

Lehrstuhl für
Montagesystemtechnik und Betriebswissenschaften
der Technischen Universität München

**Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in
dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken**

Klaus U. Schliffenbacher

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades
eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. H.-P. Wiendahl,
Universität Hannover

Die Dissertation wurde am 18.11.1999 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am
04.04.2000 angenommen.

Forschungsberichte



Band 140

Klaus U. Schliffenbacher

***Konfiguration virtueller
Wertschöpfungsketten
in dynamischen, heterarchischen
Kompetenznetzwerken***

*herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart*

Herbert Utz Verlag



Forschungsberichte iwb

Berichte aus dem Institut für Werkzeugmaschinen
und Betriebswissenschaften
der Technischen Universität München

herausgegeben von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
Technische Universität München
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

Zugleich: Dissertation, München, Techn. Univ., 2000

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwendung, vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2000

ISBN 3-89675-754-7

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
Tel.: 089/277791-00 · Fax: 089/277791-01

Geleitwort des Herausgebers

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung. Denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebs hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren und Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrads darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozeß spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Produktentwicklung über die Planung von Produktionssystemen hin zu den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb*-Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

Gunther Reinhart

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München.

Besonders danken möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, dem Leiter dieses Instituts, für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit sowie für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Hans-Peter Wiendahl, dem Leiter des Instituts für Fabrikanlagen der Universität Hannover, möchte ich mich für die Übernahme des Korreferates und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Dr.-Ing. Helmut Naber und Herrn Dr.-Ing. Jochen Lorenzen, den beiden früheren sowie Herrn Dr.-Ing. Otto Murr, dem jetzigen Leiter des iwb Anwendenzentrum Augsburg für die Unterstützung bei der Anfertigung der Dissertation.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts sowie allen Studenten, die mich bei der Erstellung meiner Arbeit unterstützt haben.

München, im April 2000

Klaus Schliffenbacher

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Neue Anforderungen – Neue Möglichkeiten	1
1.2	Aufgabenstellung	4
1.3	Zielsetzung	5
1.4	Vorgehensweise	7
2	Stand der Forschung und Technik	9
2.1	Unternehmensübergreifende Informations- und Kommunikationstechnologie	9
2.1.1	Grundlagen der rechnergestützten Kommunikation	9
2.1.2	Informationsübermittlung im Internet	11
2.1.3	Abwicklung von Geschäftsvorgängen im Internet	12
2.1.4	Unternehmensübergreifender Datenaustausch	15
2.1.5	Sicherheit der Datenübertragung	16
2.1.6	Rechtlicher Rahmen elektronischer Geschäftsvorgänge	18
2.1.7	Fazit	19
2.2	Kooperationen produzierender Unternehmen.....	19
2.2.1	Klassische Kooperationsformen	20
2.2.2	Unternehmensnetzwerke.....	24
2.2.3	Virtuelle Unternehmen	31
2.2.4	Fazit	38
2.3	Methoden zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten	39
2.3.1	Qualitätsorientierte Lieferantenauswahl und -bewertung.....	40
2.3.2	Modell-Wertschöpfungsketten	41
2.3.3	Standardisierte Kompetenzbeschreibungen.....	42
2.3.4	Kapazitäts- und terminorientierte Ressourcenallokation.....	44
2.3.5	Marktliche Konfiguration	45
2.3.6	Fazit	47
2.4	Zusammenfassung, Defizite, Handlungsbedarf.....	47
3	Anforderungen an das Konzept zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten	51
3.1	Strukturanforderungen	51
3.2	Methodenanforderungen	52
3.3	Werkzeuganforderungen.....	54
3.4	Zusammenfassung.....	56

4 Strukturkonzept für Kompetenznetzwerke.....	57
4.1 Grundmodell dynamischer, heterarchischer Kompetenznetzwerke	57
4.2 Eindimensionale Kompetenznetzwerke.....	58
4.3 Mehrdimensionale Kompetenznetzwerke.....	59
4.4 Funktionen in Kompetenznetzwerken	61
4.5 Zusammenfassung.....	63
5 Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten	65
5.1 Übersicht	65
5.2 Grundlegende Konfigurationsmechanismen.....	67
5.2.1 Hierarchische Konfiguration	68
5.2.2 Einfache marktliche Konfiguration	68
5.2.3 Evolutionäre marktliche Konfiguration	70
5.2.4 Multilaterale marktliche Konfiguration.....	71
5.2.5 Fazit	72
5.3 Prinzip der Konfiguration	74
5.3.1 Grundbegriffe	75
5.3.2 Mögliche Optimierungsverfahren.....	77
5.4 Zielsystem	80
5.4.1 Anforderungen an das Zielsystem	80
5.4.2 Generisches Zielsystem	81
5.4.3 Leistungsbeschreibung	84
5.4.4 Operationalisierung der Zielkriterien	87
5.5 Kompetenzprofil	96
5.5.1 Kernkompetenzanalyse.....	97
5.5.2 Kooperationsfähigkeitsanalyse	98
5.6 Vorgehensmodell zur projektspezifischen Konfiguration der Wertschöpfungskette	100
5.6.1 Abhängigkeit vom Konfigurationsmechanismus	100
5.6.2 Leistungsklärung.....	101
5.6.3 Prä-Optimierung	103
5.6.4 Partneridentifikation	104
5.6.5 Verhandlung.....	105
5.6.6 Post-Optimierung.....	107
5.6.7 Vereinbarung	107
5.7 Zusammenfassung.....	107

6 Werkzeug zur Unterstützung der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten	109
6.1 Konzeptionelle Vorüberlegungen	109
6.1.1 Applikationsarchitektur	109
6.1.2 Applikationskomponenten	113
6.2 Funktionsmodell	113
6.3 Informationsmodell	115
6.3.1 Basismodell	116
6.3.2 Statisches Modell	117
6.4 Aktivitätsmodell	121
6.4.1 Leistungsklärung	122
6.4.2 Partneridentifikation	123
6.4.3 Optimierung	124
6.5 Implementierung	126
6.5.1 Benutzerschnittstelle	126
6.5.2 Informationsübertragung	128
6.5.3 Persistente Datenhaltung	129
6.6 Zusammenfassung	130
7 Prototypische Umsetzung	131
7.1 Zugrundeliegendes Kompetenznetzwerk	131
7.2 Beispilszenario	132
7.3 Zusammenfassung	136
8 Bewertung des Lösungskonzepts	137
8.1 Überprüfung der Anforderungserfüllung	137
8.2 Monetäre Bewertung	139
8.2.1 Aufwandsabschätzung	139
8.2.2 Nutzenabschätzung	143
8.2.3 Vergleich von Aufwand und Nutzen	145
8.3 Qualitative Nutzenpotentiale	145
8.4 Zusammenfassung	147
9 Zusammenfassung und Ausblick	149
10 Literatur	153
11 Anhang	169
11.1 Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme	169
11.2 Verzeichnis der Formelzeichen	171
11.3 Verzeichnis der Abbildungen	172

1 Einführung

1.1 Neue Anforderungen – Neue Möglichkeiten

Die Wettbewerbssituation produzierender Unternehmen hat sich in den vergangenen Jahren gravierend verändert. Das unternehmerische Umfeld ist von hochgradig dynamischen, kaum mehr vorhersehbaren Veränderungen geprägt. Gestiegene, rasch wechselnde Anforderungen der Kunden führen in Verbindung mit wachsender internationaler Konkurrenz und zunehmender Marktsättigung zur Ablösung ehemals stabiler Verkäufermärkte durch schnell veränderliche Käufermärkte (*Mertens 1995; Milberg 1997*). Die prompte Reaktion auf vielfältige Kundenwünsche in Verbindung mit einem individuell ausgerichteten Produktprogramm ist für die Unternehmen eine strategische Notwendigkeit (*Wiendahl u. a. 1998b*). Die ständige Anpassung des Unternehmens an wechselnde Rahmenbedingungen wird damit zum Dauerzustand (*Dorn 1999*).

Innovative technologische Entwicklungen bieten den Unternehmen neue Möglichkeiten, auf diese Situation zu reagieren. Insbesondere die Potentiale, welche moderne Informations- und Kommunikationstechnologien¹ bieten, haben zu einer grundsätzlichen Neugestaltung der inner- und überbetrieblichen Leistungserstellungsprozesse beigetragen (*Savage 1996, Matouschek 1999*). Vor allem der forcierte Auf- und Ausbau von weltweiten Kommunikationsnetzwerken hat in Verbindung mit einer weitgehenden Standardisierung des Datentransfers die Voraussetzungen geschaffen, schnell und effizient Informationen über die Unternehmensgrenzen hinweg auszutauschen (*Schliffenbacher 1998a*). Die umfassende Nutzung von unternehmensübergreifenden IuK-Technologien schafft so die Grundlage für die Unternehmen, sich auf die veränderten Umgebungsbedingungen einzustellen, ja sie sogar gewinnbringend zu nutzen (*Weigle u. a. 1997*).

Um wettbewerbsfähig in einem Umfeld agieren zu können, das durch sprunghafte, hochdynamische Veränderungen geprägt ist, müssen Unternehmen ihre Wandlungsfähigkeit nachhaltig stärken. Die Implementierung vorausgeplanter Flexibilitätspotentiale ist dazu nicht ausreichend (vgl. Abbildung 1). Die Unternehmen müssen vielmehr Fähigkeiten zur Reaktion auf nicht vorhersehbare, spontan auftretende Veränderungen entwickeln und festigen (*Reinhart u. a. 1999*).

¹ Im folgenden als IuK-Technologien bezeichnet

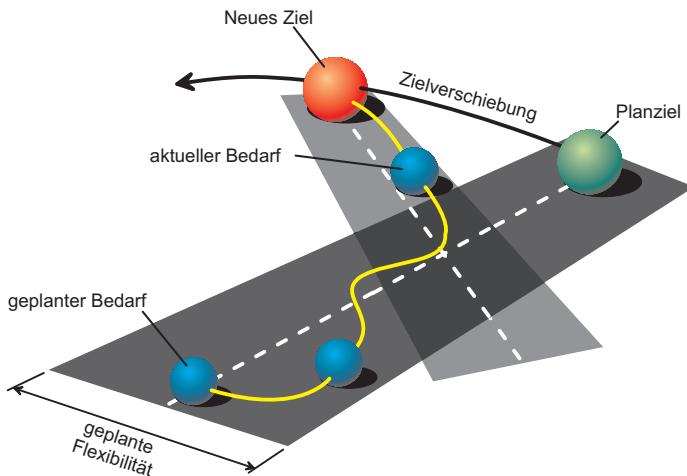


Abbildung 1: *Dilemma der geplanten Flexibilität (nach Schuh u. a. 1998)*

Wandlungsfähigkeit ist mehr als Flexibilität. Flexibilität – genauer: *Flexibilität 1. Ordnung* – ist als objekt-, verfahrens- oder prozeßbezogene Flexibilität ein Mittel, um die Handlungsfähigkeit des Unternehmens in konkreten, bereits vor ihrem Eintreten prognostizierten Situationen zu sichern. Im Gegensatz dazu gewährleistet die Wandlungsfähigkeit – auch als *Flexibilität 2. Ordnung* bzw. als *strategische* oder *normative* Flexibilität bezeichnet – die langfristige Entwicklungsfähigkeit des Unternehmens (Schuh u. a. 1998). Reinhart u. a. (1999, S. 22) definieren Wandlungsfähigkeit als die „*Fähigkeit, sich hinsichtlich Anforderungen zu verändern, die nicht unbedingt geplant und deren Dimensionen bzw. Richtungen nicht vorhersehbar waren.*“

In den vergangenen Jahren wurden zunächst vor allem unternehmensinterne organisatorische Maßnahmen entwickelt, mit denen die Wandlungsfähigkeit in einer turbulenten Umgebung sichergestellt werden sollte. Beispielhaft seien hier die Modelle der *Modularen* und der *Fraktalen Fabrik* sowie verschiedene Konzepte zur *Fertigungssegmentierung* genannt (vgl. hierzu etwa Wildemann 1988; Warnecke 1996; Reinhart u. Hirschberg 1997). Zwar sind diese Ansätze durchaus zu unterscheiden, ihnen gemeinsam ist jedoch das Prinzip der Zerlegung komplexer Unternehmensstrukturen in relativ kleine, überschaubare Organisationseinheiten, die sich durch ein hohes Maß an Autonomie und eine starke Markt- bzw. Produktausrichtung auszeichnen (Deutschle 1995; Wildemann 1997). Damit wird das Ziel verfolgt, die Effizienz, Flexibilität und Agilität des Unternehmens als Ganzes zu erhöhen (Beckmann 1999).

Diese unternehmensinterne Sichtweise stößt zunehmend an ihre Grenzen. Deshalb wird verstärkt eine integrale, unternehmensübergreifende Betrachtung und Optimierung der Wertschöpfungskette gefordert, um so die Vision des wandlungsfähigen Unternehmens zu erreichen (vgl. hierzu etwa Goldmann u. a. 1995; Dangelmaier 1997; Schuh u. a. 1998).

Der Schwerpunkt der meisten Ansätze liegt dabei gegenwärtig auf der Gestaltung und Optimierung einer i. d. R. wohldefinierten *Logistikkette*. Mittelfristig wird erwartet, daß sich diese strukturell statischen Logistikketten in zunehmendem Maße hin zu *stabilen Logistiknetzwerken* und schließlich zu *flexiblen* bzw. *wandelbaren Produktionsnetzwerken* (vgl. Abbildung 2) entwickeln werden (Beckmann 1998). Gerade diese werden als eine hervorragende Möglichkeit gesehen, um erfolgreich in einem zunehmend turbulenten Umfeld agieren zu können (Sihn u. a. 1999). Die hier vorhandene einfache Zugriffsmöglichkeit auf die Kapazitäten und Kompetenzen einer großen Anzahl potentieller Kooperationspartner schafft die Voraussetzungen, um unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten frei zu konfigurieren und damit optimal an die Erfordernisse einer bestimmten Aufgabenstellung anzupassen (Schliffenbacher u. a. 1999).

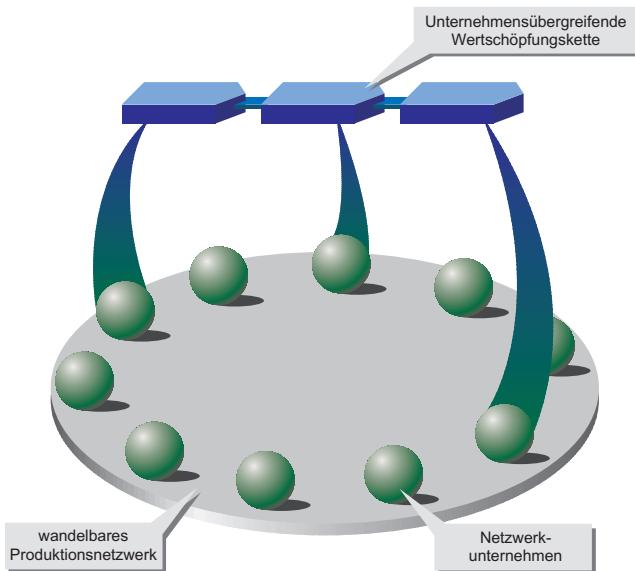


Abbildung 2: *Aufbau unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten in wandelbaren Produktionsnetzwerken*

1.2 Aufgabenstellung

Die Chancen, die dynamische unternehmensübergreifende Kooperationsbeziehungen bieten, sind in der wissenschaftlichen Diskussion unbestritten (*vgl. hierzu etwa Goldmann u. a. 1996; Wüthrich 1997; Hirschmann 1998*). Die vorhandenen Potentiale werden jedoch gerade von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) nur unzureichend genutzt (*vgl. hierzu etwa Bullinger u. a. 1997; Buse 1999*).

Folgende Faktoren sind u. a. hierfür verantwortlich:

- Bei der Herstellung individualisierter Produkte ist meist ein hoher Anteil von Aufgaben, die sich durch einen geringen Wiederholungsgrad auszeichnen, zu bewältigen. Erfahrungswerte können deshalb kaum auf eine aktuelle Aufgabenstellung übertragen werden. Aus diesem Grund ist oft nicht klar, wie hierfür die optimale unternehmensübergreifende Wertschöpfungskette zu gestalten ist (*Gilmore u. Pline 1997; Piller 1998*).
- Eng verknüpft mit der schwierigen Planung einer optimalen Wertschöpfungskette ist das Problem der Ressourcenallokation. Die Identifikation der geeigneten Wertschöpfungspartner ist ein kritischer Vorgang für die erfolgreiche Implementierung kurzfristiger unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten. Es existieren bislang allerdings kaum leistungsfähige Methoden, welche die Unternehmen bei der Auswahl adäquater Partner für kurzfristige und dynamische Kooperationsbeziehungen unterstützen (*Dathe 1998; Camarinha-Matos u. a. 1999*).
- Schließlich gibt es zur Zeit kaum geeignete Hilfsmittel, die den unternehmensübergreifenden Aufbau einer optimalen Wertschöpfungskette unterstützen. In vielen Unternehmen sind zwar mittlerweile die informationstechnischen Voraussetzungen zur überbetrieblichen Zusammenarbeit vorhanden, leistungsfähige Rechnerwerkzeuge zur Unterstützung der Konfiguration unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten fehlen jedoch weitgehend (*Dangelmaier 1997; Eversheim u. a. 1999; Hieber u. Alard 1999*).

Es besteht also Handlungsbedarf, um die Potentiale, die dynamische Kooperationen bei der Produkterstellung bieten, nutzen zu können. Dazu müssen wirkungsvolle und praxistaugliche Lösungen für die genannten Problemkomplexe erarbeitet werden.

1.3 Zielsetzung

Hauptziel dieser Arbeit ist es, eine Methodik zu entwickeln, die eine effektive und effiziente Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken² unterstützt. Damit soll ein Beitrag zur Realisierung der Idee der virtuellen Fabrik³ geleistet werden.

Unter dem Begriff *Konfiguration* soll dabei die Durchführung derjenigen Aktivitäten verstanden werden, die zur optimalen Gestaltung der unternehmensübergreifenden Leistungserbringung durchzuführen sind. Eine *Wertschöpfungskette* beschreibt die Gesamtheit sämtlicher Prozesse, die direkt zur Erstellung eines Produkts oder einer Leistung erforderlich sind. Die Wertschöpfungskette wird als *virtuell*⁴ bezeichnet, wenn sie zur Leistungserstellung in einer *virtuellen Fabrik* aufgebaut wird.

Das Hauptziel gliedert sich in folgende Einzelziele:

1. Virtuelle Wertschöpfungsketten entstehen auf dem Fundament einer stabilen Kooperationsplattform – eines sog. Basisnetzwerks. Von der Gestaltung dieses Basisnetzwerks hängt es entscheidend ab, wie der eigentliche Konfigurationsvorgang zu gestalten ist. Deshalb soll ein *Strukturkonzept* für ein derartiges Basisnetzwerk entwickelt werden. Es soll soweit ausgearbeitet werden, wie es für die Umsetzung der Methodik zur Konfiguration notwendig ist.
2. Auf der Grundlage dieses Strukturkonzepts soll die *Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten* entwickelt werden. Die notwendigen Voraussetzungen für die Konfiguration sollen beschrieben und verwendete Konfigurationsmechanismen detailliert dargestellt werden. Außerdem soll ein konkretes Vorgehensmodell erarbeitet werden, das die praktische Umsetzung der Methodik unterstützt.
3. Beim Einsatz der Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten muß eine große Menge von Informationen verarbeitet werden. Dies ist ohne die Unterstützung von leistungsfähigen Werkzeugen kaum durchführbar. Aus diesem Grund soll ein *Rechnerhilfsmittel* entwickelt werden, das die Konfigurationsmethodik unterstützt und deren effiziente Anwendung gewährleistet.

² Zum Begriff *dynamisches, heterarchisches Kompetenznetzwerk* vgl. Abschnitt 4.1

³ Zum Begriff *virtuelle Fabrik* vgl. Abschnitt 2.2.3.1

⁴ Die Begriffe *virtuell* und *unternehmensübergreifend* werden zur Charakterisierung der im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Wertschöpfungsketten synonym verwendet.

Insgesamt soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag zum Forschungsthema *Kooperationsmanagement* am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München leisten. Eines der Hauptziele, das im Rahmen dieses Themengebiets verfolgt wird, ist der effiziente Aufbau und Betrieb virtueller Fabriken (vgl. Abbildung 3).

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Entwicklung einer Konfigurationsmethodik für virtuelle Wertschöpfungsketten. Dabei wird an andere Forschungsschwerpunkte im Bereich Kooperationsmanagement angeknüpft und auf vorhandene Ergebnisse aufgesetzt. Z. T. müssen in den angrenzenden Bereichen auch neue Erkenntnisse erarbeitet werden, sofern sie für die Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten notwendig sind. Wichtige Grundlagen zur Konfiguration liefert u. a. der Bereich *marktliche Mechanismen* und *unternehmensübergreifende Informationswerkzeuge* (vgl. hierzu etwa Naber u. a. 1996; Reinhart u. a. 1996a; Mehler 1997). Ist die Wertschöpfungskette konfiguriert und damit eine virtuelle Fabrik aufgebaut, so erfolgt die Steuerung der eigentlichen Projektdurchführung mit Methoden des *unternehmensübergreifenden Daten- und Prozeßmanagements* (vgl. hierzu etwa Brandner 1997; Reinhart u. Brandner 1998). Die Anpassung der Unternehmensorganisation an die besonderen Erfordernisse in Kompetenznetzwerken und virtuellen Fabriken wird im Rahmen der *Qualifizierung der Unternehmen für Kooperationen* betrachtet (vgl. hierzu etwa Reinhart u. Grunwald 1999; Rudorfer u. Schliffenbacher 1999; Schliffenbacher u. a. 1999).



Abbildung 3: Einordnung der vorliegenden Arbeit in die Forschungslandschaft am *iwb*

Diese Arbeit befaßt sich mit der Konfiguration von Wertschöpfungsketten bei kurzfristigen Kooperationsbeziehungen produzierender Unternehmen in Kompetenznetzwerken. Insbesondere sollen Ad-hoc-Kooperationen, die mit minimaler Vorlaufzeit zur Produktion kundenindividueller Produkte aufgebaut werden, unterstützt werden. Langfristige Unternehmenskooperationen oder Kooperationen, die aufgrund einer besonders engen organisatorischen oder administrativen Verflechtung der Partner als statisch einzustufen sind, werden dagegen nicht untersucht.

Im Betrachtungsfeld dieser Arbeit setzen sich virtuelle Wertschöpfungsketten aus Unternehmen oder eigenständigen Unternehmensbereichen zusammen. Die Konfiguration erfolgt deshalb aus struktureller Sicht auf Unternehmensebene, aus prozessuraler Sicht auf Grobplanungs- bzw. Meilensteinebene. Die daran anschließende Feinplanung auf Abteilungs- bzw. Vorgangs- oder Aktivitätenebene ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

1.4 Vorgehensweise

Zur Erreichung der Zielsetzung wird folgende Vorgehensweise gewählt (vgl. Abbildung 4):

Zunächst erfolgt eine Analyse des relevanten Stands der Forschung und Technik in Kapitel 2. Zu Beginn werden hierzu die Grundlagen der rechnergestützten unternehmensübergreifenden Kommunikation dargestellt. Dann erfolgt eine Beschreibung von unternehmensübergreifenden Organisationskonzepten. Schließlich werden aktuelle Ansätze zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten vorgestellt. Zuletzt werden Organisationskonzepte und Konfigurationsmethoden bewertet sowie vorhandene Defizite identifiziert.

Aufbauend auf den identifizierten Defiziten werden in Kapitel 3 konkrete Anforderungen an ein Konzept zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten abgeleitet. Die Anforderungen berücksichtigen dabei das zugrundeliegende Strukturkonzept, die Konfigurationsmethodik selbst sowie das Rechnerhilfsmittel.

Als Grundlage für die Methodik zur Konfiguration wird in Kapitel 4 zunächst ein geeignetes Strukturkonzept für das Basisnetzwerk entwickelt. Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften wird es als Kompetenznetzwerk bezeichnet.

Darauf aufbauend wird in Kapitel 5 ein Verfahren zur projektspezifischen Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten entworfen. Die Prinzipien der Konfiguration werden erarbeitet, verwendete Algorithmen werden erläutert und die Vorgehensweise zur Durchführung der Konfigurationsmethodik wird beschrieben.

Vorgehensweise

Kapitel 6 stellt die Konzeption und Implementierung eines Softwarewerkzeugs zur Unterstützung der Konfiguration dar.

Die prototypische Umsetzung der Konfigurationsmethodik und des Softwarewerkzeugs werden schließlich in Kapitel 7 anhand eines Beispielszenarios in zwei existierenden Kompetenznetzwerken illustriert.

Aufwand, Nutzen und Einsetzbarkeit von Strukturkonzept, Methodik und Rechnerwerkzeug in der unternehmerischen Praxis werden in Kapitel 8 diskutiert. Dabei werden sowohl monetär quantifizierbare Faktoren als auch nicht oder nur schwer zu quantifizierende Effekte berücksichtigt.

Kapitel 9 faßt die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit zusammen und liefert einen Ausblick auf weitere Forschungstätigkeiten.

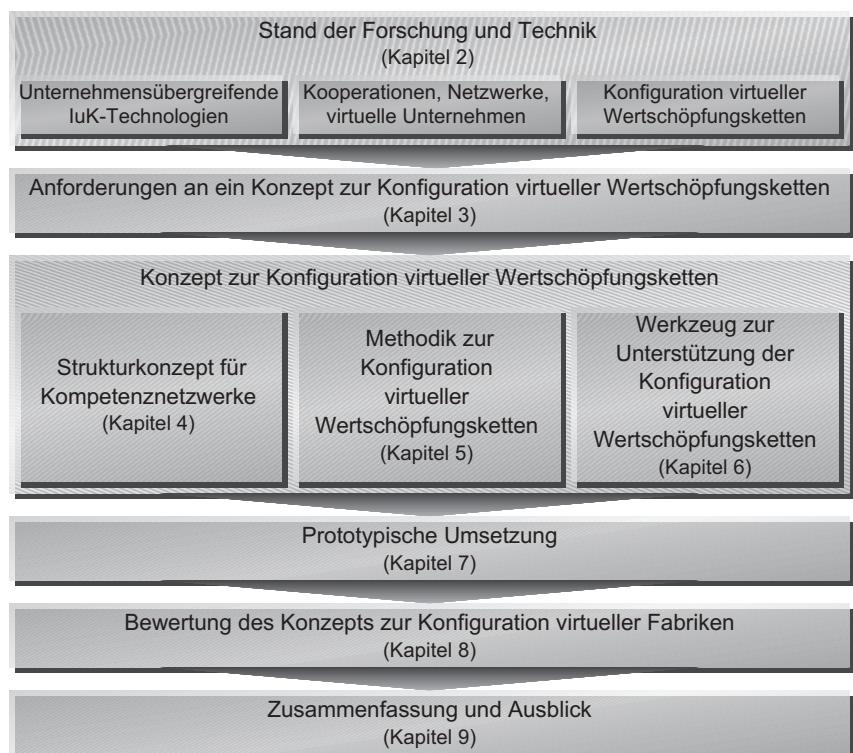


Abbildung 4: Aufbau der Arbeit

2 Stand der Forschung und Technik

In Kapitel 2 wird der für die vorliegende Arbeit relevante Stand der Forschung und Technik geschildert. Wie in Kapitel 1 beschrieben, ist die effiziente Übertragung von Informationen zwischen Unternehmen eine zentrale Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz dynamischer Kooperationsbeziehungen. Deshalb erfolgt zunächst die Darstellung grundlegender Aspekte der rechnergestützten unternehmensübergreifenden Kommunikation. Im Anschluß daran werden Möglichkeiten zur organisatorischen Gestaltung von unternehmensübergreifenden Kooperationsbeziehungen beschrieben. Schließlich werden vorhandene Ansätze zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten vorgestellt. Den Abschluß bilden ein Restümee des Stands der Forschung und Technik, die Zusammenfassung der wichtigsten Defizite vorhandener Ansätze und die Ableitung des Handlungsbedarfs.

2.1 Unternehmensübergreifende Informations- und Kommunikationstechnologie

Bei der unternehmensübergreifenden Wertschöpfung ist ein außerordentlich hoher Koordinations- und Kommunikationsaufwand zu bewältigen (*Klein 1997*). Dies gilt in besonderem Maße für die dynamischen Kooperationsbeziehungen in virtuellen Fabriken. Viele Autoren sehen im Einsatz moderner IuK-Technologien einen Schlüsselfaktor für die erfolgreiche Umsetzung dieses Konzepts (*vgl. hierzu etwa Mertens 1995; Picot u. a. 1996; Scholz 1996; Führer u. Ashkanasy 1998*).

Die Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten erfordert bereits im Vorfeld der operativen Zusammenarbeit eine intensive zwischenbetriebliche Kommunikation. Um effizient durchgeführt werden zu können, ist hierfür die Nutzung leistungsfähiger unternehmensübergreifender IuK-Werkzeuge notwendig. Im folgenden wird deshalb ein Überblick über die Grundlagen moderner unternehmensübergreifender IuK-Technologien gegeben. Ziel ist es, aufzuzeigen, inwieweit vorhandene Kommunikationsmedien geeignet sind, die Aktivitäten bei der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten zu unterstützen.

2.1.1 Grundlagen der rechnergestützten Kommunikation

Die Basis der rechnergestützten Übertragung von Informationen stellen *Kommunikationsprotokolle* dar. Dies sind Regelwerke, die eine möglichst fehlerfreie, computer-

vermittelte Kommunikation von Nutzer zu Nutzer, von Computer zu Computer, von Computer zu Netzwerk sowie von Netzwerk zu Netzwerk ermöglichen. Grundlagen zur Systematisierung des Datenaustausches liefert das *OSI-Referenzmodell*⁵. Es dient der systematischen Einordnung der beim Datenaustausch verwendeten Medien, Protokolle und Dienste. Das OSI-Referenzmodell wurde als offenes, herstellerunabhängiges Schichtenmodell von der *International Organization for Standardization (ISO)* 1974 entwickelt und in der Norm ISO 7498 spezifiziert. Ziel ist die klare Zuordnung der verschiedenen Aufgaben, die zur computerbasierten Informationübermittlung durchgeführt werden müssen, auf einzelne, voneinander unabhängige Schichten (*Payer 1999*).

Das OSI-Referenzmodell besteht aus sieben Schichten (*Layer*). Für diese Schichten werden diejenigen Dienste und Funktionen definiert, die auf den einzelnen Schichten erfüllt werden sollen (vgl. Abbildung 5).

OSI-Schicht	Typische Aufgaben
7 Anwendung (Application Layer)	Aufruf von Anwendungen (z. B. File Transfer, E-mail, Remote Login, Remote Data Access)
6 Darstellung (Presentation Layer)	Codierung der Daten in standardisierten Datenstrukturen, Verschlüsselung, Datenkompression
5 Kommunikation (Session Layer)	Synchronisation der Kommunikation, Zugangskontrolle, Sitzungssteuerung
4 Transport (Transport Layer)	Aufbau einer Verbindung zwischen Endsystemen, Rekombination zusammengehöriger Datenpakete
3 Vermittlung (Network Layer)	Aufbau einer Netzverbindung zwischen Teilnehmern und Vermittlung der Datenpakete
2 Sicherung (Data Link Layer)	Aufteilung des Bitstromes in Einheiten (Pakete) und Austausch dieser Einheiten
1 Bitübertragung (Physical Layer)	Standardisierung der Netzwerk-Leitungen und -Anschlüsse sowie ihrer physikalischen Eigenschaften

Abbildung 5: Schichten des OSI-Referenzmodells

Das OSI-Referenzmodell beschreibt keine Implementierung dieser Dienste und Funktionen. Die Funktionen einer Schicht können deshalb auf unterschiedliche Weise realisiert werden. Übergeordnete Schichten nutzen dabei jeweils Dienste von darunterliegenden Schichten (*Patorschke u. Spitzner 1997*). Eine Auswahl von in der Praxis eingesetzten Kommunikationsprotokollen und -diensten sowie die Zuordnung auf die jeweilige Schicht des OSI-Referenzmodells zeigt Abbildung 6.

⁵ OSI = Open Systems Interconnection

OSI-Schichten	7: Application	FTP	FTAM	OFTP	X.400 X.435	Faxsoft-ware	SMTP	
	6: Presentation							
	5: Session							
	4: Transport	TCP						IPX
	3: Network	IP	X.25 X.28 X.29 X.31		Modem V.32bis V.23	FAX	DATEX-P	SPX
	2: Data Link		Ethernet				DATEX-L DATEX-J	
	1: Physical			ISDN		Wählleitung		Beliebiges Netzwerk

Abbildung 6: Bsp. für Kommunikationsprotokolle und -dienste nach dem OSI-Referenzmodell (nach Reinhart u. v. d. Hagen 1999)

2.1.2 Informationsübermittlung im Internet

Für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch in dynamischen Kooperationsbeziehungen wird ein Informationsmedium benötigt, das flächendeckend verfügbar ist, einen einfachen Zugang ermöglicht und die Übertragung beliebiger Daten gestattet. Ein Medium, das sämtliche Anforderungen erfüllt, ist das *Internet*. Seine Wurzeln liegen im 1969 entstandenen *ARPANET*⁶. Dieses wurde ursprünglich entwickelt, um selbst im Verteidigungsfall eine weitgehend ausfallsichere Kommunikation zwischen militärischen Kommandoeinrichtungen zu gewährleisten (*Inter-Corporate Computer & Network Services* 1999). Bis in die erste Hälfte der achtziger Jahre hinein hatte das ARPANET im wesentlichen experimentellen Charakter. Über Zugänge verfügten lediglich militärische Forschungslabore, Universitäten und wenige ausgewählte Unternehmen. 1983 wurde der militärische Teil des ARPANET als *MILNET* abgespalten, der zivile Teil wurde in Internet umbenannt. Technologisch basiert das Internet auf der *TCP/IP-Protokollfamilie*⁷. TCP/IP ist die älteste herstellerneutrale Lösung für die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Geräten. Mit der freien Verfügbarkeit der TCP/IP-Protokolle als Teil des UNIX-Betriebssystems stieg die Verbreitung des Inter-

⁶ ARPANET = Advanced Research Project Agency Network

⁷ TCP = Transmission Control Protocol, IP = Internet Protocol

nets deutlich an. Der entscheidende Schritt, der das Internet zum weltumspannenden Kommunikationsmedium machte, war die internetweite Einführung des *World Wide Web (WWW)*⁸ im Jahr 1991 (*Reiterer 1999*).

Die Entwicklung des WWW vereinfachte die Nutzung des Internets erheblich. Als multimedialer Dienst ermöglicht das WWW die Übertragung von Text-, Bild-, Ton- und Videodaten über ein einheitliches Medium (*Reiterer 1999*). Technologisch basiert das WWW auf dem *Hyper Text Transfer Protokoll (HTTP)*. Im Rahmen des OSI-Referenzmodells setzt HTTP auf der OSI-Schicht vier des TCP/IP-Protokollstapels auf (TCP-Schicht). Zur Darstellung von Informationen im WWW dient die *Hyper Text Markup Language (HTML)*. HTML stellt sowohl Elemente zur Strukturierung von Informationen als auch zur Layoutgestaltung und zur Einbindung multimedialer Daten zur Verfügung. Die einfache Erlernbarkeit von HTML war einer der Hauptgründe für die sprunghafte Verbreitung des Internets nach Einführung des WWW (*Payer 1999*).

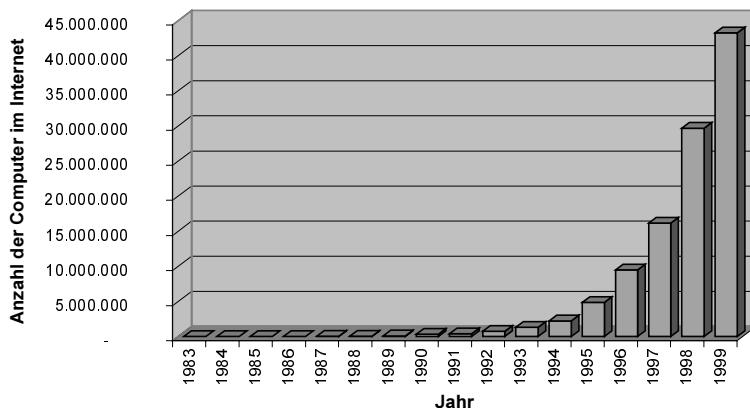


Abbildung 7: Anzahl der Computer im Internet (*Network Wizards 1999*)

2.1.3 Abwicklung von Geschäftsvorgängen im Internet

Der rasante Ausbau der Netzinfrastruktur und die Einführung des WWW legte den Grundstein für die zunehmende Kommerzialisierung des Internets. Das Transaktionsvolumen von Geschäftsabläufen, die auf elektronischem Weg via Internet abgewickelt werden, stieg und steigt rapide an. Wurden 1996 weltweit schon mehr als 8 Milliarden

⁸ Das World Wide Web wurde 1990 am Kernforschungszentrum CERN entwickelt (*Reiterer 1999*).

US-\$ durch internetbasierte Geschäftsabwicklung umgesetzt, so wird für das Jahr 2000 bereits ein Gesamtumsatz von über 73 Milliarden US-\$ prognostiziert (*MKD 1999*).

Die Abwicklung von Geschäftsvorgängen über elektronische Kommunikationsmedien bezeichnet man als *Electronic Commerce (E-Commerce)*. Dazu zählen u. a. Marketing und Informationsbereitstellung für Abnehmer, Geschäftsanbahnung und -abwicklung, Zahlungsverkehr, After-Sales-Services sowie Aktionen zur Kundenbindung. Die beiden wichtigsten Anwendungsbereiche des E-Commerce umfassen Transaktionen zwischen Anbietern und Endverbrauchern (*Business-to-Consumer E-Commerce*) bzw. zwischen Unternehmen untereinander (*Business-to-Business E-Commerce*). Eine bislang untergeordnete Rolle spielen Transaktionen zwischen Konsumenten und öffentlichen Einrichtungen (*Consumer-to-Administration E-Commerce*) sowie zwischen Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen (*Business-to-Administration E-Commerce*) (*MKD 1999*).

Business-to-Customer E-Commerce

Eine breite Palette von Gütern kann mittlerweile vom Endverbraucher via Internet bezogen werden. Der Hauptanteil des elektronischen Geschäftsvolumens in diesem Bereich wird derzeit mit EDV-Produkten (Hard- und Software) sowie Büchern erzielt (*FirstSurf 1999*).

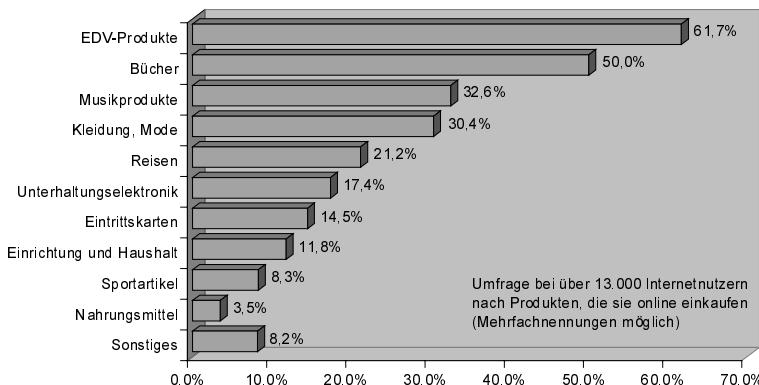


Abbildung 8: *Produktgruppen, die via Internet eingekauft werden (FirstSurf 1999)*

Für den gesamten Business-to-Customer-Bereich wird eine Steigerung des weltweiten Umsatzes von 530 Millionen US-\$ im Jahr 1996 auf über 7 Milliarden US-\$ für das Jahr 2000 prognostiziert (*MKD 1999*).

Business-to-Business E-Commerce

Noch größere Wachstumschancen werden dem Business-to-Business-Bereich eingeräumt. Eine Steigerung des elektronischen Transaktionsvolumens von 8 Milliarden US-\$ im Jahr 1996 auf 66 Milliarden US-\$ im Jahr 2000 wird hier für wahrscheinlich erachtet. Die meisten Online-Transaktionen im Business-to-Business-Bereich dienen derzeit eher der Unterstützung von Geschäftsvorgängen als deren eigentlicher Durchführung. Der Fokus liegt häufig auf der Verbesserung der Beziehungen sowie einer Vereinfachung des Informationsaustausches zwischen Lieferanten, Großhändlern und Kunden und weniger auf dem Verkauf von Produkten. Jedoch läßt die prognostizierte Steigerung der Umsätze den Schluß zu, daß die elektronische Geschäftsabwicklung zwischen Unternehmen eine immer bedeutendere Rolle spielen wird (*MKD 1999*).

Zahlungsvorgänge im Internet

Zur Geschäftsabwicklung gehört neben dem Austausch von Informationen, Produkten und Dienstleistungen auch die Erledigung von Zahlungsvorgängen.

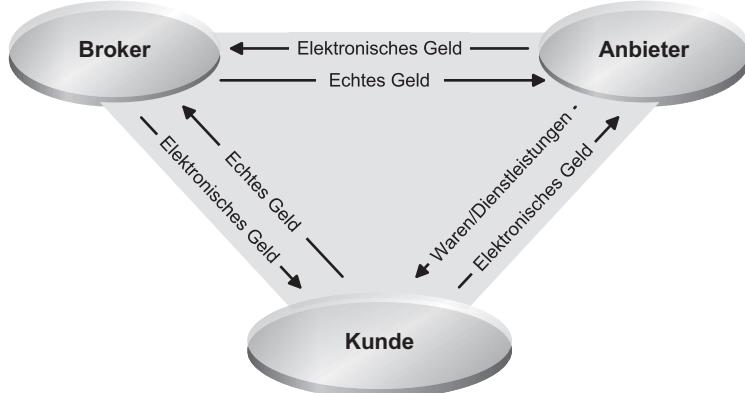


Abbildung 9: Elektronische Zahlungsvorgänge (nach VDMA 1999)

Heute existieren bereits eine Reihe von Möglichkeiten, Zahlungsvorgänge im Internet durchzuführen. Meist basieren diese Verfahren auf einer Dreiecksbeziehung zwischen Anbieter, Kunde und einem Broker. Der Broker tauscht echtes in fälschungssicheres, eindeutig identifizierbares elektronisches Geld (*E-Cash*), das der Kunde auf seinem Rechner speichern und zur Bezahlung von Waren und Dienstleistungen via Internet an

den Anbieter versenden kann. Der Anbieter kann anschließend das erhaltene E-Cash beim Broker wieder gegen echtes Geld zurücktauschen. Die Rolle des Brokers können z. B. Banken oder spezialisierte Dienstleister wie *DigiCash*, *Open Market*, *CyberCash* oder *First Virtual* übernehmen (*VDMA 1999*).

Neben dem beschriebenen E-Cash-Verfahren existieren noch weitere Möglichkeiten, Zahlungsvorgänge bei elektronischen Transaktionen durchzuführen (z. B. Zahlung per Kreditkarte oder Bankeinzug). Sie unterscheiden sich aber nicht grundsätzlich von traditionellen Verfahren, so daß auf eine Erläuterung verzichtet wird.

2.1.4 Unternehmensübergreifender Datenaustausch

Zum Aufbau und Betrieb virtueller Fabriken müssen laufend Produkt-, Produktions- und Geschäftsdaten ausgetauscht werden. Hierzu ist eine Reihe von Austauschstandards und -mechanismen entwickelt worden, die unter dem Akronym *EDI* (*Electronic Data Interchange*) zusammengefaßt werden. Speziell für den Bereich der Geschäftsdaten steht eine große Anzahl standardisierter Nachrichtenformate zur Verfügung. Sie sind international genormt und werden unter dem Oberbegriff *EDIFACT* (*Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Trade*) zusammengefaßt (*DEDIG 1999*).

Für den Einsatz von EDI in Unternehmenskooperationen werden drei Strategien eingesetzt (*Reinhart u. v. d. Hagen 1999*):

- die Organisation des Datenaustausches in Eigenregie der beteiligten Unternehmen unter Einsatz besonderer EDI-Werkzeuge,
- die Einbeziehung von spezialisierten Dienstleistern⁹, welche die Übertragung der Nachrichten durchführen und
- die Nutzung des Internets für den Datenaustausch.

Die beiden erstgenannten Strategien eignen sich wegen der damit verbundenen hohen Kosten kaum für den Einsatz durch KMU. So sind nach einer Statistik der US-amerikanischen Handelskammer für die Einführung eines typischen EDI-Werkzeugs Aufwendungen in der Größenordnung von 50.000 US-\$ zu veranschlagen. Bei der Nutzung von EDI-Dienstleistern muß ein Unternehmen z. B. bei einem typischen Kommunikationsvolumen von 25.000 Nachrichten pro Monat mit laufenden

⁹ Auch als *Value Added Network Service (VANS)* bezeichnet

Dienstleisterkosten von 14.000 bis 25.000 US-\$ im selben Zeitraum rechnen (*Curtis 1996*).

In diesen hohen Kosten ist der Hauptgrund dafür zu sehen, daß das Internet mehr und mehr von Unternehmen als Plattform für den elektronischen Datenaustausch verwendet wird. Die Nutzung verfügbarer Internet-Technologien ermöglicht es, mit weit geringerem Aufwand EDI-Kopplungen zwischen Unternehmen zu realisieren. Die Leistungsfähigkeit dieser Lösungen muß dabei nicht hinter der proprietärer EDI-Systeme zurückstehen (*Weitzel u. a. 1999*).

2.1.5 Sicherheit der Datenübertragung

Für den umfassenden Einsatz des Internets zum Datenaustausch in unternehmensübergreifenden Kooperationsbeziehungen ist eine sichere Datenübertragung Voraussetzung. Da TCP/IP jedoch keinerlei Mechanismen zur Sicherung des Datentransports zur Verfügung stellt, kann das Internet nicht als sicheres Kommunikationsmedium eingestuft werden. Bedingt durch seine Topologie laufen Informationen im Internet meist über viele Stationen, bis sie ihr Ziel erreichen. Der Weg, den sie dabei einschlagen, ist i. d. R. weder vorherbestimbar noch kontrollierbar. Technisch ist es so z. B. möglich, daß eine Vermittlungsstation die über sie transportierten Informationen auswertet, verändert oder an falsche Zieladressen weiterleitet. Darüber hinaus sind noch eine ganze Reihe weiterer Manipulations- bzw. Angriffsmöglichkeiten bekannt geworden. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik identifizierte u. a. folgende Gefahrenquellen beim Austausch von Informationen via Internet (*BSI 1999*):

- Falsche Authentisierung
- Verlust der Vertraulichkeit
- Verlust der Datenintegrität
- Ausspähen von Paßwörtern
- Informationsumleitung

Es existiert mittlerweile eine Vielzahl von Mechanismen, mit denen sich Unternehmen wirkungsvoll gegen derartige Gefahren schützen können. Die beiden wichtigsten sind die Einrichtung getrennter *Subnetze* und der Einsatz von *kryptographischen Verfahren* (*Partl 1997*).

Subnetze

Ein grundlegender Schutzmechanismus ist die Einrichtung abgeschlossener Subnetze. Diese sind typischerweise durch sog. *Firewalls* vom restlichen Internet abgeschottet. Firewalls sind Rechner, die den Übergangspunkt zwischen Subnetz und Internet durch komplexe Schutzmechanismen überwachen. Jede Information, die zwischen Subnetz und Internet ausgetauscht wird, muß diesen Übergangspunkt passieren. Informationen werden nur dann weitergeleitet, wenn sie festgelegten Sicherheitsregeln entsprechen. Auf diese Weise ist es möglich, für die Rechner innerhalb eines Subnetzes eine transparente Verbindung¹⁰ zum Internet zu realisieren, ohne diese Rechner der Gefahr eines Angriffs aus dem Internet auszusetzen (*BSI 1999*).

Kryptographie

Neben der Einschränkung des Zugriffs durch Subnetze ist für den Schutz sensibler Daten eine Verschlüsselung der Dateninhalte mittels kryptographischer Verfahren notwendig, um deren Vertraulichkeit, Authenzität und Integrität sicherzustellen. Hierzu stehen zwei grundlegende Mechanismen zur Verfügung (*Stritzke 1999*):

- *Symmetrische Verschlüsselungsverfahren* verwenden zum Chiffrieren und Dechiffrieren von Informationen den gleichen geheimen Schlüssel. Sender und Empfänger einer Nachricht müssen diesen besitzen. Der Schlüssel muß vor der eigentlichen Kommunikation auf einem sicheren Übertragungsweg zwischen den Kommunikationspartnern ausgetauscht werden (*Mo-Tech 1999*).
- *Asymmetrische Verschlüsselungsverfahren* verwenden zum Chiffrieren und Dechiffrieren unterschiedliche Schlüssel. Jeder Teilnehmer an einer Kommunikation besitzt zwei Schlüssel. Einen privaten Schlüssel, der nur ihm bekannt ist, und einen öffentlichen Schlüssel, der über ein mathematisches Verfahren aus dem privaten Schlüssel errechnet wird und allgemein bekannt ist. Die Authenzität des öffentlichen Schlüssels kann durch digitale Signaturen, die von unabhängigen Zertifizierungsinstanzen, sog. *Certification Authorities*, vergeben werden, gewährleistet werden (*VDMA 1999*). Zum Verschlüsseln einer Nachricht verwendet der Sender den öffentlichen Schlüssel des Empfängers. Nur diesem ist es mittels seines privaten Schlüssels möglich, die erhaltene Nachricht zu entschlüsseln.

¹⁰ Dies bedeutet, daß ein Rechner die Überwachung der Kommunikation durch eine Firewall nicht bemerkt. Er scheint direkt mit dem Internet verbunden zu sein.

Der große Vorteil asymmetrischer Verschlüsselungsverfahren liegt darin, daß keine geheimen Schlüssel im Vorfeld der Kommunikation ausgetauscht werden müssen. Allerdings sind asymmetrische Verfahren mit einem relativ hohen Rechenaufwand verbunden. Außerdem steigt das zu übertragende Datenvolumen und damit die Übertragungsdauer deutlich an (*Mo-Tech 1999*). Deshalb wird für die internetbasierte Kommunikation meist eine Kombination aus symmetrischen und asymmetrischen Verfahren verwendet. Die asymmetrische Verschlüsselung dient hier lediglich dazu, einen zufällig erzeugten Sitzungsschlüssel zwischen Sender und Empfänger sicher zu übertragen. Dieser wird dann zur symmetrischen Verschlüsselung der weiteren Kommunikation eingesetzt (*Luckhardt 1996*).

Zur Sicherung der Datenübertragung im Internet ist eine große Anzahl unterschiedlicher Krypto-Protokollen¹¹ entwickelt worden. Für die verschlüsselte Übertragung von WWW-Dokumenten hat sich mittlerweile das *SSL-Protokoll* durchgesetzt (*Schmeh 1998*).

2.1.6 Rechtlicher Rahmen elektronischer Geschäftsvorgänge

Ergebnis der Konfiguration einer virtuellen Wertschöpfungskette ist eine Gruppe von Unternehmen, die gemeinsam ein unternehmensübergreifendes Projekt durchführen. Die Unternehmen sind untereinander durch vertragliche Beziehungen verbunden. Wird die Konfiguration und damit die Gestaltung der Beziehungen zwischen den beteiligten Unternehmen durch elektronische Medien unterstützt, so muß auch hier Rechtssicherheit gewährleistet werden.

Ein Vertrag zwischen zwei Parteien kommt durch zwei übereinstimmende Willenserklärungen zustande: Ein Angebot und dessen Annahme. Für Geschäftsvorgänge, die auf elektronischem Weg durchgeführt werden, gelten prinzipiell dieselben Regelungen wie für konventionell abgewickelte Transaktionen. Bei elektronisch geschlossenen Verträgen sind allerdings zusätzliche Aspekte zu beachten, um eine rechtssichere und reibungslose Abwicklung zu gewährleisten. Diese Aspekte wurden in Deutschland mit dem *Gesetz zur Regelung der Rahmenbedingungen für Informations- und Kommunikationsdienste (IuKDG)* seit dem 1. August 1997 auf eine rechtsverbindliche Basis gestellt (*IuKDG 1999*).

¹¹ Beispiele für Krypto-Protokolle: PEM, PGP und S/MIME zur Verschlüsselung von E-Mails; S-HTTP und SSL zur verschlüsselten Übertragung von WWW-Dokumenten; SET zur sicheren Übertragung von Kreditkartendaten und Informationen für elektronische Zahlungsvorgänge (*Schmeh 1998*).

Der wichtigste Teil des IuKDG regelt den Einsatz *digitaler Signaturen* zur Gewährleistung der Transaktionssicherheit bei elektronisch durchgeführten Geschäftsvorgängen (*IuKDG 1999, Art. 3*). Mit einer digitalen Signatur kann die Identität, Authenzität und Integrität einer elektronischen Willenserklärung zweifelsfrei festgestellt werden. Damit ermöglicht das IuKDG den Umstieg von Papierdokumenten zu elektronischen Dokumenten bei nicht nur vergleichbarer sondern sogar höherer Sicherheit. Die Voraussetzungen für den umfassenden Einsatz des Internets als Basis der Abwicklung von Geschäftsvorgängen ist damit geschaffen (*VDMA 1999*).

2.1.7 Fazit

Die unternehmensübergreifende IuK-Technologie hat mittlerweile einen beträchtlichen Reifegrad erreicht. Vor allem der rasante Ausbau des Internets hat in vielen Wirtschaftszweigen neue Gestaltungsmöglichkeiten für Geschäftsbeziehungen eröffnet. Insbesondere der Business-to-Business-Bereich wird in Zukunft merklich an Bedeutung zunehmen. Die Voraussetzungen, wie eine sichere Datenübertragung bzw. rechtsverbindliche Regularien für Online-Geschäfte, sind vorhanden. Damit kann die unternehmensübergreifende IuK-Technologie die Basis für die Leistungserstellung in Unternehmenskooperationen werden.

2.2 Kooperationen produzierender Unternehmen

Virtuelle Wertschöpfungsketten sind ein Aspekt der Projektabwicklung in Virtuellen Fabriken. Eine Virtuelle Fabrik ist ein spezieller Typ von unternehmensübergreifenden Kooperationsbeziehungen produzierender Unternehmen. Zur Einordnung wird deshalb zunächst eine Klärung des Begriffs *Kooperation* vorgenommen. Im Anschluß daran werden klassische Formen von unternehmensübergreifenden Kooperationen vorgestellt. Dann werden verschiedene Arten von Unternehmensnetzwerken als Basis für die Bildung virtueller Wertschöpfungsketten beschrieben. Schließlich wird auf virtuelle Unternehmen bzw. Fabriken als innovative Möglichkeit zur Organisation der unternehmensübergreifenden Wertschöpfung eingegangen.

2.2.1 Klassische Kooperationsformen

2.2.1.1 Begriffsklärung

Oberstes Unternehmensziel ist die Erhaltung und erfolgreiche Weiterentwicklung des Unternehmens. Nach dem *Rationalprinzip* soll dieses Ziel mit einem möglichst geringen Einsatz von Ressourcen erreicht werden. Aus ökonomischen Gründen ist es für ein Unternehmen i. d. R. nicht sinnvoll, sämtliche Leistungen, die zur Erfüllung der Unternehmensaufgabe benötigt werden, selbst zu erbringen. Für viele Teilaufgaben wird es nämlich andere, spezialisierte Unternehmen geben, die diese Aufgaben effizienter durchführen können. Folglich müssen sowohl interne als auch externe Aufgabenträger in den Prozeß der Wertschöpfung miteinbezogen werden. Es bilden sich also Beziehungen zwischen Unternehmen, die als Abnehmer bzw. Lieferanten materieller oder immaterieller Leistungen fungieren (*Hirschmann 1998*). Diese Beziehungen werden unter bestimmten Voraussetzungen als Kooperationen bezeichnet.

Unter einer Kooperation versteht man die „*Zusammenarbeit verschiedener (Wirtschafts-) Partner, von denen jeder einen bestimmten Aufgabenbereich übernimmt*“ (*Duden Fremdwörterbuch 1990*). Diese Definition läßt sich auf den Bereich der Unternehmenskooperationen übertragen. Sie beschreibt damit die Zusammenarbeit zweier oder mehrerer Unternehmen zur Erreichung von individuellen oder gemeinsamen Zielen (*Luger 1991*). In der betriebswirtschaftlichen Literatur wird darüber hinaus häufig noch die rechtliche und wirtschaftliche Unabhängigkeit der an der Kooperation beteiligten Institutionen gefordert (vgl. hierzu etwa *Heinen 1991; Dathe 1998; Hirschmann 1998;*).

Die Art der Kooperation zwischen Unternehmen kann über die Art der gegenseitigen Beziehungen bestimmt werden. Nach *Rotering (1993)* lassen sich Kooperationsbeziehungen im Spannungsfeld zwischen *Autonomie* und gegenseitiger *Abhängigkeit* einordnen. Die Betrachtungsweise von *Hirschmann (1998)* klassifiziert Kooperationen auf ähnliche Weise hinsichtlich ihrer Plazierung zwischen den beiden Extrema der rein *marktlchen Transaktion* auf der einen Seite und der *Konzentration* auf der anderen.

Neben der Differenzierung nach dem Grad der Verflechtung bzw. der Autonomie können Kooperationen auch nach den betroffenen Wertschöpfungsstufen der Unternehmen klassifiziert werden:

Unter *horizontaler Kooperation* versteht man die Zusammenarbeit von Unternehmen innerhalb der gleichen Wertschöpfungsstufe. Ein Beispiel hierfür ist die Kooperation von Automobilzulieferern zur gemeinsamen Entwicklung einer Systemkomponente.

Bei *vertikaler Kooperation* arbeiten Unternehmen in aufeinanderfolgenden Wertschöpfungsstufen zusammen. Ziel ist meist die Realisierung von umfassenden Leistungsangeboten, um so marktliche Potentiale zu nutzen. So kann etwa ein Engineering-Unternehmen durch eine Kooperation mit einem Rapid-Prototyping-Dienstleister Vorteile dadurch erzielen, daß es dem Kunden nicht nur Konstruktionstätigkeiten anbietet, sondern gleich noch entsprechende Prototypen liefern kann. *Diagonale Kooperationen* können als Mischformen horizontaler und vertikaler Kooperationen betrachtet werden. Sie entstehen häufig durch Zusammenschlüsse von Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen und Wertschöpfungsstufen. Die Gründe hierfür sind meist finanz- oder machtpolitischer Art (vgl. hierzu etwa Heinen 1991; Picot u. a. 1996).

2.2.1.2 Typologie klassischer Kooperationsformen

Aufbauend auf der in Abschnitt 2.2.1 gelieferten Begriffsdefinition können klassische, für den Bereich der Produktion relevante, unternehmensübergreifende Kooperationsformen systematisiert werden (vgl. Abbildung 10).

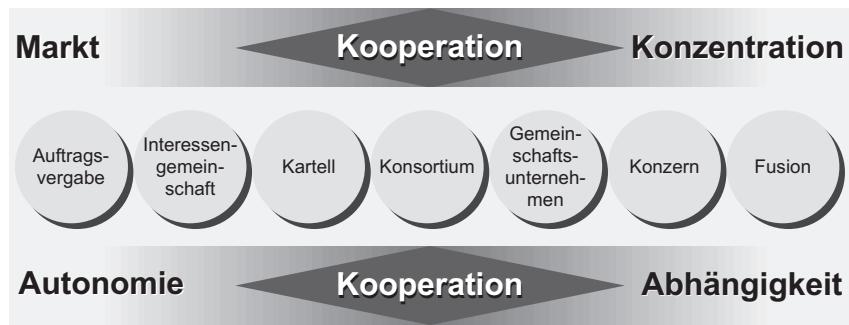


Abbildung 10: *Einordnung von Kooperationsformen im Spannungsfeld zwischen Markt und Konzentration bzw. zwischen Autonomie und Abhängigkeit*

In der Literatur besteht Uneinigkeit darüber, ob rein marktliche Beziehungen auf der einen bzw. Konzentrationen auf der anderen Seite noch zu den Unternehmenskooperationen zu zählen sind (vgl. hierzu etwa Rotering 1993; Dathe 1998; Hirschmann 1998). Im Rahmen dieser Arbeit soll der Kooperationsbegriff im Sinne der in Abschnitt 2.2.1 gegebenen Definition recht weit gefaßt werden, so daß die ganze Bandbreite der in Abbildung 10 dargestellten Beziehungsformen darunter subsumiert werden kann.

Auftragsvergabe

Unter Auftragsvergabe wird das einmalige oder dauernde Verhältnis zweier unabhängiger Unternehmen, das aufgrund marktlicher Mechanismen zustande kommt, durch vertragliche Normen festgelegt und als reine Austauschbeziehung gestaltet ist (Geld gegen Leistung), verstanden. Je nach Gegenstand der Auftragsvergabe (materielle oder immaterielle Güter) und Gestaltung der wechselseitigen Rechte und Pflichten wird die Auftragsvergabe durch Kauf-, Werk-, Werkliefer- oder Dienstvertrag juristisch reglementiert (vgl. hierzu *BGB 1999 §§ 433ff, §§ 611ff, §§ 631ff; HGB 1999 §§ 343ff, §§ 373ff*). Im Gegensatz zu anderen Kooperationsbeziehungen ist die Auftragsvergabe nicht durch eine langfristige Perspektive, die über den Auftrag hinausgeht, gekennzeichnet. Es handelt sich i. d. R. um eine einmalige Delegation einer Aufgabe von einem Auftraggeber an einen Auftragnehmer (*Dathe 1998*).

Interessengemeinschaft

Interessengemeinschaften dienen der Vertretung und Durchsetzung gemeinsamer Interessen einer Gruppe von Unternehmen. Beispiele sind Wirtschaftsverbände einzelner Branchen oder Regionen. Interessengemeinschaften werden häufig demokratisch geleitet, d. h. die Mitglieder wählen die Lenkungsinstanzen (Sprecher, Vorsitzender, Geschäftsführer, usw.) (*Dathe 1998*). Als Rechtsform wird oft die BGB-Gesellschaft gewählt. Interessengemeinschaften haben meist eine langfristige Ausrichtung, sie dienen der dauerhaften Wahrung der Interessen der Mitglieder (*Heinen 1991*).

Kartell

Ein Kartell ist eine horizontale Verbindung von Unternehmen, deren wesentliches Ziel die Beschränkung des Wettbewerbs zwischen den Mitgliedern auf gemeinsamen Märkten zum gegenseitigen Vorteil ist. Kartellartige Zusammenschlüsse kollidieren häufig mit dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkung (vgl. hierzu *GWB §§ 1ff*). In vielen Fällen ist deshalb zu prüfen, ob eine Kooperation in Form eines Kartells zulässig oder zumindest genehmigungspflichtig ist (*Müthlein 1995*).

Konsortium

Mit dem Begriff Konsortium bezeichnet man einen vertraglichen Zusammenschluß rechtlich und wirtschaftlich selbständiger Unternehmen zur gemeinsamen Durchführung größerer Vorhaben mit begrenzter Dauer. Das Konsortium tritt häufig als Gesellschaft des bürgerlichen Rechts auf (*Heinen 1991*). Eine Sonderform des Konsortiums

ist die Arbeitsgemeinschaft (ArGe). Die ArGe ist vor allem in der Bauindustrie und im Anlagenbau bekannt. Die Entgegennahme eines Auftrages erfolgt auf der Grundlage eines Werkvertrags zwischen Auftraggeber und ArGe (*Corsten 1994*).

Gemeinschaftsunternehmen

Ein Gemeinschaftsunternehmen oder *Joint Venture* ist ein rechtlich selbständiges Unternehmen, das von den Kooperationspartnern zur Erfüllung einer klar definierten Aufgabe gegründet wird. Die Trägerunternehmen des Joint Ventures bleiben unabhängig voneinander bestehen. Rechte und Pflichten der Partner orientieren sich meist an der Höhe ihrer jeweiligen Kapitalbeteiligung (*Dathe 1998*). Häufig werden internationale Joint Ventures zur Umgehung restriktiver Zoll- und Handelsbeschränkungen eines Landes gegründet. In letzter Zeit werden Joint Ventures auch verstärkt zur Resourcenbündelung verwendet, um z. B. hochkomplexe Produkte zu entwickeln und zu produzieren (*Schräder 1996*).

Konzern

Unter einem Konzern versteht man die Zusammenfassung mehrerer rechtlich selbständiger Unternehmen unter dem Dach einer gemeinsamen Muttergesellschaft. Meist übernimmt die Konzernleitung die Abstimmung der Geschäftspolitik der einzelnen Konzerngesellschaften. In das operative Geschäft greift sie i. d. R. nicht ein. Rechtlich sind Konzerne unter dem Oberbegriff der *verbundenen Unternehmen* zu subsumieren (*Heinen 1991*).

Fusion

Bei der Fusion werden unabhängige Unternehmen, z. B. durch Übernahme, verschmolzen (*Dathe 1998*). Im Gegensatz zu einem Konzern bleiben die fusionierten Unternehmen rechtlich nicht selbständig, sie werden als Betriebsteile integriert. Ähnlich wie Kartelle unterliegen Fusionen unter bestimmten Voraussetzungen der Anzeige- bzw. Genehmigungspflicht bei der Kartellbehörde (*Heinen 1991*).

2.2.2 Unternehmensnetzwerke

2.2.2.1 Begriffsklärung

Klassische Kooperationsformen (vgl. Abschnitt 2.2.1) werden meist als ein eher reaktiv zu verwendendes Instrument verstanden. Es kommt dann zum Einsatz, wenn die Durchführung bestimmter Aufgaben die unternehmensinternen Möglichkeiten übersteigt. Das strategische Potential, das im proaktiven Gebrauch von Kooperationen liegt, wird vielfach nicht erkannt. Darin ist der Grund zu sehen, daß oftmals zwar Prozesse innerhalb der Unternehmen optimiert, die bei Kooperationsbeziehungen entscheidenden Unternehmensschnittstellen jedoch vernachlässigt werden. Außerdem stellen klassische Kooperationen vielfach die bilaterale Beziehung zwischen zwei Kooperationspartnern in den Vordergrund, multilaterale Beziehungsgeflechte bei Kooperationen mehrere Partner werden ungenügend betrachtet (*Picot u. a. 1996*).

Aufbauend auf dieser Erkenntnis sind verschiedene moderne unternehmensübergreifende Kooperationsformen entwickelt worden, die unter dem Begriff *Unternehmensnetzwerk* zusammengefaßt werden können. Ihnen ist gemeinsam, daß sowohl statische, auf langfristige Stabilität abzielende Gestaltungsprinzipien, als auch dynamische, eine schnelle Aktions- und Reaktionsfähigkeit gewährleistende Elemente berücksichtigt werden. Die wesentliche Weiterentwicklung gegenüber klassischen Kooperationsformen ist darin zu sehen, daß von vornherein die Potentiale einer Kooperation mehrerer Partner berücksichtigt werden und daß die Optimierung von Wertschöpfungsprozessen über die Unternehmensgrenzen hinweg erfolgt (*Klink 1998*).

In Anlehnung an *Friemuth u. v. Wrede (1998, S. 92)* sowie *Sydow (1992, S. 79)* wird der Begriff des Unternehmensnetzwerks folgendermaßen definiert:

Ein Unternehmensnetzwerk ist eine unternehmensübergreifende Organisationsform zur Durchführung wirtschaftlicher Aktivitäten, die sowohl durch kooperative als auch durch kompetitive Austauschbeziehungen zwischen rechtlich selbständigen, wirtschaftlich jedoch abhängigen Unternehmen gekennzeichnet ist.

Die Leistungserstellung in Unternehmensnetzwerken basiert auf folgendem Grundmodell:

Ein bestehendes Beziehungsgeflecht zwischen den am Netzwerk beteiligten Partnern bildet die Grundlage für den Aufbau von unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten. Dieses Beziehungsgeflecht wird im folgenden als *Basisnetzwerk* bezeichnet. Es setzt sich aus denjenigen Unternehmen zusammen, die prinzipiell sowohl die

Bereitschaft als auch die Fähigkeit zur Kooperation aufweisen. Je nach Kooperationsform und Produkt-Markt-Kombination kann das Basismodell unterschiedlich stark ausgeprägt bzw. formalisiert sein. Die Spannbreite reicht von einem informellen Beziehungsnetzwerk über regionale Kooperationsplattformen bis hin zu einer hochgradigen EDV-Integration der einzelnen Unternehmen.

Bei einem konkreten Projekt bildet sich aus dem Basisnetzwerk die *aktive Kooperationsbeziehung*. Diese besteht aus denjenigen Unternehmen, die einen bestimmten Auftrag gemeinsam durchführen. Ist die Auftragsabwicklung beendet, treten die Unternehmen wieder ins Basisnetzwerk zurück, um für neue Aufgaben bereit zu stehen (*Schliffenbacher 1998b*).

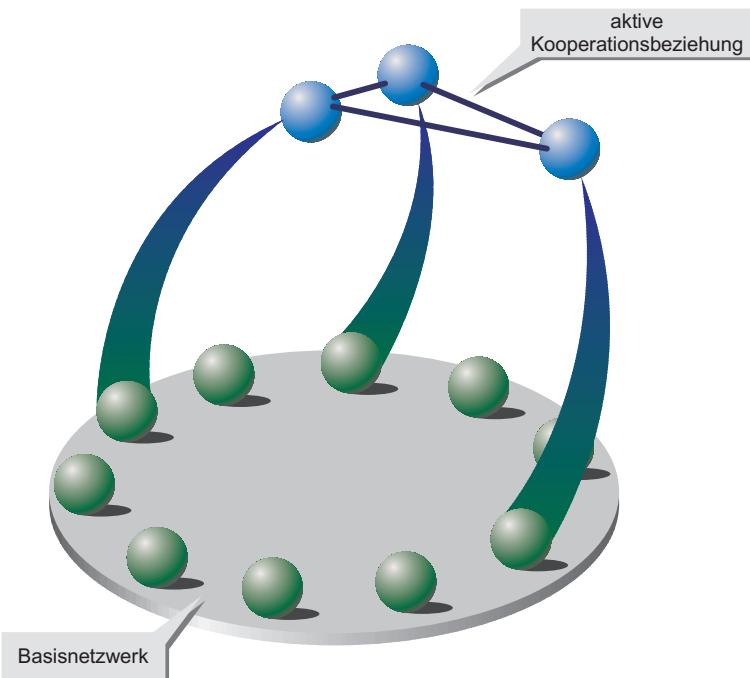


Abbildung 11: Basisstruktur von Produktionsnetzwerken

2.2.2.2 Typologie von Unternehmensnetzwerken

In der Literatur existiert keine einheitliche Beschreibungsmethodik für die unterschiedlichen Netzwerktypen. Die große Anzahl verschiedener, z. T. vermischter Ordnungsprinzipien erschwert die Entwicklung einer geschlossenen Typologie von Unternehmensnetzwerken.

Folgende grundsätzliche Klassifizierungsprinzipien können identifiziert werden:

- *Zielorientiert*: Welche Absichten werden mit dem Netzwerk verfolgt? Bsp.: *Knowledge-Networks*, *zweckorientierte Netzwerkverbünde* (vgl. hierzu etwa Wüthrich u. a. 1997).
- *Phasenorientiert*: Welche Stufen im Wertschöpfungsprozeß werden durch das Netzwerk betroffen? Bsp.: *Beschaffungsnetzwerke*, *Produktionsnetzwerke* (vgl. hierzu etwa Picot u. a. 1996).
- *Strukturorientiert*: Wie sieht die aufbauorganisatorische Struktur des Netzwerks aus? Bsp.: *Baumnetze*, *Busnetze* (vgl. hierzu etwa Klink 1998).
- *Transaktionsorientiert*: Welche Arten von Austauschbeziehungen bestehen zwischen den Netzwerkpartnern? Bsp.: *Strategische Allianzen*, *operative Netzwerke* (vgl. hierzu etwa Westkämper 1998).
- *Formalistisch*: Welche Arten von Regularien kennzeichnen einen Netzwerktyp? Bsp.: *Virtuelle Märkte*, *regionale Plattformen* (vgl. hierzu etwa Schuh u. a. 1998).
- *Stabilitätsorientiert*: Verfügt das Netzwerk über eine eher kurz- oder langfristige Perspektive? Bsp.: *Stabile Netzwerke*, *instabile Netzwerke* (vgl. hierzu etwa Veil u. Hess 1998).
- *Phänomenologisch*: Welche charakteristischen Eigenschaften können einem Netzwerktyp zugeordnet werden? Bsp.: *Interne Netzwerke*, *dynamische Netzwerke* (vgl. hierzu etwa Führer u. a. 1998).

Aus Sicht der Produktionstechnik erscheint der phänomenologische Ansatz zur Klassifikation von Netzwerktypen am geeignetsten, da er eine recht detaillierte Beschreibung von Rahmenbedingungen und konkreten Ausprägungen anhand von leicht faßbaren Merkmalen erlaubt. Die bisherigen Arbeiten sind jedoch ungenügend zur umfassenden Darstellung der für diese Arbeit relevanten Netzwerktypen, da z. T. wesentliche Kriterien oder charakteristische Ausprägungen unberücksichtigt bleiben. Deshalb wird im folgenden eine eigene Typologie moderner Netzwerkorganisationen im Bereich der Produktion entwickelt.

Strategisches Netzwerk

Strategische Netzwerke zeichnen sich durch eine asymmetrische Machtverteilung der beteiligten Partner sowie eine auf Dauer angelegte Bindung der beteiligten Unternehmen aus. Ein a priori feststehendes Fokalunternehmen hält den alleinigen Kontakt zum Absatzmarkt. Das Fokalunternehmen ist Vertragspartner des Abnehmers und diesem gegenüber komplett für die erfolgreiche Durchführung eines Auftrags verantwortlich. Teilleistungen, die das Fokalunternehmen nicht selbst erbringen kann oder will, werden auf Zulieferer verteilt (vgl. Abbildung 12). Die Beziehung zwischen Fokalunternehmen und Zulieferer ist meist durch langfristige vertragliche Regelungen bestimmt. Dieses Kooperationsmodell ist geeignet für eine relativ stabile Umgebung mit wohldefinierten Aufgabenstellungen für die einzelnen Partner (*Veil u. Hess 1998*).

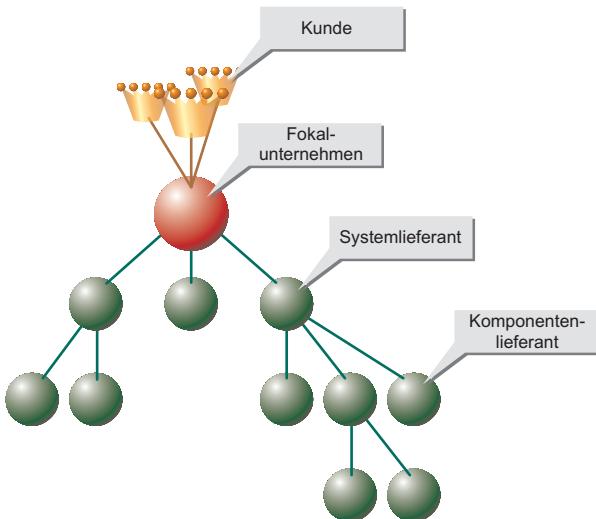


Abbildung 12: Struktur von strategischen Netzwerken

Strategische Netzwerke weisen folgende charakteristische Merkmale auf:

- Keine Trennung zwischen Basisnetzwerk und aktiver Kooperationsbeziehung
- Stabile Zusammensetzung
- Meist lange Projektdauer
- Zentrale Steuerung durch das Fokalunternehmen

- Hohe wirtschaftliche Abhängigkeit der Zulieferer
- Relativ starke Formalisierung von Ablauen
- Geringe Wandlungsfähigkeit des Netzwerks

In der Literatur werden als Beispiele für strategische Netzwerke u. a. die Sportartikelhersteller *Nike* oder *Puma* genannt (vgl. hierzu etwa Wüthrich 1997; Bultje u. van Wijk 1998).

Verbundnetzwerk

Verbundnetzwerke werden auch als *strategische Allianzen* bezeichnet. Sie unterscheiden sich von strategischen Netzwerken durch ihren polyzentrischen Charakter, der sich aus einem Zusammenschluß gleichberechtigter Partner ergibt. Jarillo (1988, S. 31ff) beschreibt Verbundnetzwerke als „.... long-term, purposeful arrangements among distinct but related for-profit organizations that allow those firms in them to gain or sustain competitive advantage vis-a-vis their competitors outside the network.“ Die wesentlichen Charakteristika strategischer Allianzen sind demnach:

- Die langfristige Perspektive der Zusammenarbeit,
- die wirtschaftliche Abhängigkeit der Partner sowie
- die Absicht, Wettbewerbsvorteile zu erzielen.

Bei Verbundnetzwerken schließen sich Unternehmen zur Bearbeitung einer bestimmten, in der Regel längerfristigen, Aufgabenstellung zusammen. Ziel der Kooperation ist die Nutzung von Synergieeffekten (Schindeler 1996). Am Markt tritt das Verbundnetzwerk nicht als Einheit auf, vielmehr vermarktet jeder Partner für sich die Ergebnisse der Kooperation (vgl. Abbildung 13). Oft ist der Auslöser für die Bildung eines Verbundnetzwerks der Umstand, daß jeder einzelne Partner für sich nicht in der Lage gewesen wäre, einen besonders komplexen oder umfangreichen Auftrag erfolgreich abzuwickeln (Schliffenbacher 1998b) .

Verbundnetzwerke weisen durchaus vergleichbare Charakteristika wie strategische Netzwerke auf (stabile Zusammensetzung, meist lange Projektdauer, geringe Wandlungsfähigkeit). Die Hauptunterschiede sind in der symmetrischen Machtverteilung, der damit einhergehenden weitgehend dezentralen Steuerung des Netzwerks sowie der geringeren wirtschaftlichen Abhängigkeit der Partner zu suchen.

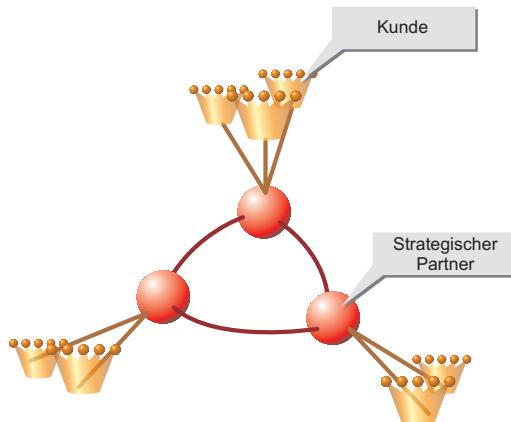


Abbildung 13: Struktur von Verbundnetzwerken

Beispiele für Verbundnetzwerke finden sich u. a. in der Automobilindustrie, wo sich oft mehrere Zulieferer zusammenschließen, um gemeinsam ein komplexes System zu entwickeln und zu produzieren (vgl. hierzu etwa Wüthrich u. a. 1997).

Operatives Netzwerk

Im Gegensatz zur eher externen, markt- bzw. umgebungsbezogenen Ausrichtung strategischer Netzwerke steht bei operativen Netzwerken die organisatorische Optimierung des eigentlichen Leistungserstellungsprozesses im Vordergrund. Operative Netzwerke verfolgen die Absicht, den beteiligten Partnern eine möglichst einfache und effiziente Nutzung der im Netzwerk vorhandenen Ressourcen zu ermöglichen (Friemuth u. v. Wrede 1998). Operative Netzwerke werden häufig auf der Basis von reinen Austauschbeziehungen (Geld gegen Leistung) koordiniert. Die Unternehmen im Netzwerk können auf Ressourcen der Netzwerkpartner zurückgreifen bzw. eigene ungenutzte Kapazitäten anderen Unternehmen zur Verfügung stellen (vgl. Abbildung 14). Das Netzwerk an sich besitzt eine durchaus langfristige Perspektive, die Dauer der operativen Zusammenarbeit ist i. d. R. deutlich kürzer als bei strategischen Netzwerken oder Verbundnetzwerken. Operative Netzwerke werden meist für Aufgabenstellungen im Bereich der Fertigung und Montage genutzt, der kurzfristige Austausch von Ressourcen im Bereich der Entwicklung kommt kaum vor (Dangelmaier 1997).

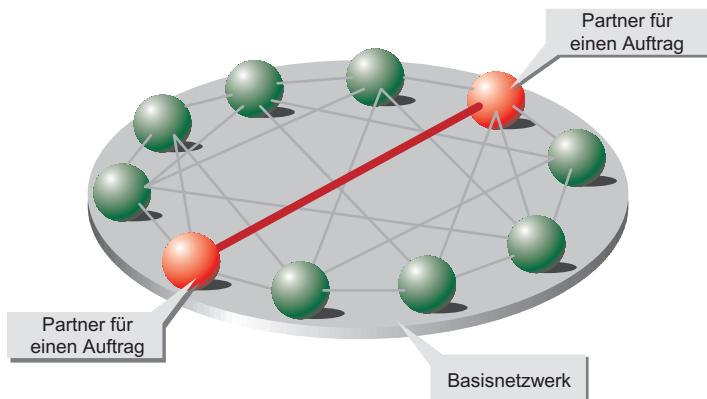


Abbildung 14: Struktur von operativen Netzwerken

Operative Netzwerke weisen folgende charakteristische Merkmale auf:

- Langfristige Ausrichtung des Netzwerks
- Kurze, projekthafte Zusammenarbeit
- Symmetrische Machtverteilung
- Dezentrale Steuerung
- Häufig regionale Nähe der Partner
- Koordination über marktliche Mechanismen

Operative Netzwerke im Bereich der produzierenden Industrie werden bspw. im Projekt *NetProM*¹² der Universität Hannover untersucht. Ziel ist die Optimierung der logistischen Leistungsfähigkeit sowie der Kapazitätsauslastung der Netzpartner (*Wiendahl u. a. 1998a*).

In der Literatur werden neben dem Ausdruck operatives Netzwerk auch die Begriffe *Kapazitätsbörse*, *regionales Netzwerk* oder *Produktionsnetzwerk* verwendet (vgl. hierzu etwa *Dangelmaier 1997; Friemuth u. v. Wrede 1998; Westkämper 1998*). Obwohl diese Termini nicht völlig synonym gebraucht werden, kann eine relativ große Übereinstimmung der beschriebenen Merkmale dieser Netzwerktypen festgestellt werden. Insofern erscheint die hier vorgenommene Subsumierung unter dem Begriff des operativen Netzwerks zulässig und sinnvoll.

¹² *NetProM* = Netzwerkfähiges Produktions-Management (*Wiendahl u. a. 1998a*)

2.2.3 Virtuelle Unternehmen

Virtuelle Unternehmen stellen eine Weiterentwicklung der beschriebenen Formen von Unternehmensnetzwerken dar. Obwohl einige Autoren virtuelle Unternehmen als eine mögliche Form von Unternehmensnetzwerken einordnen (*vgl. hierzu etwa Dangelmaier 1997; Westkämper 1998*), können doch eine Reihe signifikanter Differenzierungsmerkmale festgestellt werden. Aus diesem Grund wird die Idee des virtuellen Unternehmens im folgenden in einem eigenen Abschnitt dargestellt.

2.2.3.1 Begriffsklärung

Der Ausdruck „*virtuell*“ stammt vom lateinischen Wort „*virtus*“¹³ ab. Im heutigen Sprachgebrauch kennzeichnet das Adjektiv „*virtuell*“ Gegenstände, die nur „*der Kraft oder der Möglichkeit nach vorhanden*“ sind (*Duden Fremdwörterbuch 1990*). Virtuelle Objekte besitzen demzufolge keine physische Repräsentation, sondern existieren nur in der Gedankenwelt des Betrachters als ein Produkt seiner Vorstellungskraft. Aus ethymologischer Sicht bezeichnet also der Begriff *Virtuelles Unternehmen* ein Unternehmen, dem zumindest einige physische Strukturmerkmale realer Unternehmen fehlen, das aber aus einer externen Betrachtungsweise dennoch wie ein ganz reales Unternehmen funktioniert (*Scholz 1996*).

Die Idee des virtuellen Unternehmens wurde zuerst in den achtziger Jahren in der US-amerikanischen wirtschaftswissenschaftlichen Literatur entwickelt (*Miles u. Snow 1984; Moshowitz 1986*). Breite Aufmerksamkeit fand sie jedoch erst mit der Weiterentwicklung durch *Davidow u. Malone (1992)*, welche bereits einige wesentliche Grundzüge des heutigen Verständnisses vom virtuellen Unternehmen prägten. Sie beschreiben erstmals eine neue Form unternehmerischer Zusammenarbeit, die Elemente klassischer Kooperationsformen und netzwerkartiger Partnerschaften mit Aspekten moderner IuK-Technik verbindet, um auf diese Weise vollständig kundenindividuelle Produkte herstellen zu können.

Virtuelle Unternehmen werden mittlerweile in der wissenschaftlichen Literatur unter ganz unterschiedlichen Aspekten betrachtet. Um eine Eingrenzung des Betrachtungsfelds zu ermöglichen, gibt Abbildung 15 einen Überblick über relevante Sichtweisen des Begriffs des virtuellen Unternehmens.

¹³ Deutsch: Tüchtigkeit, Tapferkeit, Tugend, Kraft, Stärke, Wert

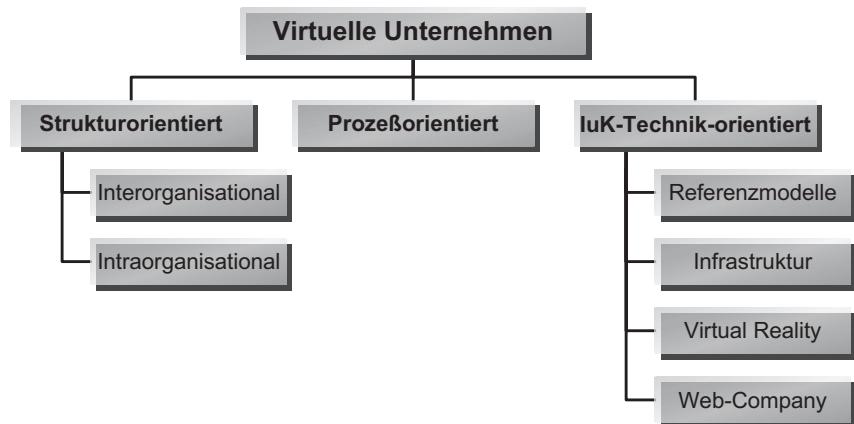


Abbildung 15: Sichtweisen des Begriffs des virtuellen Unternehmens

- Die *strukturorientiert-interorganisationale* Sichtweise interpretiert das virtuelle Unternehmen als Ergebnis einer Kooperation mehrerer eigenständiger Unternehmen (synthetischer Ansatz) (vgl. hierzu etwa Byrne u. a. 1993; Millarg 1998; Eversheim u. a. 1999).
- Die *strukturorientiert-intraorganisationale* Sichtweise stellt ein virtuelles Unternehmen als das Ergebnis einer Zergliederung einer Organisation in einzelne Subsysteme dar, die jedoch durch einen gemeinsamen Rahmen zusammengehalten werden (analytischer Ansatz) (vgl. hierzu etwa Miles u. Snow 1986; Bultje u. van Wijk 1998).
- Die *prozeßorientierte* Sichtweise stellt Vorgänge zum Aufbau virtueller Unternehmen und zur verteilten Auftragsdurchführung in den Mittelpunkt (vgl. hierzu etwa Mertens 1995; Reinhart u. a. 1996a).
- Die *IuK-Technik-orientierte* Sichtweise mit dem Schwerpunkt auf *Modellbildung* liefert Beschreibungssystematiken und Referenzmodelle zur Entwicklung von Softwarehilfsmitteln für virtuelle Unternehmen (vgl. hierzu etwa Schmid u. Lindemann 1998).
- Die *IuK-Technik-orientierte* Sichtweise mit dem Schwerpunkt auf *Infrastruktur* legt den Fokus auf informationstechnische Grundlagen und Basiswerkzeuge zum Betrieb virtueller Unternehmen (vgl. hierzu etwa Camarinha-Matos u. Afsarmanesh 1999; NIIP 1999; Genet 1999).

- Eine Sonderstellung nimmt das Verständnis des virtuellen Unternehmens im Sinne von *Virtual Reality* ein. Im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Sichtweisen geht es hierbei nicht um die Gestaltung der Zusammenarbeit von Organisationseinheiten, sondern um die graphische Repräsentation von Produktionseinrichtungen mittels EDV-Anlagen (vgl. hierzu etwa *Alsdorf u. Bannwart 1998*).
- Schließlich betrachten einige Autoren Unternehmen, deren Vertriebswege ausschließlich internetbasiert sind (sog. *Web-Companies*), als virtuelle Unternehmen. Auch diese Sichtweise betrifft nicht die kooperative Zusammenarbeit verteilter Organisationseinheiten (vgl. hierzu etwa *Bultje u. van Wijk 1998*).

Die beschriebenen Sichtweisen des virtuellen Unternehmens können nicht scharf voneinander abgegrenzt werden, sie überschneiden sich z. T. erheblich. Im Kontext dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Untersuchung interorganisationaler virtueller Unternehmen. Hierfür werden strukturelle und prozessuale Aspekte ebenso diskutiert wie Fragestellungen im Bereich der IuK-Technik.

In der einschlägigen Literatur wurden für den Begriff *Virtuelles Unternehmen* – im Sinne der hier relevanten interorganisationalen Kooperation – verschiedene Definitionen entwickelt, von denen lediglich einige ausgewählte wiedergegeben werden sollen:

Für *Nagel u. Dove (1991)* bedeutet das Konzept des virtuellen Unternehmens „... using technology to execute a wide array of temporary alliances with others in order to grasp specific market opportunities.“ Nagel u. Dove sprechen der IuK-Technik einen besonderen Stellenwert zu. Sie ermöglicht es, die Vision einer aufgabengebundenen Allianz zwischen Kunden, Lieferanten ja sogar Konkurrenten zu verwirklichen, um so für alle Beteiligten ein optimales Ergebnis zu erzielen.

Eine detailliertere Definition, die zudem in der wissenschaftlichen Literatur am häufigsten referenziert wird, liefern *Byrne u. a. (1993, S. 36ff)*. Danach ist ein virtuelles Unternehmen „... a temporary network of companies that come together quickly to exploit fast-changing opportunities. In a Virtual Corporation, companies can share costs, skills and access to global markets, with each partner contributing what it's best at.“ Darin sind bereits einige der wesentlichen Merkmale enthalten, die heute virtuellen Unternehmen zugerechnet werden:

- Der kurzfristige und kurzzeitige Charakter der Zusammenarbeit,
- die Absicht, temporäre Marktchancen zu nutzen, sowie
- die Zusammensetzung des virtuellen Unternehmens aus den jeweils am besten geeigneten Fähigkeiten der Partner.

Die Definition von *Byrne u. a. (1993)* lieferte die Grundlage für eine große Anzahl weiterer Definitionsversuche, welche an der grundlegenden Ausrichtung i. d. R. festhalten und lediglich zusätzliche Aspekte hinzufügten. So stellen etwa *Weber u. Walsh (1994)* den Verzicht auf Führungsinstanzen und damit die fehlende Institutionalisierung virtueller Unternehmen in den Vordergrund. *Mertens (1995)* geht zusätzlich noch auf den umfassenden Einsatz von unternehmensübergreifender IuK-Technik sowie auf die Individualisierung von Produkten und Leistungen ein. *Butje u. van Wijk (1998)* unterstreichen die Möglichkeit der geographischen Verteilung der Partner sowie das gemeinsame Geschäftsverständnis im virtuellen Unternehmen.

In Anlehnung an *Führer u. Ashkanasy (1998)* soll im Rahmen dieser Arbeit folgende Definition für virtuelle Unternehmen gelten:

Ein virtuelles Unternehmen ist eine temporäre Netzwerkorganisation, die sich aus unabhängigen Unternehmen, Institutionen oder spezialisierten Einzelpersonen zusammensetzt. Es bildet sich spontan, um eine mögliche Marktchance zu nutzen. Die Partner bringen ihre Kernkompetenzen ins Netzwerk ein, um so das bestmögliche Ergebnis zu erreichen. Das virtuelle Unternehmen nutzt moderne IuK-Technik in allen Phasen der Leistungserstellung. Gegenüber Außenstehenden erscheint es als eine einzige organisatorische Einheit¹⁴. Eine virtuelle Fabrik ist ein virtuelles Unternehmen, dessen Geschäftszweck die Erstellung materieller Güter ist.

Die wesentlichen Differenzierungsmerkmale gegenüber den in Abschnitt 2.2.2 beschriebenen Unternehmensnetzwerken sind damit (vgl. hierzu auch *Butje u. van Wilk 1999; Konradt 1999*):

- Die Fokussierung der Partner auf ihre Kernkompetenzen,
- die unternehmensübergreifende Optimierung der Wertschöpfungskette,
- der umfassende Einsatz moderner IuK-Technologien,
- das einheitliche Auftreten des virtuellen Unternehmens nach außen,
- die Betonung von Vertrauen als Koordinationsmittel sowie
- die explizite Orientierung an den Kundenwünschen in Verbindung mit einer hochgradigen Produktindividualisierung.

¹⁴ Im Original heißt es: „A Virtual Organization (VO) is a temporary network organization, consisting of independent enterprises, institutions, or specialized individuals that come together spontaneously to exploit an apparent market opportunity. The enterprises bring their core competencies into the network to create a value-added partnership [...], facilitated by Information and Communication Technology [...]. As such, VO act in all appearances as a single organizational unit.“ (Führer u. Ashkanasy 1998, S. 6)

2.2.3.2 Typologie virtueller Unternehmen

Ebenso wie für Unternehmensnetzwerke existiert auch für virtuelle Unternehmen keine einheitliche Beschreibungsmethodik für die unterschiedlichen Formen. Beispiele zur Systematisierung virtueller Unternehmen finden sich etwa bei *Miles u. Snow (1986)*, *Reinhart u. a. (1996a)*, *Millarg (1998)*, *Bultje u. van Wijk (1998)*. Aus denselben Gründen wie in Abschnitt 2.2.2 wird auch hier eine eigene Typologie entwickelt, die virtuelle Unternehmen phänomenologisch mittels kennzeichnender Kriterien klassifiziert.

Stabiles, hierarchisches virtuelles Unternehmen

Stabile, hierarchische virtuelle Unternehmen sind im wesentlichen vergleichbar mit strategischen Netzwerken. Generelle strukturelle Differenzierungsmerkmale sind nicht zu identifizieren. Die Hauptunterschiede liegen im umfassenden Einsatz von IuK-Technik zur Planung und Steuerung der Leistungserstellung, in der Definition der Leistungen im Verlauf der Zusammenarbeit und in der gegenseitigen Integration von Prozessen bis auf Mitarbeiterebene (*Scholz 1996; Konradt 1999*).

Ein Beispiel eines stabilen, hierarchischen virtuellen Unternehmens liefert das Projekt *CSCCM (Computer Supported Cooperative Construction Management)* der Universität Bremen, in dem mehrere Unternehmen aus der Baubranche sowie drei Softwaredienstleister zusammengeschlossen sind (*Krömker u. a. 1998*).

Virtuelles Unternehmen auf der Basis eines dynamischen, hierarchischen Netzwerks

Virtuelle Unternehmen, die auf der Basis eines dynamischen, hierarchischen Netzwerks entstehen, unterscheiden sich von stabilen, hierarchischen virtuellen Unternehmen im wesentlichen dadurch, daß die Kooperationsbeziehungen zwischen Fokalunternehmen und Kooperationspartner nicht fest vorgegeben sind. Abhängig vom durchzuführenden Auftrag wählt das Fokalunternehmen aus einem Pool potentieller Partner diejenigen aus, die aus seiner Sicht am besten zur Durchführung dieses Auftrags geeignet sind.

Derartige virtuelle Unternehmen bilden sich verstärkt im Dienstleistungssektor. Ein Beispiel hierfür ist die Firma *NEWPLAN*, die aus einem Pool von ca. 150 potentiellen Partnern mit insgesamt über 3000 Mitarbeitern virtuelle Teams zur Durchführung verschiedenster Projekte im EDV-Sektor zusammenstellt (*Newplan 1999*).

Virtuelles Unternehmen auf der Basis eines Brokernetzwerks

Bei virtuellen Unternehmen, die auf der Basis eines Brokernetzwerks entstehen, vertritt ein sog. *Kooperationsbroker* oder -*makler* einen Verbund mehrerer Unternehmen nach außen. Der Broker vermarktet die Leistungen des gesamten Verbunds, stellt den Kontakt zum Kunden her und wählt die für einen bestimmten Auftrag in Frage kommenden Unternehmen aus (*Reinhart u. a. 1996*). Die Verantwortung für die Abwicklung des Auftrags geht dann an eines der ausführenden Unternehmen, z. B. an jenes mit dem höchsten Wertschöpfungsanteil, über. Brokernetzwerke weisen oft einen gewissen Branchenfokus auf und sind darüber hinaus häufig regional orientiert (*Schliffenbacher 1998b*).

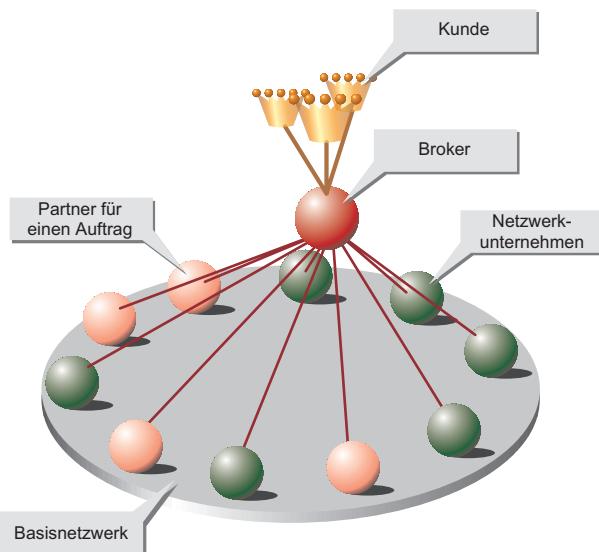


Abbildung 16: Virtuelles Unternehmen mit Kooperationsbroker

Bei virtuellen Unternehmen mit Kooperationsbroker können folgende charakteristische Merkmale identifiziert werden:

- Langfristige Stabilität des Basisnetzwerks
- Starke Abhängigkeit der Unternehmen vom Kooperationsbroker
- Weitgehend zentrale Koordination
- Starke eigene Netzwerkidentität

Typische Beispiele für virtuelle Unternehmen mit Kooperationsbroker sind die *Virtuelle Fabrik Euregio Bodensee* (Schuh u. a. 1998) oder das *Virtuelle Umweltkompetenzzentrum Kiesel* (Scheer u. Kocian 1996).

Virtuelles Unternehmen auf der Basis dynamischer, hierarchieloser Netzwerke

Im Gegensatz zu Brokernetzwerken gibt es in dynamischen, hierarchielosen Netzwerken keine starke Zentralinstanz, die den Aufbau virtueller Unternehmen und die Auftragsabwicklung in ihnen koordiniert. Vielmehr kann jeder Partner im Netzwerk die Leitung eines virtuellen Unternehmens übernehmen. Das Unternehmen, welches einen Auftrag akquiriert hat, konfiguriert das virtuelle Unternehmen, d. h. es wählt die geeigneten Partner für die jeweilige Aufgabenstellung aus. Dynamische, hierarchielose Netzwerke sind durch eine enge informationstechnische Verknüpfung der beteiligten Unternehmen gekennzeichnet, die erst die Koordination der Wertschöpfung ermöglicht, ohne einen Kooperationsbroker einsetzen zu müssen (Schliffenbacher 1998b). Unterstützt werden die Unternehmen durch sog. *Kooperationsassistenten*. Dies sind intelligente Rechnerhilfsmittel, deren Aufgabe es ist, Informationen über die aktuelle Nachfrage- und Angebotssituation im Netzwerk zu sammeln und den Unternehmen zur Verfügung zu stellen. Diese können auf der Grundlage dieser Daten dann geeignete Auftragspartner auswählen (Naber u. a. 1996).

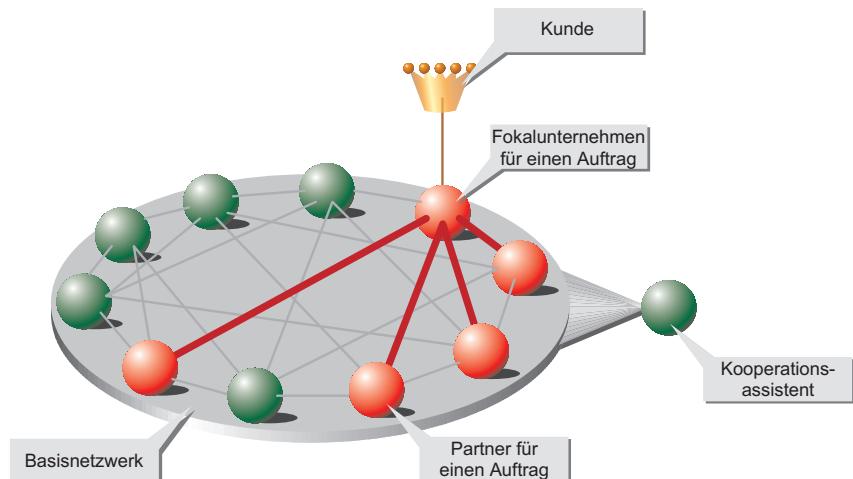


Abbildung 17: Virtuelles Unternehmen auf der Basis dynamischer, hierarchieloser Netzwerke

Virtuelle Unternehmen, die auf der Basis dynamischer, hierarchieloser Netzwerke entstehen, zeichnen sich durch die folgenden Charakteristika aus:

- Kurze Projektdauer
- Symmetrische Machtverteilung
- Dezentrale Koordination
- Schwache eigene Netzwerkidentität
- Hohe Wandlungs- und Anpassungsfähigkeit
- Umfassender Einsatz von IuK-Technik
- Unterstützung durch Kooperationsassistenten

Ein typisches Beispiel für ein dynamisches, hierarchieloses Netzwerk zur Bildung virtueller Unternehmen ist der *Virtuelle Markt* des *ivb Anwendenzentrum Augsburg* (*Reinhart u. Schliffenbacher 1997*).

2.2.4 Fazit

Kooperationen sind ein wohlbekanntes Gestaltungsmittel der unternehmerischen Leistungserstellung. Eine Reihe klassischer Kooperationsformen werden seit langem verwendet und sind rechtlich meist exakt reglementiert.

Die Veränderung des unternehmerischen Umfelds hat in Verbindung mit der Weiterentwicklung der IuK-Technologien dazu geführt, daß in den letzten Jahren neue Formen netzartiger Partnerschaften, sog. Unternehmensnetzwerke, entstanden sind, in denen sowohl stabilisierende Gestaltungsprinzipien, als auch dynamische Elemente berücksichtigt werden. Auf diese Weise soll insbesondere durch eine Steigerung der Wandlungsfähigkeit und der Effizienz der überbetrieblichen Leistungserstellung die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen verbessert werden. Die konsequente Weiterentwicklung von Unternehmensnetzwerken führte schließlich zu den virtuellen Unternehmen bzw. Fabriken. Sie bilden sich spontan aus spezialisierten Einheiten zur Nutzung einer Marktchance, zeichnen sich durch eine schlanke Organisation aus und sind vollkommen am Kundenwunsch ausgerichtet. In allen Phasen der Leistungserstellung werden zur Koordination leistungsfähige IuK-Technologien eingesetzt.

Die meisten der vorhandenen Organisationsmodelle für Unternehmensnetzwerke bzw. virtuelle Unternehmen lassen jedoch die Potentiale, welche die Idee der vernetzten Produktion in dynamischen Kooperationsbeziehungen birgt, wenigsten z. T. ungenutzt.

Insbesondere gelingt es häufig nicht, dem Anspruch an die Wandlungsfähigkeit der Netzwerkstrukturen auch tatsächlich gerecht zu werden. Vielfach eignen sich die vorhandenen Konzepte nur für relativ statische Kooperationsbeziehungen. Dies gilt insbesondere für strategische Netzwerke und Verbundnetzwerke sowie für stabile, hierarchische virtuelle Unternehmen. Außerdem werden oft zentrale Anordnungsbeziehungen innerhalb des Netzwerks installiert. Vor allem hierarchische virtuelle Unternehmen sowie Brokernetzwerke zeigen Schwächen bei der Gewährleistung der unternehmerischen Eigenständigkeit der Netzwerkpartner und bei der Nutzung des netzinternen Wettbewerbs als Anreiz zur Weiterentwicklung und Verbesserung. Das Fokalunternehmen bzw. der Kooperationsbroker wählt nämlich jeweils diejenigen Unternehmen, die ein bestimmtes Projekt durchführen, nach eigenen, u. U. intransparenten Kriterien aus. Schließlich ist festzustellen, daß die Schnittstellen der Netzwerkkonzepte gegenüber den Kunden häufig ungenügend ausgeprägt sind. Dies gilt in erster Linie für Verbundnetzwerke, operative Netzwerke und dynamische, hierarchielose virtuelle Unternehmen. Hier kann weder ein klares Leistungsprofil des Netzwerks bzw. virtuellen Unternehmens dargestellt werden, noch sind Möglichkeiten vorgesehen, wie ein Kunde schnell und effizient auf das Leistungsangebot der Netzwerkpartner zugreifen kann.

2.3 Methoden zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten

Wesentliche Voraussetzung für die vernetzte Produktion in dynamischen Kooperationsbeziehungen ist der schnelle Aufbau einer optimal auf einen Kundenwunsch zugeschnittenen virtuellen Fabrik bzw. die optimale Konfiguration einer virtuellen Wertschöpfungskette für einen bestimmten Auftrag. Hierzu sind folgende Teilaufgaben durchzuführen:

- Die unternehmensübergreifende Projektstrukturplanung zur Festlegung ablauflogischer Abhängigkeiten einzelner Teilaufgaben,
- die unternehmensübergreifende Terminplanung zur Definition von Eckterminen und Meilensteinen für die Durchführung der Teilaufgaben sowie
- die unternehmensübergreifende Ressourcenallokation zur Bestimmung der ausführenden Einheiten für die Teilaufgaben.

Zur dynamischen Konfiguration von unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten existieren verschiedene Verfahren, die im folgenden vorgestellt werden.

2.3.1 Qualitätsorientierte Lieferantenauswahl und -bewertung

Die Konfiguration der Wertschöpfungskette mit Methoden der qualitätsorientierten Lieferantenauswahl und -bewertung erfolgt auf der Basis einer geeigneten Modularisierung der zu erstellenden Produkte und Leistungen. Beim erstmaligen Aufbau der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette liegt der Fokus auf der Identifikation potentieller Lieferanten für die einzelnen Komponenten. Folgende Verfahren kommen dabei zum Einsatz (*Pfeifer 1993*):

- Checklisten mit den für die Leistungserbringung relevanten Kriterien,
- die Punktebewertung mittels gewichteter Kriterien und
- die Geldwertmethode als Kombination wertanalytischer Methoden.

Ist das Netzwerk und damit die Wertschöpfungskette konfiguriert, so kann die Überprüfung der Effizienz und Eignung der Konfiguration durch eine kontinuierliche Bewertung der eingebundenen Kooperationspartner erfolgen. Ziel ist die Beurteilung der Produktqualität, der logistischen Qualität sowie der geeigneten Arbeitsweise, Systematik, Einrichtungen und Mitarbeiterqualifikation der Partner. Dazu werden Verfahren der

- direkten Lieferantenbeurteilung mittels qualitativer Kennzahlen und der
- indirekten Lieferantenbeurteilung durch Qualitätsaudits¹⁵

verwendet (*Reinhart u. a. 1996b*).

Die Methoden der qualitätsorientierten Lieferantenauswahl und -bewertung sind prinzipiell geeignet zur unternehmensübergreifenden Vorevaluation von Ressourcen. Wegen der meist langen Dauer der Bewertung und des hohen Initialaufwands können sie allerdings in der bisher angewandten Form nur bei einer eher langfristigen Zusammenarbeit mit wiederkehrenden oder zumindest ähnlichen Aufgabenstellungen für die jeweiligen Kooperationspartner wirtschaftlich angewandt werden. Diese Vorgehensweise bietet sich somit in erster Linie bei statischen Netzwerken und stabilen, hierarchischen virtuellen Unternehmen an. Hier ist die Konfiguration der Wertschöpfungskette im wesentlichen identisch mit dem Aufbau des Netzwerks selbst. Hauptaufgabe ist deshalb die Identifikation geeigneter, dauerhaft feststehender Wertschöpfungspartner.

¹⁵ Unter einem Qualitätsaudit versteht man eine „*systematische und unabhängige Untersuchung, um festzustellen, ob die qualitätsbezogenen Tätigkeiten und damit zusammenhängende Ergebnisse den geplanten Anforderungen entsprechen ...*“ (DIN EN ISO 8402 1992).

Die Möglichkeit, durch eine langfristige, kontinuierliche Optimierung der Zusammenarbeit Effizienzvorteile zu erzielen, ist bei der qualitätsorientierten Lieferantenauswahl und -bewertung positiv zu beurteilen.

Nachteilig ist die mangelnde Flexibilität bei wechselnden Aufgaben oder kurzfristigen Kooperationen. Die Fokussierung auf Qualitätskriterien führt außerdem dazu, daß lediglich die bilateralen Beziehungen zwischen Fokalunternehmen und Lieferant berücksichtigt werden. Eine ganzheitliche Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette wird durch die bekannten Methoden nicht unterstützt.

2.3.2 Modell-Wertschöpfungsketten

Grenier u. Metes (1995) beschreiben den Einsatz von Modell-Wertschöpfungsketten zum Aufbau für diejenigen Formen virtueller Unternehmen, die auf der Basis von Netzwerken entstehen. Dabei werden mögliche Produkte bzw. Aufträge, die für das Netzwerk geeignet erscheinen, antizipiert. Im Sinne einer vorausschauenden Planung werden die notwendigen Kompetenzen identifiziert, geeignete Partner ausgewählt und die spätere unternehmensübergreifende Durchführung des Auftrags geplant. Evtl. wird bereits eine entsprechend angepaßte IuK-Infrastruktur installiert. Kommt es dann tatsächlich zum Auftrag, kann die vorab konfigurierte Wertschöpfungskette durch kleine Modifikationen schnell an die jeweilige Aufgabenstellung adaptiert werden.

Ein ähnlicher Ansatz wird im Netzwerkverbund *AGENTISME*¹⁶ verfolgt. Verschiedene Szenarien beschreiben Referenz-Prozesse für unternehmensübergreifende Projekte. Die Szenarien werden realen Geschäftsprozessen nachgebildet und basieren auf den spezifischen Anforderungen und Bedürfnissen von KMU (*Agentisme 1999*).

Die Verwendung von Modell-Wertschöpfungsketten weist den Vorzug auf, daß das Netzwerk durch eine signifikante Zeitersparnis u. U. einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil erzielen kann. Außerdem können die Modell-Wertschöpfungsketten bereits im Vorfeld, z. B. mit Methoden der Ablaufsimulation, untersucht werden. Dadurch können evtl. bereits vor dem eigentlichen Projektstart erkannte Schwächen ausgeräumt werden.

Nachteilig ist, daß ein relativ großer Planungsaufwand zu leisten ist, bevor ein konkreter Auftrag im Netzwerk eingelastet werden kann. Damit muß ein verhältnismäßig hohes unternehmerisches Risiko von den beteiligten Unternehmen getragen werden. Die Verteilung dieses Risikos auf die Unternehmen im Netzwerk bzw. auf die potenti-

¹⁶ AGENTISME = Assessment of Gen-Technology – Usability and Integration for SMEs (*Agentisme 1999*)

ellen Wertschöpfungspartner ist weitgehend ungeklärt. Außerdem wird durch die Beschränkung auf vorausgeplante Aufträge die Wandlungsfähigkeit des Netzwerks stark eingeschränkt. Ein spezifischer Vorteil der vernetzten Produktion wird hierdurch verdeckt.

2.3.3 Standardisierte Kompetenzbeschreibungen

Eversheim u. a. (1999) entwickeln eine Methode zur Konfiguration virtueller Unternehmen anhand standardisierter Kompetenzbeschreibungen. Dazu sind in einer zentralen Datenbank Informationen über die Kompetenzen potentieller Kooperationspartner abgelegt. Zur Darstellung der Kompetenzen der Partner einerseits aber auch zur Beschreibung von Prozeßschritten andererseits dienen sog. *Kompetenzbausteine*. Der Konfigurationsprozeß läuft in drei Schritten ab:

1. Zunächst werden durch Auswahl und Detaillierung der entsprechenden Kompetenzbausteine Sollprofile für die Durchführung von Teilaufgaben festgelegt.
2. Dann erfolgt die Identifikation möglicher Partnerunternehmen durch die Überprüfung der Übereinstimmung der Sollprofile mit den gespeicherten Kompetenzbeschreibungen der Partner.
3. Schließlich werden diejenigen Unternehmen als Kooperationspartner selektiert, welche die eine geeignete Kompetenzbeschreibung aufweisen und darüber hinaus noch zusätzliche Rahmenbedingungen wie regionale Nähe, geringes Währungsrisiko, usw. am besten erfüllen.

Unterstützt wird das beschriebene Vorgehen zur Konfiguration anhand standardisierter Kompetenzbeschreibungen durch das Rechnerwerkzeug *VISHOF (Virtual Shopfloor)* (*Eversheim u. a. 1998; Eversheim u. a. 1999*).

Ein prinzipiell vergleichbares Vorgehen zur Auswahl der geeigneten Kooperationspartner schildern *Petermann u. a. (1998)*. Auch hier wird zur Konfiguration der Wertschöpfungskette auf eine Datenbank, die eine Beschreibung der Kompetenzen potentieller Partner enthält, zurückgegriffen. Die Partnerauswahl erfolgt wiederum rechnergestützt.

Hoffmann u. a. (1996) schildern mit dem Konzept einer auf Kompetenzprofilen basierenden *Kooperationsbörse* eine weitere verwandte Möglichkeit zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Ansätzen wird hier jedoch eine Schnittstelle zum externen Kunden vorgesehen. Er erhält die Möglichkeit, über eine WWW-Seite Anfragen an ein Netzwerk von Unternehmen zu

richten. Je nach der Art der nachgefragten Leistungen wird dann die Anfrage nur an diejenigen Unternehmen weitergeleitet, die aufgrund ihrer gespeicherten Kompetenzbeschreibungen in der Lage sind, den Kundenwunsch zu befriedigen.

Der Netzwerkverbund *NEWPLAN* kann als umgesetztes Beispiel für das Konzept einer internetgestützten Kooperationsbörse auf der Basis von Kompetenzprofilen betrachtet werden. Wie oben beschrieben, erfolgt die Auswahl geeigneter Wertschöpfungspartner auf der Grundlage einer Kompetenzdatenbank, in der die spezifischen Fähigkeiten der im Verbund organisierten Unternehmen bzw. Einzelpersonen gespeichert sind (*Newplan 1999*).

Auch in der *Virtuellen Fabrik Euregio Bodensee* erfolgt die Identifikation geeigneter Kooperationspartner auf der Basis standardisierter Kompetenzbeschreibungen. In der statischen Datenbank *TEKABO (Technologiekapazitätenbörse)* sind die beherrschten Technologien der Partner im Netzwerk gespeichert. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Ansätzen ist ein unternehmensübergreifender Zugriff auf die Kompetenzbeschreibungen jedoch nicht möglich. Vielmehr verfügt jeder Partner über eine lokale Kopie der Datenbank (*Schuh 1997*).

Die Konfiguration der Wertschöpfungskette anhand standardisierter Kompetenzbeschreibungen kann bei sämtlichen Formen virtueller Unternehmen, die auf der Basis von Netzwerken entstehen, verwendet werden. Hier sind nämlich sowohl die Voraussetzungen (Spezialisierung der Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen) als auch die Notwendigkeiten (Aufwendiger Auswahlvorgang aus einer großen Menge potentieller Partner) gegeben.

Die besondere Stärke der beschriebenen Methoden ist die standardisierte Darstellung von Sollanforderungen und Partnerkompetenzen. Dies ermöglicht den automatisierten Abgleich von Anforderungen und Lösungen, so daß gute Konfigurationsergebnisse zu erwarten sind. Außerdem können vordefinierte Kompetenzbausteine so aufeinander abgestimmt werden, daß die Wertschöpfungskette als Ganzes optimiert werden kann.

Problematisch ist der hohe Initialaufwand, der zur Definition der einzelnen Kompetenzbausteine erforderlich ist. Dadurch wird die Wandlungsfähigkeit und Anpaßbarkeit dieser Vorgehensweise auf wechselnde Aufgabenstellungen stark eingeschränkt. Darüber hinaus wird durch den Ansatz, zur Konfiguration ausschließlich auf gespeicherte Kompetenzbeschreibungen möglicher Partner zurückzugreifen, das Potential marktlicher Mechanismen vernachlässigt. Die aktuelle Situation potentieller Partner kann nicht berücksichtigt werden. Schließlich ist es für einen erfolgreichen Einsatz der Methode notwendig, die zentralen Kompetenzbeschreibungen der potentiellen Kooperationspartner ständig aktuell zu halten, was zu einem enormen Pflegeaufwand führt.

2.3.4 Kapazitäts- und terminorientierte Ressourcenallokation

Dudenhausen u. Schmidt (1997) stellen ein Verfahren vor, das die kapazitäts- und terminorientierte Konfiguration der Wertschöpfungskette in Produktionsnetzwerken unterstützt. Ziel ist die unternehmensübergreifende Allokation von Ressourcen derart, daß jeweils die verfügbaren Kapazitäten in räumlich verteilten Produktionsstandorten optimal ausgenutzt und gleichzeitig möglichst kurze Auftragsdurchlaufzeiten erzielt werden können. Dudenhausen u. Schmidt schlagen vor, zur zeit- und kapazitätsoptimalen Auswahl von Ressourcen ein Werkzeug auf der Basis neuronaler Netze zu verwenden. Das Werkzeug ermöglicht es, auf der Grundlage von Daten in der Vergangenheit abgewickelter Produktionsaufträge die Durchlaufzeiten aktuell geplanter Aufträge zu prognostizieren.

Vorteilhaft ist, daß das Werkzeug, wenn es ausreichend trainiert ist, zuverlässige Informationen über zu erwartenden Durchlaufzeiten liefern kann. Die Antwortzeiten des Werkzeugs sind verhältnismäßig kurz, so daß potentiellen Kunden die erwarteten Liefertermine unmittelbar mitgeteilt werden können.

Kritisch ist allerdings der enorme Trainingsaufwand, der notwendig ist, um die gewünschte Prognosegenauigkeit zu erzielen. Aus diesem Grund eignet sich das beschriebene Verfahren nicht für wechselnde Aufgabenstellungen, sondern für Netzwerkkonstellationen, bei denen weitgehend vergleichbare Aufträge immer wieder zu bewältigen sind. Außerdem beschränkt sich die vorgestellte Methode lediglich auf die Aspekte Durchlaufzeit und Kapazitätsauslastung. Weitere Kriterien, wie etwa die Qualität der Kooperationsbeziehung, bleiben unberücksichtigt.

Wiendahl u. a. (1999) entwickeln einen Ansatz zur auslastungsorientierten Fremdvergabe von Aufträgen in Produktionsnetzwerken. Auf der Basis einer transparenten Darstellung der Belastungssituation in der eigenen Fertigung und der des potentiellen Partners kann entschieden werden, welche geplanten Aufträge nach außen vergeben werden sollen. Unterstützt wird die Methodik durch das Rechnerwerkzeug *FAST/net*.

Die Möglichkeit, Planungsalternativen zu betrachten, unterstützt den Entscheidungsfindungsprozeß bei der Fremdvergabe. Außerdem liefert die Vorgehensweise aufgrund der hochgradigen Integration der Daten der Produktionspartner verlässliche Planungsergebnisse.

Diese Integration ist jedoch auch als problematisch zu betrachten. Unternehmenskritische Daten, wie die aktuelle Auslastungssituation, müssen anderen zur Verfügung gestellt werden, damit die vorgeschlagenen Methoden angewendet werden können. Dadurch kann es u. U. zu opportunistischem Verhalten kommen. Z. B. könnte etwa ein

Partner eine schlechte Kapazitätsauslastung eines anderen ausnützen, um Preise zu drücken. Genauso wie beim von *Dudenhausen u. Schmidt (1997)* entwickelten Verfahren werden lediglich die Parameter Kapazität und Durchlaufzeit in die Entscheidung über die Fremdvergabe einbezogen, andere wesentliche Einflußgrößen werden auch hier vernachlässigt. Schließlich entsteht ein hoher Initialaufwand, da die unterschiedlichen *ERP-Systeme*¹⁷ der Partner jeweils an das Werkzeug FAST/net gekoppelt werden müssen.

2.3.5 Marktliche Konfiguration

Bei der Konfiguration der Wertschöpfungskette nach marktlichen Mechanismen erfolgt die Partnerauswahl ausschließlich mittels eines klassischen Anfrage-Angebots-Prozesses. Dasjenige Unternehmen, das einen oder mehrere Kooperationspartner zur unternehmensübergreifenden Durchführung eines Projekts sucht, schreibt die fremd zu beziehenden Teilleistungen aus. Potentielle Partner reagieren darauf mit Angeboten, auf deren Basis das ausschreibende Unternehmen die geeigneten Kooperationspartner i. d. R. nach monetären Gesichtspunkten auswählt.

Die Konfiguration der Wertschöpfungskette nach marktlichen Mechanismen kann sowohl zentral (bei statischen und dynamischen, hierarchischen virtuellen Unternehmen sowie bei Brokernetzwerken) als auch dezentral (bei operativen Netzwerken und bei virtuellen Unternehmen, die auf der Basis von dynamischen, hierarchiellen Netzwerken entstehen) erfolgen.

Bei zentraler Konfiguration wird die Rolle des ausschreibenden Unternehmens immer durch eine zentrale Instanz übernommen. Dies kann das Fokalunternehmen des Netzwerks oder der Kooperationsbroker sein. Die Möglichkeit der zentralen Konfiguration wird bspw. im Firmenverbund *AMTEC* praktiziert (*Peterman u. Riedel 1997*).

Die Vorgehensweise bei dezentraler Konfiguration beschreiben *Naber u. a. (1996a)* am Beispiel des dynamischen, hierarchiellen Netzwerks *Virtueller Markt*. Hier kann prinzipiell jedes Unternehmen im Netzwerk in der Rolle des Fokalunternehmens agieren und Wertschöpfungspartner über marktliche Mechanismen einbinden. Die Durchführung der marktlichen Transaktionen wird durch das Softwarewerkzeug *DIVA (Dezentrales internetbasiertes System für Virtuelle Märkte und Auftragskooperationen)* unterstützt (*Mehler 1997*).

¹⁷ ERP = Enterprise Ressource Planning: Sämtliche Aktivitäten zur Produktionsplanung und -steuerung

Die Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten nach marktlichen Mechanismen wird vielfach auch dann eingesetzt, wenn kein Basisnetzwerk der Identifikation geeigneter Partner zugrunde liegt. Diese Möglichkeit wird in diversen, z. T. internetbasierten, einfachen Kooperationsbörsen angewendet. Hier kann der Kunde auf einem elektronischen schwarzen Brett eine anonymisierte Anfrage plazieren, die dann von potentiellen Anbietern eingesehen werden kann. Im Gegensatz zu kompetenzbasierten Kooperationsbörsen (vgl. Abschnitt 2.3.3) erfolgt jedoch bei der Konfiguration der Wertschöpfungskette kaum eine Unterstützung. Sie beschränkt sich lediglich auf eine Vermittlung von Kontakten zwischen Kunden und potentiellen Anbietern. Typische Beispiele für einfache Kooperationsbörsen sind *INFORUM* im Bereich der Metallverarbeitung (*InForum 1999*) oder *soft[net]* im Bereich der Softwareentwicklung (*Softnet 1999*).

Verschiedene neuere Ansätze versuchen, die marktliche Konfiguration durch den Einsatz von elektronischen Agenten weitgehend zu automatisieren. Derartige Agenten übernehmen als intelligente Softwarewerkzeuge Aufgaben des Benutzers. Agenten verfügen dazu über Informationen hinsichtlich der individuellen Ziele des jeweiligen Benutzers und über ihre eigene Umgebung, also z. B. über andere Agenten. Außerdem folgen sie speziellen Verhaltensmustern. So können sie als Repräsentant eines Benutzers aktiv auf elektronischen Marktplätzen agieren und eigenständig geschäftliche Transaktionen, wie Kaufen, Verkaufen, Verhandeln und Bezahlen durchführen. Beispiele für agentenbasierte Marktplätze finden sich etwa in *Westkämper u. a. (1997)*, *Bigus u. Bigus (1998)* und *Stiebold (1998)*.

Die Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten nach marktlichen Mechanismen ist insofern vorteilhaft, da durch den Anfrage-Angebots-Prozeß ein unmittelbarer Wettbewerb zwischen den potentiellen Partnern forciert wird. Dieser kann aus Sicht des Anfragers zu einem besseren Ergebnis der Konfiguration führen.

Nachteilig ist, daß die beschriebenen Verfahren wiederum nur die bilateralen Beziehungen zwischen Nachfrager und Anbieter berücksichtigen. Die Wertschöpfungskette als Ganzes wird jedoch nicht betrachtet. Eine proaktive Nutzung von Erkenntnissen aus früheren Kooperationen erfolgt nicht, so daß auf der Basis marktlicher Mechanismen allein kaum kontinuierliche Verbesserungen zu erwarten sind. Außerdem ist aufgrund der durchzuführenden Anfrage-Angebotsprozesse ein recht hoher Transaktionsaufwand zu bewältigen, so daß die Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten mit marktlichen Mechanismen nur durch die Verwendung geeigneter Werkzeuge wirtschaftlich eingesetzt werden kann.

2.3.6 Fazit

Es existiert eine beträchtliche Anzahl von Methoden zur Gestaltung, Planung und Optimierung von virtuellen Wertschöpfungsketten. Die meisten dieser Methoden sind jedoch auf statische Unternehmenskooperationen, langfristige Hersteller-Zulieferer-Beziehungen oder festgefügte Logistikketten ausgerichtet. Eine Anpassung zum Einsatz in dynamischen Netzwerken ist nur in Grenzen durchführbar. Ein zentraler Schwachpunkt vieler Vorgehensweisen ist, daß lediglich bilaterale Beziehungen zwischen einem Leistungsnachfrager und einem Leistungsanbieter berücksichtigt werden. Die ganzheitliche Betrachtung der gesamten virtuellen Wertschöpfungskette findet häufig nicht statt. Diejenigen Methoden, die diesen Aspekt miteinbeziehen, weisen einen hohen Initialaufwand auf, so daß ein effizienter Einsatz im Rahmen der typischen kurzfristigen Projektabwicklung in virtuellen Fabriken zumindest schwierig ist. Schließlich geht Wissen und Erfahrungen aus früheren Kooperationen nur unzureichend in die Konfiguration der optimalen unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten ein.

2.4 Zusammenfassung, Defizite, Handlungsbedarf

Die unternehmensübergreifende IuK-Infrastruktur wurde in der jüngeren Vergangenheit derart ausgebaut, daß eine wirtschaftliche Umsetzung der koordinationsintensiven unternehmensübergreifenden Produkterstellung möglich ist. Mit dem Internet steht ein leistungsfähiges, flächendeckend zu relativ geringen Kosten verfügbares Informationsmedium zur Verfügung, das gerade KMU neue Chancen eröffnet, von den Potentialen der vernetzten Produktion zu profitieren. Die notwendigen Voraussetzungen für eine umfassende elektronische Unterstützung der Produkterstellung in Netzwerken, wie einheitliche Kommunikationsprotokolle, Standards zum Datenaustausch, sichere Übertragung von Informationen und eine rechtliche Absicherung elektronischer Geschäftsvorgänge sind mittlerweile vorhanden.

Die Art und Weise, wie Kooperationen als Mittel zur Organisation der Wertschöpfung verwendet werden, hat sich in den letzten Jahren grundlegend verändert. Die Weiterentwicklung klassischer Kooperationsformen führte zu Unternehmensnetzwerken und schließlich zu virtuellen Unternehmen bzw. Fabriken. Mittlerweile existiert eine Reihe unterschiedlicher Konzepte zur Gestaltung der Beziehungen der Unternehmen in diesen unternehmensübergreifenden Organisationsstrukturen.

Trotz einer relativ großen Anzahl von Arbeiten auf diesem Themengebiet, bleiben viele Aspekte, die im Betrachtungsfeld dieser Arbeit eine Rolle spielen, derzeit noch unberücksichtigt bzw. ungeklärt. Insbesondere eignen sich die gegenwärtig untersuchten Netzwerkkonzepte meist nur für relativ starre, inflexible Kooperationsstrukturen. Die Bedeutung der Netzdynamik wird zwar erkannt, konkrete Problemlösungen und Umsetzungsperspektiven fehlen jedoch weitgehend. Viele Ansätze gehen dabei von einer zentralistischen Netzwerkstruktur mit hierarchischen Anordnungsbeziehungen aus. Die Potentiale einer dezentralen, eher heterarchischen Netzwerkgestaltung, welche die unternehmerische Eigenständigkeit fördert, werden noch kaum genutzt. Gerade diejenigen Netzwerkkonzepte, die diesen Aspekt zu berücksichtigen versuchen, vernachlässigen jedoch die transparente Darstellung des Kompetenzprofils des gesamten Netzwerks und stellen keine Schnittstelle zur Verfügung, über die externe Kunden auf das Leistungsangebot des Netzwerks zugreifen könnten.

Eine Zusammenfassung der wichtigsten, im Betrachtungsfeld dieser Arbeit relevanten Defizite vorhandener Netzwerkkonzepte ist in Abbildung 18 dargestellt.

		Vorhandene Netzwerkkonzepte						
		Strategisches Netzwerk	Verbundnetzwerk	Operatives Netzwerk	Stabiles, hierarchisches virtuelles Unternehmen	Dynamisches, hierarchisches virtuelles Unternehmen	Virtuelles Unternehmen mit Kooperationsbroker	Dynamisches, hierarchieloses virtuelles Unternehmen
Defizite	Mangelnde Wandlungsfähigkeit	●	●	○	●	○	○	○
	Mangelnde unternehmerische Eigenständigkeit der Netzpartner	●	○	○	●	●	●	○
	Mangelnder netzinterner Wettbewerb	●	●	○	●	○	●	○
	Unzureichendes Kompetenzprofil des Netzwerks	○	●	●	○	●	●	●
	Fehlende Kundenschnittstelle des Netzwerks	○	●	●	○	○	○	●

Abbildung 18: Defizite bekannter Modelle zur vernetzten Produktion

Methoden zur Konfiguration von unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten sind zwar vorhanden, zielen bislang aber meist auf statische Unternehmenskooperationen, langfristige Hersteller-Zulieferer-Beziehungen oder starre Logistikketten. Die Verwendung dieser Methoden in dynamischen Netzwerken ist wirtschaftlich kaum möglich. Der enorme Initial- bzw. Pflegeaufwand schließt einen effizienten Einsatz im Rahmen der typischen kurzfristigen Projektabwicklung in virtuellen Fabriken weitgehend aus. Die Anpaßbarkeit an wechselnde Aufgabenstellungen und unterschiedliche Kooperationsziele ist vielfach nicht gegeben. Vorgehensweisen zum Aufbau unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten im turbulenten Umfeld beschränken sich meist auf die Unterstützung bilateraler Beziehungen. Außerdem wird die Nutzung von Wissen und Erfahrungen aus früheren Kooperationen vernachlässigt.

Abbildung 19 zeigt eine Zusammenstellung der wesentlichen Defizite vorhandener Methoden zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten.

		Methoden zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten				
		Qualitätsorientierte Lieferan- tenauswahl und -bewertung	Modell-Wertschöpfungsketten	Standardisierte Kompetenzbeschreibungen	Kapazitäts- und terminorien- tierte Ressourcenlokation	Marktliche Konfiguration
Defizite	Mangelnde Anpaßbarkeit an wechselnde Aufgabenstellungen	●	●	○	○	○
	Hoher Initial- bzw. Pflegeaufwand	●	●	●	●	○
	Unzureichende Verwendung aktueller Daten	○	●	●	○	○
	Keine ganzheitliche Optimierung der Wertschöpfungskette	●	○	○	●	●
	Unzureichende Wiederverwendung von Wissen und Erfahrung	○	○	●	●	●

Abbildung 19: Defizite vorhandener Methoden zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten

Aus dieser Zusammenfassung des relevanten Stands der Forschung und Technik ergeben sich die Aufgaben, die gelöst werden müssen, um die Voraussetzungen für eine effiziente unternehmensübergreifende Produktion in einer dynamischen Umgebung zu schaffen:

- Es muß ein geeignetes *unternehmensübergreifendes Strukturkonzept* für die vernetzte Produktion definiert werden. Dieses Strukturkonzept muß die notwendige Wandlungsfähigkeit besitzen, um den Anforderungen eines turbulenten Umfelds gerecht zu werden.
- Es müssen leistungsfähige *Methoden und Vorgehensweisen* entwickelt werden, welche die effiziente Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten auf der Basis dieses Strukturkonzepts ermöglichen.
- Es müssen adäquate *Werkzeuge* konzipiert, entwickelt und implementiert werden, welche die Unternehmen bei der Anwendung der Methoden zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten unterstützen.

Eine mögliche Lösung dieser Aufgabenstellungen wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit beschrieben.

3 Anforderungen an das Konzept zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten

In Kapitel 3 werden ausgehend von den in Kapitel 2 identifizierten Defiziten vorhandener Ansätze und dem daraus abgeleiteten Handlungsbedarf die Anforderungen an das Konzept zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten deduziert. Diese Anforderungen bilden das Fundament für die Entwicklung eines Strukturkonzepts, das als Basis für die Konfiguration dient, sowie für die eigentliche Methodik zur Konfiguration. Außerdem stellen sie die Designgrundlage für die Gestaltung eines Rechnerwerkzeugs, das die erarbeitete Methodik unterstützen soll, dar.

3.1 Strukturanforderungen

Strukturanforderungen betreffen die geeignete Gestaltung der organisatorischen Beziehungen zwischen Unternehmen in einem der Konfiguration zugrundeliegenden Basisnetzwerk. Sie resultieren direkt aus den erkannten Defiziten vorhandener Netzwerkkonzepte und ergeben sich aus dem Betrachtungsfeld dieser Arbeit.

Berücksichtigung der Größen- bzw. Komplexitätsdynamik

Die Anzahl der Partner in einer Kooperationsbeziehung und damit die Komplexität der Koordinationsaufgaben kann von Fall zu Fall unterschiedlich sein. Das zugrundeliegende Strukturkonzept muß deshalb einfach skalierbar sein. Veränderliche Partnerzahlen müssen beherrscht werden können.

Berücksichtigung der Aufgabendynamik

Für die bestmögliche Erfüllung immer wieder neuer Kundenwünsche sind wechselnde Kompetenzen notwendig. Aus diesem Grund muß das Strukturkonzept rasch und einfach um zusätzliche Kompetenzen erweitert werden können, so daß es für die Erstellung kundenindividueller Produkte geeignet ist.

Gewährleistung der unternehmerischen Eigenständigkeit

Die Kooperationspartner im Netzwerk sollen ihre rechtliche und wirtschaftliche Unabhängigkeit behalten. Die unternehmerische Eigenverantwortung soll nicht durch restriktive Regelungen beschränkt werden.

Netzinterner Wettbewerb

Die Beziehungen zwischen potentiellen Kooperationspartnern sollen durch Partnerschaft und Vertrauen aber auch durch Wettbewerb gekennzeichnet sein. Dadurch werden Anreize zur ständigen Verbesserung und Weiterentwicklung geschaffen.

Klares Kompetenzprofil

Potentielle Kunden sollen die Vorteile des Strukturkonzepts unmittelbar erkennen können. Das Leistungsangebot soll präzise kommunizierbar sein. Dazu ist es nötig, die Kompetenzen der Kooperationspartner eindeutig abzubilden und klar darzustellen.

Direkte Kundenschnittstelle

Eine standardisierte Kundenschnittstelle soll den einfachen Zugriff auf die Leistungen der Kooperationspartner und damit eine proaktive Vermarktung der Leistungen des Netzwerks ermöglichen. Die Transparenz der Beziehungen zwischen Kunden und Kooperationspartner soll gewährleistet sein.

3.2 Methodenanforderungen

Methodenanforderungen beschreiben den Leistungsumfang, den eine Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten für die schnelle Erstellung kundenindividueller Produkte umfassen muß. Sie ergeben sich aus den identifizierten Defiziten vorhandener Ansätze zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten.

Schnelle Reaktionsmöglichkeit auf Kundenanfragen

Die zeitliche Performanz ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Gerade bei individuellen Produkten und Leistungen spielt die unmittelbare Reaktionsmöglichkeit auf Anfragen des Kunden eine zentrale Rolle.

Geringer Initialaufwand

Ein geringer Initialaufwand, der vor der eigentlichen Anwendung der Methodik zu leisten ist, unterstützt die Forderung nach einer schnellen Reaktionsmöglichkeit auf Kundenanfragen. Außerdem sinken dadurch die Zugangshürden und die Neuausrichtung auf veränderte Umgebungsbedingungen wird erleichtert.

Einfache Plug-and-Play-Konfiguration

Ziel ist es, die Erstellung kundenindividueller Produkte und Leistungen zu unterstützen. Dazu sind jeweils unterschiedliche Wertschöpfungsketten notwendig. Es kann a priori nicht mit einer hohen Wiederholhäufigkeit der vorkommenden Aufgabenstellungen gerechnet werden. Die Methodik muß deshalb für verschiedenartige Anwendungsfälle schnell und einfach adaptierbar sein.

Ausreichende Zielflexibilität

In wechselnden Kooperationsbeziehungen sind immer wieder unterschiedliche Zielsysteme der einzelnen Unternehmen zu berücksichtigen (z. B. unterschiedliche Sicherheitserwägungen, unterschiedliche Gewichtung von Kosten-, Zeit- und Qualitätsaspekten, usw.). Die Konfigurationsmethodik muß über die entsprechende Flexibilität verfügen, um sich an diese Zielvariabilität anpassen zu können.

Transparente Entscheidungsunterstützung

Der Mensch mit seiner Problemlösungskompetenz und Kreativität soll nicht ersetzt werden. Die Methodik soll ihn beim Konfigurationsprozeß anleiten und bei der Entscheidungsfindung unterstützen. Dazu muß sie eine Vielzahl relevanter Einzelinformationen auf wenige aussagekräftige Kenngrößen verdichten, die Untersuchung von alternativen Lösungsvorschlägen zulassen und so den Entscheidungsfindungsprozeß transparent und nachvollziehbar machen.

Nutzung von Ergebnissen aus früheren Kooperationen

Daten, die den Erfolg oder Mißerfolg früherer Kooperationen beschreiben, können wertvolle Informationen für den Aufbau der optimalen Wertschöpfungskette liefern. Es müssen Möglichkeiten zur Berücksichtigung dieser Daten beim Konfigurationsprozeß vorgesehen werden.

3.3 Werkzeuganforderungen

Werkzeuganforderungen beziehen sich auf die Gestaltung eines Rechnerwerkzeugs zur Unterstützung der Konfiguration. Sie berücksichtigen wichtige Randbedingungen, wie etwa den Einsatz des Werkzeugs in einem Netzwerk von Unternehmen, und dienen als zentrale Entwicklungsgrundlage für das Rechnerwerkzeug.

Verteilte Datenhaltung

Zur Konfiguration werden allgemeine und individuelle Daten benötigt. Individuelle Daten sollen nach Möglichkeit nur im Einflußbereich des jeweiligen Eigentümers gehalten werden, um Mißbrauch von vertraulichen Informationen auszuschließen.

Ausfallsicherheit

Einzelne Systemkomponenten sollen für sich zuverlässig arbeiten. Für den Fall, daß eine untergeordnete Komponente ausfällt, soll das Gesamtsystem nicht zu stark beeinträchtigt werden.

Geringer Installationsaufwand

Zur Installation gehören diejenigen Aktivitäten, die einmalig zur Inbetriebnahme eines Rechnerwerkzeugs durchgeführt werden müssen. Der Installationsaufwand spielt besonders bei Systemen mit vielen räumlich verteilten Einzelkomponenten eine Rolle. Der Installationsaufwand soll möglichst niedrig sein.

Geringer Wartungsaufwand

Unter Wartung versteht man die Beseitigung von Fehlern eines Rechnerwerkzeugs, die erst während des laufenden Betriebs auftreten. Der Wartungsaufwand soll möglichst niedrig sein.

Geringer Anpassungsaufwand

Zur Anpassung zählt die Weiterentwicklung eines Rechnerwerkzeugs und die Installation neuer Programmversionen. Der Anpassungsaufwand soll möglichst niedrig sein.

Redundanzfreiheit

Gleiche Daten sollen nicht redundant an mehreren Orten gehalten werden. Dadurch können Inkonsistenzen und daraus resultierende Fehler vermieden werden. Außerdem kann auf diese Weise der Pflegeaufwand minimiert werden, da Daten nicht mehrfach eingegeben, geändert und überprüft werden müssen.

Hohe Performanz

Das Rechnerwerkzeug soll eine große Menge von Informationen verarbeiten können. Außerdem sollen die Antwortzeiten auf Aktionen des Benutzers möglichst kurz sein.

Einfache Datensicherung

In Unternehmensnetzwerken werden zur Konfiguration u. U. kritische und wichtige Daten verwendet, so daß Maßnahmen gegen Datenverlust getroffen werden müssen.

Sichere Datenübertragung

Beim Konfigurationsprozeß werden sensible Informationen über Kommunikationsnetzwerke übertragen. Es muß gewährleistet sein, daß diese Informationen nicht von Unbefugten genutzt werden können. Die Sicherheit, Vertraulichkeit und Authentizität der übertragenen Daten muß sichergestellt werden.

Plattformunabhängigkeit

Die Konfigurationsmethodik wird in unterschiedlichen Unternehmen mit evtl. unterschiedlichen EDV-Systemen eingesetzt. Ein Rechnerwerkzeug zur Unterstützung der Konfiguration darf sich deshalb nicht an proprietären Lösungen orientieren, sondern muß weitgehend plattformunabhängig sein.

Geringer Aufwand zur Integration weiterer Unternehmen

Wächst das Netzwerk durch Aufnahme weiterer Unternehmen, so sollen diese möglichst einfach und schnell in ein Rechnerwerkzeug zur Unterstützung der Konfiguration eingebunden werden können.

3.4 Zusammenfassung

Die Definition von Anforderungen dient als Gestaltungs- und Entwicklungsgrundlage für ein Strukturkonzept als Basis der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten, für die Methodik zur Konfiguration selbst und für ein Rechnerwerkzeug, das die Konfiguration unterstützt. Die Anforderungen ergeben sich aus der Zielsetzung und dem Betrachtungsgegenstand der Arbeit sowie aus den identifizierten Defiziten vorhandener Ansätze. Eine Übersicht der Anforderungen ist in Abbildung 20 dargestellt.



Abbildung 20: *Anforderungen an das Konzept zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten*

4 Strukturkonzept für Kompetenznetzwerke

Aufbauend auf den in Abschnitt 3.1 definierten Strukturanforderungen wird in Kapitel 4 ein Strukturkonzept für ein Basisnetzwerk vorgestellt, das als Grundlage für die Anwendung der Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten dient. Wegen seiner spezifischen Eigenschaften wird das entwickelte Strukturkonzept als *dynamisches, heterarchisches Kompetenznetzwerk* bezeichnet. Unterschiedliche Ausprägungen von Kompetenznetzwerken werden dargestellt. Notwendige Funktionen, die zum Betrieb von Kompetenznetzwerken erforderlich sind, werden identifiziert. Insgesamt wird das Strukturkonzept im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur soweit beschrieben, wie es für die Methodik zur Konfiguration relevant ist.

4.1 Grundmodell dynamischer, heterarchischer Kompetenznetzwerke

Kompetenznetzwerke sind eine Weiterentwicklung bekannter Formen von Unternehmensnetzwerken bzw. virtuellen Fabriken. Sie setzen sich aus sog. *Kompetenzeinheiten* zusammen. Dies können Einzelpersonen, Institutionen, Unternehmen oder Unternehmenssteile sein, die selbständig im Kompetenznetzwerk agieren. Die Kompetenzeinheiten verfügen über ein transparentes *Kompetenzprofil*. Es beschreibt in standardisierter Form, durch welche Fähigkeiten sich die Kompetenzeinheiten auszeichnen bzw. für welche zur Produkterstellung notwendigen Leistungen sie Spezialisten sind. Das Kompetenzprofil stellt damit die mittel- bis langfristigen, von einem bestimmten Projekt unabhängigen Fähigkeiten einer Kompetenzeinheit dar. Für wechselnde Aufgabenstellungen bilden sich durch die Kombination einzelner Kompetenzeinheiten unternehmensübergreifende bzw. virtuelle Wertschöpfungsketten.

In *dynamischen* Kompetenznetzwerken ist die Zusammensetzung der Wertschöpfungskette für ein bestimmtes Projekt *a priori* in keiner Weise vorbestimmt. Dadurch ist gewährleistet, daß die Wertschöpfungskette jeweils optimal an die spezifischen Anforderungen des Projekts angepaßt werden kann.

Heterarchische Kompetenznetzwerke sind darüber hinaus dadurch gekennzeichnet, daß in ihnen sowohl marktliche (zum Aufbau von Wertschöpfungsketten) als auch hierarchische (zur Abwicklung von Wertschöpfungsketten) Koordinationsmechanismen verwendet werden. In heterarchischen Kompetenznetzwerken gibt es also für ein bestimmtes Projekt zwar eindeutig festgelegte, insgesamt aber wechselnde Führungs- und Anordnungsbeziehungen.

Für den Betrieb des Basisnetzwerks werden keine einflußreichen Zentralinstanzen benötigt, die den unternehmerischen Handlungsspielraum und die Eigenständigkeit der beteiligten Unternehmen einschränken könnten. Es existieren allerdings sehr wohl Instanzen, die Dienstleistungsfunktionen anbieten, welche zum Betrieb des Netzwerks notwendig sind.

Die Grenzen des Kompetenznetzwerks sind offen. Die Zugangsmodalitäten sind so gestaltet, daß neue Partner einfach ins Netzwerk integriert werden können, so daß die Evolutionsfähigkeit des Kompetenznetzwerks in seiner Gesamtheit gewährleistet ist.

Je nach den spezifischen Fähigkeiten der Kompetenzeinheiten lassen sich Kompetenznetzwerke in *ein-* oder *mehrdimensionale* Kompetenznetzwerke einteilen. Die Dimensionalität bezeichnet dabei die Anzahl verschiedenartiger Fähigkeiten im Netzwerk.

Entscheidend für die Einordnung als ein- bzw. mehrdimensionales Kompetenznetzwerk ist die Sicht des Kunden. Dies bedeutet, daß ein Kompetenznetzwerk als eindimensional bezeichnet werden kann, wenn die Gesamtheit seiner angebotenen Leistungen im wesentlichen durch denselben Satz von beschreibenden Attributen dargestellt werden kann.

4.2 Eindimensionale Kompetenznetzwerke

In eindimensionalen Kompetenznetzwerken verfügen die in ihnen verbundenen Kompetenzeinheiten über vergleichbare oder zumindest ähnliche Fähigkeiten. Eindimensionale Kompetenznetzwerke können dadurch mit einem fokussierten Kompetenzprofil am Markt auftreten. Bspw. könnten Lohnfertiger im Bereich der mechanischen Bearbeitung in einem eindimensionalen Kompetenznetzwerk verknüpft werden, das über eine einheitliche Internet-Schnittstelle die Leistungen seiner Mitglieder am Markt anbieten kann¹⁸ (vgl. Abbildung 21).

Die kooperativen Beziehungen der für die Leistungserbringung verantwortlichen Kompetenzeinheiten sind schwach ausgeprägt. Aufgrund der in hohem Maße ersetzbaren Kompetenzen besteht sogar eine ausgeprägte Konkurrenzsituation zwischen den Kompetenzeinheiten. Die Wertschöpfungskette ist oft auf einen einzigen Teilprozeß reduziert, da für ein Projekt nur bilaterale Beziehungen zwischen einem externen Kunden und einem Unternehmen aus dem Kompetenznetzwerk bestehen. Ledig-

¹⁸ In Ahnlehnung an den Begriff *Electronic Shopping Mall*, der einen Verbund mehrere Handelsunternehmen bezeichnet, die unter einem gemeinsamen virtuellen Dach ihre Produkte offerieren, können eindimensionale Kompetenznetzwerke als *Electronic Production Mall* bezeichnet werden (*Schliffenbacher u. Lorenzen 1999*).

lich für den Fall, daß eine Kompetenzeinheit einen Kundenauftrag aus kapazitiven Gründen nicht alleine durchführen kann oder will, bindet sie weitere Kompetenzeinheiten in die Projektabwicklung ein.

Entscheidender Erfolgsfaktor eines eindimensionalen Kompetenznetzwerks ist ein scharfes Profil nach außen hin. Das eindimensionale Kompetenznetzwerk agiert am Markt als Anbieter einer hochspezialisierten Leistung in einem relativ eng begrenzten Kompetenz- bzw. Fähigkeitsbereich seiner Mitglieder. Ziel ist es, dem Kunden in diesem Bereich für seine spezifische Aufgabenstellung die optimale Lösung innerhalb kürzester Zeit zur Verfügung zu stellen. Voraussetzung hierfür ist die Nutzung einer leistungsfähigen IuK-Infrastruktur zur Unterstützung externer Anfrage-, Angebots-, Verhandlungs- und Auftragsvergabeprozesse.

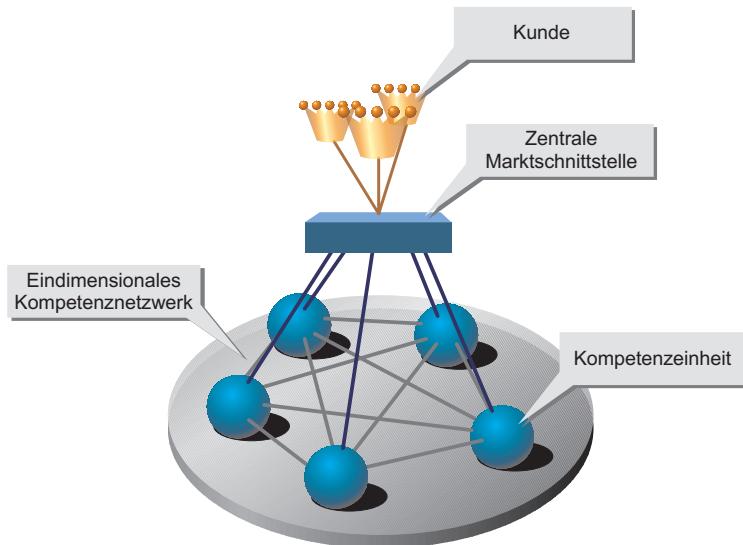


Abbildung 21: Eindimensionale Kompetenznetzwerke

4.3 Mehrdimensionale Kompetenznetzwerke

Mehrdimensionale Kompetenznetzwerke entstehen aus der organisatorischen und informationstechnischen Verknüpfung mehrerer eindimensionaler Kompetenznetzwerke. Aufgrund der breiten Palette von Kompetenzen sind mehrdimensionale Kompetenz-

netzwerke geeignet, um komplexe und hochgradig kundenindividuelle Produkte durch die Kombination von unterschiedlichen Fähigkeiten herzustellen. So könnten etwa neben dem oben genannten eindimensionalen Netzwerk für mechanische Bearbeitung auch eindimensionale Netzwerke in den Bereichen Entwicklung oder Prototypenbau gebildet werden und zu einem mehrdimensionalen Netzwerk für Werkzeug- und Formenbau zusammengefaßt werden.

Mehrdimensionale Kompetenznetzwerke sind – im Gegensatz zu den eindimensionalen Kompetenznetzwerken – nicht explizit am Endproduktmarkt präsent. Ihre Identität ist schwächer ausgeprägt als bei eindimensionalen Kompetenznetzwerken. Das Leistungsangebot des Kompetenznetzwerks wird deshalb primär nicht über eine standardisierte Markt-Schnittstelle, sondern über bestimmte Kompetenzeinheiten, die temporär eine fokale Rolle im Kompetenznetzwerk übernehmen, vermarktet (vgl. Abbildung 22).

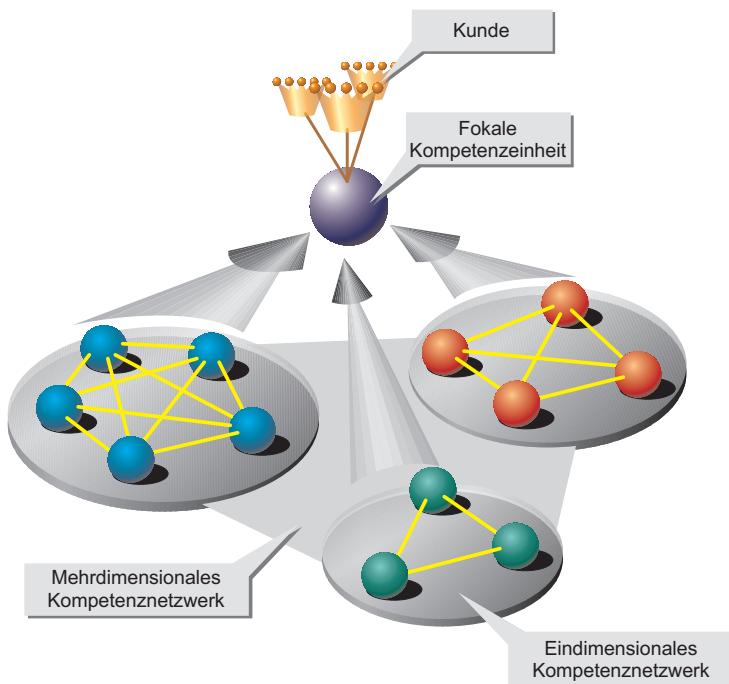


Abbildung 22: Mehrdimensionale Kompetenznetzwerke

4.4 Funktionen in Kompetenznetzwerken

Zum Betrieb von Kompetenznetzwerken sind verschiedene Funktionen notwendig, welche eine geeignete Schnittstelle des Netzwerks nach außen realisieren sowie eine effiziente netzwerkinterne Auftragsabwicklung gewährleisten. Für die Bereitstellung dieser Funktionen sind spezifische Kompetenzen erforderlich. Diese lassen sich in primäre und sekundäre Kompetenzen einteilen:

- *Primäre Kompetenzen* dienen der direkten Wertschöpfung. Sie sind notwendig, um die Produkte bzw. Leistungen des Kompetenznetzwerks zu erstellen.
- *Sekundäre Kompetenzen* werden für den Betrieb des Netzwerks benötigt. Sie sichern die Funktionsfähigkeit, Stabilität und Überlebensfähigkeit des Kompetenznetzwerks.

Die folgenden Funktionen sind prinzipiell in Kompetenznetzwerken vorhanden. Der konkrete Ausprägungsgrad kann jeweils unterschiedlich sein:

Leistungserbringung (Primäre Kompetenz)

Im Rahmen der Leistungserbringung werden die von einem Kompetenznetzwerk angebotenen Produkte oder Dienstleistungen erstellt.

Leistungsintegration (Primäre Kompetenz)

Unter Leistungsintegration versteht man die Zusammenfassung der Teilleistungen der Leistungserbringer zu einer virtuellen Wertschöpfungskette und die eigentliche Projektdurchführung. Bestimmte Kompetenzeinheiten (Leistungsintegratoren) übernehmen vergleichbar zu Generalunternehmern die Leistungsintegration. Sie werden damit temporär zum Fokalpunkt einer virtuellen Wertschöpfungskette.

Organisationsgestaltung (Sekundäre Kompetenz)

Aufgabe der Organisationsgestaltung ist die grundlegende Gestaltung des Kompetenznetzwerks. Dabei werden sowohl strukturelle (aufbauorganisatorische) als prozessuale (ablauforganisatorische) Aspekte betrachtet. Hierzu werden Regeln und Vorgehensweisen definiert und wenn nötig weiterentwickelt, die ein Rahmenwerk für die Zusammenarbeit der Kompetenzeinheiten im Netzwerk bilden.

Netzentwicklung (Sekundäre Kompetenz)

Ziel der Netzentwicklung ist die proaktive Weiterentwicklung des Kompetenznetzwerks. Dazu gehören die ständige Technologie- und Innovationsbeobachtung, die Identifikation von Kompetenzlücken und die aktive Ansprache, Aufnahme und Integration neuer Kompetenzeinheiten.

Koordination (Sekundäre Kompetenz)

Die Funktion der Koordination dient der Umsetzung und Überwachung der definierten Regeln und damit der internen Steuerung des Netzwerks. Hierzu zählen u. a. Coaching der Kompetenzeinheiten, Informationsverteilung sowie Konfliktmanagement.

Qualifikation (Sekundäre Kompetenz)

Die Qualifikationsfunktion fördert die Anpassung der Kompetenzeinheiten, damit diese optimal von den Möglichkeiten des Kompetenznetzwerks profitieren können. Dazu gehören die Identifikation von Verbesserungspotentialen innerhalb der einzelnen Kompetenzeinheiten, die Unterstützung der Kompetenzeinheiten bei ablauf- und aufbauorganisatorischen Umgestaltungen sowie die Durchführung von Schulungsmaßnahmen für die Mitarbeiter in den Kompetenzeinheiten.

Vermarktung (Sekundäre Kompetenz)

Im Rahmen der Vermarktung wird die Definition des Außenbilds des Kompetenznetzwerks vorgenommen. Geeignete Vermarktungskanäle werden identifiziert und konkrete Vertriebsstrategien realisiert.

Infrastrukturpflege (Sekundäre Kompetenz)

Aufgabe der Infrastrukturpflege ist die Bereitstellung und Wartung der für einen effizienten Betrieb des Kompetenznetzwerks notwendigen informationstechnischen Infrastruktur. Kommunikationswerkzeuge müssen installiert und weiterentwickelt werden. Neue Kompetenzeinheiten müssen datentechnisch in den Systemverbund integriert werden.

Die einzelnen Funktionen müssen nicht notwendigerweise unterschiedlichen Instanzen zugeordnet werden, mehrere Funktionen können auch von einer Instanz übernommen werden. Dies gilt insbesondere für sekundäre Funktionen, die z. B. von einer zentralen Dienstleistungsinstanz im Kompetenznetzwerk wahrgenommen werden können.

4.5 Zusammenfassung

Kompetenznetzwerke stellen eine Weiterentwicklung bekannter Formen von Unternehmensnetzwerken und virtuellen Unternehmen dar. Die wesentliche Neuerung ist zunächst darin zu sehen, daß die Elemente, aus denen das Kompetenznetzwerk besteht – die Kompetenzeinheiten –, über einen ausgeprägten Kompetenzfokus verfügen, der in Form eines standardisierten Kompetenzprofils dargestellt ist. Darüber hinaus plazieren eindimensionale Kompetenznetzwerke ihr Kompetenzprofil unmittelbar am Markt. Es kann über eine interaktive, elektronische Schnittstelle abgerufen werden. Mehrdimensionale Kompetenznetzwerke entstehen aus der organisatorischen und informatstechnischen Integration mehrerer eindimensionaler Kompetenznetzwerke. Die große Bandbreite verschiedenartiger Kompetenzen ermöglicht in Verbindung mit standardisierten Kommunikations- und Koordinationsmechanismen die effiziente Erstellung komplexer, individualisierter Produkte in mehrdimensionalen Kompetenznetzwerken.

Damit bilden Kompetenznetzwerke die Grundlage für eine effiziente Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten. Die Konzeption und Umsetzung der Konfigurationsmethodik wird im folgenden Kapitel beschrieben.

5 Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten

In Kapitel 5 wird auf der Basis des in Kapitel 4 entwickelten Strukturkonzepts für Kompetenznetzwerke eine Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten entworfen. Dabei werden insbesondere die in Abschnitt 3.2 abgeleiteten Methodenanforderungen berücksichtigt.

Zu Beginn wird die Konfigurationsmethodik übersichtsartig dargestellt, damit die nachfolgenden detaillierten Erläuterungen in den Gesamtkontext eingeordnet werden können. Im Anschluß daran werden grundlegende Konfigurationsmechanismen erarbeitet, hinsichtlich ihrer Eignung bei unterschiedlichen Randbedingungen bewertet und die geeigneten Mechanismen für die Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken ausgewählt. Dann wird das Prinzip der Konfiguration optimaler Wertschöpfungsketten in produktionsorientierten Kompetenznetzwerken erläutert. Darauf aufbauend wird ein generisches Zielsystem, das auf der einen Seite die Beschreibung von Anforderungen an Teile der Wertschöpfungskette ermöglicht und auf der anderen Seite eine Darstellung der unternehmerischen Fähigkeiten erlaubt, entwickelt. Schließlich erfolgt die Integration der in den bisherigen Abschnitten erarbeiteten Teilmethoden zu einem vollständigen und detaillierten Vorgehensmodell zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten.

5.1 Übersicht

Die Methodik zur projektspezifischen Konfiguration von unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten gliedert sich in sechs einzelnen Phasen.

Zu Beginn der Konfiguration liegt eine konkrete Aufgabenstellung vor, ein Produkt herzustellen oder einer Leistung zu erbringen. Verantwortlich für die Durchführung der Aufgabenstellung ist der Leistungsintegrator. In der Phase der *Leistungsklärung* legt er – eventuell zusammen mit einem externen Kunden – den gesamten zu erbringenden Leistungsumfang fest. Er spezifiziert also die Gesamtaufgabe, die mit einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette bewältigt werden soll. Außerdem definiert er die projektspezifischen Anforderungen. Um die Produktion bzw. Leistungserstellung überhaupt unternehmensübergreifend durchführen zu können, wird die Gesamtaufgabe in Teilaufgaben zergliedert, die jeweils mit Teilprozessen bearbeitet werden. Auch für die einzelnen Teilprozesse werden die Anforderungen spezifi-

ziert. Sie beschreiben die von einem potentiellen Partner zu erbringenden Leistungen. Ergebnis der Leistungsklärung ist ein qualifizierter, ressourcenanonymer Prozeßstrukturplan. Er stellt die strukturelle und terminliche Abhängigkeit der einzelnen Teilprozesse dar und bildet damit die Grundlage der weiteren Schritte.

In der nächsten Phase der *Prä-Optimierung* kann der Leistungsintegrator auf der Basis vorhandener Informationen über die Fähigkeiten der Kompetenzeinheiten prinzipiell geeignete Leistungserbringer für die Durchführung der Teilprozesse ermitteln. Ergebnis ist eine Vorauswahl möglicher Leistungserbringer.

Im Anschluß erfolgt die *Partneridentifikation*. Ziel ist die Ermittlung adäquater Leistungserbringer mittels eines Anfrage-Angebots-Prozesses. Aus den einzelnen Teilprozessen werden Anfragen generiert und im Kompetenznetzwerk eingelastet. Potentielle Leistungserbringer können auf die Anfragen reagieren und Angebote abgeben.

In der Phase der *Verhandlung* wird der exakte Leistungsumfang für die Durchführung der Teilprozesse mit den potentiellen Wertschöpfungspartnern abgestimmt. Außerdem werden die Konditionen der Zusammenarbeit festgelegt.

Mit Abschluß des Verhandlungsprozesses sind die konkreten Angebote der potentiellen Kooperationspartner fixiert und ausreichend detailliert beschrieben. Nun kann in der Phase der *Post-Optimierung* die Auswahl der am besten geeigneten Partnerkombination erfolgen. Der Leistungsintegrator erstellt aus den Angeboten der Leistungserbringer zulässige, d. h. durchführbare Kombinationen von Wertschöpfungspartnern. Die Kombinationen werden hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen bewertet und so eine Rangfolge der verschiedenen Möglichkeiten zur Gestaltung der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette ermittelt.

Am Ende des Konfigurationsprozesses steht mit den Vertragsabschlüssen zwischen Leistungsintegrator und Leistungserbringern schließlich die verbindliche *Vereinbarung* und damit die Installation der virtuellen Wertschöpfungskette.

Abhängig vom verwendeten Konfigurationsmechanismen müssen nicht alle Phasen der Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten durchgeführt werden. Die möglichen Konfigurationsmechanismen werden im folgenden beschrieben. Die Darlegung, welche Phasen der Konfiguration bei welchen Konfigurationsmechanismen notwendig sind, erfolgt im Rahmen der detaillierten Erläuterung des Vorgehensmodells in Abschnitt 5.6.

Die Abfolge der einzelnen Phasen und die jeweiligen Eingangs- bzw. Ausgangsinformationen sind in Abbildung 23 dargestellt.

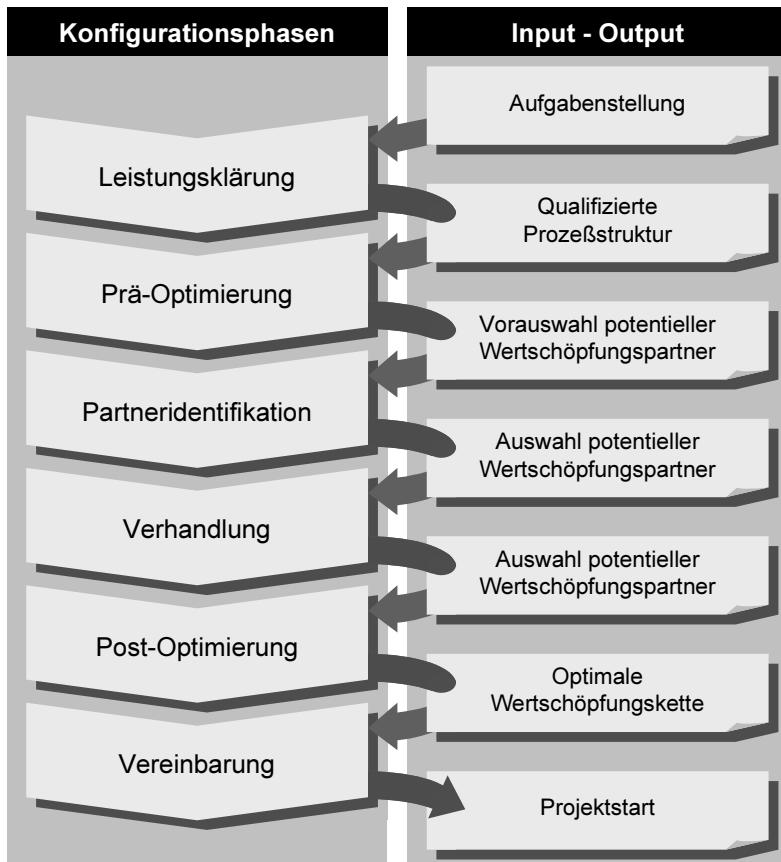


Abbildung 23: Übersicht über die Konfigurationsmethodik

5.2 Grundlegende Konfigurationsmechanismen

Im Kontext dieser Arbeit ist unter Konfiguration die Bildung der projektspezifischen Wertschöpfungskette zu verstehen. Ziel ist es, die optimale Übereinstimmung von Anforderungen des Kunden mit den Fähigkeiten der Leistungserbringer herzustellen, um so die geeignete virtuelle Wertschöpfungskette zu ermitteln. Die folgenden grundlegenden Mechanismen stehen hierfür zur Verfügung.

5.2.1 Hierarchische Konfiguration

Die hierarchische Konfiguration der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette ist weitgehend analog zur klassischen Produktionsplanung. Der Leistungsintegrator (= Planungsinstanz) wählt für jeden Teilprozeß einen Leistungserbringer (= Ressource) aus. Dessen Aufgaben im Rahmen der Leistungserbringung werden vom Leistungsintegrator vollständig festgelegt. Der Leistungserbringer muß diese Spezifikation erfüllen. Verhandlungsspielraum besteht nicht. Die Auswahl der Leistungserbringer geschieht anhand netzwerkweit verfügbarer, langfristig gültiger Kompetenzprofile.

Aufgrund des Verzichts auf jegliche Abstimmungs- oder Verhandlungsprozesse stellt dieses Vorgehen meist den schnellsten Weg zur Konfiguration der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette dar. Allerdings kann es nur dann angewendet werden, wenn eine direkte Leitungs- und Anordnungsbeziehung zwischen Leistungsintegrator und Leistungserbringern besteht. Kompetenznetzwerke setzen sich jedoch i. a. aus unabhängigen Kompetenzeinheiten zusammen, so daß von einer derartigen Anordnungsbeziehung a priori nicht ausgegangen werden kann. Allerdings besteht die Möglichkeit, durch netzwerkweite vertragliche Regelungen verbindliche Grundlagen hierfür zu installieren.

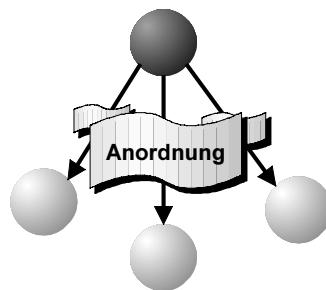


Abbildung 24: Hierarchische Konfiguration

5.2.2 Einfache marktliche Konfiguration

Auch bei der einfachen marktlichen Konfiguration steuert der Leistungsintegrator die Bildung der Wertschöpfungskette im wesentlichen eigenständig. Im Gegensatz zur hierarchischen Konfiguration weist er jedoch die durchzuführenden Teilaufgaben nicht direkt bestimmten Kompetenzeinheiten zu, sondern er nutzt zur Ressourcenallokation

marktliche Mechanismen. Dazu spezifiziert er die zu erfüllenden Aufgaben detailliert. Er legt damit sowohl organisatorisch-wirtschaftliche als auch technisch-qualitative Bedingungen der Kooperation fest. Wiederum müssen die Leistungserbringer die festgelegten Bedingungen erfüllen, ein Verhandlungsspielraum besteht auch hier nicht. Die Auswahl der Leistungserbringer erfolgt über einen typischen Anfrage-Angebotsprozeß.

Wesentlicher Vorteil der einfachen marktlichen Konfiguration ist der relativ geringe Transaktionsaufwand während der Vereinbarungsphase. Die Entscheidung, welche Kompetenzeinheiten in die Wertschöpfungskette einzubinden sind, kann aufgrund der vorliegenden Informationen über potentielle Leistungserbringer (Kompetenzprofile und Angebote) schnell getroffen werden. Zusätzliche Iterationsschleifen werden nicht durchlaufen.

Problematisch ist allerdings, daß eine vollständige und exakte Spezifikation der Teilaufgaben bereits vor Beginn der eigentlichen Projektabwicklung notwendig ist. Dadurch ergibt sich eine recht starke Belastung des Leistungsintegrators während dieser Phase. Außerdem führt der Umstand, daß auf das lokale Know-how der Leistungserbringer und deren Planungskompetenz nicht zurückgegriffen wird, dazu, daß eventuell nur eine suboptimale Lösung für die Gestaltung der Wertschöpfungskette gefunden wird.

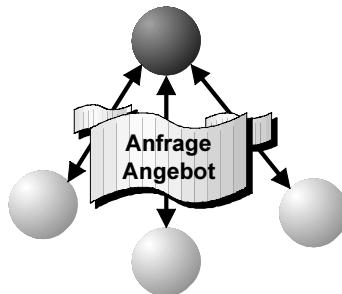


Abbildung 25: Einfache marktliche Konfiguration

Die einfache marktliche Konfiguration ist damit geeignet für relativ unkomplizierte Projekte, bei denen der Spezifikationsaufwand begrenzt ist. Auch dann, wenn die Aufgabenstellung weitgehend bekannt ist (wenn z. B. Erfahrungswerte aus früheren Projekten vorliegen), kann die einfache marktliche Konfiguration vorteilhaft eingesetzt werden. Genauso für den Fall, daß hoher Zeitdruck einen schnellen Aufbau der virtuellen Wertschöpfungskette und eine zügige Projektabwicklung notwendig machen,

kann dieser Konfigurationsmechanismus verwendet werden. Schließlich ist die einfache marktliche Konfiguration immer in den Fällen zweckmäßig, bei denen der Leistungsintegrator über eigenes fundiertes Know-how zur Bearbeitung der Aufgabenstellung verfügt, so daß die Spezifikation der Teilaufgaben für ihn unproblematisch ist.

5.2.3 Evolutionäre marktliche Konfiguration

Bei der evolutionären marktlichen Konfiguration spezifiziert der Leistungsintegrator die zu erbringenden Teilleistungen zunächst nur so weit, daß potentielle Leistungserbringer ausreichende Informationen erhalten, um die prinzipielle Machbarkeit aus ihrer Sicht prüfen zu können. Spielraum hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung der Wertschöpfungskette wird bewußt vorgesehen. Z. B. kann lediglich ein maximaler Gesamtpreis oder ein maximales Zeitfenster für die Projektabwicklung definiert werden, die Verteilung der einzelnen Kosten- oder Zeitanteile auf die jeweiligen Leistungserbringer bleibt variabel. Diese können dann auf unvollständige Anfragen in Form von ebenfalls unvollständigen Angeboten reagieren. In einem anschließenden Verhandlungsprozeß zwischen Leistungsintegrator und Leistungserbringern werden dann die Aufgabenstellungen bzw. Angebote weiter konkretisiert. Am Ende des Abstimmungsvorgangs stehen schließlich wiederum detaillierte Vereinbarungen hinsichtlich der Aufgabenverteilung auf die Kompetenzeinheiten.

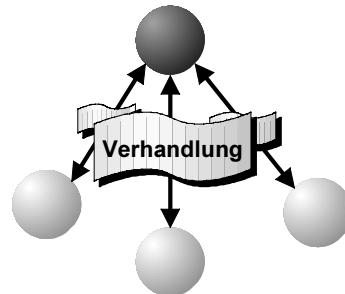


Abbildung 26: Evolutionäre marktliche Konfiguration

Bei der evolutionären marktlichen Konfiguration wird die lokale Planungskompetenz und das technologische Know-how der Leistungserbringer genutzt. Außerdem erschließen die disponierten Planungsspielräume eine große Anzahl möglicher Gestaltungsalternativen für die Wertschöpfungskette. Die Chance, durch einen sukzessiven Evolutionsprozeß eine bessere Lösung zu finden als bei hierarchischer oder einfacher marktlicher Konfiguration, steigt auf diese Weise.

Allerdings ist die Auswahl der geeigneten Kompetenzeinheiten und die evolutionäre Leistungsspezifikation mit einem deutlich höheren Transaktionsaufwand verbunden. Es müssen viele mögliche Prozeßalternativen entwickelt, untersucht und bewertet werden. Dazu sind i. d. R. mehrere Iterationsschleifen notwendig, was wiederum zu einer häufigen und intensiven Kommunikation zwischen Leistungsintegrator und potentiellen Leistungserbringern führt.

Die evolutionäre marktliche Konfiguration ist zielführend für neue Aufgabenstellungen ohne bekannte Lösungskonzepte oder für solche, die sich durch einen hohen Komplexitätsgrad auszeichnen.

5.2.4 Multilaterale marktliche Konfiguration

Schließlich kann noch die multilaterale marktliche Konfiguration zur Bildung einer optimalen unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette verwendet werden. Wie bei der evolutionären marktlichen Konfiguration definiert der Leistungsintegrator zu Beginn nur globale Zielgrößen und grobe Spezifikationen der Teilleistungen, so daß auch hier Spielraum für die tatsächliche Projektdurchführung besteht. Im Gegensatz zu den bisher behandelten Konfigurationsmechanismen stellt der Leistungsintegrator seine Anfragen für bestimmte Teilleistungen jedoch nicht an dedizierte Kompetenzeinheiten, sondern an eine Gruppe von potentiellen Leistungserbringern. Diese stimmen sich mittels gruppeninterner Verhandlungsprozesse zunächst ab und wählen so die aus Sicht der Gruppe am besten geeigneten Leistungserbringer für jede nachgefragte Teilleistung aus. Die Gruppe kann auf unvollständige Anfragen in Form von unvollständigen Gruppenangeboten reagieren, die gemeinsam mit dem Leistungsintegrator noch weiter detailliert werden. Die konkrete Vereinbarung ist damit Ergebnis eines evolutionären Abstimmungsprozesses zwischen dem Leistungsintegrator und der Gruppe sowie der Leistungserbringer untereinander.

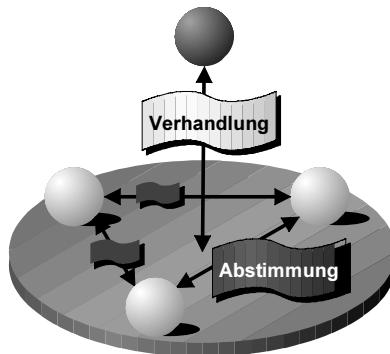


Abbildung 27: Multilaterale marktliche Konfiguration

Dadurch, daß der Leistungsintegrator nur noch mit einer Instanz kommunizieren muß, kann er eine deutliche Reduktion des Transaktionsaufwands realisieren. Dieser Aufwand wird allerdings nicht eingespart, er wird lediglich auf die potentiellen Leistungserbringer verlagert. Diese werden sogar zusätzlich belastet, da der gruppeninterne Abstimmungsprozeß multilaterale Kommunikationsvorgänge zwischen den einzelnen Kompetenzeinheiten erfordert¹⁹. Außerdem besteht die Gefahr, daß der Leistungsintegrator wegen möglicher Absprachen und Kartellbildungen innerhalb der Gruppe nicht das eigentlich optimale Ergebnis erhält.

5.2.5 Fazit

Die multilaterale marktliche Konfiguration ist nur unter sehr speziellen, in der unternehmerischen Realität nur selten anzutreffenden Bedingungen einsetzbar. Dazu müssen nämlich präzise Regelungen getroffen werden, welche die Gefahr des opportunistischen Verhaltens (z. B. durch Preisabsprachen) der Produzenten soweit möglich ausschalten. Andernfalls kann nicht von der Akzeptanz dieses Konfigurationsmechanismus ausgegangen werden. Prinzipiell ist dies sehr wohl umsetzbar. Bspw. kann das Basisnetzwerk straff reglementiert werden, es können besondere Anreize oder Sanktionen zur Einhaltung bzw. Verletzung der Regeln festgelegt werden. Der notwendige

¹⁹ Von einer multilateralen Konfiguration kann nur gesprochen werden, wenn echte netzwerkartige Beziehungen und Kommunikationswege zwischen den Gruppenmitgliedern genutzt werden. Würde sich aus der Gruppe eine fokale Kompetenzeinheit herausbilden, welche die Verteilung der Einzelaufgaben an die anderen Kompetenzeinheiten regelt, so wäre damit wieder einer der vorgenannten Konfigurationsmechanismen gegeben. Es wären lediglich weitere Leistungsintegrator-Leistungserbringer-Beziehungen innerhalb des Kompetenznetzwerks etabliert worden.

Aufwand zur Definition, Anpassung und Kontrolle dieser Normen lässt aber die Wandlungsfähigkeit und Anpaßbarkeit dieser Alternative an veränderliche Bedingungen einerseits sowie die Wirtschaftlichkeit und praktische Umsetzbarkeit andererseits zumindest fraglich erscheinen. Aus diesem Grund wird die multilaterale marktliche Konfiguration im folgenden nicht weiter betrachtet.

Von der Anwendbarkeit der hierarchischen Konfiguration in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken kann zunächst nicht ohne weiteres ausgegangen werden. Sie ist lediglich dann praktikabel, wenn die vertraglichen Voraussetzungen im Basisnetzwerk geschaffen werden, welche die Weisungsbefugnis von Leistungsintegratoren gegenüber Leistungserbringern sicherstellen. Ist dies der Fall, so eignet sie sich für bereits bekannte Aufgabenstellungen. Hier nämlich kann auf das lokale Planungs-Know-how der Leistungserbringer verzichtet werden, ohne eine Verschlechterung des Gesamtergebnisses befürchten zu müssen.

Die einfache marktliche Konfiguration eignet sich in erster Linie für eindimensionale Kompetenznetzwerke. In ihnen werden meist gut beschreibbare Produkte bzw. Leistungen erstellt. Deshalb existieren hier keine überdurchschnittlich hohen Anforderungen an deren Spezifikation. Wegen der relativ geringen Komplexität der Produkte oder Leistungen, können die Angebote der Leistungserbringer gut miteinander verglichen werden. Der Leistungsintegrator hat so die Möglichkeit, auch ohne profundes Spezialwissen geeignete Leistungserbringer auszuwählen.

Die evolutionäre marktliche Konfiguration ist für eine turbulente Umgebung gut geeignet. Sie erlaubt die optimale Anpassung der Wertschöpfungskette an veränderliche Kundenwünsche, nutzt das dezentrale organisatorische und technische Know-how von Leistungsintegrator und Leistungserbringern und stellt die Handlungsspielräume zur Verfügung, die eine optimale Ausnutzung der Möglichkeiten innovativer Technologien gestattet. Es muß allerdings gelingen, den prinzipiell höheren Koordinationsaufwand sowie die Konfigurationsdauer auf ein wirtschaftlich sinnvolles Maß zu reduzieren. Dazu müssen Werkzeuge entwickelt werden, welche die Unternehmen beim unternehmensübergreifenden Konfigurationsprozeß auf der Basis von Verhandlung und Evolution unterstützen.

Eine Zusammenfassung der Beurteilung der verschiedenen Konfigurationsmechanismen ist in Abbildung 28 dargestellt.

Legende

- Erfüllt das Kriterium gut
- ◐ Erfüllt das Kriterium bedingt
- Erfüllt das Kriterium nicht

Bewertungskriterien	Konfigurationsmechanismen			
	Hierarchische Konfiguration	Einfache marktliche Konfiguration	Evolutionäre marktliche Konfiguration	Multilaterale marktliche Konfiguration
Geringer normativer Aufwand	○	●	●	○
Geringer Spezifikationsaufwand	○	○	●	●
Geringer Transaktionsaufwand	●	◐	○	○
Geringe Dauer der Konfiguration	●	●	○	○
Eignung für unbekannte Aufgaben	○	◐	●	◐
Eignung für komplexe Aufgaben	○	○	●	●
Nutzung des netzinternen Wettbewerbs	○	●	●	○
Nutzung von lokalem Know-how	○	◐	●	●
Ergebnisverbesserung durch Evolution	○	○	●	●
Vermeidung von opportunistischem Verhalten	●	●	●	○

Abbildung 28: Eignung von Konfigurationsmechanismen

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß für relativ unkomplizierte Aufgabenstellungen die einfache marktliche Konfiguration, unter gewissen Voraussetzungen auch die hierarchische Konfiguration, verwendet werden kann. Für komplexe, oder weitgehend unbekannte Aufgabenstellungen ist die evolutionäre marktliche Konfiguration geeignet. Hier müssen allerdings noch Anstrengungen unternommen werden, die den Transaktionsaufwand und die Konfigurationsdauer reduzieren.

5.3 Prinzip der Konfiguration

Im folgenden wird das Prinzip der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten beschrieben. Es werden die zentralen Begriffe erläutert und grundlegende Verfahren vorgestellt.

5.3.1 Grundbegriffe

Ziel der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten ist es, für bestimmte Anforderungen, die optimale Kombination von Kompetenzen bzw. Kompetenzeinheiten zu finden, mit der diese Anforderungen erfüllt werden können. Die Anforderungen werden in einem n-dimensionalen *Anforderungsvektor* beschrieben. Dieser besteht aus einer Reihe von Bewertungskriterien, deren jeweilige Ausprägungen die Bedeutung der Kriterien für die Anforderungserfüllung widerspiegeln.

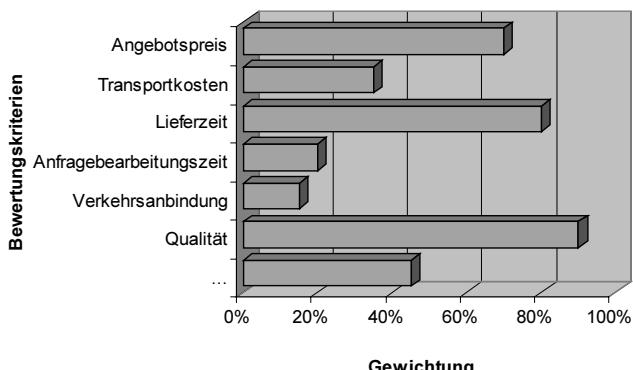


Abbildung 29: Beispiel eines Anforderungsvektors (Ausschnitt)

Der tatsächliche Erfüllungsgrad dieser Anforderungen durch eine bestimmte Kompetenzkombination wird über korrespondierende *Erfüllungsvektoren* dargestellt. Die Aggregation der Erfüllungsgrade der einzelnen Anforderungen in einer Kennzahl führt zu einer hochintegrierten Kennzahl. Zur Ermittlung dieser Kennzahl dient die sog. *Fitneß*. Sie sei in Anlehnung an Kinnebrock (1994, S. 16) folgendermaßen definiert:

Es existieren endlich viele Möglichkeiten, die zur Durchführung der gesamten Wertschöpfungskette notwendigen Teilprozesse auf unterschiedliche Kompetenzeinheiten zu verteilen. Die Menge sämtlicher möglicher Kombinationen von Kompetenzeinheiten heißt Suchraum S. Jeder möglichen Kombination wird über die Funktion F eine reelle Zahl R zugeordnet, welche die Bewertung der Kombination im Sinne der Zielerfüllung beschreibt. Die Funktion F wird als Fitneß bezeichnet. Es gilt dann:

$$F : S \Rightarrow R \quad (\text{Gl. 1})$$

Prinzip der Konfiguration

Diese Definition der Fitneß läßt sich sowohl auf Teil- als auch auf Gesamtprozeßebene anwenden:

Im Falle eines Teilprozesses beschreibt die Fitneß, wie gut die einzelnen Leistungserbringer zur Durchführung einer bestimmten Teilaufgabe geeignet sind. Die Basis hierfür bilden ihre *Fähigkeitsvektoren*. Diese entstehen aus den langfristigen *Kompetenzprofilen* der Kompetenzeinheiten, aus konkreten *Angeboten* oder aus *Kombinationen* daraus. Für den Gesamtprozeß läßt die Fitneß eine Beurteilung darüber zu, wie gut bestimmte Kombinationen von Leistungserbringern geeignet sind, die Anforderungen an den Gesamtprozeß zu erfüllen. Diejenige Kombination von Leistungserbringern, die unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen den höchsten Fitneßwert erreicht, beschreibt die optimale Wertschöpfungskette²⁰.

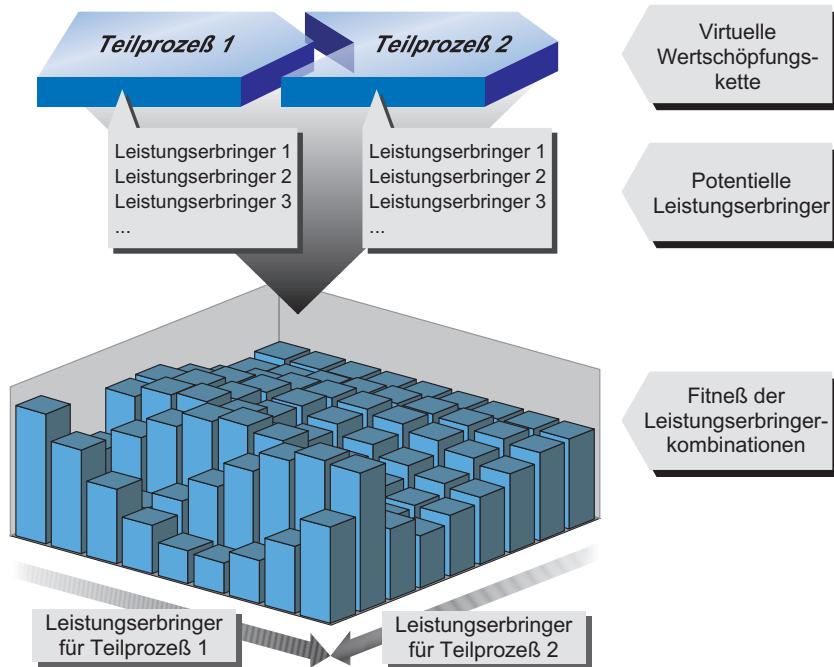


Abbildung 30: *Auswahl der optimalen Kombination von Leistungserbringern durch Ermittlung des Fitneßwerts für den Gesamtprozeß*

²⁰ Im folgenden wird in Übereinstimmung mit der gängigen Praxis der Ausdruck Fitneß nicht nur zur Bezeichnung der Funktionsvorschrift verwendet. Unter Fitneß soll auch das Ergebnis der Anwendung dieser Funktionsvorschrift auf eine bestimmte Kompetenzkombination verstanden werden.

5.3.2 Mögliche Optimierungsverfahren

Sind die Fähigkeitsvektoren möglicher Leistungserbringer und die Fitneßfunktion bekannt, so kann die Auswahl einer geeigneten Kombination von Leistungserbringern als typische Optimierungsaufgabe verstanden werden. Nach *Kinnebrock (1994)* bzw. *Lehmann (1997)* stehen zur Lösung derartiger Aufgaben folgende Verfahren zur Verfügung:

- *Deterministische Optimierungsverfahren* (Ermittlung der exakten Lösung durch Anwendung mathematischer Rechenvorschriften)
 - *Differenzierungsmethode*
 - *Gradientenmethode*
 - *Simplexmethode*
 - *Enumerationsmethode*
- *Regelbasierte Optimierungsverfahren* (Ermittlung einer geeigneten Lösung durch schrittweises Durchlaufen von Entscheidungsbäumen)
- *Heuristische Optimierungsverfahren* (Ermittlung einer befriedigenden Näherungslösung durch Probieren)
- *Meta-heuristische Optimierungsverfahren* (Ermittlung einer geeigneten Lösung durch Definition zweckmäßiger Einschränkungen und intelligentes Probieren)
 - *Einfaches Mutations-Selektions-Verfahren*
 - *Erweiterte Mutations-Selektions-Verfahren (Simulated-Annealing, Threshold-Accepting und Sintflut Methode)*
 - *Genetische Algorithmen*
 - *Evolutionsstrategien*

Die Auswahl des geeigneten Verfahrens wird im wesentlichen durch die vorhandenen Eingangsdaten sowie die Art und Komplexität des Optimierungsproblems beeinflußt.

Der Einsatz der deterministischen Verfahren Differenzierungsmethode, Gradientenmethode und Simplexmethode ist zur Konfiguration der Wertschöpfungskette nicht möglich, da die Fitneßfunktion weder stetig noch differenzierbar ist und darüber hinaus kein Ansatz für eine analytische Lösung existiert. Die Methode der vollständigen Enumeration kann prinzipiell verwendet werden. Sie weist zwar den Vorteil auf, sicher die beste Lösung zu identifizieren, stößt aber genauso wie regelbasierte oder heuristi-

sche Lösungsverfahren wegen der Menge von Kombinationsmöglichkeiten und des damit zu erwartenden Rechenaufwands schnell an ihre Grenzen (vgl. Abbildung 31). Er orientiert sich, sofern es keine zusätzliche Einschränkungen hinsichtlich der Auswahl der Leistungserbringer gibt, direkt an der Anzahl n_k der zu untersuchenden Kombinationsmöglichkeiten von Leistungserbringern. Unter der Prämisse, daß für jeden Teilprozeß dieselbe Anzahl potentieller Leistungserbringer zur Verfügung steht, gilt:

$$n_k = n_{LE} \cdot n_p \quad (\text{Gl. 2})$$

mit n_{LE} : Anzahl potentieller Leistungserbringer

n_p : Anzahl der Teilprozesse

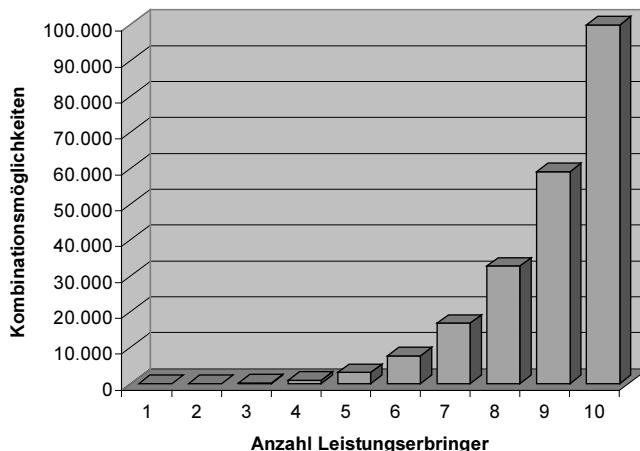


Abbildung 31: Kombinatorische Explosion der Kombinationsmöglichkeiten bei einer Wertschöpfungskette, die aus fünf Teilprozessen besteht

Die notwendige Rechenzeit hängt beim Einsatz von EDV-Anlagen naturgemäß von der vorhandenen Rechnerleistung ab. Bis zu einem Wert $n_{k,grenz}$ können sämtliche Kombinationsmöglichkeiten betrachtet werden (vollständige Enumeration), darüber sollten meta-heuristische Optimierungsalgorithmen eingesetzt werden²¹.

Beim einfachen Mutations-Selektions-Verfahren besteht eine relativ große Wahrscheinlichkeit, daß nicht das globale Optimum sondern lediglich eines von mehreren

²¹ Für $n_{k,grenz}$ kann kein absoluter Wert angegeben werden, da $n_{k,grenz}$ von der vorhandenen Rechnerleistung und der zur Verfügung stehenden Rechenzeit abhängt. Aus diesem Grund muß $n_{k,grenz}$ jeweils im Einzelfall ermittelt werden.

lokalen Optima gefunden wird. Die Gruppe der erweiterten Mutations-Selektions-Verfahren minimiert dieses Risiko deutlich. Sie kann prinzipiell als geeignet zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten eingestuft werden. Verschiedene Untersuchungen (*Dueck u. a. 1993; Kinnebrock 1994; Kohler 1994; Seidel 1994*) zeigen, daß aus dieser Gruppe in vielen Fällen das Threshold-Accepting-Verfahren die besten Ergebnisse hinsichtlich Optimierungsgrad und Laufzeit liefert.

Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien basieren auf demselben Grundprinzip wie die Mutations-Selektions-Verfahren. Im Vergleich zu diesen liefern genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien zwar etwas bessere Ergebnisse, erfordern aufgrund ihrer deutlich höheren Komplexität jedoch mehr Rechenzeit (*Kinnebrock 1994*).

Grundsätzlich ist es vorteilhaft, nach dem Prinzip der vollständigen Enumeration möglichst sämtliche zulässige Kombinationen von Leistungserbringern zu berücksichtigen. Dieses Vorgehen gewährleistet sicher die Identifikation der optimalen Wertschöpfungskette. Die Grenze für einen sinnvollen Einsatz der vollständigen Enumeration ergibt sich aus dem notwendigen Rechenaufwand.

Aus diesem Grunde wird für Konfigurationsaufgaben, bei denen n_k unter $n_{k,grenz}$ liegt, die Methode der vollständigen Enumeration ausgewählt, darüber kommt das Threshold-Accepting-Verfahren zum Einsatz. Dieses wird, aufbauend auf *Kinnebrock (1994)*, für den Einsatz zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten angepaßt:

Zunächst wird eine beliebige Kombination potentieller Leistungserbringer K_{LE} gewählt und deren Fitneß $F(K_{LE})$ ermittelt. Dann wird durch zufälliges Ersetzen eines Leistungserbringers durch einen anderen K_{LE} zu K_{LE}' verändert (Mutation). Ist die Fitneß der neuen Kombination $F(K_{LE}')$ besser als die der alten $F(K_{LE})$, vermindert um eine Toleranzschwelle T , wird K_{LE}' als Ausgangskombination für die nächste Mutation ausgewählt, andernfalls K_{LE} (Selektion). Im Laufe der Optimierung wird die Toleranzschwelle T sukzessiv verkleinert, bis sie schließlich 0 erreicht. Eine optimale Kombination der Wertschöpfungskette liegt vor, sobald über eine bestimmte Anzahl von Iterationen hinweg keine signifikante Verbesserung der Fitneß der Kombination von Leistungserbringern auftritt²².

²² Anschaulich kann man sich das Threshold-Accepting-Verfahren folgendermaßen vorstellen: Ein Alpinist wandert Schritt für Schritt durch eine gebirgige Gegend. Die Höhe der Berge entspricht der Fitneß. Wenn der Alpinist nach einem Schritt eine größere Höhe erreicht als vorher oder die neue Höhe die alte um weniger als die Toleranzschwelle unterschreitet, geht er weiter, andernfalls geht er wieder zurück. Am Anfang ist die Toleranzschwelle sehr groß und der Alpinist kann fast beliebig umherlaufen. Von einem kleineren Hügel kann er relativ leicht wieder herunterkommen. Im Lauf der Zeit sinkt die Toleranzschwelle jedoch immer weiter und der Alpinist wird in immer größere Höhen getrieben. Insgesamt ist die Chance sehr gut, daß er zum Schluss vielleicht nicht den allerhöchsten Gipfel aber doch einen ziemlich hohen erreicht (*Dueck u. a. 1993*).

5.4 Zielsystem

Abschnitt 5.1 behandelte das Prinzip der Konfiguration auf der Basis von Anforderungs- und korrespondierenden Erfüllungsvektoren. Im folgenden werden die notwendigen Grundlagen zur Ermittlung dieser Vektoren beschrieben.

5.4.1 Anforderungen an das Zielsystem

Die Anforderungsvektoren entstehen aus der Instantiierung eines *generischen Zielsystems* für eine konkrete Aufgabenstellung. Dieses Zielsystem muß einer Reihe von Anforderungen genügen:

- Das generische Zielsystem muß den generellen Anforderungen an die *Qualität von Systemen zur Zielformulierung* genügen. Dies sind u. a. Lösungsneutralität, Vollständigkeit, Feststellbarkeit der Zielerfüllung, Möglichkeit der Prioritätensetzung, Widerspruchsfreiheit, Überblickbarkeit und Bewältigbarkeit des Zielkatalogs²³.
- Das generische Zielsystem muß einen *unterschiedlichen Detaillierungsgrad* sowie *gegenseitige Abhängigkeiten* einzelner Ziele berücksichtigen. Dazu muß das Zielsystem hierarchisch aufgebaut sein. Die Abbildung mehrfacher und komplexer Abhängigkeiten muß möglich sein.
- Das generische Zielsystem muß *operationalisierbar* sein, um als Bewertungsgrundlage zu dienen. Dies bedeutet, daß zumindest für die Ziele auf der untersten Zielhierarchie konkrete Bewertungskriterien vorhanden sein müssen, welche die Erreichung eines bestimmten Ziels quantifizierbar machen.
- Das generische Zielsystem muß sowohl Ziele, die den *Gesamtprozeß* betreffen, als auch solche, die für die *Teilprozesse* relevant sind, berücksichtigen. Abhängigkeiten der Gesamtprozeßziele von den Teilprozeßzielen und umgekehrt müssen verarbeitet werden können.
- Das generische Zielsystem muß für *unterschiedliche Kompetenznetzwerke, Aufgabenstellungen* und *Kompetenzkombinationen* geeignet sein. Dazu muß es einerseits die notwendige Flexibilität besitzen, um durch eine weitgehend freie Konfigurationsmöglichkeit einfach an verschiedene Situationen angepaßt werden zu können. Es muß andererseits aber auch derart gestaltet werden, daß neue Zielkategorien und Bewertungskriterien problemlos integriert werden können.

²³ Zur Gestaltung von Zielsystemen vgl. etwa Haberfellner (1997)

5.4.2 Generisches Zielsystem

Das Zielsystem dient der Beschreibung von Anforderungen an den Gesamt- bzw. an die Teilprozesse. Eine Übersicht über das generische Zielsystem zeigt Abbildung 32.

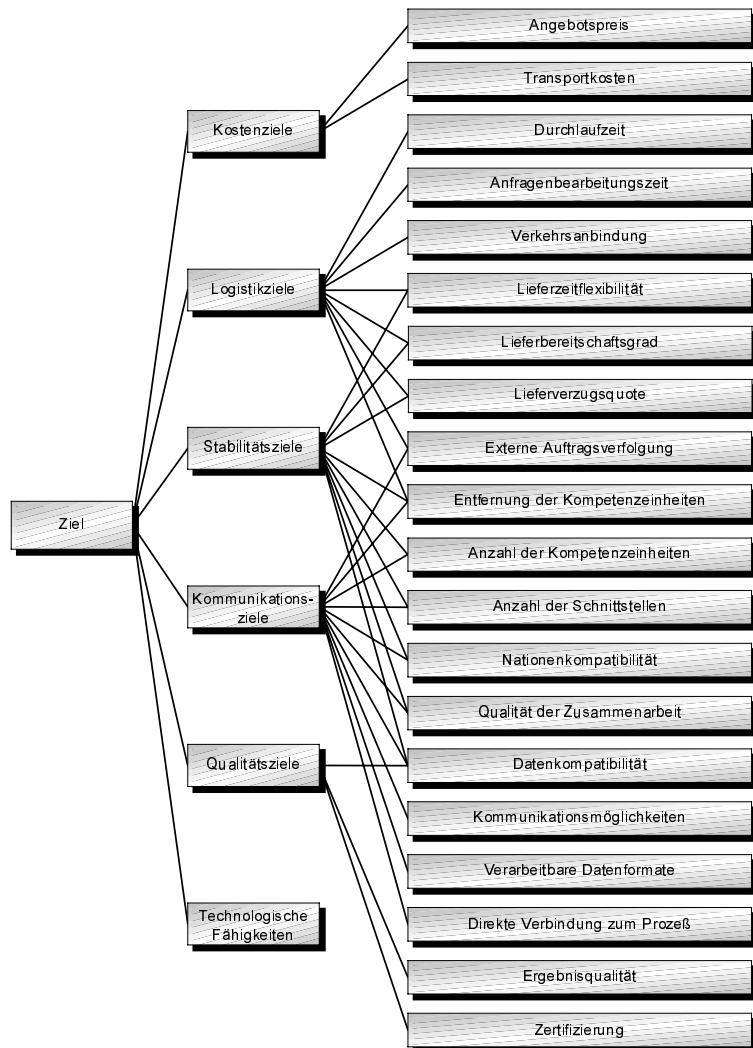


Abbildung 32: Generisches Zielsystem

Das dargestellte Zielsystem ist auf die jeweilige Situation anzupassen. Insofern ist Abbildung 32 als Beispiel für ein mögliches Zielsystem zu verstehen.

Die Ziele hinsichtlich der Erfüllung von Anforderungen können in Oberziele in den Bereichen *Kosten, Logistik, Stabilität, Kommunikation, Qualität und Technologische Fähigkeiten* eingeteilt werden. Diese Oberziele lassen sich mit Hilfe eines Satzes von Einzelkriterien näher spezifizieren. Da diese häufig jeweils mehrere Oberziele betreffen, spricht man von einem Zielsystem mit mehrfacher Hierarchie.

Auf Gesamtprozeßebene liefert das Zielsystem Kennzahlen, welche die Spezifikation der Anforderungen an den Gesamtprozeß ermöglichen. Hier werden außerdem die Schnittstellen zwischen Einzelprozessen in die Bewertung miteinbezogen.

Auf Teilprozeßebene liefert das Zielsystem Kennzahlen zur Spezifikation der Anforderungen an die Teilprozesse. Diese Anforderungen werden in vielen Fällen denjenigen, die an den Gesamtprozeß gerichtet werden, entsprechen. Es müssen jedoch auch abweichende Anforderungen definiert werden können. Bspw. kann es für den Gesamtprozeß wesentlich sein, möglichst geringe Herstellkosten zu erzielen, für einen bestimmten Teilprozeß sind jedoch Qualitätskriterien ausschlaggebend.

Das Zielsystem dient zunächst zur Festlegung des Anforderungsvektors durch Vergabe von Gewichtungen an Oberziele und Einzelkriterien. Genauso ermöglicht es aber auch die Bestimmung der Erfüllungsvektoren durch die Ermittlung des Grads der Zielerreichung in Verbindung mit den jeweiligen Gewichtungen.

Die Einzelkriterien werden im folgenden kurz erläutert:

- Der *Angebotspreis* umfaßt den direkt für die Erbringung einer Teilleistung zu zahlenden Preis.
- *Transportkosten* beziffern den Aufwand, der aufgrund des Transports von Zwischenprodukten zwischen den einzelnen Leistungserbringern auftritt. Sie hängen stark von der Art des Transportgutes ab. So sind z. B. elektronische Daten, die etwa als Ergebnis einer Konstruktionstätigkeit entstehen, viel einfacher und günstiger zu transportieren, als materielle Werkstücke.
- Die *Durchlaufzeit* beschreibt auf Teilprozeßebene die Zeit, die ab Auftragsvergabe an einen Leistungserbringer bis zur Übergabe der Zwischenprodukte eines Teilprozesses an den nächsten Teilprozeß verstreicht. Für den Gesamtprozeß beschreibt sie die Zeitspanne zwischen Auftragsvergabe an den ersten Leistungserbringer bis zum Ende des letzten Teilprozesses.

- Die *Anfragebearbeitungszeit* beschreibt die typische Reaktionsgeschwindigkeit von Leistungserbringern auf Anfragen. Sie spielt bei besonders zeitkritischen Projekten eine Rolle und kann insofern gut zur Vorauswahl von Leistungserbringern verwendet werden.
- Die *Verkehrsanbindung* liefert Aussagen, wie leistungsfähig die logistische Anbindung eines Leistungserbringers für den Austausch materieller Güter ist.
- Die *Lieferflexibilität* charakterisiert, inwieweit ein Leistungserbringer in der Lage ist, innerhalb eines vorgegebenen zeitlichen Rahmens, die Periode der tatsächlichen Wertschöpfung kurzfristig zu verschieben. Je höher die Lieferflexibilität ist, desto größer ist der Spielraum zur zeitlichen Verschiebung von Teilprozessen und desto einfacher können zeitoptimale Prozeßpläne erzeugt werden.
- Der *Lieferbereitschaftsgrad* ergibt sich aus dem Verhältnis von termingerechten Aufträgen zu allen Aufträgen, die ein Leistungserbringer durchgeführt hat.
- Die *Lieferverzugsquote* wird aus dem durchschnittlichen Verhältnis von verspäteter Auftragsfertigstellung zu geplanter Auftragsdurchführungszeit ermittelt.
- Die Möglichkeit einer *externen Auftragsverfolgung* erlaubt es dem Leistungsintegrator, den Stand der Auftragsdurchführung beim Leistungserbringer mittels IuK-Werkzeugen zu überwachen und somit Abweichungen schnell zu erkennen.
- Die *Entfernung der Kompetenzeinheiten* spielt eine Rolle zur Beurteilung des Koordinations- sowie Logistikaufwands.
- Die *Anzahl der Kompetenzeinheiten* lässt Schlüsse auf den Koordinationsaufwand zu.
- Die *Anzahl der Schnittstellen* zwischen den einzelnen Leistungserbringern ist ein Kriterium zur Bewertung des Koordinations- und Transaktionsaufwands sowie der Gefahr des Auftretens von Störungen.
- Ebenso erlaubt die *Nationenkompatibilität* Rückschlüsse auf den Koordinations- und den Transaktionsaufwand sowie auf das Störungsrisiko, wenn sich die Wertschöpfungskette aus Leistungserbringern aus verschiedenen Ländern zusammensetzt. Hier spielen z. B. unterschiedliche kulturelle Gegebenheiten oder sprachliche Barrieren eine Rolle.
- Die *Qualität der Zusammenarbeit* liefert Aussagen über die Fähigkeiten eines Leistungserbringers, effektiv und effizient in Kooperationen zu agieren.

- Die *Datenkompatibilität* beschreibt den Transaktionsaufwand der beim Austausch von Daten zwischen einzelnen Leistungserbringern entsteht.
- Die *Kommunikationsmöglichkeiten* stellen die technischen Möglichkeiten dar, die einem Leistungserbringer zum Datenaustausch zur Verfügung stehen.
- Die *verarbeitbaren Datenformate* umfassen diejenigen Austauschstandards für Produkt-, Geschäfts- und Finanzdaten, die ein Leistungserbringer beherrscht.
- Eine möglichst *direkte Verbindung zum Prozeß* ist gegeben, wenn der Leistungsintegrator unmittelbar mit den Prozeßverantwortlichen beim Leistungserbringer kommunizieren kann.
- Die *Ergebnisqualität* bewertet die Resultate, die ein Leistungserbringer in vergangenen Wertschöpfungsketten liefert hat.
- Die *Zertifizierung* ermöglicht eine Beurteilung von Leistungserbringern hinsichtlich der Erfüllung anerkannter Qualitätsstandards.
- *Technologische Fähigkeiten* nehmen eine Sonderstellung ein. Zur Ermittlung der technischen Fähigkeiten von Leistungserbringern werden sog. *Prozeßfähigkeitsmerkmale* definiert. Sie beschreiben den Grad der Kompetenz eines Leistungserbringens, einen bestimmten technologischen Prozeß wie gefordert durchzuführen.

5.4.3 Leistungsbeschreibung

Neben der Definition der Anforderungen ist eine genaue inhaltliche Spezifikation der im Rahmen eines Prozeßschritts zu erbringenden Leistungen erforderlich. Dazu wird eine netzwerkweit einheitliche Leistungsbeschreibung benötigt, damit die einzelnen Kompetenzeinheiten auf der Basis dieses Standards irrtumsfrei kommunizieren können (*Schliffenbacher u. Rudorfer 1998*).

Zur Erfüllung dieser Forderung werden den im Kompetenznetzwerk vorhandenen Kompetenzen (beschreiben die Fähigkeiten der Leistungserbringer) entsprechende Leistungen (erlauben die Spezifikation der Anforderungen seitens der Leistungsintegatoren) gegenübergestellt. Vergleichbar dem generischen Zielsystem sind auch die Leistungen in einem System mit mehrfacher Hierarchie angeordnet. An dessen Verzweigungspunkten sind *echte* bzw. *Pseudo-Leistungen* angeordnet. Echte Leistungen erlauben die konkrete Anforderungsspezifikation mittels eines Satzes beschreibender Attribute. Pseudo-Leistungen verfügen dagegen nicht über Attributlisten. Sie dienen lediglich als abstraktes Strukturierungselement, um eine flexible Gliederung der Leistungshierarchie zu ermöglichen (vgl. Abbildung 33).

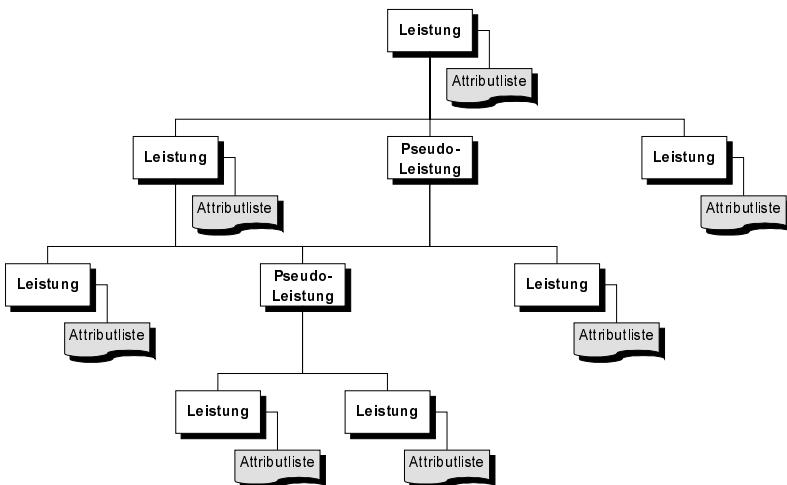


Abbildung 33: Leistungshierarchie

Bei der konkreten Definition der Leistungsbeschreibung für ein bestimmtes Kompetenznetzwerk muß entschieden werden, ob eine ausgeprägte, sowohl breite als auch tiefe Hierarchie mit vielen unterschiedlichen Leistungstypen und sehr spezifischen Attributlisten oder eine einfache Hierarchie mit recht allgemeinen Attributlisten verwendet werden soll.

Eine ausgeprägte Hierarchiestruktur

- ermöglicht eine exakte Anforderungsbeschreibung für Teilleistungen, da sehr spezielle Attributlisten definiert werden können,
- stellt hohe Ansprüche an den Benutzer, da er in der Lage sein muß, den geeigneten Leistungstyp exakt zu identifizieren und
- erlaubt kaum die Spezifikation von Aufgaben, die von den vorgegebenen Leistungstypen abweichen.

Eine einfache Hierarchiestruktur

- gestattet nicht in jedem Fall eine exakte Spezifikation von Anforderungen, da die Attributlisten relativ allgemeingültig sein müssen und
- zeichnet sich durch Übersichtlichkeit und eine damit verbundene einfache Navigation durch die Leistungshierarchie aus.

Es ist Aufgabe der zentralen Netzwerkfunktionen Organisationsgestaltung bzw. Netzentwicklung (vgl. Abschnitt 4.4) in diesem Spannungsfeld zwischen exakter Beschreibung und einfacher Benutzerschnittstelle den geeigneten Kompromiß zu finden. Abbildung 34 stellt exemplarisch einen Ausschnitt aus einer Attributliste für eine einfache *Rapid-Prototyping-Leistung*²⁴ dar.

Länge x Breite x Höhe [mm]	- textuelle Beschreibung -
Kurze Bauteilbeschreibung	- textuelle Beschreibung -
Anzahl Bauteile	- textuelle Beschreibung -
Dateiliste	- Auswahlliste -
Einsatzzweck	<input type="checkbox"/> Design prüfen <input type="checkbox"/> Haptik prüfen <input type="checkbox"/> Geometrie prüfen <input type="checkbox"/> Montage prüfen <input type="checkbox"/> Schnappverbindungen prüfen
Sonstiger Einstatzzweck	- textuelle Beschreibung -
Oberfläche der Teile	Stufen (keine Zusatzkosten) Glatt (Zusatzkosten) Poliert (Zusatzkosten)
Bevorzugte RP-Verfahren	<input type="checkbox"/> SLA (Stereolithographie) <input type="checkbox"/> SLS (Selektives Lasersintern) <input type="checkbox"/> FDM (Fused Deposition Modelling) <input type="checkbox"/> MJM (Multi-Jet Modelling) <input type="checkbox"/> MM (Model Maker) <input type="checkbox"/> SLC (Solid Ground Curing) <input type="checkbox"/> LOM (Laminated Object Manufacturing) <input type="checkbox"/> PLT (Paper Laminated Technology)
Daten bei Auftragsvergabe (2D/3D, Format)	- textuelle Beschreibung -
Daten verfügbar ab	- textuelle Beschreibung -
Gewünschter Liefertermin	- textuelle Beschreibung -
Sonstige Angaben	- textuelle Beschreibung -

Abbildung 34: Attributliste für eine Rapid-Prototyping-Leistung (Ausschnitt)

²⁴ Unter dem Oberbegriff *Rapid Prototyping* faßt man eine Gruppe generativer Fertigungsverfahren zusammen, mit denen in kurzer Zeit körperliche Modelle durch Aufeinanderlegen von Materialschichten auf Basis von 3D-CAD-Daten hergestellt werden können. Daneben werden z. T. auch noch weitere Fertigungsverfahren, die sich aufgrund ihrer Flexibilität und Schnelligkeit zur Herstellung einzelner Prototypen eignen, darunter subsumiert. Dazu zählen etwa das Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC) oder verschiedene thermische oder mechanische Umformverfahren (vgl. hierzu etwa Geuer 1996; Macht 1997).

Eigene Erfahrungen aus der Praxis lassen den Schluß zu, daß im Bereich der Produktionstechnik, einer einfachen Struktur mit relativ wenigen Leistungstypen und allgemeinen Attributlisten der Vorzug zu geben ist (vgl. hierzu Abschnitt 7).

5.4.4 Operationalisierung der Zielkriterien

5.4.4.1 Normierung der Zielgewichtungen

Die einzelnen Zielkriterien sind in einem Zielsystem mit mehrfacher Hierarchie angeordnet. Die Festlegung von Anforderungen an die Wertschöpfungskette erfolgt durch die Vergabe von Gewichtungsfaktoren für die Oberziele und für die Einzelkriterien durch den Leistungsintegrator. Diese Gewichtungsvergabe ist völlig wahlfrei, d. h. der Leistungsintegrator kann die Gewichtungsfaktoren auf jeder Ebene beliebig festlegen, ohne sich um die gegenseitige Abhängigkeiten der Ziele kümmern zu müssen. Die Bewertung einer Wertschöpfungskette erfolgt immer auf der Basis der Erfüllungsgrade der Einzelkriterien. Deshalb ist es notwendig, aus den benutzerdefinierten Gewichtungen der Oberziele und der Einzelkriterien die normierten Gewichtungen der Einzelkriterien abzuleiten. Hierzu wird folgendes Vorgehen angewandt:

1. Normierung der Gewichtungen der Oberziele

Es ist möglich, die benutzerdefinierten Gewichtungsfaktoren O_i zwischen 0 und 100% für jedes Oberziel frei zu wählen. Für einen Satz von n Oberzielen erfolgt die Ermittlung der normierten Gewichtungsfaktoren $O_{i,norm}$ folgendermaßen:

Für alle $i = 1 \dots n$ berechne:

$$O_{i,norm} = \frac{O_i}{\sum_{k=1}^n O_k} \quad (\text{Gl. 3})$$

mit: n : Anzahl der Oberziele

Abbildung 35 stellt ein Beispiel für die Berechnung der normierten Gewichtungsfaktoren für die Oberziele dar.

<i>i</i>	Oberziel	Gewichtungsfaktor O_i	Norm. Gewichtungsfaktor $O_{i,norm}$
1	Kosten	80%	38%
2	Logistik	30%	14%
3	Stabilität	10%	5%
4	Kommunikation	40%	19%
5	Qualität	50%	24%
			100%

Abbildung 35: Normierung der Gewichtung der Oberziele

2. Normierung der Gewichtungen der Einzelkriterien

Die normierten Gewichtungsfaktoren der Oberziele müssen in den abhängigen Einzelkriterien berücksichtigt werden. Dabei können für ein und dasselbe Einzelkriterium unterschiedliche Gewichtungsfaktoren vergeben werden, je nach Oberziel, aus dessen Sichtweise das Einzelkriterium betrachtet wird. So kann z. B. für das Einzelkriterium *Externe Auftragsverfolgung* aus der Sicht des Oberziels *Logistik* ein Gewichtungsfaktor von 20%, aus der Sicht des Oberziels *Kommunikation* jedoch ein Gewichtungsfaktor von 60% vorgesehen werden.

Die Berechnung der normierten Gewichtungen der Einzelkriterien erfolgt nach folgendem Schema:

Es existieren n Oberziele und m Einzelkriterien. Die normierten Gewichtungsfaktoren der Oberziele $O_{i,norm}$ werden nach Gl. 3 berechnet. Die frei gewählten Gewichtungsfaktoren der Einzelkriterien E_{ij} sind bekannt. Die normierten Gewichtungsfaktoren der Einzelkriterien $E_{j,norm}$ können dann folgendermaßen ermittelt werden:

Schritt 1: Für alle $i = 1 \dots n$ und alle $j = 1 \dots m$ berechne:

$$E_{ij,norm} = \frac{E_{ij}}{\sum_{k=1}^n E_{ik}} \cdot O_{i,norm} \quad (\text{Gl. 4})$$

Schritt 2: Für alle $j = 1 \dots m$ berechne:

$$E_{j,norm} = \sum_{i=1}^n E_{ij,norm} \quad (\text{Gl. 5})$$

mit n : Anzahl der Oberziele

m : Anzahl der Einzelkriterien

Dieser Vorgang soll mit beispielhaften benutzerdefinierten Gewichtungen für einen reduzierten Satz von drei Oberzielen und vier Einzelkriterien erläutert werden (vgl. Abbildung 36).

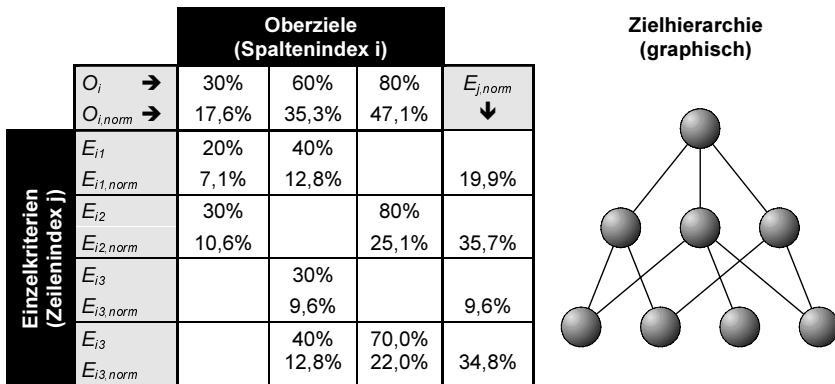


Abbildung 36: Normierung der Gewichtung der Einzelkriterien

In Abbildung 36 sind drei Oberziele mit den benutzerdefinierten Gewichtungen $O_1 = 30\%$, $O_2 = 60\%$ und $O_3 = 80\%$ dargestellt. Daraus ergeben sich nach Gl. 3 zunächst die normierten Gewichtungen $O_{1,norm} = 17,6\%$, $O_{2,norm} = 35,3\%$ und $O_{3,norm} = 47,1\%$.

Das erste Einzelkriterium referenziert das erste und zweite Oberziel. Die benutzerdefinierten Gewichtungen sind $E_{11} = 20\%$ und $E_{21} = 40\%$. Nach Gl. 4 ergeben sich daraus $E_{11,norm} = 7,1\%$ und $E_{21,norm} = 12,8\%$. Durch Summation nach Gl. 5 erhält man die normierte Gewichtung für das Einzelkriterium $E_{1,norm} = 19,9\%$. Die Ermittlung der normierten Gewichtungen der weiteren Einzelkriterien erfolgt analog.

5.4.4.2 Vorgehensweise zur Ermittlung der Zielerfüllung

Um die Ergebnisse für die Erfüllung der einzelnen Zielkriterien vergleichbar machen zu können, werden diesen abstrakte Maßzahlen (z. B. von 0% bis 100%) zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt über sog. *Bewertungsfunktionen*.

Bewertungsfunktionen können dabei nur dann direkt aufgestellt werden, wenn die jeweiligen Zielkriterien direkt meßbar und in einer *Kardinalskala* darstellbar sind (z. B. Lieferzeit). Im Rahmen des hier vorgeschlagenen Zielsystems werden für derartige Kriterien lineare Bewertungsfunktionen verwendet (vgl. Abbildung 37).

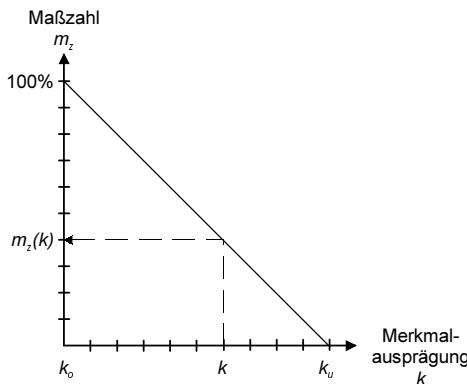


Abbildung 37: Zuordnung eines Zielkriteriums zu einer Maßzahl mittels einer linearen Bewertungsfunktion

Die Berechnung der Maßzahl m_z zur Beschreibung des Zielerreichungsgrads erfolgt nach folgender Formel:

$$m_z = \frac{k - k_u}{k_o - k_u} \quad (\text{Gl. 6})$$

mit: k : Aktuelle Merkmalausprägung

k_o : Obergrenze der Merkmalausprägung

k_u : Untergrenze der Merkmalausprägung

Kann die Erreichung eines bestimmten Zielkriteriums nicht durch einen exakten Zahlenwert repräsentiert werden, sondern lediglich durch linguistische Ausdrücke (z. B. Qualität der Zusammenarbeit), so spricht man von einer *Nominalskala*. Spielt lediglich die Rangfolge der einzelnen Ausprägungen eines Zielkriteriums nicht aber deren Abstand zueinander eine Rolle (z. B. bei der Länderkompatibilität), handelt es sich um eine *Ordinalskala*. In den beiden letzten Fällen kann eine Ableitung der Maßzahlen über eine Skalierungsmatrix (vgl. Abbildung 38) erfolgen, in der den linguistischen Ausdrücken bzw. den Rangpositionen konkrete Maßzahlen zugeordnet werden (Haferfellner u. a. 1997).

Erreichung eines Zielkriteriums	unzureichend	schlecht	es geht	gut	hervorragend
Rangfolge (20 Positionen)	20 - 16	15 - 11	10 - 7	6 - 4	3 - 1
Maßzahl	0%	25%	50%	75%	100%

Abbildung 38: Bsp. einer Skalierungsmatrix zur Zuordnung von Maßzahlen bei Nominal- und Ordinalskalen

Die Maxima bzw. Minima der Maßzahlen müssen dabei nicht zwangsläufig durch die tatsächlich vorkommenden absolut besten bzw. schlechtesten Kompetenzkombinationen bestimmt werden. Bei der Optimierung nach dem Threshold-Accepting-Verfahren sind diese ja a priori nicht bekannt, da nicht sämtliche Kompetenzkombinationen untersucht werden. Deshalb sind für jedes Bewertungskriterium vor der eigentlichen Optimierung sinnvolle Grenzen des Wertebereichs festzulegen.

5.4.4.3 Datenbasis zur Ermittlung der Zielerfüllung

Stammdaten

Stammdaten sind öffentlich verfügbare Informationen, die eine Kompetenzeinheit charakterisieren. Sie stehen sämtlichen Teilnehmern am Kompetenznetzwerk zur Verfügung. Beispiele hierfür sind etwa Angaben über die Entfernung von Kompetenzeinheiten oder Informationen über Zertifizierungen.

Historische Daten

Historische Daten ermöglichen die Beurteilung einer Wertschöpfungskette aufgrund von Erfahrungen aus früheren Projekten. Bspw. können Informationen über die Lieferbereitschaft oder die Fähigkeit zur Zusammenarbeit mittels historischer Daten eruiert werden. Historische Daten entstehen bspw. durch die Beurteilung einer Kompetenzeinheit durch eine andere. Diese Informationen sind als sensibel anzusehen. Sie dürfen nicht ohne vorherige Vereinbarung anderen Kompetenzeinheiten im Kompetenznetzwerk zugänglich gemacht werden. Dies bedeutet, daß im für die Datenerhebung ungünstigsten Fall nur auf eigene historische Daten zurückgegriffen werden kann. Es sind allerdings auch Regelungen denkbar, die eine Veröffentlichung von Beurteilungsinformationen für ein bestimmtes Projekt oder für das ganze Kompetenznetzwerk zulassen, so daß auch auf Erfahrungen anderer Kompetenzeinheiten bei der Konfiguration der Wertschöpfungskette zurückgegriffen werden kann.

Bei Kriterien, deren Bewertung auf historischen Daten beruht, werden zusätzlich Volumenklassen eingeführt (vgl. Abbildung 39). Sie beschreiben den monetären Umfang eines von einer Kompetenzeinheit durchgeführten Teilprozesses. Je nach Volumenklasse gehen die korrespondierenden Informationen unterschiedlich stark in die Ermittlung des Zielerreichungsgrads ein. Folgende Volumenklassen werden exemplarisch definiert:

Volumenklasse	Wertebereich	Gewichtungsfaktor g_v
1	Bis 10.000 DM	20%
2	Bis 50.000 DM	40%
3	Bis 250.000 DM	60%
4	Bis 1.000.000 DM	80%
5	Über 1.000.000 DM	100%

Abbildung 39: Wertebereich und Gewichtung von Volumenklassen (Beispiel)

Angebotsdaten

Bei der marktlichen Konfiguration der Wertschöpfungskette reagieren potentielle Leistungserbringer mit Angeboten auf Anfragen des Leistungsintegrators. Die in den Angeboten enthaltenen Informationen können direkt zur Ermittlung des Zielerreichungsgrads verwendet werden. Typische Informationen aus Angeboten sind etwa der Preis oder mögliche Start- bzw. Endtermine.

Temporäre Daten

Temporäre Daten entstehen erst bei der Bewertung einer bestimmten Kombination von Leistungserbringern. Beispiele hierfür sind die Gesamtzahl der an einer Wertschöpfungskette beteiligten Kompetenzeinheiten oder die Anzahl der Schnittstellen zwischen den Kompetenzeinheiten.

Abbildung 40 zeigt eine Übersicht über sämtliche Bewertungskriterien. Es wird dargestellt, auf welcher Basis die Informationen zur Berechnung der Maßzahlen ermittelt werden.

Zielkriterien	Primäre Datenherkunft			
	Maßzahlenermittlung aus Stammdaten	Maßzahlenermittlung aus historischen Daten	Maßzahlenermittlung aus Angebotsdaten	Maßzahlenermittlung aus temporären Daten
Angebotspreis			●	
Transportkosten	●			
Durchlaufzeit			●	
Anfragebearbeitungszeit		●		
Verkehrsanbindung	●			
Lieferflexibilität			●	
Lieferbereitschaftsgrad		●		
Lieferverzugsquote		●		
Online-Auftragsverfolgung	●			
Entfernung der Kompetenzeinheiten	●			
Anzahl der Kompetenzeinheiten				●
Anzahl der Schnittstellen				●
Länderkompatibilität		●		
Qualität der Zusammenarbeit		●		
Datenkompatibilität	●			
Kommunikationsmöglichkeiten	●			
Verarbeitbare Datenformate	●			
Verbindung zum Prozeß	●			
Ergebnisqualität		●		
Zertifizierung	●			
Technische Fähigkeit	●			

Abbildung 40: Übersicht der Zielkriterien

5.4.4.4 Beispiele zur Berechnung der Maßzahlen

Das konkrete Vorgehen bei der Maßzahlenermittlung soll an einigen Beispielen detailliert beschrieben werden.

Beispiel: Angebotspreis

1. Ermittlung der Grenzen des Bewertungsraums

Für jeden Teilprozeß wird zunächst der billigste Angebotspreis $p_{j,\min}$ und der teuerste Angebotspreis $p_{j,\max}$ ermittelt. Die Ober- und Untergrenzen des Bewertungsraums ergeben sich dann zu:

$$k_o = \sum_{j=1}^{n_p} p_{j,\min} \quad (\text{Gl. 7})$$

$$k_u = \sum_{j=1}^{n_p} p_{j,\max} \quad (\text{Gl. 8})$$

mit: n_p : Anzahl der Teilprozesse

2. Ermittlung der Maßzahlen

Die Maßzahl m_z für eine beliebige Angebotskombination berechnet sich zu:

$$m_z = \frac{k - k_u}{k_o - k_u} = \sum_{j=1}^{n_p} \frac{p_j - p_{j,\max}}{p_{j,\min} - p_{j,\max}} \quad (\text{Gl. 9})$$

mit: p_j : Angebotspreis für einen Teilprozeß

Beispiel: Entfernung der Kompetenzeinheiten

1. Ermittlung der Grenzen des Bewertungsraums

Als günstigster Fall wird angenommen, daß alle Teilprozesse von einer Kompetenzeinheit durchgeführt werden. Als ungünstigster Fall wird angenommen, daß sämtliche Teilprozesse immer abwechselnd von denjenigen Kompetenzeinheiten durchgeführt werden, zwischen denen die größte räumliche Entfernung liegt.

$$k_o = 0 \quad (\text{Gl. 10})$$

$$k_u = n_{S,\max} \cdot e_{\max} \quad (\text{Gl. 11})$$

mit: $n_{S,\max}$: Maximal mögliche Anzahl von Schnittstellen zwischen den Teilprozessen

e_{\max} : Maximale Entfernung zweier Kompetenzeinheiten

2. Ermittlung der Maßzahlen

Für eine bestimmte Kompetenzkombination errechnet sich die Maßzahl m_z zu:

$$m_z = \frac{k_o - k_u}{k_o} = \frac{n_{S,\max} \cdot e_{\max} - \sum_{i=1}^{n_S} e_i}{n_{S,\max} \cdot e_{\max}} \quad (\text{Gl. 12})$$

mit: n_S : Anzahl der Schnittstellen zwischen den Teilprozessen bei der untersuchten Kompetenzkombination

e_i : Entfernung der Kompetenzeinheiten bei einer bestimmten Schnittstelle der untersuchten Kompetenzkombination

Beispiel: Qualität der Zusammenarbeit

1. Ermittlung der Grenzen des Bewertungsraums

$$k_o = 100\% \quad (\text{Gl. 13})$$

$$k_u = 0\% \quad (\text{Gl. 14})$$

2. Ermittlung der Maßzahlen

Bei der Untersuchung von Kriterien, die auf der Basis von historischen Daten ermittelt werden, gehen nur diejenigen Vergangenheitswerte in die Berechnung ein, die nicht älter als t_{\max} Tage sind. Außerdem werden zur Berechnung des Durchschnittswerts aus historischen Daten jüngere Vergangenheitswerte stärker berücksichtigt als ältere (vgl. Abbildung 41).

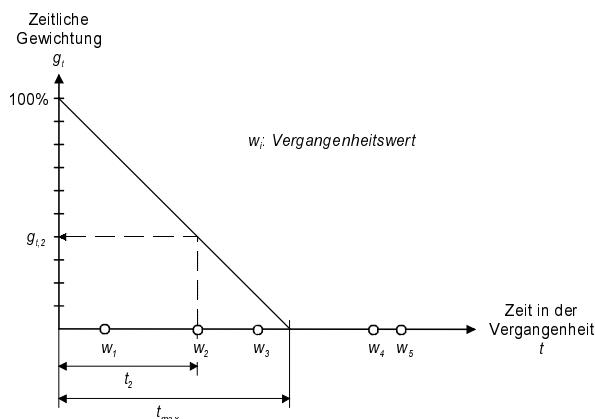


Abbildung 41: Ermittlung der zeitlichen Gewichtungsfaktoren

Zunächst wird derjenige Beurteilungswert w festgestellt, der die zeitliche Bedingung, nicht älter als t_{max} Tage zu sein, gerade nicht mehr erfüllt (im obigen Bsp. w_4). Nun wird die Anzahl n_t der Werte w_i ermittelt, welche die zeitliche Bedingung erfüllen (im obigen Bsp. $n_t = 3$). Für jeden Wert w_i wird der Zeitabstand t_i zum aktuellen Datum t_0 errechnet. Die zeitlichen Gewichtungsfaktoren $g_{t,i}$ für die Werte w_i ergeben sich dann zu:

$$g_{t,i} = 1 - \frac{t_i}{t_{max}} \quad (\text{Gl. 15})$$

Unter Berücksichtigung der volumenbezogenen Gewichtungsfaktoren $g_{v,i}$ kann dann die Maßzahl $m_{z,p}$ für einen Teilprozeß berechnet werden:

$$m_{z,p} = \frac{\sum_{i=1}^{n_t} g_{t,i} \cdot g_{v,i} \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n_t} g_{t,i} \cdot g_{v,i}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_t} ((t_{max} - t_i) \cdot g_{v,i} \cdot w_i)}{\sum_{i=1}^{n_t} ((t_{max} - t_i) \cdot g_{v,i})} \quad (\text{Gl. 16})$$

mit n_t : Anzahl der zu berücksichtigenden Vergangenheitswerte

Die Maßzahl m_z für die Gestaltung der gesamten Wertschöpfungskette errechnet sich zu:

$$m_z = \frac{1}{n_p} \sum_{j=1}^{n_p} m_{z,j} \quad (\text{Gl. 17})$$

mit n_p : Anzahl Teilprozesse

5.5 Kompetenzprofil

Das Kompetenzprofil beschreibt umfassend die langfristigen, unabhängig vom konkreten Projekt vorhandenen technischen und organisatorischen Kompetenzen, die eine Kompetenzeinheit zur Teilnahme an virtuellen Wertschöpfungsketten qualifizieren. Die Ermittlung und transparente Darstellung der Kompetenzprofile der jeweiligen Kompetenzeinheiten ist eine Voraussetzung für die Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in Kompetenznetzwerken. Für diese Aufgabe eignet sich ein zweistufiges Vorgehen mit den beiden Einzelschritten *Kernkompetenzanalyse* und *Kooperationsfähigkeitsanalyse*.

5.5.1 Kernkompetenzanalyse

Ziel der Kernkompetenzanalyse ist die Identifikation derjenigen (technischen) Kompetenzen, die eine Kompetenzeinheit vorteilhaft in virtuelle Wertschöpfungsketten einbringen kann. Nach *Prahalad u. Hamel (1990)* bzw. *Hoffman u. a. (1996)* versteht man unter einer Kernkompetenz eine Fähigkeit, die

- den Zugang zu vielen verschiedenen Geschäftsfeldern ermöglicht,
- Problemlösungen bietet und damit einen signifikanten Beitrag zur Erfüllung der Kundenwünsche leistet und
- einem Unternehmen bzw. einer Kompetenzeinheit zugeordnet werden kann und für Wettbewerber schwierig zu imitieren ist.

Die Kenntnis der eigenen Kernkompetenzen ist notwendig, damit eine Kompetenzeinheit erfolgreich in einem Kompetenznetzwerk agieren kann. Das generelle Vorgehen der hierzu durchzuführenden Kernkompetenzanalyse ist in Abbildung 42 dargestellt.

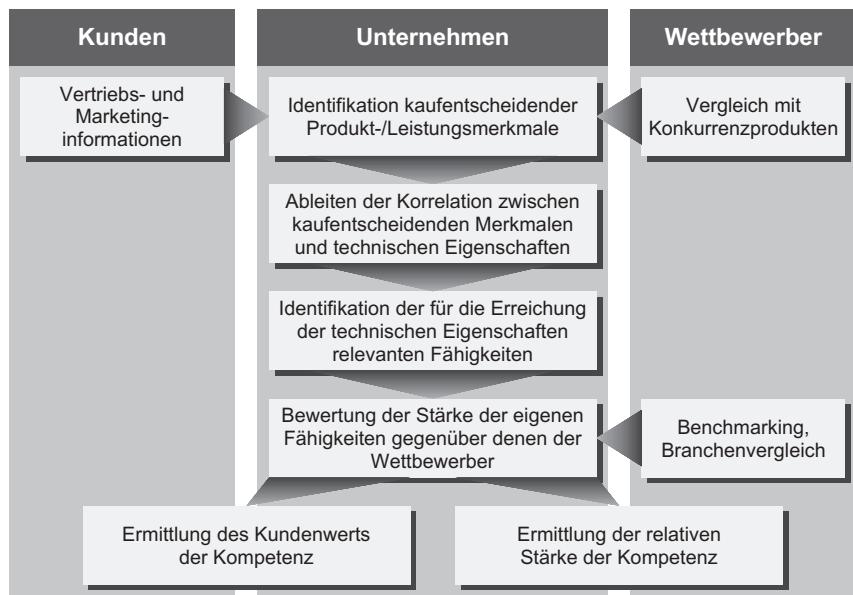


Abbildung 42: Vorgehen bei der Kernkompetenzanalyse (nach Rudorfer u. Schliffenbacher 1999)

Zunächst werden kaufentscheidende Produktmerkmale aus Sicht des Kunden identifiziert. Ähnlich dem Vorgehen bei *QFD*²⁵ werden hieraus die für die Zufriedenstellung der Kunden kritischen technischen Produkt- (bzw. Komponenten-) und Prozeßeigenschaften abgeleitet. Ergebnis sind generelle Aussagen darüber, inwieweit spezifische technologische Fähigkeiten für die Erfüllung von Kundenwünschen bedeutsam sind. Ein weiterer Vergleich mit den Fähigkeiten von Mitbewerbern ermöglicht schließlich die Einordnung in ein Kompetenzportfolio und damit die Identifikation der Kernkompetenzen (vgl. Abbildung 43). Eine umfassende Darstellung des beschriebenen Vorgehens zur Kernkompetenzanalyse findet sich in *Reinhart u. Grunwald (1999)*.

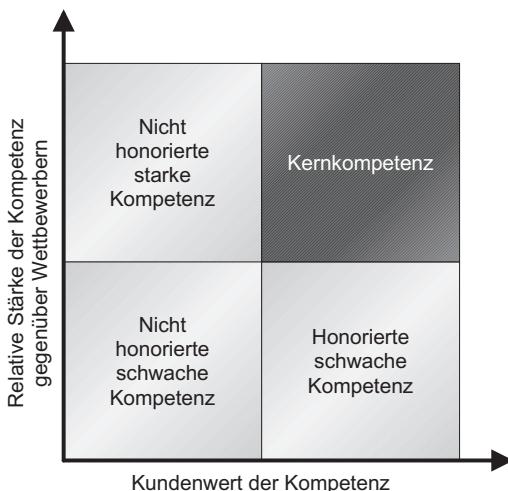


Abbildung 43: *Kompetenzportfolio (nach Reinhart u. Rudorfer 1999)*

5.5.2 Kooperationsfähigkeitsanalyse

Im Anschluß an die Kernkompetenzanalyse erfolgt die Kooperationsfähigkeitsanalyse. Hier wird festgestellt, inwieweit eine Kompetenzeinheit in der Lage ist, identifizierte Kernkompetenzen in virtuelle Wertschöpfungsketten einzubringen. Die Kooperationsfähigkeit eines Unternehmens manifestiert sich über bestimmte Ausprägungen der Merkmale des generischen Zielsystems. Sie spiegelt sich insbesondere in den Koope-

²⁵ QFD = *Quality Function Deployment*: Eine Qualitätsmethode, welche die Übertragung von Kundenanforderungen in Produkt- und Prozeßmerkmale ermöglicht (*Terninko 1997*).

rationsfähigkeitsparametern (z. B. Verkehrsanbindung, Möglichkeit zur externen Auftragsverfolgung, Kommunikationsmittel) sowie in den Prozeßfähigkeitsparametern (z. B. Genauigkeit, Bauraum) wider.

Bei der Kooperationsfähigkeitsanalyse werden zunächst diejenigen Prozeßabläufe ermittelt, die notwendig sind, um eine Kernkompetenz in eine unternehmensübergreifende Kooperation einzubringen. Dazu zählen neben den technischen (Fertigungs-) Prozessen auch kaufmännische Vorgänge, wie etwa Anfragebearbeitung, Angebotserstellung, Fakturierung, usw. Diese Geschäfts- und Fertigungsprozesse können anhand bestimmter Prozeßkennzahlen bewertet werden. So kann etwa ein Geschäftsprozeß *Anfragebearbeitung* u. a. durch die Dauer, ein Fertigungsprozeß *Fräsen* durch die erzielbare Genauigkeit beurteilt werden. Aus diesen Kennzahlen lassen sich dann detaillierte Werte für die Kooperationsfähigkeitsparameter, die für die Kompetenzeinheit in ihrer Gesamtheit gültig sind, sowie für die Prozeßfähigkeitsparameter, die nur den speziellen Prozeß betreffen, ableiten. Beide Parametergruppen sind nach Durchführung der Kooperationsfähigkeitsanalyse verfügbar und zählen somit zu den Stammdaten einer Kompetenzeinheit. Das genaue Vorgehen bei der Kooperationsfähigkeitsanalyse beschreiben Reinhart u. Rudorfer (1999).

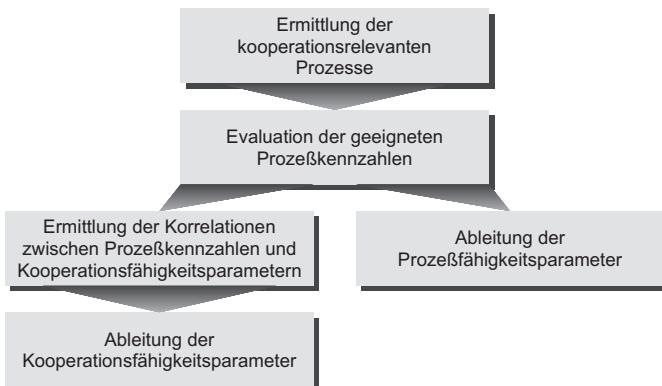


Abbildung 44: Vorgehen bei der Kooperationsfähigkeitsanalyse

5.6 Vorgehensmodell zur projektspezifischen Konfiguration der Wertschöpfungskette

In Abschnitt 5.1 wurde die prinzipielle Vorgehensweise bei der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten vorgestellt. Sie wird im folgenden detailliert ausgearbeitet. Die in den Abschnitten 5.2 bis 5.5 beschriebenen einzelnen Aspekte werden so in einen übergreifenden Zusammenhang gebracht.

5.6.1 Abhängigkeit vom Konfigurationsmechanismus

Das tatsächliche Vorgehen bei der Konfiguration hängt von den in Abschnitt 5.2 beschriebenen grundlegenden Konfigurationsmechanismen ab. Je nachdem, ob die Konfiguration auf hierarchische, auf einfache marktliche oder auf evolutionäre marktliche Weise erfolgt, werden alle oder nur einige der beschriebenen Schritte durchlaufen (vgl. Abbildung 45).

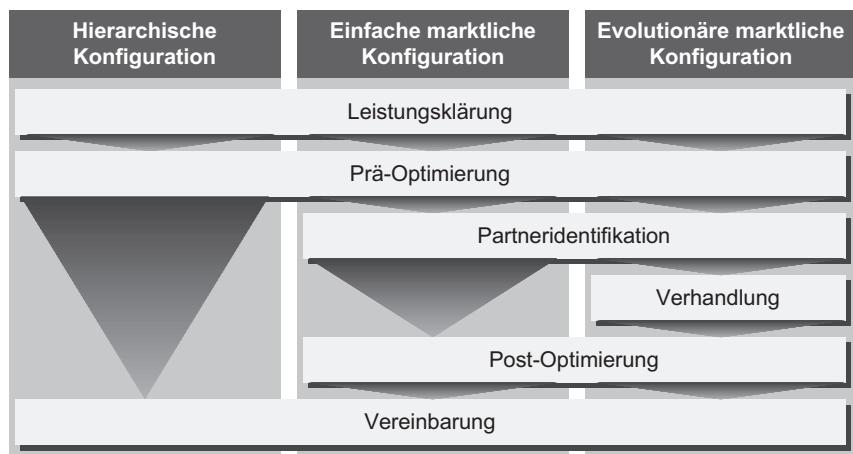


Abbildung 45: Alternative Vorgehensweisen bei der Konfiguration

Bei hierarchischer Konfiguration werden die Kooperationspartner bereits in der Phase der Prä-Optimierung fix ausgewählt, so daß bereits hier die Zusammenarbeit vereinbart werden kann. Die Prä-Optimierung umfaßt damit auch die Partneridentifikation.

Bei einfacher marktlicher und bei evolutionärer marktlicher Konfiguration bildet die Prä-Optimierung im Sinne einer Vorauswahl geeigneter Leistungserbringer die Grundlage für die nächsten Schritte. Da der eigentliche Konfigurationsprozeß auf der

Basis von Angeboten hier jedoch erst später stattfindet, kann auch auf die Prä-Optimierung verzichtet werden.

Die Phasen der Partneridentifikation und der Post-Optimierung sind nur bei den marktlichen Konfigurationsmechanismen explizit vorhanden. Die Phase der Verhandlung ist ausschließlich für die evolutionäre marktliche Konfiguration relevant.

Insgesamt können die Schritte bei der hierarchischen und der einfachen marktlichen Konfiguration im wesentlichen als Unterlage derjenigen bei der evolutionären marktlichen Konfiguration angesehen werden. Aus diesem Grund wird im folgenden das umfassende Vorgehen bei evolutionärer marktlicher Konfiguration beschrieben. Unterschiede zu den beiden anderen Mechanismen werden jeweils dargestellt.

5.6.2 Leistungsklärung

Ziel der Leistungsklärung ist die Spezifikation der Gesamtaufgabe und der daraus abgeleiteten Teilaufgaben derart, daß auf der Basis dieser Spezifikation die unternehmensübergreifende Wertschöpfungskette konfiguriert werden kann.

Folgendes idealisiertes Vorgehen wird zur Leistungsklärung angewandt:

1. Gesamtspezifikation

Zunächst erfolgt die globale Spezifikation des zu erbringenden Leistungsumfangs gegenüber dem externen Kunden. Dieser Schritt wird i. d. R. in enger Abstimmung zwischen externem Kunden und Leistungsintegrator durchgeführt. Ist die Gesamtaufgabe bereits weitgehend bekannt, kann der Leistungsintegrator bereits jetzt dem externen Kunden ein verbindliches Angebot aufgrund von Erfahrungen aus der Vergangenheit unterbreiten. In den meisten Fällen wird jedoch der Leistungsintegrator auf der Basis der Leistungsklärung zunächst mit potentiellen Leistungserbringern in Kontakt treten und erst dann dem Kunden ein konkretes Angebot vorlegen.

2. Gesamtzielsystem

Aufbauend auf der Gesamtspezifikation formuliert der Leistungsintegrator das auftragsabhängige Zielsystem für den Gesamtprozeß. Operativ umgesetzt wird dieser Schritt durch die Festlegung von Gewichtungswerten für die in Abschnitt 5.4.2 entwickelten Zielkriterien. Damit sind die Anforderungen an den Gesamtprozeß aus technisch-qualitativer und wirtschaftlich-organisatorischer Sicht beschrieben. Auf diese Weise entsteht der situationsabhängige Anforderungsvektor für den Gesamtprozeß.

3. Modularisierung

Im Anschluß daran wird die Gliederung der Gesamtaufgabe in getrennt durchzuführende Teilaufgaben durch den Leistungsintegrator durchgeführt. Diese Modularisierung erfolgt ohne Berücksichtigung von Restriktionen oder Möglichkeiten des eigenen Unternehmens. Außerdem werden möglichst kleine, unabhängig durchzuführende Teilaufgaben definiert, um viele Alternativen für eine optimale Konfiguration der Wertschöpfungskette generieren zu können. Die Erzeugung einer großen Anzahl von Schnittstellen spielt in dieser Phase keine Rolle, da dieses Kriterium bei der Ermittlung der Zielerreichung berücksichtigt werden kann.

4. Teilspezifikation

Zur Durchführung der Teilaufgaben werden Teilprozesse definiert. Diese Teilprozesse werden anhand der zu erbringenden Leistungen näher beschrieben. Analog zur Gesamtspezifikation wird für jede Teilaufgabe bzw. jeden Teilprozeß ein Anforderungsvektor bestimmt, der die von einem potentiellen Partner zu erbringenden Leistungen beschreibt. Zusätzlich werden die konkreten Sollausprägungen der Prozeßfähigkeitsparameter definiert.

5. Teilzielsysteme

Für jeden Teilprozeß kann ein eigenes Zielsystem definiert werden. Im einfachsten Fall wird das Zielsystem des Gesamtprozesses adaptiert. Dieses kann jedoch auch verändert und zusätzlich detailliert werden.

6. Strukturdefinition

Die einzelnen Teilprozeßschritte werden durch die Festlegung von Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen in eine ablauflogische Abhängigkeit voneinander gebracht. Diese wird mittels eines Strukturplans visualisiert. Außerdem erfolgt die Spezifikation der informations- bzw. materialflußtechnischen Schnittstellen zwischen den Teilprozessen. Dadurch wird bereits jetzt eine Konsistenzprüfung durch Vergleich der Eingangs- und Ausgangsinformationen bzw. -produkte der einzelnen Prozeßschritte möglich. Zusätzlich können fixe Meilensteine definiert werden, die als Entkopplungspunkte für einzelne Prozeßphasen dienen.

7. Nebenbedingungen

In der abschließenden Phase der Leistungsklärung erfolgt die Definition etwaiger zusätzlicher Nebenbedingungen. Diese können terminlicher Art sein (z. B. können bestimmte Zeitfenster für die Durchführung von Teilprozessen existieren) oder Restriktionen bei der Partneridentifikation berücksichtigen (z. B. „Teilprozeß 1

darf nicht von Leistungserbringer A durchgeführt werden“ oder „Teilprozeß 1 und Teilprozeß 4 müssen vom selben Leistungserbringer durchgeführt werden“).

5.6.3 Prä-Optimierung

Im Rahmen der Prä-Optimierung der Wertschöpfungskette wählt der Leistungsintegrator die aus seiner Sicht geeigneten Leistungserbringer aus. Hierbei werden sowohl einzelne Teilprozesse (zur Erzielung optimaler Ergebnisse auf einer Wertschöpfungsstufe) als auch der Gesamtprozeß (zur Erzielung optimaler Ergebnisse der gesamten Wertschöpfungskette) betrachtet. Ein Verhandlungsprozeß zwischen Leistungsintegrator und Leistungserbringer wird hierbei nicht durchlaufen.

Da in der Phase der Prä-Optimierung keine konkreten Angebote vorliegen, kann zur Konfiguration der optimalen Wertschöpfungskette lediglich auf eigene oder öffentliche historische Daten, auf temporäre Daten sowie auf aus Stammdaten resultierende Kompetenzprofile potentieller Partner zurückgegriffen werden. Schon bei einer recht einfachen Wertschöpfungskette und wenigen Partnern im Kompetenznetzwerk erreicht das Optimierungsproblem einen Komplexitätsgrad, der den Einsatz von Rechnerhilfsmitteln zur Lösung notwendig macht. Die in Abschnitt 5.3 beschriebene Vorgehensweise wird hierzu angewandt:

1. Verfahrensauswahl

Der zu erwartende Rechenaufwand bestimmt das zur Prä-Optimierung eingesetzte Verfahren. Liegt die Anzahl n_k der zu untersuchenden Kombinationsmöglichkeiten von Leistungserbringern unter $n_{k,grenz}$ wird die vollständige Enumeration ausgewählt, andernfalls das Threshold-Accepting-Verfahren (vgl. Abschnitt 5.3.2).

2. Teilprozeßoptimierung

Potentielle Leistungserbringer für einen Teilprozeß werden auf der Basis von historischen und temporären Daten sowie von Stammdaten hinsichtlich der Erfüllung der definierten Anforderungen untersucht. Daraus wird analytisch ein Satz von Kennzahlen abgeleitet, welcher den Erfüllungsgrad der jeweiligen Kriterien repräsentiert. Dieser Kennzahlensatz wird abhängig von der bei der Leistungsklärung festgelegten Zielgewichtung zu einem Gesamtindex verdichtet, der die Fitneß eines jeden Leistungserbringers widerspiegelt. Daraus kann für jeden Teilprozeß eine Rangfolge der Leistungserbringer ermittelt werden.

3. Gesamtprozeßoptimierung

Es ist nicht ausreichend, jeweils nur die optimalen Leistungserbringer für die einzelnen Teilprozesse auszuwählen. Dies würde zu einer lediglich lokalen Optimierung führen. Die optimale Durchführung des Gesamtprozesses ist damit noch keinesfalls gewährleistet.

Deshalb ist es wichtig, auch und gerade die Verknüpfung der Teilprozesse im Sinne eines Gesamtoptimums zu untersuchen. Hierzu sind weitere Kenngrößen notwendig, welche einerseits direkt die Schnittstelle zwischen Teilprozessen beschreiben (z. B. Datenschnittstellen, Material- und Informationslogistik zwischen Teilprozessen, Übernahme mehrerer zusammenhängender Teilprozesse durch eine Kompetenzeinheit) und darüber hinaus eine Bewertung der kompletten Wertschöpfungskette als Ganzes erlauben (z. B. Anzahl der Partner, Gesamtprozeßdauer, Gesamtkosten).

Zur Gesamtprozeßoptimierung werden abhängig vom gewählten Verfahren dabei entweder alle (bei vollständiger Enumeration) oder nur bestimmte (beim Threshold-Accepting-Verfahren) Kombinationen von Leistungserbringern berücksichtigt. Darüber hinaus werden nur Kombinationen von Leistungserbringern zugelassen, die keine Nebenbedingungen verletzen.

4. Integration von Teil- und Gesamtprozeßbetrachtung

Die umfassende Bewertung der möglichen Kombinationen von Leistungserbringern ergibt sich durch die Integration der Teilprozeßoptimierung und der Gesamtprozeßoptimierung. Mittels dieser integrierten Betrachtung kann nun auf der Basis der Fitneßwerte eine Rangfolge von Kombinationen gebildet werden. Im Falle der hierarchischen Konfiguration wird diejenige Kombination mit der höchsten Fitneß unmittelbar ausgewählt, der Konfigurationsprozeß ist hier bereits abgeschlossen. Bei marktlicher Konfiguration liefert die Berechnung der Fitneßwerte die Grundlage für eine Vorauswahl potentieller Leistungserbringer.

5.6.4 Partneridentifikation

Ziel der Partneridentifikation ist die Ermittlung potentieller Leistungserbringer, die prinzipiell geeignet sind zur Durchführung einer oder mehrerer Teilprozesse. Bei marktlicher Konfiguration der Wertschöpfungskette wird dazu ein Anfrage-Angebots-Prozeß verwendet. Der Leistungsintegrator kann entweder alle Leistungserbringer im Kompetenznetzwerk in diesem Prozeß miteinbeziehen oder nur die durch eine voraus-

gehende Prä-Optimierung ermittelte Vorauswahl potentieller Leistungserbringer berücksichtigen.

Folgendes Vorgehen wird zur Partneridentifikation angewandt:

1. Anfragenerzeugung

Im ersten Schritt werden aus den definierten Teilprozessen Anfragen generiert. Diese Anfragen enthalten die Spezifikationen der durchzuführenden Teilaufgaben.

2. Anfragenbekanntmachung

Die Anfragen werden im Kompetenznetzwerk bekanntgemacht. Eventuell vorhandene Einschränkungen aufgrund einer vorausgegangenen Prä-Optimierung oder sonstiger Nebenbedingungen werden dabei berücksichtigt. Potentielle Leistungserbringer werden über neue Anfragen informiert.

3. Angebotsabgabe

Die Leistungserbringer geben Angebote für die Durchführung von Teilaufgaben ab. Es muß eine 1:1-Beziehung zwischen angefragten und angebotenen Teilaufgaben bestehen. Es können selbstverständlich auch größere, zusammenhängende Aufgabenpakete von ein und demselben Unternehmen angeboten werden. Eine weitere Aufsplittung von Teilprozessen ist in dieser Phase zumindest aus Sicht des Leistungsintegrators nicht möglich, da bereits bei der Leistungsklärung die maximale Modularisierung der Gesamtaufgabe vorgenommen worden ist.

5.6.5 Verhandlung

Verhandlungsprozesse sind nur bei der evolutionären marktlichen Konfiguration der Wertschöpfungskette von Bedeutung. Ziel der Verhandlung ist die Optimierung auf Teilprozeßebene. Dies bedeutet, daß unabhängig von strukturellen Abhängigkeiten der einzelnen Prozeßschritte zunächst versucht wird, einen evtl. vorhandenen Spielraum in den Angeboten der Leistungserbringer für die Teilprozesse auszunutzen. Infolge der Vielzahl der beeinflußbaren Parameter ist der Verhandlungsprozeß meist ein hochdynamischer, kaum planbarer Vorgang. Aus diesem Grund kann auch keine allgemeingültige methodische Vorgehensweise zur Durchführung des Verhandlungsprozesses angegeben werden. Es bleibt im wesentlichen der Kreativität von Leistungsintegrator und Leistungserbringer überlassen, ein für beide Seiten akzeptables Ergebnis zu erzielen.

Zur Reduzierung des Verhandlungsaufwands ist es denkbar, die möglichen Freiheitsgrade einzuschränken. Dies kann dadurch geschehen, daß nur noch über einen ausge-

wählten Satz von Parametern verhandelt wird. Geeignete Parameter sind Zeiten und Preise, da sie einerseits exakt erfaßt, bewertet und verglichen werden können und andererseits in vielen Fällen die ausschlaggebenden Größen zur Beurteilung eines Angebots darstellen. Die Vorabdefinition von Verhandlungsregeln ermöglicht eine weitere Reduzierung von Freiheitsgraden und damit von Verhandlungsaufwand. Die Verhandlungsregeln können projektübergreifend, gesamtprozeßspezifisch oder teilprozeßspezifisch festgelegt werden. Die Ziele oder Regeln werden sowohl auf Seiten des Leistungsintegrators als auch auf Seiten der Leistungserbringer definiert (vgl. Abbildung 46).

Leistungsintegrator	Leistungserbringer
Monetäre Regeln	
Für einen Teilprozeß wird ein maximaler Zielpreis festgelegt. Ein Angebot wird akzeptiert, wenn dessen Preis darunter liegt.	Für ein Angebot wird ein minimaler Zielpreis festgelegt. Dieser darf in Verhandlungen nicht unterschritten werden.
Der Ausgangspreis des Angebots muß um mindestens X% sinken.	Der Ausgangspreis eines Angebots darf um höchstens X% sinken.
Temporale Regeln	
Für einen Teilprozeß wird eine maximale Zieldauer festgelegt. Ein Angebot wird akzeptiert, wenn dessen Zeitdauer darunter liegt.	Für ein Angebot wird eine minimale Zieldauer festgelegt. Diese darf in Verhandlungen nicht unterschritten werden.
Die Ausgangsdauer eines Angebots muß um mindestens X% sinken, bevor es akzeptiert wird.	Die Ausgangsdauer eines Angebots darf um höchstens X% sinken.
Gemischte Regeln	
Wenn der Preis um X% sinkt, darf die Prozeßdauer um Y% steigen.	Wenn die Prozeßdauer um X% steigt, darf der Preis um Y% sinken.
Wenn die Prozeßdauer um X% sinkt, darf der Preis um Y% steigen.	Wenn der Preis um X% steigt, darf die Prozeßdauer um Y% sinken.

Abbildung 46: Bsp. für mögliche Verhandlungsregeln

Die Reduktion der möglichen Verhandlungsparameter vereinfacht den Verhandlungsprozeß soweit, daß sogar der Einsatz von weitgehend oder wenigstens teilweise automatisierten Mechanismen möglich ist. Entsprechende Hilfsmittel können zumindest eine Entscheidungsgrundlage liefern.

5.6.6 Post-Optimierung

Ziel der Post-Optimierung ist die Identifikation der optimalen Kombination von Leistungserbringern für eine Wertschöpfungskette auf der Basis vorliegender Angebote und langfristiger Kompetenzprofile. Das Vorgehen bei Post-Optimierung ist analog zum Vorgehen bei der Prä-Optimierung (vgl. Abschnitt 5.6.3). Auf eine nochmalige Darstellung wird deshalb an dieser Stelle verzichtet. Der wesentliche Unterschied liegt darin, daß bei der Post-Optimierung neben den Kompetenzprofilen auch konkrete Angebote der Kompetenzeinheiten als Optimierungsgrundlage dienen.

5.6.7 Vereinbarung

Die Vereinbarung bildet den Abschluß der Konfiguration der Wertschöpfungskette. In dieser Phase werden die technischen, organisatorischen, wirtschaftlichen und juristischen Modalitäten für die Durchführung der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette endgültig festgelegt. Ergebnis ist ein bindender Vertrag, der die Grundlage für die weitere Zusammenarbeit der Kooperationspartner bildet. Er kann, muß aber nicht formal spezifiziert sein. Im Falle der Zusammenarbeit im Rahmen eines Kompetenznetzwerks können zentrale Aspekte der Kooperationsbeziehung bereits im Vorfeld der eigentlichen Zusammenarbeit standardisiert werden, so daß der Aufwand zur Vereinbarung für ein konkretes Projekt erheblich gesenkt werden kann. Beispiele hierfür sind netzwerkweite Vereinbarungen hinsichtlich Geheimhaltung, Gewährleistung oder Haftung.

Da die Vereinbarung im wesentlichen als formaler Akt anzusehen ist, der für die eigentliche Gestaltung der optimalen Wertschöpfungskette nicht von Bedeutung ist, wird sie im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

5.7 Zusammenfassung

In Kapitel 5 wird eine Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten entwickelt. Die Untersuchung prinzipiell möglicher Konfigurationsmechanismen zeigt, daß sich für den Einsatz in Kompetenznetzwerken primär die einfache marktliche Konfiguration für relativ einfache Aufgabenstellungen bzw. die evolutionäre marktliche Konfiguration für komplexe oder neue Aufgabenstellungen eignet. Die Konfiguration selbst verfolgt das Ziel, die optimale Kombination von Kompetenzeinheiten zur Durchführung einer bestimmten Aufgabenstellung im Kompetenznetzwerk zu identifizieren. Zur Lösung dieses Optimierungsproblems wird das Threshold-Accepting Ver-

fahren zur Ermittlung der optimalen virtuellen Wertschöpfungskette angepaßt. Ein generisches Zielsystem bildet die Grundlage für die Beschreibung von Anforderungen und Fähigkeiten. Die Spezifikation der durchzuführenden Leistungen erfolgt auf der Basis einer komplexen Leistungshierarchie. Die Umsetzung der entwickelten Konfigurationsmethodik wird durch ein konkretes Vorgehensmodell anschaulich dargestellt.

Insgesamt wird deutlich, daß der Konfigurationsprozeß virtueller Wertschöpfungsketten ein komplexer Vorgang ist. Um diesen zu unterstützen, wird deshalb ein adäquates Rechnerhilfsmittel entwickelt, das im folgenden Kapitel beschrieben wird.

6 Werkzeug zur Unterstützung der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten

Moderne IuK-Technologien werden als elementare Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung des Konzepts der virtuellen Fabrik betrachtet (*vgl. hierzu etwa Goldmann u. a. 1995; Dangelmaier 1997; Schuh u. a. 1998*). Gerade beim zielgerichteten Aufbau von virtuellen Fabriken – bei der Konfiguration optimaler unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten – ist eine geeignete informationstechnische Verflechtung der potentiellen Kooperationspartner erforderlich. Die Basis hierfür bildet eine entsprechende leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur, welche die Grundlage für einen effizienten unternehmensübergreifenden Informationsaustausch schafft. Die infrastrukturellen Voraussetzungen sind heute mit der flächendeckenden Verfügbarkeit des Internets gegeben. Darüber hinaus sind aber auch zweckmäßige Rechnerwerkzeuge erforderlich, welche die Unternehmen in die Lage versetzen, die komplexen Aufgabenstellungen bei der Bildung virtueller Fabriken zu bewältigen.

Im folgenden wird deshalb die Konzeption, das Systemdesign sowie die prototypische Implementierung der internetbasierten Applikation *DYNESYS*²⁶ beschrieben, welche die in Kapitel 5 entwickelte Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten unterstützt.

6.1 Konzeptionelle Vorüberlegungen

6.1.1 Applikationsarchitektur

Internetbasierte Rechnerwerkzeuge werden vorwiegend als *Client-Server-Applikationen* entworfen. *Server* sind Rechner, welche die für eine Applikation notwendigen Dienste zentral zur Verfügung stellen. *Clients* nutzen die von den Servern angebotenen Dienste zur Realisierung der Applikation (*Kauffels 1989*).

Man versteht unter einer Client-Server-Architektur ein Applikationsdesign, bei dem die Ausführung der Applikation in zwei separate Teile aufgespalten wird. Ein Teil findet auf dem Server (Backend-Komponente) der andere Teil auf dem Client (Frontend-Komponente) statt. Beide Teile werden über ein Netzwerk zu einem System zusam-

²⁶ DYNESYS = Dynamic Network System

mengefügt. Der Client gibt auf dem Server die Bearbeitung von Daten in Auftrag und nimmt die Leistungen des Servers in Anspruch. Die Kommunikation findet zwischen Client und Server bzw. zwischen Server und Server statt. Clients kommunizieren i. d. R. nicht untereinander. Die Leistungssteigerung von Arbeitsplatzrechnern hat dazu geführt, daß im Gegensatz zu früheren Host-basierten Architekturen die Server heute nicht mehr mit der gesamten Datenverarbeitung beschäftigt sind, sondern ein Teil der Verarbeitungsaufgaben auch an den Clients ausgeführt werden kann (*Seicom 1999*).

Die Basis für die Entwicklung eines Rechnerwerkzeugs zur Unterstützung der Konfiguration von Wertschöpfungsketten bildet die Definition der grundlegenden *Applikationsarchitektur*, also die Gestaltung der Kommunikationswege zwischen Clients und Servern. Dabei kommen prinzipiell *monolithische*, *komplett verteilte* oder *gemischte* Applikationsarchitekturen in Frage (vgl. Abbildung 47).

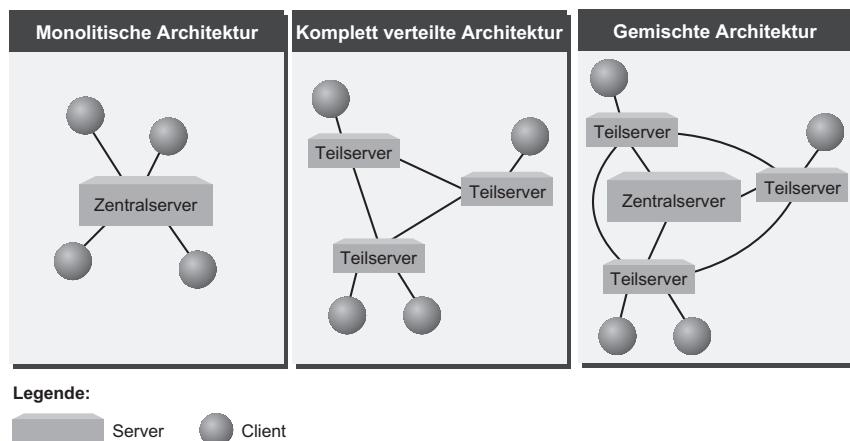


Abbildung 47: Mögliche Applikationsarchitekturen

- Bei einer monolithischen Architektur wird die Applikation physikalisch vollständig auf einer zentralen Instanz (Zentralserver) implementiert. Die Speicherung, Verwaltung und Verarbeitung sämtlicher Daten wird an diesem zentralen Rechner durchgeführt. Eine Repräsentation der einzelnen Kompetenzeinheiten durch räumlich getrennte Teilsysteme findet nicht statt.
- Bei einer komplett verteilten Architektur wird die Funktionalität durch das Zusammenwirken mehrerer Teilapplikationen realisiert, die auf räumlich getrennten

Instanzen (Teilserver) implementiert werden. Zentrale Instanzen existieren bei dieser Alternative nicht. Die Speicherung, Verwaltung und Verarbeitung der Daten findet dezentral an den Teilinstanzen statt. Kompetenzeinheiten werden durch die Teilinstanzen realisiert.

- Bei einer gemischten Applikationsarchitektur existieren sowohl zentrale als auch dezentrale Instanzen. Zentrale Instanzen übernehmen gemeinsame Koordinierungs- bzw. Verwaltungsaufgaben für das Kompetenznetzwerk und bieten allgemeine Dienstleistungen an. Kompetenzeinheiten werden wiederum durch die Teilinstanzen realisiert.

Zur Ermöglichung einer fundierten Auswahl sind die denkbaren Applikationsarchitekturen in Abbildung 48 einander gegenübergestellt. Als Auswahlkriterien dienen die in Abschnitt 3.3 identifizierten Anforderungen an ein Rechnerwerkzeug zur Unterstützung der Konfiguration.

Anforderung	Applikationsarchitektur		
	Monolithisch	Komplett verteilt	Gemischt
Verteilte Datenhaltung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ausfallsicherheit	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Geringer Installationsaufwand	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geringer Wartungsaufwand	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geringer Anpassungsaufwand	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redundanzfreiheit	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Performanz	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einfache Datensicherung	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sichere Datenübertragung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Plattformunabhängigkeit	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Geringer Aufwand zur Integration weiterer Kompetenzeinheiten	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 48: Vergleich grundlegender Applikationsarchitekturen

Bei einer monolithischen Architektur ist eine physikalisch verteilte Datenhaltung i. d. R. nicht möglich. Außerdem ist – genauso wie bei einer gemischten Architektur – die Ausfallsicherheit etwas schlechter einzustufen als bei einer komplett verteilten Architektur, da bei Ausfall des Zentralservers das gesamte System betroffen ist. Jedoch sprechen der geringere Entwicklungs- (es müssen keine Kommunikations- und Synchronisationsmechanismen zwischen verteilten Systemen realisiert werden), Installations- (die einzelnen Teilsysteme müssen nicht an unterschiedlichen Orten installiert werden), Wartungs- (die einzelnen Teilsysteme müssen nicht an unterschiedlichen Orten gewartet werden) und Anpassungsaufwand (Anpassungen müssen nicht an sämtlichen Teilsystemen an unterschiedlichen Orten durchgeführt werden) für eine monolithische Systemarchitektur. Darüber hinaus ist bei einer komplett verteilten bzw. gemischten Architektur eine redundanzfreie Datenhaltung kaum möglich, was als zusätzliche Fehlerquelle einzustufen ist. Die Performanz einer monolithischen Applikation ist deutlich höher als bei komplett verteilten oder gemischten Architekturen, da in den letztgenannten Fällen ein hoher Kommunikationsaufwand zwischen den physikalisch verteilten Systemen bewältigt werden muß. Überlegungen hinsichtlich einer einfachen zentral durchzuführenden Datensicherung sprechen gleichermaßen für eine monolithische Architektur. Schließlich ist bei komplett verteilten oder gemischten Architekturen der Aufwand zur Integration weiterer Kompetenzeinheiten ungleich höher, da bei jeder neuen Kompetenzeinheit ein Teilsystem der Applikation installiert werden muß.

Sichere Datenübertragung und Plattformunabhängigkeit spielen keine Rolle bei der Auswahl der Applikationsarchitektur. Durch entsprechende Maßnahmen können diese Anforderungen immer erfüllt werden.

Auf der Basis der beschriebenen Vor- bzw. Nachteile der unterschiedlichen grundlegenden Systemarchitekturen wird für die Realisierung der Applikation DYNESYS eine monolithische Systemarchitektur gewählt. Sämtliche Performanz- und Aufwandsüberlegungen sprechen deutlich für diese Alternative. Eigene praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß gerade diese Anforderungen für viele Unternehmen Priorität genießen. Problematisch ist bei einer monolithischen Systemarchitektur allerdings, daß die Anforderungen hinsichtlich einer verteilten Datenhaltung per se nicht erfüllt werden können. Es müssen deshalb bei der Entwicklung der Applikation besondere Vorkehrungen getroffen werden, um trotz einer physikalisch zentralisierten Datenhaltung logisch getrennte Datenbereiche realisieren zu können.

6.1.2 Applikationskomponenten

Die gesamte Applikation DYNESYS besteht aus den zwei Hauptkomponenten *DY-PROMALL*²⁷ und *DY-CON*²⁸:

- Die Komponente DY-PROMALL stellt diejenigen Funktionalitäten zur Verfügung, die zur Realisierung des Anfrage-, Angebots- und Auftragsvergabewesens in Kompetenznetzwerken sowie für Administrationsaufgaben notwendig sind. Außerdem bietet DY-PROMALL eine Schnittstelle, über die externe Kunden (= Nichtmitglieder im Kompetenznetzwerk) die Leistungen der Unternehmen im Kompetenznetzwerk abrufen können.
- Die Komponente DY-CON liefert diejenigen Dienste, die zur Unterstützung der Konfiguration nach der in Abschnitt 5.6 beschriebenen Vorgehensweise benötigt werden. Im wesentlichen zählen hierzu Funktionen zur Spezifikation und zur Optimierung.

DY-PROMALL kann unabhängig von DY-CON verwendet werden. Es werden nur rudimentäre, allgemein verfügbare Informationen über die Kompetenzeinheiten benötigt. Diese Konzeption hat den Vorteil, daß der Zugang zum Kompetenznetzwerk sehr einfach möglich ist. DY-CON nutzt die von DY-PROMALL zur Verfügung gestellten Mechanismen zur Transaktionsabwicklung in der Aufbauphase virtueller Wertschöpfungsketten sowie die datentechnische Beschreibung von Kompetenzeinheiten.

DY-CON und DY-PROMALL sind informationstechnisch vollständig integriert. Eine doppelte Datenhaltung oder die Implementierung paralleler Funktionen ist nicht erforderlich.

6.2 Funktionsmodell

Unter einer *Funktion* versteht man einen bestimmten abgegrenzten Vorgang, welcher der Erfüllung des Zwecks eines Softwarewerkzeugs dient. Die funktionale Sichtweise auf eine Applikation liefert einen Überblick über deren Leistungsangebot.

Ziel der *Funktionsmodellierung* ist die Darstellung des inhaltlichen Zusammenhangs zwischen den Funktionen einer Applikation. Gesichtspunkte der Steuerungslogik und

²⁷ DY-PROMALL = DYNESYS Production Mall

²⁸ DY-CON = DYNESYS Configurator

der zeitlichen Abfolge einzelner Aktionen spielen hier ebenso wenig eine Rolle wie die konkrete Realisierung des Leistungsangebots durch die einzelnen Funktionen. Zur Reduzierung der Komplexität werden die jeweiligen Funktionen in Teilstufen zerlegt. Die Darstellung des Funktionszusammenhangs erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit meist hierarchisch (*Scheer 1994*).

Eine Zusammenfassung des Funktionsmodells von DYNESYS zeigt Abbildung 49.

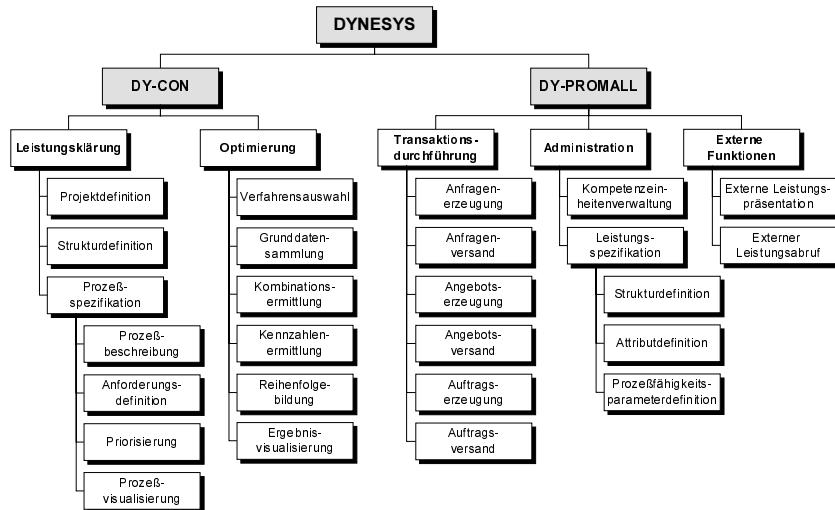


Abbildung 49: Funktionsmodell von DYNESYS

6.3 Informationsmodell

Ziel der *Informationsmodellierung* ist die Erstellung eines konzeptionellen, d. h. implementierungsunabhängigen Datenmodells. Darunter versteht man die abstrakte Darstellung eines Ausschnitts der realen Welt mittels rechnerverarbeitbarer Informationen (Frick 1995). Im Rahmen dieser Arbeit wird zur Beschreibung von Datenmodellen die Methode der *Entity-Relationship-Modellierung*²⁹ verwendet.

Zur Darstellung der Beziehungen der Entity-Typen wird im Rahmen dieser Arbeit die Krähenfußnotation verwendet. Die Notation der wichtigsten Beziehungstypen³⁰ ist in Abbildung 50 dargestellt.

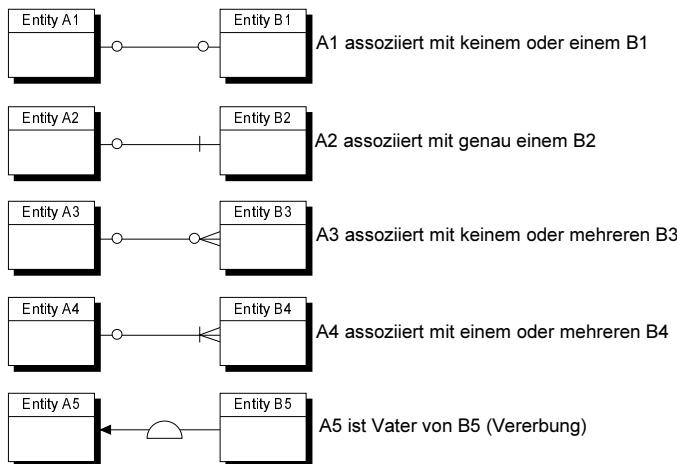


Abbildung 50: Entity-Relationship-Modellierung nach der Krähenfußnotation

²⁹ Entity = Informationsobjekt, abstrakte Repräsentation eines Teils der realen Welt. Gleichartige Entities werden zu Entity-Typen zusammengefaßt. Häufig werden auch die Begriffe *Instanz* oder *Objekt* für Entity bzw. *Klasse* für Entity-Typ verwendet.

Relationship = Beziehung zwischen zwei oder mehreren Entities bzw. Entity-Typen. Dies können z. B. Vererbungsbeziehungen oder Assoziationen sein.

Die Entity-Relationship-Methode ist in der Praxis der Software-Entwicklung weit verbreitet, zum einen, da Entity-Relationship-Diagramme direkt in physikalische Datenmodelle überführt werden können und zum anderen, da eine große Anzahl leistungsfähiger Hilfsmittel zur Unterstützung dieser Methode verfügbar sind (Frick 1995).

³⁰ Die Darstellung von Vererbungsbeziehungen war ursprünglich nicht Gegenstand der Entity-Relationship-Modellierung, die anfänglich zur Erstellung relationaler Datenmodelle entwickelt wurde. Verschiedene Erweiterungen erlauben jedoch die Integration derartiger Konzepte, die aus der objektorientierten Softwareentwicklung stammen.

6.3.1 Basismodell

Das *Basismodell* beschreibt das fundamentale Informationsdesign einer Applikation. Dazu werden die primären *Businessklassen*³¹ und deren elementare Beziehungen zueinander dargestellt. Das Basismodell erhebt weder den Anspruch auf Vollständigkeit, noch auf Korrektheit. Es dient in erster Linie als abstraktes Kommunikationsmodell (*Oesterreich 1997*).

Das Basismodell von DYNESYS ist in Abbildung 51 dargestellt.

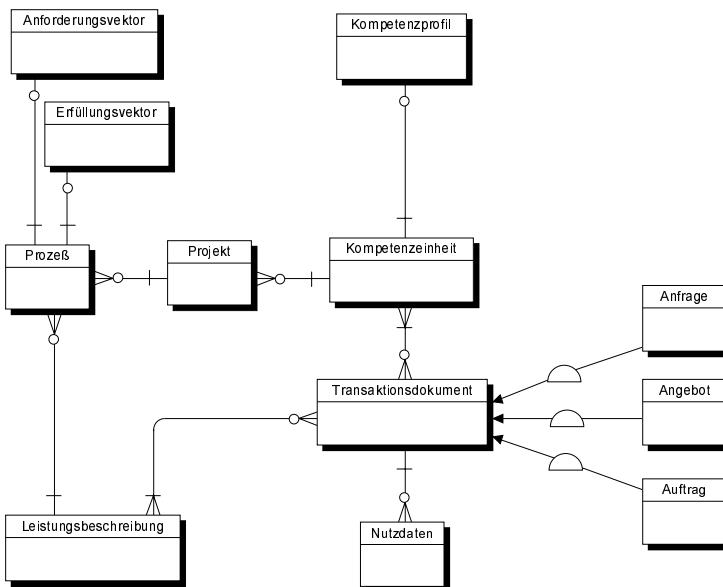


Abbildung 51: *Basismodell von DYNESYS*

Zentraler Integrationspunkt des DYNESYS-Basismodells ist die *Kompetenzeinheit*. Sie verfügt über ein projektunabhängiges *Kompetenzprofil*. Die Kommunikation mit anderen Kompetenzeinheiten ermöglichen *Transaktionsdokumente*³². Sie dienen zur technischen Beschreibung von Aufgaben. Konkret können dies *Anfragen*, *Angebote*

³¹ Businessklassen repräsentieren in grober Granularität fachliche Objekte einer Applikation. Dies können z. B. Gegenstände, Personen, Organisationseinheiten, Dokumente, Vorgänge o. ä. sein (*Oesterreich 1997*).

³² Transaktionsdokumente sind eine *abstrakte Klasse*. Dies bedeutet, daß es keine Instanzen von diesem Typ gibt. Transaktionsdokumente dienen lediglich der logischen Zusammenfassung gleichartiger Eigenschaften der Klassen *Anfrage*, *Angebot* und *Auftrag*.

und *Aufträge* sein. Verbunden mit Transaktionsdokumenten können *Nutzdaten* (z. B. CAD-Dateien) sein. Transaktionsdokumente basieren auf einer standardisierten *Leistungsbeschreibung*. Diese definiert verbindlich für das ganze Kompetenznetzwerk eine hierarchische Struktur der gehandelten Leistungen sowie deren detaillierte Spezifikation anhand charakteristischer Attribute. Ein *Projekt* wird von einer Kompetenzeinheit, die als Leistungsintegrator agiert, definiert. Ein Projekt kann aus einem oder mehreren *Prozessen* bestehen. Deren technische Beschreibung basiert ebenso auf der standardisierten Leistungsbeschreibung, so daß eine vollständige Integration von Prozeßbeschreibung und Transaktionsdokumenten gegeben ist. Für die Prozesse werden *Anforderungsvektoren* zur Beschreibung des projektspezifischen Zielsystems festgelegt. Die Erfüllung dieser Anforderungsvektoren beschreiben korrespondierende *Erfüllungsvektoren*.

6.3.2 Statisches Modell

Das *statische Datenmodell* erweitert das Basismodell um weitere Klassen und Attribute, detaillierte Assoziationen, Zusicherungen, Generalisierungen, Spezialisierungen, usw. Genau wie das Basismodell ist das statische Modell implementierungsunabhängig. Im Gegensatz zum Basismodell ist es jedoch komplett und konsistent, so daß es die vollständige Grundlage für eine physikalische Implementierung des konzeptionellen Datenmodells bildet.

Entsprechend des Funktionsmodells ist das gesamte statische Datenmodell von DYNESYS in zwei *Partialmodelle* untergliedert, die jeweils über eigene *Schemata*³³ beschrieben werden. Dies sind

- das Schema *DY-CON* zur Beschreibung von Kompetenzeinheiten und zugehörigen Informationen sowie zur Beschreibung von Prozessen, Anforderungs- und Erfüllungsvektoren und
- das Schema *DY-PROMALL* zur Beschreibung der Transaktionsvorgänge bei der marktlichen Konfiguration und der Schnittstelle zu externen Kunden.

³³ In einem Schema werden inhaltlich zusammengehörige Klassen dargestellt. Schemata erlauben damit die Visualisierung eines komplexen Informationsmodells auf der Basis mehrerer überschaubarer Partialmodelle. Assoziationen zwischen Klassen unterschiedlicher Schemata sind möglich (Owen 1993).

Partialmodell DY-CON

Das Partialmodell DY-CON (vgl. Abbildung 52) umfaßt sämtliche Klassen zur Darstellung des langfristigen Kompetenzprofils von Kompetenzeinheiten (*cUnit*). Diese sind jeweils mit Klassen zur Beschreibung der Qualität der Zusammenarbeit (*collaborationQuality*), der Ergebnisqualität (*resultQuality*) und der logistischen Qualität (*logisticQuality*) mehrfach assoziiert. Aus der Kooperationsfähigkeitsanalyse stammende Kennzahlen werden als Kooperationsfähigkeitsparameter (*cAParameter*) bzw. Prozeßfähigkeitsparameter (*procAbility*) gespeichert. Ebenso werden Entfernungsinformationen (*distanceInfo*) sowie Angaben über Zertifikate (*certificationInfo*) und verarbeitbare Austauschobjekte (*exObjType*) persistent gespeichert. Die beiden letztgenannten Klassen sind jeweils hierarchisch strukturiert. Schließlich können Angaben über die Qualität der internationalen Zusammenarbeit (*nationalCompatibility*) zur Konfiguration herangezogen werden.

Weiterhin gehören diejenigen Klassen, die zur Beschreibung von Vorgängen bei der unternehmensübergreifenden Projektabwicklung notwendig sind, zum Partialmodell DY-CON. Den Kern hierfür bildet eine Klasse zur Repäsentation von Prozessen (*process*), welche die Beschreibung einer komplexen Prozeßstruktur mit Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen sowie einer mehrfachen hierarchischen Anordnung von Teilprozessen ermöglicht. Assoziiert mit der Klasse Prozeß ist die Klasse Projekt (*project*) zur Definition der organisatorischen Rahmendaten und zur logischen Verknüpfung mit der Kompetenzeinheit, die als Leistungsintegrator fungiert. Die Transaktion (*transaction*) dient in Verbindung mit dem Austauschobjekt (*exchangeObject*) zur Darstellung der Schnittstellen zwischen den Teilprozessen.

Die einzelnen Zielkriterien (*target*) des Zielsystems sind hierarchisch mit mehrfachen Abhängigkeiten organisiert. Diese Struktur erlaubt bei einer Kooperation die standardisierte Festlegung von Anforderungsvektoren mit konkreten Ausprägungen der einzelnen Anforderungen (*requirement*) sowie die Ermittlung von Zielerfüllungsvektoren als Kombination der Erfüllungsgrade der Einzelziele (*achievement*). Sind bereits Angebote vorhanden, dann können sich die Zielerfüllungsvektoren sowohl auf Teile der einzelnen Angebote (*offerPosition*) als auch auf Angebotskombinationen (*offPosCombination*) beziehen.

Die Integration mit dem Schema DY-PROMALL erfolgt über eine Klasse zur Beschreibung von Benutzern (*user*).

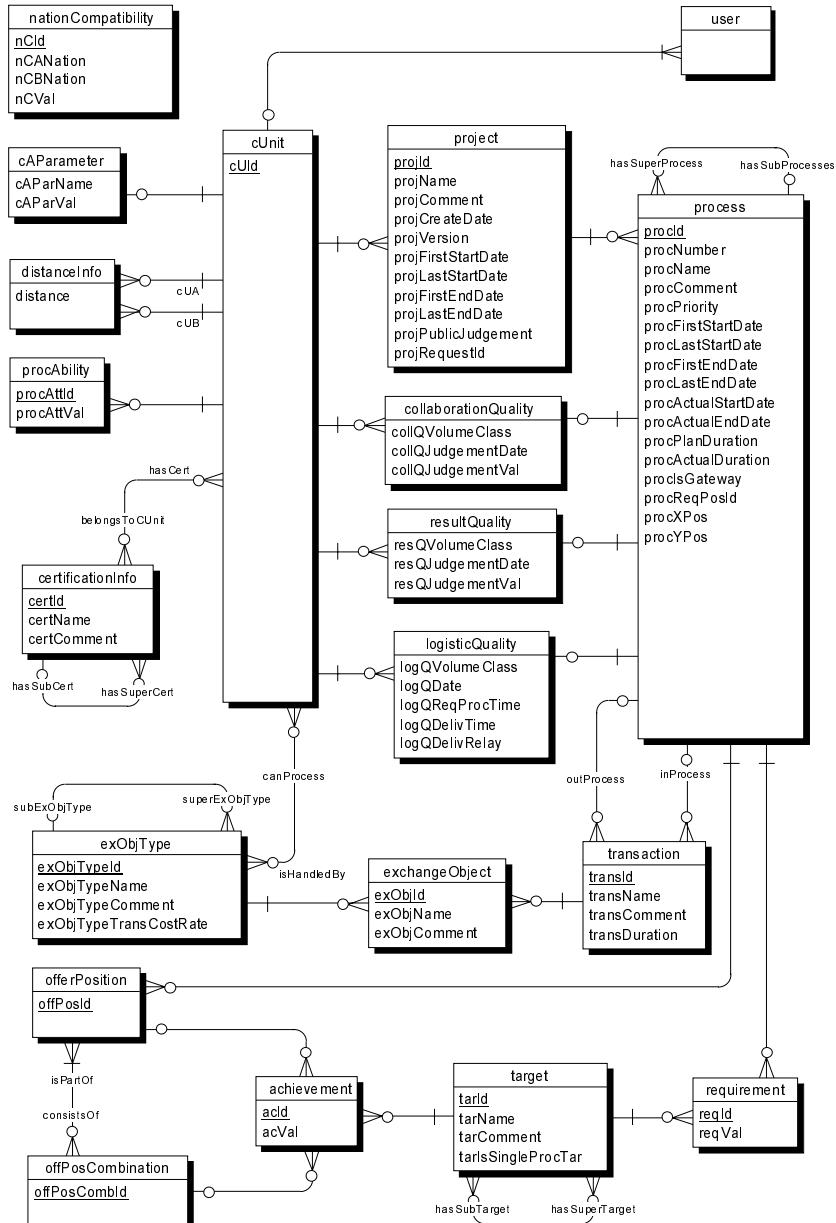


Abbildung 52: Konzeptionelles Datenmodell von DY-CON

Partialmodell DY-PROMALL

Das Partialmodell DY-PROMALL (vgl. Abbildung 53) beinhaltet sämtliche Klassen, die zur Administration und zur Abwicklung von Transaktionen notwendig sind.

Die Klasse Benutzer (*user*) dient sowohl zur Verwaltung der Personendaten von Repräsentanten der Kompetenzeinheiten als auch derer von externen Kunden³⁴. Jeder Kunde hat die Möglichkeit, bevorzugte Leistungserbringer festzulegen (*prefSupplier*).

Zur Beschreibung der hierarchischen Leistungsstruktur dienen die Klassen Leistungstyp (*serviceType*) in Verbindung mit der Leistungstypenordnung (*serviceTypeOrder*). Die beschreibenden Attribute werden mit der Klasse Attribut (*attribute*) abgebildet. Durch Vererbung werden hiervon einzelne Klassen zur effizienten Speicherung unterschiedlicher physikalischer Attributtypen abgeleitet (*attTypeDate*, *attTypeFloat*, *attTypeCurrency*, *attTypeText*, *attTypeInt* und *attTypeSelect* zusammen mit *selection*).

Aus der Klasse Transaktionsdokument (*transDocument*) entstehen durch Vererbung Klassen zur Repräsentation von Anfragen (*request*), Angeboten (*offer*) und Aufträgen (*order*). Eine Klasse zur Festlegung derjenigen Kompetenzeinheiten, die Informationen über eine bestimmte Anfrage erhalten (*requestSupplier*), erlaubt die projektspezifische Zugriffsregelung.

Die eigentliche Spezifikation der durchzuführenden Aufgaben erfolgt in der Klasse Position (*position*). Jedes Transaktionsdokument kann aus mehreren Positionen bestehen. Diese sind in eine Positionenhierarchie eingebunden. Die flexible Abbildung der Beziehungen von Positionen in voneinander abhängigen Transaktionsdokumenten ist möglich (z. B. kann Position 2.4 eines Angebots sich auf Position 3.2 einer Anfrage beziehen). Mit der Position können Nutzdaten (*positionFile*) verknüpft werden, die der genauen Leistungsbeschreibung dienen (z. B. Pflichtenhefte, CAD-Modelle).

Weitere Klassen ermöglichen die benutzerdefinierte Darstellung verschiedener Informationen (*serviceTypeText*, *selectionText*, *attributeText*) abhängig von der gewählten Sprache sowie das automatische Versenden von Nachrichten (*mailText*). Zur Performancesteigerung dient schließlich eine Klasse für die Verwaltung von Objekt-IDs³⁵ (*idAlloc*).

³⁴ Externe Kunden gehören nicht zum Kompetenznetzwerk. Sie können jedoch direkt Anfragen an die Unternehmen im Kompetenznetzwerk richten. Daten zur Identifikation externer Kunden werden innerhalb von DY-PROMALL gespeichert.

³⁵ ID = Identifier. Eine ID identifiziert eindeutig eine Instanz einer Klasse.

Werkzeug zur Unterstützung der Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten

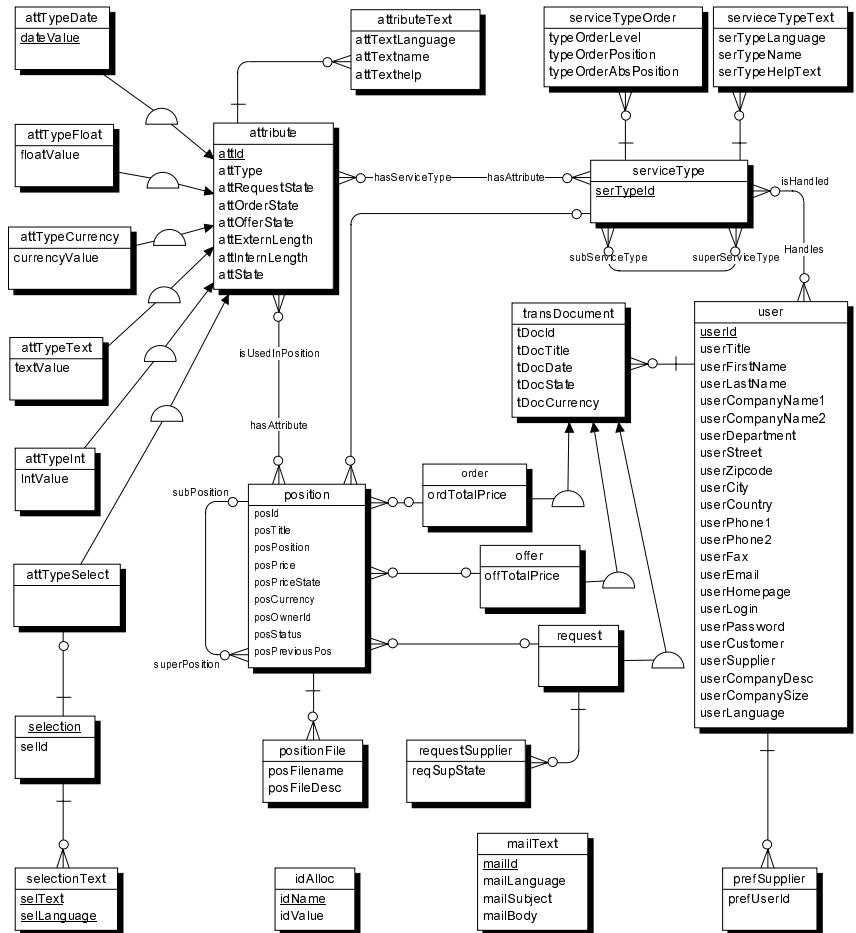


Abbildung 53: Konzeptionelles Datenmodell von DY-PROMALL

6.4 Aktivitätsmodell

Eine *Aktivität* ist ein Schritt in einem Verarbeitungsablauf oder ein Teil eines Algorithmus. Das *Aktivitätsmodell* beschreibt die Abfolge der einzelnen Prozeßschritte, die ausgeführt werden müssen, um ein bestimmtes Ergebnis zu erreichen (Oesterreich 1997). Zur Darstellung des Aktivitätsmodells von DYNESYS werden im Rahmen die-

ser Arbeit Aktivitätsdiagramme nach der *UML-Notation*³⁶ verwendet. Dabei werden nicht sämtliche Aktivitäten detailliert beschrieben. Es werden lediglich die zentralen Vorgangsketten Leistungsklärung, Partneridentifikation und Optimierung erläutert.

6.4.1 Leistungsklärung

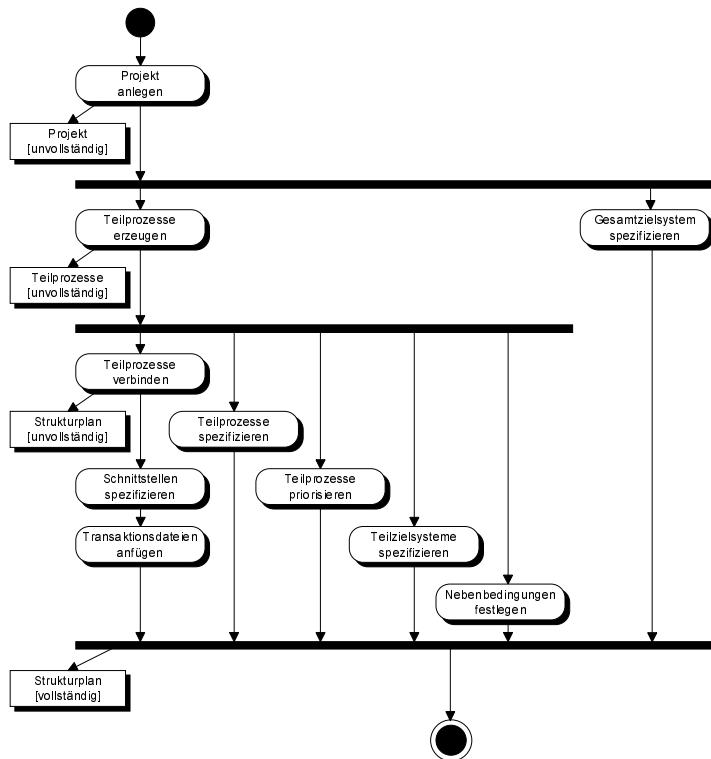


Abbildung 54: Aktivitätsdiagramm Leistungsklärung

Abbildung 54 zeigt einen groben Abriß über die Vorgangsfolge zur Durchführung der Leistungsklärung durch den Leistungsintegrator (vgl. Abschnitt 5.6.2). Im Aktivitätsdiagramm sind parallele Vorgänge, die nicht in einer bestimmten Reihenfolge durch-

³⁶ UML = Unified Modelling Language. UML ist eine umfangreiche Notation zur Spezifikation, Visualisierung und Dokumentation von Modellen für Softwaresysteme (Oesterreich 1997).

geföhrt werden müssen, gut zu erkennen. Ergebnis der Leistungsklärung ist ein vollständig spezifizierter Strukturplan, der persistent gespeichert wird.

6.4.2 Partneridentifikation

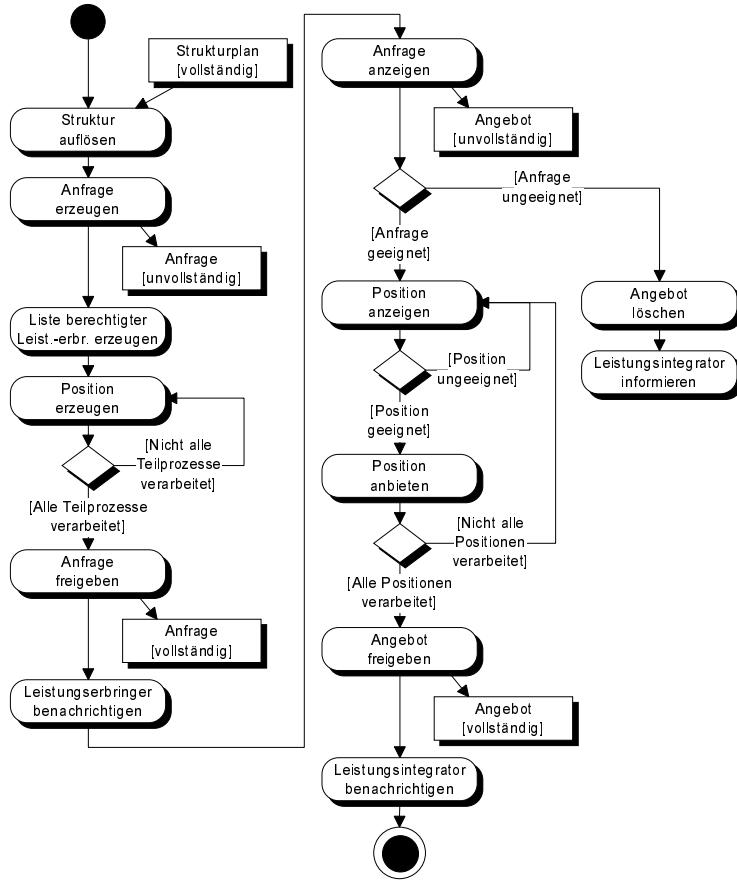


Abbildung 55: Aktivitätsdiagramm Partneridentifikation

Im linken Ast des Aktivitätsdiagramms zur Partneridentifikation (vgl. Abbildung 55) sind diejenigen Vorgänge veranschaulicht, die auf Seiten des Leistungsintegrators bei der marktlichen Konfiguration der Wertschöpfungskette erfolgen. Der dargestellte

Prozeß kann auf der Basis eines vorhandenen Projektstrukturplans komplett automatisch ablaufen.

Im rechten Ast sind diejenigen Vorgänge beschrieben, die ein Leistungserbringer durchführt, um mittels eines Angebots auf eine Anfrage zu reagieren. Eine Automatisierung dieses Prozesses ist mit Hilfe der in Abschnitt 5.6.5 entwickelten Verhandlungsregeln grundsätzlich denkbar. Dazu ist jedoch Voraussetzung, daß die Kompetenzeinheiten einen unternehmenskritischen Prozeß vollständig oder überwiegend einem Softwarewerkzeug zur Durchführung überlassen. Davon kann zunächst nicht ausgegangen werden. Aus Akzeptanzgründen wird deshalb auf die Implementierung automatisierter Verhandlungsprozesse verzichtet. Vielmehr wird eine leistungsfähige Unterstützung beim elektronischen Austausch von Transaktionsdokumenten geboten und so ein effizienter Verhandlungsprozeß ermöglicht.

6.4.3 Optimierung

Die Vorgangsfolge zur Durchführung der Optimierung der Wertschöpfungskette (vgl. Abbildung 56) ist so gestaltet, daß sie praktisch unverändert sowohl für die Prä- als auch für die Post-Optimierung eingesetzt werden kann. Dies wird dadurch erreicht, daß immer Angebote potentieller Leistungserbringer vorausgesetzt werden. Da in der Phase der Prä-Optimierung noch keine realen Angebote vorhanden sind, werden virtuelle Angebote erzeugt. Darin werden jedesmal dieselben neutralen Informationen angelegt, so daß die Applikation zwar auf Angebote zurückgreifen kann, diese jedoch für das Ergebnis der Optimierung keine Rolle spielen. Damit wird eine Auswahl der Kompetenzeinheiten allein aufgrund ihres langfristigen Fähigkeitsprofils ermöglicht.

Der entscheidende Vorgang bei der Optimierung der Wertschöpfungskette ist die Feststellung des Zielerfüllungsgrads von Angeboten bzw. Angebotskombinationen (vgl. Abschnitt 5.4.4). Kann dabei für ein Zielkriterium direkt, d. h. ohne Informationen über Angebote anderer Kompetenzeinheiten zu benötigen, eine konkrete Kennzahl als Bewertungsmaßstab ermittelt werden, so wird es als *Absolutkriterium* bezeichnet. Dazu zählen i. d. R. historische Beurteilungsdaten, Kooperationsfähigkeits- und Prozeßfähigkeitsparameter. Aufwendiger ist die Berechnung bei Zielkriterien dann, wenn lediglich Aussagen hinsichtlich des relativen Zielerfüllungsgrads eines Angebots oder einer Angebotskombination im Vergleich zueinander getroffen werden können. Derartige Kriterien werden als *Relativkriterien* bezeichnet.

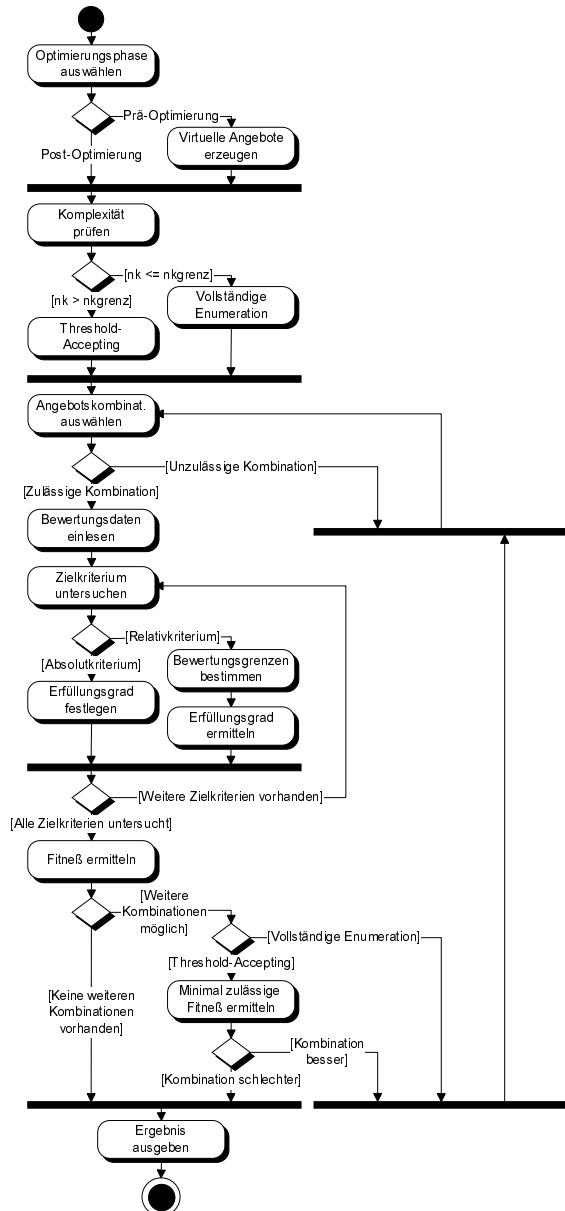


Abbildung 56: Aktivitätsdiagramm Optimierung

Bei vollständiger Enumeration können zunächst sämtliche möglichen Kombinationen von Kompetenzeinheiten überprüft werden, so daß die jeweils beste bzw. schlechteste Merkmalausprägung sicher zu identifizieren ist. In einem zweiten Durchlauf können dann die relativen Zielerfüllungsgrade durch Vergleich mit den Grenzen des Wertebereichs exakt bestimmt werden.

Diese Strategie kann beim Threshold-Accepting-Verfahren nicht angewendet werden. Hier können nämlich prinzipiell nicht alle möglichen Kombinationen untersucht werden, so daß der Wertebereich der Merkmalausprägungen für die einzelnen Kriterien zu keiner Zeit vollständig bekannt ist. Die Grenzen des Bewertungsraums werden aus diesem Grund nach den in Abschnitt 5.4.4.4 beschriebenen Mechanismen *ex ante* ermittelt.

Dieses Vorgehen kann auch bei der vollständigen Enumeration angewendet werden. Trotz der etwas höheren Komplexität sind damit kürzere Rechenzeiten zu erreichen, da auf den ersten Durchlauf zur Festlegung der Bewertungsgrenzen verzichtet werden kann.

6.5 Implementierung

DYNESYS wird physikalisch als *Drei-Ebenen-Applikation* implementiert. Die einzelnen Ebenen sind

- die Ebene der *Benutzerschnittstelle*,
- die Ebene der *Informationsübertragung* und
- die Ebene der *persistenten Datenhaltung*.

Die Ebenen sind weitgehend voneinander unabhängig. Die Kommunikation zwischen den Ebenen erfolgt über standardisierte Schnittstellen bzw. Kommunikationsprotokolle.

6.5.1 Benutzerschnittstelle

Aufgabe der Benutzerschnittstelle einer Applikation ist die Anzeige von Informationen und die Entgegennahme von Eingaben durch den Benutzer. Da DYNESYS bei verschiedenen Kompetenzeinheiten mit jeweils unterschiedlichen Rechnerlandschaften eingesetzt werden soll, darf zur Realisierung der Benutzerschnittstelle keine proprietäre Lösung verwendet werden. Es wird deshalb eine Benutzerschnittstelle auf der Basis

von Standard-Internet-Technologien entwickelt. Dieses Vorgehen hat außerdem den Vorteil, daß frei erhältliche WWW-Clients, die für alle gängigen Rechnerplattformen verfügbar sind, als Basis zur Realisierung der Benutzerschnittstelle genutzt werden können.

Im einzelnen kommen dabei zwei Mechanismen zum Einsatz: Die Darstellung und Verarbeitung vorwiegend textueller Informationen erfolgt durch HTML-Seiten, Vorgänge, die durch eine graphische Visualisierung unterstützt werden können, werden mittels *JAVA-Applets*³⁷ implementiert.

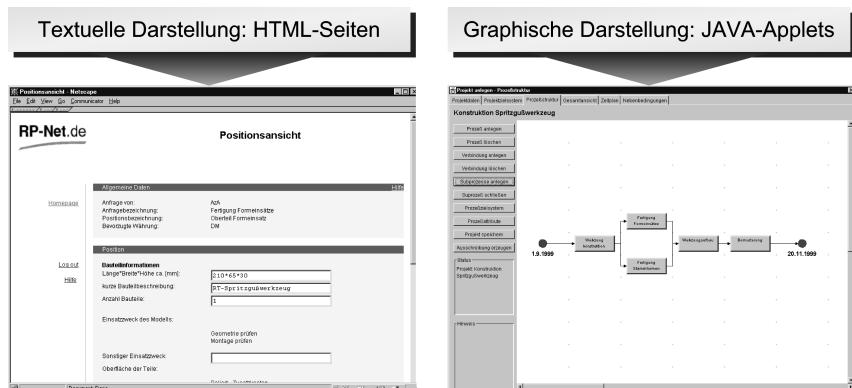


Abbildung 57: Beispiele für die Benutzerschnittstelle

³⁷ Die Programmiersprache *JAVA* wurde ab 1991 in Anlehnung an die Sprache C++ von der Fa. *SUN Microsystems* entwickelt. Eines der wichtigsten Merkmale von *JAVA* ist seine Plattformunabhängigkeit. Programme können damit ohne zusätzlichen Anpassungsaufwand auf unterschiedliche Rechnersysteme portiert werden. Aus diesem Grund eignet sich *JAVA* hervorragend als Basis für internetbasierte Applikationen. *JAVA-Applets* werden zentral von einem Internet-Server zur Verfügung gestellt und im Bedarfsfall zum Client heruntergeladen. Dort können sie ohne weitere Vorehrungen ausgeführt werden. Voraussetzung ist lediglich, daß am Client eine *JAVA VIRTUAL MACHINE (JVM)* installiert ist. Außerdem stehen mit dem *JAVA Advanced Windowing Toolkit (AWT)* und den *JAVA-Swing-Klassen* umfangreiche Klassenbibliotheken zur Verfügung, welche die Entwicklung attraktiver und effizienter graphischer Benutzeroberflächen erlauben (*Krieger 1997*).

6.5.2 Informationsübertragung

Als Kommunikationsmedium für DYNESYS wird das Internet verwendet, da es flächendeckend zu relativ geringen Kosten verfügbar ist und die Übertragung beliebiger Informationen gestattet. Je nachdem, ob JAVA-Applets, statische oder dynamische HTML-Dokumente zum Einsatz kommen, werden unterschiedliche Verarbeitungsmechanismen angewendet:

- Bei JAVA-Applets findet die eigentliche Datenverarbeitung direkt am WWW-Client des Benutzers statt. Der Zugriff des JAVA-Applets auf gespeicherte Daten erfolgt über die standardisierte *JDBC-Schnittstelle*³⁸. JAVA-Applets kommen im wesentlichen bei DY-CON zum Einsatz.
- Dynamische HTML-Seiten werden durch *JAVA-Servlets*³⁹ erzeugt. Dazu greift das JAVA-Servlet auf *HTML-Templates* zu, die wie eine Schablone das Layout der HTML-Seite bestimmen. Die dynamischen Inhalte der HTML-Seite werden wiederum über JDBC aus persistent gespeicherten Daten hinzugefügt. Dieser Mechanismus wird vor allem bei DY-PROMALL verwendet.
- Statische HTML-Seiten mit festen Inhalten können direkt vom HTTP- bzw. vom HTTPS-Server im Dateisystem abgerufen und zum WWW-Client des Benutzers übertragen werden. Statische HTML-Seiten dienen z. B. zur Realisierung des Online-Hilfesystems von DYNESYS.

Auf der Ebene der Informationsübertragung wird zur Datenverschlüsselung das SSL-Protokoll verwendet (vgl. Abschnitt 2.1.5). SSL realisiert eine transparente Verschlüsselung, so daß eine internetbasierte Applikation nicht speziell für SSL angepaßt werden muß. Auf diese Weise ist es möglich, dem Benutzer die Entscheidung zu überlassen, ob die Datenübertragung verschlüsselt oder unverschlüsselt erfolgen soll. Er kann dazu einfach per Knopfdruck zwischen einem unsicheren HTTP- und einem sicheren HTTPS-Server, der die SSL-Verschlüsselung durchführt, umschalten. Die Möglichkeit der unverschlüsselten Datenübertragung wird deshalb angeboten, weil eine Verschlüsselung nach dem SSL-Protokoll zu einem höheren Datentransfervolumen führt, was sich bei einer langsamem Internet-Anbindung ungünstig auf die Antwortzeit des Systems auswirkt.

³⁸ JDBC = JAVA Database Connectivity

³⁹ JAVA-Servlets werden im Gegensatz zu JAVA-Applets nicht am Client, sondern am Server ausgeführt. Das Servlet erzeugt die fertige HTML-Seite und schickt diese komplett an den WWW-Client.

Eine Übersicht der Kommunikationsmechanismen in DYNESYS zeigt Abbildung 58.

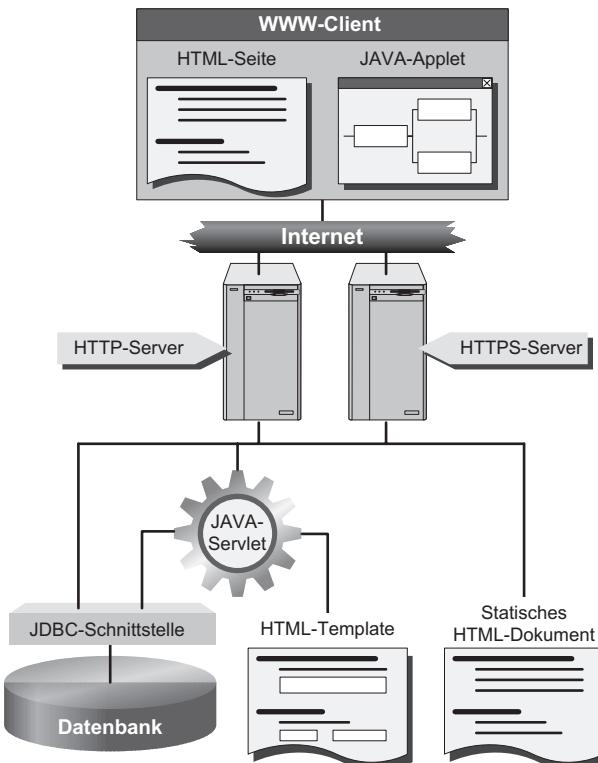


Abbildung 58: Kommunikationsmechanismen in DYNESYS

6.5.3 Persistente Datenhaltung

DYNESYS wird als monolithische Netzwerk-Applikation (vgl. Abschnitt 6.1.1) von sämtlichen Kompetenzeinheiten im Kompetenznetzwerk verwendet. Dies bedeutet, daß eine entsprechend große Anzahl unternehmenskritischer Daten persistent⁴⁰ gespeichert und verwaltet werden muß. Im Rahmen der prototypischen Implementierung

⁴⁰ Transistente Daten existieren nur zur Laufzeit einer Applikation. Sie stehen nach Beendigung der Applikation nicht mehr zur Verfügung. Im Gegensatz dazu werden persistente Daten mittels eines physikalischen Speichermediums andauernd gesichert und können wiederverwendet werden.

wird für diese Aufgabe das Datenbankmanagement-System *Oracle 8* eingesetzt. Das konzeptionelle Informationsmodell (vgl. Abschnitt 6.3) wird dazu in ein physikalisches, relationales Datenmodell übertragen. Wegen der monolithischen Architektur ist eine physikalisch verteilte Datenhaltung nicht ohne weiteres möglich. Auf der Ebene der persistenten Datenhaltung werden deshalb zur logischen Trennung der Daten der Benutzer jeweils paßwortgeschützte Bereiche verwendet.

6.6 Zusammenfassung

Die erarbeitete Konfigurationsmethodik wird durch das Softwaresystem DYNESYS DV-technisch umgesetzt. DYNESYS weist eine monolitische Applikationsarchitektur auf, um eine möglichst komplette Erfüllung der Anforderungen an ein Softwarewerkzeug zur Konfiguration zu gewährleisten. Die Durchführung der beschriebenen Vorgehensweise zur Konfiguration wird von DYNESYS vollständig und durchgängig unterstützt. DYNESYS nutzt Internet-Technologien zur Informationsübermittlung und zur Realisierung der Benutzerschnittstelle. Die Datenspeicherung erfolgt mittels eines leistungsfähigen Datenbankmanagementsystems.

7 **Prototypische Umsetzung**

Kapitel 7 beschreibt die prototypische Umsetzung der entwickelten Konfigurationsmethodik und des Softwarehilfsmittels DYNESYS. Zunächst wird das zugrundeliegende reale Kompetenznetzwerk vorgestellt. Im Anschluß daran wird das Vorgehen bei der Konfiguration einer Wertschöpfungskette im Bereich Werkzeug- und Formenbau kurz geschildert. Die einzelnen Schritte werden durch eine Darstellung der Benutzersicht (Bildschirmmasken) illustriert.

7.1 **Zugrundeliegendes Kompetenznetzwerk**

Die Methodik zur Konfiguration optimaler Wertschöpfungsketten wird beispielhaft in einem mehrdimensionalen Kompetenznetzwerk umgesetzt. Es besteht aus den zwei eindimensionalen Kompetenznetzwerken *RP-Net.de* und *Produktionsnetz.de* (vgl. Abbildung 59). Die beiden eindimensionalen Kompetenznetzwerke können folgendermaßen charakterisiert werden:

- Im RP-Net.de sind 25 Unternehmen organisatorisch und informationstechnisch verbunden, die Leistungen im Bereich des Rapid Prototyping anbieten. Das RP-Net.de ist als typisches eindimensionales Kompetenznetzwerk seit Ende 1998 aktiv am Markt präsent.
- Das Produktionsnetz.de setzt sich aus 19 Unternehmen zusammen, die über Kompetenzen in der mechanischen Fertigung verfügen. Obwohl Bearbeitungsaufgaben nicht in dem Maße vergleichbar sind wie etwa RP-Aufgaben, wird das Produktionsnetz.de als eindimensionales Kompetenznetzwerk betrieben. Der Grund hierfür ist, daß Anfragen externer Kunden an das Produktionsnetz.de sehr ähnlich strukturiert sind, so daß eine einheitliche elektronische Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden kann. Das Produktionsnetz.de hat seinen produktiven Betrieb Mitte 1999⁴¹ aufgenommen.

In beiden Kompetenznetzwerken sind zusätzlich komplementäre Kompetenzen in den Bereichen Projektmanagement, Entwicklung und Konstruktion, Berechnung und Versuchsdurchführung vorhanden. Die Netzwerke werden im Rahmen eines Verbundforschungsprojekts vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München koordiniert.

⁴¹ Sämtliche Angaben über die Netzwerke beziehen sich auf den Stand vom August 1999.

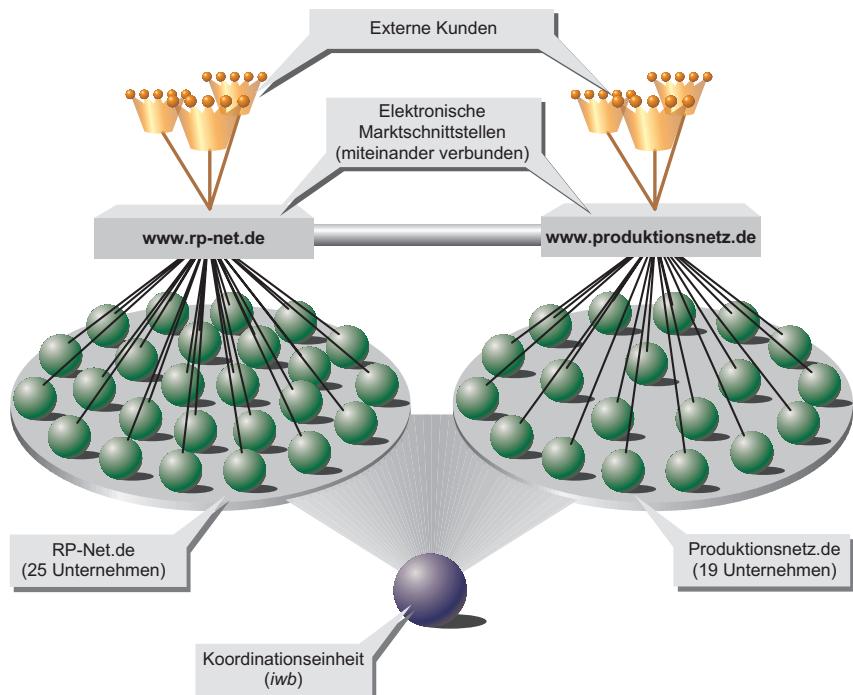


Abbildung 59: Praktische Umsetzung des Strukturkonzepts für Kompetenznetzwerke im RP-Net.de und im Produktionsnetz.de

7.2 Beispielszenario

Folgendes Beispielsszenario wird zur Illustration der Vorgehensweise zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken gewählt:

Ein externer Kunde richtet eine Anfrage an ein Unternehmen im RP-Net.de. Gegenstand der Anfrage ist die Durchführung der Werkzeugkonstruktion und -fertigung für ein Kunststoffspritzgußteil sowie die anschließende Bemusterung der Teile. Da das angefragte Unternehmen aus kapazitiven Gründen das Projekt nicht selbst operativ durchführen kann, übernimmt es die Rolle des Leistungsintegrators. Es bestimmt den gesamten Leistungsumfang und definiert die entsprechende Prozeßstruktur.

Für das betrachtete Beispielszenario sind die einzelnen Teilprozesse

- Werkzeugkonstruktion,
- Fertigung der Formeinsätze,
- Fertigung der Stammformen,
- Werkzeugaufbau und
- Bemusterung

durchzuführen. Sämtliche Teilprozesse können von unterschiedlichen Unternehmen im Kompetenznetzwerk übernommen werden, da die Schnittstellen eindeutig zu spezifizieren sind. Abbildung 60 zeigt die Erstellung des Strukturplans mit DY-CON.

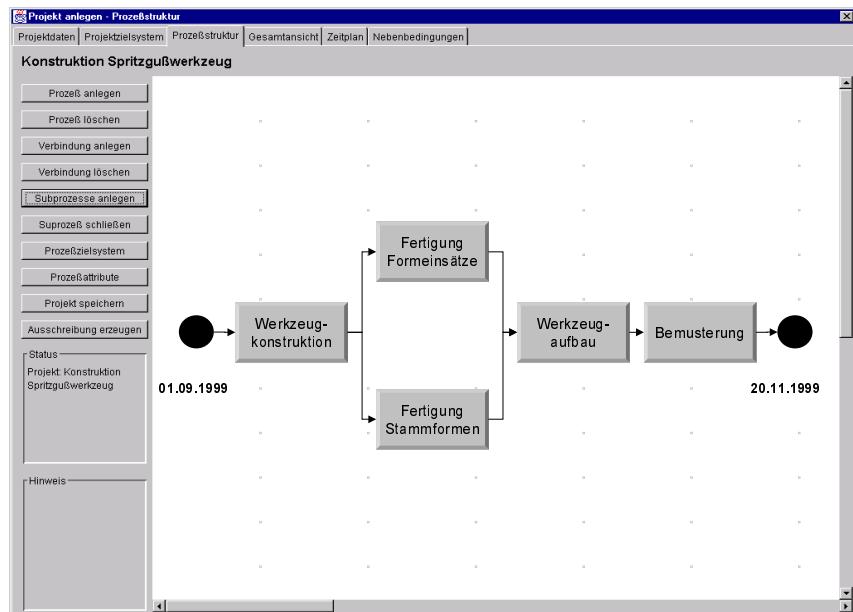


Abbildung 60: Prozeßstrukturplan

Über die Festlegung des zur Verfügung stehenden Zeitrahmens hinaus sind keine zusätzlichen Nebenbedingungen zu beachten. Restriktionen hinsichtlich der Verteilung von Anfragen in den Kompetenznetzwerken existieren nicht.

Beispieldaten

Die Spezifizierung des projektspezifischen Anforderungsvektors mit DY-CON ist in Abbildung 61 dargestellt.

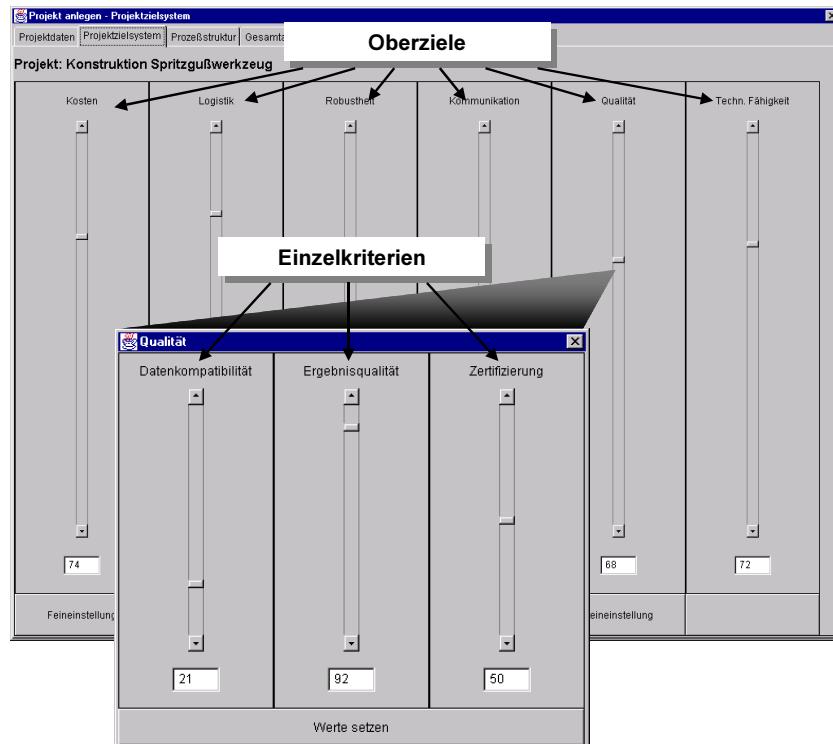


Abbildung 61: Projektspezifischer Anforderungsvektor (Ausschnitt)

Für jeden Teilprozeß wird auf der Basis der standardisierten Leistungsbeschreibung der Liefer- und Leistungsumfang definiert. Auf Knopfdruck werden daraus elektronische Anfragen erzeugt und mittels DY-PROMALL in den Kompetenznetzwerken zur Verfügung gestellt. Die Kompetenzeinheiten werden automatisch per E-Mail darüber informiert, daß neue Anfragen vorhanden sind. Auf Wunsch kann diese Mitteilung nur dann erfolgen, wenn eine Anfrage zum gespeicherten Kompetenzprofil einer Kompetenzeinheit paßt. Die vollständigen Anfragen können potentielle Interessenten dann am DYNESYS-Server abrufen.

Allgemeine Daten

Anfrage von: AZA
Anfragebezeichnung: Fertigung Formeinsätze
Positionsbezeichnung: Oberteil Formeinsatz
Bevorzugte Währung: DM

Position

Bauteilinformationen

Länge*Breite*Höhe ca. [mm]: 210*65*30
kurze Bauteilbeschreibung: RT-Spritzgußwerkzeug
Anzahl Bauteile: 1

Einsatzzweck des Modells:

Geometrie prüfen
Montage prüfen

Sonstiger Einsatzzweck:

Oberfläche der Teile:

Bevorzugte RP-Verfahren:

Poliert - Zusatzkosten
Dienstleister soll Verfahren vorschlagen

SLS - Selektives Lasersintern

Abbildung 62: Eingehende Anfrage bei einem potentiellen Leistungserbringer

Abbildung 62 zeigt einen Ausschnitt einer Anfrage, die via DY-PROMALL an einen Leistungserbringer gerichtet wurde. Gegenstand der Anfrage ist die Fertigung der Formeinsätze für das Spritzgußwerkzeug. Der Leistungserbringer erstellt auf der Basis der Anfrage ein elektronisches Angebot und sendet es direkt an den Leistungsintegrator.

Die einzelnen Anfragen der potentiellen Leistungserbringer werden beim Leistungsintegrator gesammelt. Mittels DY-CON kann der Leistungsintegrator die Leistungserbringer auf der Grundlage ihrer Angebote und ihres Kompetenzprofils nun vergleichen. Geeignete Leistungserbringer werden auf diese Weise zu einer insgesamt optimalen Wertschöpfungskette kombiniert. Das Ergebnis der Optimierung stellt Abbildung 63 dar.

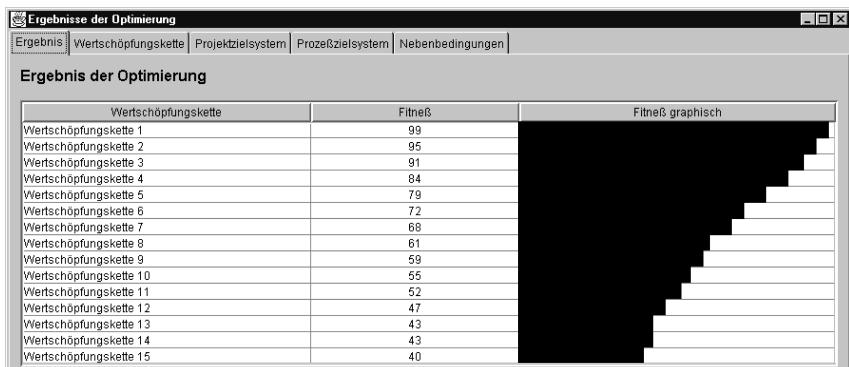


Abbildung 63: Ergebnisdarstellung in DY-CON (Ausschnitt)

Per Mausklick kann der Leistungsintegrator nun weitere detaillierte Informationen über das Konfigurationsergebnis abfragen, wie etwa die konkreten Ausprägungen der Erfüllungsgrade oder die Zeit- bzw. Kostenverteilung auf die einzelnen Teilprozesse. Hat er schließlich eine endgültige Kombination von Leistungserbringern ausgewählt, kann er auf Knopfdruck die entsprechenden Aufträge direkt auf elektronischem Weg versenden.

7.3 Zusammenfassung

Das entwickelte Konzept zur Konfiguration optimaler unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten kann in unterschiedlichen Branchen erfolgreich angewendet werden. Sowohl die Methodik als auch das Softwarehilfsmittel DYNESYS sind auf verschiedene Aufgabenstellungen hin anpaßbar. Anhand eines Beispielszenarios aus dem Bereich Werkzeug- und Formenbau wird die Umsetzung in die betriebliche Praxis demonstriert.

8 Bewertung des Lösungskonzepts

In Kapitel 4 wurde ein Strukturkonzept für Kompetenznetzwerke, in Kapitel 5 eine Methodik zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten und in Kapitel 6 ein Rechnerwerkzeug zur Unterstützung dieser Methodik entworfen. In Kapitel 8 werden diese drei Komponenten bewertet. Zunächst erfolgt eine Überprüfung, inwieweit die in Kapitel 3 erarbeiteten Anforderungen erfüllt worden sind. Im Anschluß daran wird der Aufwand und Nutzen, der aus dem Einsatz von Strukturkonzept, Methodik und Werkzeug entsteht, quantitativ und qualitativ beurteilt.

8.1 Überprüfung der Anforderungserfüllung

Strukturkonzept, Methodik und Werkzeug werden hinsichtlich der Erfüllung der in Kapitel 3 beschriebenen Anforderungen untersucht (vgl. Abbildung 64).

Kompetenznetzwerke zeichnen sich durch relativ offene Netzwerkgrenzen aus, so daß neue Kompetenzeinheiten einfach und schnell ins Netzwerk integriert werden können. Dadurch gelingt die Berücksichtigung von Größen-, Komplexitäts- und Aufgabendynamik auf Netzwerkebene. Die Eigenständigkeit der Unternehmen bleibt durch den dezentralen Charakter des Netzwerks gewahrt. Jedes Unternehmen hat selbst die Möglichkeit, über seine Teilnahme an einer virtuellen Wertschöpfungskette – sei es als Leistungsintegrator oder als Leistungserbringer – zu entscheiden. Der netzinterne Wettbewerb wird durch marktliche Konfigurationsmechanismen forciert. Die transparente Darstellung der Kompetenzprofile der Unternehmen im Netzwerk wird durch DYNESYS unterstützt. Die Möglichkeit für externe Kunden, direkt auf das Leistungsangebot der Kompetenzeinheit zuzugreifen, ist vorhanden.

Die entwickelte Methodik zur Konfiguration erlaubt mittels der Prä-Optimierung eine schnelle Reaktion auf Kundenanfragen, ohne bereits mit anderen Unternehmen kommunizieren zu müssen. Zumindest die prinzipielle Durchführbarkeit einer Aufgabenstellung kann abgeschätzt werden. Der notwendige Initialaufwand zur Anwendung der Methodik ist für ein einzelnes Unternehmen sehr gering, da die Konfigurationsmethodik bereits ohne die aufwendige Erarbeitung einer umfangreichen Kompetenzbeschreibung funktioniert. Zur Nutzung der vollen Leistungsfähigkeit müssen allerdings Prozeß- und Kooperationsfähigkeitsparameter ermittelt werden. Die Methodik zur Konfiguration ist ohne Veränderung auf ganz unterschiedliche Aufgabenstellungen anwendbar. Die Berücksichtigung verschiedener Zielsysteme ist integraler Bestandteil der Methodik. Die Transparenz der Entscheidungsfindung ist gewährleistet, da der

Überprüfung der Anforderungserfüllung

Anwender verschiedene Szenarien einfach testen kann und unmittelbar Rückmeldung über die Konfigurationsergebnisse erhält. Die Aggregation der einzelnen Kriterien zu einer Kennzahl erlaubt den einfachen Vergleich einer großen Anzahl möglicher Alternativen. Erkenntnisse aus früheren Kooperationen werden durch die Einbeziehung von historischen Daten in den Konfigurationsprozeß genutzt.

Strukturanforderungen	
Berücksichtigung der Größen- bzw. Komplexitätsdynamik	●
Berücksichtigung der Aufgabendynamik	●
Gewährleistung der unternehmerischen Eigenständigkeit	●
Netzinterner Wettbewerb	●
Klares Kompetenzprofil	●
Direkte Kundenschnittstelle	●
Methodenanforderungen	
Schnelle Reaktionsmöglichkeit auf Kundenanfragen	●
Geringer Initialaufwand	○
Einfache Plug-and-Play-Konfiguration	●
Ausreichende Zielflexibilität	●
Transparente Entscheidungsunterstützung	●
Nutzung von Ergebnissen aus früheren Kooperationen	●
Werkzeuganforderungen	
Verteilte Datenhaltung	○
Ausfallsicherheit	○
Geringer Installationsaufwand	●
Geringer Wartungsaufwand	●
Geringer Anpassungsaufwand	●
Redundanzfreiheit	●
Hohe Performanz	●
Einfache Datensicherung	●
Sichere Datenübertragung	●
Plattformunabhängigkeit	●
Geringer Aufwand zur Integration weiterer Kompetenzeinheiten	●

Legende

- Gute Anforderungserfüllung
- Bedingte Anforderungserfüllung
- Keine Anforderungserfüllung

Abbildung 64: Überprüfung der Anforderungserfüllung

Prinzipbedingt kann das Rechnerwerkzeug DYNESYS mit seiner monolitischen Applikationsarchitektur die Anforderungen bzgl. einer verteilten Datenhaltung und einer hohen Ausfallsicherheit nicht vollständig erfüllen. Dafür werden sämtliche Anforderungen hinsichtlich eines geringen Installations-, Wartungs- und Anpassungsaufwands erfüllt. Alle notwendige Informationen werden mittels eines konsistenten, relationalen Datenmodells redundanzfrei gehalten. Der Einsatz eines leistungsfähigen Datenbankmanagementsystems gewährleistet die hohe Performanz von DYNESYS. Außerdem stehen hierfür Standardwerkzeuge für die Datensicherung zur Verfügung. Zur Sicherung der Datenübertragung via Internet werden anerkannte Verschlüsselungsverfahren eingesetzt. Auf Seiten der Clients ist DYNESYS vollständig plattformunabhängig. Die Integration weiterer Kompetenzeinheiten kann binnen weniger Minuten online erfolgen, ohne daß irgendwelche Softwarekomponenten installiert werden müssen.

8.2 Monetäre Bewertung

Die monetäre Bewertung des Konzepts zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in Kompetenznetzwerken basiert auf Erfahrungswerten, die beim Aufbau und Betrieb der eindimensionalen Kompetenznetzwerke RP-Net.de und Produktionsnetz.de gewonnen wurden. Folgende Ausgangsdaten liegen der Bewertung zugrunde:

Anzahl Kompetenzeinheiten	44
Tagessatz Mitarbeiter in einer Kompetenzeinheit (Planer bzw. Kalkulator)	600 DM
Tagessatz Mitarbeiter einer zentralen Dienstleistungsinstanz	1.000 DM
Tagessatz Softwareentwickler	1.200 DM
Abschreibungs- bzw. angestrebter Amortisationszeitraum	4 Jahre

Abbildung 65: Ausgangsdaten zur monetären Bewertung

8.2.1 Aufwandsabschätzung

Zur Durchführung der monetären Bewertung werden sämtliche Aufwendungen für den Aufbau und Betrieb der Kompetenznetzwerke einer zentralen Dienstleistungsinstanz zugeordnet⁴².

⁴² Natürlich müssen die erforderlichen Aktivitäten nicht notwendigerweise komplett von einer Zentralinstanz übernommen werden, sie können auch auf verschiedene Mitglieder im Kompetenznetzwerk verteilt werden. Die Zuordnung des Aufwand zu einer zentralen Dienstleistungsinstanz vereinfacht lediglich die Berechnung.

Aufbau der Kompetenznetzwerke

Bereits zur Vorbereitung des Aufbaus eines Kompetenznetzwerks fällt ein gewisser Aufwand an. Nach der Entscheidung, ein Kompetenznetzwerk für eine bestimmte Produkt-Markt-Kombination zu errichten, wird zunächst die grundlegende Netzwerkstruktur (ein- oder mehrdimensionales Kompetenznetzwerk) definiert. Im Anschluß daran müssen die notwendigen Kompetenzen identifiziert werden.

Während der Phase des Netzwerkaufbaus sind die Anforderungen potentieller Kunden zu analysieren. Mögliche Initial-Partner für das Kompetenznetzwerk müssen gefunden und deren Kompetenzprofil muß auf der Grundlage der standardisierten Leistungsbeschreibung dargestellt werden. Aus den Kompetenzprofilen der einzelnen Partner ist das Kompetenzprofil des gesamten Netzwerks zu aggregieren, um dessen Leistungen erfolgreich am Markt plazieren zu können.

Aufgrund eigener Erfahrungen wird für den Aufbau der eindimensionalen Kompetenznetzwerke Produktionsnetz.de und RP-Net.de ein Aufwand von insgesamt 80 Manntagen veranschlagt.

Betrieb der Kompetenznetzwerke

In der Betriebsphase des Kompetenznetzwerks fällt Aufwand für die Bereitstellung der in Abschnitt 4.4 vorgestellten sekundären Funktionen Organisationsgestaltung, Netzentwicklung, Koordination, Qualifikation, Vermarktung und Infrastrukturpflege an. Eigene Erfahrungen mit den Betrieb der beiden eindimensionalen Kompetenznetzwerke Produktionsnetz.de und RP-Net.de zeigen, daß hierfür im Durchschnitt ein Mitarbeiter benötigt wird.

Softwareentwicklung

Als monolithische Applikation wird DYNESYS von einer zentralen Instanz im Netzwerk betrieben. Für diese Zentralinstanz entsteht einmalig Aufwand für die Entwicklung bzw. Beschaffung sowie für die Installation von DYNESYS. Hierfür wird ein Aufwand von 200 Manntagen kalkuliert. Für die zusätzlich notwendige Basissoftware (Datenbankmanagementsystem, WWW-Server) werden einmalige Aufwendungen in Höhe von DM 10.500,- angesetzt.

Hardware

Für den DYNESYS-Server werden einmalige Hardware-Aufwendungen in Höhe von DM 10.000,- veranschlagt.

Wartung

Für die Wartung von DYNESYS wird der branchenübliche Satz von 10% auf die jährlichen Softwareabschreibungen angesetzt.

Internetanbindung

Aufgrund der großen Datenmenge, die beim Einsatz von DYNESYS bewältigt werden muß, benötigt der DYNESYS-Betreiber eine leistungsfähige Internetanbindung. Hierfür werden jährlich DM 20.000,- veranschlagt.

SSL-Zertifikat

Zur Gewährleistung einer sicheren Datenübertragung ist die Zertifizierung des DYNESYS-Servers durch eine Certification Authority notwendig. Dafür wird ein jährlicher Aufwand von DM 300,- angesetzt.

Die Berechnung des gesamten jährlichen Aufwands einer zentralen Dienstleistungsinstanz ist in Abbildung 66 dargestellt.

Einmaliger Aufwand bzw. Investitionen	
Aufbau Kompetenznetzwerke (80 MT à 1.000 DM)	80.000 DM
Entwicklung DYNESYS (200 MT à 1.200 DM)	240.000 DM
DYNESYS-Server	10.000 DM
WWW-Serversoftware	500 DM
Datenbankmanagementsystem	10.000 DM
Summe Investitionen	340.500 DM
Abschreibungen	85.125 DM
Laufende Kosten pro Jahr	
Betrieb Kompetenznetzwerke (1 MA)	220.000 DM
Wartung (10% der Softwareabschreibungen)	6.239 DM
Internetanschluß	20.000 DM
SSL-Zertifikat	300 DM
Summe Laufende Kosten pro Jahr	246.563 DM
Gesamtkosten pro Jahr	
	331.688 DM

Abbildung 66: Berechnung des jährlichen Aufwands einer zentralen Dienstleistungsinstanz

Die errechneten Aufwendungen der zentralen Dienstleistungsinstanz werden anteilig auf alle 44 Kompetenzeinheiten in den Kompetenznetzwerken umgelegt.

Darüber hinaus entstehen für die Kompetenzeinheiten weitere Aufwendungen zur Teilnahme an den Kompetenznetzwerken sowie zur Nutzung von Methodik und Werkzeug zur Konfiguration. Im einzelnen sind dies:

Hardware

Die Anwendung der Methodik zur Konfiguration wird durch das Rechnerwerkzeug DYNESYS unterstützt. Das Designziel, den Einsatz von DYNESYS bei den Kompetenzeinheiten mit einem möglichst geringen Aufwand zu realisieren, wird durch die Verwendung des Internets als Kommunikationsmedium erreicht. Eine Kompetenzeinheit benötigt deshalb lediglich einen Computer mit Modem. Dazu wird ein Standard-PC mit einmaligen Aufwendungen in Höhe von DM 4.000,- veranschlagt, der zu 50% für DYNESYS benutzt wird.

Internetzugang

Eine Kompetenzeinheit benötigt lediglich einen einfachen Internetzugang. Die jährlichen Kosten hierfür werden mit DM 300,- angesetzt.

Schulung

Für die DYNESYS-Schulung wird ein Aufwand von insgesamt zwei Manntagen einkalkuliert. Da evtl. neue Mitarbeiter einzuarbeiten sind bzw. Weiterentwicklungen von DYNESYS vermittelt werden müssen, wird angenommen, daß dieser Aufwand jährlich anfällt.

Qualifizierung der Kompetenzeinheiten

Zur vollen Umsetzung der Methodik ist die Durchführung der Kernkompetenz- und Kooperationsfähigkeitsanalyse erforderlich, da nur so relevante Kooperationsfähigkeitskennzahlen ermittelt werden können. Hierfür wird ein einmaliger Aufwand von 10 Manntagen angesetzt.

Die Berechnung des gesamten jährlichen Aufwands einer Kompetenzeinheit zeigt Abbildung 67.

Einmaliger Aufwand bzw. Investitionen	
Qualifizierung zur Teilnahme (10 MT)	6.000 DM
Hardware (Standard-PC, Nutzung zu 50%)	2.000 DM
Summe Investitionen	8.000 DM
Abschreibungen	2.000 DM
Laufende Kosten pro Jahr	
Anteiliger Aufwand der zentralen Instanz	7.538 DM
Internetzugang	300 DM
Schulungsaufwand (2 MT)	1.200 DM
Summe Laufende Kosten pro Jahr	9.038 DM
Gesamtkosten pro Jahr	
	11.038 DM

Abbildung 67: Berechnung des jährlichen Aufwands einer Kompetenzeinheit

8.2.2 Nutzenabschätzung

Die monetäre Bewertung des Nutzens des entwickelten Konzepts zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in Kompetenznetzwerken basiert auf empirischen Daten, die im Produktionsnetz.de erhoben wurden. Es wird angenommen, daß die Daten im wesentlichen auf die Unternehmen im RP-Net.de übertragbar sind.

Nutzen als Leistungsintegrator

Die Unternehmen im Produktionsnetz.de agieren im Durchschnitt in 41 unternehmensübergreifenden Projekten pro Jahr als Auftraggeber bzw. Leistungsintegrator (nur Neuaufträge, keine Wiederholungsaufträge). Zur Durchführung der Konfiguration wird hierfür im Mittel ein Aufwand von zwei Manntagen pro Projekt angesetzt. Es wird angenommen, daß dieser Aufwand durch den Einsatz der Konfigurationsmethodik und des Werkzeugs DYNESYS um wenigstens 50% zu reduzieren ist. Dies resultiert u. a. aus kürzeren Zeitspannen für die Planung, für die Identifikation geeigneter Leistungserbringer und für den Vergleich eingehender Angebote.

Nutzen als Leistungserbringer

Die Unternehmen im Produktionsnetz.de nehmen im Mittel 232 Neuaufträge pro Jahr als Auftragnehmer bzw. Leistungserbringer an. Für die Angebotserstellung wird ein Aufwand von durchschnittlich 0,5 Manntagen pro Auftrag veranschlagt. Auch hier wird angenommen, daß davon durch den Einsatz des Werkzeugs DYNESYS zumin-

dest 50% einzusparen sind. Dies ergibt sich u. a. aus der Tatsache, daß die Anfragen vollständig und exakt beschrieben sind, so daß meist keine Rückfragen notwendig sind. Darüber hinaus können Angebote ohne erneute Grunddateneingabe direkt auf der Basis einer Anfrage erzeugt werden. Außerdem sind sämtliche notwendige Nutzdaten unmittelbar verfügbar, in vielen Fällen können sie direkt ohne Medienbruch weiterverarbeitet werden (z. B. STL-Daten⁴³ zur Prototypenerstellung).

Die Berechnung des gesamten jährlichen Einsparpotentials einer Kompetenzeinheit ist in Abbildung 68 dargestellt.

Einsparpotential als Leistungsintegrator	
Anzahl fremdvergebener Neuaufräge pro Jahr	41
Geschätzter Konfigurationsaufwand (MT)	2
Erwartetes Einsparpotential	50%
Einsparpotential pro Jahr als Leistungsintegrator	24.600 DM
Einsparpotential als Leistungserbringer	
Anzahl durchgeführter Neuaufräge pro Jahr	232
Geschätzter Aufwand zur Angebotsabgabe (MT)	0,5
Erwartetes Einsparpotential	50%
Einsparpotential pro Jahr als Leistungserbringer	34.800 DM
Gesamtes Einsparpotential pro Jahr	
	59.400 DM

Abbildung 68: Berechnung des jährlichen Einsparpotentials einer Kompetenzeinheit

⁴³ STL = Standard Transformation Language: Ein genormtes Datenformat zur Beschreibung von 3D-Modellen im RP-Bereich.

8.2.3 Vergleich von Aufwand und Nutzen

Abbildung 69 zeigt eine Gegenüberstellung des monetär quantifizierbaren Zusatzaufwands und des zu realisierenden Einsparpotentials.

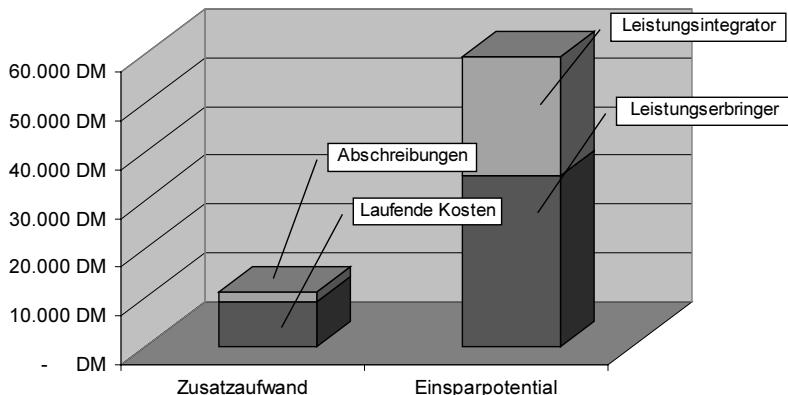


Abbildung 69: Vergleich von Zusatzaufwand und Einsparpotential

Es wird deutlich, daß das realisierbare Einsparpotential den Zusatzaufwand, der durch die Teilnahme an einem Kompetenznetzwerk sowie den Einsatz von Konfigurationsmethodik und Rechnerwerkzeug entsteht, bei weitem übersteigt. Insgesamt steht einem jährlichen Zusatzaufwand von DM 11.038,- ein Einsparpotential von DM 59.400,- gegenüber. Dies bedeutet, daß der Break-Even-Punkt bereits erreicht wird, wenn lediglich 19% des gesamten Einsparpotentials tatsächlich genutzt werden.

8.3 Qualitative Nutzenpotentiale

Neben dem monetär quantifizierbaren Nutzen sind weitere positive Effekte zu erwarten. Im einzelnen sind dies:

Bessere Konfigurationsergebnisse

Die Methodik zur Konfiguration der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette ermöglicht in Verbindung mit dem Rechnerwerkzeug DYNESYS die Berücksichtigung einer großen Anzahl von Einflußparametern. Viele Gestaltungsalternativen für die Auswahl der geeigneten Kompetenzkombination können untersucht werden. Die Aggregation der Konfigurationsergebnisse zu einer Kennzahl ermöglicht den ra-

schen Vergleich der Alternativen. Die einfache Veränderung der Anforderungsvektoren und Nebenbedingungen erlaubt die Untersuchung unterschiedlicher Szenarien und ermöglicht die Durchführung von Was-Wäre-Wenn-Analysen. Die integrale Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette einschließlich der Schnittstellen zwischen den Teilprozessen führt zu einem globalen Planungsoptimum und nicht nur zur lokalen Optimierung einzelner Teilprozesse. Insgesamt sind durch den Einsatz der Methodik deutlich bessere Planungsergebnisse bei der unternehmensübergreifenden Produkterstellung in Kompetenznetzwerken zu erwarten.

Leistungssteigerung durch Kompetenzfokussierung

Die Kompetenzeinheiten bringen diejenigen Leistungen in die virtuelle Wertschöpfungskette ein, bei denen sie besser und kostengünstiger als andere sind. Die Unternehmen im Kompetenznetzwerk können sich so auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren, ohne daß sie wegen der damit verbundenen Spezialisierung auf Aufträge verzichten müssen. Eventuell unrentable Bereiche der innerbetrieblichen Wertschöpfung werden erkannt und an Partner vergeben, um dafür die eigenen Stärken zu forcieren und neue, überbetriebliche Effizienz- und Flexibilitätspotentiale zu erschließen.

Besseres Kapazitäts- und Technologiemanagement

Die Nutzung von Kapazitäten und Kompetenzen der Unternehmen im Kompetenznetzwerk ermöglicht es, schnell auf sich abzeichnende Marktchancen zu reagieren, dabei hausinterne Kapazitätsgrenzen zu überwinden und von anderen und neuen Technologien zu profitieren. Dabei müssen keine Investitionen getätigt werden, um das eigene Angebotsspektrum und Leistungsvermögen zu erweitern.

Für die Unternehmen im Kompetenznetzwerk bringt die bessere Nutzung der eigenen Maschinen und Kompetenzen eine höhere Auslastung durch zusätzliche Aufträge. So lassen sich Umsatzsteigerungen bei gleichzeitiger Aufwandsreduktion und zusätzliche Deckungsbeiträge erwirtschaften. Durch die Möglichkeit des unternehmensübergreifenden Kapazitätsmanagements können Mengenschwankungen ausgeglichen werden.

Stärkere Marktpräsenz durch Kompetenznetzwerke

Bisher konnten gerade KMU komplexe Aufträge nur bei Fokussierung auf einen oder wenige eng begrenzte Geschäftsbereiche abwickeln. Diese Hürde entfällt in Kompetenznetzwerken, da Aufträge auf mehrere Partner verteilt werden und so der Handlungsspielraum großer Unternehmen erreicht werden kann. Die direkte internetgestützte Marktschnittstelle, die mit DYNESYS zur Verfügung steht, eröffnet einen neu-

en Vertriebskanal und forciert die aktive Marktpräsenz. Außerdem sinkt durch die Vermeidung von Medienbrüchen das Fehlerrisiko.

8.4 Zusammenfassung

Der Aufbau und Betrieb von Kompetenznetzwerken, der Einsatz der Methodik zur Konfiguration von Wertschöpfungsketten sowie die Nutzung des entsprechenden Rechnerwerkzeugs ist mit einem gewissen Aufwand verbunden. Dieser kann jedoch auf alle Unternehmen im Kompetenznetzwerk verteilt werden, so daß für jedes einzelne Unternehmen der Zusatzaufwand überschaubar bleibt.

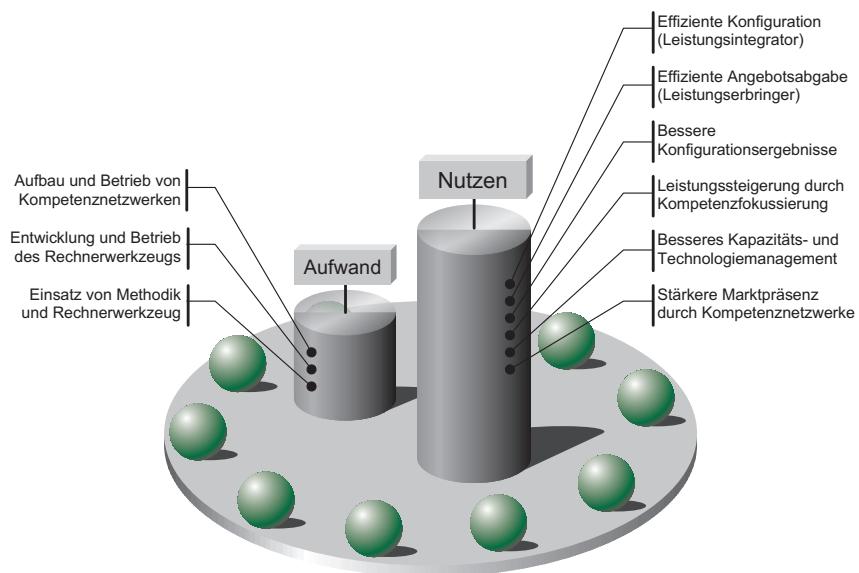


Abbildung 70: Gegenüberstellung von Aufwand und Nutzen

Dem zu erbringenden Aufwand stehen die enormen Nutzenpotentiale von modernen, dynamischen Kooperationsbeziehungen gegenüber. Insbesondere Kompetenznetzwerke bieten den Unternehmen neue Möglichkeiten, auf veränderte Umgebungsbedingungen zu reagieren, ja sogar davon zu profitieren. Erschlossen werden diese Potentiale durch die entwickelte Konfigurationsmethodik in Verbindung mit dem Rechnerwerkzeug DYNESYS.

Zusammenfassung

Neben den monetär quantifizierbaren Einsparpotentialen sind noch weitere positive Effekte zu erwarten. Die vorgestellte Methodik zur Konfiguration virtueller Wert schöpfungsketten schafft die Voraussetzungen, um die prognostizierten Vorzüge der vernetzten Produktion auch tatsächlich nutzbar zu machen. Erste prototypenhafte Anwendungen der entwickelten Verfahren und Werkzeuge in der unternehmerischen Praxis lassen den Schluß zu, daß die erzielbaren Vorteile den zu erbringenden Aufwand deutlich übersteigen.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Virtuelle Fabriken sind eine vielversprechende Möglichkeit, mit der produzierende Unternehmen auf aktuelle Veränderungen des unternehmerischen Umfelds reagieren können. Trotz der erkannten Potentiale mangelt es allerdings noch an der breiten Umsetzung dieses Konzepts in der betrieblichen Praxis. Ein Hauptgrund dafür ist im Fehlen geeigneter Vorgehensweisen zu sehen, welche produzierende Unternehmen bei der Planung von unternehmensübergreifenden Projekten im Rahmen kurzfristiger Kooperationen unterstützen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, Methoden und Werkzeuge zu konzipieren, die eine effektive und effiziente Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten ermöglichen. Dieses Hauptziel gliedert sich in folgende drei Teilziele:

1. Die Definition eines unternehmensübergreifenden Strukturkonzepts für die vernetzte Produktion im turbulenten Umfeld als Grundlage der Konfiguration,
2. die Erarbeitung einer leistungsfähigen und praxistauglichen Methodik zur effizienten Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten auf der Basis des Strukturkonzeptes und
3. die Konzeption, Entwicklung und Implementierung eines Rechnerwerkzeugs zur Unterstützung der Methodik.

Das Fundament der Konfigurationsmethodik bildet das entwickelte Strukturkonzept für dynamische, heterarchische Kompetenznetzwerke. Sie sind eine Weiterentwicklung bekannter Formen von Unternehmensnetzwerken bzw. virtuellen Fabriken. Kompetenznetzwerke bestehen aus sog. Kompetenzeinheiten. Dies können Einzelpersonen, Institutionen, Unternehmen oder Unternehmensteile sein, die selbständig im Kompetenznetzwerk agieren und über ein transparentes Kompetenzprofil verfügen. Kompetenznetzwerke sind ein geeignetes Netzwerkmodell für das turbulente Umfeld, in dem sich Unternehmen heute und in Zukunft behaupten müssen. Die beiden Ausprägungen, ein- und mehrdimensionales Kompetenznetzwerk, berücksichtigen unterschiedliche Produkt-Markt-Kombinationen.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Entwicklung einer Methodik zur effizienten Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten auf der Basis des Strukturkonzepts für Kompetenznetzwerke. Es wird gezeigt, daß sich von den prinzipiell möglichen Konfigurationsmechanismen die einfache marktliche Konfiguration für gut beschreibbare bzw. bekannte Produkte oder Leistungen eignet. Bei komplexeren Aufgabenstellungen sollte die evolutionäre marktliche Konfiguration verwendet werden. Das entwickelte

generische Zielsystem erlaubt auf der einen Seite die umfassende Spezifikation von Anforderungen, die ein Leistungsintegrator an eine virtuelle Wertschöpfungskette stellt. Auf der anderen Seite dient es auch der Beschreibung von Fähigkeiten, mit denen die Leistungserbringer zur erfolgreichen unternehmensübergreifenden Projektabwicklung beitragen können. Ein Vorgehensmodell kombiniert die zur Ausführung der projektspezifischen Konfiguration der Wertschöpfungskette notwendigen Schritte und bietet eine Hilfestellung bei der praktischen Umsetzung der Methodik.

Das Rechnerwerkzeug DYNESYS dient der Unterstützung der entwickelten Methodik zur Konfiguration. Außerdem stellt es eine interaktive Marktschnittstelle für Kompetenznetzwerke zur Verfügung, über die externe Kunden schnell auf die Leistungen des Netzwerks zugreifen können. Ein integrierter elektronischer Anfrage-Angebots-Prozeß fördert speziell den Ansatz der evolutionären marktlichen Konfiguration. Die Realisierung von DYNESYS als monolithische Applikation berücksichtigt insbesondere die Anforderungen hinsichtlich einer hohen Performanz und eines einfachen Zugangs für die Unternehmen.

Eine prototypische Implementierung in den beiden realen Kompetenznetzwerken RP-Net.de und Produktionsnetz.de zeigt die prinzipielle Anwendbarkeit der entwickelten Konzepte, Methoden und Werkzeuge.

Die quantitative Bewertung des Konzepts demonstriert seine Nutzenpotentiale. Der zur Umsetzung notwendige Aufwand kann durch die realisierbaren Einsparmöglichkeiten mehr als ausgeglichen werden. Darüber hinaus können noch weitere qualitative Vorteile identifiziert werden, die auf einen erfolgreichen Einsatz in der Praxis schließen lassen.

In der vorliegenden Arbeit wird ein mögliches Vorgehen zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in Kompetenznetzwerken beschrieben. Grundsätzlich ist es ohne weiteres denkbar, den Anwendungsbereich der Konfigurationsmethodik über Kompetenznetzwerke hinaus zu erweitern. Z. B. könnten Unternehmen mit mehreren Standorten die erarbeitete Vorgehensweise einsetzen, um zwar innerhalb eines Unternehmens, jedoch über die Grenzen der Standorte hinweg, eine optimale Wertschöpfungskette zu planen.

In zukünftigen Forschungsarbeiten ist das Strukturkonzept für Kompetenznetzwerke weiter zu verfeinern. Das vorgestellte Zielsystem muß detailliert und auf konkrete Anwendungsfälle angepaßt werden. Im Rahmen der Entwicklung einer umfassenden Systematik zum Auftrags- und Projektmanagement in virtuellen Fabriken sind Ansätze zu entwickeln, die das Ergebnis der Konfiguration – die optimale virtuelle Wertschöpfungskette – als Basis für die eigentliche Auftragsabwicklung aufgreifen. Dazu müssen

Mechanismen der unternehmensübergreifenden Auftragssteuerung und -überwachung erarbeitet werden. Im Sinne eines interdisziplinären Forschungsansatzes müssen auch Fragestellungen, welche die Rolle des Menschen in dynamischen Kooperationsbeziehungen betreffen, untersucht werden. Die Lösung dieser Aufgabenstellungen kann schließlich einen umfangreichen, konsistenten Methodenbaukasten liefern, der die Überführung des Konzepts der virtuellen Fabrik in die betriebliche Praxis ermöglicht. Die zweifellos vorhandenen Potentiale werden auf diese Weise einer großen Anzahl von Unternehmen nutzbar gemacht.

10 Literatur

Agentisme 1999

Agentisme (Hrsg.): Agentisme Homepage. Online im Internet: URL:
<http://www.agentisme.com> [Stand: 25.08.1999].

Alsdorf u. Bannwart 1998

Alsdorf, C.; Bannwart, E.: Das virtuelle Unternehmen: Parallelisierung der Arbeit über Virtual Reality im Netz. In: Schwarzer, R. (Hrsg.): Multimedia und Telelearning: Lernen im Cyberspace. Frankfurt: Campus 1998.

Beckmann 1998

Beckmann, H.: Management von Netzwerkorganisationen. Industrie Management 14 (1998) 6, S. 9–13.

Beckmann 1999

Beckmann, H.: Prinzipien zur Gestaltung verteilter Fabrikstrukturen. ZWF 94 (1999) 1–2, S. 42–47.

BGB 1999

C. H. Beck (Hrsg.): Bürgerliches Gesetzbuch (BGB). 44. Aufl. München: dtv 1999.

Bigus u. Bigus 1998

Bigus, J. P.; Bigus, J.: Constructing Intelligent Agents With Java: A Programmer's Guide to Smarter Applications. Wiley & Sons 1997.

Born 1998

Born, A.: Kettenspiele. iX (1998) 9, S. 68–71.

Brandner 1997

Brandner, S: Unternehmensübergreifendes Daten- und Prozeßmanagement auf Basis von Internet-Technologien. In: CSC Ploenzke: Mit Schlüsseltechnologie EDM zum Life-Cycle-Management. Mainz 1997.

BSI 1999

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): Sicherheit im Internet. Online im Internet: URL: http://www.bsi.bund.de/literat/faltbl/015_netz.htm [Stand: 06.08.1999].

Bullinger u. a. 1997

Bullinger, H.-J.; Ohlhausen, P.; Hoffman, M.: Kooperationen von mittelständischen Unternehmen. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO 1997.

Bultje u. van Wijk 1998

Bultje, R.; van Wijk, J.: Taxonomy of Virtual Organisations, based on definitions, characteristics and typology. Online im Internet: URL:
http://www.virtual-organization.net/news/nl_2.3/nl_2-3a4.pdf
[Stand: 28.09.1998].

Buse 1999

Buse, H. P.: Herausforderungen bei der Bildung von KMU-Netzwerken. Online im Internet: URL: <http://www.iig.uni-freiburg.de/vkmu/vortraege/buse.html>
[Stand: 07.03.1999].

Byrne u. a. 1993

Byrne, J. A.; Brandt, R.; Port, O.: The Virtual Corporation. International Business Week 08.02.1993, S. 98–102.

Camarinha-Matos u. a. 1999

Camarinha-Matos, L. M.; Afsarmanesh, H.; Cardoso, T.: Partners search and quality-related information exchange in a virtual enterprise. In: Mertins, K. u. a. (Hrsg.): Global Production Management. Boston: Kluwer Academic Publishers 1999, S. 76–84.

Camarinha-Matos u. Afsarmanesh 1999

Camarinha-Matos, L. M.; Afsarmanesh, H.: Flexible coordination and information sharing for virtual enterprises in PRODNET. In: Mertins, K. u. a. (Hrsg.): Global Production Management. Boston: Kluwer Academic Publishers 1999. S. 67–75.

Corsten 1994

Corsten, H.: Betriebswirtschaftslehre. München: Oldenburg 1994.

Curtis 1996

Curtis, C.: EDI over the Internet: Let the games begin. Online im Internet: URL:
<http://www.techweb.com/se/directlink.cgi?CWK19960909S0076>
[Stand: 12.08.1999].

Dangelmaier 1997

Dangelmaier, W. (Hrsg.): Vision Logistik. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 1997. (HNI-Schriftenreihe 31).

Dathe 1998

Dathe, J.: Kooperationen: Leitfaden für Unternehmen. München: Hanser 1998.

Davidow u. Malone 1992

Davidow, W. H.; Malone, M. S.: The Virtual Corporation. New York: Harper Collins 1992.

DEDIG 1998

Deutsche EDI-Gesellschaft (Hrsg.): EDI Jahrbuch '98. Berlin: Beuth 1998.

Deutschle 1995

Deutschle, U.: Prozeßorientierte Organisation der Auftragsabwicklung in mittelständischen Unternehmen. Berlin: Springer 1995. (iwb Forschungsberichte 90).

DIN ISO 8402 1992

DIN ISO 8402 (Entwurf): Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung: Begriffe. Berlin: Beuth 1992.

Dorn 1999

Dorn, J.: Management and optimization of multiple supply chains. In: Mertins, K. u. a. (Hrsg.): Global Production Management. Boston: Kluwer Academic Publishers 1999, S. 144–151.

Duden Fremdwörterbuch 1990

Wissenschaftlicher Rat der Dudenredaktion (Hrsg.): Duden Fremdwörterbuch. 5. Aufl. Mannheim: Dudenverlag 1990.

Dudenhausen u. Schmidt 1997

Dudenhausen, H.-M.; Schmidt, T.: Grobplanung in Produktionsnetzen mit genetischen Algorithmen und neuronalen Netzen. ZWF 92 (1997) 10, S. 526–529.

Dueck u. a. 1993

Dueck, G.; Scheuer, T.; Wallmeier, H.-M.: Toleranzschwelle und Sintflut: Neue Ideen zur Optimierung. Spektrum der Wissenschaft (1993) 3, S. 42–51.

Eversheim u. a. 1998

Eversheim, W.; Schuth, S.; Bremer, C. F.; Molina, A.: Globale virtuelle Unternehmen: Entwickeln und Produzieren in weltweiten Netzwerken. ZWF 93 (1998) 3, S. 62–64.

Eversheim u. a. 1999

Eversheim, W.; Bauernhansl, T.; Schuth, S.: Kompetenzbasierte Konfiguration globaler virtueller Unternehmen. ZWF 94 (1998) 1–2, S. 25–28.

Frick 1995

Frick, A.: Der Software-Entwicklungsprozeß: Ganzheitliche Sicht. München: Hanser 1995.

Friemuth u. v. Wrede 1998

Friemuth, U.; v. Wrede, P.: Produzieren in Netzwerken: Ein Beispiel aus der Bekleidungsindustrie. ZWF 93 (1998) 3, S. 92–96.

Führer u. Ashkanasy 1998

Führer, E. C.; Ashkanasy, N. M.: The Virtual Organisation: Defining a Weberian Ideal Type from an Inter-Organizational Perspective. Annual Meeting of the Academy of Management. San Diego: 07.–09.08.1998.

Genet 1999

Genet, H.: FREE: Modelle, Werkzeuge und Systeme zur Realisierung eines schnell reagierenden virtuellen Unternehmens, das den Anforderungen verschiedener Geschäftsfelder gerecht wird. 5. Internationale Bodenseetagung. St. Gallen: 03.03.1999.

Geuer 1996

Geuer, A.: Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung. Berlin: Springer 1996. (iwb Forschungsberichte 100).

Gilmore u. Pline 1997

Gilmore, J. H.; Pline, B. J.: The Four Faces of Mass Customization. Harvard Business Review 75 (1997) 1–2, S. 91–101.

Goldmann u. a. 1995

Goldmann, S. L.; Nagel, R. N.; Preiss K.: Agile competitors and virtual organizations: Strategies for enriching the customer. New York: Van Nostrand Reinhold 1995.

Goldmann u. a. 1996

Goldmann, S. L.; Nagel, R. N.; Preiss K.; Warnecke, H. J.: Agil im Wettbewerb: Die Strategie der Virtuellen Organisation zum Nutzen des Kunden. Berlin: Springer 1996.

Grenier u. Metes 1995

Grenier, R.; Metes, G.: Going Virtual: Moving your Organization to the 21st Century. New York: Prentice Hall P T R 1995.

GWB 1999

C. H. Beck (Hrsg.): Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB). In: C. H. Beck (Hrsg.): Wettbewerbsrecht und Kartellrecht. 20. Aufl. München: dtv 1998.

Haberfellner u. a. 1997

Haberfellner, R.; Nagel, P.; Becker, M.; Büchel, A.; v. Massow, H.: Systems Engineering: Methodik und Praxis. 9. Aufl. Zürich: Industrielle Organisation 1997.

Heinen 1991

Heinen, E.: Industriebetriebslehre. 9. Aufl. Wiesbaden: Gabler 1991.

HGB 1999

C. H. Beck (Hrsg.): Handelsgesetzbuch (HGB). 34. Aufl. München: dtv 1999.

Hieber u. Alard 1999

Hieber, R.; Alard, R.: New generation of information systems for the extended enterprise. In: Mertins, K. u. a. (Hrsg.): Global Production Management. Boston: Kluwer Academic Publishers 1999, S. 212–218.

Hirschmann 1998

Hirschman, P.: Kooperative Gestaltung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse. Wiesbaden: Gabler 1998. (Schriften zur EDV-orientierten Betriebswirtschaft).

Hoffmann u. a. 1996

Hoffmann, W.; Hanebeck, C.; Scheer, W.: Kooperationsbörse: Der Weg zum virtuellen Unternehmen. Management & Computer 4 (1996) 1, S. 35–41.

InForum 1999

InForum Digitaldialog GmbH (Hrsg.): InForum Homepage. Online im Internet:
URL: <http://www.inforum-metall.de> [Stand: 20.06.1999].

Inter-Corporate Computer & Network Services 1999

Inter-Corporate Computer & Network Services (Hrsg.): A brief history of the Internet. Online im Internet: URL:
<http://www.inter-corporate.com/kb/library/html/history.html> [Stand: 15.07.1999].

IuKDG 1999

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Gesetz zur Regelung der Rahmenbedingungen für Informations- und Kommunikationsdienste (IuKDG). Bonn 13.06.1997.

Jarillo 1998

Jarillo, J. C.: On Strategic Networks. Strategic Management Journal 9 (1988) 9, S. 31–41.

Literatur

Kauffels 1989

Kauffels, F.-J.: Personalcomputer und lokale Netzwerke. Haar: Markt & Technik 1989.

Kinnebrock 1994

Kinnebrock, W.: Optimierung mit genetischen und selektiven Algorithmen. München: Oldenbourg 1994.

Klein 1997

Klein, S.: Zur Rolle moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. In: Müller-Stewens, G. (Hrsg.): Virtualisierung von Organisationen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1997, S. 43–59. (Entwicklungstendenzen im Management 16).

Klink 1998

Klink, J.: Produktionsnetzwerke im Überblick: Eine Typologie. In: Westkämper, E. (Hrsg.): Auftrags- und Informationsmanagement in Produktionsnetzwerken: Konzepte und Erfahrungsberichte, Stuttgart. Stuttgart: Fraunhofer IRB 1998, S. 35–52.

Kohler 1994

Kohler, U.: Rechnergestützte Materialflußplanung und Layoutoptimierung. Diplomarbeit: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München 1994.

Konradt 1999

Konradt, U.: Partner im virtuellen Unternehmen. Harvard Business Manager 21 (1999) 3, S. 103–107.

Krömker u. a. 1998

Krömker, M.; Menconi, F.; Steinlechner, V.; Weber, F.: Business Processes and Software Modules for Co-operative Bid Preparation in the Building Industry: Computer Supported Co-operative Construction Management. In: Competing in the Information Society, Genua: 24.–26.06.1998, S. 514–525.

Krüger 1997

Krüger, G.: JAVA 1.1 lernen: Anfangen, anwenden, verstehen. Bonn: Addison-Wesley Longman 1997.

Lehmann 1997

Lehmann, H.: Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem. Berlin: Springer 1997. (iwb Forschungsberichte 105).

Luckhardt 1996

Luckhardt, N.: Qnf jne rvasnpu, tryy? Kryptologische Begriffe und Verfahren. c't (1996) 12, S. 110–113.

Luger 1991

Luger, A. E.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 3. Aufl. München: Hanser 1991.

Macht 1997

Macht, M.: Möglichkeiten und Grenzen des Rapid Prototyping. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Rapid Prototyping: Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt, Augsburg. München: Utz 1997, S. 5–23. (iwb Seminarberichte 27).

Matouschek 1999

Matouschek, C.: Beitrag zur Bestimmung von Einsatzmöglichkeiten moderner Informations- und Kommunikationstechnologien in der produzierenden Industrie. Aachen: Shaker 1999. (Darmstädter Forschungsberichte für Konstruktion und Fertigung).

Mehler 1997

Mehler, B. H.: Der virtuelle Markt: Heute schon ganz real. Technik in Bayern (1997) 3, S. 8–9.

Mertens 1995

Mertens, P.: Virtuelle Unternehmen: Eine Organisationsstruktur für die Zukunft. Technologie und Management 44 (1995) 2, S. 61–68.

Milberg 1997

Milberg, J.: Produktion: Eine treibende Kraft für unsere Volkswirtschaft. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Münchener Kolloquium '97: Mit Schwung zum Aufschwung. Landsberg: mi Verlag Moderne Industrie 1997, S. 17–40.

Miles u. Snow 1984

Miles, R. E.; Snow, C. C.: Fit, Failure and the Hall of Fame. California Management Review 26 (1984) 3, S. 10–28.

Miles u. Snow 1986

Miles, R. E.; Snow, C. C.: Organizations: New Concepts for New Forms. California Management Review 28 (1986) 3, S. 62–73.

Literatur

Millarg 1998

Millarg, K.: Virtuelle Fabrik: Gestaltungsansätze für eine neue Organisationsform in der produzierenden Industrie. Regensburg: Transfer 1998.

MKD 1999

MKD Medienkompetenz Datentechnik GmbH (Hrsg.): Milliarden Umsätze mit Electronic Commerce. Online im Internet: URL: <http://www.mkd.net/ecommerce20fragen.htm> [Stand: 28.05.1999].

Mo-Tech 1999

Mo-Tech (Hrsg.): Mo-Tech-Sicherheitsfibel für angewandte Kryptographie. Online im Internet: URL: <http://www.mocrypt.de> [Stand: 15.09.1999].

Mowshowitz 1986

Mowshowitz, A.: Social Dimensions of Office Automation. Advances in Computers 25 (1986), S. 335–404.

Müthlein 1995

Müthlein, T.: Virtuelle Unternehmen: Unternehmen mit einem rechtssicheren informationstechnischen Rückgrat. In: Heilmann, H. u. a. (Hrsg.): Virtuelle Organisation. Heidelberg: Hüthig 1995, S. 69–77. (HMD Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik 185).

Naber u. a. 1996

Naber, H.; Schliffenbacher, K; Mehler, B. H.: Der virtuelle Markt: Eine flexible Kooperationsform für kleine und mittelständische Unternehmen. VDI-Z 138 (1996) 10, S. 60–63.

Nagel u. Dove 1991

Nagel, R.; Dove, R.: 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy: An Industry-Led View. Bethlehem, PA: Iacocca Institute of Lehigh University 1991.

Network Wizards 1999

Network Wizards (Hrsg.): Number of Internet Hosts. Online im Internet: URL: <http://www.nw.com/zone/host-count-history> [Stand: 27.05.1999].

Newplan 1999

NEWPLAN Brainwork Management & Services (Hrsg.): Newplan: Die richtigen Leute: Jetzt. Online im Internet: URL: <http://www.newplan.compuserve.de> [Stand: 23.08.1999].

NIIIP 1999

NIIIP Consortium (Hrsg.): NIIIP Reference Architecture. Online im Internet: URL: <http://www.niiip.org/public-forum/index-ref-arch.html> [Stand: 28.04.1999].

Oesterreich 1997

Oesterreich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung mit der Unified Modelling Language. 3. Aufl. München: Oldenbourg 1997.

Owen 1993

Owen, J.: Step: An Introduction. Winchester: Information Geometers 1993.

Partl 1997

Partl, H.: Internet-Handbuch. Online im Internet: URL:
<http://www.boku.ac.at/zid/hand/internet.html> [Stand: 11.08.1999].

Patorschke u. Spitzner 1997

Patorschke, A.; Spitzner, C.: Lexikon der Telekommunikation. München: C. H. Beck 1997.

Payer 1999

Payer, M.: Computervermittelte Kommunikation. Online im Internet: URL:
<http://www.payer.de/cmclink.htm> [Stand: 25.05.1999].

Petermann u. a. 1998

Petermann, J.; Riedel, U.; Reinicke, J.: Optimale Kooperationen in Unternehmensnetzen. ZWF 93 (1998) 7–8, S. 334–337.

Petermann u. Riedel 1997

Petermann, J.; Riedel, U.: Kooperation als Überlebensstrategie. ZWF 92 (1997) 9, S. 409–410.

Pfeifer 1993

Pfeifer, T.: Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken. München: Hanser 1993.

Picot u. a. 1996

Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand R. T.: Die grenzenlose Unternehmung. Wiesbaden: Gabler 1996.

Piller 1998

Piller, F. T.: Kundenindividuelle Massenproduktion. München: Hanser 1998.

Prahalad u. Hamel 1990

Prahalad, C. K.; Hamel, G.: The Core Competence of the Corporation. Harvard Business Review (1990) 5–6, S. 79–91.

Reinhart u. a. 1996a

Reinhart, G.; Mehler, B. H.; Schliffenbacher, K.: Virtuelle Unternehmen: Chance für produzierende Betriebe in Deutschland. *Industrie Management* 12 (1996) 6, S. 6–9.

Reinhart u. a. 1996b

Reinhart, G.; Lindemann, U.; Heinzl, J.: Qualitätsmanagement: Ein Kurs für Studium und Praxis. Berlin: Springer 1996.

Reinhart u. a. 1999

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Hirschberg, A.; Selke, C.: Reaktionsfähigkeit für Unternehmen. *ZWF* 94 (1999) 1–2, S. 21–24.

Reinhart u. Brandner 1998

Reinhart, G.; Brandner, S.: Process Management in Virtual Factories. In: Uhlemann, E. (Hrsg.); Spur G. (Hrsg.): IX. Internationales Produktionstechnisches Kolloquium PTK '98: Technologiemanagement, Berlin: 1998, S. 305–314.

Reinhart u. Grunwald 1999

Reinhart, G.; Grunwald, S.: Mit Kernkompetenzen zur richtigen Strategie für Produktionsunternehmen. *Industrie Management* 15 (1999) 2, S. 57–61.

Reinhart u. Hirschberg 1997

Reinhart, G.; Hirschberg, A.: Hilfsmittel zur Koordinierung von dezentralen Produktionsstrukturen. *Maschinenmarkt* (1997) 14, S. 44–48.

Reinhart u. Rudorfer 1999

Reinhart, G.; Rudorfer, W.: Fit für die Virtuelle Fabrik. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Virtuelle Fabrik: Neue Wege für kleine und mittelständische Unternehmen. München: TCW Transfer-Centrum 1999, S. 30–39.

Reinhart u. Schliffenbacher 1997

Reinhart, G.; Schliffenbacher, K.: Zehn Unternehmen erproben in Augsburg den Verbund auf Zeit. *Blick durch die Wirtschaft* 40 (1997) 228, S. 6.

Reinhart u. v. d. Hagen 1999

Reinhart, G.; v. d. Hagen, F.: Unternehmensübergreifender Datenaustausch in virtuellen Fabriken. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Virtuelle Fabrik: Neue Wege für kleine und mittelständische Unternehmen. München: TCW Transfer-Centrum 1999, S. 77–86.

Reiterer 1999

Reiterer, H.: Das World-Wide-Web: Chancen und Risiken. Online im Internet: URL: <http://www.ifs.univie.ac.at/~c9303246/thema1.html> [Stand: 27.05.1999].

Rotering 1993

Rotering, J.: Zwischenbetriebliche Kooperation als alternative Organisationsform.
Stuttgart: Schaeffer-Poeschel 1993.

Rudorfer u. Schliffenbacher 1999

Rudorfer, W.; Schliffenbacher, K.: Kooperative Unternehmensstrukturen in der
Produktion. *Industrie Management* 15 (1999) 3, S. 53–56.

Savage 1996

Savage, C. M.: 5th Generation Management: Co-creating through virtual enterpri-
sing, dynamic teaming, and knowledge networking. Newton: Butterworth-
Heinemann 1990.

Scheer 1994

Scheer, A.-W.: *Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Ge-
schäftsprozesse*. 5. Aufl. Berlin: Springer 1994.

Scheer u. Kocian 1996

Scheer, A.-W.; Kocian, C.: Kiesel: Theorie und Praxis der Virtuellen Unterneh-
men. *Management und Computer* 4 (1996) 4, S. 221–228.

Schindele 1996

Schindele, S.: Entwicklungs- und Produktionsverbünde in der deutschen Automo-
bil- und -zulieferindustrie unter der Berücksichtigung des Systemgedankens. Aa-
chen: Shaker 1996. (Berichte aus Produktion und Umformtechnik 34).

Schliffenbacher 1998a

Schliffenbacher, K.: Die Virtuelle Fabrik. VDI-Vortragsreihe 1997/98. München:
22.01.1998.

Schliffenbacher 1998b

Schliffenbacher, K.: Gemeinsam gewinnen: Erfolgsfaktor Unternehmenskoopera-
tion. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Erfolgreich kooperieren in der
produzierenden Industrie, Augsburg. München: Utz 1998, S. 1-1-1-16. (iwb Se-
minarberichte 40).

Schliffenbacher u. a. 1999

Schliffenbacher, K.; Rudorfer, W.; Reinhart, G.: Configuration of Virtual Value
Chains. In: Mertins, K. u. a. (Hrsg.): *Global Production Management*. Boston:
Kluwer Academic Publishers 1999, S. 399–407.

Schliffenbacher u. Lorenzen 1998

Schliffenbacher, K.; Lorenzen, J.: Intelligente Konfiguration von Virtuellen Fa-
briken. *Technologie & Management* 47 (1998) 6, S. 18–20.

Literatur

Schliffenbacher u. Rudorfer 1998

Schliffenbacher, K.; Rudorfer, W.: Produzieren in Virtuellen Unternehmen. Planung + Produktion 46 (1998) 5, S. 18–21.

Schmeh 1998

Schmeh, K.: Einer paßt: Krypto-Protokolle für das Internet. iX (1998) 12, S. 113–117.

Schmid u. Lindemann 1998

Schmid, B.; Lindemann, M.: Elements of a reference model for electronic markets. In: Proceedings of the 31st Hawaii International Conference on System Sciences (HICCS '98). 06.–09.01.1998, Hawaii.

Scholz 1996

Scholz, C.: Virtuelle Unternehmen: Organisatorische Revolution mit strategischer Implikation. Management & Computer 4 (1996) 1, S. 27–34.

Schräder 1996

Schräder, A.: Management virtueller Unternehmen: Organisatorische Konzeption und informationstechnische Unterstützung flexibler Allianzen. Frankfurt: Campus 1996.

Schuh 1997

Schuh, G. (Hrsg.): Start-up '97: Antrittspaket zur Teilnahme in der Virtuellen Fabrik. St. Gallen: Institut für Technologiemanagement, Universität St. Gallen 1997.

Schuh u. a. 1998

Schuh, G.; Millarg, K.; Göransson, A.: Virtuelle Fabrik: Neue Marktchancen durch dynamische Netzwerke. München: Hanser 1998.

Seicom 1999

Seicom Communication Systems (Hrsg.): Seicom Netzwerk Lexikon. Online im Internet: URL: <http://www.seicom-muc.de/booklet/client-server-architektur.htm> [Stand: 11.10.1999].

Seidel 1994

Seidel, R.: Qualitätsfunktionen für Optimierungswerkzeuge in der Auftragsabwicklung. Diplomarbeit: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München 1994.

Sihl u. a. 1999

Sihl, W.; Mussbach-Winter, U.; Häggele, T.; Deutsch, O.: Competitive production networks through software-based reengineering and added value networks. In: Mertins, K. u. a. (Hrsg.): Global Production Management. Boston: Kluwer Academic Publishers 1999, S. 432–439.

Softnet 1999

Soft[net] (Hrsg.): Soft[net] Homepage. Online im Internet: URL: <http://www.softnet.ch> [Stand: 10.09.1999].

Stiebold 1998

Stiebold, O.: Konzeption eines reaktionsschnellen Planungssystems für Logistikketten auf Basis von Software-Agenten. Karlsruhe: Ernst Grässer 1998. (Forschungsberichte aus dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität Karlsruhe).

Stritzke 1999

Stritzke, H.: Internetgestütztes Informations- und Kommunikationssystem für verteilte Projektteams am Beispiel der Produktentstehung. Düsseldorf: VDI 1999. (Fortschritts-Berichte VDI Reihe 10 569).

Supply-Chain Council 1998

Supply-Chain Council Inc. (Hrsg.): SCOR Overview. Online im Internet: URL: http://www.supply-chain.org/html/scor_overview.cfm [Stand: 28.12.1998].

Sydow 1992

Sydow, J.: Strategische Netzwerke: Evolution und Organisation. Wiesbaden: Gabler 1992.

VDMA 1999

Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI (Hrsg.): Electronic Commerce: Chancen für den Mittelstand. Frankfurt: VDMA 1999.

Veil u. Hess 1998

Veil, T.; Hess, T.: Fallstudien zum Controlling von Unternehmensnetzwerken. Georg-August-Universität Göttingen: Göttingen 1998. (Arbeitspapier 3/1998).

Warnecke 1996

Warnecke, H.-J.: Die Fraktale Fabrik: Revolution der Unternehmenskultur. Berlin: Rowohlt 1996.

Weber u. Walsh 1994

Weber, G. F.; Walsh, I.: Komplexe Organisationen: Ein Modell für die Zukunft. Gablers Magazin (1994) 6–7, S. 24–27.

Literatur

Weigle u. a. 1997

Weigle, J.; Schwarzer, B.; Krcmar, H.: Die Rolle der Informations- und Kommunikationstechnologien in zwischenbetrieblichen Kooperationen der Multimedia-Branche. IM (1997) 2, S. 43–48.

Weitzel u. a. 1999

Weitzel, T.; Kronenberg, R.; Ladner, F.; Buxmann, P.: Die Rückkehr der EDI-Ritter. iX (1999) 7, S. 127–129.

Westkämper u. a. 1997

Westkämper, E.; Dudenhausen H.-M.; Schmidt, T.: Automatisierte Verhandlungen in elektronischen Märkten. ZWF 92 (1997) 1–2, S. 60–63.

Westkämper 1998

Westkämper, E.: Neue Lösungswege für das Auftragsmanagement in vernetzten Strukturen. In: Westkämper, E. (Hrsg.); Schraft, R. D. (Hrsg.): Auftrags- und Informationsmanagement in Produktionsnetzwerken: Konzepte und Erfahrungsberichte, Stuttgart: 18.08.1998, S. 7–31.

Wiendahl u. a. 1998a

Wiendahl, H.-P.; Helms, K.; Höbig, M.; Leistner, H.: NetProM: Netzwerkfähiges Produktions-Management zur Auftragsabwicklung. PPS Management 3 (1998) 2, S. 31–34.

Wiendahl u. a. 1998b

Wiendahl, H.-P.; Höbig, M.; Kuhn, A.; Kloß, M.; Weber, J.; Franken, M.: Kennzahlengestützte Prozesse im Supply Chain Management. Industrie Management 14 (1998) 6, S. 18–24.

Wiendahl u. a. 1999

Wiendahl, H.-P.; Lutz, S.; Helms, K.: Management of distributed capacities in variable production networks. In: Mertins, K. u. a. (Hrsg.): Global Production Management. Boston: Kluwer Academic Publishers 1999, S. 547–555.

Wildemann 1988

Wildemann, H.: Die modulare Fabrik: Kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung. München: GFTM 1998.

Wildemann 1997

Wildemann, H.: Organisationsgestaltung für Unternehmen mit Zukunft. In: Reinhardt, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Münchener Kolloquium '97: Mit Schwung zum Aufschwung. Landsberg/Lech: mi Verlag Moderne Industrie 1997, S. 272–299.

Wüthrich u. a. 1997

Wüthrich, H. A.; Philipp, A. F.; Frentz M. H.: Vorsprung durch Virtualisierung.
Wiesbaden: Gabler 1997.

11 Anhang

11.1 Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme

<i>AGENTISME</i>	Assessment of Gen-Technology – Usability and Integration for SMEs
<i>ArGe</i>	Arbeitsgemeinschaft
<i>ARPANET</i>	Advanced Research Project Agency Network
<i>BGB</i>	Bürgerliches Gesetzbuch
<i>CSCCM</i>	Computer Supported Cooperative Construction Management
<i>DIVA</i>	Dezentrales internetbasiertes System für Virtuelle Märkte und Auftragskooperationen
<i>DYNESYS</i>	Dynamic Network System
<i>DY-CON</i>	DYNESYS Configurator
<i>DY-PROMALL</i>	DYNESYS Production Mall
<i>E-Cash</i>	Electronic Cash
<i>E-Commerce</i>	Electronic Commerce
<i>EDI</i>	Electronic Data Interchange
<i>EDIFACT</i>	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Trade
<i>ERP</i>	Enterprise Ressource Planning
<i>FAST</i>	Fertigungsablauf-Analyse und -Steuerung
<i>HGB</i>	Handelsgesetzbuch
<i>HTML</i>	Hyper Text Markup Language
<i>HTTP</i>	Hyper Text Transfer Protokoll
<i>ID</i>	Identifier
<i>IP</i>	Internet Protocol
<i>ISO</i>	International Organization for Standardisation
<i>IuK</i>	Information und Kommunikation
<i>IuKDG</i>	Gesetz zur Regelung der Rahmenbedingungen für Informations- und Kommunikationsdienste
<i>JDBC</i>	JAVA Database Connectivity
<i>KMU</i>	Kleine und mittelständische Unternehmen
<i>MA</i>	Mitarbeiter
<i>MT</i>	Manntag
<i>NetProM</i>	Netzwerkfähiges Produktions-Management
<i>OSI</i>	Open System Interconnection

<i>PEM</i>	Privacy Enhanced Mail
<i>PGP</i>	Pretty Good Privacy
<i>QFD</i>	Quality Function Deployment
<i>RP</i>	Rapid Prototyping
<i>S/MIME</i>	Secure Multipurpose Internet Mail Extensions
<i>SET</i>	Secure Electronic Transactions
<i>S-HTTPS</i>	Secure Hyper Text Transfer Protokoll
<i>STL</i>	Standard Transformation Language
<i>TCP</i>	Transmission Control Protocol
<i>TEKABO</i>	Technologiekapazitätenbörse
<i>UML</i>	Unified Modelling Language
<i>VANS</i>	Value Added Service Network
<i>VISHOF</i>	Virtual Shopfloor
<i>VO</i>	Virtual Organization
<i>WWW</i>	World Wide Web

11.2 Verzeichnis der Formelzeichen

e_i	Entfernung der Kompetenzeinheiten an einer bestimmten Schnittstelle
E_{ij}	Benutzerdefinierter Gewichtungsfaktor für ein Einzelkriterium
$E_{ij,norm}$	Normierter, benutzerdefinierter Gewichtungsfaktor für ein Einzelkriterium aus Sicht eines Oberziels
$E_{j,norm}$	Normierter, benutzerdefinierter Gewichtungsfaktor für ein Einzelkriterium
e_{max}	Maximale Entfernung zweier Kompetenzeinheiten für eine Schnittstelle
F	Fitneß
$g_{t,i}$	Zeitlicher Gewichtungsfaktor für Vergangenheitswerte
$g_{v,i}$	Volumenbezogener Gewichtungsfaktor
k	Merkmalausprägung
K_{LE}	Kombination potentieller Leistungserbringer
k_o	Obergrenze der Merkmalausprägung
k_u	Untergrenze der Merkmalausprägung
m_z	Maßzahl zur Beschreibung des Zielerreichungsgrads für den Gesamtprozeß
$m_{z,p}$	Maßzahl zur Beschreibung des Zielerreichungsgrads für einen Teilprozeß
n_k	Anzahl der zu untersuchenden Kombinationsmöglichkeiten
$n_{k,grenz}$	Zulässige Anzahl der zu untersuchenden Kombinationsmöglichkeiten
n_{LE}	Anzahl potentieller Leistungserbringer
n_P	Anzahl der Teilprozesse
n_S	Anzahl der Schnittstellen zwischen den Teilprozessen
$n_{S,max}$	Maximale Anzahl von Schnittstellen zwischen den Teilprozessen
n_t	Anzahl der zu berücksichtigenden Beurteilungswerte
O_i	Benutzerdefinierter Gewichtungsfaktor für ein Oberziel
$O_{i,norm}$	Normierter, benutzerdefinierter Gewichtungsfaktor für ein Oberziel
P_j	Angebotspreis für einen Teilprozeß
$P_{j,max}$	Höchster Angebotspreis für einen Teilprozeß
$P_{j,min}$	Niedrigster Angebotspreis für einen Teilprozeß
S	Suchraum (Menge der Kombinationsmöglichkeiten)
T	Toleranzschwelle
t_i	Zeitabstand zum aktuellen Datum
t_{max}	Zeitliche Schwelle zur Berücksichtigung von Vergangenheitswerten
w_i	Beurteilungswert

11.3 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Dilemma der geplanten Flexibilität	2
Abbildung 2:	Aufbau unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten in wandelbaren Produktionsnetzwerken.....	3
Abbildung 3:	Einordnung der vorliegenden Arbeit in die Forschungslandschaft am iwb.....	6
Abbildung 4:	Aufbau der Arbeit	8
Abbildung 5:	Schichten des OSI-Referenzmodells.....	10
Abbildung 6:	Bsp. für Kommunikationsprotokolle und -dienste nach dem OSI-Referenzmodell ..	11
Abbildung 7:	Anzahl der Computer im Internet	12
Abbildung 8:	Produktgruppen, die via Internet eingekauft werden	13
Abbildung 9:	Elektronische Zahlungsvorgänge	14
Abbildung 10:	Einordnung von Kooperationsformen im Spannungsfeld zwischen Markt und Konzentration bzw. zwischen Autonomie und Abhängigkeit	21
Abbildung 11:	Basisstruktur von Produktionsnetzwerken.....	25
Abbildung 12:	Struktur von strategischen Netzwerken	27
Abbildung 13:	Struktur von Verbundnetzwerken	29
Abbildung 14:	Struktur von operativen Netzwerken	30
Abbildung 15:	Sichtweisen des Begriffs des virtuellen Unternehmens	32
Abbildung 16:	Virtuelles Unternehmen mit Kooperationsbroker.....	36
Abbildung 17:	Virtuelles Unternehmen auf der Basis dynamischer, hierarchieloser Netzwerke	37
Abbildung 18:	Defizite bekannter Modelle zur vernetzten Produktion	48
Abbildung 19:	Defizite vorhandener Methoden zum Aufbau und zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten	49
Abbildung 20:	Anforderungen an das Konzept zur Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten .	56
Abbildung 21:	Eindimensionale Kompetenznetzwerke.....	59
Abbildung 22:	Mehrdimensionale Kompetenznetzwerke.....	60
Abbildung 23:	Übersicht über die Konfigurationsmethodik.....	67
Abbildung 24:	Hierarchische Konfiguration.....	68
Abbildung 25:	Einfache marktliche Konfiguration.....	69
Abbildung 26:	Evolutionäre marktliche Konfiguration	70
Abbildung 27:	Multilaterale marktliche Konfiguration	72
Abbildung 28:	Eignung von Konfigurationsmechanismen.....	74
Abbildung 29:	Beispiel eines Anforderungsvektors	75
Abbildung 30:	Auswahl der optimalen Kombination von Leistungserbringern durch Ermittlung des Fitneßwerts für den Gesamtprozeß	76
Abbildung 31:	Kombinatorische Explosion der Kombinationsmöglichkeiten	78

Abbildung 32: Generisches Zielsystem	81
Abbildung 33: Leistungshierarchie	85
Abbildung 34: Attributliste für eine Rapid-Prototyping-Leistung	86
Abbildung 35: Normierung der Gewichtung der Oberziele	88
Abbildung 36: Normierung der Gewichtung der Einzelkriterien	89
Abbildung 37: Zuordnung eines Zielkriteriums zu einer Maßzahl mittels einer linearen Bewertungsfunktion.....	90
Abbildung 38: Bsp. einer Skalierungsmatrix zur Zuordnung von Maßzahlen bei Nominal- und Ordinalskalen	91
Abbildung 39: Wertebereich und Gewichtung von Volumenklassen	92
Abbildung 40: Übersicht der Zielkriterien	93
Abbildung 41: Ermittlung der zeitlichen Gewichtungsfaktoren	95
Abbildung 42: Vorgehen bei der Kernkompetenzanalyse	97
Abbildung 43: Kompetenzportfolio	98
Abbildung 44: Vorgehen bei der Kooperationsfähigkeitsanalyse.....	99
Abbildung 45: Alternative Vorgehensweisen bei der Konfiguration.....	100
Abbildung 46: Bsp. für mögliche Verhandlungsregeln.....	106
Abbildung 47: Mögliche Applikationsarchitekturen	110
Abbildung 48: Vergleich grundlegender Applikationsarchitekturen	111
Abbildung 49: Funktionsmodell von DYNESYS	114
Abbildung 50: Entity-Relationship-Modellierung nach der Krähenfußnotation	115
Abbildung 51: Basismodell von DYNESYS	116
Abbildung 52: Konzeptionelles Datenmodell von DY-CON	119
Abbildung 53: Konzeptionelles Datenmodell von DY-PROMALL	121
Abbildung 54: Aktivitätsdiagramm Leistungsklärung.....	122
Abbildung 55: Aktivitätsdiagramm Partneridentifikation	123
Abbildung 56: Aktivitätsdiagramm Optimierung	125
Abbildung 57: Bsp. für die Benutzerschnittstelle	127
Abbildung 58: Kommunikationsmechanismen in DYNESYS	129
Abbildung 59: Praktische Umsetzung des Strukturkonzepts für Kompetenznetzwerke im RP-Net.de und im Produktionsnetz.de.....	132
Abbildung 60: Prozeßstrukturplan	133
Abbildung 61: Projektsspezifischer Anforderungsvektor	134
Abbildung 62: Eingehende Anfrage bei einem potentiellen Leistungserbringer	135
Abbildung 63: Ergebnisdarstellung in DY-CON	136
Abbildung 64: Überprüfung der Anforderungserfüllung	138

Anhang

Abbildung 65: Ausgangsdaten zur monetären Bewertung.....	139
Abbildung 66: Berechnung des jährlichen Aufwands einer zentralen Dienstleistungsinstanz	141
Abbildung 67: Berechnung des jährlichen Aufwands einer Kompetenzeinheit	143
Abbildung 68: Berechnung des jährlichen Einsparpotentials einer Kompetenzeinheit	144
Abbildung 69: Vergleich von Zusatzaufwand und Einsparpotential	145
Abbildung 70: Gegenüberstellung von Aufwand und Nutzen	147