Gabler, Wiesbaden
- Mol MJ (2003) Purchasing's strategic relevance. Journal of Purchasing und Supply Management 9(1):43–50
- Müssigmann N (2006) Evaluierung und Auswahl von strategischen Liefernetzen unter Berücksichtigung kritischer Knoten. Augsburg
- Roland F (1993) Beschaffungsstrategien – Voraussetzungen, Methoden und EDV-Unterstützung einer adäquaten Auswahl. Bergisch-Gladbach
- Scheer A-W (1999) ARIS – business process frameworks. 3. Aufl, Springer, Berlin
- Thiell DKM (2006) Strategische Beschaffung von Dienstleistungen – Eine Grundlegung und Untersuchung der Implikationen dienstleistungsspezifischer Objektmerkmale. Erlangen-Nürnberg
- Thomas O, Walter P, Loos P (2008) Product-Service Systems: Konstruktion und Anwendung einer Entwicklungsmethodik. Wirtschaftsinformatik 50(3):208–219
- Weigand M (1998) Erschließung von Zulieferpotentialen als Aufgabe des strategischen Beschaffungsmarketing. Nürnberg

Modellierung hybrider Wertschöpfung – Grundlagen und Fallbeispiel im Kontext technischer Kundendienstleistungen

Michael Schlicker, Nadine Blinn und Markus Nüttgens

Instandhaltungsarbeiten im Maschinen- und Anlagenbau sind komplexe und zugleich informationsintensive Dienstleistungen. Für die korrekte Ausführung der Instandhaltungsarbeiten ist es unabdingbar, dass der Technische Kundendienst (TKD) stets relevante – also aktuelle sowie kontext- und problembezogene – Serviceinformationen zur Verfügung hat. Gemäß dem Stand der Technik werden Serviceinformationen bis dato papierbasiert oder auf elektronischen Datenträgern dokumentiert, die grundsätzlich zu bestimmten Stichtagen aktualisiert werden. Um die Serviceinformationen für die technischen Serviceprozesse aktuell bereit zu halten, werden zunehmend Informationssysteme zur Erfassung, Speicherung und Bereitstellung angewandt. Der TKD kann somit mit mobilen Komponenten der Informationssysteme auf aktuelle Informationen zurückgreifen. Damit die Serviceinformationen vollständig und zugleich ressourceneffizient erhoben werden können, ist eine adäquate Modellierungsmethode bereit zustellen. Der vorliegende Beitrag untersucht bestehende Sprachen der Dienstleistungsmodellierung systematisch auf ihre Eignung zur Modellierung von technischen Serviceprozessen. Anschließend wird eine Methode zu deren Modellierung vorgeschlagen, die anhand eines Fallbeispiels evaluiert wird.

1 Einleitung

Die vom Technischen Kundendienst (TKD) im Maschinen- und Anlagenbau auszuführenden Instandhaltungsarbeiten sind ebenso komplex und informationsintensiv wie die instand zu haltenden Produkte selbst (Bolumole et al. 2006, Harris 2007). Zur Gewährleistung einer korrekten, qualitativ hochwertigen und dennoch kostengünstigen Instandhaltungsleistung ist es daher unabdingbar, einem Servicetechniker stets relevantes Servicewissen zur Verfügung zu stellen (Thomas et al. 2007). Die Arbeitsausführung im TKD ist hierbei grundsätzlich prozessorientiert (LaLonde 1976). Der Kundendiensttechniker muss aufgrund der Immobilität der instand zu haltenden Objekte beim Kunden vor Ort „im Alleingang“ sach- und fachgerechte Leistungen auf einem hohen technischen Niveau erbringen. Er ist

gegenüber dem Kunden verantwortlich für die korrekte Verrichtung des Serviceprozesses. Dieser erwartet kostengünstige, qualitativ hochwertige, schnell und korrekt ausgeführte technische Dienstleistungen (Peel 1987).

Servicewissen im Zusammenhang mit technischen Kundendienstleistungen basiert auf Informationen unterschiedlicher Art, die aufzeigen, wie und in welcher Reihenfolge die jeweiligen Arbeitsschritte auszuführen sind. Die Dokumentation dieses Servicewissens erfolgt nach derzeitigem Stand der Technik vorwiegend papierbasiert oder auf elektronischen Datenträgern. Dieser State-of-the-Art der Serviceinformationsdokumentation weist zwei Schwachstellen auf:

- Die Informationen sind oftmals veraltet, da die entsprechenden Dokumentationen nur periodisch (z. B. bei Varianteneinführung oder Versionswechsel eines Produktes) aktualisiert werden. Zudem ist die Distribution der Dokumentationen zu den jeweiligen Servicetechnikern nicht sichergestellt, da bspw. in TKD-Organisationen die Zuständigkeiten nicht klar definiert sind oder Dokumentationen bei Kundeneinsätzen verloren gehen und nicht zeitnah ersetzt werden.
- Es wird nicht das gesamte, im Kontext eines Produktes zur Verfügung stehende, Servicewissen erfasst. Neben den Organisationseinheiten der Produkthersteller (bspw. Entwicklung, Qualitätssicherung) ist Servicewissen auf weitere Organisationen verteilt (bspw. unabhängige TKD-Organisation). Die Wertschöpfung aus Kundensicht wird zwar in Form einer Wertschöpfungspartnerschaft erbracht, jedoch findet kein nachhaltiger Informationsfluss bezüglich der Serviceinformationen innerhalb der Partnerschaft statt. Auch fließt das verteilte vorliegende implizite Wissen nicht oder nur unzureichend in die Dokumentation ein (Walter et al. 2009).

Durch den Einsatz von Informationssystemen mit mobilen Komponenten für den TKD wird den beschriebenen Schwachstellen begegnet (Isaac und Leclercq 2006). Um allerdings die Serviceinformationen in einem Informationssystem adäquat bereitstellen zu können, ist deren systematische Modellierung erforderlich. Da die Informationen integraler Bestandteil sowohl der Produkte selbst als auch der damit verbundenen (Service-)Prozesse sind, werden die Serviceinformationen im Kontext hybrider Wertschöpfung betrachtet (Thomas et al. 2007; Walter 2009). Im Rahmen der Gestaltung hybrider Wertschöpfung werden aktuell in der wissenschaftlichen Literatur vielfältige Methoden und Sprachen zu deren Modellierung diskutiert. Trotz der hohen Relevanz technischer Kundendienstleistungen – beispielsweise für den Maschinen- und Anlagenbau, die Elektro- und Automobilindustrie – fehlt bislang jedoch eine methodische und sprachliche Unterstützung, die den besonderen Anforderungen einer detaillierten und prozessorientierten Modellierung technisch komplexer Problemstellungen gerecht wird. Das Methodenspektrum der Wirtschaftsinformatik kann – in Kombination mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen – einen wichtigen Beitrag zu dieser Art der Dienstleistungserbringung leisten (Buhl und Weinhardt 2009).

Im vorliegenden Beitrag werden zunächst die bestehenden Methoden und Sprachen der Dienstleistungsmodellierung als Bestandteil hybrider Wertschöpfung identifiziert und systematisch analysiert. Anhand eines Scoringverfahrens wird daraus die Modellierungssprache ausgewählt, welche die Modellierung technischer Serviceinformationen im Kontext hybrider Wertschöpfung am besten unterstützt. Anschließend wird eine Modellierungsmethode zur effizienten Modellierung technischen Servicewissens entwickelt und an einem Praxisbeispiel evaluiert.

2 State-of-the-Art der Dienstleistungsmodellierung

Technische Kundendienstleistungen sind eine Teilmenge von Dienstleistungen (LaLonde 1976) und stellen somit auch eine Teilmenge hybrider Wertschöpfung dar (DIN 2009a). Aufgrund der speziellen Charakteristika von Dienstleistungen stehen Modellierungsansätze vor besonderen Herausforderungen. Der nachfolgende Abschnitt gibt einen Überblick über bisherige Ergebnisse der Forschung zur Dienstleistungsmodellierung. Ebenso wie das gesamte Gebiet der hybriden Wertschöpfung ist die Modellierung der hybriden Dienstleistungen ein junges Forschungsfeld. In Analogie zur allgemeinen Dienstleistungsmodellierung besteht ein Mangel an einer ganzheitlichen Methode zur Modellierung hybrider Dienstleistungen (O'Sullivan 2006; Walter 2009). Im Kontext hybrider Wertschöpfung setzen sich vor allem Walter (2009), Kern et al. (2009) und Becker et al. (2008; 2009) mit der Frage der adäquaten Modellierung auseinander und liefern erste konzeptionelle Ansätze. Zudem zeigt Walter (2009) die Relevanz der Modellierung als Bestandteil von hybriden Leistungsbündeln auf.

Im Kontext von Dienstleistungen beziehen sich Modellierungsansätze vorwiegend auf die Dienstleistungscharakteristika Prozessdimension (zeitliche und räumliche Aspekte von Dienstleistungen), Potenzialdimension (Leistungsfähigkeit der Ressourcen) und Ergebnisdimension (Leistungsergebnis) (Bullinger et al. 2003). Da diese drei Dimensionen für die konstitutiven Dienstleistungsdefinitionen als Klassifizierungsbasis gelten (Corsten und Gössinger 2007), ist eine Analyse der Modellierungsmethoden anhand dieses Schemas naheliegend. Als Betrachtungsgegenstand werden bei bisherigen Arbeiten entweder allgemeine Dienstleistungen, produktbegleitende (technische) Dienstleistungen oder bei jüngeren Arbeiten hybride Wertschöpfung auf abstrakter Ebene (Becker et al. 2009) fokussiert. So beschreibt Emmrich (2005) Modellierungsmethoden für verschiedene Phasen bei der Entwicklung von Dienstleistungen. Winkelmann et al. (2006) analysieren, ob sich die drei Dimensionen mit Hilfe von Petrinetzen darstellen lassen. O'Sullivan (2006) kategorisiert Eigenschaften von Services und zugehöriger Modelle, um einen Ansatz für einen ganzheitlichen Modellierungsansatz zu konzeptionieren. Scheer et al. (2006) zeigen, wie sich die ARIS-Methode für die Modellierung von Dienstleistungen eignet. Weiterhin analysiert Klein (2007) verschiedene Methoden für die Modellierung diverser Aspekte von Dienstleistungen, allerdings auf abstraktem Niveau.

Becker et al. (2008) prüfen, inwiefern sich bestehende Modellierungsansätze für die verschiedenen Dienstleistungsdimensionen kombinieren lassen. Kern et al. (2009) stellen jedoch fest, dass bis dato keine Modellierungsmethode existiert, die eine ganzheitliche Modellierung von Dienstleistungen ermöglicht, und demzufolge auch keine zur Modellierung hybrider Wertschöpfung zur Verfügung steht. Im Folgenden werden die existierenden Modellierungsmethoden in Bezug auf die drei zuvor genannten Dienstleistungsdimensionen dargestellt und die jeweilige Relevanz bezüglich der Modellierung technischer Kundendienstleistungen aufgezeigt.

2.1 Modellierung der Prozessdimension

Die prozessorientierte Dimension bildet die Übertragung der Dienstleistung auf den Kunden – oder dessen Objekt (z. B. technisches Produkt) – als eine Abfolge von Tätigkeiten ab und spielt eine zentrale Rolle in der Modellierung von Dienstleistungen (Scheer et al. 2006). Gerade in der speziellen Form der Modellierung technischer Kundendienstleistungen nimmt diese Dimension eine herausragende Rolle ein, da in ihr die Struktur der durchzuführenden Arbeitsschritte (z. B. Reihenfolge) der jeweiligen Serviceprozesse detailliert mittels Prozessmodellen konstruiert wird, bspw. die eines Reparaturprozesses eines komplexen technischen Produktes.

Die in der wissenschaftlichen Literatur aufgeführten Modellierungsmethoden im Kontext der Prozessdimensionen sind in nachfolgender Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1. Modellierungsmethoden mit dem Fokus Prozessdimension

<i>Bezeichnung</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Quelle</i>
Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK)	Als Methode im Zusammenhang des Konzeptes ARIS (Architektur integrierter Informationssysteme) ein verbreiteter Standard im Bereich der Geschäftsprozessmodellierung.	Keller et al. 1992; Scheer 2001
Business Process Modeling Notation (BPMN)	Standard für die graphische Notation von Geschäftsprozessen.	OMG 2004
Business Process Execution Language (BPEL)	Workflow-Sprache, insbesondere zur Orchestrierung von Web Services.	OASIS 2007
Unified Modeling Language (UML)	Spezifikation zur Modellierung von Software, die verschiedene Modelle zur Verfügung stellt. Für Prozesse sind Aktivitätsdiagramme geeignet.	OMG 2005
Service Blueprinting	Methode zur Modellierung der Dienstleistungsressourcen und des Ablaufs.	Shostack 1987

Neben den in der Tabelle angeführten Methoden gibt es noch weitere Ansätze, die der Vollständigkeit halber aufgezählt werden, im Folgenden jedoch nicht wei-

ter betrachtet werden: Kommunikationsstrukturanalyse (KSA), Business Process Specification Schema (BPSS), ServCASE (Fährlich und Husen 2008), poDLE. In der wissenschaftlichen Literatur werden die oben aufgezählten Ansätze mit Bezug auf die Prozessdimension analysiert. Im Allgemeinen referenzieren die Arbeiten hierbei auf einen generischen Kontext des Geschäftsprozessmanagement. Curtis et al. (1992) klassifizieren in ihrer Arbeit Modellierungsansätze zur Prozessdimension anhand 4 verschiedener Perspektiven. Giaglis (2002) verfährt zu einem späteren Zeitpunkt analog. Heckmann et al. (1998) fokussieren auf die Werkzeugunterstützung bei der systematischen Dienstleistungserstellung. Söderström et al. (2002) definieren ein Framework zum Vergleich prozessbezogener Modellierungsmethoden. List und Korherr (2006) definieren ein Metamodell zum Vergleich prozessbezogener Modellierungsmethoden und führen beispielhafte Vergleiche an. Recker et al. (2009) vergleichen die Methoden anhand des Bunge-Wand-Weber (BWW)-Modells. Eine konsolidierte Arbeit existiert bis dato nicht.

2.2 Modellierung der Potenzialdimension

In der Potenzialdimension werden interne Potenzialfaktoren identifiziert und zusammengefasst, die zur Dienstleistungserbringung erforderlich sind und entsprechend kombiniert werden können. Im Rahmen der Informationsunterstützung zur Erbringung technischer Kundendienstprozesse werden diese Potenzialfaktoren u. a. aus den – dem jeweiligen Arbeitsschritt bereitzustellenden – Serviceinformationen (z. B. Bilddokument, detaillierte Arbeitsbeschreibung, Ersatzteilinfo) gebildet und können bspw. in Ressourcenmodellen dargestellt werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick der Modellierungsmethoden zur Darstellung der Potenzialdimension von Dienstleistungen.

Tabelle 2. Modellierungsmethoden mit dem Fokus Potenzialdimension

<i>Bezeichnung</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Quelle</i>
ARIS (Architektur integrierter Informationssysteme)	5-Sichten-Architektur (ARIS-Haus): Organisations-, Daten-, Leistungs-, Funktions- und Steuerungssicht	Scheer 2001
Service Blueprinting	Methode zur Modellierung der Dienstleistungsressourcen und des Ablaufs	Shostack 1987
Entity Relationship Model (ERM)	Gegenstands-Beziehungs-Modell	Chen 1976

Die Methoden der Potenzialdimension werden von Heckmann et al. (1998) aus der Perspektive der Werkzeugunterstützung untersucht. Ebenso analysieren Becker et al. (2008) die Methoden.

2.3 Modellierung der Ergebnisdimension

In dieser Dimension wird der Zustand nach Erbringung der Dienstleistung beschrieben. In der Literatur wird hierbei zwischen prozessuellem Endergebnis, dem Erreichen der eigentlichen Ziele und deren Wirkungen differenziert (Scheer et al. 2006). Im Kontext dieses Beitrages sind dies: a) Ergebnis der Serviceprozessausführung (z. B. erfolgreiche Reparaturbearbeitung), b) Durchführung innerhalb vorgegebener Zeit-, Qualitäts- und Kostenvorgaben und c) Auswirkungen auf Produkt- und/oder Serviceprozesse (z. B. Produktverbesserung, Serviceprozessoptimierung). Die angewandten Methoden zur Modellierung der Ergebnisdimension sind in nachfolgender Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3. Modellierungsmethoden mit dem Fokus Ergebnisdimension

<i>Bezeichnung</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Quelle</i>
ARIS (Architektur integrierter Informationssysteme)	5-Sichten-Architektur (ARIS-Haus): Organisations-, Daten-, Leistungs-, Funktions- und Steuerungssicht	Scheer 2001
STEP	Produktdaten während des gesamten Produktlebenszyklus	DIN 2005
REBECA	Entwicklung eines Werkzeugs zur kundenindividuellen Konfiguration von modularartig aufgebauten Dienstleistungen	Thomas und Scheer 2003

2.4 Zusammenfassung

In der Gesamtsicht zeigt sich, dass bis dato kein Konsens darüber existiert, welche der aufgezeigten Methoden ganzheitlich für die Modellierung der drei Dienstleistungsdimensionen geeignet ist. Unabhängig von den dargestellten Methoden schlägt Emmrich (2005) eine eigenständige Methode vor.

Um die Auswahl einer Modellierungsmethode für hybride Dienstleistungen systematisch durchzuführen, werden im Folgenden die Anforderungen an die Methoden dargestellt.

3 Anforderungen an Modellierungsmethoden zur Konstruktion technischer Serviceprozesse

Von den in Abschnitt 2 dargestellten Modellierungssprachen und -methoden sind nicht alle geeignet, um technische Serviceprozesse abzubilden. Für die systematische Auswahl einer Modellierungsmethode zur Visualisierung dieser Art hybrider Wertschöpfung ist eine eingehende Untersuchung von Modellierungsnotationen anhand differenzierter Anforderungskriterien unerlässlich. Nachfolgend werden in

einem ersten Schritt zwei Hauptgruppen von Anforderungen identifiziert: notwendige und hinreichende Anforderungen. Die einzelnen Anforderungskriterien beschränken sich auf die Auswahl einer geeigneten Sprache zur Modellierung von Serviceinformationen und werden diesen Gruppen zugeteilt. Einzelne Anforderungskriterien können beiden Gruppen zugeordnet werden, es muss also nicht zwangsläufig eine dichotome Einordnung erfolgen. Die Anforderungen sind in Tabelle 4 subsummiert.

Die Auswahl der geeigneten Modellierungssprache und des entsprechenden Modellierungswerkzeugs erfolgt hierfür sowohl aus theoretischer als auch praktischer Sicht. Es wurden einerseits theoretische Konstrukte auf ihre Stärken und Schwächen untersucht. Andererseits wurden gängige und Open-Source-Modellierungstools getestet und die Hersteller der Modellierungswerkzeuge bei Workshops interviewt. Anhand der zuvor klassifizierten Anforderungen wurde zur Bewertung ein entsprechender Kriterienkatalog entwickelt. Basierend auf diesem Kriterienkatalog wurden gängige Modellierungssprachen evaluiert. Wegen der Verbreitung und der Werkzeugunterstützung wurden Modellierungssprachen ex-ante ausgewählt: EPK (Ereignisgesteuerte Prozesskette), UML (Unified Modeling Language), Petrinetze (PN), XML (Extensible Markup Language), Adonis und BPMN (Business Process Modeling Notation). Die Ergebnisse der Evaluation sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4. Evaluationsergebnisse

	<i>EPK</i>	<i>UML</i>	<i>PN</i>	<i>XML</i>	<i>Adonis</i>	<i>BPMN</i>
<i>1. Notwendige Anforderungen</i>						
Prozessorientierung	ja	nein	nein	nein	ja	ja
Explizite Zustandsdarstellung	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Explizite Ereignisdarstellung	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Explizite Darstellung des Zeitverlaufs	nein	ja	ja	nein	nein	ja
Organisationsstrukturabbildung	ja	nein	nein	ja	nein	ja
Graphische Notation	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Anschaulichkeit	2	2	1	0	2	2
Einfachheit	2	1	1	1	2	2
Benutzbarkeit	2	2	1	0	2	1
Erlernbarkeit	2	1	1	1	2	1
Intuitivität	2	2	1	1	2	2
Kommunikationsunterstützung	2	2	2	1	1	2
Korrektheit der Abbildung	2	2	2	2	2	2
Exaktheit der Abbildung	2	2	2	2	1	2
Konsistenz der Abbildung	2	2	2	2	2	2
Vollständigkeit der Abbildung	2	2	2	2	1	2
Eindeutigkeit der Abbildung	2	1	1	1	1	2

	<i>EPK</i>	<i>UML</i>	<i>PN</i>	<i>XML</i>	<i>Adonis</i>	<i>BPMN</i>
Eindeutigkeit der Notationssymbole	2	2	2	2	2	2
Flexibilität	2	2	1	2	1	2
Erweiterbarkeit	2	1	1	2	1	2
Anpassbarkeit	2	2	1	2	1	2
Interpretierbarkeit	2	2	1	1	1	1
Konfigurierbarkeit	2	2	1	1	1	2
Skalierbarkeit	2	2	1	2	1	2
Modularität	2	2	2	2	1	2
Feingranularität	2	2	2	2	2	2
Detailliertheit	2	2	2	2	2	2
Integration von Teilmodellen	2	2	2	2	2	2
Ausdrucksmächtigkeit	2	2	1	2	1	2
Angemessenheit	2	1	1	2	2	1
Abbildung der statischen Sachverhalte	2	2	2	2	2	2
Abbildung der dynamischen Sachverhalte	2	2	2	2	1	2
<i>2. Hinreichende Anforderungen</i>						
Vollständige und detaillierte Spezifikation	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Eindeutige Zuordn. Sprachnotation/Symbol	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Verwechslungsfreiheit der Symbole	ja	nein	ja	ja	ja	nein
Simulationsfähigkeit	ja	nein	ja	nein	ja	ja
Quellcodegenerierung	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Workflow-Unterstützung	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Herstellerunabhängigkeit	ja	ja	ja	nein	nein	ja
Textuelle Notation zur Anreicherung	ja	ja	ja	ja	ja	ja
(Halb)automatische Dokumentation	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Wiederverwendbarkeit der (Teil)modelle	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Formalisierungsgrad	1	2	2	2	2	2
Präzisierungsgrad	2	2	2	2	2	2
Gewichtete Summe	147	130	116	110	116	142

Legende: die Anforderungen werden binär mit ja = erfüllt, nein = nicht erfüllt bewertet; die sonstigen Anforderungen werden auf einem dreistufigen Skala mit 0 = nicht erfüllt/mäßig, 1 = teilweise erfüllt/gut, 2 = vollständig erfüllt/sehr gut bewertet.

Die Punktevergabe orientiert sich an folgendem Schema: Die Anforderungen, die dichotom mit erfüllt/nicht erfüllt bewertet werden können, sind in der Tabelle mit ja/nein gekennzeichnet und erhalten jeweils 2 Punkte bei Erfüllung und 0 Punkte bei Nicht-Erfüllung. Sonstige Anforderungen werden auf einem dreistufigen Skala mit 0 = nicht erfüllt/mäßig, 1 = teilweise erfüllt/gut, 2 = vollständig erfüllt/sehr gut bewertet und erhalten jeweils entsprechend viele Punkte.

Die Summenberechnung erfolgt gewichtet und wird durch folgende Formel beschrieben:

$$\text{Summe}_{\text{gewichtet}} = 2 \cdot \sum i + \sum j, \quad \forall i \in \text{Anforderung}_{\text{notwendig}}, j \in \text{Anforderung}_{\text{hinreichend}}$$

Demnach wurden die notwendigen Anforderungen wegen ihrer Wichtigkeit zweimal höher gewichtet als die hinreichenden Anforderungen. Der höchste Punktestand von 147 Punkten wird gemäß der Berechnungsmethodik der EPK zugewiesen. An zweiter Stelle kommt BPMN mit 142 Punkten. Auf dem dritten Platz folgt die UML mit 134 Punkten. Den vierten Platz erreichen Petrinetze mit 120 Punkten. Adonis bekommt 116 Punkte und den vorletzten Platz, und an letzter Stelle kommt XML mit 110 Punkten.

Die Ergebnisse sowohl der theoretischen Evaluation als auch der Workshops, Tagungen und Interviews lassen sich anschließend wie folgt zusammenfassen: Wegen einer zu technischen Ausrichtung und Darstellungsweise scheiden die Petrinetze von vorneherein aus, obwohl sie vorwiegend durch unterschiedliche Modellierungswerkzeuge unterstützt werden. Der Hauptgrund für die Untauglichkeit der Petrinetze ist, dass die zu modellierenden Inhalte zwischen allen Projekt-Beteiligten kommuniziert werden müssen. Die rein textbasierten Modellierungssprachen wie XML können ebenso wenig als Projekt-Modellierungssprache fungieren, da sie unübersichtlich und daher wenig verständlich sind. UML ist im Gegensatz zu XML eine graphische Beschreibungssprache, wodurch sie besser lesbar und intuitiv verständlicher ist. UML bietet aber zu viele unterschiedliche Diagrammtypen mit jeweils voneinander abweichenden Symbolen für differente Modellierungssachverhalte an, wodurch eine ständig wiederkehrende Einarbeitung aller Projektbeteiligten durchzuführen wäre. UML eignet sich hervorragend für die objektorientierte Software-Entwicklung, weist aber im Gegensatz zu EPK im Rahmen der Prozessmodellierung zu viele Nachteile auf, als dass eine Eignung für Serviceprozessmodellierung gewährleistet ist. Obwohl es ebenso einfache und intuitiv verständliche Modellierungssprachen wie EPK gibt, bspw. der ADONIS-Standard, werden sie wegen ihrer geringen Verbreitung und mangelnder Werkzeugunterstützung (es gibt nur ein einziges Software-Tool, das die Notation unterstützt) nicht ausgewählt. BPMN schneidet den Evaluationsergebnissen nach als Zweitbeste ab. Das Fehlen von Sprachkonstrukten zur Darstellung von Zielen, Ressourcen und org. Zuständigkeiten (sie lassen sich nur indirekt darstellen) sowie das Konzept der „Schwimmbahnen“ wird aber vor dem Hintergrund der Entwicklung komplexer Serviceprozesse als nicht ausreichend flexibel erachtet. BPMN erscheint daher als ungeeignete Sprache zur Darstellung der geforderten Sachverhalte.

Die EPK hat sich seit Jahren für die Geschäftsprozessmodellierung als adäquat erwiesen. Die erweiterte EPK besitzt alle Sprachkonstrukte, um technische Arbeitsschritte abbilden zu können. Somit kann also EPK als Basissprache für die Serviceprozessmodellierung empfohlen werden, da sie alle betrachteten Anforderungen mit der höchsten Punktzahl erfüllt und um fehlende Konstrukte bzw.

Sprachelemente für die Serviceprozessmodellierung ergänzt werden kann. Um den speziellen Anforderungen der Serviceprozessmodellierung gerecht zu werden, sollte somit das Meta-Modell der EPK um Sprachkonstrukte mit dem Fokus auf die Serviceprozessmodellierung erweitert werden.

4 Serviceprozessmodellierung

4.1 Systematisierung der Serviceprozesse im TKD

Eine standardisierte Möglichkeit zur inhaltlichen Klassifikation technischer Serviceprozesse bietet die DIN 31051. Sie unterteilt technische Serviceprozesse in Inbetriebnahme, Instandhaltung und Entsorgung (DIN 2003).

Die während des Inbetriebnahmeprozesses durchzuführenden Arbeitsschritte sind der Montage nachgelagert und überführen das Produkt in einen funktionsfähigen Zustand. Zu den Instandhaltungsarbeiten werden die Prozesse zusammengefasst, die der Überwachung, Erhaltung und Wiederherstellung der ursprünglichen technischen Leistungsfähigkeit des Produktes dienen. Die jeweiligen Tätigkeiten der Instandhaltung werden wiederum in die Tätigkeitsfelder (1) Wartung, (2) Inspektion, (3) Instandsetzung und (4) Verbesserung unterteilt (DIN 2003). Die verschiedenen Serviceprozesse lassen sich nach zwei Komplexitätsdimensionen differenzieren. Hierfür eignen sich die beiden Kriterien „Arbeitsaufwand“ und „Lösungskomplexität“. Der Arbeitsaufwand lässt sich beispielsweise aus der Anzahl der durchzuführenden Arbeitsschritte oder deren zeitliche Bearbeitungsdauer identifizieren und ist entsprechend quantifizierbar. Die Lösungskomplexität impliziert den Schwierigkeitsgrad der Serviceprozessbearbeitung. Hierbei gilt, dass mit zunehmender Prozesskomplexität auch die Modellierungskomplexität und damit der Modellierungsaufwand steigen.

Die Komplexitätsbewertung der Serviceprozesse impliziert auch die Vorgehensweise, nach der die einzelnen Arbeitsschritte abgearbeitet werden. Grundsätzlich können sie nach einer linearen bzw. deterministischen Bearbeitungsabfolge (mit antizipierbarem Verlauf) und einer nicht-linearen bzw. nicht deterministischen Bearbeitungsstruktur (kaum antizipierbarer Ablauf) gegliedert werden. Die Arbeitsschritte in den Inbetriebnahme-, Inspektions- und Wartungsprozessen folgen im Wesentlichen einer linearen Bearbeitung. Diese werden in der Regel schon während der Konstruktions- und Entwicklungsphase des Produktes identifiziert, in einer sinnvollen Reihenfolge geordnet und als explizites Wissen dokumentiert. Instandsetzungsprozesse – also Diagnose- und Reparaturprozesse – sind komplexe Prozesse, in denen sich Arbeitsschritte zur Fehlerdiagnose mit den Arbeitsschritten einer Reparatur abwechseln. Der Instandhaltungsprozess folgt einer nicht-linearen, dynamischen und verzweigten Bearbeitungsstruktur. Der individuelle Prozessverlauf ist abhängig vom Kontext der Störung und steht nicht im Vorfeld des Serviceprozesses fest.

4.2 Methode zur Modellierung technischer Serviceprozesse

Die detaillierte Konstruktion technischer Serviceprozesse ist sehr komplex und daher auch interdisziplinär angelegt. Bislang existiert in der Literatur und in der Praxis keine adäquate Beschreibung zur Lösung dieser Problemstellung. Im Folgenden wird eine den Anforderungen zur Modellierung technischer Serviceprozesse entsprechende 5-stufige Entwicklungsmethodik vorgestellt, die in Abb. 1 dargestellt ist. Entsprechend der DIN PAS 1090 sind Serviceinformationen produktspezifische Informationen, die je nach Anforderung in unterschiedlicher Granularität in Serviceinformationsmodellen, Serviceprozessartefakten und Serviceprozessmodellen abgebildet werden (DIN 2009b).

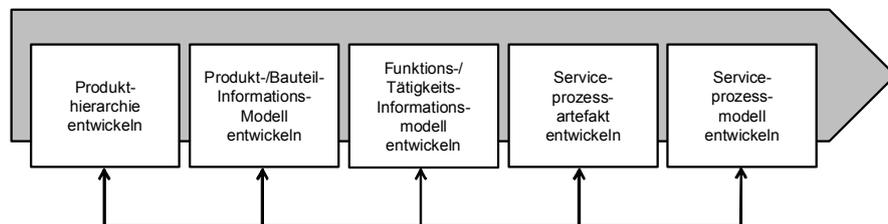


Abb. 1. Entwicklungsmethodik zur Modellierung von Serviceinformationen

Ausgangspunkt der Modellierung ist in der ersten Stufe die Entwicklung einer geeigneten Produkthierarchie. Sie orientiert sich am jeweiligen Produktsortiment des Herstellers und hat zwei Abbildungsaufgaben. Zum Einen werden die zu modellierenden Produkte in eine Baumstruktur eingeordnet, zum Anderen bildet sie einen Ordnungsrahmen zur Einordnung der modellierten Serviceinformationsmodelle und erleichtert so deren Wiederverwendung. In der zweiten und dritten Stufe werden die Serviceinformationsmodelle erstellt. Serviceinformationsmodelle stellen eine Anordnung verknüpfter Informationsobjekte, beispielsweise detaillierte Beschreibungen, Bilder oder Ersatzteilinformationen (z.B. Darstellung von Art und Verfügbarkeit des Ersatzteils) zur Beschreibung von Arbeitsschritten dar. Zur eindeutigen Abgrenzung wurden im Rahmen dieser Entwicklungsmethodik die beiden Modelltypen: a) Produkt- bzw. Bauteilinformationsmodell und b) Funktions- oder Tätigkeitsinformationsmodell eingeführt. Die vierte Stufe dient der Modellierung der Serviceprozessartefakte. Auch dieser Modellbegriff wird neu eingeführt und bildet die Ergebnisse der auszuführenden Servicetätigkeiten ab. Diese Modellart wird daher der Ergebnisdimension zugeordnet. Die aus den Einzeltätigkeiten gebildeten Serviceprozessartefakte können selbst wiederum zu größeren Artefakten kombiniert werden. In Stufe fünf wird aus den Serviceprozessartefakten das eigentliche Serviceprozessmodell entwickelt. Dieses komplexe Modell beinhaltet oder referenziert alle zuvor beschriebenen Modelltypen. Da dieses Modell den Serviceprozess strukturiert abbildet, wird es der Prozessdimension zugeordnet.

4.3 Vorgehensmodell

Zur Modellierung der Serviceinformationen folgen wir dem konstruktionsorientierten Modellbegriff und betrachten ein Modell als eine durch einen Konstruktionsprozess gestaltete zweckrelevante Repräsentation eines Objekts, das in einem Konstruktionsprozess von einem Modellierer konstruiert wird (Thomas 2005).

In Anlehnung an die Konstruktionslehre des Maschinenbaus, die als Strategie zur Entwicklung technischer Problemlösungen verstanden wird, verwenden wir zur Entwicklung der Produkthierarchie die systemtechnische Betrachtung technischer Gebilde (Hubka und Eder 1988). Der Aufbau orientiert sich an den Kriterien zur Gestaltung von Stücklisten (Pahl 2007) und wird in Form eines Produktbaumes modelliert.

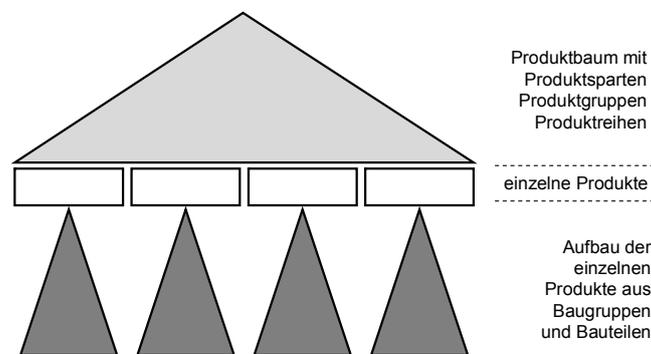


Abb. 2. Zweigeteilte Produkthierarchie

Hierfür wird zunächst die Produkthierarchie in zwei Modellierungsebenen aufgespannt (vgl. Abb. 2). In der oberen Ebene werden die abstrakten Objekte der technischen Gebilde platziert. Abstrakte Objekte sind in diesem Kontext abstrakte Produktgruppen, -sparten oder -reihen. Die real existierenden Objekte, beispielsweise Baugruppen und Bauteile, werden in der unteren Ebene eingeordnet. Bindeglied zwischen beiden Modellierungsebenen sind die Bezeichnungen der realen Produkte. Die Zweiteilung der Produkthierarchie trägt der unterschiedlichen Art der Wiederverwendung der Serviceinformationsmodelle in beiden Bereichen Rechnung. In der Ebene der abstrakten Objekte werden die modellierten Informationsobjekte durch Vererbung wiederverwendet: wird eine Information für eine ganze Produktreihe erstellt und entsprechend eingeordnet, so erbt jedes zu dieser Reihe gehörende Objekt die modellierte Information, ohne dass sie dem Gerät separat zugeordnet werden muss. Der Wiederverwendungsmodus von Informationsmodellen im unteren Teil der Produkthierarchie ist ein anderer: Serviceinformationen hängen hier an Bauteilen und Baugruppen und werden durch wiederholte Verwendung einer Komponente geteilt.

Das Produkt-/Bauteilinformationsmodell wird in den jeweiligen Objekten der Produkthierarchie hinterlegt und damit kategorisiert. In diesem Modell werden die allgemeingültigen Informationsobjekte und die am Objekt zu verrichtenden Tätigkeiten bzw. Funktionen eingeordnet. Die Funktionen werden verrichtungsorientiert zusammengefasst, jedoch nicht hierarchisch angeordnet, sondern nur auf der Ebene der Elementarfunktionen beschrieben (Olle et al. 1988; Martin 1990; Nüttgens 1995).

Die Funktions-/Tätigkeitsinformationsmodelle werden in den Funktionen der Produkt-/Bauteilinformationsmodelle hinterlegt. Zu jeder Funktion werden die Serviceinformationen in die Informationsobjekte (Kurzbeschreibung bzw. detaillierte Beschreibung des durchzuführenden Arbeitsschrittes, Bilddokumente) eingegeben und mit der Funktion verknüpft. Die Gesamtlösung sieht vor, dass die jeweiligen Informationsobjekte in unterschiedlichen Abteilungen und von unterschiedlichen Mitarbeitern konstruiert werden. Durch diese „verteilte“ Modellkonstruktion wird es möglich, unterschiedliches Fach- und Erfahrungswissen der Modellierer einzubinden, beispielsweise dadurch, dass die Abteilungen eine Arbeitstätigkeit gemeinsam detailliert beschreiben (Böhle 1989).

Die Ergebnisse einer Tätigkeit werden im Serviceprozessartefakt (SPA) abgebildet. Ein SPA ist mit dem Produkt-/Bauteilinformationsmodell und dem Funktions-/Tätigkeitsinformationsmodell verknüpft und besteht aus einer Tätigkeit mit mindestens einem Ergebnis. Die aus den Einzeltätigkeiten gebildeten Serviceprozessartefakte können entsprechend der Definition in Abb. 3 selbst wiederum zu größeren Artefakten kombiniert werden. Sie werden so zu Teilprozessen. Diese modularen Artefakte zeichnen sich durch ihre hohe Wiederverwendbarkeit in verschiedenen Serviceprozessmodellen aus. SPA bilden den Baukasten, aus dem sich der Modellierer seine Serviceprozessmodelle zusammenstellen kann.

$$\text{SPA} = \bigcup (\text{Tätigkeit} + \bigcup \text{Ergebnis})$$

Abb. 3. Definition Serviceprozessartefakt

Die Serviceprozessmodelle entstehen in der fünften Stufe des Vorgehensmodells. Sie werden aus den zuvor modellierten Serviceprozessartefakten gebildet.

$$\text{SP} = \text{Startereignis} + \left(\bigcup \text{SPA}_{\text{Vorb.}} + \bigcup \text{SPA}_{\text{Hauptt.}} + \bigcup \text{SPA}_{\text{Abschl.}} \right) + \text{Ende}$$

Abb. 4. Definition Serviceprozessmodell

Jedes Serviceprozessmodell, unabhängig davon ob es sich um einen Wartungs- oder Diagnose- und Reparaturprozess handelt, lässt sich nach der in Abb. 4 dargestellten Definition systematisieren. Wie jeder Geschäftsprozess wird auch der Serviceprozess (SP) mit einem den Prozess definierenden Startereignis konstruiert. Dies kann beispielsweise die mittels einer Diagnosesoftware identifizierte Fehlermeldung eines technischen Produktes sein. Die Arbeitsschritte im SP lassen sich

zusammenfassen und modellieren nach: (1) vorbereitende Tätigkeiten ($SPA_{\text{Vorb.}}$), (2) Haupttätigkeiten ($SPA_{\text{Hauptt.}}$) und (3) Abschlusstätigkeiten ($SPA_{\text{Abschl.}}$). Ein definiertes Endereignis markiert das Ende des Serviceprozesses. Ein Serviceprozessmodell wird mittels der SPA zu linearen und nicht-linearen Bearbeitungsstrukturen oder einer Kombination aus beiden zusammengesetzt und entsprechend sequenziell oder dynamisch bearbeitet. Die Klassifizierung des Serviceprozesses nach den drei beschriebenen Tätigkeitsarten vereinfacht die Modellierung unterschiedlicher Serviceprozesse, da sich dadurch die jeweiligen Teilprozesse entsprechend kategorisieren lassen und in unterschiedlichen Serviceprozessmodellen verwendet werden können.

Die Verknüpfung von bereits relevanten SPA zur dynamischen Bearbeitungsstruktur von Haupttätigkeiten eines Diagnose- und Reparaturprozesses ist beispielhaft in Abb. 5 skizziert, zunächst ohne die Notation einer Modellierungssprache zu verwenden. Dieser Modellausschnitt knüpft an der „Prozessschnittstelle Haupttätigkeit“ an das Teilmodell der vorbereitenden Tätigkeiten an und wird an der „Prozessschnittstelle Abschluss“ mit den Abschlusstätigkeiten des Serviceprozesses zusammengeführt und verdeutlicht die hohe Komplexität der Konstruktion dieses Prozessteiles, bedingt durch die unterschiedlichen Wirkungsbeziehungen zwischen den einzelnen Informationsobjekten.

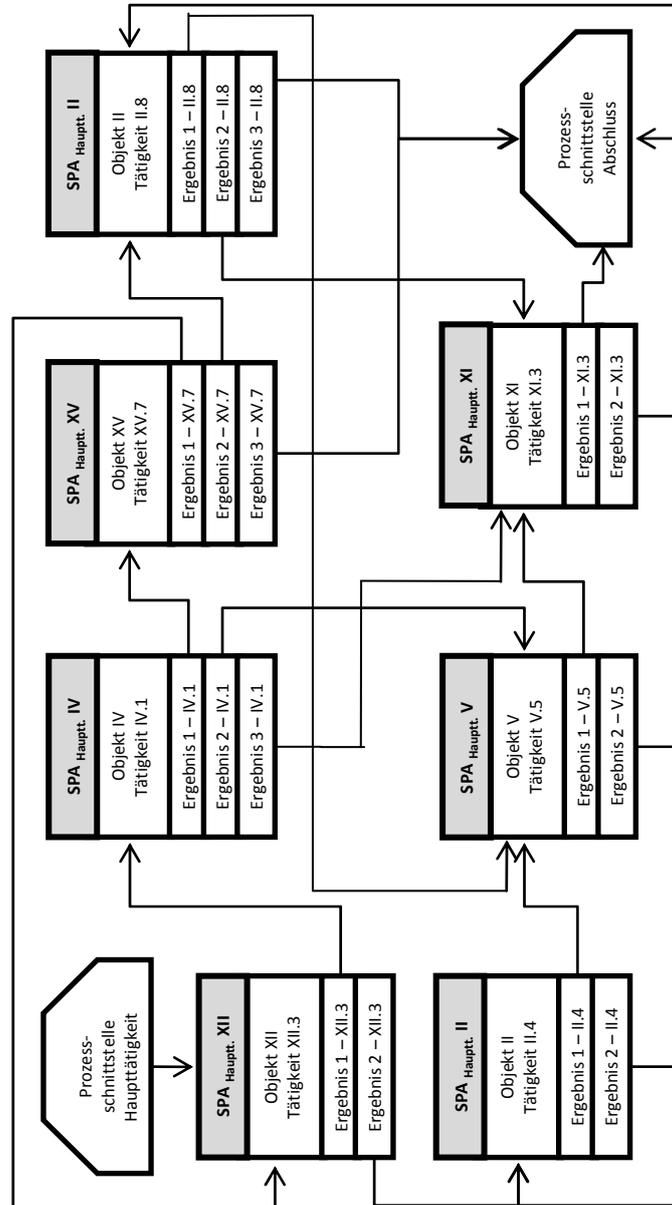


Abb. 5. Beispiel zur Konstruktion von Haupttätigkeiten eines Serviceprozesses

Die durch die Ergebnisdimension bedingten Wirkungszusammenhänge zwischen den einzelnen Serviceprozessartefakten – dargestellt anhand der Pfeillinien – sorgt für die mitunter hohe Komplexität während der Konstruktion der Service-

prozesse. Die SPA in Abb. 5 beschreiben unterschiedliche Tätigkeiten und deren Ergebnisse an verschiedenen Objekten. Die abgebildeten Objekte stehen beispielhaft für unterschiedliche abstrakte bzw. konkrete Objekte, entsprechend der oben beschriebenen Klassifizierung und deren Einordnung in der Produkthierarchie. Im Beispiel führt Ergebnis 1-XII.3 der Tätigkeit XII.3 am Objekt XII zu Tätigkeit IV.3 am Objekt IV. Tritt allerdings Ergebnis 2-XII.3 ein, ist Tätigkeit II.4 am Objekt II durchzuführen. Das Ergebnis des zuletzt durchgeführten Arbeitsschrittes bestimmt den nächsten Arbeitsschritt und verdeutlicht damit, dass der individuelle Prozessverlauf von Diagnose- und Reparaturprozessen abhängig vom Kontext der Störung ist und im Rahmen der Bearbeitung nicht im Vorfeld feststehen kann. Je nach Serviceprozess und Detaillierungsgrad ist die Anzahl hierbei verwendeter SPA erheblich hoch.

Da die Betrachtungsgegenstände im TKD technisch unterschiedlich komplexe Produkte darstellen, werden die Ergebnisse aus den durchzuführenden Arbeitstätigkeiten auch ganz unterschiedlich herbeigeführt. So ist das einfache Protokollieren einer durchgeführten Sichtprüfung eines bestimmten Maschinenteils ebenso möglich wie die differenzierte Interpretation des Messergebnisses der Abgasanalyse eines komplexen thermodynamischen Prozesses.

Serviceprozesse im TKD enden im Idealfall damit, dass das jeweilige Ziel der Servicearbeit erreicht wird. Im Abschlussteil des Serviceprozessmodells sollen zum einen die Tätigkeiten abbildet werden, die das Erreichen des definierten Ziels überprüfbar machen (z.B. erfolgreiche Inbetriebnahme, erfolgreich durchgeführte Reparatur) und zum anderen den Serviceprozess in eventuell erforderliche weitere Maßnahmen überführen (z.B. Anruf bei Hersteller, Bearbeitung einer neuen Störung). Der modellierte Serviceprozess gilt dann als abgeschlossen, wenn er über eine dieser Maßnahmen beendet wird.

5 Anwendungsfall

5.1 Szenario

Ein idealtypischer Vertreter des Maschinen- und Anlagenbaus ist der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnikbereich (SHK), in dem neben den Herstellern der Sachgüter vor allem ca. 50.000 kleine und mittelständische SHK-Betriebe produktnahe Dienstleistungen, vor allem TKD erbringen (Howell et al. 2005). Aus Sicht des Endkunden liegt ein hybrides Produkt vor, da neben dem materiellen Anteil (technische Endgeräte) auch stets Dienstleistungen zur Installation, Wartung und Reparatur zu erbringen sind (Thomas et al. 2006; Thomas et al. 2007). Aus Sicht der SHK-Hersteller (vorwiegend Hersteller von Sachleistungen) ist der europäische Markt derzeit stark umkämpft. Durch die enorme Produktvielfalt und -komplexität ist dabei langfristig abzusehen, dass derjenige Wettbewerber Marktanteile gewinnen wird, der entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Hersteller über die SHK-Betriebe bis zum Endkunden optimierte Abläufe gewährleisten kann. Dies

wird durch die Unterstützung des TKD mit Informationssystemen angestrebt. (Thomas et al. 2006; Thomas et al. 2007; Walter et al. 2009; Walter 2009). Um eine aktuelle Informationsversorgung zu gestalten schlagen Thomas et al. (2006; 2007) eine Informationssystemarchitektur vor (vgl. Abb. 6), innerhalb der die effiziente Modellierung der technischen Serviceprozesse eine zentrale Rolle spielt. Denn zum einen dienen die entwickelten Modelle der strukturellen und inhaltlichen Dokumentation des Servicewissens, zum anderen steuern sie die Ausführung des Serviceprozesses selbst und die Darstellung der Serviceinformationen in entsprechenden Informationssystemen, bspw. auf mobilen Endgeräten beim Kundendiensttechniker.

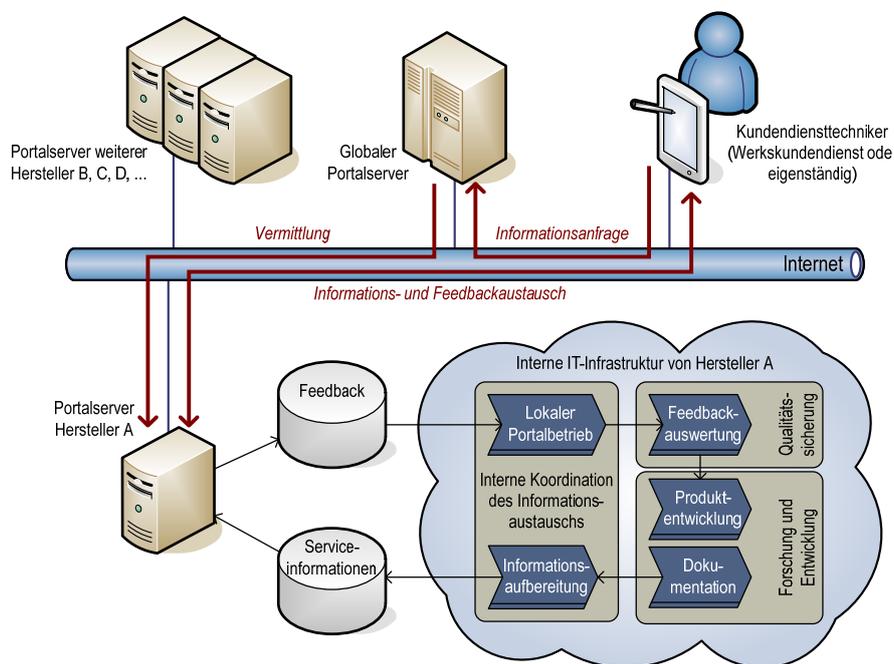


Abb. 6. IT-Architektur zur Unterstützung des Informationsaustauschs in der Wertschöpfungspartnerschaft (Walter et al. 2009)

In der Gesamtlösung werden die Serviceinformationen beim Hersteller des technischen Produktes entwickelt und in dessen Portalserver abgespeichert. Der Kundendiensttechniker stellt über den globalen Portalserver eine Informationsanfrage. Die modellierten Serviceinformationen werden auf das mobile Endgerät des Technikers übermittelt, in einer eigens dafür entwickelten Anwendung interpretiert und zur Nutzung im mobilen Endgerät bereitgestellt. Der Prozessverlauf und die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte werden automatisch dokumentiert. Nach Erbringung der Kundendienstleistung werden die Prozessdaten an den Portalserver des Herstellers zurückgemeldet und entsprechend ausgewertet. Die im Praxisbe-

trieb gewonnenen Informationen können auf diese Weise z.B. zur Produktentwicklung und Serviceprozessoptimierung verwertet werden. Im Kontext des Anwendungsszenarios wird die in Abschnitt 4 vorgeschlagene Modellierungsmethode angewandt und somit evaluiert.

5.2 Modellierungsbeispiel Fehlerbild F.0

Betrachtungsgegenstand für das Modellierungsbeispiel ist ein modernes Brennwert-Heizungsgerät. Es handelt sich hierbei um ein Produkt, in welchem komplexe thermodynamische, hydraulische und elektronische Prozesse miteinander kombiniert werden, um Heizwärme mit dem fossilen Energieträger Gas effizient und umweltverträglich zu erzeugen und bereit zu stellen. Das Anwendungsbeispiel verdeutlicht beispielhaft am Fehler F.0 die Umsetzung der Modellierungsmethodik anhand der entwickelten Modelle und mithilfe der identifizierten Modellierungssprache. Die Geräte störung F.0 wird von der Elektronik durch Auswertung verschiedener Parameter im Display des Brennwertgerätes angezeigt und deutet auf einen Fehler im Umfeld des Vorlauftemperaturfühlers hin.

Zur Konstruktion der zuvor beschriebenen Modelle wird das ARIS-Rahmenkonzept verwendet (Scheer 2001). Im ersten Schritt werden zunächst die im Brennwertgerät enthaltenen Baugruppen und Bauteile identifiziert, systematisch zusammengefasst und als einzelne Objekte an entsprechender Stelle in die Produkthierarchie eingeordnet. Zur Gestaltung der Produkthierarchie wird der Modelltyp „Produktbaum“ verwendet. Ausgehend von den einzelnen Objekten der Produkthierarchie wird im nächsten Schritt das Produkt- und Bauteilinformationsmodell hinterlegt (vgl. Abb. 7). Verwendet wird hierfür der Modelltyp „Produktzuordnungsdiagramm“. Am Beispiel des Objekts „NTC-Fühler Vorlauf“ ist dargestellt, dass die am Objekt auszuführenden Tätigkeiten als Funktionen an das Objekt modelliert werden. Jede Funktion steht für eine abgrenzbare Tätigkeit am Objekt. Die Anzahl der Tätigkeiten ist nicht fest vorgegeben und entwickelt sich im Laufe der Modellierungstätigkeit. Zu jeder am Objekt konstruierten Tätigkeiten werden ein Funktions- bzw. Tätigkeitsinformationsmodell und ein Serviceprozessartefakt hinterlegt. Da die Tätigkeiten so definiert werden sollen, dass sie eindeutig gegeneinander abgegrenzt werden können, wird auch zu jeder Tätigkeit jeweils nur ein Funktions-/Tätigkeitsinformationsmodell und ein Serviceprozessartefakt erstellt. Anschließend wird das Funktions- bzw. Tätigkeitsinformationsmodell im Modelltyp „Industrial Process“ entwickelt.

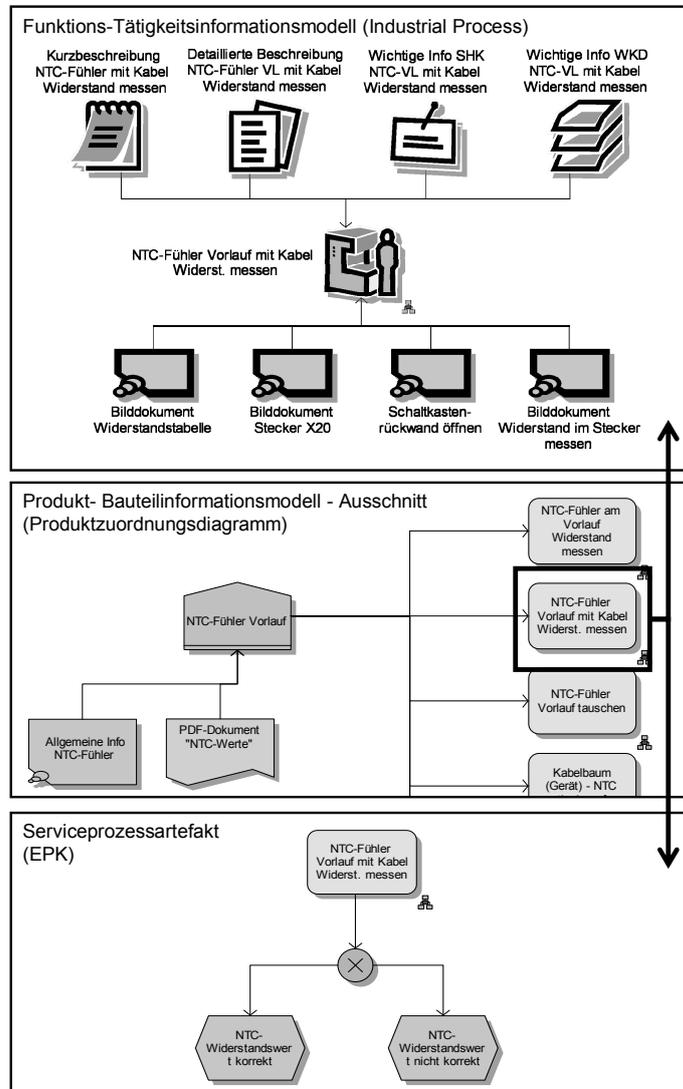


Abb. 7. Modelltypen zur Konstruktion komplexer Serviceinformationen

Die modellierten Informationsobjekte (z. B. „detaillierte Beschreibung“, „wichtige Info SHK“ oder „Bilddokument Widerstand im Stecker messen“) stellen die Ressourcen zur korrekten Dienstleistungserbringung dar und werden anhand ausgewählter Sprachkonstrukte an die Tätigkeit konstruiert, die hier in einer Funktion abgebildet wird. In ihnen werden die zur späteren Bearbeitung erforderlichen Serviceinformationen hinterlegt. Die Auswahl der jeweiligen Sprachkonstrukte und

deren Zuordnung zu den entsprechenden Informationsobjekten wird zu Beginn festgelegt und deren einheitliche Verwendung im gesamten Konstruktionsprozess beibehalten. Die zu erwartenden Ergebnisse der Arbeitsausführung werden im SPA im Modelltyp „EPK“ modelliert. Die Ergebnisse werden als Ereignis über den XOR-Konnektor (Verwendung nur bei mehr als einem Ergebnis) und entsprechenden Kanten mit der Funktion aus dem Funktions-/Tätigkeitsinformationsmodell verbunden. Da innerhalb des Lebenszyklus eines SPA weitere Ergebnisse zu einer bereits konstruierten Tätigkeit entwickelt werden können, ist deren Anzahl variabel. Im SPA sind zur Tätigkeit „NTC-Fühler Vorlauf mit Kabel Widerstand messen“ zwei Ergebnisse modelliert: (1) NTC-Widerstandswert korrekt und (2) NTC-Widerstandswert nicht korrekt. Durch die Trennung von Informationsobjekten und Ergebnissen im Funktions-/Tätigkeitsinformationsmodell bzw. im SPA wird die Konstruktion der Serviceprozessmodelle erleichtert, da der Modellierer später diese Modelle nur anhand der Anordnung und Verknüpfung entsprechender SPA erstellt.

Abb. 8 zeigt ausschnittsweise die Anordnung relevanter SPA zur Konstruktion der Haupttätigkeiten zur Diagnose und Reparatur des Fehles F.0. Diese beginnen mit der Tätigkeit „Kabelbaum (Gerät) – NTC optisch prüfen“. Zum Zeitpunkt der Modellierung waren hierzu fünf mögliche Ergebnisse bekannt, die in den Ereignissen: (1) Kabelbaum (Gerät) sichtbar defekt, (2) Kabelbaum und NTC sichtbar defekt, (3) Kabelanschluss am NTC defekt, (4) Stecker am NTC war abgezogen und (5) Kabelbaum kann nicht geprüft werden hinterlegt sind.

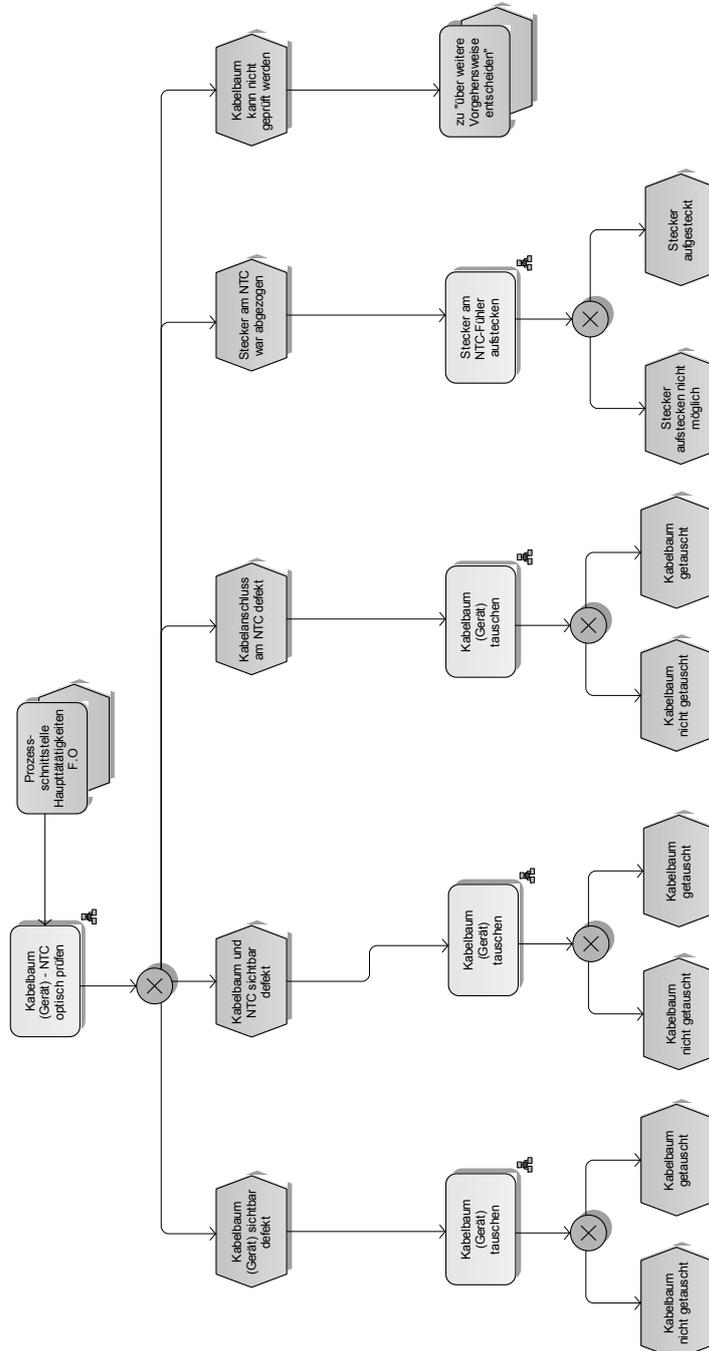


Abb. 8. Haupttätigkeiten im Fehlerbild F.0 (Ausschnitt)

Jedes einzelne Ereignis führt zu einer nachfolgenden Funktion. Ergebnis 5 führt dabei sofort in den Abschlussteil zur Tätigkeit „über weitere Vorgehensweise entscheiden“. Der Teilprozess der Abschlusstätigkeiten wird analog konstruiert. Zentrales SPA bildet hierbei die Funktionsprüfung. Bei erfolgreicher Funktionsprüfung endet der Serviceprozess. Löst die Funktionsprüfung einen weiteren Fehler aus, wird das Serviceprozessmodell mit einer entsprechenden Prozessschnittstelle beendet. Das mögliche Scheitern der Fehlerbehebung wird in diesem Modellausschnitt mittels der schon erwähnten Tätigkeit „über weitere Vorgehensweise entscheiden“ abgebildet. Im Modell wird für einen solchen Fall vorgesehen, dass: (1) der Werkskundendienst beauftragt werden soll, (2) der Serviceprozess abgebrochen werden soll, (3) mit einem selbst gewählten Arbeitsschritt weiter gearbeitet wird, (4) die Profi-Hotline des Herstellers angerufen werden kann oder die Funktionsprüfung wiederholt wird.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Beitrag untersuchte bestehende Sprachen der Dienstleistungsmodellierung systematisch auf ihre Eignung zur Modellierung von technischen Serviceprozessen. Anschließend wurde eine Methode zur Modellierung vorgeschlagen, die anhand eines Fallbeispiels evaluiert wurde. Dieser Beitrag zeigt somit, wie die Entwicklung von Serviceprozessmodellen – als Grundlage der Informationsversorgung im TKD – nach der hier detailliert vorgestellten Entwicklungsmethodik effizient durchgeführt werden kann. Es zeigt sich aber auch, dass durch die Arbeit in verschiedenen Modellen unter Verwendung vielfältiger Sprachkonstrukte die Gestaltung der Serviceprozessmodelle mit den darin enthaltenen Serviceinformationen ein sehr komplexes Unterfangen ist. Zur Komplexitätsreduktion wurde daher ein IT-basiertes Modellierungswerkzeug prototypisch entwickelt, welches die speziellen Sprachkonstrukte zur Verfügung stellt und die Eingabe der Serviceinformationen innerhalb einer Modellierungsoberfläche ermöglicht. Die entwickelten Serviceinformationen werden damit automatisch in das Produkt-/Bauteilinformationsmodell, das Funktions-/Tätigkeitsinformationsmodell und in das SPA überführt. Die Evaluation des Modellierungswerkzeugs wird derzeit im Feldtest umgesetzt.

7 Literaturverzeichnis

- Becker J, Beverungen D, Knackstedt R (2008) Reference Models and Modeling Languages for Product-Service Systems Status-Quo and Perspectives for Further Research. In Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 105–105
- Becker J, Beverungen D, Knackstedt R, Müller O (2009) Konzeption einer Modellierungssprache zur softwarewerkzeugunterstützten Modellierung, Konfiguration und Bewer-

- tung hybrider Leistungsbündel. In Thomas O, Nüttgens M (Hrsg) Dienstleistungsmodellierung. Methoden, Werkzeuge und Branchenlösungen. Physica, Berlin, 53–70
- Becker J, Knackstedt R, Beverungen D, Bräuer S, Bruning D, Christoph D, Greving S, Jorch D, Joßbächer F, Jostmeier H, Wiethoff S, Yeboah A (2009) Modellierung der hybriden Wertschöpfung: Eine Vergleichsstudie zu Modellierungstechniken. Arbeitsbericht Nr 125, Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik
- Buhl HU, Weinhardt C (2009) Die Aufgabe der Wirtschaftsinformatik in der Dienstleistungsforschung. *Wirtschaftsinformatik* 51(6):469–471
- Bullinger HJ, Fähnrich KP, Meiren T (2003) Service Engineering – Methodical Development of New Service Products. http://iew3.technion.ac.il/~serveng/course2006spring/Lectures/ICPR_Service_Engineering.pdf Zugriff am 15. September 2009
- Bolumole YA, Knemeyer AM, Lambert DM (2006) The customer service management process. Supply Chain Management Institute, Sarasota
- Böhle F (1989) Körper und Wissen – Veränderungen in der sozio-kulturellen Bedeutung körperlicher Arbeit. *Soziale Welt* 40(4):497–512
- Chen, P (1976) The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. *ACM Transactions on Database Systems* 1(1):9–36
- Corsten H, Gössinger R (2007) Dienstleistungsmanagement. 5. Aufl, Oldenbourg, München
- Curtis B, Kellner MI, Over J (1992) Process modeling. *Communications of the ACM* 35(9):75–90
- DIN (Hrsg) (2003) DIN 31051 – Grundlagen der Instandhaltung. Ausgabe 2003–6. Beuth, Berlin
- DIN (Hrsg) (2005) Wege zu erfolgreichen Dienstleistungen – Normen und Standards für die Entwicklung und das Management von Dienstleistungen. Beuth, Berlin
- DIN (Hrsg) (2009a) Hybride Wertschöpfung – Integration von Sach- und Dienstleistung, Beuth, Berlin
- DIN (Hrsg) (2009b) Anforderungen an Informationssysteme zur Erhebung, Kommunikation und Bereitstellung relevanter Serviceinformationen im Technischen Kundendienst. Beuth, Berlin
- Emmrich A (2005) Ein Beitrag zur systematischen Entwicklung produktorientierter Dienstleistungen. Dissertation, Universität Paderborn
- Fähnrich KP, Husen C (2008) Entwicklung IT-basierter Dienstleistungen – Co-Design von Software und Services mit ServCASE. Physica, Heidelberg
- Giaglis GM (2001) A Taxonomy of Business Process Modeling und Information Systems Modeling Techniques. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 13(2): 209–228
- Harris EK (2007) Customer service, a practical approach. 4. Aufl, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River
- Heckmann M, Raether C, Nüttgens M (1998) Werkzeugunterstützung im Service Engineering. *IM Information Management & Consulting* 13:31–36
- Howell RH, Sauer HJ, Coad WJ (2005) Principles of heating ventilating und air conditioning. American Society of Heating, Refrigerating und Air Conditioning Engineers, Atlanta
- Hubka V, Eder WE (1988) Theory of technical systems: A total concept theory for engineering design. Springer, Berlin
- Isaac H, Leclercq A (2006) Give me a mobile phone, and I will work harder! Assessing the value of mobile technologies in organizations: an exploratory research. In *International*

- Conference on Mobile Business: ICMB 2006. IEEE Computer Society, Los Alamitos, 18ff
- Keller G, Nüttgens M, Scheer A-W (1992) Semantische Prozessmodellierung auf der Grundlage Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK). In Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 89, Saarbrücken
- Kern H, Böttcher M, Kühne S, Meyer K (2009) Ansatz zur ganzheitlichen Erstellung und Verarbeitung von Dienstleistungsmodellen. In Thomas O, Nüttgens M (Hrsg) Dienstleistungsmodellierung. Methoden, Werkzeuge und Branchenlösungen. Physica, Heidelberg, 3–15
- Klein R (2007) Modellgestütztes Service Systems Engineering. Theorie und Technik einer systemischen Entwicklung von Dienstleistungen. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden
- LaLonde BJ (1976) Customer service: meaning and measurement. National Council of Physical Distribution Management, Chicago
- List B, Korherr B (2006) An evaluation of conceptual business process modeling languages. In Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied Computing (SAC). ACM, New York, 1532–1539
- Martin J (1990) Information Engineering, Book II: Planning und Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Nüttgens M (1995) Koordiniert-dezentrales Informationsmanagement: Rahmenkonzept, Koordinationsmodelle und Werkzeug-Shell. Gabler, Wiesbaden
- OASIS (2007) OASIS Web Services Business Process Execution Language (WSBPEL) TC
- OMG (2004) Object Management Group BPMN Specification 1.0 Release 2004
- OMG (2005) Object Management Group Unified Modeling Language
- Olle TW, Verrijn-Stuart AA, Bhabuta L (1988) Information System Life Cycle. In Olle TW, Verrijn-Stuart AA, Bhabuta L (Hrsg) Computerized Assistance During The Information systems Life Cycle, Proceedings of the IFIP WG 8.1 Working Conference on Computerized Assistance during the Information Systems Life Cycle. CRIS 88, Amsterdam
- O’Sullivan JJ (2006) Towards a precise understanding of service properties. QUT Thesis, Queensland University of Technology, Brisbane
- Peel M (1987) Customer service: how to achieve total customer satisfaction. Kogan Page, London
- Recker J, Rosemann M, Indulska M, Green P (2009) Business Process Modelling – A Comparative Analysis. Journal of the Association for Information Systems 10(4):333–363
- Scheer A-W (2001) ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 4. Aufl, Springer, Berlin
- Scheer A-W, Griebel O, Klein R (2006) Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In Bullinger HJ, Scheer A-W (Hrsg) Service Engineering. Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. Springer, Berlin, 19–51
- Shostack GL (1987) Service Positioning through Structural Change. The Journal of Marketing 51(1):34–43
- Söderström E, Andersson B, Johannesson P, Perjons E, Wangler B (2002) Towards a Framework for Comparing Process Modelling. In Proceedings of Advanced Information Systems Engineering 14th International Conference, CAiSE 2002 Toronto, Canada, May 27–31, Springer, Berlin

-
- Thomas O, Scheer A-W (2003) Referenzmodell-basiertes (Reverse-)Customizing von Dienstleistungsinformationssystemen. In Scheer, A-W (Hrsg) Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 173, Saarbrücken
- Thomas O, Walter P, Loos P, Schlicker M, Leinenbach S (2006) Mobile Anwendungssysteme für effiziente Dienstleistungsprozesse im technischen Kundendienst. In Hochberger C, Liskowsky R (Hrsg) Informatik 2006 – Informatik für Menschen, 202–207
- Thomas O, Walter P, Loos P, Schlicker M, Nüttgens M (2007) Hybride Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau – Prozessorientierte Integration von Produktentwicklung und Servicedokumentation zur Unterstützung des technischen Kundendienstes. In Oberweis A et al. (Hrsg) eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering Band 1. Karlsruhe, Universitätsverlag, 403–420
- Thomas O, Walter P, Loos P (2008) Design und Usage of an Engineering Methodology for Product-Service Systems. *Journal of Design Research*, 7(2):177–195
- Walter P (2009) Modellierung technischer Kundendienstprozesse des Maschinen- und Anlagenbaus als Bestandteil hybrider Produkte. In Thomas O, Nüttgens M (Hrsg) (2009) Dienstleistungsmodellierung. Methoden, Werkzeuge und Branchenlösungen. Physica, Heidelberg, 129–145
- Walter P, Blinn N, Thomas O, Schlicker M (2009) IT-gestützte Wertschöpfungspartnerschaften zur Integration von Produzenten und Dienstleistungsunternehmen im Maschinen- und Anlagenbau. In Hansen H, Karagiannis D, Fill HG (Hrsg) Business Services – Konzepte, Technologien, Anwendungen. Österreichische Computer Gesellschaft, Wien, Band 1, 389–398
- Winkelmann K, Luczak H (2006) Prospective Analysis of Cooperative Provision of Industrial Services Using Coloured Petri Nets. In Donatelli S, Thiagarajan PS (Hrsg) Petri nets and other models of concurrency – ICATPN 2006. 27th International Conference on Applications and Theory of Petri Nets and Other Models of Concurrency Proceedings. Springer, Berlin, 362–380

Kontinuierliche Referenzmodellverwaltung für die Maschinensimulation

Werner Esswein, Sina Lehrmann und Jeannette Stark

Der Artikel stellt ein aktuelles Forschungsvorhaben vor, welches die Entwicklung einer modellbasierten Methode zur interaktiven Maschinensimulation zum Ziel hat. Es wird aufgezeigt, welche betriebswirtschaftliche Bedeutung die Erbringung dieser neuartigen Dienstleistung hat und welche Rolle die Referenzmodellierung in einem stabilen Geschäftsmodell spielt. Insbesondere die Notwendigkeit der erfahrungsbasierten Evolution des Referenzmodells sowie eine kontinuierliche und integrierte Modellverwaltung werden herausgestellt.

1 Einleitung

Der globale Wettbewerb unter den Anbietern von Kleinstserien preisintensiver Maschinen ist geprägt von kundenindividuellen Produktanforderungen und hohen Kosten in der Entwicklung und Konstruktion. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wird zunehmend an Technologien zur interaktiven Maschinensimulation geforscht. Die interaktive Maschinensimulation verspricht, das Maschinenverhalten bereits in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses realitätsnah bewerten zu können und Kundenanforderungen gezielt vor der Maschinenkonstruktion zu erheben und zu spezifizieren. Durch eine gezielte Anforderungsspezifikation und frühzeitige Bewertung des Maschinenverhaltens sollen Iterationen im Entwicklungsprozess verringert und somit eine Prozessverkürzung sowie eine Senkung der Entwicklungskosten erreicht werden.

Unter Simulation wird eine Methode verstanden, die mit Hilfe von mathematischen Modellen reale Vorgänge nachahmt (Hering und Modler 2007, S. 981ff). Im zugrundeliegenden Forschungsprojekt INPROVY sind Simulationsmodelle somit Berechnungsvorschriften, die in Form von Differentialgleichungen das Verhalten einer Maschine beschreiben. Kommen Echtzeitanforderungen und die aktive Einbindung einer oder mehrerer Personen in die Simulation hinzu, handelt es sich um eine interaktive Simulation. Um eine aktive Mitwirkung der Personen umfassend zu unterstützen, sollten möglichst viele sensorische Sinne des Menschen stimuliert werden. So werden bei Simulationen in Virtual-Reality-Umgebungen, wie bspw. 3D-Simulationen in einem Hexaplot, physikalische Reize zum Wahrnehmen von

räumlichen Sehen, von Bewegungen und von Geräuschen erzeugt, um eine möglichst realitätsnahe Arbeitsumgebung zu imitieren.

Diese Art der Simulation ist aber sehr komplex und erfordert spezifische Fachkenntnisse und viel Erfahrung, um in einem angemessenen ökonomischen Rahmen qualitativ gute Modelle erstellen und die Simulationsergebnisse sinnvoll auswerten zu können. Neben den technologischen Herausforderungen der interaktiven Maschinensimulation stellen die hohen Investitionskosten für geeignete Virtual-Reality-Umgebungen eine Ursache für den noch geringen praktischen Einsatz der Maschinensimulation dar.

Der Artikel stellt eine aktuelle Forschungsarbeit vor, deren Gegenstand die Entwicklung von Technologien zur effizienten und effektiven Durchführung von interaktiven Maschinensimulationen ist. Diese ermöglichen Unternehmen, die interaktive Maschinensimulation als Dienstleistung sowohl Maschinenherstellern als auch Komponentenzulieferern zur Unterstützung ihrer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten anzubieten. Das Forschungsvorhaben folgt dem Ansatz der Entwurforschung, welche auf die zielorientierte Konstruktion von Entwurfsartefakten ausgerichtet ist, die bezüglich ihrer Nützlichkeit bewertet werden müssen (March und Smith 1995; Peffers et al. 2008). Das Vorgehen des Forschungsvorhabens lehnt sich dabei an die von Hevner et al. (2004) vorgeschlagenen Richtlinien zur Bewertung wissenschaftlicher Forschungen im Bereich der Wirtschaftsinformatik an. In einem ersten Schritt wird die Problemrelevanz aus der Anwendungsdomäne der Maschinensimulation herausgearbeitet, um die wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Methode abschätzen zu können. Anschließend wird auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse im Bereich der Informationsmodellierung eine Methode zur modellbasierten Maschinensimulation entwickelt. Dieses Entwurfsartefakt soll abschließend im Rahmen des Forschungsprojekts als Fallstudie evaluiert werden, wozu aus den Erkenntnissen zur praktischen Relevanz und dem wissenschaftlichen Beitrag der Forschung geeignete Metriken abzuleiten sind. Für die Durchführung der Fallstudie wird eine prototypische Umsetzung in Form einer werkzeuggestützten Implementierung der Methode erfolgen.

Die ersten Ergebnisse des vorgestellten Forschungsvorhabens resultierten in einem Architekturrahmen zur modellgestützten Simulation, der die Aufgaben und Gegenstandsbereiche der zu verwendenden Modelle definiert (Esswein et al. 2009a), sowie in einer Analyse möglicher Konstruktionstechniken, die deren Eignung für verschiedene Anwendungsfälle zur Ableitung von spezifischen Modellen aus den zu verwendenden Referenzmodellen untersucht (Esswein et al. 2009b). In beiden Arbeiten werden die verschiedenartigen Modellbeziehungen und deren Verwaltung, insbesondere die systematische Weiterentwicklung der Referenzmodelle, nicht thematisiert. Diese sollen im Rahmen des vorliegenden Artikels näher untersucht werden. Dazu wird die Problemrelevanz der modellbasierten Maschinensimulation analysiert, um darauf aufbauend erste Anforderungen an die integrierte Informationsmodellierung sowie die systematische Evolution der relevanten Modelle abzuleiten.

Der Artikel ist wie folgt gegliedert. In Kapitel 2 wird die Maschinensimulation als industrielle Dienstleistung vorgestellt. Insbesondere die Analyse der betriebs-

wirtschaftlichen Relevanz der interaktiven Maschinensimulation und die Hinderungsgründe für deren praktischen Einsatz sollen das Marktpotenzial der neuartigen Dienstleistung veranschaulichen. Im anschließenden Kapitel 3 wird die Informationsmodellierung, insbesondere die Referenzmodellierung, als Schlüsseltechnologie zur Informationsaufbereitung und Wiederverwendung von existierenden Simulationsmodellen und deren Teilmodelle definiert. Wie die Verbesserung der Dienstleistungsqualität sowie die Erhöhung der Kundenbindung durch eine kontinuierliche und integrierte Referenzmodellverwaltung erreicht werden kann, wird im Kapitel 4 näher dargestellt. Schließlich wird im Kapitel 5 die Relevanz der Referenzmodellierung und deren integrierten Verwaltung zusammengefasst, um notwendige zukünftige Forschungsarbeiten im Bereich der modellbasierten Maschinensimulation zu definieren.

2 Maschinensimulation als industrielle Dienstleistung

Bei der im Folgenden dargestellten industriellen Dienstleistung handelt es sich nicht um einen Vertreter der klassischen Wartungs- und Serviceleistungen von Maschinenherstellern. Bereits Blinn et al. (2008) weisen darauf hin, dass eine ausschließliche Betrachtung von Dienstleistungen in nachgelagerten Phasen des Produktlebenszyklus unzureichend ist und nicht den aktuellen Entwicklungen zum Angebot von hybriden Leistungsbündeln entsprechen.

In einem ersten Ansatz fällt es schwer, die interaktive Maschinensimulation als reine Dienstleistung oder als hybrides Leistungsbündel zu definieren. Das liegt zum einen daran, dass die Definitionen zur (industriellen) Dienstleistung in den einzelnen Fachbereichen kontrovers diskutiert werden (Busse 2005; Seegy 2009). Zum anderen fällt es schwer, die Leistungserbringung der interaktiven Maschinensimulation klar abzugrenzen, da sie bisher noch unzureichend in der Praxis angewendet wird und somit ein neuartiges Produkt bzw. Geschäftsmodell darstellt. Aus diesem Grund wird die interaktive Maschinensimulation im Folgenden aus Sicht des Forschungsvorhabens als Dienstleistung beschrieben, um darauf aufbauend deren betriebswirtschaftliche Relevanz sowie die Herausforderungen der praktischen Umsetzbarkeit zu beschreiben. Aus diesen Erkenntnissen leiten sich schließlich das Erfolgspotenzial der neuartigen Dienstleistung und das zugehörige Geschäftsmodell ab.

Um die interaktive Maschinensimulation näher als Dienstleistung zu charakterisieren, wird auf die terminologischen Untersuchungen von Busse (2005) und Seegy (2009) zurückgegriffen. Auch wenn eine scharfe Trennung zwischen Dienst- und Sachleistungen nicht möglich ist bzw. nicht sinnvoll erscheint, so können doch ein hoher Immaterialitätsgrad des Leistungsangebots sowie des Leistungsergebnisses als auch die Integration eines externen Faktors in den Leistungserstellungsprozess als Charakteristiken für Dienstleistungen definiert werden (Busse 2005, S. 15). Die industrielle Dienstleistung weist zudem noch einen direk-

ten oder indirekten Bezug zu Produkten aus dem Investitionsgüterbereich auf (Seegy 2009, S. 39).

Die Erbringung von hybriden Leistungsbündeln, wie bspw. bei einer kundenindividuell geplanten und konstruierten Arbeitsmaschine, kann auch in Netzwerken erfolgen, in denen bestimmte Dienstleistungen von externen spezialisierten Dienstleistungsanbietern erbracht werden (Beverungen et al. 2008). Die interaktive Maschinensimulation kann eine derartig spezifische Dienstleistung darstellen, die für unterschiedliche Simulationsaufgaben und für unterschiedliche Kundengruppen erbracht werden kann. Die Analyse von potenziellen Anwendungsszenarien sowie die strukturierte Aufbereitung der erforderlichen Informationen resultieren in einem Framework zur modellgestützten Simulation (Esswein et al. 2009a). Die darin beschriebenen Ebenen und Sichten müssen noch mit geeigneten Modelltypen sowie Modelloperationen ausgestaltet werden. Dazu werden in diesem Artikel erste Anforderungen an die Referenzmodelle und die Verwaltung ihrer Modellbeziehungen erhoben.

Eine interaktive Maschinensimulation kann nicht auf „Vorrat“ produziert werden. Die parametrisierten Simulationsmodelle sowie die Einbettung in eine geeignete Virtual-Reality-Umgebung erfolgt stets problemorientiert und werden entsprechend den Kundenanforderungen an die Simulation erstellt. Dies umfasst nicht nur den Gegenstand der Simulation, also den Maschinentyp und seinen Komponentenaufbau, sondern auch die Auswahl und Konfiguration der virtuellen Umgebung, wie bspw. eine Desktop-, Cave-, Powerwall- oder Simulator-Anwendung. Die Wünsche und Anforderungen des Kunden an die Aufbereitung und Durchführung der Maschinensimulation sind somit ausschlaggebend für die Erstellung der Simulationsmodelle sowie die Konfiguration der Virtual-Reality-Umgebung. Als Leistungsergebnis entsteht ein Simulationsmodell, welches gespeichert und wiederholt genutzt werden kann. Die eigentliche Dienstleistung besteht jedoch in der Durchführung der Maschinensimulation sowie in der aufgabenspezifischen Auswertung der Ergebnisse. Diese haben eine direkte Auswirkung auf den laufenden Geschäftsprozess. So können sie bspw. zu Strategieentscheidungen über die Entwicklung neuer Maschinenmodelle oder zur Analyse von Störfällen herangezogen werden. Ein hoher Anteil an immaterieller Leistung ist der interaktiven Maschinensimulation somit immanent.

Zur Erstellung von Simulationsmodellen und der Durchführung von Simulationen ist viel Fachwissen und Erfahrung notwendig. Die Wiederverwendung der Modelle bzw. von Teillösungen ist daher zwar wünschenswert, wird aber derzeit leider nicht methodisch unterstützt. Für Produktionsbetriebe im Investitionsgüterbereich stellt daher die Entwicklung einer eigenen Kompetenz auf dem Gebiet der Maschinensimulation eine große Herausforderung dar. Insbesondere für Unternehmen, für deren Leistungserbringung die Maschinensimulation nur eine außergewöhnliche Rolle spielt, würde eine Kosten-Nutzen-Bewertung negativ ausfallen. In den folgenden Abschnitten werden allgemeine Analyseergebnisse zur Bewertung des betriebswirtschaftlichen Potenzials und den Herausforderungen der interaktiven Maschinensimulation näher beschrieben.

2.1 Die betriebswirtschaftliche Relevanz der interaktiven Maschinensimulation

Die am Forschungsprojekt partizipierenden Unternehmen, zu denen sowohl Vertreter von Maschinenherstellern mobiler Arbeitsmaschinen als auch Komponentenzulieferern zählen, wurden hinsichtlich ihrer Bewertung der interaktiven Maschinensimulation für den zukünftigen Unternehmenserfolg befragt. Im Rahmen offener Interviews mit Mitarbeitern der Entwicklungsabteilung, der Konstruktion und des Vertriebs konnten allgemeine Vorteile der interaktiven Maschinensimulation aus Sicht des Produkts, der Kundenbeziehungen, der Prozesse und der Kosten spezifiziert werden.

Aus *Produktsicht* ermöglicht die interaktive Maschinensimulation die Umsetzung kreativer Innovationsideen, ohne den Bauraum einer Maschine konstruieren oder einen physischen Prototyp bauen zu müssen. Die Durchführung der Maschinensimulation mit variierten Parametern und deren problemorientierte Analyse führen aufgrund von reproduzierbaren Experimenten zu einem besseren technischen Verständnis der zugrundeliegenden Ursache-Wirkungs-Beziehungen.

Weiterhin kann die interaktive Maschinensimulation die *Kundenzufriedenheit* und damit die Kundenbindung erhöhen. Kundenwünsche können in einer Maschinensimulation besser spezifiziert werden, da der Kunde die Auswirkung bestimmter Maschinenkonfigurationen testen kann und sie sich nicht nur vorstellen muss. Somit wird der Kommunikationsprozess zwischen Kunde und Maschinenhersteller deutlich verbessert. Die Einbeziehung des Kunden in den Entwicklungsprozess erhöht zudem die Bindung des Kunden an das Unternehmen und die Akzeptanz der späteren Maschinenlösung.

Auch die *Prozesse* des Maschinenherstellers werden positiv beeinflusst. So können Konstruktionsfehler in der Maschinensimulation frühzeitig aufgedeckt und korrigiert werden. Das führt zur Vermeidung von Iterationen im Entwicklungs- und Produktionsprozess. Darüber hinaus können Simulationsergebnisse als neutrales Element in Strategieüberlegungen über neue Produktvarianten oder Einkaufsentscheidungen genutzt werden. Auf diesem Weg kann die Kommunikation bzw. Abstimmung zwischen verschiedenen Abteilungen (z. B. F&E und Einkauf) im Unternehmen unterstützt und verbessert werden. Wenn eine vertrauensvolle Kooperation mit Komponentenzulieferern aufgebaut werden kann, könnten Simulationsmodelle für einzelne Maschinenkomponenten direkt vom Komponentenhersteller zur Verfügung gestellt werden. Die Qualität der Simulationsmodelle im Sinne einer realitätsnahen Abbildung des Komponentenverhaltens wäre wahrscheinlich besser als die bisher vom Maschinenhersteller selbst formulierten Simulationsmodelle. Die verstärkte Zusammenarbeit in der Maschinensimulation könnte zu einer synergetischen Kooperation zwischen Zulieferer und Maschinenhersteller im Entwicklungsprozess führen.

Wenn die Technologie der interaktiven Maschinensimulation soweit ausgereift ist, dass sie den Bau unreifer physischer Prototypen vermeiden bzw. den Bau reifer physischer Prototypen in späte Phasen des Entwicklungsprozesses verschieben

kann, erzielt der Maschinenhersteller auch aus *Kostensicht* signifikante Vorteile vom Einsatz interaktiver Maschinensimulation. Durch die Verringerung von Iterationen im Entwicklungsprozess werden weniger Ressourcen gebunden, sowohl in Form von entwickelnden Ingenieuren als auch in Form von Belegung der Produktionsstrecke sowie Materialeinsatz zum Um- und Neubau von Prototypen.

Den aufgezeigten Vorteilen stehen aber auch gewichtige Herausforderungen gegenüber, die den praktischen Einsatz der interaktiven Maschinensimulation bisher behindern.

2.2 Hinderungsgründe für den Einsatz von interaktiver Maschinensimulation

Die interaktive Maschinensimulation ist trotz viel versprechender Vorteile noch kaum in der Industrie verbreitet. Ein bedeutender Hinderungsgrund liegt in der aufwendigen und riskanten Erstellung der Simulationsmodelle. Eine genauere Analyse der Ursachen konnte drei Problemkategorien identifizieren, die Komplexität der Simulationsaufgabe, die Konfiguration und Steuerung der Virtual-Reality-Umgebung und die unternehmensübergreifende Kooperation zwischen Maschinenhersteller und Zulieferer.

Komplexität der Simulationsaufgabe

Die Erstellung von Simulationsmodellen für Maschinenfunktionalitäten ist eine komplexe Aufgabe, da alle relevanten Komponenten modelliert und konsistent miteinander in Beziehung gesetzt werden müssen. Für einzelne Komponentensysteme werden domänenspezifische Simulationen der Mechanik, Hydraulik oder Elektrik zahlreich in der Praxis eingesetzt. Techniken zur domänenübergreifenden Simulation sind derzeit Gegenstand der Forschung und befinden sich noch in einem Frühstadium der Entwicklung. Eine domänenübergreifende Simulation erhöht die Kompliziertheit der Simulationsmodelle, da mehr Modellkonzepte enthalten sind. Neben dem Problem der domänenübergreifenden Simulation besteht das Problem der realitätsnahen Simulation ganzer Maschinen. Eine Vielzahl von relevanten Maschinenkomponenten und ihre Abhängigkeiten müssen in dem Simulationsmodell berücksichtigt werden. Dies führt zur Erhöhung der Modellkomplexität, welche die Echtzeitfähigkeit des Simulationsmodells gefährden kann. Die Echtzeitfähigkeit ist in der interaktiven Maschinensimulation aber Voraussetzung für einen realitätsnahen Eindruck für den menschlichen Maschinenführer. Erschwert wird die Erstellung der Simulationsmodelle zusätzlich dadurch, dass sie überwiegend codebasiert und sehr maschinennah erfolgt. Die codebasierte Beschreibung der Simulationsmodelle behindert eine mögliche Wiederverwendung der Simulationsmodelle, da sie weder eine inhaltliche noch formale Aufbereitung der Modellkomponenten unterstützt. Die Anpassung, Pflege und Wiederverwendung von Simulationsmodellen ist daher für den menschlichen Ingenieur sehr schwierig und nur mit guten Informatikkenntnissen umzusetzen.

Unternehmensübergreifende Kooperation

Derzeitige Forschungen in den Ingenieurwissenschaften untersuchen geeignete Instrumente zur domänenübergreifenden Beschreibung der Simulationsmodelle. Eine geeignete und standardisierte Sprachbeschreibung würde auch dem bisher fehlenden Austausch von Simulationsmodellen bzw. relevanten Informationen zwischen Maschinenhersteller und Zulieferer entgegenwirken. Der mangelnde unternehmensübergreifende Wissenstransfer ist aber nicht zuletzt auch auf das Risiko der Weitergabe von wettbewerbskritischen Informationen zurückzuführen. Die Folge ist, dass der Maschinenhersteller alle simulationsrelevanten Zulieferkomponenten mit den ihm zur Verfügung stehenden Informationen nachbilden muss. Da diese Informationen in der Regel nicht den gleichen Umfang aufweisen wie die, die dem Komponentenhersteller zur Verfügung stehen, besteht das Risiko, dass die Simulationsmodelle eine schlechte Qualität, im Sinne von nicht realitätsnahen Maschinenfunktionalitäten, aufweisen. Fehlende Informationen zu Produktkomponenten können unter Umständen auch dazu führen, dass die Simulationsmodelle nicht in der erforderlichen Modelltiefe konstruiert werden können.

Konfiguration und Steuerung der VR-Umgebung

Neben den Modellen zur Simulation der Maschinenfunktionalität erfordert eine interaktive Maschinensimulation weitere Modelle zur Konfiguration und Steuerung der VR-Umgebung. Diese Modelle umfassen neben 3D-Grafiken zur Darstellung der Maschine und der Teststrecke auch Bewegungssteuerung und Soundmodelle. Weiterhin müssen Netzwerkkommunikation und Konfiguration der Simulationssoftware vorgenommen werden. Welche Modelle mit welchen Parametern in das Simulationsmodell integriert werden müssen, hängt maßgeblich vom Simulationsziel und der eingesetzten Hardware ab. Zum Einen ist diese Hardware, wie Hexaplot, Cave oder Powerwall, sehr preisintensiv in der Anschaffung, zum Anderen erfordert deren Konfiguration und Bedienung qualifiziertes und erfahrenes Fachpersonal.

Weiterhin existiert keine modulare Toolkette, die über standardisierte Schnittstellen eine flexible Durchführung von Maschinensimulationen ermöglicht. Da die Simulationsmodelle meist nicht plattformunabhängig erstellt und gepflegt werden können, müssen in dem Workflow von der Erstellung der Simulationsmodelle bis zur Steuerung der VR-Umgebung häufig manuelle Transformationsarbeiten durchgeführt werden.

2.3 Erfolgspotenzial des Dienstleistungsangebots zur interaktiven Maschinensimulation

Zusammenfassend sind die größten Hinderungsgründe für den Einsatz der interaktiven Maschinensimulation die hohen Investitionskosten der Virtual-Reality-Umgebung, die Gefahr der Weitergabe von wettbewerbskritischen Informationen an Konkurrenten und die fehlende systematische Methode zur Erstellung, Pflege und

Wiederverwendung der Simulationsmodelle. Die beiden erst genannten Nachteile können durch einen externen Dienstleister gelöst werden. Da das Kerngeschäft des Dienstleisters die interaktive Maschinensimulation darstellt, ist die Auslastung der Virtual-Reality-Umgebung dementsprechend hoch und wird sich daher schneller amortisieren. Weiterhin kann ein externer Dienstleistung als Trustcenter fungieren und die Vertraulichkeit der Simulationsmodelle als Teil seines Dienstleistungsangebots garantieren. Simulierende Maschinenhersteller bzw. Zulieferer bieten bereits ihren Kunden auftragsspezifische Simulationen als Teil ihres Leistungsangebots an.

Die Entwicklung einer systematischen Methode zur Erstellung, Pflege und Wiederverwendung der Simulationsmodelle auf Basis der Informationsmodellierung wird in den folgenden Kapiteln näher vorgestellt.

Das Erfolgspotenzial für das beschriebene Dienstleistungsangebot wird hoch eingeschätzt, da die Markteintrittsbarrieren relativ hoch sind. Wie bereits dargestellt, erfordert die Erstellung von Simulationsmodellen eine hohe Fachkompetenz und viel Simulationserfahrung. Diese zu entwickeln, ist jedoch sehr zeitintensiv und erfordert die reale Durchführung verschiedener Projekte. Wenn somit ein Pionier sich auf dem Markt platzieren konnte, ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass er erfolgreich ist, wenn er seine Kernkompetenz – die Erfahrung – schützt und kontinuierlich weiterentwickelt. Der im Folgenden vorgestellte Ansatz soll die systematische Integration von Projekterfahrung unterstützen und somit zur kontinuierlichen Verbesserung der Dienstleistungsqualität sowie der Stärkung der Wettbewerbsposition beitragen.

3 Referenzmodellierung als Befähiger zur Dienstleistungserbringung

Die aufgezeigten Potenziale für den Einsatz von Maschinensimulation können nur genutzt werden, wenn eine systematische Informationsverwaltung gewährleistet werden kann, die eine methodisch gestützte Erstellung der Simulationsmodelle sowie deren modulare Wiederverwendung ermöglicht. Dazu wird in der angestrebten Methode auf die Informationsmodellierung zurückgegriffen. Zur Komplexitätsreduktion und zur systematischen Wiederverwendung von Simulationsmodellen bzw. deren flexiblen Anpassung an projektspezifische Anforderungen sollen insbesondere die Methoden der konzeptionellen Modellierung und der Referenzmodellierung zum Einsatz kommen.

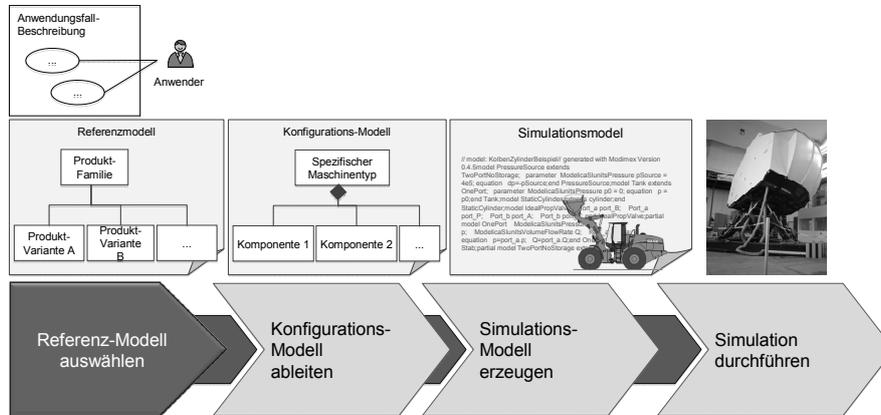


Abb. 1. Referenzmodell-basierte Methode zur Maschinensimulation

Abb. 1 stellt die Referenzmodell-basierte Methode zur Vorbereitung und Durchführung einer interaktiven Maschinensimulation skizzenhaft dar.

Ausgangspunkt für die Erstellung und systematische Wiederverwendung existierender Simulationsmodelle und deren flexible Anpassung an projektspezifische Anforderungen ist die reale Produktstruktur der betrachteten Maschine. Auf der Fachebene (Ebene der realen Produktstruktur) soll ein Referenzmodell die möglichen Produktvarianten verwalten und die Ableitung einer individuellen Produktspezifikation ermöglichen. Diese Grundstruktur der Produktvariante umfasst den hierarchischen Aufbau der Maschine aus den einzelnen Produktkomponenten. Der Detaillierungsgrad sollte dabei so gewählt werden, dass zugelieferte Systemkomponenten umgehend identifiziert werden können. Über dieses Modell der realen Produktstruktur erfolgt die Integration, Steuerung und Konfiguration der einzelnen Modelle, die für die Simulation notwendig sind. Die notwendigen Modelle bilden dabei unterschiedliche Gegenstandsbereiche ab und befinden sich auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen. Zur Strukturierung dieser Abstraktionsstufen wurde das Framework zur modellbasierten Simulation entwickelt (Esswein et al. 2009a). Die Prozesssicht stellt dabei die Durchführung der Dienstleistung dar.

Mit Hilfe der konzeptionellen Modelle sollen die Simulationsmodelle sowie alle notwendigen Konfigurationen der Simulationsumgebung verwaltet, integriert und wiederverwendet werden. Das entwickelte Referenzmodell dient dabei als Ausgangsbasis zur Konfiguration der Arbeitsmaschine. Operationen auf den abgeleiteten Modellen sowie Modelltransformationen führen weiterhin zur Erstellung eines konsistenten Simulationsmodells. Dabei soll insbesondere auf die generierenden und nicht generierenden Konstruktionstechniken der Referenzmodellierung zurückgegriffen werden (Esswein 2009b; Becker et al. 2004; vom Brocke 2007). Die prototypische Implementierung und Evaluation der Referenzmodell-basierten Methode im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts bietet für die Forschung innerhalb der Wirtschaftsinformatik die Chance, diese Konstruktionstechniken

niken in einer realen, nicht trivialen Fallstudie zu untersuchen und zu bewerten. Damit kann ein Beitrag zur geforderten externen Validität der Referenzmodell-Theorien (Fettke und Loos 2004) geleistet werden.

Abb. 2 stellt eine beispielhafte Modelltransformation von der Fachebene in die Simulationsebene dar. Die Fachebene fokussiert die reale Produktstruktur und umfasst somit alle relevanten Informationen, die in herkömmlichen ERP-Systemen hinterlegt sind, wie bspw. Lieferanten und Komponenteneigenschaften. Desweiteren spezifiziert sie die relevanten Schnittstellen zum Geschäftsprozess, der den Rahmen für die Maschinensimulation bildet und auf den das Dienstleistungsprodukt, also die Simulationsergebnisse, direkt einwirkt. Die Simulationsebene abstrahiert dagegen von geschäftsprozess-relevanten Informationen und betrachtet ausschließlich simulationsrelevante Informationen.

Auf Basis der realen Produktstruktur wird eine Maschinenstruktur abgeleitet, die alle für die Maschinensimulation relevanten Informationen umfasst und von nicht benötigten Informationen abstrahiert. Eine Produktkomponente auf Fachebene kann dabei von unterschiedlich vielen Simulationskomponenten erster Ordnung beschrieben werden. So kann eine Produktkomponente bspw. keine Entsprechung auf Simulationsebene haben, wenn sie für die Simulationsaufgabe nicht relevant ist. Es ist aber auch denkbar, dass eine Produktkomponente durch mehrere Simulationskomponenten repräsentiert wird, weil der Aufbau des Simulationsmodells es so erfordert.

Das zentrale Integrationselement für die Verwaltung und Anpassung der Simulationsmodelle ist die Produktkomponente auf Fachebene. Diese ist entsprechend mit den konzeptionellen Simulationskomponenten zu verknüpfen. Ziel des Produktmodells auf Fachebene ist es, den Austausch einer spezifischen Produktkomponente hinsichtlich der Auswirkungen auf das Simulationsmodell zu bewerten.

Neuartig an diesem Vorgehen ist, dass auch für die Darstellung dieser Simulationsmodelle auf Modellierungssprachen der konzeptionellen Modellierung zurückgegriffen werden soll. Auf der Simulationsebene wird weiterhin eine zweistufige Erstellung der Simulationsmodelle angestrebt. Das Simulationsmodell 1. Ordnung repräsentiert die Struktur des spezifischen Maschinenmodells unabhängig von der vorliegenden Simulationsaufgabe. Dabei stellen die Modellelemente Platzhalter für Maschinenkomponenten dar, die mindestens einer Komponente auf Fachebene zugeordnet werden kann. Die Komponente auf Simulationsebene ist somit existenzabhängig von der Komponente auf der Fachebene, beinhaltet aber andere Beschreibungsmerkmale, wie bspw. Vektoren und Koordinatensysteme.

Aus den aufgabenneutralen Simulationsmodellen werden die Simulationsmodelle 2. Ordnung abgeleitet. Dazu werden in Abhängigkeit der spezifischen Anforderungen der vorliegenden Simulationsaufgabe geeignete Berechnungsvorschriften den Maschinenkomponenten zugeordnet. Erschwerend für die Modellverwaltung ist, dass dieser Übergang vom aufgabenneutralen zum aufgabenspezifischen Simulationsmodell willkürlich sein kann. Komponenten können dabei zusammengefasst, geteilt, übernommen, weggelassen oder hinzugefügt werden. Für die Bewertung der Simulationsergebnisse und die Verbesserung der Qualität der Simula-

tionsmodelle ist es jedoch notwendig, dass diese Transformationsschritte dokumentiert und nachvollziehbar sind. Weiterhin erfolgt die Parametrierung des Modells. Dazu werden unter anderem Werte der Komponenten aus der Fachebene übernommen, bspw. Masse und Leistung.

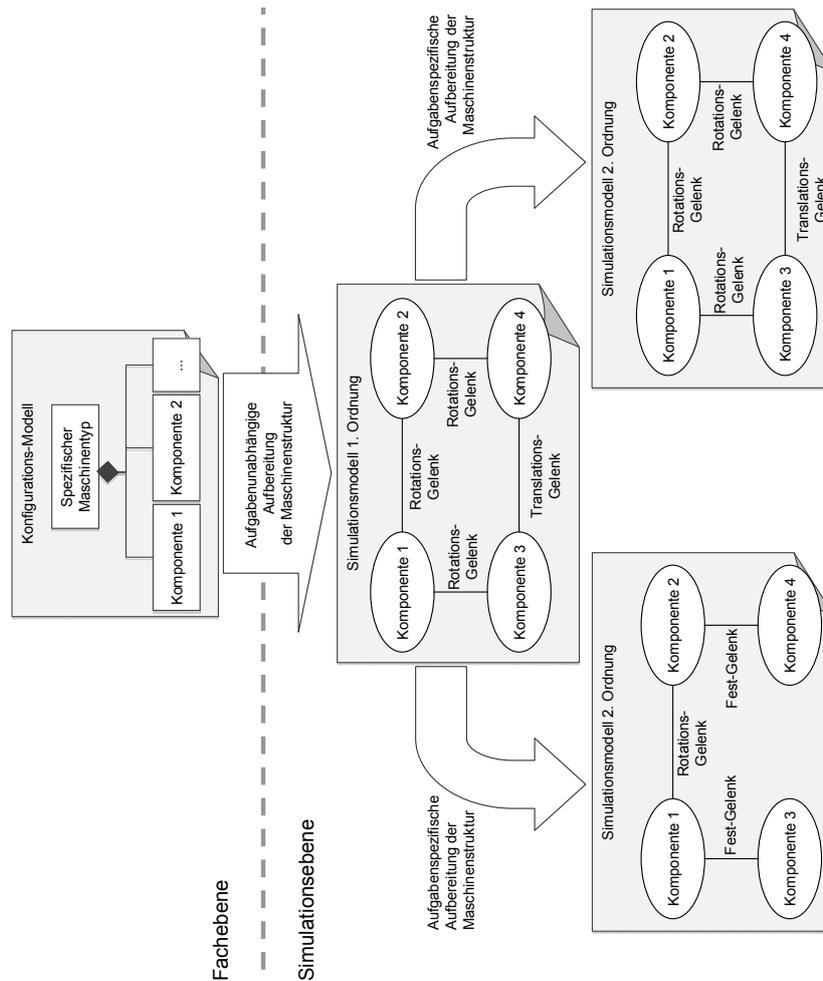


Abb. 2. Beispielhafte Modelltransformation von der Fachebene in die Simulationsebene

Neben den technischen Herausforderungen der werkzeuggestützten Ableitung von Konfigurationsmodellen aus Referenzmodellen ist bei dem beschriebenen Vorgehen die semantische Integration der verschiedenen Modelle sicherzustellen. Das folgende Kapitel stellt dabei die herausragende Rolle eines kontinuierlichen und systematischen Referenzmodellmanagementsystems vor.

4 Kontinuierliche Modellverwaltung als Voraussetzung zur erfahrungsbasierten Modellevolution

Die semantische Integration der Modelle auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen, aber auch die Verwaltung der Beziehung zwischen dem ursprünglichen Referenzmodell und dessen abgeleiteten Modellen ist notwendig, um frühere Modelllösungen zu analysieren, zu bewerten und zu vergleichen. Nur unter diesen Voraussetzungen sind eine systematische Evolution der Referenzmodelle und die Qualitätsverbesserung der interaktiven Maschinensimulation möglich.

Der Dienstleistungsnehmer erwartet, dass er von den Erfahrungen des Dienstleistungsanbieters profitiert. Um die Dienstleistung der interaktiven Maschinensimulation erfolgreich anbieten zu können, sollten die Simulationserfahrungen des Dienstleisters größer sein als die des Maschinenherstellers. Das heißt, er sollte mehr Projekte durchgeführt und vielseitigere Probleme gelöst haben. Diese Erfahrung sollte sich in der Fähigkeit des Dienstleisters niederschlagen, Simulationsmodelle effektiv und effizient erstellen zu können.

Auf der anderen Seite kann der Dienstleister sein Angebot dahingehend erweitern, dass er die kundenspezifischen Modelle hinsichtlich neuer Erkenntnisse aktualisiert.

Voraussetzung, um beide Anforderungen erfüllen zu können, ist eine systematische Erfassung der Projekterfahrungen sowie eine methodische Weiterentwicklung des Referenzmodells. Beide Aspekte werden in den folgenden Abschnitten näher diskutiert.

4.1 Erfahrungsbasierte Modellverbesserung

Eine einzelne Erfahrung stellt eine Schlussfolgerung (Erfahrungsurteil) eines Subjekts dar, welches aufgrund der subjektiven Wahrnehmung und Interpretation der Realwelt (Erfahrungssituation) zu dieser gekommen ist (Hammel 1997). Nimmt das Subjekt viele Erfahrungssituationen wahr, in denen es zu ähnlichen Erfahrungsurteilen kommt, kommt es zu einer Verallgemeinerung des Erfahrungsurteils. Das bedeutet, dass die Erfahrung nicht mehr auf die einzelne Situation zurückgeführt werden kann, sondern als allgemeingültig erklärt wird. In diesem Zusammenhang wird Erfahrung oft auch im Sinne von ausgebildeten Fähigkeiten des Subjekts verwendet (Hammel 1997).

Neben menschlichen Individuen wird auch einer Organisation die Fähigkeit der Erfahrung zugesprochen. Stellt eine Organisation das Subjekt im Erfahrungsprozess dar, so kann von einer organisationalen Erfahrung gesprochen werden. Eine Organisation kann dabei als ein System aufgefasst werden, welches eine eindeutige Grenze zu seiner Umwelt aufweist und durch eine Zielausrichtung sowie eine geregelte Arbeitsteilung geprägt ist (Schreyögg 2008). Das Dienstleistungsunternehmen und seine Mitarbeiter, die an der Durchführung der Dienstleistung beteiligt sind, sind in dem vorgestellten Ansatz als Organisation zu interpretieren. Die

Erfahrungen, die im Rahmen der Simulationsprojekte gemacht werden, gelten somit als organisationale Erfahrung.

Der Wert einer Erfahrung für eine Organisation wird durch ihr Potenzial bei der zukünftigen Aufgabendurchführung und somit zur Erreichung der gesetzten Ziele bestimmt. Die Differenzierung der Potenzialstufen von Erfahrungen erfolgt anhand der Kriterien Neuheit, Wirkungskraft, Wahrscheinlichkeit der Wiederholung, Kausalitätszusammenhänge und Reichweite (Esswein und Lehrmann 2009).

- *Potenzialstufe 0 (wertlos)*
Die Erfahrung hat keine Auswirkung auf die organisationale Zielerreichung oder die Wahrscheinlichkeit des Wiederauftretens der Erfahrungssituation geht gegen Null. Der Aufwand für die Verwaltung der Erfahrung übersteigt demnach dem geschätzten Nutzen.
- *Potenzialstufe 1 (niedrig)*
Die Erfahrung bestätigt die organisationalen Erwartungen und wurde in ähnlicher Weise bereits in der Vergangenheit gemacht. Bestätigende Erfahrungen führen zu einer Verbesserung der Prozesssicherheit im Unternehmen. Diese Art der Erfahrung kann daher herangezogen werden, um die bestehende Erfahrungsdatenbank zu pflegen. Eine bestätigende Erfahrung kann darüber hinaus dazu führen, dass Erfahrungen, die bisher als Einzelerfahrungen verwaltet wurden, Einfluss auf die Veränderung des Referenzmodells haben.
- *Potenzialstufe 2 (mittel)*
Die Wirkungskraft der Erfahrung auf die Erreichung der Unternehmensziele war mindestens spürbar. Die Wahrscheinlichkeit der Wiederholung ähnlicher Erfahrungssituationen kann jedoch schwer abgeschätzt werden, da die Kausalitätszusammenhänge weitestgehend unbekannt sind. Der Transfer dieser Erfahrung ist somit riskant.
- *Potenzialstufe 3 (hoch)*
Erfahrungen dieser Potenzialstufe wurden als neu und mit mindestens spürbarer Wirkungskraft auf die Zielerreichung bewertet. Weiterhin sind deren Kausalitätsbeziehungen bekannt. Zu entscheiden ist, ob die Erfahrung Auswirkung auf die Inhalte des Referenzmodells hat oder eher dazu geeignet ist, in einem systematischen Management von Einzelfällen aufgenommen zu werden. Diese Entscheidung ist in Abhängigkeit von der Reichweite der Erfahrung und der Wahrscheinlichkeit der Wiederholung zu treffen.

Werden aufgrund der gemachten Erfahrungen die Inhalte des Referenzmodells geändert, so wird die Erfahrung aber nicht selbst gespeichert, sondern nur deren Konsequenz. Die Erfassung des Erfahrungsinhalts kann somit in verschiedener Weise erfolgen:

- *Als Modellbestandteil:* Die verwendete Modellierungsmethode stellt ein eigenes Konzept zur Modellierung von Erfahrungselementen zur Verfügung. Das Problem-Lösungs-Paar wird in dieser Form direkt an das entsprechende Element im Pro-

dukt- bzw. Prozessmodell gebunden. Es dokumentiert Erfahrungen, welche die Organisation bei der Anwendung des Modells gemacht hat und für zukünftige Anwendungen nützlich sein können. Die direkte Annotierung der Erfahrung an die entsprechenden Modellelemente ermöglicht die leichte Identifikation von möglichen Problemsituationen bei der Modellanwendung. Im Folgenden wird sie auch als Kommentierung des Modells bezeichnet.

- *Als Modelländerung:* Erfahrungen können sich aber auch in einer Modelländerung ausdrücken. Werden die Modellaussagen des Produkt- oder Prozessmodells geändert, so stellt diese Änderung meist die Lösung einer zuvor empfundenen Problemsituation dar. Auf diesem Weg wäre jedoch nur die Lösung aber nicht das behobene Problem, also die originäre Erfahrung, dokumentiert. Ein geeignetes Konfigurationsmanagement muss an dieser Stelle die Nachvollziehbarkeit dieser Änderung und insbesondere ihrer Gründe dokumentieren. Dabei kann es sich um ein Annotation handeln, die auf unstrukturierte Dokumente, wie bspw. natürlichsprachige Erfahrungsberichte, verweist, oder es können eigene Teilmodelle erstellt werden, die die Nachvollziehbarkeit der Modellkonstruktion erhöhen sollen (vgl. dazu die Methode Rationale-Ansätze nach Rossi et al. 2004).

In Abhängigkeit der Potenzialstufe, der die gemachte Erfahrung zugeordnet werden kann, ist die Änderung des spezifischen Modells bzw. des Referenzmodells oder die reine Dokumentation der Erfahrung zu empfehlen. Erfahrungen mit geringem Innovationspotenzial (Potenzialstufe 0 bzw. 1) sind vernachlässigbar, da der Erfassungsaufwand den erwarteten Nutzen übersteigt. Lediglich die Dokumentation von Erfahrungen der Potenzialstufe 1, die strittige bzw. unsichere Modellaussagen bestätigen, können als Argumente in der Modellkonstruktion herangezogen werden und somit einen Nutzen für die Organisation stiften. Sie haben jedoch keine Auswirkung auf die Modellaussagen, sondern werden lediglich als „Zusatzinformationen“ an die entsprechenden Modellelemente annotiert.

Erfahrungen der Potenzialstufe 2 sollten aufgrund ihrer unbekanntenen Kausalitätszusammenhänge lediglich an die entsprechenden Modellelemente des Referenzmodells annotiert werden, so dass der Modellnutzer abschätzen kann, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Erfahrung Auswirkung auf den vorliegenden Fall hat und ob sie Einfluss auf die Konstruktion des spezifischen Modells haben sollte.

Lediglich Erfahrungen der Potenzialstufe 3, deren Reichweite und Wiederholungswahrscheinlichkeit so hoch ist, dass sie für den gesamten Geltungsbereich des Referenzmodells gültig sind, sollten als Modelländerung in das Referenzmodell eingehen. Darüber hinaus ist zu entscheiden, ob die Erfahrung, die zur Modelländerung führte, als Entwurfsentscheidung an das entsprechende Modellfragment annotiert werden sollte. Dieses Vorgehen würde die Nachvollziehbarkeit der Modellkonstruktion erhöhen und dem Modellnutzer damit die Möglichkeit bieten, die Gültigkeit der Modellaussagen für das vorliegende Modellierungsproblem abzuschätzen zu können.

Da potentiell in allen Prozessschritten Erfahrungen gesammelt werden können, muss eine Erfahrungserfassung in allen bearbeiteten Aufgaben erfolgen. Eine anschließende Bewertung muss entscheiden, welche Auswirkung die Erfahrung auf existierende Artefakte im Unternehmen hat (bspw. das Referenzmodell) und in welcher Weise sie gespeichert wird. Aus diesem Grund wird in den folgenden Abschnitten die Modellierungsaufgabe bei der interaktiven Maschinensimulation näher untersucht, um die Abhängigkeiten der betroffenen Artefakte identifizieren und somit die Anforderung an eine kontinuierliche Referenzmodellverwaltung ableiten zu können.

4.2 Beziehungspfade zwischen Referenzmodell und abgeleiteten Modellen

Die Nutzung eines Referenzmodells bei der Erstellung von Simulationsmodellen zur interaktiven Maschinensimulation ermöglicht die systematische Wiederverwendung von existierenden Modelllösungen. Um die Dienstleistungsqualität zu verbessern und die Wettbewerbsposition des industriellen Dienstleisters zu stärken, indem er kontinuierlich die Erfahrungen in der Maschinensimulation in das Referenzmodell integriert, müssen die Transformationsschritte dokumentiert und nachvollziehbar sein.

Braun (2007) hat drei typische Szenarien identifiziert, die mögliche Beziehungen zwischen Referenzmodell und abgeleiteten Modellen charakterisieren. Diese Szenarien werden in Abb. 3 dargestellt.

Grundsätzlich kann neben dem Referenzmodell zwischen zwei disjunkten Mengen von aufgabenspezifischen Modellen unterschieden werden. Dabei wird zwischen Modellen unterschieden, die unabhängig von dem betrachteten Referenzmodell erstellt wurden, und Modellen, bei deren Erstellung auf das Referenzmodell zurückgegriffen wurde.

In Szenario I werden ein Referenzmodell aus existierenden Modelllösungen abgeleitet und projektspezifische Lösungen zu Wiederverwendungszwecken aufbereitet. Szenario II stellt dagegen die Ableitung von aufgabenspezifischen Modellen aus dem Referenzmodell dar. Diese beiden Szenarien werden in der herkömmlichen Literatur zur Referenzmodellierung als *Design for Reuse* und *Design with Reuse* bezeichnet (vom Brocke 2007). Bei der aufgabenspezifischen Ableitung der Modelle sollte bspw. auf ähnliche, bereits existierende Modelllösungen zurückgegriffen werden. Dieses Prinzip sollte jedoch auf für spezifische Teilprobleme gelten, die unter Umständen unabhängig von der übergeordneten Simulationsaufgabe sind.

Eine herausfordernde Problemstellung für dieses Szenario ist die Integration der Fachebene und der Simulationsebene. Die Zuordnung von Modellelementen auf Fachebene zu Modellelementen auf Simulationsebene kann nicht auf Sprachebene erfolgen, sondern muss im Modell definiert werden. Es ist zu klären, ob ein eigenes Teilmodell zur Beschreibung der Ebenenbeziehungen sinnvoll einsetzbar ist. Dazu müssten entsprechende Konzepte, wie bspw. geeignete Beziehungstypen,

in die Definition der Modellierungssprache aufgenommen werden. Insbesondere der Aufwand zur Erstellung und Pflege dieser Beziehungsmodelle sollte sorgfältig kalkuliert und bewertet werden. Ein weiterer denkbarer Ansatz wäre die semantische Verlinkung der beiden Modellebenen bspw. mit Hilfe von Modell-Tagging-Verfahren (Fengel et al. 2008) oder semantischen Modellierungstechniken. Soll eine Produktkomponente ausgetauscht werden, so können aufgrund der ebenenübergreifenden Zuordnung der jeweiligen Modellelemente die vom Austausch betroffenen Teilmodelle bzw. Modellelemente identifiziert werden.

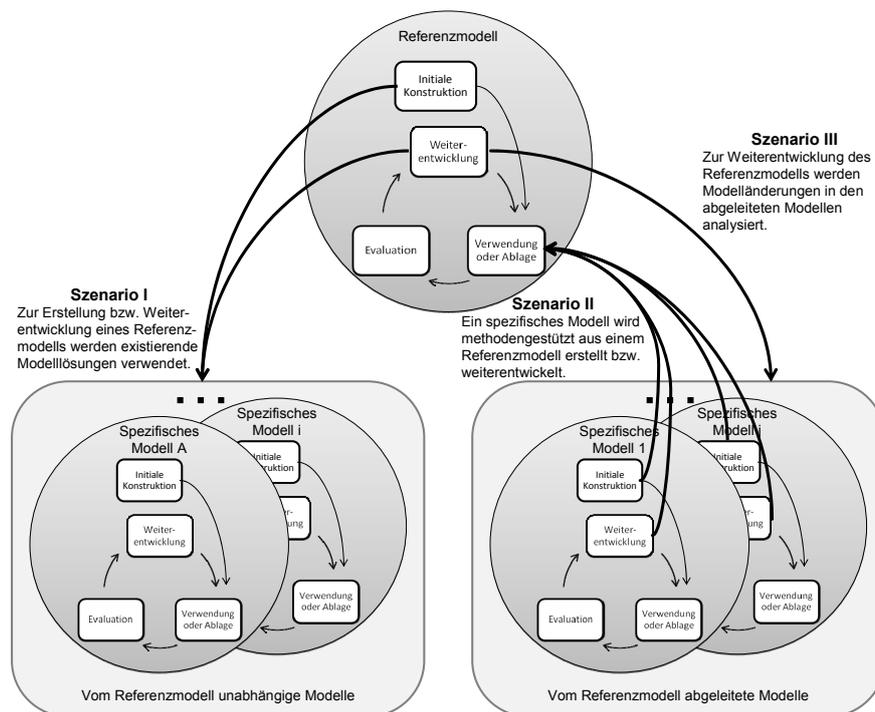


Abb. 3. Beziehungs-Szenarien zwischen Referenzmodell und projektspezifischen Modellen (Braun 2007)

Ein bisher weitgehend unberücksichtigtes Szenario stellt Szenario III dar. Dieses beschreibt die Weiterentwicklung des Referenzmodells, die aufgrund der Modelländerungen in den abgeleiteten Modellen oder durch Analyse von unabhängigen Modellen erfolgt. Unter dem Aspekt der erfahrungsbasierten Evolution des Referenzmodells erhält Szenario III eine besondere Bedeutung für die modellbasierte Maschinensimulation.

Wie bereits erwähnt, können in allen Prozessschritten Erfahrungen gesammelt werden. Abb. 4 charakterisiert sechs Erfahrungssituationen, die bei der Durchführung der vorgestellten Methode zur interaktiven Maschinensimulation bezüglich

der verwendeten Modellartefakte gemacht werden können. Diese Erfahrungen können in Abhängigkeit von deren Potenzialbewertung zur Evolution des Referenzmodells beitragen. Die Versionsbeziehungen im Sinne einer Historie (Vorgänger-Nachfolgebeziehung) sind als Intra-Ebenen-Beziehungen zwischen Modellen gleichen Typs dargestellt. Modellvarianten, im Sinne aus dem Referenzmodell abgeleitete spezifische Modelle (Thomas 2008) werden dagegen auf unterschiedlichen Modellebenen dargestellt. Zusätzlich wurde der Aspekt der Modellierungssprache berücksichtigt und die Besonderheit von Referenzmodellierungskonzepten betont.

Modellversionen (evolutionärer Beziehungspfad)

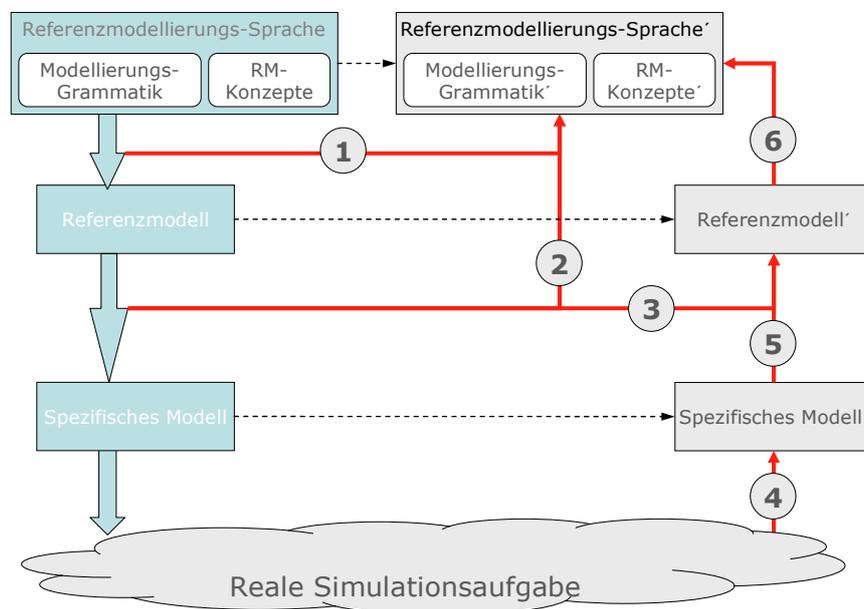


Abb. 4. Erfahrungs-basierte Modellevolution

Die erste Situation kennzeichnet die Konstruktion eines Referenzmodells unter Verwendung einer Modellierungssprache. Zur Erstellung eines Referenzmodells wird dazu auf Modellierungskonstrukte zurückgegriffen, die zur Formulierung der Modellaussagen über den betrachteten Gegenstand notwendig sind. Darüber hinaus sind Konstrukte notwendig, welche die Anwendung des Referenzmodells zur Konstruktionsunterstützung spezifischer Modelle ermöglicht (Braun 2007, S. 74). Während der Konstruktion des Referenzmodells kann es zu Erfahrungen kommen, welche die Änderung oder die Kommentierung der Referenzmodellierungssprache erfordern.

Beim regelbasierten Ableiten von spezifischen Modellen aus Referenzmodellen kann die Anforderung nach Änderungen der im Referenzmodell verwendeten Sprachkonzepte auftreten, wenn die verwendeten Konzepte die Ableitung nicht zufrieden stellend unterstützen (Situation 2). Die Erfahrung wird somit bei der Ableitung des spezifischen Modells aus dem verwendeten Referenzmodell gemacht. Diese Erfahrungssituation ist dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Methodenkonstruktion zur Referenzmodellierung und der Anwendung des Referenzmodells eine räumliche und zeitliche Trennung vorliegt. Die Rückmeldung vom Modellanwender zum Methodenkonstrukteur muss daher systematisch unterstützt werden, um eine sinnvolle Evolution des Referenzmodellierungssprache zu ermöglichen.

Weiterhin können beim Ableiten des spezifischen Modells aus dem Referenzmodell vom Fachexperten Unzulänglichkeiten in den Modellaussagen entdeckt werden (Situation 3). Sind diese für den gesamten Aussagenraum des Referenzmodells gültig, können sie eine Änderung des Referenzmodells erfordern.

Die Anwendung des spezifischen Modells zur interaktiven Maschinensimulation stellt dessen Evaluation dar (Situation 4). Werden dabei Unzulänglichkeiten im Modell entdeckt, kann es zu dessen Änderung kommen. Wenn diese Änderung allgemeiner Art ist, also den Adressatenkreis des Referenzmodells betrifft, kann es zu einer Änderung des Referenzmodells führen (Situation 5). Die Integration neuer Modellinhalte in das Referenzmodell kann ihrerseits eine Änderung der Referenzmodellierungssprache bedingen, indem bspw. optionale Varianten deklariert oder neue Ableitungsregeln definiert werden müssen.

Um die Auswirkungen von Änderungen überhaupt bewerten zu können, ist ein geeignetes Konfigurationsmanagement für Referenzmodelle notwendig. Braun (2007) weist in seiner Arbeit darauf hin, dass nur funktionale Beziehungspfade systematisch verwaltet werden können und setzt somit eine strikte Referenzierung für ein automatisiertes Referenzmodellmanagementsystem voraus. Ziel zukünftiger Forschungen ist es jedoch, Technologien zu entwickeln, die auch lose Referenzierungsbeziehungen verwaltbar machen. Darunter werden Modellableitungen verstanden, die auf nicht generierende Konstruktionstechniken zurückzuführen sind.

Das Ziel, die Kundenbindung zu stärken, indem existierende spezifische Maschinenmodelle gepflegt und um neue, relevante Modelllösungen verbessert werden, kann nur mit Unterstützung eines geeigneten Konfigurationsmanagementsystems erreicht werden (Braun et al. 2007). Dieses ist notwendig, um problemspezifisch und gezielt auf alle relevanten Modelle zugreifen zu können. Die erfahrungsbasierten Aktualisierungs- bzw. Verbesserungsaktivitäten werden somit in zwei Richtungen ausgeführt. Neuerungen im spezifischen Modell müssen im Referenzmodell erfasst werden. Neuerungen im Referenzmodell müssen in die abgeleiteten Modelle transportiert werden. Dazu müssen jedoch die Anforderungen der Simulationsaufgabe und die Entwurfsentscheidungen, die zur Modelltransformationen geführt haben, nachvollziehbar dokumentiert werden.

5 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Durchführung von interaktiven Maschinensimulationen ein hohes Potenzial als industrielle Dienstleistung aufweist. Die Methoden der Informationsmodellierung, insbesondere der Referenzmodellierung, können hier als Schlüsseltechnologie fungieren, um eine effiziente und effektive Dienstleistungserbringung zu gewährleisten. Um dieses Ziel zu erreichen, muss jedoch ein initiales Referenzmodell erstellt und geeignete Konstruktionstechniken für die Ableitung der aufgabenspezifischen Modelle entwickelt werden.

Die Wirtschaftsinformatik bietet dazu ein umfassendes Methodenwissen im Bereich der Informationsmodellierung und im Besonderen der Referenzmodellierung. Der Schwerpunkt dieser Forschungen liegt jedoch auf der Ableitung spezifischer Modelle aus bestehenden Referenzmodellen (Fettke und Loos 2004). Die Untersuchung von Modellbeziehungen während des gesamten Lebenszyklus der Modelle und deren gegenseitige Beeinflussung in der Evolution, wird dagegen nur unzureichend betrachtet. So wird zwar die Bedeutung der Dokumentation und Verwaltung der semantischen Beziehungen zwischen den Modellen für die Analyse von Abhängigkeiten und die Weiterentwicklung der Modelle erkannt (Thomas 2008; Fellmann und Thomas 2009), jedoch werden die Rückkopplungsbeziehungen zwischen Modellen aufgrund von Erfahrungen bei der Modellanwendung nur unzureichend in den bisher definierten Modellbeziehungen berücksichtigt. Braun (2007) definiert zwar die möglichen Beziehungen zwischen Referenzmodell und spezifischen Modellen, charakterisiert sie aber nicht näher, so dass kaum Anforderungen an eine systematische Evolution und deren Werkzeugunterstützung abgeleitet werden können.

Der vorliegende Beitrag hat erste Anforderungen an die Referenzmodellierung und ein adäquates Referenzmodellmanagementsystem definiert. Die in Kapitel 3 beschriebene Methode muss demzufolge um die Pflege und Weiterentwicklung der Referenzmodell-Basis erweitert werden. Entsprechend der gemachten Erfahrungen und ihrer Bewertung müssen Modellanpassungen oder Anmerkungen zu Teilmodellen vorgenommen werden. Erfahrungen, die zur Änderungen des Referenzmodells bzw. der abgeleiteten Modelle führen, können in jedem Prozessschritt bei der Durchführung der Dienstleistung gemacht werden. Die methodische Weiterentwicklung der Modelle unterstützt eine kontinuierliche Verbesserung der Dienstleistungsqualität, indem es systematisch Projekterfahrungen in das Referenzmodell integriert. Darüber hinaus wird durch die konsequente Anwendung der Methode systematisch Fachkompetenz in der Simulation von Maschinen aufgebaut und gepflegt. Diese Kernkompetenz ermöglicht eine effiziente Erbringung der Dienstleistung und sichert damit die Wettbewerbssituation auf den neuen, sich aber schnell entwickelnden Markt.

Die Analyse der verschiedenen Erfahrungssituationen in Kapitel 4 ermöglicht die Identifizierung der verschiedenartigen Modellbeziehungen, die in einem Referenzmodell-Konfigurationsmanagementsystem verwaltet werden müssen. In nach-

folgenden Forschungen können bspw. die Integrationsarchetypen nach Winter et al. (2009) herangezogen werden, um notwendige Modelloperationen zu definieren, die jeweils von einem Modellverwaltungssystem unterstützt werden müssen. Es werden somit zukünftig verstärkt Forschungen hinsichtlich der Entwicklung und Evaluation von Methodenfragmenten zur Referenzmodellierung angestrebt, die auch späte Phasen des Lebenszyklus der betroffenen Modelle, wie bspw. deren Evolution, abdecken. Insbesondere die prototypische Implementierung der Methoden in eine geeignete Werkzeugumgebung stellt eine Herausforderung dar. Weiterhin kann die vorliegende Fallstudie aufgrund ihrer Komplexität und Kompliziertheit einen wichtigen Beitrag zur externen Validität der bisher vorwiegend theoretisch diskutierten Ansätze zur Referenzmodellierung leisten.

6 Danksagung

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Integrative Produktentwicklung mit virtuellen Prototypen (INPROVY)“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzepts „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Weitere Informationen unter www.inprov.de.

7 Literaturverzeichnis

- Becker J, Delfmann P, Knackstedt R (2004) Adaption fachkonzeptueller Referenzprozessmodelle. *Industrie Management* 20(1):19–22
- Beverungen D, Kaiser U, Knackstedt R, Krings R, Stein A (2008) Konfigurative Prozessmodellierung der hybriden Leistungserstellung in Unternehmensnetzwerken des Maschinen- und Anlagenbaus. In *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2008 München*. GITO-Verlag, München, 735–747
- Blinn N, Nüttgens M, Schlicker M, Thomas O, Walter P (2008) Lebenszyklusmodelle hybrider Wertschöpfung: Modellimplikationen und Fallstudie an einem Beispiel des Maschinen- und Anlagenbaus. In *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2008 München*. GITO-Verlag, München, 711–722
- Braun R (2007) Referenzmodellierung: Grundlegung und Evaluation der Technik des Modell-Konfigurationsmanagements. Technische Universität Dresden, Dissertation
- Braun R, Esswein W, Gehlert A, Weller J (2007) Configuration Management for Reference Models. In Fettke P, Loos P (Hrsg) *Reference Modeling For Business Systems Analysis*. Idea Group, 310–336
- Busse D (2005) *Innovationsmanagement industrieller Dienstleistungen: Theoretische Grundlagen und praktische Gestaltungsmöglichkeiten*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden
- Esswein W, Greiffenberg S, Lehrmann S (2009) *Framework zur modellgestützten Simulation*. baumaschine.de, Ausgabe 2/2009
- Esswein W, Lehrmann S, Stark J (2009) The Potential of Reference Modeling for Simulating Mobile Construction Machinery. In *Proceedings of the 12th International Workshop on Reference Modeling*, Ulm

- Esswein W, Lehrmann S (2009) Erfahrungsbasierte Prozessverbesserung. *ERP Management* 5(2):44 – 46
- Fellmann M, Thomas O (2009) Management von Modellbeziehungen mit semantischen WIKIS. In Hansen R, Karagiannis D, Fill H-G (Hrsg) *Business Services: Konzepte, Technologien, Anwendungen*, 9. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 25.–27. Februar 2009, Band 1. Österreichische Computer Gesellschaft, Wien, 673–682
- Fengel J, Rebstock M, Nüttgens M (2008) Modell-Tagging zur semantischen Verlinkung heterogener Modelle. In Gadatsch A, Vossen G (Hrsg) *EMISA 2008: Auswirkungen des Web 2.0 auf Dienste und Prozesse*, Sankt-Augustin, 53–64
- Fettke P, Loos P (2004) Referenzmodellierung – Langfassung eines Aufsatzes. 16. Working Paper of the Research Group Information Systems & Management. Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- Hammel W (1997) *Was ist Erfahrung?* Verlag Dr. Kovac, Hamburg
- Hering E, Modler K-H (Hrsg) *Grundwissen des Ingenieurs*. 14. Aufl, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, Leipzig
- Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly* 28(1):75–105
- March ST, Smith GF (1995) Design und Natural Science Research on Information Technology. *Decision Support Systems*, 15(4):251–266
- Peffers K, Tuunanen T, Rothenberger M A, Chatterjee S (2008) A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3):45–77
- Rossi M, Ramesh B, Lyytinen K, Tolvanen J-P (2004) Managing Evolutionary Method Engineering by Method Rationale. *Journal of the Association for Information Systems*, 5(9):356–391
- Schreyögg G (2008) *Organisation: Grundlagen moderner Organisationsgestaltung*. Gabler
- Seegy U (2009) *Dienstleistungskompetenz im Maschinen- und Anlagenbau: Eine Untersuchung wesentlicher Handlungspotenziale und ihrer Auswirkungen*. Gabler, Wiesbaden
- Thomas O (2008) Design und Implementation of a Version Management System for Reference Modeling. *Journal of Software*, 3(1):49–62
- vom Brocke J (2007) Design Principles for Reference Modeling: Reusing Information Models by Means of Aggregation, Specialisation, Instantiation, und Analogy. In Fettke P, Loos P (Hrsg) *Reference Modeling For Business Systems Analysis*, Idea Group, 47–75
- Winter R, Aier S, Gleichauf B (2009) Metamodellbasierte Beschreibung von Integrations-typen. *WISU – Das Wirtschaftsstudium* 38(5):705–710

Meta-Kennzahlen für die Bewertung von Dienstleistungen

Edzard Weber und André Nimmich

Bei der Bewertung von Systemen bzw. Dienstleistungen ist es unzureichend, wenn die relevanten Systemeigenschaften nur auf einzelne Kennzahlen verdichtet werden. Es sollte nicht nur das zu bewertende Objekt betrachtet werden, sondern auch das bewertende System und das Bewertungssystem selbst. Diese können über Metriken beschrieben werden. Die so gewonnenen Meta-Kennzahlen helfen, die primären Kennzahlen zu interpretieren und auf ihre Stabilität und Verlässlichkeit hin zu überprüfen. Dieser Beitrag stellt entsprechende Meta-Kennzahlen und Entwurfsentscheidungen vor. Diese fließen in ein entsprechendes Kennzahlen-Cockpit ein, welches die Aussagekraft von Bewertungsergebnissen steigern kann.

1 Einleitung

Ein Bewertungsverfahren ist ein systematischer Vorgang der Zuordnung eines bewertenden und eines zu bewertenden Systems zu einem Werturteil (Bechmann 1991, Bechmann 1998). Einerseits gibt es das zu bewertende Objekt, welches in Form eines Sachmodells repräsentiert wird. Andererseits entsteht ein Wertesystem des bewertenden Systems (das wertende Subjekt). Hierbei gibt es per se keine Einschränkungen, ob ausschließlich Experten oder auch Laien am Bewertungsvorgang teilnehmen dürfen.

Die Menge der möglichen konzeptionellen Ansätze zur Bewertung von Dienstleistungen ist vielfältig. So kommen beispielsweise das Benchmarking (Griehle 2003), Petri-Netze (Winkelmann und Luczak 2006) oder die VOFI (Becker et al. 2008) zum Einsatz. Die Bewertung beschreibt nach bestimmten Kriterien ein System und seine Eigenschaften. Eine Meta-Bewertung, mit der sich dieser Beitrag beschäftigt, beschreibt nach bestimmten Kriterien bzw. mit bestimmten Metriken die Ergebnisse einer Systembewertung und die Eigenschaften der Datenbasis.

Diese Arbeit stellt zunächst die Notwendigkeit und die Anforderungen an Meta-Bewertungsansätze dar. Anschließend werden ein Bewertungsmetamodell und die daraus ableitbaren Meta-Kennzahlen vorgestellt. Abschließend wird auf die toolbasierte Meta-Bewertung und seine aktuellen Anwendungsbereiche eingegangen.

Der Forschungsschwerpunkt und gleichzeitig auch die Herausforderung liegen in der Verteilung von Prioritäten oder Gewichtungen für einzelne Teilaspekte. Wie wirken sich einzelne Veränderungen von Gewichtungen der Teilaspekte auf die gesamte Bewertung aus? Beispielsweise priorisieren Individuen Prozessketten von Dienstleistungen unterschiedlich. Manche legen Wert auf eine schnelle Durchführung, während andere der nachträglichen Betreuung mehr Beachtung schenken. Für den Forscher sollte dies jedoch in dem Sinne unerheblich sein, als dass er die Gewichtungen aller Bewertungen für seine Zwecke neu ordnen kann, um Effekte auf das Gesamtergebnis beurteilen zu können. Weiterhin kann die Kompensation zwischen einzelnen Bewertungsaspekten untersucht werden. Was passiert, wenn versucht wird, zwei unterschiedliche Bewertungsaspekte anzugleichen? Wie verändern sich dabei andere Aspekte und Gewichtungen?

2 Herausforderungen bei der Bewertung von Dienstleistungen

Es soll zunächst dargestellt werden, inwiefern sich eine Dienstleistungsbewertung von einer Sachleistungsbewertung unterscheidet. Danach werden generelle Herausforderungen an kollektive Bewertungen vorgestellt.

2.1 Dienstleistungsspezifische Rahmenbedingungen

In der Norm DIN EN ISO 9000:2005 ist festgelegt: „Eine Dienstleistung ist das Ergebnis mindestens einer Tätigkeit, die notwendigerweise an der Schnittstelle zwischen dem Lieferanten und dem Kunden ausgeführt wird und üblicherweise immateriell ist.“ Bei der Bewertung von Dienstleistungen gibt es gegenüber der Bewertungen von Sachleistungen andere Voraussetzungen, die sich auf den Erstellungsprozess auswirken (Scheer et al. 2002). Sachleistungen können dem Kunden in seiner konkreten Ausprägung bereits vor einer Vertragseinigung zugänglich, anschaulich oder anfassbar sein. Dienstleistungen hingegen können nicht auf Lager produziert werden. Hier findet eine Einigung zwischen Anbieter und Nachfrager statt, bevor eine Leistung erbracht wird. Dadurch wird der Kunde selbst zum Akteur im Leistungserstellungsprozess. Und während Sachleistungen vorab, kundenspezifisch und immer wieder gleichartig erstellt werden können, wird beim Dienstleistungsprozess durch die individuelle Einbindung des Kunden jede Instanz zu einem Unikat.

Für eine Bewertung von Leistungen bedeutet dies: Die Instanz eines materiellen Produktes bzw. einer Sachleistung kann von mehreren Personen und zu beliebigen Zeitpunkten getestet werden. Um Dienstleistungen zu testen/bewerten, benötigt jeder Proband eine eigene Instanz und ein Test ist auch nur dann möglich, wenn Ersteller und Proband zeitgleich zusammenkommen.

Die Bewertung von Dienstleistungen wird dann interessant, wenn der Anbieter dieser immateriellen Leistungen die Frage nach der Sicherung der Qualität dieser

stellt. Qualitätssicherung von Dienstleistungen wird für zukünftige Aktivitäten interessant und entwickelt beim Kunden das Vertrauensverhältnis. Die Messung der Qualität kann aber nicht wie bei Sachleistungen über mögliche Ausfallzeiten oder Reklamationen von entwickelten Gütern gemessen werden. Ferner wird für die Messung von Qualität der erbrachten Leistungen ein Werkzeug benötigt, welches flexibel genug ist, sich neuen Rahmenbedingungen anzupassen, aber eine hohe Aussagekraft hat. Bei der Bewertung der Dienstleistungsqualität ist es erforderlich, eine erwartete Qualität der tatsächlich wahrgenommenen Qualität gegenüberzustellen (Bieger 2002).

Sachleistungen besitzen eine materielle Hülle, die sich für objektive Messungen besser eignet. Wenn es anerkannte objektive Methoden gibt, reicht auch eine kleine Gruppe von Testern aus. Wenn der Anteil subjektiver Meinungen in der Bewertung hoch ist, sind für repräsentative Bewertungsergebnisse mehr Bewertungsdurchläufe und unterschiedliche Perspektiven notwendig. Die Dienstleistungserstellung kann zudem noch einer zeitlichen Veränderung unterliegen. Während materielle Produkte in höheren Stückzahlen in einem Produktionsdurchgang mit gleichbleibender Qualität erzeugt werden können, gewinnt der Anbieter einer Dienstleistung bei jeder Instanz neue Erfahrungen hinzu und kann eine permanente und mitunter unbewusste Verbesserung betreiben. Folgende Erschwernisse gibt es somit bei der Bewertung von Dienstleistungen:

- Die Erhebung der Bewertungsdaten ist zeitlich verteilt.
- Das zu bewertende System verändert sich über die Zeit.
- Die Datenbasis muss zwecks Repräsentativität größer sein.
- Unterschiedliche Perspektiven mit unterschiedlichen Kompetenzgraden müssen betrachtet werden.

2.2 Allgemeine Herausforderungen bei Bewertungen

Neben speziellen Unterschieden für Bewertungen von Sach- und Dienstleistungen existieren allgemeine Herausforderungen an Bewertungssysteme, die bisher in den Hintergrund getreten sind. Das jeweils verwendete Bewertungssystem wird in der Praxis häufig als gegeben hingenommen. Bedenken zur Stabilität und Interpretierbarkeit der Bewertungsergebnisse werden nur selten angestellt, da hierfür auch ein systematisches Vorgehen fehlt.

Ein einzelner Wert für die Ausprägung einer Eigenschaft eines Systems bzw. einer Dienstleistung oder seine Güte insgesamt ist nicht ausreichend. Hierbei findet zwangsläufig eine zu starke Verdichtung der Charakteristika des zu bewertenden aber auch des bewertenden Systems statt. Ein Beispiel liefert die Benotung von schulischen Leistungen, die sich aus pragmatischen Gründen aber bewährt hat. Zwei Schüler unterschiedlicher Klassen haben jeweils in Mathematik die Note 3. Nun kann sich die eine Note aus einer guten schriftlichen und einer ausreichend mündlichen Leistung zusammensetzen während die andere sich aus zwei befriedi-

genden Teilen zusammensetzt. Ebenso bleibt verborgen, ob beide Schüler gleich viele schriftliche Tests bewältigen mussten, wie fähig der Lehrer in pädagogischer oder fachlicher Hinsicht ist, ob die Anzahl Fehlstunden gleich ist, ob die Klassengröße ähnlich ist, wo der Schüler zum Klassendurchschnitt liegt, ob eine Veränderung zum Vorjahr stattfand usw. All diese Zusatzinformationen lassen die verdichteten Gesamtnoten in einem jeweils anderen Lichte stehen und können erklären, warum sich die beiden Schüler in ihrer mathematischen Kompetenz trotz gleicher Noten stark voneinander unterscheiden. Aus pragmatischen Gründen wird immer gerne auf stark verdichtende Bewertungssysteme, wie z. B. Schulnoten, zurückgegriffen. Wenn es jedoch um weitreichende Entscheidungen auf Basis einer Bewertung geht, kann aber sehr wohl der Mehraufwand gerechtfertigt sein, dass auch die Struktur des Bewertungssystems selbst in die Bewertung mit einfließt.

Weiterhin werden Anwendungen benötigt, welche „die Bewertung und Verbesserung der wirtschaftlichen Anwendbarkeit von Referenzmodellierungstechniken fokussieren sowie die konkrete Anwendung der Referenzmodellierung in Form von Gestaltungsempfehlungen für bestimmte Arbeitsbereiche thematisieren“ (Thomas und Scheer 2003). Die Aufgabe der Bewertung unter diesem Betrachtungswinkel kann durch ein Forschungswerkzeug dieser Art erfüllt werden.

Bewertungsmaßstäbe können sehr subjektiv, indirekt und umfangreich sein. Die Aussagekraft der gewonnenen Ergebnisse verschiebt sich je nach dem, welche Bewertungsaspekte in den Vordergrund treten. Diese Maßstäbe sollten jedoch flexibel für viele verschiedene Rahmenbedingungen sein, da Betrachtungsweisen sehr differieren können.

Neben subjektiven Messansätzen existieren auch objektive Ansätze, die kundenorientierte Anforderungen an die Dienstleistungsqualität messbar machen. Objektive Messansätze, wie Expertenbeobachtungen, Silent-Shopper-Verfahren oder Dienstleistungs- und Warentests, erheben Messdaten aus der Kundensicht, nicht jedoch auf Grundlage subjektiver Einzelwertungen der Kunden. Dies kann durch subjektive Messansätze, die merkmals-, ereignis- oder problemorientiert sein können, erfolgen (Bruhn 2008). Diese unterschiedlichen Ansätze sind in ihrer eigenen Betrachtungsweise hilfreich für die Erforschung und Bewertung spezifischer Anforderungen von Dienstleistungen. Ein flexibles Meta-Analyse-Werkzeug kann den Nutzen dieser Ansätze technisch aufwerten.

Auf Grund subjektiver Unterschiede einzelner Bewertungsindividuen wird die Qualität der Gesamtbeurteilung beeinflusst. Unterschiedliche Wissensstufen über das zu bewertende Objekt behindern eine qualitativ gleichmäßige Verteilung der erhobenen Daten. Für manche Individuen ist ein Aspekt der Bewertung wichtiger, als für andere, die mehr Gewicht auf einen Aspekt legen, der bei anderen Akteuren kaum Beachtung findet. Die Bewertung an sich ist dabei jedoch nicht quantitativ, ferner werden alle Beurteilungen qualitativ betrachtet und auch so behandelt. Es besteht nicht die Absicht, eine Anwendung zu schaffen, welche einfache Umfragen bewältigt. Vielmehr ist es die Aufgabe, ein Werkzeug zu schaffen, welches Forschungsfragen über die Sinnhaftigkeit einzelner Bewertungskriterien und Meta-Kennzahlen beantworten kann.

Daher wird es notwendig, Bewertungen zu gewichten und somit bestimmten Indikatoren bzw. Kriterien mehr Bedeutung beizumessen als anderen. Weiterhin müssen Indikatoren entwickelt werden, die eine Bewertung überhaupt erst möglich machen. Zur Bewertung von Qualitätsmerkmalen können verschiedene Metriken herangezogen werden. Metriken sind Funktionen, die bestimmten Eigenschaften des zu bewertenden Objekts numerische Werte zuweisen (Globke 2005). Meta-Metriken beschreiben die Eigenschaften von Metriken. Das eigentlich zu bewertende System wird durch Meta-Metriken nicht direkt beschrieben. Diese dienen dazu, die von den Metriken gelieferten Werte interpretieren zu können.

Für die im Folgenden dargestellte Art und Weise zur Bewertung von Systemen, wurden folgende Anforderungen angesetzt:

- Die Bewertung muss durch eine Menge von Akteuren durchführbar sein, ohne dass die benutzerindividuellen Angaben verloren gehen. Sie müssen einzeln, als Menge und in aggregierte Form gehalten werden.
- Das Bewertungssystem muss dynamisch erweiterbar sein. Akteure müssen weitere Bewertungskriterien hinzufügen können und Systemelemente in Subelemente aufgliedern können.
- Die aus der Datenbasis ableitbaren Kennzahlen müssen gebildet werden und nachvollziehbar (visuell) den betroffenen Bereichen des Bewertungssystems zugeordnet werden.

Als wesentliche nicht-funktionale Anforderung gilt, dass die Bedienung webbasiert und anwenderfreundlich sein muss. Diese Anforderung bildet die Grundlagen für das konzeptionelle Bewertungsmodell und seine technische Realisierung in Form eines Kennzahlen-Cockpits.

3 Metriken

In diesem Abschnitt wird das konzeptionelle Meta-Modell zur Bewertung kurz vorgestellt. Die Beschreibung dieses Konzepts soll die Verortung der Daten verdeutlichen. Weiterhin wird definiert, welche Daten zur Gewinnung von Kennzahlen herangezogen werden. Das zu Grunde liegende Modell basiert auf einem Bewertungsbaum, welcher die herangezogenen Daten zur Bewertung und zur Gewinnung von Kennzahlen beherbergt.

3.1 Bewertungsbaum

Die Bewertung erfolgt anhand einer Baumstruktur *tree*. Die Verzweigung des Bewertungsbaumes entspricht der logischen Zergliederung des zu bewertenden Objektes und der Bewertungskriterien. Teilaspekte können so schnell extrahiert und einzeln untersucht werden. Der Vergleich von einzelnen Zweigen untereinander kann durch eine dynamische Struktur ermöglicht werden.

$$tree = \{t\} \text{ mit } t = t, t | \{t\} | \{\}$$

Bei Tiefe und Breite sind lediglich Gründe der Pragmatik und Effizienz zu berücksichtigen. Ein Bewertungsbaum T kann einerseits als verschachtelter Klammersausdruck dargestellt werden oder als verzweigter Klammersausdruck.

$$T = \{ \{ \{ \{ \} \dots \} \{ \{ \{ \} \dots \} \{ \{ \{ \} \dots \} \dots \} \}$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{\{ \}_{T_1}}$$

$$\underbrace{\{ \}_{T_{11}} \quad \{ \}_{T_{12}} \quad \{ \}_{T_{13}}}_{\{ \}_{T_1}}$$

$$\underbrace{\{ \}_{T_{111}} \quad \{ \}_{T_{112}} \quad \dots \quad \{ \}_{T_{121}} \quad \{ \}_{T_{122}} \quad \dots \quad \{ \}_{T_{131}} \quad \{ \}_{T_{132}} \quad \dots}_{\{ \}_{T_{11}} \quad \{ \}_{T_{12}} \quad \dots \quad \{ \}_{T_{13}} \quad \dots}$$

Jeder bewertende Akteur erstellt zum gegebenen Baum eine Bewertung q und eine Gewichtung p . Es sind nur die Blätter des Baumes, die eine explizite Bewertung erhalten. Die Werte der Verzweigungen werden aus diesen errechnet.

$$q_{x_1 \dots x_n}^T = \begin{cases} a \text{ mit } a \in Z^+ & \text{wenn } T_{x_1 \dots x_n} = \{ \} \\ null & \text{sonst} \end{cases}$$

Bei der Gewichtung wird (optional) analog zum AHP (Analytic Network Process) ausgewertet (Saaty 2005, Meixner 2008). Es findet ein paarweise Vergleich aller angrenzenden Verzweigungen statt. Durch die Berechnung des Eigenvektors beträgt die Summe aller Gewichtungswerte den Wert 1. Weiterhin ist es möglich, Vorschläge für weitere Zweige einzubringen. Diese sind den anderen Akteuren zunächst unbekannt und erhalten automatisch eine minimale Gewichtung.

$$p_{x_1 \dots x_n}^T = \begin{cases} a \text{ mit } a \in [0 \dots 1] \text{ und } \sum_{i=1}^{\#T_{x_1 \dots x_{n-1}}} p_{x_1 \dots x_{n-1} x_i} & \text{wenn } T_{x_1 \dots x_n} \neq null \\ null & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Gesamtbeurteilung V eines Akteurs lässt sich als rekursive Formel darstellen. Der Wert V errechnet sich aus der Summe der jeweils gewichteten Werte der angrenzenden Zweige.

$$V^T(S) = \begin{cases} q_{x_1 \dots x_{\#S}}^T & \text{wenn } T_{x_1 \dots x_{\#S}} = \{\} \\ \sum_{i=1}^{\#T_{x_1 \dots x_{\#S}}} [p_{x_1 \dots x_{\#S} x_i}^T \cdot V^T(S + \{i\})] & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Variable S ist ein Vektor, in dem der Pfad zur jeweiligen Verzweigung gespeichert wird. Als Aufrufparameter dient der Pfad zu derjenigen Verzweigung, welche berechnet werden soll, z. B. $V^T(\{1\})$ für den Ausgangszweig (Urknoten).

3.2 Meta-Kennzahlen

Das Konzept der Meta-Kennzahlen wurde für die Erforschung von Veränderungen des (Teil-)Baums unter bestimmten Betrachtungsweisen eingeführt. Da Bewertungen kollektiv für ein Objekt erfolgen sollen, differieren auch die jeweiligen Gewichtungen der Bewertungsaspekte. Die Datenbasis für eine kollektive Bewertung besteht somit aus folgenden Elementen,

- eine Menge von Akteuren $A = \{a_1 \dots a_n\}$, die unterschiedlichen Kompetenzteams bzw. Gruppen zugeordnet werden können
- einem Entscheidungsbaum T
- die Bewertung Q^T vom Akteur a bezüglich des Entscheidungsbaumes T
- die Gewichtung P^T vom Akteur a bezüglich des Entscheidungsbaumes T
- die Zeitpunkte, wann Akteur a die jeweilige Bewertung oder Gewichtung vorgenommen hat.

Obwohl die Verschiedenheit der Datenbasis sehr gering ist, lassen sich eine Vielzahl von Kennzahlen herausbilden, um den eigentlichen Zielwert und seine Verlässlichkeit interpretieren zu können.

Aus dieser Datenbasis lassen sich weitere Daten erzeugen. Es sind die Baumstruktur, Gewichtung, Bewertung und Erstellungsdatum basierend auf den Mengen jener individuellen Daten (Daten werden als Menge zusammengefasst) sowie basierend auf den aggregierten individuellen Daten (Daten werden auf einen Wert verdichtet).

Diese Daten lassen sich durch Angabe von Kosten erweitern. Dabei entspricht die Verteilung der Kosten der Verteilung der Gewichtung. Aspekte höherer Gewichtung erhalten einen höheren Kostenwert als andere.

Meta-Kennzahlen zur Bewertung Q^T

Hier werden die Verhältnisse der konkreten Bewertungen einzelner Elemente bzw. Teilbäume durch die bewertenden Akteure zueinander betrachtet. Eine Gesamtbewertung von 3, die sich aus den Werten 2 und 4 zusammensetzt, besitzt eine höhere Streuung als eine Bewertung aus den Teilwerten 3 und 3. Die Meta-Streuung

betrachtet hingegen diese Streuungswerte. Eine Bewertung mit hoher Streuung der Einzelbewertungen kann also eine geringe Meta-Streuung haben. Derartige Streuungsbetrachtungen sind notwendig, um die Existenz von über- oder unterdurchschnittlich gut bewerteten Teilzweigen in die Interpretation der Gesamtbewertung einfließen zu lassen.

- **Streuung auf Ebene bei Einzelakteur**
Wie im obigen Beispiel dargestellt, können zusammengesetzte Bewertungen aus verschiedenen Teilwerten bestehen. Die Streuung gibt die Verteilung dieser Unterschiede für einen Einzelakteur an.
- **Meta-Streuung bei Einzelakteur**
Die Meta-Streuung gibt die Streuung der Streuung einzelner Bewertungen für einen Einzelakteur an.
- **Streuung auf Ebene bei Akteursgruppen**
Auf der Ebene von Akteursgruppen treten Streuungen vermehrt auf und können mittels dieser Kennzahl abgebildet werden.
- **Meta-Streuung bei Akteursgruppen**
Die Verteilung der Streuung in einer Akteursgruppe wird durch diese Kennzahl ermittelt.
- **Streuung in Verzweigung**
Verzweigungen können nicht direkt bewertet werden. Die Berechnung erfolgt auf der Grundlage der eingegebenen Daten und der Gewichtung. Die Streuung der Berechnungen basiert auf den Streuungen der Ebene von Akteuren.
- **Meta-Streuung in Verzweigungen**
Eine Streuung der Streuung in den berechneten Wertungen für Teilsysteme kann durch diese Kennzahl ausgedrückt werden.
- **Homogenitätstest**
- **Quantilvergleich**

Der Homogenitätstest bzw. U-Test oder auch Mann-Whitney-Test (Mann und Whitney 1947) genannt dient dazu, festzustellen, ob sich zwei Gruppen von Akteuren bei der Bewertung signifikant unterschiedlich verhalten. Bewerten bspw. die Praktiker und die Wissenschaftler ein Prozessmodell bzw. einzelne Aspekte von diesem ähnlich oder ist eine der beiden Gruppen optimistischer eingestellt? Der Quantilvergleich kann dazu herangezogen werden, um der Bewertung einzelner Akteure eine Position innerhalb der Menge aller Akteure zu geben. Dies liefert individuelle Akteursprofile mit den Angaben, wie häufig dieser Akteur beispielsweise im 10%-Quantil der Positiv- oder Negativ-Bewerter liegt.

Meta-Kennzahlen zur Gewichtung P^T

Die Verteilung der Gewichtungen ist je nach Untersuchungsaspekt verschieden. Meta-Kennzahlen beschreiben in diesem Fall die Varianz der Gewichtungen. Diese sind analog zu den Kennzahlen zur Bewertung Q^T .

Meta-Kennzahlen zur gewichteten Bewertung $Q^T P^T$

Die Streuung von Bewertungen und Gewichtungen können ebenfalls über Meta-Kennzahlen gemessen werden. Diese sind analog zu den Kennzahlen zur Bewertung Q^T .

Gewichtete Bewertung orthogonaler Knotenmengen

Meta-Kennzahlen müssen sich nicht zwangsweise an der durch den Bewertungsbaum vorgegebenen Struktur orientieren. Die einzelnen Elemente und ihre jeweiligen Bewertungen können beliebig rekombiniert werden. Dabei können andere Klassifizierungsmerkmale herangezogen werden, die nicht in der vorgegebenen Baumstruktur erfasst werden können:

- Streuung in Elementgruppe bei Einzelakteur
- Streuung in Elementgruppe bei Akteursgruppen
- Homogenitätstest
- Quantilvergleich

Ebenfalls können die ungewichteten Bewertungen und Gewichtungen separat betrachtet werden.

Meta-Kennzahlen zur Sensitivität

Über eine Sensitivitätsanalyse wird untersucht, wie stabil eine Gesamtbewertung auf Basis seiner gewichteten Einzelbewertungen ist. Wie groß dürfen Werteschwankungen sein, damit sich diese auf die Gesamtbewertung auswirken.

- Sensitivität der individuellen Bewertungen
 - Sensitivität der aggregierten Bewertungen
 - Sensitivität der individuellen Gewichtungen
 - Sensitivität der aggregierten Gewichtungen
 - Sensitivität der individuellen gewichteten Bewertungen
 - Sensitivität der aggregierten gewichteten Bewertungen
- Auch hier können zusätzlich Streuung und Meta-Streuung betrachtet werden.

Meta-Kennzahlen zur Konsistenz

Auf Konsistenz werden die paarweisen Vergleiche der Elemente untersucht, aus denen die Gewichtungswerte ermittelt werden. Vollständige Konsistenz liegt dann vor, wenn zwischen einzelnen Vergleichen keine Widersprüche zu erkennen sind. Ein Widerspruch liegt z.B. dann vor, wenn $a > b$ und $b > c$ aber auch $c > a$ bewertet worden sind.

- Konsistenz der individuellen Gewichtung zusammenlaufender Zweige
- Konsistenz der aggregierten Gewichtung zusammenlaufender Zweige
- Streuung der individuellen Konsistenzwerte
- Meta-Streuung der individuellen Konsistenzwerte
- Streuung der aggregierten Konsistenzwerte
- Meta-Streuung der aggregierten Konsistenzwerte
- Streuung in der Menge der individuellen Konsistenzwerte
- Meta-Streuung in der Menge der individuellen Konsistenzwerte

Meta-Kennzahlen zur Datenqualität

Die Datenqualität kann unter verschiedenen Aspekten beurteilt werden.

- Das Datenalter ist bekannt, bezüglich dessen die Annahme getroffen werden könnte, so dass neuere Daten verlässlicher sind als alte.
- Die Detaillierungstiefe des Bewertungsbaumes ist ein weiterer Aspekt. Dabei ist nicht nur interessant, wie groß er insgesamt ist, sondern auch wie ausbalanciert der Baum in der vertikalen ist.
- Analog hierzu betrachtet die Detaillierungsbreite die horizontale Balance.
- Die Anzahl der beteiligten Akteure, deren Beurteilungen aggregiert werden, kann durchaus in den einzelnen Zweigen des Baumes variieren. Auch hier können absolute Zahlen und Balance- also Streuungswerte ermittelt werden.
- Auch die Kompetenz der Akteure kann in den einzelnen Bewertungszeigen unterschiedlich angemessen sein. Urteile von ausgewiesenen Fachexperten sind dann sicherlich anders zu betrachten als die von offensichtlichen Laien.

All diese Aspekte können jeweils durch Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte sowie nach Streuung und Meta-Streuung beschrieben werden.

Meta-Kennzahlen für Aggregationspfade

Wenn es einen Bewertungsbaum gibt, zu dem mehrere individuelle Bewertungen vorliegen, muss beachtet werden, auf welcher Ebene im Baum eine Aggregation der individuellen Bewertungen vorgenommen wird. Es können bereits die Bewer-

tungen der Blätter aggregiert werden. Der Gesamtwert ermittelt sich dann aus den gewichteten und aggregierten Blattwerten. Es können aber auch erst die individuellen Bäume ausgewertet werden. Der Gesamtwert wird dann aus den individuellen Gesamtbewertungen ermittelt. Bei einem n -schichtigen Bewertungsbaum gibt es n verschiedene Ansatzpunkte, an denen die Aggregation der individuellen Bewertungen vorgenommen werden kann (Aggregationspfade).

Unterschiedliche Aggregationspfade können trotz identischer Datenbasis unterschiedliche Gesamtwerte liefern. Dies kann einerseits durch Rundungsfehler geschehen. Andererseits können individuelle Bewertungen nach der Aggregation anders gewichtet werden als bei der Auswertung im individuellen Baum.

Kennzahlen auf Aggregationspfade lassen sich auf Bewertungen und Gewichtungen anwenden.

Meta-Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit

Betrachtet werden können jeweils die Kosten für den Erhalt eines Ist-Zustandes, oder das Erreichen eines geplanten oder ungeplanten Soll-Zustandes. Der Standard-AHP berücksichtigt bereits eine Wirtschaftlichkeitsberechnung. Durch die kollektive Beurteilung und die explizite Berücksichtigung von Teilsystemen werden aber bestimmte Kennzahlen zusätzlich in diesem Kontext anwendbar:

- Individuelle Kostenschätzung
- Kollektive Kostenschätzung
- Streuung der individuellen Kostenschätzungen
- Streuung der aggregierten Kostenschätzungen
- Streuung in der Menge der individuellen Kostenschätzungen
- Meta-Streuung der individuellen Kostenschätzungen
- Meta-Streuung der aggregierten Kostenschätzungen
- Meta-Streuung in der Menge der individuellen Kostenschätzungen
- Individuelle kostengewichtete Elastizität
- Kollektive kostengewichtete Elastizität
- Homogenitätstest
- Quantilvergleich

Meta-Kennzahlen zur zeitlichen Veränderung

Zu bewertende Systeme können sich mit der Zeit verändern. Das Bewertungssystem kann sich verändern. Und auch die Menge der Bewertenden und deren Meinungen können sich mit der Zeit verändern. Wie stark diesbezüglich jeweils die Konstanz ist, kann über weitere Kennzahlen abgebildet werden. Es gibt die Verän-

derungshäufigkeit und -regelmäßigkeit, die Existenz von Tendenzen, der Schwankungsbereich (Min/Max) oder die Streuung. Diese sechs Kennzahlentypen lassen sich im Prinzip auf all jene bisher genannten Kennzahlen anwenden. Und für jeden dieser sechs Kennzahlentypen können wiederum Streuung und Meta-Streuung untersucht werden, so dass am Ende jede Kennzahl um 18 weitere Kennzahlen ergänzt werden kann.

4 Das Kennzahlen-Cockpit

Im vorherigen Abschnitt wurden 101 verschiedene (Meta-)Kennzahlen vorgestellt. Jede Kennzahl ließe sich durch weitere 18 Kennzahlen ergänzen, wenn der zeitliche Verlauf berücksichtigt werden soll. Der Umfang ist enorm und in seiner Gesamtheit nicht mehr pragmatisch, intuitiv handhabbar oder nachvollziehbar: Was ist beispielsweise die Meta-Streuung der Streuung der zeitlichen Streuung der Meta-Streuung der Streuung einer individuellen Gewichtung? Dieser skurrile Ausdruck beschreibt, ob zeitliche Bewertungsschwankungen zwischen Teilzweigen des Bewertungsbaumes auftreten und wie stark sich diese innerhalb des Bewertungssystems unterscheiden. Dies kann in bestimmten Situationen durchaus eine hilfreiche Information darstellen. Eine Kennzahl sollte daher solange nicht als sinnlos abgegolten werden, solange ihre Sinnlosigkeit nicht allgemein nachgewiesen werden konnte. Möglich wird dies aber nie sein. Daher muss der Ansatz gewählt werden, für zukünftige Kennzahlen-Cockpits diejenigen Kennzahlen zu ermitteln, deren Wertveränderungen einen erkennbaren und interpretierbaren Effekt auf die Beurteilung eines Objektes haben. Um diese Effekte und auch die Interdependenzen zwischen den einzelnen Kennzahlen erkennen zu können, ist eine toolbasierte Herangehensweise in realistischen Anwendungsfällen unumgänglich.

4.1 Grundgedanke

Ein entsprechendes Kennzahlen-Cockpit wird momentan realisiert. Dieses webbasierte Tool ermöglicht verteilten Gruppen von Experten bzw. Praktikern, Bewertungen von Objekten vorzunehmen. Dabei wird in einzelnen Sitzungen jeweils nur ein System(-zustand) bewertet. Die Ergebnisse der individuellen Sitzungen werden zusammengefasst. Die Datenerhebung ist durch eine intuitive Benutzeroberfläche leicht durchzuführen, so dass sich Werte und Gewichtungen einfach zuordnen lassen und Metriken abgebildet werden können.

Das Bewertungs-Tool hat somit die Aufgaben, eine kollektive Bewertung zu ermöglichen sowie die Auswirkungen der Eingabedaten auf die neuen Meta-Kennzahlen nachvollziehbar zu machen. Meta-Kennzahlen können evtl. nur kontextspezifisch interpretiert werden. In welchen Fällen eine hohe Meta-Streuung positiv, negativ oder als irrelevant zu interpretieren ist, soll zunächst nur von Domänenexperten eingeschätzt werden. Eine evtl. vorhandene Systematik in Abhängigkeit von der Bewertungsintention soll dann daraus abgeleitet werden.

Das Bewertungssystem basiert auf einer dynamischen Baumstruktur. Eine wichtige Grundlage ist daher die Entwicklung eines dynamischen Datenmodells, welches diese Baumstruktur abbilden kann und neue Zweige in Form von Indikatoren und Systemelementen jederzeit durch die Akteure oder Forscher hinzufügen lässt. Diese Dynamik wird dann interessant, wenn auf der Grundlage der bereits gewonnenen Werte Gewichtungen neu verteilt werden. Ergebnisse lassen sich so unterschiedlich interpretieren und eröffnen ein weitreichendes Spektrum an Berechnungs- und Deutungsmöglichkeiten.

Der Aufbau des Bewertungskatalogs erfolgt dabei sehr dynamisch und lässt sich für bestimmte Betrachtungen entsprechend leicht anpassen. Weiterhin ist für sich wiederholende Bewertungsdurchgänge ein Versionsmanagement integriert, so dass Bewertungen über die Zeit betrachtet werden können. Andererseits können einmal erstellte Bewertungsmuster wiederverwendet und neu rekombiniert werden.

Dieses Tool ist zum einen für Experten und Praktiker gedacht, welche die Aufgabe haben, Systeme wie Sachleistungen oder immaterielle Leistungen zu bewerten. Wissenschaftler besitzen zum anderen die Möglichkeit, neue Indikatoren zu erproben oder anhand von Kennzahlen die Aussagekraft eines bestimmten Indikators und die Kennzahlen selbst erforschen zu können. Auswertungsfunktionen geben ferner Aufschluss über die Qualität des bewerteten Objekts aus verschiedenen Betrachtungswinkeln.

Im Zusammenhang mit gestalterischen Mitteln der Softwarekartographie (Lankes et al. 2005) kann die Anwendung die Bewertung von Dienstleistungen oder entsprechenden Modellen erleichtern. Interpretationen gewichteter Ergebnisse lassen sich somit schneller erschließen und können objektiv veranschaulicht werden.

Erweiterungen des bestehenden Systems sind denkbar. Expertenbewertungen können auf Grundlage von bisherigen Gewohnheiten oder Empfehlungen durch eine sog. Recommendation Engine (Diestelhorst und Matthes 2001) verarbeitet werden. Der Einsatz von Visualisierungskonzepten aus der Softwarekartographie rundet die Benutzbarkeit und Anpassbarkeit ab.

4.2 Sichten-Konzept

Eine Trennung des zu bewertenden Systems in Teilsysteme ermöglicht eine modulare Bewertung und eine einfache Erschließung markanter Kennzahlen. Diese Kennzahlen treten meist als Teilergebnisse dieser Unterstrukturen auf. Die Berechnung der Teilergebnisse erfolgt durch die Aggregation der Blätter eines Teilbaums. Bekannte Bewertungsverfahren besitzen eine statische Struktur, d.h. sie betrachten nur eine bestimmte Sichtweise möglicher Aggregationen. Diese Sichtweise berücksichtigt jeweils nur die Aggregation von Teilbäumen eines Benutzers zu einer bestimmten Kennzahl, welche die Bewertung des Gesamtsystems darstellen soll. Die Berechnung des Endwertes erfolgt dann ausschließlich über die Kombination der einzelnen Bewertungen des Gesamtsystems. Das arithmetische

Mittel über diese Bewertungsergebnisse soll dann eine Aussage über das bewertete System in einem Gesichtspunkt geben.

Nach kurzer Überlegung entstehen Zweifel über die Aussagekraft des berechneten Endwertes. Neben Rundungsfehlern, die beim Aggregieren von Teilbäumen auftreten, werden relevante Informationen über die Herkunft der Daten verschwiegen. Die Kennzahlen des Gesamtsystems geben kaum Aufschluss über die einzelnen Teilsysteme und würden durch eine andere Sichtweise oder Aggregation einen anderen Endwert ergeben. Dabei ist es möglich, für jede Ebene des Bewertungsbaumes eine eigene Sicht zu erstellen und gesondert zu betrachten.

Weiterhin sind Sichtweisen denkbar, die jeweils nur ein Teilsystem unterschiedlicher Akteure betrachten. Somit kann eine Bewertung auf Teilsystemebene erfolgen. Danach können die aggregierten Evaluationen der Teilsysteme wieder zu einem Gesamtsystem zusammengesetzt werden. Dabei wird ersichtlich, dass nur im Einzelfall das gleiche Ergebnis berechnet wird, wie etwa bei der Aggregation der einzelnen Bäume der Akteure. Ein weiterer Vorteil ist die Betrachtung der Teilsysteme an sich. Bewertete Gesamtsysteme geben nur bedingt Aufschluss über die zugehörigen Teilsysteme.

Eine wichtige Rolle bei der Aggregation von Teilbäumen spielen Gewichtungen. Diese Gewichtungen einzelner Kennzahlen stellen dabei die Wichtigkeit des zu betrachtenden Wertes dar. Einerseits stellen sie das Stimmgewicht einzelner Akteure dar. Experten könnten mehr Gewicht in ihrer Bewertung erhalten als Laien. Andererseits geben sie an, welche Teilsysteme mehr Aussagekraft besitzen als andere.

Diese Faktoren lassen die Komplexität von Bewertungen und deren Auswertungen in die Höhe steigen. Um dabei nicht den Überblick zu verlieren, wird es notwendig, entsprechende technische Hilfsmittel zu verwenden. Jedoch basieren aktuelle Bewertungssysteme auf statischen Strukturen und lassen nur eine bestimmte Sichtweise zu. Auf Grund wachsender Anforderungen und dem oben beschriebenen Bedarf nach dynamischen Strukturen wurde das Konzept des Kennzahlen-Cockpits entwickelt. Dieses webbasierte Werkzeug verinnerlicht die oben betrachteten Sichtweisen und ermöglicht die bedarfsgerechte Anpassung an unterschiedliche Gegebenheiten.

4.3 Systemarchitektur

Entwickelt wird das Kennzahlen-Cockpit anhand einer Architektur, die sich in drei Bereiche gliedert (vgl. Abb. 1). Sämtliche anfallende Daten werden in der Datenbasis persistent gehalten. Dabei werden die Daten klassifiziert nach deren Herkunft. Die *VersionBase* enthält alle Datenbestände, die zur Versionierung von Evaluationen und Bäumen notwendig ist. Werte, die bei Evaluationen entstehen, werden in der *ValueBase* gehalten, um einen schnellen Zugriff auf die Werte für Berechnungen zu ermöglichen. In der *WeightBase* sind die Gewichtungen gespeichert, die je nach Bewertungsdurchgang oder Auswertungssitzung verschieden sein kann.

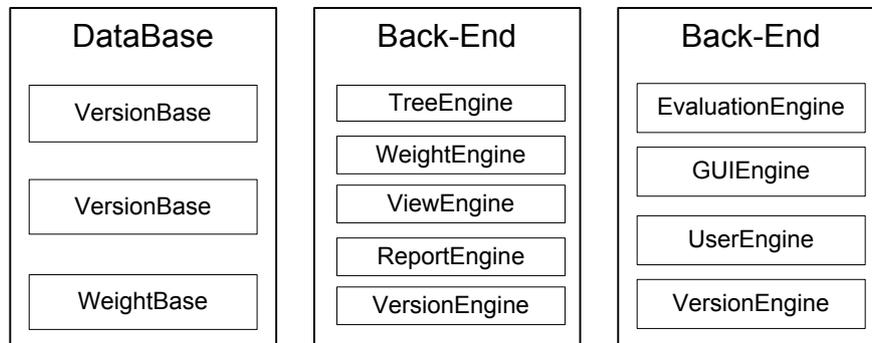


Abb. 1. Architektur des Kennzahlen-Cockpits

Die logische Steuerung übernehmen die sog. Engines. Diese werden nach ihrem Bedarf unterschieden. Für das Back-End beispielsweise, in welchem die Bewertungsbäume entstehen, wird vorrangig die *TreeEngine* verwendet. Die *TreeEngine* erzeugt die dynamischen Bäume und stellt Möglichkeiten bereit, diese an verschiedene Gegebenheiten anzupassen. Zusammen mit der *WeightEngine* und der *ViewEngine* können komplexe Systeme in einem Bewertungsbaum abgebildet werden. Entsprechende Sichten werden mit Hilfe der *ViewEngine* dargestellt und steuern das oben angesprochene Sichten-Konzept. Hauptaufgabe der *ReportEngine* ist die Berechnung und Auswertung abgegebener Bewertungen. Sie bildet das Kernstück des Systems. Alle erzeugten Berechnungen und Ausgaben werden im System hinterlegt und können nach Bedarf wiederhergestellt werden. Diese Herausforderung wird mit Hilfe der *VersionEngine* gemeistert und setzt ein leistungsstarkes Versions- und Changemanagement um.

Im Front-End spielen vorrangig Anzeigesteuern eine Rolle. Die *EvaluationEngine* stellt einzelne Bewertungssitzungen für Akteure bereit und verarbeitet sie. Verwaltet werden sämtliche beteiligten Akteure durch die *UserEngine*. Um entsprechende Evaluationssitzungen durchzuführen, erzeugt die *GUIEngine* web-basierte Benutzerschnittstellen, welche an die bestimmten Anforderungen angepasst sind. Auch im Front-End wird die *VersionEngine* für die Versionierung von Sitzungen verwendet.

5 Anwendung und Ausblick

Die beschriebene Anwendung kann als dezentrales Bewertungstool für Dienstleistungen verwendet werden. Beispielsweise ist es denkbar, die Qualitätssicherung, welche aus verschiedenen Betrachtungsebenen erfolgen kann, über ein solches Werkzeug abzubilden. Der Aufbau der zu sichernden bzw. zu überprüfenden Teilprozesse einer Dienstleistung kann mit Hilfe des dynamisch aufspannenden Baumes direkt abgebildet werden. Akteure, die in den Prozess der Qualitätssicherung involviert sind, bekommen so eine direkte Möglichkeit, die Dienstleistung aus ih-

rer Perspektive zu evaluieren. Der Leistungserbinger erhält jedoch ein Werkzeug, welches nach seinen Bedürfnissen bzw. Forschungsschwerpunkten individuell anpassbar ist.

Grundsätzlich ist die Anwendung jedoch universell einsetzbar. Der aktuelle Anwendungskontext ist die Wandlungsfähigkeit von Organisationsarchitekturen und Schutzkonzepten (Gronau et al. 2009). Zivile Sicherheit ist hier die zu erbringende Leistung. Wandlungsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit von Systemen, sich schnell, effizient und selbständig auf Veränderungen in der Umwelt einstellen zu können (Gronau et al. 2006; Eggert und Gronau 2008). Wandlungsfähigkeit ist nicht direkt messbar und wird daher über indikatorbasierte Erfolgsmuster nachgewiesen. Ob erfolgreiche Muster bzw. die Bewertungsmuster selbst aus einer bestimmten Domäne aber auch auf andere Domänen übertragen werden können, muss erfahrungsgemäß von einer Expertengruppe überprüft werden. Nur selten sind Anwendungskontexte so abgesteckt, dass ein Experte allein den Überblick und das vollständige Wissen hat. Zudem gibt es nur in Ausnahmefällen eine objektive ideale Lösung, so dass eine transparente Entscheidungsfindung eine akzeptanzsteigernde Maßnahme darstellt.

Es ist insbesondere der Aspekt der kollektiven Bewertung, der als Komplexitätstreiber im konzeptionellen wie auch technischen Bewertungssystem fungiert. Aber eben dieser Aspekt wird zukünftig immer mehr an Bedeutung gewinnen. Web-basierte Communities haben sich vielfach etabliert, (verteilte) Gruppenarbeit ist eine Selbstverständlichkeit geworden, die ansteigende Komplexität von Entscheidungen wird für einzelne Akteure unüberschaubar, die Anzahl konsensbasierter Entscheidungen, für die es keine optimale Lösung geben kann, steigt an und Formen der elektronischen Beteiligung werden verstärkt erprobt. Hiermit wachsen auch die Aufgaben und die Verantwortung, die gemeinschaftlich getragen werden müssen. Die Aufgaben können auch Dienstleistungen sein. Kollektive Bewertungen fallen dabei zwangsweise an. Um Vertrauen in die Bewertungsdaten zu verschaffen, helfen eben jene Meta-Kennzahlen. Der einzelne Akteur, der unter Umständen seine Mitstreiter und die Gesamtcharakteristik aller Beteiligten gar nicht kennt, kann sich auf diese Weise ein Bild von der Ergebnisverlässlichkeit machen. Besonders für Dienstleistungen die für größere Kundenkreise übers Internet angeboten werden, hat es sich etabliert kollektive Bewertungsverfahren einzusetzen. In der Regel handelt es sich dabei um Verkaufsplattformen. Die zeitliche Verteilung der erhaltenen Bewertungen und die Anzahl unterschiedlicher Kunden werden dabei bereits häufig angegeben (vgl. www.ebay.de).

Doch auch für kleine Gruppen im unternehmerischen Kontext sind die Kennzahlen ein wichtiges Instrument. Sie dienen zur Dokumentation einer kollektiven Expertenentscheidung und können die Stärken oder die Schwächen in der Bewertung selbst offenlegen und quantifizieren. Letztendlich lassen sich auch Verbesserungspotenziale für zukünftige Bewertungsaktivitäten identifizieren.

6 Literaturverzeichnis

- Becker J, Beverungen D, Knackstedt R, Müller O (2008) Konzeption einer Modellierungssprache zur softwarewerkzeugunterstützten Modellierung, Konfiguration und Bewertung hybrider Leistungsbündel. Physica, Berlin
- Bechmann A (1991) Bewertungsverfahren – der handlungsbezogene Kern von Umweltverträglichkeitsprüfungen. In Hübler K-H, Otto-Zimmermann K (Hrsg) Bewertung der Umweltverträglichkeit – Bewertungsmaßstäbe und Bewertungsverfahren für die Umweltverträglichkeitsprüfung. 2. Aufl, Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein
- Bechmann A (1998) Anforderungen an Bewertungsverfahren im Umweltmanagement – dargestellt am Beispiel der Bewertung für die UVP. Bericht 20, Institut für Synergetik und Ökologie (SYNÖK), Barsinghausen
- Bieger T (2002) Dienstleistungsmanagement: Einführung in Strategien und Prozesse bei persönlichen Dienstleistungen. 3. Aufl, Haupt, Bern
- Bruhn M (2008) Qualitätsmanagement für Dienstleistungen: Grundlagen, Konzepte, Methoden. Springer, Berlin
- Diestelhorst L, Florian M (2001) Recommendation Engines. Projektarbeit am Arbeitsbereich Softwaresysteme, Technische Universität Hamburg-Harburg
- Eggert S, Norbert G (2008) Erhöhung der Wandlungsfähigkeit von ECM-Lösungen unter Verwendung kartographischer Gestaltungsmittel. Tagungsband der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI). München
- Globke W (2005) Software-Metriken. Moderne Softwareentwicklung, Universität Karlsruhe
- Griehle O (2003) Prozessorientiertes Vorgehensmodell für das Benchmarking von Dienstleistungen. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi), Heft 172, Universität des Saarlandes, Saarbrücken
- Gronau N, Lämmer A, Andresen K (2006) Entwicklung wandlungsfähiger Auftragsabwicklungssysteme. In Gronau N, Lämmer A (Hrsg) Wandlungsfähige ERP-Systeme-Entwicklung, Auswahl und Methoden. GITO, Berlin
- Gronau N, Sielaff S, Weber E, Röchert-Voigt T, Stein M (2009) Change capability of protection systems. In Duncan K, Brebbia C A (Hrsg) Disaster Management und Human Health Risk – Reducing Risk, Improving Outcomes. WIT Transactions, No. 110
- Lankes J, Matthes F, Wittenburg A (2005) Softwarekartographie als Beitrag zum Architekturmanagement. In Aier S, Schönherr M (Hrsg) Unternehmensarchitekturen und Systemintegration. GITO, Berlin
- Mann HB, Whitney DR (1947) On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics* 18(1):50–60
- Meixner O, Haas R (2008) Wissensmanagement und Entscheidungsunterstützung. Eigenverlag Institut für Marketing und Innovation, Universität für Bodenkultur, Wien
- Saaty TL (2005) Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. RWS Publications, Pittsburgh
- Scheer A-W, Griehle O, Klein R (2002) Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi), Heft 171, Universität des Saarlandes, Saarbrücken
- Thomas O, Scheer A-W (2003) Referenzmodell-basiertes (Reverse-)Customizing von Dienstleistungsinformationssystemen. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi), Heft 173, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Winkelmann K, Luczak H (2006) Modelling, simulation and prospective analysis of cooperative provision of industrial services using coloured petri nets. *International Journal of Simulation Systems, Science and Technology* 7(7):10–26

Autorenverzeichnis

Dipl.-Wirt.-Inf. Nadine Blinn
WISO Fakultät / Wirtschaftsinformatik
Universität Hamburg
Von-Melle-Park 5, 20146 Hamburg
nadine.blinn@wiso.uni-hamburg.de

Prof. Dr. Werner Esswein
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik insb. Systementwicklung
TU Dresden
Schumann-Bau, Münchner Platz, 01062 Dresden
werner.esswein@tu-dresden.de

Dipl.-Kfm. Patrick Gugel
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Systems Engineering
Universität Augsburg
Universitätsstraße 16, 86159 Augsburg
patrick.gugel@wiwi.uni-augsburg.de

Diplom-Wirtschaftsinformatikerin Sina Lehrmann
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik insb. Systementwicklung
TU Dresden
Schumann-Bau, Münchner Platz, 01062 Dresden
sina.lehrmann@tu-dresden.de

André Nimmich
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government
Universität Potsdam
August-Bebel-Straße 89, 14482 Potsdam
nimmich@uni-potsdam.de

Prof. Dr. Markus Nüttgens
WISO Fakultät / Wirtschaftsinformatik
Universität Hamburg
Von-Melle-Park 5, 20146 Hamburg
markus.nuettgens@wiso.uni-hamburg.de

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Michael Schlicker
INTERACTIVE Software Solutions GmbH
Hochstraße 63, 66115 Saarbrücken
michael.schlicker@interactive-software.de

Dipl.-Mathematiker Holger Schrödl
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Systems Engineering
Universität Augsburg
Universitätsstraße 16, 86159 Augsburg
holger.schroedl@wiwi.uni-augsburg.de

Diplom-Wirtschaftsinformatikerin Jeannette Stark
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik insb. Systementwicklung
TU Dresden
Schumann-Bau, Münchner Platz, 01062 Dresden
jeannette.stark@tu-dresden.de

Prof. Dr. Klaus Turowski
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Systems Engineering
Universität Augsburg
Universitätsstraße 16, 86159 Augsburg
klaus.turowski@wiwi.uni-augsburg.de

Dipl.-Inform. Edzard Weber
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government
Universität Potsdam
August-Bebel-Straße 89, 14482 Potsdam
edzard.weber@wi.uni-potsdam.de