

TU Dortmund

Masterarbeit

**Vorgehensmodell zur proaktiven  
Integration unternehmensexterner  
Produktionsprozesse in  
Wertschöpfungsketten**

Dipl.-Wirt.-Ing.

Tim J. Liesebach

0103172

Eingereicht am: 15. April 2015

Lehrstuhl für IT in Produktion und Logistik

1. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe
2. Gutachter: Dipl.-Geoinf. Maik Deininger

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1. Ausgangssituation . . . . .	8
1.2. Ziel der Untersuchung . . . . .	11
1.3. Methodik des Vorgehens . . . . .	12
<b>2. Motivation</b>	<b>14</b>
2.1. Planungsanstoß . . . . .	14
2.1.1. Systemlastveränderung . . . . .	15
2.1.2. Wirtschaftlichkeit . . . . .	16
2.1.3. Veränderte Leistungsanforderung . . . . .	17
2.1.4. Hybride Anpassungsplanung . . . . .	18
2.2. Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen . . . . .	19
2.3. Flexibilität von Produktionsnetzwerken . . . . .	23
<b>3. Planungssysteme</b>	<b>26</b>
3.1. IT-Assistenzsysteme . . . . .	26
3.1.1. Cloud Computing . . . . .	27
3.1.2. Cyber-Physische (Produktions-)Systeme . . . . .	29
3.1.3. Planungssysteme für PPS und SCM . . . . .	33
3.1.3.1. Enterprise-Resource-Planning (ERP) . . . . .	34
3.1.3.2. Manufacturing Execution System (MES) . . . . .	35
3.1.3.3. Advanced Planning System (APS) . . . . .	36
3.1.3.4. Agentensysteme . . . . .	37
3.1.3.5. E-Commerce . . . . .	38
3.1.4. Kapazitätsbörse . . . . .	40
3.1.5. Frachtbörse . . . . .	41

<b>4. Vorgehensmodelle und Methoden</b>	<b>43</b>
4.1. Vorgehensmodelle . . . . .	44
4.1.1. Inkrementelles Vorgehensmodell . . . . .	45
4.1.2. Sequentielles Vorgehensmodell . . . . .	45
4.1.3. Evolutionäres Vorgehensmodell . . . . .	45
4.1.4. Prozessmodell . . . . .	45
4.2. Prozessorientiertes Vorgehensmodell nach <i>BELLER</i> . . . . .	46
4.2.1. Systemlastbestimmung . . . . .	47
4.2.2. Prozessplanung . . . . .	49
4.2.3. Aufbaustrukturplanung . . . . .	51
4.2.4. Ressourcenplanung . . . . .	52
4.2.5. Anordnungsstrukturplanung . . . . .	54
4.2.6. Lenkungsplanung . . . . .	55
<b>5. Datenmarktplatz für das erweiterte Vorgehensmodell</b>	<b>58</b>
5.1. Netzwerkakteur . . . . .	60
5.2. Prozessdatenbank . . . . .	63
5.3. Netzwerkagent . . . . .	64
<b>6. Erweitertes Vorgehensmodell</b>	<b>65</b>
6.1. Systemlastbestimmung . . . . .	66
6.2. Prozessplanung . . . . .	67
6.3. Prozesssystemlastbestimmung . . . . .	69
6.4. Aufbaustrukturplanung . . . . .	69
6.5. Ressourcenplanung . . . . .	71
6.6. Anordnungsstrukturplanung . . . . .	73
6.7. Lenkungsplanung . . . . .	74
6.8. Anmerkung zur iterativen Vorgehensweise . . . . .	77
<b>7. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>79</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>81</b>

## Abbildungsverzeichnis

1.1. Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung) . . . . .	13
2.1. Planungsanstöße in Abhängigkeit von der Zeit (in Anlehnung an Nyhuis, 2010, S. 9) . . . . .	15
2.2. Einordnung der Planungsfälle (in Anlehnung an Wiendahl u. a., 2014, S. 47) . . . . .	15
2.3. Produktionssystem (vgl. Nyhuis, 2010, S. 7) . . . . .	21
2.4. Abgrenzung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit (vgl. Zäh u. a., 2005, S. 4) . . . . .	22
3.1. Entwicklungsstufen und die informationstechnische Unterstützung (vgl. Hellingrath und Kuhn, 2013, S. 127) . . . . .	34
3.2. System- und Vernetzungsstrukturen in der Logistik IT (vgl. Brakling u. a., 2014, S. 102) . . . . .	37
4.1. Definition der Planungsfälle im prozessorientierten Vorgehensmodell (vgl. Beller, 2010, S. 84) . . . . .	46
4.2. Das Prozessorientierte Vorgehensmodell nach BELLER (vgl. Beller, 2010, S. 86) . . . . .	47
4.3. Systemlast eines Prozesses (vgl. Beller, 2010, S. 90) . . . . .	49
4.4. Aggregationsebenen der Systemlast . . . . .	49
4.5. Teilprozesse und deren Leistungsobjekte (vgl. Arnold u. a., 2008, S. 218) . . . . .	50
4.6. Prozessketten der Unternehmenslogistik (vgl. Arnold u. a., 2008, S. 218) . . . . .	51
4.7. Ablauf der Ressourcenplanung (vgl. Beller, 2010, S. 98) . . . . .	54
4.8. Ideal- und Realplanung (eigene Darstellung) . . . . .	56

4.9. Lenkungsebenen (vgl. Beller, 2010, S. 103) . . . . .	57
5.1. Datenmarktplatz (eigene Darstellung) . . . . .	59
5.2. Standardisierte Struktur für Prozessdaten (vgl. Beller, 2010, S. 86) . . . . .	61
5.3. Baumstruktur der Prozessdatenbank (eigene Darstellung) . . . . .	63
6.1. Gestaltung der Wertschöpfungskette (eigene Darstellung) . . . . .	68
6.2. Vorgehensmodell der Aufbaustrukturplanung (eigene Darstellung) . . . . .	70
6.3. Vorgehensmodell zum Ressourcenabgleich (vgl. Beller, 2010, S. 98) . . . . .	72
6.4. Ausgangssituation der Anordnungsstrukturplanung (eigene Darstellung) . . . . .	73
6.5. Ergebnis der Anordnungsstrukturplanung (eigene Darstellung) . . . . .	74
6.6. Ergebnis der Anordnungsstrukturplanung nach Optimierung (eigene Darstellung) . . . . .	75
6.7. Erweitertes Vorgehensmodell (eigene Darstellung) . . . . .	76
6.8. Gesamtflexibilitätskorridor in unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten (eigene Darstellung) . . . . .	77

## Abkürzungsverzeichnis

**APS** Advanced Planning System

**BTO** Build-to-Order

**BTS** Build-to-Stock

**CPS** Cyber-Physical-System

**CPPS** Cyber-Physische-Produktionssysteme

**ERP** Enterprise-Resource-Planning

**IaaS** Infrastructure as a Service

**IuK** Informations- und Kommunikationstechnik

**KMU** Kleine und Mittlere Unternehmen

**KPI** Key Performance Indicator

**MES** Manufacturing Execution System

**MRP** Manufacturing-Resource-Planning

**NIST** National Institute of Standards and Technology

**OEE** Overall Equipment Effectivness

**PaaS** Platform as a Service

**PPS** Produktionsplanung und -steuerung

**RFID** Radio-Frequency Identification

**SaaS** Software as a Service

**SCM** Supply Chain Management

# 1. Einleitung

## Inhaltsangabe

---

<b>1.1. Ausgangssituation</b> . . . . .	<b>8</b>
<b>1.2. Ziel der Untersuchung</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>1.3. Methodik des Vorgehens</b> . . . . .	<b>12</b>

---

Den Marktentwicklungen, innovativen Veränderungen und Trends proaktiv zu begegnen und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, wird nur gelingen, wenn die enge Verzahnung der virtuellen Welt mit der realen Welt und die interdisziplinäre unternehmensübergreifende Zusammenarbeit in den Fokus von Entscheidungsträgern rückt. Wertschöpfungsketten, Wandlungsfähigkeit, Flexibilität, Produktionsnetzwerke, effiziente Ressourcennutzung, Vernetzung von Produktion und Logistik sowie Systemlasten sind z. B. Themen, die im direkten Zusammenhang mit der Wettbewerbsfähigkeit stehen und die Planung bzw. Optimierung von Produktionsprozessen entscheidend beeinflussen werden.

Verkürzte Produkt- bzw. Fabriklebenszyklen und eine sinkende Prognostizierbarkeit der Absatzmenge stellen insbesondere Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU) vor ein Dilemma. Mass Customization, individuelle Produkte, Kundenmärkte, Verkürzung der Produktlebenszyklen, Prosumenten sind nur einige Schlagwörter, die eine eindeutige Entwicklung vorgeben und die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen forcieren. Die Unternehmen werden zwangsläufig vor die Entscheidung gestellt, weiterhin an der wirtschaftlichen oder technischen Obergrenze zu fertigen, das begrenzte Produktionssystem innerbetrieblich zu erweitern oder in die Wandlungsfähigkeit zu investieren.

Der Trend zur Produktvielfalt bedarf eines flexiblen „wandlungsfähigen“ Systems und eines quasi unbegrenzten Zugriffs auf Ressourcen und Produktionsprozesse. Wandlungsfähigkeit und Flexibilität ist für produzierende Unternehmen zugleich Herausforderung und Chance. Voraussetzung für die Nutzung vorhandener Potenziale ist jedoch die Beherrschung bzw. Aktivierung vorgehaltener Wandlungsfähigkeit unter ökonomischen Gesichtspunkten. Erst die ganzheitliche Betrachtung der Faktoren Mensch, Technik und Organisation in Produktionssystemen ermöglicht das Potenzial der Wandlungsfähigkeit auszuschöpfen. Nach Nyhuis ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, die Wandlungsfähigkeit, neben Qualität und Zuverlässigkeit, systematisch als einen weiteren strategischen Erfolgsfaktor der deutschen Industrie zu entwickeln (vgl. Nyhuis, 2010, S. 3).

Durch die vierte Industrielle Revolution, die auf eine Vernetzung von Systemen/Prozessen ausgerichtet ist, werden Wandlungsfähigkeit und Flexibilität eine grundsätzliche Neuausrichtung erfahren. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die Generierung von Datenbanken, die relevante Prozesskennzahlen vernetzter KMU enthalten und Aussagen über die Verfügbarkeit von Produktionsprozessen im Hinblick auf Kollaborationen ermöglichen. Gestützt auf Innovationen wie Cloud und Agentensysteme wird die Planung von Kollaborationen zukünftig digitalisiert und automatisiert. Insbesondere die im Fokus dieser Arbeit stehenden Produktionssysteme mit variantenreicher Einzelfertigung werden von dieser Entwicklung profitieren.

### **1.1. Ausgangssituation**

Die industrielle Produktion ist einem kontinuierlichem Wandel unterworfen. Individuelle Kundenanforderungen und -wünsche gilt es zu erfüllen und die daraus folgenden stark schwankenden Nachfrageverläufe bezüglich Stückzahlen und Varianten, bei immer kürzeren Produktlebens-, Fabriklebens- und Innovationszyklen, auszugleichen. Die Kalkulierbarkeit von Markt und Wettbewerb wird zunehmend schwieriger. (vgl. Milberg, 2003; Reinhart u. a., 2002;



Zäh u. a., 2004, S. 205 f, 18 und 173 f) Daraus resultiert der Anspruch, Produktionssysteme möglichst aufwandsarm, unter Berücksichtigung begrenzter Ressourcen, an die bestehenden Nachfrageschwankungen anzupassen und neue Produkte und Technologien in bestehende Produktionssysteme zu integrieren (vgl. Nyhuis, 2010, S. 5).

Die infolge der sich permanent ändernden Anforderungen der Märkte notwendigen Überprüfungen mengenbezogener Bedarfsänderungen kann zu der Feststellung führen, dass die vorhandenen Ressourcen an physisch-kapazitive Grenzen stoßen und/oder Maschinenkapazitäten die Systemlastanforderungen nicht abdecken und somit Kundenanfragen nicht bedient werden können. Auch eine Risikoabwägung, die u. a. erhöhte Ausfallwahrscheinlichkeiten wegen überlasteter oder fehlender Ressourcen berücksichtigen muss, kann evtl. zu einer Ablehnung von Auftragsanfragen führen. Ebenfalls kritisch zu bewerten sind Bedarfsänderungen mit vorgegebenen kurzfristigen Lieferterminen, die eine interne zeitliche Anpassung durch den Zubau kongruenter (gleichartige) oder komplementärer (ergänzende) Maschinenkapazitäten erforderlich machen würde. In diesen Fällen wären KMU gezwungen entweder zu investieren oder sie müssen die zusätzlichen Kompetenzen und Kapazitäten durch Kooperationen einkaufen (vgl. Aderhold, 2005, S. 128). Werden Kooperationen favorisiert, um z. B. Zusatzkapazitäten bedarfsgerecht abrufen zu können, müssen sich KMU dem Markt öffnen und eigene Kapazitäten und Prozesscharakteristika offenlegen bzw. zur Implementierung in Datenbanken freigeben.

Dieses „Öffnen“ bedarf jedoch eines Modells, das standardisierte Entscheidungsregeln und -abläufe zur Tilgung von Engpässen beinhaltet. Eine Möglichkeit für KMU schwankende Systemlasten, ungeachtet möglicher Ursachen, durch effizientes Kapazitätsmanagement zeitnah auszugleichen, besteht im Outsourcen bzw. „Bypassen“ der Engpassprozesse bzw. -arbeitsvorgänge.

So unkompliziert sich die Aufgabe „bedarfsgerechter Abruf von Zusatzkapazitäten und Planung einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette“ darstellt, gilt es doch besondere Herausforderungen auf dem Weg zur Realisierung zu bewältigen. Besonderes Augenmerk ist dabei auf das Zusammenspiel

von Prozesseigner und Prozesskunde zu legen. Während der Prozesskunde sicherlich die dispositive Hoheit über den Gesamtauftrag zu seinem Verantwortungsbereich zählt, wird der Prozesseigner die Souveränität über Prozessabläufe, Ressourcen und Entscheidungen über Auslagerung von Engpassprozessen oder Beschaffung von Zusatzkapazitäten, ausschließlich in seiner Ägide sehen.

Eine weitere Hürde kann der Austausch von Bedarfsinformationen bei der Suche nach möglichen Kollaborationspartnern darstellen. Die Informationen bzw. Spezifikationen sind so zu selektieren, dass keine sensiblen Unternehmenskennzahlen preisgegeben werden, das Datenmaterial jedoch hinreichend ist, um geeignete Partner aus einer angemessenen Zahl potenzieller „Bewerber“ aussuchen zu können. Dieser sehr kritische Punkt im Zusammenspiel von Prozesskunde und Prozesseigner ist ein wesentlicher Grund den Einsatz eines zentralen Vermittlers (Broker), welcher Einblick in die sensiblen Daten erhalten müsste/würde, in Frage zu stellen.

Die geforderte Schnelligkeit, mit der Planung und Ausbau einer Wertschöpfungskette zum Ausgleich z. B. schwankender Systemlasten erfolgen muss, ist ein weiteres kritisches Element, das bei der Entwicklung eines geeigneten Vorgehensmodells eine entscheidende Rolle spielt. Eine ad-hoc-Gestaltung von Wertschöpfungsketten ist, im Hinblick auf kurzfristige Kapazitätsanpassungen und Angebotserstellungen, sowohl auf Seiten des auslagernden Unternehmens als auch auf Seiten des Prozess-Anbieters wünschenswert. Dies lässt sich jedoch nur mit umfassenden Marktkenntnissen, einer sehr guten Vernetzung und standardisierten Vorgehensweisen nachkommen. Es bedarf der Entwicklung von vertrauenswürdigen Vorgehensmodellen, die Planungsmethoden zur kosten- oder durchlaufzeitoptimalen Gestaltung von unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten beinhalten und Anpassungen in der vom Markt geforderten Reaktionszeit und mit nur geringem Aufwand ermöglichen. Gestützt auf das Cyber-Physical-System (CPS) und die Entwicklung der Kapazitätsbörse, die zukünftig Daten bzw. vollständige Beschreibungen von Produktionsprozessen bereitstellen, werden KMU mit den Vorgehensmodellen in der Lage sein, die komplexen Aufgaben zu beherrschen und die aus der erweiterten

Flexibilität und Wandlungsfähigkeit resultierenden Potenziale gewinnbringend einzusetzen.

## 1.2. Ziel der Untersuchung

Das Ziel dieser Masterarbeit ist die Konzeption eines Vorgehensmodells zur ad-hoc-Integration externer Produktionsprozesse in bestehende Wertschöpfungsketten zur Steigerung der unternehmensinternen Wandlungsfähigkeit oder zur Konfiguration neuer Wertschöpfungsketten. Die Wandlungsfähigkeit, häufig über die Systemlast abgebildet, wird im Rahmen dieser an der Schnittstelle zwischen Fabrik- und Netzwerkplanung positionierten Arbeit um die Dimension "Varianten-/Prozessvielfalt" ergänzt.

Ein standardisiertes Vorgehensmodell zur Unterstützung von KMU bei Planungsaufgaben ist die Voraussetzung für einen stetigen, auf Echtzeitdaten basierenden Informationsaustausch. Dieser wiederum ist Grundlage dafür, dass unternehmensexterne Prozesse logisch in bestehende Wertschöpfungsketten integriert oder sogar zu neuen Ketten zusammengefasst werden können. Bei der Entwicklung eines Vorgehensmodells müssen nachfolgend aufgeführte, grundlegende Vorgaben Eingang finden:

- Planungshoheit verbleibt alleinig beim Auftragseigner
- Ad-hoc-Vermittlung
- Beschränkung des Informationsaustausches auf nicht-wettbewerbs-kritische Inhalte
- Unterstützung der Anbahnung von Kooperationen im taktisch-operativen Bereich
- Branchenübergreifende Einbindung potenzieller Unternehmen (horizontale, vertikale und laterale Vernetzung)
- Vorgehensmodell basiert auf Vertrauen; geringe rechtliche Regulierungen und autonome Partner

- Permanente Weiterentwicklung und Integration von CPS

Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Konzeption eines Vorgehensmodells, welches nicht nur Einzelprozesse beschreibt bzw. visualisiert, sondern auch Prozessketten proaktiv konfiguriert und Unternehmen in die Lage versetzt, Kundenwünsche sowohl im Build-to-Stock (BTS) als auch im Build-to-Order (BTO)-Segment zu bedienen. Des Weiteren steht die Gestaltung eines ganzheitlichen Modells im Fokus, welches letztendlich Entscheidungsalternativen zur Kompensation von Kapazitäts-, Ressourcen- und Kompetenzdefizite liefert und somit maßgeblich zur Steigerung der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit, insbesondere von KMU, beiträgt. Bestehende Forschungsergebnisse werden aufgegriffen und in das Konzept eingebunden.

### 1.3. Methodik des Vorgehens

Als Ziel dieser Arbeit wurde bereits in Kapitel 1.2. die Entwicklung eines **“Vorgehensmodell zur proaktiven Planung einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette”** beschrieben. Der Weg zur Erreichung dieses Ziels wird durch die Methodik des Vorgehens dokumentiert (siehe Abbildung 1.1.).

In **Kapitel 2** werden die auf die Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen einflussnehmenden Planungsanstöße als Motivation für die Entwicklung eines ganzheitlichen Vorgehensmodells, das sich der Flexibilität von Produktionsnetzwerken bedient, identifiziert. Des Weiteren werden die Fachtermini Wandlungsfähigkeit und Flexibilität definiert und voneinander abgegrenzt.

IT-gestützte Planungssysteme, die für die Entwicklung eines Vorgehensmodells unabdingbar sind, werden in **Kapitel 3** vorgestellt und hinsichtlich ihrer zukünftigen Entwicklung und Integrierbarkeit begutachtet. Die zu Beginn des **Kapitel 4** typisierten Vorgehensmodelle bilden die theoretischen Grundlagen für das von BELLER entwickelte Prozessorientierte Vorgehensmodell. Die Anwendung eines Vorgehensmodells ist erst durch den Zugriff auf umfangreiches, von den Prozess-Eignern bereitgestelltes Datenmaterial realisierbar. Der

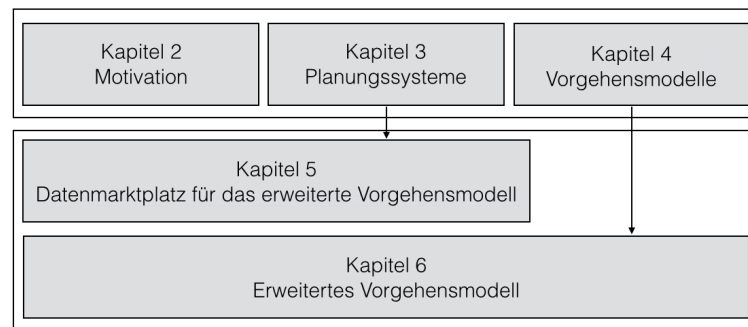


Abbildung 1.1.: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung)

hierfür geforderte zentral verwaltete Datenmarktplatz, der u. a. mit den in Kapitel 3 vorgestellten Planungssystemen interagieren muss, wird in **Kapitel 5** beschrieben. Das in **Kapitel 6** entwickelte iterative Vorgehensmodell ist durch die in Kapitel 2 dargestellten Planungsanstöße motiviert und stützt sich auf das in Kapitel 4 beschriebene Modell zur Planung von Fabriken. Im **Anhang A** wird das gesamte Vorgehensmodell noch einmal im DIN A3-Format visualisiert und im **Anhang B** weitere aktuelle Ansätze zur Beherrschung der Wandlungsfähigkeit auf System-, Standort- und Netzwerkebene vorgestellt.

## 2. Motivation

### Inhaltsangabe

---

<b>2.1. Planungsanstoß . . . . .</b>	<b>14</b>
2.1.1. Systemlastveränderung . . . . .	15
2.1.2. Wirtschaftlichkeit . . . . .	16
2.1.3. Veränderte Leistungsanforderung . . . . .	17
2.1.4. Hybride Anpassungsplanung . . . . .	18
<b>2.2. Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen . .</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Flexibilität von Produktionsnetzwerken . . . . .</b>	<b>23</b>

---

Im Kapitel Motivation werden Planungsauslöser identifiziert, die Anpassungen von Produktionssystemen bzw. Wertschöpfungsketten zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, z. B. durch Investitionen in Wandlungsfähigkeit und Flexibilität, erforderlich machen.

### 2.1. Planungsanstoß

Die Aufgabe der Produktionsplanung und -steuerung ist es, bei bekanntem, zu erwartendem bzw. außerplanmäßigem Über- bzw. Unterschreiten der Flexibilitätsgrenze oder kundenindividuellen Anforderungen (Varianten) potenzielle Anpassungs- oder Neuplanungsmaßnahmen zu analysieren, zu bewerten und gegebenenfalls einzuleiten (siehe Abbildung 2.1.). Nachfolgend werden Szenarien aufgezeigt, die eine Anpassung der bestehenden Wertschöpfungskette erfordern.

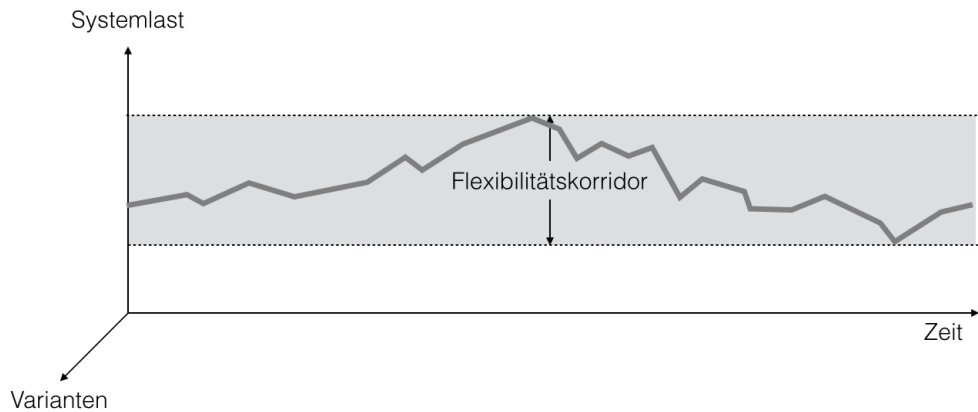


Abbildung 2.1.: Planungsanstöße in Abhängigkeit von der Zeit (in Anlehnung an Nyhuis, 2010, S. 9)

### 2.1.1. Systemlastveränderung

Typische Planungsauslöser sind Systemlastveränderungen, wie sie in der Abbildung 2.2 dargestellt werden.

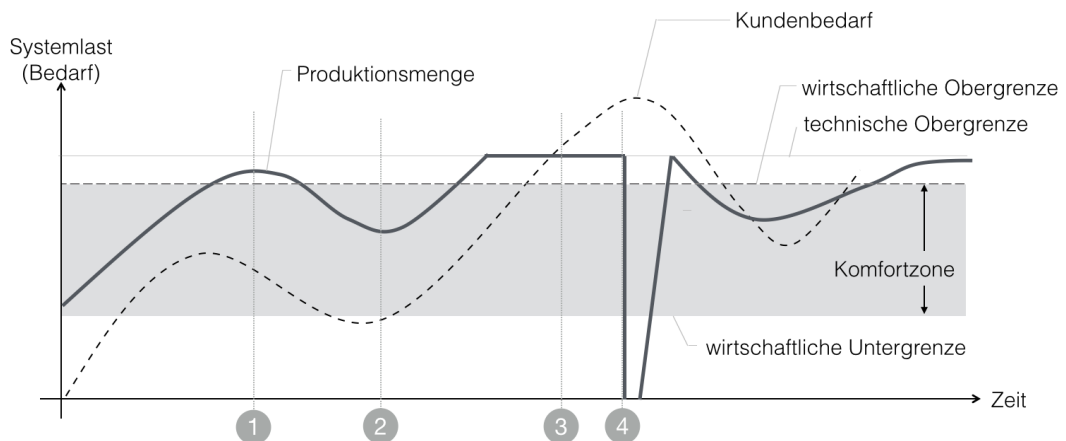


Abbildung 2.2.: Einordnung der Planungsfälle (in Anlehnung an Wiendahl u. a., 2014, S. 47)

Die Fertigung an der technischen Obergrenze wird in **Punkt 1** der Abbildung 2.2. dargestellt. Das Unternehmen verlässt die wirtschaftliche Komfortzone und fertigt im Korridor zwischen wirtschaftlicher und technischer Obergrenze. Bereits in diesem Szenario muss eine Maßnahme zur Kompensation der

Überproduktion in Betracht gezogen werden, um weiterhin wirtschaftlich zu produzieren.

Obwohl das Unternehmen in einer wirtschaftlichen Komfortzone produziert, begründet sich der Planungsanstoß in **Punkt 2** dadurch, dass freie Kapazitäten vorhanden sind, die zur Optimierung der Auslastung auf dem Markt angeboten werden könnten. In diesem Fall würde der Prozess-Eigner als Anbieter auftreten. Überschreitet die am Markt nachgefragte Systemlast die technische Obergrenze (**Punkt 3**), steht ein Unternehmen vor der ad-hoc-Entscheidung, dieser Marktanforderung zu folgen und fehlende Kapazitäten entweder durch Bypassen, dem vollständigen Outsourcen von Prozessschritten oder Ablehnung des Auftrags zu begegnen. In **Punkt 4** ist der Ausfall eines Prozessschrittes zu einem bestimmten Zeitpunkt planungsauslösend. Die Alternative zum temporären Stillstand ist die Auslagerung diesem Schrittes. In diesem Fall tritt der Prozess-Eigner als Kunde auf.

Man unterscheidet zwischen dem erwarteten und dem unerwarteten Prozessausfall. Beim erwarteten Ausfall findet die Unterbrechung der Produktion planmäßig zu einem definierten Zeitpunkt statt. Aufgrund der Planmäßigkeit kann von ausreichender Zeit zur Identifizierung eines geeigneten kostengünstigen Ersatzprozesses ausgegangen werden (z. B. Instandhaltungsmanagement). Kommt es zu einem unerwarteten Prozessausfall, spricht man auch von einem ad-hoc-Ausfall zu einem undefinierten Zeitpunkt. Die Wirtschaftlichkeit des Ersatzprozesses wird in diesem Fall nebensächlich (z. B. Maschinendefekt). Primäres Ziel ist die Aufrechterhaltung der Produktion in der Wertschöpfungskette und die rechtzeitige Belieferung des Marktes.

### 2.1.2. Wirtschaftlichkeit

Ein weiterer Planungsanstoß ist neben der veränderten Systemlast die Wirtschaftlichkeit der unternehmensinternen Prozesse. Erreicht ein Prozess die wirtschaftliche Untergrenze, muss eine Umstrukturierung in Betracht gezogen werden. In diesem Fall kann es wirtschaftlicher sein, den Prozessschritt komplett



auszulagern, um sich auf die gewinnbringenden Prozesse zu fokussieren. Denkbar wäre hier auch eine Übernahme unternehmensexterner Kapazitäten, um wie in Kapitel 2.1 beschrieben, die eigene Systemlast zu steigern und somit den Prozessschritt wirtschaftlicher zu gestalten. Der Prozess-Eigner kann in diesem Szenario sowohl als Anbieter als auch als Kunde auftreten. Handlungsbedarf besteht auch, wenn die Systemlast die wirtschaftliche Obergrenze überschreitet (Korridor zwischen technischer und wirtschaftlicher Obergrenze); der Prozess-Eigner tritt hier als Kunde auf.

### 2.1.3. Veränderte Leistungsanforderung

Die Individualisierung (Customizing) von Leistungsobjekten bekommt zunehmend eine größere Bedeutung; vor allem KMU sind gezwungen diesem Trend zu folgen. Es ist jedoch für KMU aufwendig und unter wirtschaftlichen Aspekten teilweise unmöglich, die benötigten Prozesse und Ressourcen vorzuhalten. Daher wäre in diesem Szenario eine unternehmensexterne Erweiterung der bestehenden Wertschöpfungskette durch komplementäre Prozesse sinnvoll.

Ein weitaus komplexerer Planungsanstoß stellt die Unikatfertigung beziehungsweise das Prototyping dar. Einmalig muss für die Erstellung eines Leistungsobjektes eine Wertschöpfungskette konfiguriert werden. Die fehlende Transparenz hinsichtlich Verfügbarkeit von externen Prozessen und die fehlende Kompetenz Kosten und Durchlaufzeiten für Unikate und Prototypen zu benennen, stellt Unternehmen in diesem Zusammenhang vor das Problem, eventuell Angebotsanfragen ablehnen zu müssen.

Die Flexibilität und die Reduktion von Restriktionen durch die Nutzung eines Netzwerks bietet Potenziale, fehlende Ressourcen bzw. Prozesse externen Unternehmen zur Erfüllung der kundenindividuellen Wünsche anzubieten. Dies bedarf jedoch einer ganzheitlichen Planungsunterstützung durch ein standardisiertes Vorgehensmodell.

Die Aufhebung der Restriktion “begrenzte Verfügbarkeit von Prozessen und Ressourcen” eröffnet auch grundsätzlich Möglichkeiten im Zukunftsfeld Open Innovation.

### 2.1.4. Hybride Anpassungsplanung

Das von SCHOLZ und LIESEBACH beschriebene Konzept des Aktivierungskorridors berücksichtigt Informationen, mit denen sowohl der Zeitpunkt für das Erreichen der Flexibilitätsobergrenze, als auch der technischen Obergrenze erfasst werden kann. Wird dieser Zeitpunkt ausreichend sicher prognostiziert, kann ein Unternehmen rechtzeitig in die Wandlungsfähigkeit investieren. Die Systematik der Aktivierungskorridore kann als Ausgangspunkt für die Beschreibung hybrider Wandlungsprozesse auf System- und Netzwerkebene angesehen werden. Grundsätzlich ist es möglich, Anpassungsnotwendigkeiten entweder durch Maßnahmen zur Nutzung von Netzwerkpotenzialen oder durch interne Systemanpassungen zu begegnen. Ergibt ein Forecast beispielsweise eine zukünftige Überschreitung der Flexibilitätsobergrenze, kann, durch die ad-hoc-Aktivierung eines Netzwerkpartners mit identischem Prozess, die Entscheidung in die interne Wandlungsfähigkeit zu investieren, unter Beobachtung der Marktsituation hinausgezögert werden. Die Vorzüge dieses Konzeptes liegen somit in einer stabilen Auslastung auf Systemebene, verbunden mit einer hohen Reaktionsfähigkeit durch die Möglichkeit netzwerkweite Potenziale zu aktivieren. Dadurch erreichen Unternehmen eine Agilität, die es ermöglicht, den Trends und schwankenden Anforderungen des Unternehmensumfeldes zu folgen, gleichzeitig aber die Robustheit des Systems nicht zu verlassen. Die Unternehmen stützen sich auf die Flexibilität eines Netzwerks und nutzen dessen Potenziale, um die eigene Wandlungsfähigkeit auszubauen. (vgl. Scholz und Liesebach, 2013, S. 51 f)

Mit diesem Konzept kann auf Veränderungen der Systemlast, der Wirtschaftlichkeit als auch von Leistungsanforderungen effizient und effektiv reagiert werden. Die Prognosen können des Weiteren von den Unternehmen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten verifiziert und der Markt so lange sondiert wer-

den, bis “robuste” Kennzahlen die Entscheidung für oder gegen eine Investition in die interne Wandlungsfähigkeit absichern.

Der **Betrachtungsbereich dieser Arbeit** umfasst Planungs- und Abstimmungsprozesse in netzwerkorientierten Wertschöpfungsketten sowie die notwendigen Vorgehensmethoden, orientiert an Wertschöpfungsketten mit einer starken Ausrichtung an die BTO-Strategie der Produktion, wobei das Konzept auch die BTS-Strategie einschließt.

### 2.2. Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, müssen sich Unternehmen zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit immer schneller auf die sich ständig verändernden Markt- und Konkurrenzstrukturen einstellen. Dies kann zukünftig nur gelingen, wenn die Investition in wandlungsfähige, flexible Produktionssysteme vom Management als notwendig erachtet und fest in die Unternehmenskultur integriert wird. Auf die Begrifflichkeiten “Wandlungsfähigkeit, Flexibilität und Produktionssystem” wird nachfolgend näher eingegangen.

Wandlungsfähigkeit wird aufgrund kürzerer Produktlebenszyklen, zunehmender Marktschwankungen, Individualisierung der Kundennachfrage, abnehmender Prognostizierbarkeit der Absatzmenge und dem verstärktem Preiskampf auf den Märkten, als wesentliche Eigenschaft erfolgreicher Unternehmen im 21. Jahrhundert angesehen (vgl. Nyhuis, 2010; Westkämper und Zahn, 2009, S. 3 und 271).

Der Terminus Wandlungsfähigkeit ist nicht mit einer eindeutigen Definition belegt und lässt in Forschung und Praxis genügend Raum für Interpretationen. Bevorzugt wird die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen, gegenüber dem klassischen reaktiven Vorgehen, als frühzeitige und proaktive Anpassung oder Variabilität von direkten und indirekten Objekten, Strukturen und Prozessen der Wertschöpfungskette verstanden. Hernandez bezieht auch Organisation, Ressourcen, Menschen und Methoden in die Wandlungsfähigkeit ein (vgl.

Hernández, 2002, S. 42), während Reinhart die Durchführung von Veränderungen außerhalb vorgehaltener Flexibilitätskorridore bzw. die Erweiterung der Flexibilität von Produktionssystemen als Merkmale hervorheben (vgl. Reinhart u. a., 2008, S. 47 ff).

Das Produktionssystem ist ein sogenanntes soziotechnisches System, das “Input (z. B. Know-How, Methoden, Material, Finanzmittel, Energie) in wertschöpfenden (z. B. Fertigung oder Montage) und assoziierten Prozessen (z. B. Transport) zu Output (z. B. Produkte, Kosten, Reststoffe) transformiert” (vgl. Nyhuis u. a., 2008, S. 20). Um dies unter flexiblem, kosten- und zeitoptimalem Einsatz der Produktionsfaktoren zu erreichen, sind langfristige, strategische und kurzfristige, operative Planungen vorauszusetzen (vgl. Eversheim, 1996, S. 1534 ff). Sehr allgemein gehalten wird einem Produktionssystem die Aufgabe zugeschrieben, unter Einsatz von Ressourcen End- und Zwischenprodukte herzustellen.

Nachfolgende Abbildung zeigt das Grundmodell eines Produktionssystems mit den zugehörigen Ebenen und Gestaltungsfeldern (siehe Abbildung 2.3.).

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass sich Produktionssysteme vertikal in insgesamt fünf hierarchische Ebenen unterteilen lassen, wobei die höhere Ebene jeweils die niedrigere Ebene umfasst und der Detaillierungsgrad von der höchsten Ebene zur niedrigsten zunimmt. Die höchste Ebene, das Netzwerk, “vernetzt” Fabriken, Werke und Standorte, die der nächsten Ebene zugeordnet werden. Eine Fabrik umfasst wiederum verschiedene Fertigungsbereiche, gebildet durch die Kombination einzelner Arbeitsstationen. Die der vierten Ebene zugeordneten Maschinen werden letztendlich in der untersten, detailliertesten Ebene in Module zerlegt. Um den Anforderungen an Produktionssystemen bzw. an die systemische Wandlungsfähigkeit zu entsprechen, dürfen die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Ebenen nicht unberücksichtigt bleiben. (vgl. Nyhuis u. a., 2008, S. 23)

Die Produktionssysteme sind inneren und äußeren, als Wandlungstreiber bezeichnete Störfaktoren ausgesetzt, die auf allen Ebenen einen Veränderungsdruck hervorrufen. Diese Wandlungstreiber entstammen u. a. den Einflussbe-

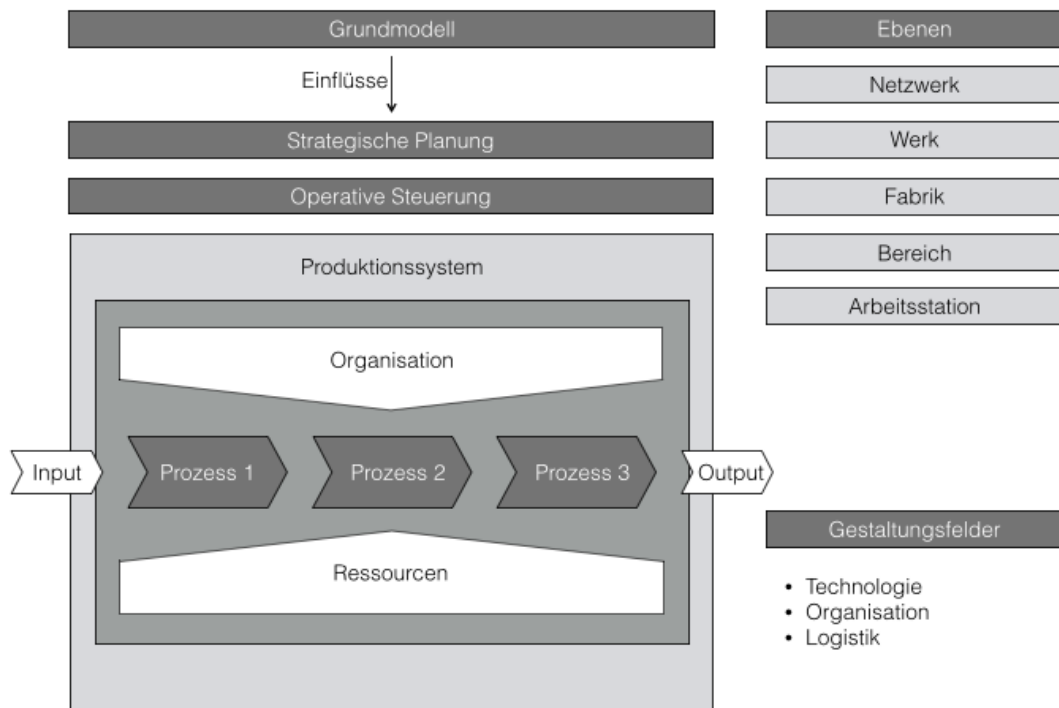


Abbildung 2.3.: Produktionssystem (vgl. Nyhuis, 2010, S. 7)

reichen Technologie, Umwelt, Politik, Gesellschaft oder Ökonomie (vgl. Westkämper und Zahn, 2009, S. 10).

In einem begrenzten Umfang kann ein Unternehmen sein Produktionssystem schnell und mit sehr geringem finanziellen Aufwand an geänderte Einflussfaktoren anpassen (vgl. Abele und Dervisopoulos, 2006, S. 39 f). Der Umfang möglicher Veränderungen wird dabei durch sogenannte Flexibilitätskorridore begrenzt. Für jede Anforderungsdimension ist ein spezifischer Flexibilitätskorridor vorgegeben, der aus vorgeplanten Maschinenkapazitäten oder begrenzten Ressourcen resultiert. Innerhalb der Korridore können Systemlaständerungen wirtschaftlich und ohne größeren Änderungsaufwand kompensiert werden. Genügt der Flexibilitätskorridor den zukünftigen Anforderungen in einer oder mehreren Dimensionen nicht mehr, muss das Unternehmen die Produktion planungstechnisch auf den vorhandenen Wandlungskorridor ausrichten oder diesen durch Maßnahmen erweitern, die interne und/oder externe Lösungsansätze, z.

B. outsourcen bzw. bypassen von Prozessen, involvieren (siehe Abbildung 2.4.).  
(vgl. Kuhn u. a., 2011, S. 183)

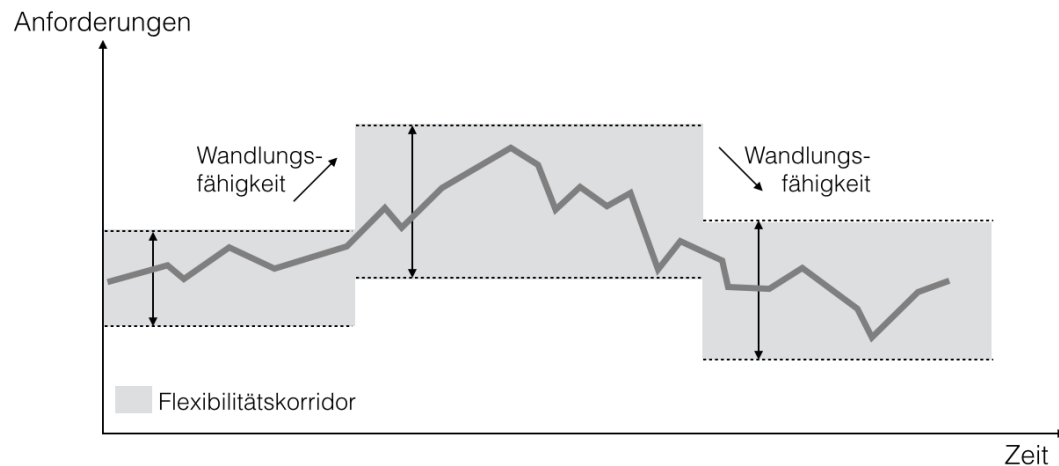


Abbildung 2.4.: Abgrenzung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit (vgl. Zäh u. a., 2005, S. 4)

Entscheidend für die Wandlungsfähigkeit eines Produktionssystems ist, neben der Größe der Flexibilitätskorridore, der notwendige Aktivierungsaufwand zur Einrichtung einer potenziellen Wandlungsfähigkeit. Das Potenzial der vorgehaltenen Wandlungsfähigkeit kann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur mit einem zeit- und kostenoptimierten Aktivierungsaufwand abgerufen werden.

Die Flexibilität eines Produktionssystems lässt sich in eine quantitative und eine qualitative Flexibilität einordnen. Die Anpassungsfähigkeit an veränderte Stückzahlen ist beispielsweise durch die quantitative Flexibilität bestimmt, während zur Anpassung an neue Produkte die qualitative Flexibilität des Produktionssystems genutzt wird (vgl. Wiendahl u. a., 2005, S. 6).

Das Vorhalten von Flexibilität bindet jedoch zumeist Ressourcen und erfordert damit präventive Investitionen in die Produktion, die sich negativ auf die unternehmensinterne Bilanz auswirken. Idealerweise sollten Investitionen erst im Bedarfsfall getätigt werden, was jedoch verkürzte Reaktionszeiten, korrelierend mit einer hohen Wandlungsfähigkeit, voraussetzt. Dass Investitionen erst dann getätigt werden müssen bzw. Aufwand und Kosten erst bei Eintritt der Ver-

änderungen entstehen, ist ein weiteres, wettbewerbsstärkendes Merkmal der Wandlungsfähigkeit. (vgl. Nyhuis u. a., 2008, S. 119)

Zusammenfassend ist Wandlungsfähigkeit determiniert durch die Größe des vorliegenden Wandlungskorridors und dem Aktivierungsaufwand. Je größer der Wandlungskorridor und je geringer der Aktivierungsaufwand, desto höher ist die vorliegende Wandlungsfähigkeit. Die maximale Wandlungsfähigkeit des gesamten Produktionssystems wird immer durch die Wandlungsfähigkeit des schwächsten Teiglieds bestimmt.

Um eine wandlungsfähige Produktion zu ermöglichen, muss entstehender Wandlungsdruck gezielt und konzertiert aufgenommen, Produktionsschritte abgestimmt und Engpässe der internen Wertschöpfungskette aufgelöst werden. Die Anpassung der Wandlungsfähigkeit ist grundsätzlich durch Investitionen in interne Prozesse mit entsprechend langen Vorlaufzeiten möglich. Alternativ können jedoch die Flexibilitätspotenziale von Netzwerken kurzfristig und mit geringerem monetärem Aufwand aktiviert werden. (vgl. Nyhuis u. a., 2008, S. 148)

### **2.3. Flexibilität von Produktionsnetzwerken**

Produktionsnetzwerke sind definitionsgemäß sich dynamisch rekonfigurierende Unternehmensnetzwerke, die vorwiegend aus rechtlich selbstständigen Unternehmen bestehen. Die Zusammenarbeit in einem Produktionsnetzwerk zur Transformation von Leistungsobjekten ist auch mit dem Begriff „unternehmensübergreifende Wertschöpfungskette“ belegt, der in der Fachliteratur und in dieser Arbeit synonym zum Terminus Produktionsnetzwerk verwendet wird. (vgl. Warnecke, 1999, S. 93)

Produktionsnetzwerke bieten aufgrund der bereits bekannten spezifischen Produktionsmerkmale von Netzwerkpartnern die Möglichkeit, relativ unkonventionell, d. h. ohne größeren administrativen Aufwand, auf die Turbulenzen im Marktumfeld zu reagieren. Durch den internetbasierten Datenaustausch bzw. -abgleich können zudem jederzeit Kompetenzen, komplementäre Prozesse und

freie Kapazitäten der potenziellen Kooperationspartner online abgefragt und unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten konfiguriert werden. (vgl. Milberg und Schuh, 2013, S. 181)

Die Akteure des Netzwerks kollaborieren nicht nur auf den Produktionsebenen, sondern können die Wertschöpfungsketten auch durch vor- und nachgelagerte Prozesse, z. B. After Sales oder Logistik, an spezifische Erfordernisse anpassen. Produktionsnetzwerke zeichnen sich somit durch eine hohe Flexibilität aus, die u. a. in einem unternehmensübergreifenden optimierten ad-hoc-Ressourcenzugriff begründet liegt. Allgemein charakterisiert Flexibilität die Fähigkeit eines Produktionssystems schnell, im Sinne von Ausmaß und Zeit, auf externe und interne Faktoren zu reagieren. (vgl. APICS, 2005, S. 44) Die Partner eines Produktionsnetzwerks sehen gerade in dieser Flexibilität die Chance, vor allem im Rahmen der Freivergabe von Prozessschritten, Kapazitätsengpässe zu kompensieren oder durch komplementäre Verfahrensschritte die Wertschöpfungskette auf die sich stetig wandelnden Kundenanforderungen, Produktfeatures bzw. Markttrends anzupassen. (vgl. Bellmann und Hippe, 1996; Kaluza und Blecker, 1999; Lutz und Wiendahl, 2003, S. 60 ff, 267 ff und 685 ff)

Sowohl Kapazitätsschwankungen als auch veränderte Kundenanforderungen sind Planungsauslöser, die, unter Nutzung vorhandener Flexibilitätspotenziale, zielgerichtete Reaktionen hervorrufen und die Bewertung von Handlungsalternativen von den Entscheidungsträgern abverlangen (vgl. Pibernik und Isermann, 2001; Pibernik, 2003, S. 45 und 1144). Die Fähigkeit Kapazitäten effektiv und effizient an einen geänderten Bedarf anpassen zu können, ist mit dem Fachbegriff „Kapazitätsflexibilität“ belegt (vgl. Lödding, 2008, S. 106). Die Kapazitätsflexibilität ist somit ein Maß für die Fähigkeit eines Unternehmens, Bedarfsveränderungen temporär auszugleichen, auf Lager zu produzieren oder Rückstände abzubauen (vgl. Lödding, 2008, S. 467).

Dass eine Flexibilitätssteigerung in Unternehmenskooperationen bzw. in einem Produktionsnetzwerk begründet liegt, wird dadurch offensichtlich, dass sich insbesondere die Ressourcen durch die von den beteiligten Unternehmen ein-



gebrachten individuellen Kernkompetenzen, sowohl in der Kapazität als auch in der Anzahl erhöhen. Des Weiteren eröffnen sich die Möglichkeiten neue Märkte, Produkte und Technologien zu erschließen, die Grenzen finanzieller Handlungsalternativen und Gestaltungsspielräume weiter zu fassen, Wissensbestände zu vermehren und den Wissenstransfer zu erleichtern. (vgl. Picot und Wolff, 2005, S. 388). Insbesondere die Anzahl der verfügbaren komplementären Ressourcen, die letztendlich von der Größe und Heterogenität des aktiven Netzwerks abhängig ist, wirkt sich auf das angebotene Spektrum an Transferaufgaben und auf die Flexibilität aus.

Die vorangestellten Ausführungen verdeutlichen, dass Kapazität und Komplementarität wesentliche Merkmale von wettbewerbsfähigen Unternehmen und Produktionsnetzwerken sind, die sowohl die quantitative (Erweiterung der Systemlast durch die Nutzung freier Kapazitäten gleicher Prozesse) als auch die qualitative (Nutzung komplementärer Prozesse) Flexibilität und Wandlungsfähigkeit charakterisieren. Ergänzend sei noch angemerkt, dass unternehmensübergreifend zwischen Arbeits- und Aufgabenflexibilität unterschieden wird; für die nachfolgende Betrachtung ist jedoch nahezu ausschließlich die Arbeitsflexibilität von Relevanz.

Das Konstrukt „Produktionsnetzwerk“ soll zukünftig KMUs nicht nur bei der Anbahnung und Identifikation geeigneter Kooperationspartner unterstützen, sondern auch, durch die daraus resultierende Flexibilität bzw. Wandlungsfähigkeit und der einfachen Konfigurierbarkeit von Wertschöpfungsketten, Wettbewerbsvorteile generieren. Grundvoraussetzung für die Akzeptanz von Produktionsnetzwerken, jedoch auch ein nicht zu ignorierendes mögliches Hindernis für einen ganzheitlichen Ansatz, ist das Vertrauen in den Aufbau und der Pflege von Datenbanken.

## 3. Planungssysteme

### Inhaltsangabe

---

<b>3.1. IT-Assistenzsysteme . . . . .</b>	<b>26</b>
3.1.1. Cloud Computing . . . . .	27
3.1.2. Cyber-Physische (Produktions-)Systeme . . . . .	29
3.1.3. Planungssysteme für PPS und SCM . . . . .	33
3.1.4. Kapazitätsbörse . . . . .	40
3.1.5. Frachtbörse . . . . .	41

---

Eine zukunftsfähige Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)-Infrastruktur, die mit bereits existierenden oder noch in der Entwicklung befindlichen IT-Assistenzsystemen interagieren, ist Grundvoraussetzung für die effektive Anwendung von Vorgehensmodellen, die datenbasiert Handlungsalternativen für unternehmensübergreifende Modifikationen von Wertschöpfungsketten offerieren.

### 3.1. IT-Assistenzsysteme

Unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten auf Basis verfügbarer Kapazitäten zu planen erfordert die Unterstützung durch Assistenzsysteme, die auf die Spezifika komplexer Vorgehensmodelle zur Steigerung der Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen ausgerichtet sind.

**Definition:** Ein **Assistenzsystem** ist ein IT-System, welches dem Anwender Unterstützung bei der Entwicklung und Bewertung von Entscheidungsalternativen in der Gestaltung, der Planung und dem Betrieb von Logistiknetzwerken sowie bei der Umsetzung getroffener Planungsentscheidungen bietet“ (vgl. Kuhn und Hellingrath, 2007, S. 14 ff)

Assistenzsysteme sollen zukünftig den operativen Betrieb des hier entwickelten Vorgehensmodells in der Unternehmenspraxis automatisieren und IT-basiert stützen. Bislang ist das Ziel, Unternehmen in die Lage zu versetzen, die eigene Systemlast (Kapazitätssituation) effektiv und effizient zu analysieren, kurzfristig Kollaborationen einzugehen oder auf kundenindividuelle Bedürfnisse hin zielorientiert Wertschöpfungsketten zu formieren, noch visionär. Ein Zwischenschritt auf dem Weg zum Ziel ist ein um die Netzwerkebene erweitertes Vorgehensmodell, mit dem alle relevanten Informationen von Prozess-Eignern gesammelt, visualisiert und für interessierte bzw. kooperierende Unternehmen bereitgestellt werden können.

Das in dieser Arbeit hergeleitete Vorgehensmodell ist konzeptioneller Natur und beschränkt sich darauf, den generellen Ansatz für die Planung unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten zu beschreiben, es stellt nicht die Spezifikation für ein IT-Assistenzmodell bereit, liefert jedoch

- die skizzenhafte Darstellung eines geeigneten dezentralen Planungskonzepts auf Grundlage von relevanten Informationen und
- die Erklärung der grundsätzlichen Funktionsweise und des Vorgehens zur Planung einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette.

#### 3.1.1. Cloud Computing

Obwohl Cloud Computing ein sehr aktuelles Thema mit einem enormen Wachstumspotenzial ist, konnte sich bisher keine einheitliche und gemeinhin anerkannte Definition durchsetzen. Das National Institute of Standards and Technology (NIST), welches als Bundesbehörde der Vereinigten Staaten für Stan-

dardisierungsprozesse zuständig ist und in Bezug auf das Cloud Computing zu den meist zitiertesten Instituten gehört, definiert Cloud Computing wie folgt:

**Definition:** “(...) a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model is composed of five essential characteristics, three service models and four deployment models.” (vgl. Mell und Grace, 2011, S. 2)

Diese Definition wurde inhaltlich auch vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik aufgegriffen und als einheitliche Grundlage festgelegt: “Cloud Computing bezeichnet das dynamisch an den Bedarf angepasste Anbieten, Nutzen und Abrechnen von IT-Dienstleistungen über ein Netz. Angebot und Nutzung dieser Dienstleistungen erfolgen dabei ausschließlich über definierte technische Schnittstellen und Protokolle. Die Spannweite der im Rahmen von Cloud Computing angebotenen Dienstleistungen umfasst das komplette Spektrum der Informationstechnik und beinhaltet unter anderem Infrastruktur (z. B. Rechenleistung, Speicherplatz), Plattformen und Software.” (vgl. BSI, 2012, S. 15 f)

Zur Beschreibung der Cloud-Architektur wird allgemein ein pyramidenförmiges Drei-Schicht-Modell verwendet:

- **Infrastructure as a Service (IaaS):** In der untersten Schicht der Cloud Computing Pyramide werden grundlegende Komponenten der Infrastruktur wie Hardware, Rechenkapazität, Server, Speicherplatz oder Netzwerkbetriebstechnik abgebildet. Der Vorteil beim IaaS gegenüber traditionellen Datacentern ist die Skalierbarkeit der Recheninstanz. Server, Router, Speicher und andere Systeme werden permanent an die sich ständig ändernde Auslastung angepasst und dynamisch zusammengeführt. (vgl. BSI, 2012, S. 17)
- **Platform as a Service (PaaS):** Die Anwendungen, welche auf der Infrastruktur des Anbieters aufbauen und mittels seiner Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, sind der mittleren Schicht der Cloud Com-

puting Pyramide zugeordnet. Das eher entwicklerorientierte PaaS bietet eine Laufzeit- und Entwicklungsumgebung, in der individuelle Software durch Verwendung bestimmter Programmiersprachen verändert werden kann. (vgl. BSI, 2012, S. 17)

- **Software as a Service (SaaS):** Die oberste Ebene stellt auf Nachfrage vollständige Anwendungen als Dienstleistung zur Verfügung und ist somit auf Endkunden ausgerichtet. Der Dienstleister bietet in diesem Fall Software und Infrastruktur an und ist für deren Wartung, Betrieb, Aktualisierung sowie interne Ressourcenanpassung verantwortlich. Die Anwender benötigen bei SaaS lediglich einen Computer mit Internetzugang. (vgl. BSI, 2012, S. 18)

Das in dieser Arbeit entwickelte Vorgehensmodell sieht die Möglichkeit einer vollständigen Integration aller bestehenden Planungssysteme für die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) und dem Supply Chain Management (SCM) vor. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die stetige Weiterentwicklung der Cyber-Physischen Systeme und dem ständig wachsenden Datenbestand, der u. a. auch systemisch, durch die z. B. von CPS erfassten Prozessdaten erweitert wird (siehe nachstehende Abschnitte), die beteiligten Unternehmen entsprechendes Vertrauen in die von den Systemen generierten Empfehlungen, z. B. bei der Auswahl geeigneter Kooperationspartner, setzen werden.

#### 3.1.2. Cyber-Physische (Produktions-)Systeme

Cyber-Physical-System (CPS) werden im Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 wie folgt definiert:

**Definition:** “CPS umfassen eingebettete Systeme, Produktions-, Logistik-, Engineering-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken, mittels digitaler Netze untereinander verbunden sind, weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen und über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen. Cyber-Physical Systems sind offene soziotechnische Systeme und ermöglichen eine Reihe von neuartigen Funktionen, Diensten und Eigenschaften.” (vgl. acatech, 2013, S. 84)

Die eingebetteten Systeme bestehen aus „intelligenten“ Objekten, die über eine eigene dezentrale Steuerung verfügen und somit in der Lage sind autonom bzw. teilautonom zu handeln (vgl. Spath u. a., 2013; Geisberger und Broy, 2012, S. 6 und 22). Das bedeutet im weiteren Sinne, dass die in Cyber-Physischen Systemen mit „künstlicher Intelligenz“ ausgestatteten Objekte in die Lage versetzt werden, eigenständig Netzwerke einzurichten, Systeme zu optimieren und auftretende Probleme zu lösen (vgl. Bauernhansl u. a., 2014, S. 61 f). Als intelligente Objekte werden hierbei u. a. Werkzeugmaschinen, Gebäude, Verkehrsmittel, Produktionsanlagen oder auch Logistikkomponenten, wie z. B. Ladungsträger, bezeichnet (vgl. Bauernhansl u. a., 2014, S. 22). Die Steuerung multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen kann sowohl über Sprache, Touch-Displays oder auch durch Gestenerkennung realisiert werden (vgl. Bauernhansl u. a., 2014, S. 38). Das alles entscheidende Charakteristikum von CPS ist die Verbindung der physikalischen und informationstechnischen Welt durch ein komplexes Zusammenwirken von verschiedenen Systemen (vgl. Geisberger und Broy, 2012, S. 60).

Den CPS liegen offene, flexible und vernetzte Systeme zu Grunde. Die Fortschritte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien, die durch Miniaturisierung, gesteigerte Prozessorleistung von Endgeräten und der weltweit zunehmenden Netzabdeckung gekennzeichnet sind, fließen kontinuierlich in die Weiterentwicklung der Systeme ein (vgl. Geisberger und Broy, 2012, S. 43 ff).

Die zur Kommunikation notwendige Infrastruktur bietet unter anderem das Internet, das in Form des Business Web auch eine Plattform für wirtschaftliche Kooperationen schafft, dadurch die Entwicklung neuer Geschäftsformen ermöglicht und die Unternehmen in die Lage versetzt, die Potenziale von CPS auszuschöpfen (vgl. Geisberger und Broy, 2012, S. 20). Vor allem innerhalb von Interessengemeinschaften im Netz bzw. in den Communities und auch in den Unternehmensnetzwerken wird der Bedarf nach neuen integrierten Lösungen bzw. Dienstleistungen, die aus der Vernetzung der virtuellen, physischen und sozialen Welt entstehen und mit Hilfe von CPS umgesetzt werden können, geweckt (vgl. Geisberger und Broy, 2012, S. 74).

CPS ist ein zentrales Element der Industrie 4.0, der vierten industriellen Revolution, die im Wesentlichen auf dem mit CPS einhergehenden technologischen Fortschritt basiert (vgl. Spath u. a., 2013; Kagermann u. a., 2012; Bauer u. a., 2014, S. 6; 5 und 18 f). Im Fokus von Industrie 4.0 steht das dynamische Management komplexer Produktions- und Logistiksysteme, das mit Hilfe einer intelligenten Vernetzung zwischen und unter Menschen, Maschinen, Objekten und IuK realisiert wird (vgl. Bauer u. a., 2014, S. 18). In diesem Zusammenhang, also im Produktionskontext, wird der Begriff Cyber-Physisches-System zu Cyber-Physische-Produktionssysteme (CPPS) erweitert (vgl. Kagermann u. a., 2012; Bauer u. a., 2014, S. 84 und 9). In der Fachliteratur wird die Vernetzung von Ressourcen, Informationen, Objekten und Menschen durch das Internet mit dem Begriff "Internet der Dinge und Dienste" bezeichnet (vgl. Kagermann u. a., 2012, S. 17). Das Internet der Dinge ist, vergleichbar mit dem Internet, ein Netzwerk mit dezentraler Struktur, in dem Dinge, wie z. B. Ladungsträger, Fördermittel und Maschinen, ausgestattet mit Intelligenz, mit Hilfe von Radio-Frequency Identification (RFID), der eindeutigen elektronischen Kennzeichnung von Dingen und der Speicherung von Informationen in entsprechend großen Datenbahnen, miteinander kommunizieren (vgl. Bullinger und ten Hompel, 2007, S. 49 ff). In Industrieunternehmen, die der Industrie 4.0 zugeordnet werden können, ist das Produktionsumfeld vernetzt und setzt sich, wie oben beschrieben, aus intelligenten Objekten zusammen, wodurch eine flexiblere und optimiertere Produktion entlang des gesamten Wertschöp-

fungsprozesses gewährleistet werden kann (vgl. Kagermann u. a., 2012, S. 34 ff). Insgesamt können fünf Technologiefelder, CPPS, echtzeitfähige IuK, Smart Factory, Cloud Computing und IT-Sicherheit, identifiziert werden, aus denen sich die Industrie 4.0 zusammensetzt (vgl. Bauer u. a., 2014, S. 18 ff).

Eine Smart Factory ist durch intensive sozio-technische Interaktionen, räumlich verteilte und vernetzte intelligente, sensorgestützte Produktionsressourcen wie Maschinen, Anlagen, Förder- und Lagersysteme, die Ganzheitlichkeit der Produktion und die Kompatibilität der Elemente des Produktionssystems, die Einbettung in übergeordnete Wertschöpfungsnetze und die flexible Steuerung, Regulierung und Gestaltung der Produktion durch die Mitarbeiter charakterisiert (vgl. acatech, 2013, S. 6 und 23). Die Verarbeitung von Informationen in Echtzeit ist in smarten Fabriken von entscheidender Bedeutung, da die Echtzeitfähigkeit die fortwährende Abbildung der realen Welt als virtuelle Welt ermöglicht und damit die Aktualität der echtzeitnahen Organisation gewährleistet (vgl. Bauer u. a., 2014, S. 23).

Cloud Computing bezeichnet die Nutzung flexibler und verteilter Software in Form von Applikationen über eine Plattform, auf die über das Intra- und Internet zugegriffen werden kann. Mit dieser Plattform bzw. der Cloud sind im Rahmen der Produktions- und Logistiksysteme alle intelligenten Objekte, Produkte, Maschinen und IuK verbunden. (vgl. Bauer u. a., 2014, S. 18)

CPS-Plattformen, die in smarten Fabriken entstehen, bilden die Grundlage für die Verbindung des Internets der Dinge mit dem Internet der Dienste und dem Internet der Menschen und schaffen somit neue Perspektiven (vgl. Bauernhansl u. a., 2014, S. 16). Das bedeutet für die Industrie, dass mittels CPS eine intelligente Vernetzung der Produktionskomponenten umgesetzt werden kann, die durch Automatisierungselemente zusätzliche, innovative Dienstleistungen mit sich bringt und damit einen wichtigen Wettbewerbsvorteil erzeugt (vgl. Geisberger und Broy, 2012, S. 20 und 39). Der daraus resultierende Wettbewerbsvorteil ist gerade für den Standort Deutschland entscheidend, da von der Entwicklung hin zu CPS insbesondere die produzierende Industrie profitieren wird (vgl. Spath u. a., 2013, S. 2). Um auf weltwirtschaftlicher und produkti-



onstechnischer Ebene die Position Deutschlands zu stärken und den Wohlstand zu sichern, ist der erfolgreiche Einsatz von CPS somit zwingend notwendig (vgl. Spath u. a., 2013, S. 4).

Bedeutende Eigenschaften der CPSs sind im Folgenden aufgelistet:

- Direkte Verbindung zwischen physikalischer Welt und digitaler Welt
- Neuartige Systemfunktionen durch Informations-, Daten- und Funktionsintegration (Multifunktionalität)
- Zugriff auf überregionale Netze
- Umfangreiche Interaktionen
- Netze von Sensoren/Aktuatoren
- Vernetzung innerhalb der Systeme und nach außen
- Dedizierte Nutzerschnittstellen: Starke Integration in Handlungsabläufe
- Einsatz unter oft schwierigen physikalischen Bedingungen
- Langzeitbetrieb
- Automatisierung, Adaptivität, Autonomie
- Hohe Anforderungen an funktionale Sicherheit, Zugriffssicherheit und Datenschutz, Zuverlässigkeit und hoher Kostendruck

(vgl. acatech, 2010, S. 22 f)

#### **3.1.3. Planungssysteme für PPS und SCM**

Zur (unternehmensübergreifenden) Planung und Steuerung der Materialflüsse bedarf es einer Unterstützung durch IT-Systeme der Logistik. Die funktions- und unternehmensübergreifende Betrachtungsweise rückt zunehmend ins Blickfeld der zukunftsorientierten Fertigung. In diesem Abschnitt werden IT-Systeme vorgestellt, die im Vorgehensmodell integriert wichtige Erkenntnisse über die Kooperationsfähigkeit von Prozessen liefern. Die Abbildung 3.1. gibt einen

Überblick über die bereits eingesetzte, den jeweiligen Entwicklungsstufen zugeordnet, IT.

Stufe	Betrachtungsgegenstand	Fokus der Informationsverarbeitung	Typische Schlüsselanwendungen
1	Teilfunktion	Automatisierung	MRP
2	Gesamtfunktion	Softwarepakete	PPS, MRP II, DRP
	gesamtes Unternehmen	gemeinsame Datenbasis	ERP
3	Wertschöpfungskette	funktionsübergreifende, simultane Planung und Steuerung	APS, SCM-Tools

Abbildung 3.1.: Entwicklungsstufen und die informationstechnische Unterstützung (vgl. Hellingrath und Kuhn, 2013, S. 127)

### 3.1.3.1. Enterprise-Resource-Planning (ERP)

Zur Planung und Steuerung unternehmensinterner Abläufe haben sich vor allem ERP-Systeme etabliert, die auf das Kapazitätsplanungstool Manufacturing-Resource-Planning (MRP) zugreifen. MRP-Methode zeichnen sich durch aus, dass die Planung nicht aufgrund einer begrenzten Kapazität ausgelöst wird, d. h. dass ein Kapazitätsabgleich vorerst nicht stattfindet und auch die Auftragseinlastung grundsätzlich ohne Kapazitätsprüfung durchgeführt wird (vgl. Weiss, 2007; Corsten, 2007, S. 210 ff und 532 f), sondern die Planung vollzieht sich auf der Grundlage von Wiederbeschaffungs- und Arbeitsplanzeiten. ERP stellt Informationssysteme für die Planung und Steuerung der Unternehmensaktivitäten und -ressourcen bereit, bildet Geschäftsprozesse innerhalb der Funktionsbereiche eines Unternehmens ab und ermöglicht eine Automatisie-

zung der Geschäftsprozesse (vgl. Vahrenkamp, 2008, S. 232). Das ERP-System ist als operativ buchendes System das eigentliche Herzstück der IT-Anwendung in Unternehmen (vgl. Roth, 2008, S. 65). Es integriert Transaktionssysteme sowohl zur Produktionsplanung und -steuerung als auch für die kaufmännischen Belange und der Ressourcenverwaltung von Unternehmungen (vgl. Hellingrath und Kuhn, 2013, S. 128). Hinsichtlich unternehmensübergreifender Anwendungen sind insbesondere die Integration von Lieferanten bzw. deren Prozesse und die Übermittlung von Bestands- und Bedarfsinformationen über das Internet hervorzuheben (z. B. Vendor Managed Inventory). Im Zusammenspiel mit ERP-Systemen schafft die Internettechnologie eine Kommunikationsplattform und bietet somit eine Lösung für den Austausch von Auftrags-, Bestands- und Produktionsdaten zur Flexibilitätssteigerung und Kapazitätsauslastung an. Um die gesteigerten Anforderungen an Flexibilität, Aktualität und Genauigkeit zu gewährleisten, interagieren ERP-Systeme mit Manufacturing Execution System (MES) und bieten dadurch eine akzeptable Grundlage für den Einsatz in Vorgehensmodellen, wie sie in dieser Arbeit betrachtet werden. (vgl. Wirtz, 2009, S. 364)

#### 3.1.3.2. Manufacturing Execution System (MES)

Manufacturing Execution System (MES) werden Speziell zur Verarbeitung industrieller Fertigungsdaten eingesetzt, die ein aktuelles Abbild der Produktion, unter Berücksichtigung aller für die Produktion relevanten Ressourcen, liefern und daraus realisierbare Produktionspläne erzeugen (vgl. Hinrichs u. a., 2008, S. 120 ff). Die Software ergänzt bzw. unterstützt Systeme, die Fertigungsprozesse zeitnah planen und steuern, die Prozesstransparenz gewährleisten und den Material- und Informationsfluss innerhalb der Supply Chain aktuell abbilden (vgl. VDI, 2007, S. 4). MES generieren Kennzahlen der **Standard Key Performance Indicator (KPI)**, mit denen z. B. Verfügbarkeit, Performance, Qualitätsrate und Overall Equipment Effectivness (OEE) überwacht werden können. Die Aussagekraft dieser Kennzahlen bzw. bereits die Modelle, die diesen Kennzahlen zu Grunde liegen, werden in Fachkreisen sehr kontrovers diskutiert. Managementanforderungen, Prozessführung (diskrete Fertigung, kon-

tinuierlicher Prozess, Automatisierungsgrad, etc.) und/oder der zu erwartende Aufwand lassen erkennen, dass sowohl die Anzahl als auch die Auswahl von Kennzahlen unternehmens- oder zumindest branchenspezifisch differenziert zu betrachten sind. Daraus lässt sich die Forderung nach flexiblen (customizing) MES ableiten, die nicht nur standardisierte Kennzahlen bereitstellen, sondern auch Anforderungen der Anwender, z. B. projektspezifische KPIs, unternehmenseigene Berechnungsvorschriften und bereits existierende Kennzahlen in die Systeme integrieren können und wollen. (vgl. Thiele u. a., 2008, S. 26) Für die vorliegende Thematik können MES insofern einen Beitrag leisten, als dass sie auf Basis detaillierter Kapazitätsbelegungen die Über- und Unterdeckung als Eingangsgröße der Ersatzkapazität ausweisen. Eine Vernetzung der MES verschiedener Unternehmen wird derzeit in Forschung und Entwicklung kaum thematisiert.

#### **3.1.3.3. Advanced Planning System (APS)**

Advanced Planning Systems werden als modular aufgebaute Softwaresysteme zur integrativen Unterstützung unternehmensübergreifender Planung und Steuerung von Leistungsprozessen angeboten (vgl. Corsten und Gössinger, 2008, S. 161 f). Sie ermöglichen eine integrierte Planung der Wertschöpfungskette und setzen auf bestehende ERP-Systeme auf, die Stamm- und Bewegungsdaten verwalten und diese in ihren Funktionalitäten (Optimierungsalgorithmen, etc.) erweitern. Durch die Nutzung von APS können komplexe logistische Prozesse sowie Produktionsnetzwerke abgebildet werden. Zudem begünstigt der Einsatz eine simultane Planung der Bedarfe und Kapazitäten, wodurch eine verbesserte unternehmensübergreifende Zusammenarbeit hinsichtlich einer optimalen Kapazitätsauslastung realisiert werden kann. (vgl. Kuhn und Hellingrath, 2002, S. 128) Im Zusammenhang mit APS wird meist auch von Supply-Chain-Management-Softwaresystemen gesprochen (vgl. Corsten, 2007, S. 539 f). Aufgrund der Ausrichtung der Systeme auf die Standortplanung sind diese für die Planung von Netzwerken nicht geeignet.

Die Abbildung 3.2. zeigt die im operativen bzw. strategischen Bereich eingesetzten System- und Vernetzungsstrukturen in der Logistik auf.

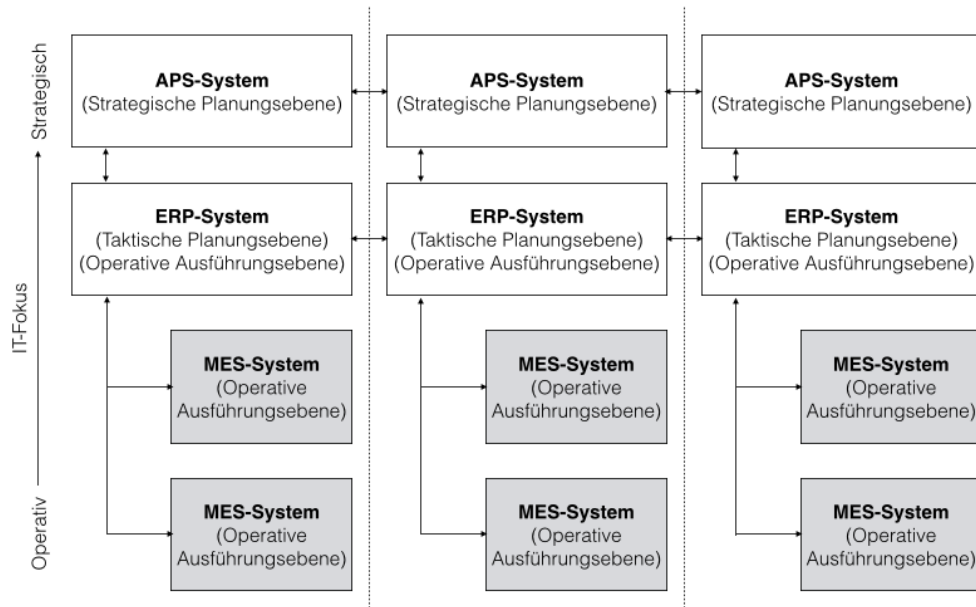


Abbildung 3.2.: System- und Vernetzungsstrukturen in der Logistik IT (vgl. Brakling u. a., 2014, S. 102)

#### 3.1.3.4. Agentensysteme

Neben konservativen Lösungen existieren Methoden und Mechanismen zur Planung und Koordination von Aufträgen auf Basis der sogenannten Agententechnologie. Die Agententechnologie bietet durch autonom agierende Softwarekomponenten bzw. -agenten Anwendungsmöglichkeiten für die dezentrale Planung (vgl. Toth, 2008, S. 46). Bestehende starre IT-Lösungskonzeptionen können durch Zusammenschlüsse von autonomen, intelligenten, flexiblen und kooperativen Agenten in einem Multiagentensystem ersetzt und somit eine unflexible zentrale Datenhaltung durch eine dezentrale Lösung umgangen werden, wobei die Flexibilität der Agententechnologie auf das proaktive und reaktive Verhalten der Agenten zurückzuführen ist (vgl. Fischer, 2004, S. 88 ff und 97 ff). In den agentenbasierten Ansätzen existieren interagierende Softwareagenten

für spezielle Aufgaben bzw. Zielsetzungen, wie z. B. Ressourcenagenten für die optimale Kapazitätsauslastung, Auftragsagenten für die durchlaufzeitminimale Bearbeitung, Lageragenten für die Verwaltung der Lagerteile, etc..

Ein unternehmensübergreifendes Multiagentensystem ist für die vorliegende Thematik sowohl für die interne Planung, als auch für die externe Abstimmung ein vielversprechender Ansatz und wird deshalb auch aufgrund der Beherrschung von Dynamik und Komplexität im Rahmen der Konzeptentwicklung bewertet und weiterverfolgt. Diese primär unternehmensinternen Planungssysteme können zwar keine unternehmensübergreifende Ersatzkapazitätssuche im Sinne der vorliegenden Thematik gewährleisten, dienen jedoch als Datenlieferant für die Abwicklung.

#### 3.1.3.5. E-Commerce

E-Commerce-Systeme unterstützen Geschäftsprozesse, Beziehungen und Transaktionen von Unternehmen durch elektronische Medien wie Internet, Extranet oder Intranet und liefern Konzepte, die primär auf den Handel mit direkten Gütern, Handelswaren und Vorleistungen abzielen und somit implizit Kapazitäten betrachten. Des Weiteren werden Prozesse in der Wertschöpfungskette unterstützt und die vollständige Integration von geschäftsrelevanten Daten innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerkes koordiniert. Das Spektrum des E-Business erstreckt sich von der Unterstützung bis hin zur elektronischen Abwicklung geschäftlicher Handelsaktivitäten und bietet Anknüpfungspunkte zum E-Procurement. (vgl. Heinemann, 2010; Hienert, 2010, S. 3 ff und 13 f) In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass E-Commerce und E-Business die Basis für das Vorgehensmodelle zur Steigerung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit darstellen und deshalb im weiteren Verlauf der Arbeit einen Schwerpunkt bilden.

**E-Procurement** unterstützt die Beschaffungsprozesse von fremdzubeziehenden Produkten oder Leistungen, die in der erforderlichen Menge, zur richtigen Zeit und in der geforderten Qualität zu beschaffen sind (vgl. Meier und Stormer, 2012; Thome und Schinzer, 2000, S. 69 f und 1). Die Aufgaben der

Beschaffung werden in strategische Aufgaben, z. B. Lieferantensuche, Verhandlung, Abschluss von Rahmenverträgen und operative Aufgaben, z. B. die Bestelldurchführung, -prüfung und -genehmigung, unterschieden; Prozessbezogen sind Anbahnung, Vereinbarung und Abwicklung von Liefertransaktionen zwischen Bestellunternehmen und Zulieferern zu nennen. Die Kommunikation beim E-Procurement erfolgt entweder direkt über ERP-Systeme oder über webtechnologiebasierte Desktop Purchasing Systeme, wobei letztere den gesamten Beschaffungsprozess mit Lieferantenprüfung, Feststellung der Verfügbarkeit, Bestellung, Wareneingangskontrolle, Rechnungsprüfung, Bezahlung, Organisation und Kontrolle ermöglichen. Die hierfür erforderlichen Daten müssen in einer zentralen Datenbank, die elektronische Kataloge mit Produkt-, Qualitäts- und Preisangaben umfasst, gesammelt und bereitgestellt werden. Aus dem Vorgenannten wird deutlich, dass die Standardisierung und Automatisierung auf Basis von E-Procurement, im Gegensatz zu operativen Beschaffungsaufgaben, nur bedingt strategische Aufgaben unterstützt. Für operative Beschaffungsprozesse kann auf eine Auswahl geeigneter E-Procurement-Instrumente wie Desktop Purchasing Systeme, elektronische Kataloge, Einkäufer-Websites, Einkaufsplattformen, Commerce Plattformen (vertikale elektronische Marktplätze) und elektronische Marktplätze zurückgegriffen werden. (vgl. Neuburger und Clemens-Ziegler, 2003, S. 63 ff)

Das **E-Commerce**, als ein weiterer Teilbereich des E-Business, umfasst das Handeln und den Abschluss rechtsverbindlicher Geschäftstransaktionen in elektronischen Netzen (vgl. Schubert und Wölflé, 2000, S. 4). E-Commerce ist in verschiedenen Unternehmensbereichen, wie z. B. in der Beschaffung oder im Vertrieb, aber auch zwischen Unternehmen (Business-to-Business) oder zwischen Unternehmen und Konsumenten (Business-to-Consumer) einsetzbar (vgl. Hermanns und Sauter, 2001, S. 34). Weiterhin können hiermit neue Vertriebswege bzw. Einsatzbereiche zur geschäftlichen Interaktion mit Kunden, Zulieferern und weiteren Unternehmen etabliert und virtuelle Marktplätze eingerichtet werden. Zusammengefasst stellt die Entwicklung von E-Commerce-Systemen den gesamten Kaufprozess, inkl. Produktauswahl, Aushandlung der Konditionen und der Geschäftsabwicklung dar. (vgl. Schubert und Wölflé,

2000, S. 5) Obwohl beim E-Procurement und E-Commerce direkte Güter, Handelswaren und Vorleistungen den Schwerpunkt bilden, liefert die datentechnische Integration dieser Systeme wichtige Ansatzpunkte für die der Entwicklung dieser Arbeit zugrundeliegenden Idee.

#### 3.1.4. Kapazitätsbörse

Vergleichbar mit Frachtbörsen sind auch **Auftrags- und Kapazitätsbörsen** internetbasierte online-Märkte, auf denen freie Kapazitäten und Produktionsaufträge gehandelt werden. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf dem Austausch von Produktions- bzw. Prozessleistungen, unter der Prämisse eines unternehmensübergreifenden Abgleichs von Produktionskapazitäten. Kapazitätsbörsen unterstützen das Prinzip der “atmenden” Fabrik, durch die sich Unternehmen flexibel den Absatzschwankungen anpassen können. (vgl. Syska, 2007, S. 25) Mit der Bereitstellung einer internetbasierten Börsenplattform zum gezielten Austausch von freien Maschinenkapazitäten, sowohl angebots- als auch nachfrageseitig, können Unternehmen Systemlastschwankungen entgegenwirken und ihre Wettbewerbsfähigkeit durch:

- Senkung der Produktionskosten infolge reduzierter Stillstandszeiten und effektiverer Kapazitätsauslastung,
- schnellere Reaktion auf Trends und wechselnden Marktanforderungen und
- Risikoteilung bei Open Innovation Prozess entwickelter bzw. hergestellter Produkte

steigern. (vgl. Syska, 2007, S. 25)

Nutzer und auch Zielgruppe von Kapazitätsbörsen sind derzeit noch überwiegend KMU aus den Branchen Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau und der verarbeitenden Industrie.

Die mittlerweile sehr komplexen Kapazitätsbörsen unterliegen keinem starren Geschäftsmodell und sind insbesondere bei der Bildung von Kooperationen



nicht auf technische Belange beschränkt. Zur Unterstützung bei der Nutzung von Kapazitätsbörsen können die Unternehmen mittlerweile auf die Angebote externer Spezialisten mit unterschiedlichen Ausrichtungen und Schwerpunkten zurückgreifen. So stellen z. B. **Kontaktvermittler** Online-Formulare zur Ausschreibung von Kapazitätsangeboten und -gesuchen bereit, liefern dem Kunden unter Vorgabe ausgewählter Suchkriterien datenbankbasierte Informationen über die in Frage kommenden Unternehmen, deren Maschinenpark und Kapazitäten/Ressourcen, während für technische und geschäftliche Verhandlungen weiterhin konventionelle Wege beschritten werden. (vgl. Syska, 2007, S. 25) Ein anderes Geschäftsmodell verfolgen **Online-Auftragsmakler**, die über die Funktionalitäten des Kontaktvermittlers hinaus noch die Möglichkeit bieten, Geschäfte über den Marktplatz online zu verhandeln und abzuschließen. (vgl. Syska, 2007, S. 26) **Offline-Auftragsmaklern** entsprechen Produktions-Consultants, welche zwischen Produktionsbetrieben und Auftragsproduzenten kommunizieren. Eine mit einer Suchfunktion ausgestattete Firmendatenbank existiert auf diesen "Marktplätzen" nicht. Vielmehr werden die Angebote durch den Nachfrager per E-Mail an den Makler, der diese dann persönlich an den potenziellen Produktionspartner weiterleitet. (vgl. Syska, 2007, S. 26) Die Industrie- und Handelskammer<sup>1</sup> bietet des Weiteren den Unternehmen eine Plattform, die lediglich darauf ausgerichtet ist, Kontakte zwischen Unternehmen mit Restkapazitäten (Maschinen, Humanressourcen oder Dienstleistungen) und Unternehmen mit Kapazitätsengpässen zu vermitteln.

Obwohl das Interesse der Unternehmen an Fracht- und Kapazitätsbörsen, als Vermittlungs- und Informationsmedium, wächst und die Vorteile und Potenziale, insbesondere für KMU, auf der Hand liegen, ist eine vollständige Integration dieser Börsen in die Produktionsplanung und -steuerung noch visionär.

#### 3.1.5. Frachtbörse

Frachtbörsen sind online-Marktplätze, die Logistikdienstleister als quasi schwarzes Brett zum Handel mit Fracht- und Laderaum nutzen mit dem Ziel, durch

---

<sup>1</sup>[www.kooperationsboerse.ihk.de](http://www.kooperationsboerse.ihk.de)

Vermeidung von Leerfahrten die Kosten und das Verkehrsaufkommen zu reduzieren bzw. die Kapazitätsauslastung zu optimieren. Die bereits existierenden Frachtbörsen werden bislang in erster Linie von KMU bzw. kleinen selbständigen Unternehmern/Speditionen mit schwankendem Frachtaufkommen bedient. Abgewickelt werden diese internetbasierten Geschäfte direkt zwischen “Kunde” und “Eigner”, wobei die Anbahnung sowohl langfristiger Transportverträge als auch kurzfristiger Kooperationen möglich sind. Die markteingeführten Multiagenten-IT-Systeme sind jedoch nicht ausschließlich auf den Handel mit Fracht- und Laderäumen ausgerichtet, sondern sind so konzipiert, dass auch Flächen und Lager „gehandelt“ werden können. (vgl. Werner, 2013; Bretzke und Barkawi, 2012, S. 197 f und 325 ff) Zur Integration der Logistikprozesse in unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten muss auf IT-Systeme zurückgegriffen werden, die u. a. automatisierte Kosten- und Zeitkalkulationen, die Ermittlung freier Ressourcen und evtl. die selbständige Auswahl von Prozesseignern implementieren bzw. bereits implementiert haben.

## 4. Vorgehensmodelle und Methoden

### Inhaltsangabe

---

<b>4.1. Vorgehensmodelle</b> . . . . .	<b>44</b>
4.1.1. Inkrementelles Vorgehensmodell . . . . .	45
4.1.2. Sequentielles Vorgehensmodell . . . . .	45
4.1.3. Evolutionäres Vorgehensmodell . . . . .	45
4.1.4. Prozessmodell . . . . .	45
<b>4.2. Prozessorientiertes Vorgehensmodell nach <i>BELLER</i></b> 46	
4.2.1. Systemlastbestimmung . . . . .	47
4.2.2. Prozessplanung . . . . .	49
4.2.3. Aufbaustrukturplanung . . . . .	51
4.2.4. Ressourcenplanung . . . . .	52
4.2.5. Anordnungsstrukturplanung . . . . .	54
4.2.6. Lenkungsplanung . . . . .	55

---

Um den stets schneller werdenden Veränderungen unserer Zeit (Evolution) und den daraus resultierenden, wechselnden Projekt- und Produktanforderungen Rechnung tragen zu können, sind “neue” evolutionäre/innovative Denk- und Lösungsansätze in Unternehmenskulturen zu implementieren und zu verfestigen. Das Thema dieser Masterarbeit “Vorgehensmodell zur proaktiven Integration unternehmensexterner Produktionsprozesse in Wertschöpfungsketten” ist auf diese Veränderungen, insbesondere im Zusammenspiel von KMU, ausgerichtet.

## 4.1. Vorgehensmodelle

Vorgehensmodelle erlauben eine sachlogische, systematische, in vordefinierten Phasen durchzuführende Verknüpfung von Planungsprozessen. Aufbauend auf Feasibilitystudie, Wirtschaftlichkeits- und Risikoanalyse gilt es vor der Anwendung eines Vorgehensmodells die Projektcharakteristika, u. a. Aufwand, Komplexität, Nutzungspotenzial und Zeitrahmen, zu definieren. Abhängig von der Branche, z. B. IT, Maschinenbau, Automobilindustrie, etc., der Aufgabenstellung, den Rahmenbedingungen sowie den Zielsetzungen können unterschiedliche Vorgehensmodelle zum Einsatz kommen. Alle Vorgehensmodelle haben gemein, dass ein Projekt alle vorgegebenen Projektphasen des Modells, evtl. auch iterativ, durchlaufen muss. (vgl. Wieczorrek und Mertens, 2011; Ruf und Fittkau, 2008, S. 64 u. 26)

**Definition:** Ein **Vorgehensmodell** (Prozessmodell) "... ist eine Beschreibung einer koordinierten Vorgehensweise bei der Abwicklung eines Vorhabens. Es definiert sowohl den Input, der zur Abwicklung der Aktivität notwendig ist, als auch den Output, der als Ergebnis der Aktivität produziert wird. Dabei wird eine feste Zuordnung von Rollen vorgenommen, die die jeweilige Aktivität ausüben." (vgl. Versteegen, 2002, S. 29)

Vorgehensmodelle müssen generell von „Methoden“, die ebenfalls in Planungsprozessen Anwendung finden, unterschieden werden. Im Rahmen dieser Arbeit soll lediglich dahingehend eine Unterscheidung getroffen werden, dass Methoden in erster Linie zur Analyse und Synthese von Informationen und Ergebnissen Anwendung finden, während Vorgehensmodelle die Abfolge von Planungsschritten darstellen. (vgl. Wieczorrek und Mertens, 2011; Ruf und Fittkau, 2008, S. 64 u. 26)

Unterschieden wird in der Literatur zwischen inkrementellen, konzeptionellen (sequentiellen), empirischen und evolutionären Vorgehensmodellen, die des Weiteren nach unterschiedlichen Ausprägungen bzw. Differenzierungen untergliedert werden. Vorgehensmodelle weichen überwiegend in der Anzahl der Phasen und den darin durchzuführenden Einzeltätigkeiten voneinander ab. (vgl. Wieczorrek und Mertens, 2011, S. 64)

### 4.1.1. Inkrementelles Vorgehensmodell

Inkrementelle Vorgehensmodelle sind durch sequentiell isolierte Teilsysteme, die erst zum Schluss zu einem Gesamtsystem zusammengefügt werden, gekennzeichnet. Beispielhaft ist hierfür der Bau eines Satelliten, bestehend u. a. aus den stand-alone-Teilsystemen Antrieb, Navigation und Kommunikation. Konzeptionelle Vorgehensmodelle zählen zur Gruppe der inkrementellen Modelle; sie stellen lediglich eine Vereinfachung dar. (vgl. Ruf und Fittkau, 2008, S. 29)

### 4.1.2. Sequentielles Vorgehensmodell

Das Hauptkriterium sequentieller Vorgehensmodelle ist die Einmaligkeit von Projekten oder „Großereignissen“, z. B. der Bau des Panamakanals oder die Austragung einer Weltmeisterschaft; es wird ein Weg beschrieben bzw. vorgegeben, der einmalig zu durchschreiten ist. (vgl. Ruf und Fittkau, 2008, S. 29)

### 4.1.3. Evolutionäres Vorgehensmodell

Das Überarbeiten und Verbessern bereits marktgängiger Produkte unter Beibehaltung des Grundkonzeptes bzw. der Grundfunktionen, z. B. Facelifting von Fahrzeugmodellen oder Software-updates/upgrades, kennzeichnen evolutionäre Vorgehensmodelle (vgl. Ruf und Fittkau, 2008, S. 29).

### 4.1.4. Prozessmodell

Obwohl die Begriffe Vorgehensmodell und Prozessmodell in der Fachliteratur häufig synonym verwandt werden, ist dennoch eine Differenzierung erforderlich. Vorgehensmodelle sind typischerweise Handlungsabläufe, die u.a. aufgaben-, unternehmens- oder prozessorientiert sein können, während Prozessmodelle die Ablauflogik und Aufbaustrukturen aller zur Bewältigung der

Gesamtaufgabe und zur Erreichung vordefinierter Ziele, beispielsweise Kosten, Zeit und Qualität, notwendigen Prozesse visualisiert. Durch diese Visualisierung werden komplexe Sachverhalte, wie unternehmensinterne und -externe Wertschöpfungsketten grafisch transparent dargestellt und können durch den Anwender einfacher analysiert und optimiert werden. (vgl. Klingebiel, 2008, S. 85 ff)

## 4.2. Prozessorientiertes Vorgehensmodell nach BELLER

Das Prozessorientierte Vorgehensmodell (siehe Abbildung 4.1.) kann laut BELLER zur Planung von Systemen, Standorten sowie Netzwerken eingesetzt werden. Es schließt sowohl die Neuplanung als auch die Anpassungsplanung auf den jeweiligen Ebenen ein.

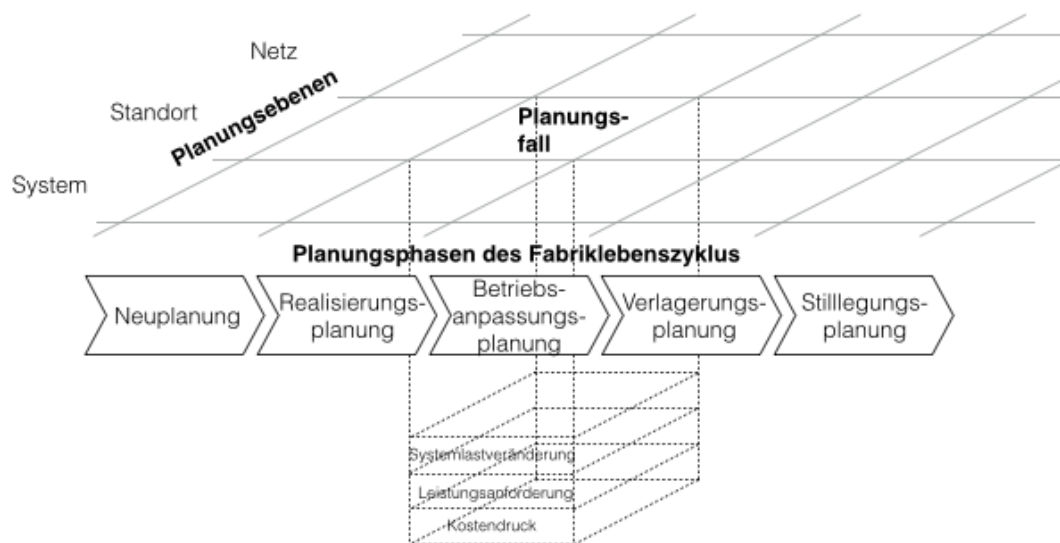


Abbildung 4.1.: Definition der Planungsfälle im prozessorientierten Vorgehensmodell (vgl. Beller, 2010, S. 84)

Das Prozessorientierte Vorgehensmodell nach BELLER ist gekennzeichnet durch sechs Projektphasen (siehe Abbildung 4.2.), die sequentiell und iterativ durchlaufen werden.

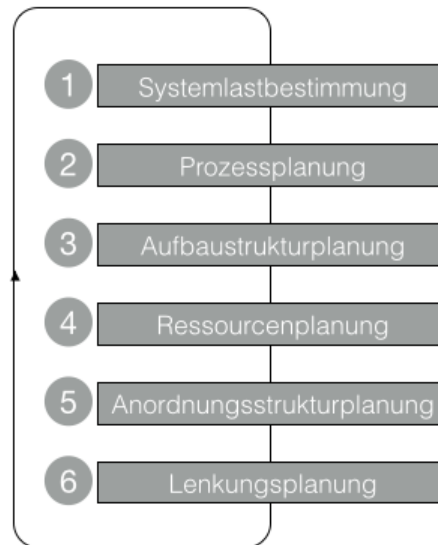


Abbildung 4.2.: Das Prozessorientierte Vorgehensmodell nach BELLER (vgl. Beller, 2010, S. 86)

### 4.2.1. Systemlastbestimmung

Gründe für die Aufnahme von Planungsprojekten sind in erster Linie Systemlast- bzw. Leistungsänderungen und/oder Kostendruck. Mit der Bestimmung der Systemlast werden Produktmengen, -varianten und -qualitäten festgeschrieben, die innerhalb vorgegebener Zeiträume gefertigt werden müssen. Die Systemlastbestimmung umfasst darüber hinaus eine detaillierte Beschreibung der Planungsaufgabe, die Festlegung relevanter Prozessketten und die Abgrenzung des Planungsumfangs mit den einzubeziehenden Organisationseinheiten, Funktionsbereichen oder Segmenten eines Systems. Sie ist somit von grundlegender Bedeutung für die nachfolgenden Prozessphasen bzw. für den gesamten Fabrikplanungsprozess und wesentlicher Bestandteil des Lastenheftes für die nachfolgenden Projektphasen. (vgl. Beller, 2010, S. 88 f)

Mit der Systemlastbestimmung werden Leistungsobjekte, die in einem vorgegebenen Zeitraum in ein sozio-technisches System eintreten, Teilprozesse durchlaufen, diese beeinflussen und Ressourcen in Anspruch nehmen, identifiziert. Sowohl die Anzahl der Leistungsobjekte als auch die Eintrittszeitpunkte

(Pulklänge) und Zeitabstände (Zwischenankunftszeit) sind Einflussfaktoren, die eindeutig zu definieren sind. Des Weiteren sind die den Leistungsobjekten zugewiesenen veränderbaren Attribute, die im sozio-technischen System zum Zweck der Information und Transformation verwendet werden, Gegenstand der Systemlastbestimmung. (vgl. Bernhard u. a., 2006, S. 6)

Leistungsobjekte werden durch die Attribute temporär und permanent unterschieden. *Temporärobjekte* durchlaufen die einzelnen Teilprozesse, verweilen zeitlich begrenzt im jeweiligen Prozess und verlassen diesen letztendlich in einem transformierten Zustand über eine Senke. Beim Durchlaufen der Teilprozesse werden dabei an den Temporärobjekten, unter Inanspruchnahme von Ressourcen, Transferleistungen durchgeführt. Für diese Transferleistungen wird auf die sogenannten *Permanentobjekte*, z. B. Personal, Arbeits- oder Arbeitshilfsmittel, die für eine längere Zeit bzw. permanent im Prozess verbleiben, zurückgegriffen. (vgl. Kuhn u. a., 2010, S. 217 f)

Mit den Daten zur Systemlastbestimmung sind auch die Quellen und Senken erfasst (siehe Abbildung 4.3.), die u. a. zu einer weiteren Abgrenzung der Planungsaufgabe herangezogen werden (vgl. Beller, 2010, S. 89 f.). Quellen und Senken können sowohl aktiver als auch passiver Natur sein. Aktive Quellen erzeugen Leistungsobjekte und drücken nach dem Push-Prinzip Systemlasten in die Prozesse, während passive Quellen Leistungsobjekte nur dann in die Prozesse einbringen, wenn ein entsprechender Bedarf besteht. Nach dem Push-Prinzip gehört zu der aktiven Quelle entweder eine passive Senke, die alle eintreffenden Leistungsobjekte unbeeinflusst aus dem Betrachtungsraum ausschleust (Fortsetzung des Push-Prinzips) oder aber eine aktive Senke, die nur solche Leistungsobjekte durchlässt, die in den nachfolgenden Prozessen benötigt werden (Pull-Prinzip). (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 89 f und 218 f)

Abbildung 4.4. verdeutlicht diesen Zusammenhang der verschiedenen Aggregationsebenen der Systemlasten. Die Summe der Teilsystemlasten ergibt die Standortlast, deren Gesamtheit wiederum in der Netzlast abgebildet wird.



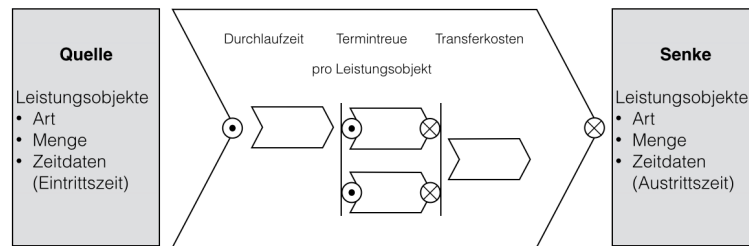


Abbildung 4.3.: Systemlast eines Prozesses (vgl. Beller, 2010, S. 90)

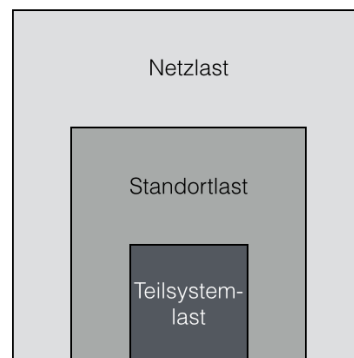


Abbildung 4.4.: Aggregationsebenen der Systemlast

Es kann final festgehalten werden, dass die Systemlastbestimmung eine detaillierte Analyse von Leistungsobjekten liefert und die Ganzheitlichkeit sowie Durchgängigkeit einer Planung dokumentiert.

### 4.2.2. Prozessplanung

Die in der Systemlastbestimmung identifizierten Leistungsobjekte werden in der zweiten Phase des „Prozessorientierten Vorgehensmodell“, der Prozessplanung, in die für den Transfer relevanten und bei geänderten Systemlasten zu überprüfenden Teilprozesse (siehe Abbildung 4.5.) gegliedert (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 91 und 219).

Der Teilprozess **Auftragsdurchlauf** liefert eine umfassende Beschreibung der Unternehmenslogistik. Er ist vorrangig, beschreibt die notwendigen Aktivitäten und ist Auslöser aller nachfolgenden Teilprozesse.

Teilprozess	Leistungsobjekt
Auftragsdurchlauf	Anfrage, Auftrag, Bestellung
Lenkung	Daten, Kennzahlen, Information
Information	Datensätze, Formulare, Begleitbelege
Materialflusssystem	Physische Objekte, Teile, Komponenten, Erzeugnisse, Ladeeinheiten, Transporteinheiten, Lagereinheiten, Liefereinheiten

Abbildung 4.5.: Teilprozesse und deren Leistungsobjekte (vgl. Arnold u. a., 2008, S. 218)

Den **Lenkungsprozessen** liegen Optimierungsalgorithmen zugrunde, die für die Realisierung eines bestmöglichen Durchlaufs der Leistungsobjekte sorgen und sich in den meisten Fällen auf alle Leistungstypen auswirken.

**Informationsprozesse** erfassen, strukturieren und verarbeiten Zustands- oder Entscheidungsinformationen der Leistungsobjekte beim Durchlaufen der Prozessketten. Sie sind Bestandteil jeder Prozesskette.

Mit dem “Anstoßen” der **Materialflussprozesse**, z. B. durch Fertigungsaufträge, findet eine Verbindung der physischen Leistungsobjekte mit denen des Informationsflusses statt. Physische Leistungsobjekte wechseln während eines Prozessdurchlaufs ihre Eigenschaften bzw. Attribute/Inhalte und ermöglichen es so, die Quellen und Senken der Teilprozesse zu bestimmen. Jeder Wechsel ist dabei Startpunkt eines neuen Teilprozesses und zugleich Ende des vorhergehenden. (vgl. Arnold u. a., 2008, S. 217 f). Die Abbildung 4.6. verdeutlicht die beschriebene Anforderung an die Prozessplanung sowie den Zusammenhang der einzelnen Prozessstypen citep[vgl.][S. 91 und 219]Beller:2010, Kuhn:2010.

Das Ziel der Prozessplanung ist durch die Erfassung aller Nutz- und Stützprozesse, die an einer Transferleistung für eine vorbestimmte Systemlast beteiligt sein müssen, definiert. Die Prozesse sind dabei transparent, durchgängig

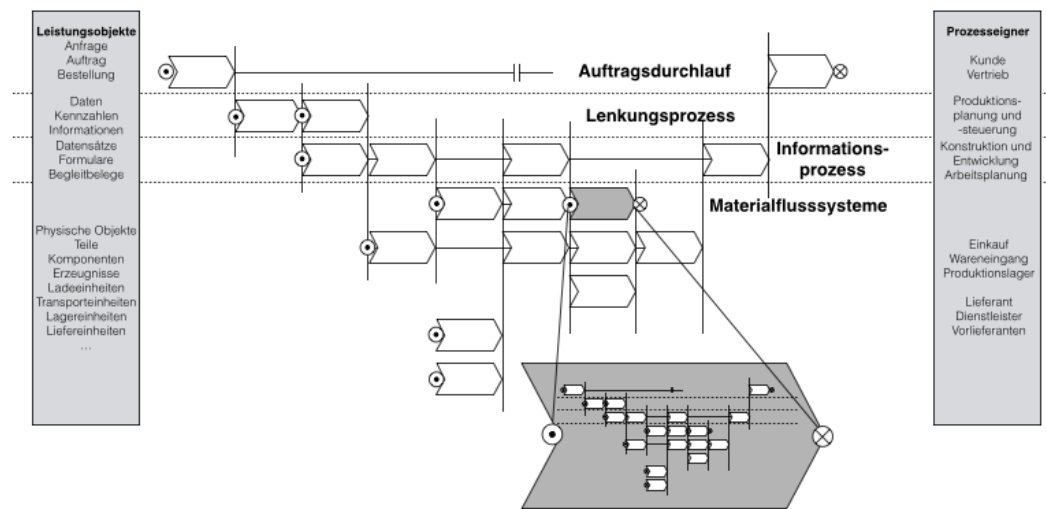


Abbildung 4.6.: Prozessketten der Unternehmenslogistik (vgl. Arnold u. a., 2008, S. 218)

und vollständig zu beschreiben. Des Weiteren sind Prozesse, die keinen Nutzen bringen, die sogenannten Blind- oder Fehlprozesse, zu identifizieren. Nutzprozesse verbrauchen Ressourcen, generieren mit „Unterstützung“ von Stützprozessen einen Output, sind wertschöpfend und erhöhen den Kundennutzen, während Blind- und Fehlprozesse ebenfalls Ressourcen beanspruchen jedoch ohne Kunden- bzw. Eigennutzen. (vgl. Winz und Quint, 1997; Wiendahl u. a., 2005, S. 94 ff und 455) Beginnend mit der Erstellung eines idealen Prozessplans, der eine ablauflogische Verknüpfung der Teilprozesse wiedergibt, können durch einen Soll-Ist-Vergleich, unter Anwendung erprobter Modulationstechniken - Zusammenfassung, Parallelisieren, Erweitern, Verkürzen, Eliminieren, Vertauschen - bestehende Strukturfehler erkannt, Schwachstellen aufgedeckt und Schnittstellen dezimiert werden. (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 91f und 219 ff)

### 4.2.3. Aufbaustrukturplanung

Ergebnis der vorhergehenden Prozessplanung ist die Ablaufstruktur, die immer eine Überprüfung der Aufbauorganisation impliziert. Das kann dazu führen,

dass die Abläufe auch dann neuen Zuständigkeiten bzw. Verantwortungsbereichen zugewiesen werden müssen, wenn die hierarchische Aufbauorganisation insgesamt fortbestehen soll. Final gilt es unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten zu prüfen und zu entscheiden, ob die Ablaufstruktur mit der vorhandenen Aufbauorganisation zusammengeführt werden kann oder eine Neuordnung der Aufbauorganisation eine Prozessoptimierung erwarten lässt. (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 94 und 222)

Werden bei der Realisierung dieses Projektschrittes mögliche Strukturschwächen erkannt, sind diese lediglich zu dokumentieren und setzen keinen unmittelbaren iterativen Prozess in Gang, mit der Intention, Korrekturen an den Prozessketten vorzunehmen. Unabdingbar bei der Planung der Aufbaustruktur ist somit, dass am Ergebnis der Prozessplanung keine Veränderungen vorgenommen werden und die Organisationsstrukturen auf Basis der Ablaufstruktur festgelegt bzw. Teilprozesse den bestehenden Organisationsstrukturen zugeordnet werden. (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 95 und 221)

#### **4.2.4. Ressourcenplanung**

Zur Durchführung von Transferleistungen an Leistungsobjekten müssen, unabhängig von Art und Typus der Leistungsobjekte, Ressourcen für die Teilprozesse zur Verfügung stehen. Leistungsobjekte und Ressourcen können dabei in speziellen Prozessen miteinander verbunden oder sogar identisch sein, z. B. LKWs in Transportketten (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 96 und 223).

Schwerpunkt des vierten Planungsschrittes ist die Zuordnung von Ressourcen zu den zuvor bei der Prozess- und Aufbaustrukturplanung ermittelten Teilprozessketten in einem Maße, dass der Transferauftrag bei definierter Systemlast möglichst autonom erfüllt werden kann. Diese Ressourcenzuordnung muss unter den Prämissen einer hohen mittleren Auslastung, der Möglichkeit von Kapazitätsanpassungen bei Systemlastschwankungen und der Einhaltung vorgegebener, von Investitions- und Betriebskosten abhängiger Transferkostensätze erfolgen. (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 96 und 223)

Insgesamt sind sechs Klassen von Ressourcen, die Transferprozessen zugeordnet sein können, zu unterscheiden:

**Personal:**

spezifiziert durch Anzahl und Qualifikation von Mitarbeitern

**Fläche:**

für Maschinenplätze, Transportwege, Personalbewegungen, Puffer

**Bestand:**

Materialvorräte, Kunden- und Fertigungsaufträge

**Arbeitsmittel:**

Produktionsmaschinen und Transportmittel, die direkt an einer Transformation von Objekten beteiligt sind

**Arbeitshilfsmittel:**

zur Unterstützung von Transformationsprozessen, z. B. Ladehilfsmittel

**Organisationsmittel:**

z. B. Barcodes als Informationsträger sowie Informationsspeicher und technische Systeme zur Verwaltung von Informationen

Diese „Ressourcenklassen“ lassen sich durch Anwendung etablierter Algorithmen und Verfahren dimensionieren. Zwei weitere Ressourcen, Finanzmittel und Wissen, sollen nicht unerwähnt bleiben, können aber der Ressourcenklasse „Organisationsmittel“ zugeordnet werden.

Die Abbildung 4.7. zeigt den Ablauf der Ressourcenplanung. Daraus ist ersichtlich, dass der Planungsschritt Flächendimensionierung unter Umständen zweimal durchlaufen werden muss für den Fall, dass die Bestandsdimensionierung eine Korrektur erfordert (vgl. Beller, 2010, S. 89).

Die Ressourcenplanung beginnt mit der Auswahl und Mengenerfassung von Arbeits- und Arbeitshilfsmitteln, die folglich Grundlage für die Dimensionierung aller weiteren Ressourcen ist. (vgl. Kuhn u. a., 2010, S. 224) Die Prozessplanung ist ein in erster Linie erfahrungsgestützter Planungsschritt und

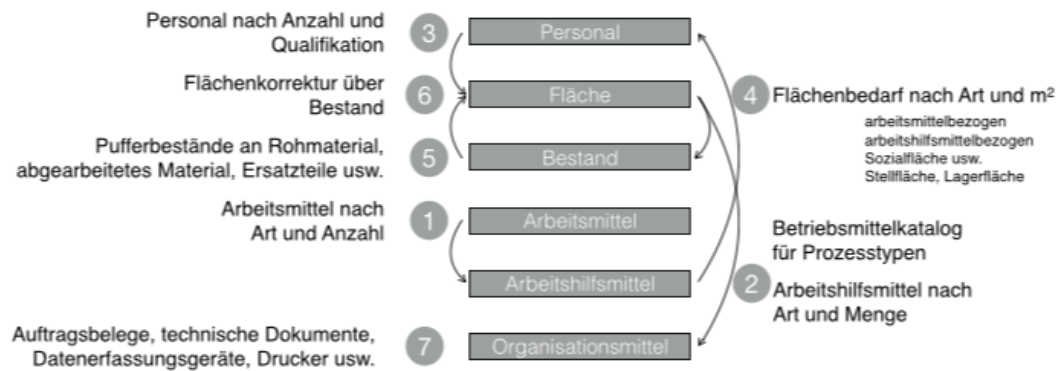


Abbildung 4.7.: Ablauf der Ressourcenplanung (vgl. Beller, 2010, S. 98)

kann evtl. auf fehlerhaften Annahmen basieren. Durch das wiederholte, sukzessive Durchlaufen der Planungsphasen sollten jedoch fehlerhafte Annahmen identifizier- und korrigierbar sein.

Die Daten der sogenannten Permanentressourcen werden in Form von Inventarlisten, beim Personal in Personaldateien, dokumentiert. Zu den temporären Ressourcen gehört die nicht zu inventarisierende Ressource Bestand, die dispositive und gestalterische Aufgaben umfasst und dadurch entweder Bestandteil der dynamischen oder statischen Fabrikplanung sein kann (vgl. Kuhn u. a., 2010, S. 224 f).

#### 4.2.5. Anordnungsstrukturplanung

In die Anordnungsstruktur fließen alle Ergebnisse der vorangegangenen Planungsphasen ein. Während aus der Ressourcenplanung lediglich der Flächenbedarf, nicht jedoch Form und Verortung, hervorgeht, liefert die Aufbaustruktur Hinweise auf Gruppierung der Flächen, Prozessstruktur und Materialflüsse. Den Fabrikplanern wird bei der Anordnungsstrukturplanung nicht der Planungsablauf an sich vorgeschrieben, sondern lediglich der Zeitpunkt, an dem die Planung im Rahmen des Prozessorientierten Vorgehensmodells für Fabrikplanung einsetzen sollte. Hintergrund ist, dass sich iterative Planungsschritte innerhalb der Prozessbausteine des Prozessorientierten Vorgehensmodells ausbilden und ein zu früher ebenso wie ein zu später Start der Anordnungsstruk-

turplanung den Planungsablauf erheblich stören könnte. (vgl. Beller, 2010; Kuhn u. a., 2010, S. 101 und 225)

In der Fabrikplanung wird synonym, zum Anordnungsstrukturplan, der Begriff Layoutplan verwandt; Layoutplanung ist in der Literatur als “graphische Darstellung der räumlichen Anordnung von betrieblichen Funktions- und Struktureinheiten (Fertigungs- und Montageplätze, Lager, Produktionsbereiche u. a.)” (vgl. Schenk u. a., 2014, S. 273) beschrieben.

Die räumliche Darstellung wird in einem Layout konzentriert dargestellt, jedoch sollten daraus die Anordnungen von Maschinen und Transportwege als auch Funktionen hervorgehen. Die Layouterstellung durchläuft, in Abhängigkeit vom Detaillierungsgrad, unterschiedliche Abstraktionsebenen, vom Groblayout zum Feinlayout. Das Ziel der Layoutplanung ist für alle Abstraktionsebenen gleich und besteht in der optimalen Anordnung von Struktureinheiten und Verbindungskomponenten, um einen wirtschaftlichen resilienten Fertigungsablauf zu erhalten. Der Fokus liegt bei dieser Optimierungsaufgabe auf den Materialflüssen zwischen den einzeln anzuordnenden Funktionseinheiten. Nach WIENDAHL et al. werden bei der Layoutplanung zunehmend auch der Personal-, Informations- und Kommunikationsfluss einbezogen. (vgl. Wiendahl u. a., 2014; VDI, 1989; Grundig, 2008, S. 475, 7 und 162) Der erste Schritt besteht generell in der Erstellung eines Ideallayouts (siehe Abbildung 4.8.), in dem Flächen, räumliche Ausrichtungen, Materialflüsse, technische Anordnungen und die Infrastruktur der Produktionsmittel (Ressourcen) dargestellt werden (vgl. Wiendahl u. a., 2014; Grundig, 2008, S. 159 ff und 160 ff). Basierend auf dem Ideallayout wird das Reallayout, das u. a. flussseitigen, flächenbezogenen, behördlichen, unternehmensbezogenen oder funktionellen Restriktionen unterliegt, zur Planung freigegeben. (vgl. Schenk u. a., 2014; Wiendahl u. a., 2014; Grundig, 2008, S. 268 ff, 475 f und 169)

#### **4.2.6. Lenkungsplanung**

Die Lenkungsplanung bildet den letzten Schritt des Prozessorientierten Vorgehensmodells. Während die zuvor durchgeführten Planungsschritte einer stati-

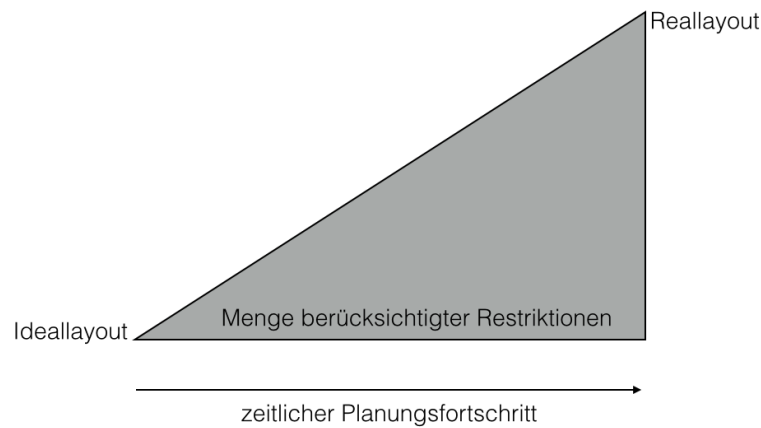


Abbildung 4.8.: Ideal- und Realplanung (eigene Darstellung)

schen Planung zugeschrieben werden können, folgt mit der Lenkungsplanung der Übergang hin zur dynamischen Planung mit dem Ziel, einem Unternehmen Grundlagen zur Steuerung und Kontrolle aller Teilsysteme an die Hand zu geben, um äußere Einflüsse unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimal auszugleichen citep[vgl.][S. 226 f]Kuhn:2010.

Basierend auf Regeln, erfasst die dynamische Planung die zwischen den Systemlasten, Leistungen, Kosten, Strukturen und Ressourcenbedarfen eines Systems bestehenden Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge für alle drei Planungsebenen Netzwerk, Standort und System. Die Regeln sind den fünf Lenkungebenen (siehe Abbildung 4.9.) zugeordnet, zwischen denen ein Informationsaustausch stattfindet. Diese fünf Ebenen bilden ein Modell, welches für die vorab genannten Planungsebenen Gültigkeit besitzt.

Inhalte der normativen Ebene sind Regeln zur Einhaltung von Zielen und zum Erhalt von Werten. Regeln der administrativen Ebene betreffen die Auftragsverwaltung und damit die Auftragsannahme, -bestätigung, -verfolgung, -abweisung und -veränderung. Auf dieser Ebene findet auch die Kommunikation mit dem Kunden statt. In der Dispositionsebene wird die Bearbeitungsreihenfolge aller Aufträge erstellt. Für die Einzelaufträge werden in der Netzwerkebene Ablaufpläne berechnet und die Auftragsdurchführung von der Leistungs-



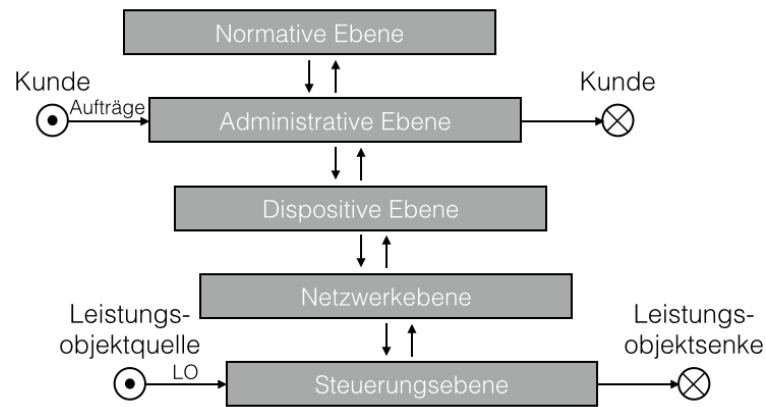


Abbildung 4.9.: Lenkungsebenen (vgl. Beller, 2010, S. 103)

objektquelle der Steuerungsebene bis zur -senke geleitet. (vgl. Beller, 2010, S. 101 f.)

Ziel der Lenkungsplanung ist es, die Transformation von Leistungsobjekten in vereinbarten Durchlaufzeiten, bei gleichzeitiger Minimierung von Transferkosten durch eine Optimierung der Ressourcennutzung, zu sichern. (vgl. Beller, 2010, S. 87)

## 5. Datenmarktplatz für das erweiterte Vorgehensmodell

### Inhaltsangabe

---

<b>5.1. Netzwerkakteur</b> . . . . .	<b>60</b>
<b>5.2. Prozessdatenbank</b> . . . . .	<b>63</b>
<b>5.3. Netzwerkagent</b> . . . . .	<b>64</b>

---

Der Wandel hin zu einer immer stärker digitalisierten, auf den Einsatz von IT-Systemen ausgerichteten Produktion, wird zu einem wettbewerbsentscheidenden Faktor. Die bislang zur Sammlung und Verknüpfung des digitalen Datenmaterials zum Einsatz kommenden Instrumentarien bzw. IT-Systeme dienen in erster Linie der Steuerung und Kontrolle von Produktionsabläufen, sind jedoch nicht geeignet die zukünftig geforderte Flexibilität und Wandlungsfähigkeit zu unterstützen. Hierfür bedarf es der Entwicklung intelligenter, innovativer Anwendungen, die nicht nur betriebsinterne Kennzahlen, sondern auch Kennzahlen von Kunden, Partnern und Markttrends aggregieren, analysieren und proaktiv, auf Prognosen aufsetzende Planungen, auslösen können. Die Entwicklung der Cloud-Technologie ermöglicht des Weiteren die Schaffung eines Online-Marktplatzes ohne Datenmengenrestriktionen, auf dem kooperierende Netzwerkakteure, über Agentensysteme, zur Stützung ihrer Wandlungsfähigkeit und Flexibilität, auf unternehmensexterne Kapazitäten und komplementäre Kompetenzen zugreifen können. Die zentrale Bündelung von Produktions-, Logistik- und Dientsleitungsprozessbörsen im Datenmarktplatz befähigt Unternehmen zu einer netzwerkbasierten, ganzheitlichen, dezentralen Planung und Steuerung von Wertschöpfungsketten. Der Datenmarktplatz bildet zudem die Grundlage für die im Rahmen von Industrie 4.0 zu entwickelnden Smart Services, mit der Vision, die reaktive Planungsphase zu verlassen, um proaktiv

und präemptiv Maßnahmen im Hinblick auf die Optimierung von Wertschöpfungsketten zum Nutzen von Kunden und Produzenten einzuleiten.

Zentrales Element des onlinebasierten Datenmarktplatzes (siehe Abbildung 5.1.) sind die Kapazitäts-, Dienstleistungs- und Frachtbörsen, die in der Prozessdatenbank gebündelt werden und eine Struktur zur geordneten Ablage der jeweiligen prozess- und unternehmensspezifischen Kennzahlen der Netzwerkakteure bietet. Der Netzwerkagent bedient sich, durch Anwendung des in Kapitel sechs entwickelten Vorgehensmodells, dieser Strukturen zur Planung und Anpassung von Wertschöpfungsketten.

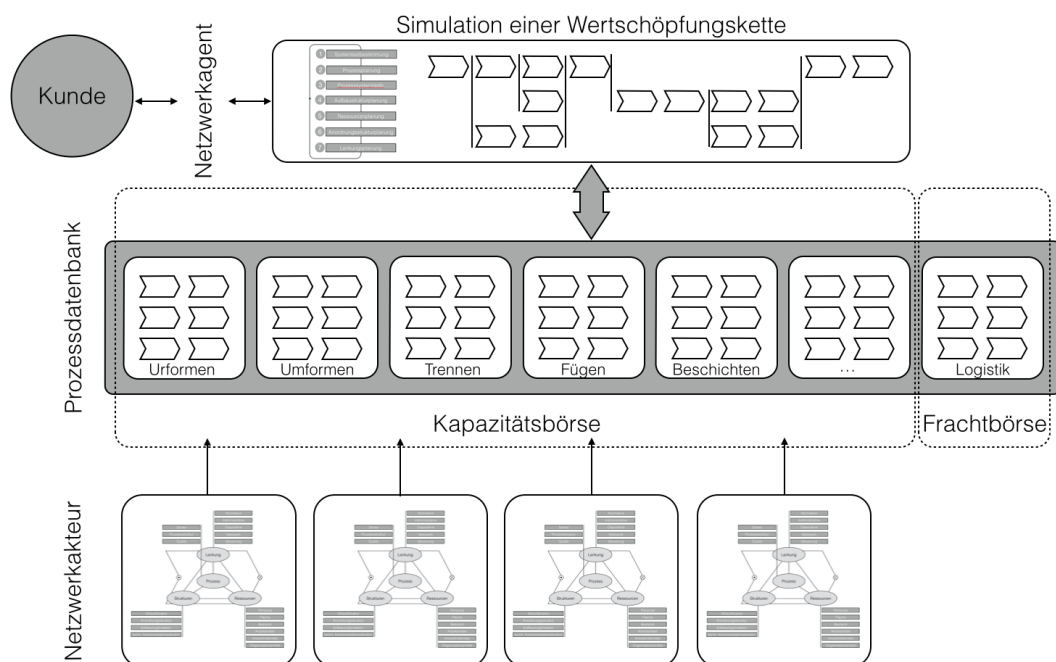


Abbildung 5.1.: Datenmarktplatz (eigene Darstellung)

Das in dieser Arbeit entwickelte, mit der Prozessdatenbank des Datenmarktplatzes interagierende Vorgehensmodell, erfordert eine aktive und konstruktive Zusammenarbeit der Netzwerkpartner. Voraussetzung dafür ist, dass die beteiligten Akteure gewillt sind, gemeinsame Geschäftsprozesse einzuführen und Daten, Kennzahlen und Informationen nach definierten Regeln und Verantwortlichkeiten in die Prozessdatenbank einzupflegen. Aufbau, Pflege und Weiterentwicklung einer Prozessdatenbank als Datenmarktplatz erfordert einen

nicht unerheblichen Einsatz an Zeit und Geld und ist somit nur dann sinnvoll, wenn das Vorhaben auf mittel- bis langfristige Kooperationen zielt und die partizipierenden Unternehmen opportunistische Denkweisen in den Hintergrund stellen.

## 5.1. Netzwerkakteur

Netzwerkakteure sind überwiegend KMU, die den Datenmarktplatz mit der Erwartung nutzen, interne Prozesse unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimaler auslasten zu können. Die Effektivität und Rentabilität der Prozessdatenbank ist im Wesentlichen abhängig von der Anzahl branchenübergreifender Netzwerkakteure und den zur Konfiguration von Wertschöpfungsketten eingestellten vertikalen, horizontalen und lateralen Prozessen.

Die Funktionalität der Datenbank im Hinblick auf eine ad-hoc-Identifikation geeigneter Prozesse und/oder potenzieller Unternehmen kann jedoch erst durch deren durchgängige standardisierte Beschreibung erreicht werden. Eine beispielhafte Grobstruktur als Grundlage für die geordnete Ablage standardisierter Prozessdaten bzw. Beschreibungen wird in Abbildung 5.2. dargestellt. Die eindeutige Charakterisierung der Prozesse, gekoppelt mit Kennzahlen, beispielsweise Angaben über die Ressourcenverfügbarkeit, bildet die Entscheidungsgrundlage bei der Auswahl adäquater Prozesse durch das Vorgehensmodell.

Durch die Anzahl der Netzwerkakteure, die geordnete Ablage, die Qualität und Aktualität der Kennzahlen wird sich die Trefferquote bei der Identifikation potenzieller Prozesse durch das Vorgehensmodell signifikant erhöhen und der Suchvorgang beschleunigt. Die Qualität der Daten wiederum ist Abhängig vom zeitlichen Intervall der Aktualisierung. Statische Kennzahlen werden einmalig oder nur bei expliziten Veränderungen, dynamische Kennzahlen dagegen möglichst tagesaktuell in die Prozessdatenbank eingepflegt. Dies Bedarf den Einsatz gängiger IT-Systeme und eines möglichst automatisierten Abgleichs. Des Weiteren muss der Netzwerkakteur aufgrund der vorgenannten Restriktionen

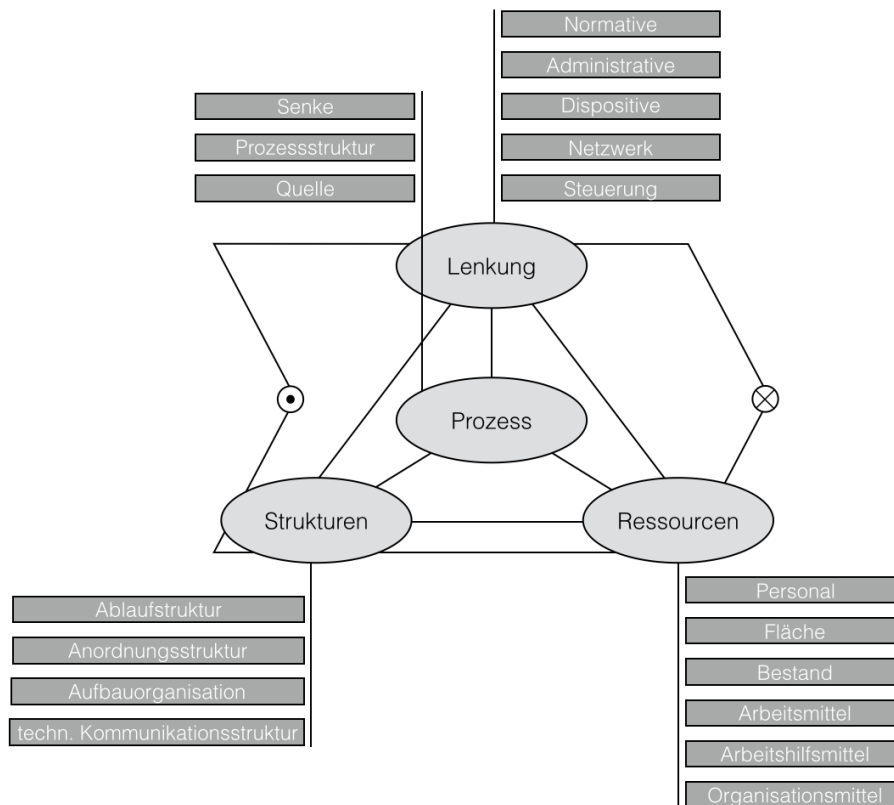


Abbildung 5.2.: Standardisierte Struktur für Prozessdaten (vgl. Beller, 2010, S. 86)

zu einer disziplinierten Einhaltung der vorgegeben Regeln und zur Bereitstellung aller relevanten Kennzahlen motiviert werden.

Die in die Prozessdatenbank einzupflegenden Kennzahlen der Produktions- und Logistikprozesse können sowohl statischer als auch dynamischer Natur sein.

Unter statischen Kennzahlen werden im Produktionsprozess Angaben verstanden, die keiner Veränderung unterliegen oder nur in relativ großen Zeitabständen aktualisiert werden müssen und die eigentlichen Prozessschritte nicht unmittelbar beeinflussen. Zu den statischen Kennzahlen im Zusammenhang mit der Prozessdatenbank bzw. mit dem Vorgehensmodell können zum Beispiel Angaben über den Ort an dem die Transferaufgabe durchgeführt wird, die eingesetzte Technologie und ihre Charakteristiken, die auf Schulungen ba-

sierenden Mitarbeiterqualifikationen oder auch die Unternehmensorganisation gezählt werden. Es handelt sich hierbei um Daten, die erstmalig zu Beginn der "Netzwerkmitgliedschaft" manuell durch den neuen Netzwerkakteur bereit zu stellen sind. Statische Kennzahlen des Logistikprozesses umfassen z. B. allgemeine Angaben zu Lagerflächen, Anzahl und Typen von Verkehrs- oder Ladungsträgern. Den statischen Kennzahlen der Logistik können auch Entfernungen und Wegzeiten zugeschrieben werden, die sich aus den jeweiligen Standorten der vor- und nachgelagerten Teilprozesse errechnen.

Im Vergleich zu statischen Kennzahlen bedarf es zur datenbankgerechten Bereitstellung dynamischer Kennzahlen eines weitaus größeren Aufwands. Die Erfassung, Aktualisierung und Analyse aussagekräftiger Kennzahlen liegt in der immer stärker vernetzten Produktion zukünftig im Echtzeitbereich und kann durch geeignete IT-Systeme automatisiert erfolgen. Jedoch nicht alle für die Steuerung und Kontrolle interner Prozesse erfassten oder erfassbaren Kennzahlen sind auch für die Prozessdatenbank des Marktplatzes von Relevanz. Ein probates Mittel die Datenflut einzudämmen ist die Konzentration auf Kennzahlen, die den Anforderungen des Vorgehensmodells bei der Selektion von Prozessen und potentiellen Kooperationspartnern bzw. bei der Konfiguration von Wertschöpfungsketten zielgerichtet Rechnung tragen. Zu den dynamischen Kennzahlen, die in diesem Zusammenhang vorrangig sind und einer permanenten Aktualisierung bedürfen, zählen in erster Linie die Verfügbarkeit von Prozessen und Ressourcen, freie Kapazitäten, Durchlaufzeiten und auch Kennzahlen für die durch Logistikprozesse beeinflussten Lieferzeiten.

Der Umgang mit sensiblen Kennzahlen, die häufig sehr eng in Verbindung mit unternehmensspezifischen Kernkompetenzen stehen, bedürfen einer genauen Analyse hinsichtlich ihrer Bedeutung bei der Netzbildung und sollten nur dann eingefordert werden, wenn sie nachweislich für den Erfolg oder die Vertrauensbildung einer Netzwerkkonfiguration entscheidend sein.

## 5.2. Prozessdatenbank

Die Prozessdatenbank ist integraler Bestandteil des Datenmarktplatzes, bildet die Schnittstelle zwischen dem Netzwerkakteur und Netzwerkagenten, basiert auf dem Cloud Computing und ermöglicht so eine umfassende Speicherung aller für die Funktionalität des Vorgehensmodells relevanter Daten und Kennzahlen. Für die effiziente Ablage der Daten wird die typische Baumstruktur, die hierarchisch und logisch aufgebaut ist und ein schnelles Navigieren ermöglicht, gewählt. Die „vertikalen“ Prozesse, z. B. Urformen, Trennen, Fügen, werden den „Knoten“ der Baumstruktur (siehe Abbildung 5.3.) der obersten Hierarchieebene zugeordnet. Eine weitere Differenzierung und Detaillierung der Teilprozesse, z. B. die unterschiedlichen Trennverfahren, eröffnet sich in der nächsten tieferen Hierarchieebene. In der hier dargestellten untersten Ebene sind die Daten, Kennzahlen bzw. Spezifika der „horizontalen“ Prozesse, d. h. gleichartige Prozesse einer Fertigungsstufe) aller Unternehmen gelistet. Eine Differenzierung ist nur noch über die strukturellen Unterschiede (wie beispielsweise die vorhandene Iuk-Infrastruktur oder Ressourcenverfügbarkeit) möglich.

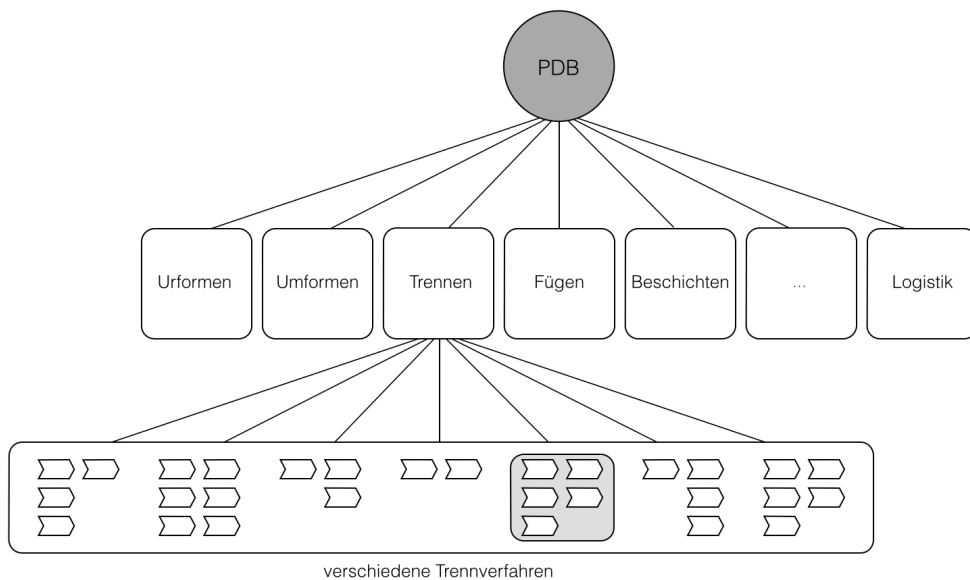


Abbildung 5.3.: Baumstruktur der Prozessdatenbank (eigene Darstellung)

Die vollständige Beschreibung der einzelnen Teilprozesse wird über die Verwendung einer geführten, standardisierten Eingabemaske gewährleistet, in der die Charakteristika der Prozesse eindeutig vom Netzwerkakteur über ein einheitliches Fachvokabular abgefragt werden können. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, Netzwerkakteure nach Abschluss eines Projektes zu bewerten und die Beurteilung für zukünftige Projekte als vorrangiges Auswahlkriterium in der Datenbank zu hinterlegen.

### **5.3. Netzwerkagent**

Der Netzwerkagent ist die fokale Instanz und vorrangig für den gesamten Projektablauf, inklusive Vertragsgestaltung, verantwortlich, tritt gegenüber dem Kunden als quasi Generalunternehmen auf und koordiniert alle an der Wertschöpfungskette beteiligten Kooperationspartner. Der Netzwerkagent als „oberste“ Instanz sollte entweder selbst über die entsprechende Kompetenz zur Beurteilung der einzelnen Teilprozesse bzw. des gesamten Vorgehensmodells verfügen oder auf ein Team mit entsprechender Expertise, evtl. auch über den Datenmarktplatz, Zugriff haben. Die Fachkompetenz ist insbesondere in den ersten drei Phasen des Vorgehensmodells (siehe Kapitel 6), in denen wesentliche Vorleistungen durch den Netzwerkakteur zu erbringen sind, gefragt. Von einer für alle Beteiligten positiven Projektabwicklung kann dann gesprochen werden, wenn es dem Netzwerkagenten gelingt, eine durchlaufzeit- und kostenoptimale Wertschöpfungskette zu konfigurieren.



## 6. Erweitertes Vorgehensmodell

### Inhaltsangabe

---

6.1. Systemlastbestimmung . . . . .	66
6.2. Prozessplanung . . . . .	67
6.3. Prozesssystemlastbestimmung . . . . .	69
6.4. Aufbaustrukturplanung . . . . .	69
6.5. Ressourcenplanung . . . . .	71
6.6. Anordnungsstrukturplanung . . . . .	73
6.7. Lenkungsplanung . . . . .	74
6.8. Anmerkung zur iterativen Vorgehensweise . . . . .	77

---

In den vorangegangenen Kapiteln wurde die Flexibilität und Wandlungsfähigkeit von Unternehmen zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit eingehend thematisiert. Des Weiteren konnte dargelegt werden, dass insbesondere für KMU, die oftmals nur über begrenzte monetäre Ressourcen verfügen, die Konzeption eines standardisierten Planungsinstrumentariums förderlich ist.

Als Planungsinstrument bietet sich ein sequentielles, evolutionäres Vorgehensmodell an, welches mit möglichst geringem Aufwand und größtmöglicher Transparenz die ganzheitliche Optimierung und Gestaltung von Wertschöpfungsketten bzw. Wertschöpfungsnetzwerken proaktiv unterstützt. Das in dieser Arbeit konzipierte institutionelle, prozess- und ressourcenorientierte Vorgehensmodell basiert auf dem POV-FP, muss jedoch dahingehend erweitert werden, dass es unternehmensübergreifend auf **institutioneller Ebene** Kooperationspartner identifiziert, selektiert und diese in die Wertschöpfungskette einbindet; auf **prozess- und ressourcenorientierter Ebene** sind u. a. zur

Transformation von Leistungsobjekten die erforderlichen Ressourcen zu quantifizieren und zu lokalisieren. Die Komplexität der Aufgabenstellung wird noch dadurch verstärkt, dass für die Realisierbarkeit des auf Netzwerkebene adaptierten Vorgehensmodells eine leistungsstarke und durchgängige Infrastruktur an Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) und ein Datenmarktplatz, siehe Kapitel 5, welcher mit gängigen IT-Systemen und zukünftige Datenquellen interagiert, Voraussetzung ist.

Die Funktionsweise des erweiterten Vorgehensmodells wird exemplarisch an der Neuplanung einer gesamten Wertschöpfungskette demonstriert, jedoch lässt sich die Systematik auch auf die Anpassungsplanung von Einzelprozessen mit kongruenten oder komplementären Kapazitäten übertragen. Die Gründe für die Auslösung von Planungsaktivitäten, z. B. Systemlast- bzw. Leistungsänderungen und/oder Kostendruck wurden bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben und werden nachfolgend nicht mehr detailliert betrachtet.

### 6.1. Systemlastbestimmung

Mit dem Auslösen der Planung zur Konfiguration einer Wertschöpfungskette, z. B. Anfrage eines neuen Produktes, wird das sequentielle Durchlaufen der sieben Phasen des cloudbasierten Vorgehensmodells aktiviert. Hauptverantwortlich für die Auftragsabwicklung ist eine “fokale Instanz” (Auftragseigner), die gegenüber den Netzwerkakteuren als Auftraggeber und Koordinator, dem Kunden gegenüber als Auftragnehmer auftritt und die im Folgenden vereinfachend als “Netzwerkagent” bezeichnet wird. Die Planung der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette, die in erster Linie von der horizontalen, vertikalen und lateralen Diversifikation der eingepflegten Prozesse und deren charakteristischen Kennzahlen in der PDB abhängig ist, unterliegt aufgrund der kompletten Neugestaltung der Prozesskette nur einer begrenzten Anzahl von Restriktionen (siehe auch Abb. 4.8.).

In der Phase “Systemlastbestimmung” werden die markt- bzw. kundenbasierten Spezifikationen des Leistungsobjektes bzw. Produktes nach Art, Umfang,

Kosten und Zeit vom Netzwerkagenten definiert. Nach **Art** bedeutet insbesondere, dass die Beschreibung des Leistungsobjektes, die auch die Qualität einschließt, so hinreichend und eindeutig ist, dass Interpretationen, Abweichungen und auch Rückfragen weitestgehend auszuschließen oder nur in begründeten Ausnahmefällen zwischen den Kooperationspartnern, Kunden und dem Netzwerkagenten verhandelbar sind. Der **Umfang** eines Leistungsobjektes bzw. die Prozesskapazität ist durch die angefragte Liefermenge eindeutig definiert und wird, ebenso wie die vom Auftraggeber vorgegebene **Kostenobergrenze** und der **Endtermin**, beim Durchlaufen der Phasen des Vorgehensmodells überprüft und stellt ebenfalls ein mögliches Abbruchkriterium bei ja/nein-Entscheidungen dar.

Durch den entweder selbstbestimmten oder vom Modell geforderten Detaillierungsgrad der Eingabe in das cloudbasierte Dialogsystem, sowohl in der Phase der Systemlastbestimmung als auch in den beiden folgenden Phasen “Prozessplanung” und “Prozesssystemlastbestimmung”, nimmt der Netzwerkagent wesentlichen Einfluss auf die Prägnanz des Planungsergebnisses und evtl. auch auf die Resilienz des Verfahrens.

### 6.2. Prozessplanung

Die Granulierung des in der vorherigen Phase nach Art und Umfang beschriebenen Leistungsobjektes in einzelne Prozesselemente, ist der Aufgabenschwerpunkt der Prozessplanung. Dabei werden Fertigungs- und Dienstleistungsprozesse (Nutz- und Stützprozesse) identifiziert und in eine ablauflogische Reihenfolge gebracht. Eine Verknüpfung von Prozessen und potenziellen Prozesseignern findet in dieser Phase des Vorgehensmodells jedoch noch nicht statt.

Zur Planung der Prozesskette wird die in Kapitel 5 beschriebene PDB herangezogen. Der Netzwerkagent kann anhand der im Programm bereitgestellten Baumstruktur die benötigten Prozesse schrittweise selektieren und diese zu einer kompletten Wertschöpfungskette formieren. Sollte ein Prozessschritt in der PDB nicht abgebildet sein, muss entweder eine Änderung der Prozessspezifi-

kation vorgenommen, ein neuer Kooperationspartner, der über diesen Prozess verfügt, gefunden oder das Planungsvorhaben an dieser Stelle abgebrochen werden.

Zur Vereinfachung wird an dieser Stelle zunächst die Annahme getroffen, dass die Schnittstellen zwischen den Prozessschritten mit jeweils einem Logistikprozess (siehe Abbildung 6.1.) überbrückt werden, d. h. die Produktionsprozesse stehen in dieser Phase im Vordergrund. Die Anzahl der Netzwerkakteure ist ein entscheidendes Kriterium für die verfügbare Kapazität einzelner Prozessschritte bzw. der Gesamtkapazität gesamter Wertschöpfungsketten, sowie der Anzahl komplementärer Prozesse und hat wesentlichen Einfluss auf die Effektivität und Effizienz bei der Anwendung des Vorgehensmodells.

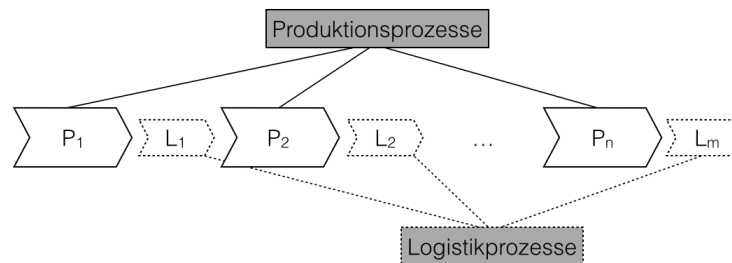


Abbildung 6.1.: Gestaltung der Wertschöpfungskette (eigene Darstellung)

Zur Aufwandsminimierung und Steigerung der Planungsqualität hinsichtlich Kosten und Durchlaufzeit werden diversifizierte Prozesse, die zwingend sequenziell aufeinanderfolgen müssen, von den Prozessen, die evtl. parallel ablaufen können, differenziert, damit in der Phase der Anordnungsstrukturplanung die logische Abfolge eindeutig und ungestört festgeschrieben werden kann. Das Ergebnis der Planungsphase ist die detaillierte Beschreibung aller noch unternehmensanonymen Prozessschritte der Wertschöpfungskette und liefert die Eingangsparameter zur dritten Phase des Vorgehensmodells, der Prozesssystemlastbestimmung.

### **6.3. Prozesssystemlastbestimmung**

Die in der ersten Phase bestimmte Systemlast ist, abweichend zum POV-FP, zur Planung einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette nicht ausreichend. Um potenzielle Prozesse und die zugehörigen Unternehmen identifizieren zu können, muss das Vorgehensmodell von BELLER um die Phase der Prozesssystemlastbestimmung erweitert werden.

Für die in der Prozessplanung identifizierten Teilprozesse sind in dieser Phase des Vorgehensmodells die Transferleistungen bzw. Systemlasten ebenfalls nach Art und Umfang zu beschreiben. Dieser Schritt ist vergleichbar mit der in Phase eins spezifizierten Systemlast für das Gesamtprojekt, jedoch muss diese auf alle Teilprozesse entlang der Wertschöpfungskette individuell adaptiert werden und wird im Folgenden als Prozesssystemlast bezeichnet.

Auf der Grundlage der vom Netzwerkagenten spezifizierten Prozesslasten wird in der nachfolgenden Planungsphase entschieden, ob die Kapazitäten eines Prozessschrittes von einem oder mehreren Unternehmen im Verbund abgedeckt werden können. Die einzelnen Nutz- und Stützprozesse müssen dabei so vollständig wie möglich spezifiziert werden, inklusive des Bedarfs an Ressourcen, um eine logische Selektion im Abgleich mit unternehmensexternen Prozessen in Phase fünf zu gewährleisten. Die Abfrage der benötigten Ressourcenverfügbarkeit erfolgt mit Hilfe des von BELLER entwickelten Ablaufschemas zur Ressourcenplanung (siehe Abbildung 4.7.). Eine eindeutige Vorgabe der Kosten- und Durchlaufzeitobergrenze stelle weitere prozessindividuelle Abbruchkriterien dar. Auch in dieser, letztmalig im Verantwortungsbereich des Netzwerkagenten liegenden Planungsphase, erfolgt noch keine Zuordnung von Unternehmen zu den jeweiligen Prozessen.

### **6.4. Aufbaustrukturplanung**

In dieser Planungsphase werden für die einzelnen Teilprozesse erstmalig potenzielle Unternehmen, die ihre Daten inklusive Kosten und Durchlaufzeiten

als Prozess-Eigner in der Prozessdatenbank hinterlegt haben, identifiziert und in einem weiteren Schritt hinsichtlich der Verfügbarkeit ihrer Kapazitäten bewertet. Die Auswahl der Unternehmen bzw. möglicher Unternehmenskombinationen erfolgt, unter Zugrundelegung der in Phase drei spezifizierten Prozesssystemlasten, durch Abgleich mit den real existierenden Prozessen einzelner Netzwerkakteure der PDB.

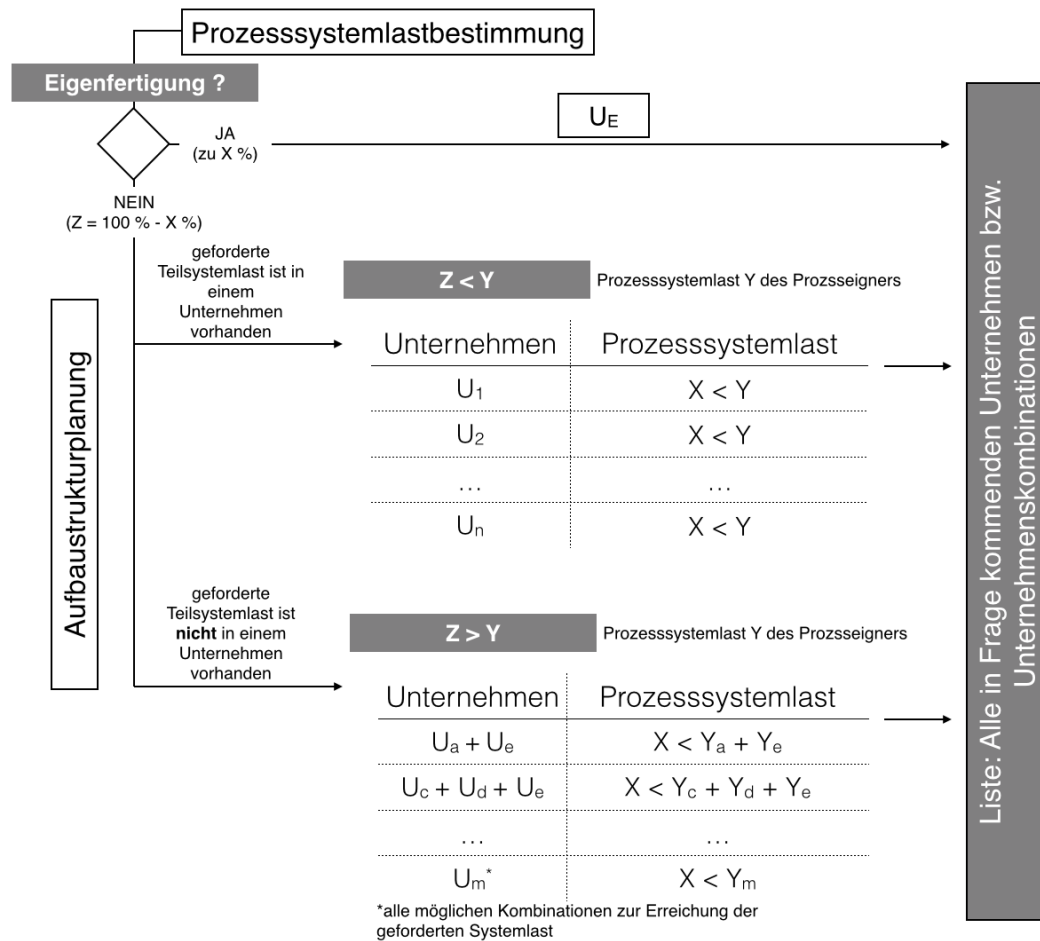


Abbildung 6.2.: Vorgehensmodell der Aufbaustrukturplanung (eigene Darstellung)

Zunächst wird geprüft, ob der Prozess theoretisch in Eigenfertigung, d. h. durch den Netzwerkagenten bzw. durch das planungsauslösende Unternehmen abgewickelt werden kann. Sollte dies der Falls sein, bleiben dennoch die potenziellen

externen Unternehmen, die den jeweiligen Prozess mit der geforderten Systemlast abbilden, eventuell auch im Verbund mit anderen Unternehmen listet. Begründet wird dies durch die Möglichkeit, dass externe Unternehmen diesen Prozessschritt günstiger oder schneller anbieten könnten. Es ist in diesem Zusammenhang anzuführen, dass die Eigenfertigung lediglich exemplarisch angeführt ist und im Folgenden einem externen Unternehmen gleichgesetzt wird. Wie die Abbildung 6.2. zeigt, werden des Weiteren die Kapazitäten der gelisteten Unternehmen dahingehend selektiert, ob ein Unternehmen die geforderte Last zu 100 Prozent in Eigenfertigung oder nur in Kombination mit anderen Netzwerkakteuren leisten kann. Die resultierende Liste an potenziellen Unternehmen, die die geforderte Transferleistung nach Art, Umfang, Kosten und Zeit erbringen können, wird auch in dieser Phase des Vorgehensmodells noch nicht priorisiert.

### **6.5. Ressourcenplanung**

Um die geforderten Transferleistungen in den jeweiligen Teilprozessen erbringen zu können, muss ein Abgleich zwischen den vom Netzwerkagenten geforderten Ressourcen und den vorhanden Ressourcen der einzelnen Unternehmen, hinterlegt in der PDB, getätigt werden. Können Unternehmen oder Unternehmenskombinationen die Ressource in Art und Umfang nicht vorweisen, werden diese aus der Liste entfernt.

Die in der Aufbaustrukturplanung für die jeweiligen Teilprozesse ausgewählten potenziellen Unternehmen werden nun mit dem in Abbildung 6.3. dargestellten sequentiellen Modell einem Ressourcenabgleich unterzogen. Im ersten Schritt werden die geforderten Arbeitsmittel nach Art und Anzahl abgefragt. Diese Daten sollten u. a. vor dem Hintergrund einer möglichen ad-hoc-Planung aktuell aus den eingesetzten Datenquellen, beispielsweise IT-Systemen (CPS) oder manuell vom Prozess-Eigner, in die PDB übertragen werden. Kann ein Unternehmen diese Ressourcen nicht aufweisen, ist dies ein Ausschlusskriterium. Unternehmen, die diese Anforderungen erfüllen, werden an den jeweils folgenden Schritt des Vorgehensmodells zum Ressourcenabgleich übergeben.

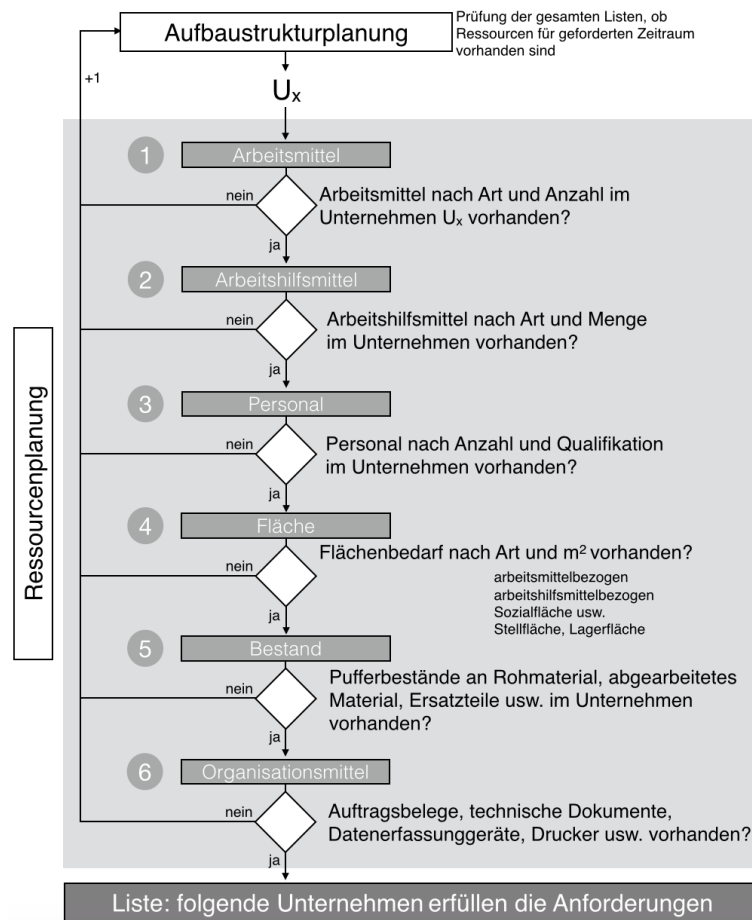


Abbildung 6.3.: Vorgehensmodell zum Ressourcenabgleich (vgl. Beller, 2010, S. 98)

Eine finale Bestätigung über das tatsächliche Vorhandensein der Ressource ist bei der Disposition durch den Prozess-Eigner bestätigen. Auch in dieser Phase des Vorgehensmodells findet noch keine Priorisierung der Prozesse der jeweiligen Unternehmen statt. Das Ergebnis dieser Phase ist eine Auswahl von potenziellen Unternehmen, die sowohl über die jeweiligen Teilprozesse, Kapazitäten als auch geforderten Ressourcen verfügen und die den vom Netzwerkagenten bestimmten Kosten- und Terminrahmen einhalten. Diese Liste ist Grundlage der Anordnungsstrukturplanung.



Eine Betrachtung der Ressourcenplanung für die Logistikprozesse (Verfügbarkeit von Ladungsträgern o. ä.) erfolgt in einem abweichenden Selektionsverfahren und wird in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

## 6.6. Anordnungsstrukturplanung

Ziel dieses Planungsschrittes ist die Priorisierung der Unternehmen nach Kosten, Qualität, DLZ und die Komplettierung einer optimalen zielorientierten Wertschöpfungskette. Im Vergleich zum Prozessorientierten Vorgehensmodell von BELLER wird hier nicht das Layout einer Fabrik geplant, sondern mögliche Konstellationen der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette analysiert und bewertet, auch unter der Prämisse die Anzahl der kostentreibenden Logistikprozesse zu reduzieren. Die in Abbildung 6.4. dargestellte exemplarische Ausgangssituation zeigt die Zuordnung der ausgewählten potenziellen Unternehmen zu den jeweiligen Teilprozessen.

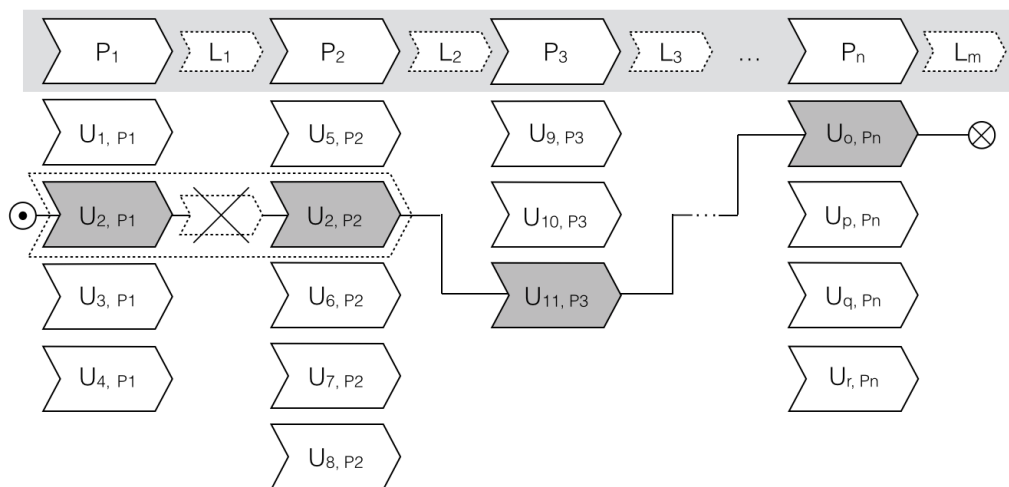


Abbildung 6.4.: Ausgangssituation der Anordnungsstrukturplanung (eigene Darstellung)

Das Ergebnis ist eine der möglichen realisierbaren unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten (siehe Abbildung 6.5.), die jedoch noch nicht unter Anwendung von Prozessmodulationstechniken optimiert wurde. Bereits in der

Prozessplanung mussten dezidierte Anordnungsgesetze zur Optimierung der Anordnungsstrukturplanung permanent berücksichtigt werden. Des Weiteren kann die Wertschöpfungskette durch gängige Prozesskettenmodulationen vom Netzwerkagenten oder durch Assistenssysteme beeinflusst werden, um die für den Kunden effektivste Wertschöpfungskette zu gestalten. Die Wertschöpfungskette wird durch das IT-System in Form eines Prozessmodells visualisiert und bietet dadurch dem Netzwerkagenten eine Plattform die Wertschöpfungskette ablauflogisch zu optimieren.

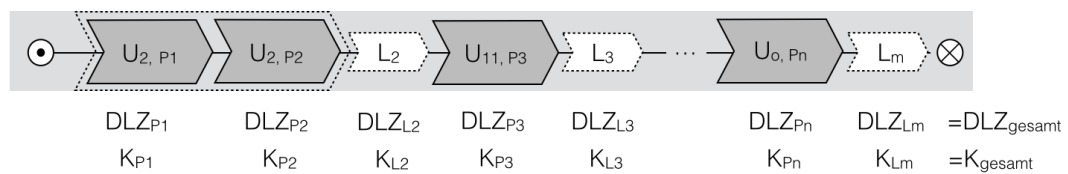


Abbildung 6.5.: Ergebnis der Anordnungsstrukturplanung (eigene Darstellung)

Zur Optimierung der Wertschöpfungskette, d. h. zur Identifikation des bestmöglichen Anordnungsplans, kommen jetzt Prozessmodulationstechniken zur Anwendung, mit denen Ressourcen-, Material- und Kapazitätsverfügbarkeiten simultan analysiert werden. Das Ziel ist die aus unternehmensübergreifenden Produktions-, Logistik- und Dienstleistungsprozessen kumulierten Gesamtkosten zu minimieren, den Gewinn für die gesamte betrachtete Wertschöpfungskette zu maximieren und die optimale Durchlaufzeit zu erreichen.

Die Abbildung 6.6. zeigt exemplarisch eine, durch Parallelisierung prozessmodulierte, optimierte Anordnungsstruktur. Diese Phase interagiert iterativ mit der Lenkungsplanung.

## 6.7. Lenkungsplanung

Nachdem in der Anordnungsstrukturplanung die für den Kunden und Unternehmen optimalste theoretische Wertschöpfungskette gebildet wurde, gilt es

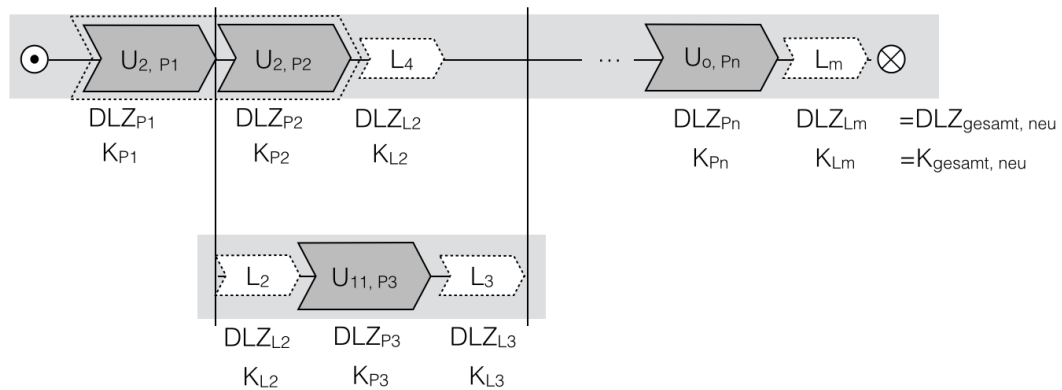


Abbildung 6.6.: Ergebnis der Anordnungsstrukturplanung nach Optimierung (eigene Darstellung)

nun die jeweiligen ausgewählten Prozess-Eigner anzufragen und die vertraglichen Rahmenbedingungen möglichst automatisiert und standardisiert zu vereinbaren. Kann ein ausgewähltes Unternehmen entgegen den Angaben in der PDB die Bedingungen real nicht erfüllen, muss ein adäquater Ersatz gefunden und die Phase der Anordnungsstrukturplanung erneut durchlaufen werden. Sind alle vom Vorgehensmodell ausgewählten Prozesseigner willens und in der Lage den vom Netzwerkagenten vorgegebenen Prozessanforderungen nachzukommen, beginnt ein weiterer wesentlicher Schritt zur Projektrealisierung; die Disposition.

Die Disposition hat die Aufgabe dem Kunden ein Angebot zu unterbreiten und entgegenzunehmen. Weitere Aufgaben sind die Überwachung der Informationsströme, die auftragsgemäße Leistungserfüllung und abschließende Fakturierung.

Die durch das vorgestellte Vorgehensmodell (siehe Abbildung 6.7.) temporär konfigurierte ad-hoc-Wertschöpfungskette entspricht dann den Grundlagen des BELLER Modells, wenn diese ausschließlich auf die Ebene der auftragnehmenden Prozesseigner Bezug nimmt. Das heißt, dass die Lenkungsplanung im eigentlichen Sinne weiterhin im Verantwortungsbereich des jeweiligen Prozesseigners verbleibt, die Koordination entlang der gesamten Wertschöpfungskette jedoch der „fokalen Instanz“ übereignet wird. Diese fokale Instanz bzw. der

## 6. Erweitertes Vorgehensmodell

Netzwerkagent beeinflusst nicht direkt die Lenkungsplanung der Unternehmen, sondern übernimmt lediglich koordinierende und kontrollierende Aufgaben im Rahmen des Projektauftrages. Er tritt jedoch gegenüber dem Kunden als quasi alleiniger Auftragnehmer auf und zeichnet sich des Weiteren für die ganzheitliche Kommunikation und für die „Netzwerkkultur“ verantwortlich.

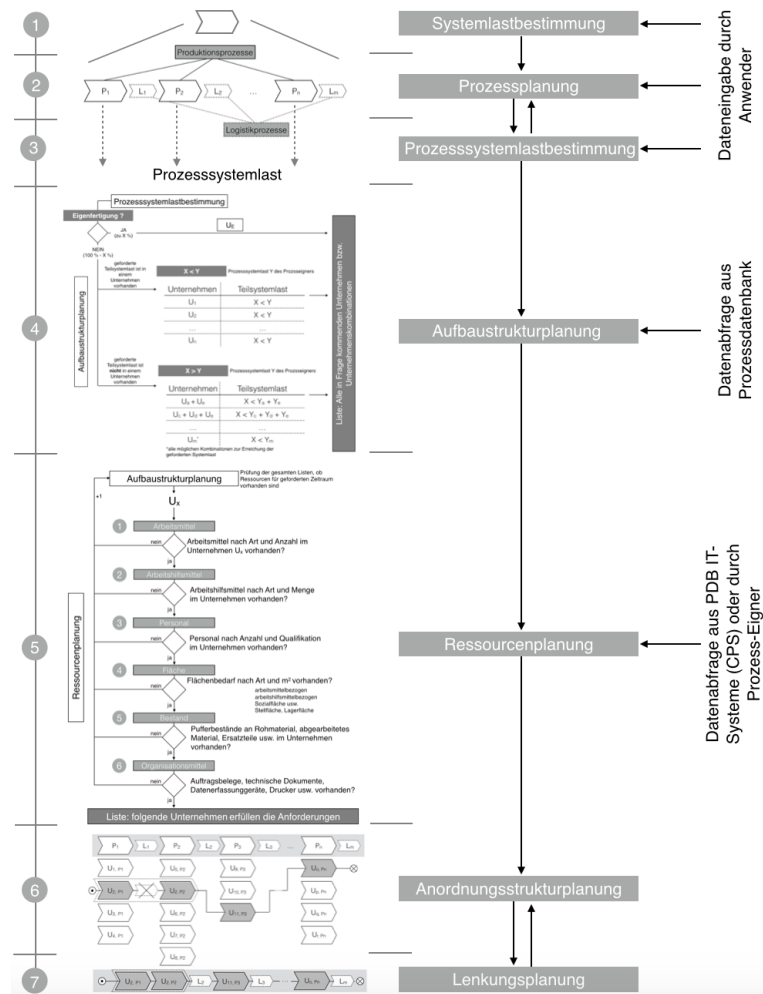


Abbildung 6.7.: Erweitertes Vorgehensmodell (eigene Darstellung)

Zur besseren Lesbarkeit wird das erweiterte Vorgehensmodell in DIN A3-Format im Anhang dargestellt.

## 6.8. Anmerkung zur iterativen Vorgehensweise

In der Abbildung 6.8. wird in einer Momentaufnahme exemplarisch der gemeinsame Flexibilitätskorridor einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette dargestellt. Der Flexibilitätskorridor aller partizipierender Unternehmen resultiert aus der niedrigsten Flexibilitätsobergrenze ( $F_{U6}$ ) und der höchsten Flexibilitätsuntergrenze ( $F_{U3}$ ) einzelner Prozesse der jeweiligen Netzwerkakteure und ergibt den Gesamtflexibilitätskorridor.

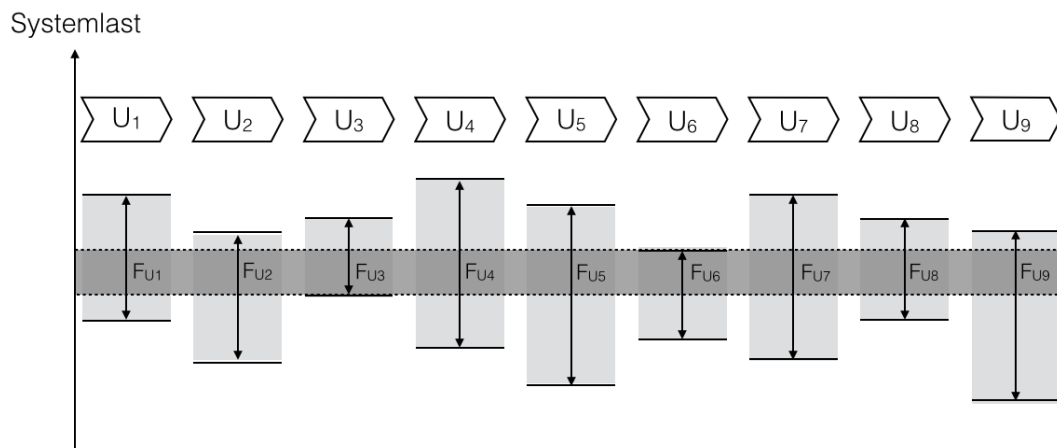


Abbildung 6.8.: Gesamtflexibilitätskorridor in unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsketten (eigene Darstellung)

Jedes Unternehmen hat ursprünglich das interne Produktionssystem so ausgelegt, dass die Anforderungen an die Markterfordernisse für ihre Produkte optimal erfüllt werden und ein möglichst breiter unternehmensspezifischer Flexibilitätskorridor aller Systeme entsteht. Die aktuelle Auftragslage, es werden z. B. nur freie Restkapazitäten angeboten, und weitere interne Restriktionen (z. B. Rüstzeiten) führen dazu, dass der in der PDB angebotene Korridor relativ eng begrenzt sein kann. Dieser Sachverhalt verdeutlicht, dass die Notwendigkeit zur Anpassungsplanung einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette bei sich verändernden Systemlasten höher frequentiert ist, als bei Unternehmen bei denen die gesamte Wertschöpfungskette intern für das Standardsortiment abgebildet ist.

Wurde ein Kundenauftrag ausgehend vom erweiterten Vorgehensmodell erfolgreich abgeschlossen, wird dieses in der PDB hinterlegt und kann zukünftig bei gleichgelagerten Auftragsanfragen als Basismodell herangezogen und eventuell angepasst werden. Dieser datenbankbasierte Lernprozess setzt auf dem gewonnenem Vertrauen bzw. den Erfahrungen bei positivem vorherigem Projektabschluss auf und reduziert den sowohl zeitlichen als auch monetären Aufwand und trägt zur weiteren Steigerung der Wirtschaftlichkeit zukünftiger Projekte bei.

Das Modell etabliert sich auch zum internen Controlling der unternehmens-eigenen Strukturen, Prozesse, spezifischen Kennzahlen bis hin zu gesamten Wertschöpfungsketten.

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Wie kann die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen langfristig unter den Prämissen Individualisierung der Produkte, kürzere Produktzyklen, Nachfrageschwankungen und dem zunehmenden Konkurrenzdruck gesichert werden? Die damit verbundenen Aufgaben und möglichen Lösungsansätze lediglich auf das „eigene“ Unternehmen auszurichten, wird insbesondere bei KMUs mit deren begrenzten Ressourcenverfügbarkeit, den bereits bestehenden und sich in der Zukunft noch verstärkenden Herausforderungen nicht oder nicht in ausreichendem Maße gerecht. Unternehmensübergreifende Planungsansätze, die nicht nur reaktives, sondern proaktives und präemptives Handeln forcieren, werden in den Fokus von Managemententscheidungen rücken müssen, was wiederum voraussetzt, dass Unternehmen bereit sind zu kooperieren.

Ein wesentliches Kriterium für die Bildung erfolgreicher Kooperationen ist dabei die Geschwindigkeit, mit der Unternehmen potentielle Partner zum Ausgleich fehlender Kapazitäten und komplementärer Kompetenzen finden und quasi ad-hoc-Wertschöpfungsketten konfigurieren oder vollkommen neu bilden können. Daraus leitet sich die Aufgabe ab, ein geeignetes Planungsinstrumentarium zu entwickeln bzw. zu konzipieren, das den Unternehmen gerade im digitalen „Industrie 4.0“- Zeitalter ermöglicht, die Flexibilität von Netzwerken zu nutzen, um die Wandlungsfähigkeit nicht nur zu erhalten, sondern noch zu steigern.

Mit der Konzeption des in dieser Masterarbeit vorgestellten Vorgehensmodells, welches auf der Basis allgemeiner und spezifischer Unternehmens- und Prozesskennzahlen in wenigen Schritten eine ablauflogische Wertschöpfungskette konfiguriert, wird die Grundlage geschaffen, ein entsprechendes Instrumentarium bereitzustellen. Der Grundgedanke des Modells ist das sequentielle Durchlaufen vordefinierter Phasen zur Selektion qualifizierter Netzwerkakteure, die zur

Konfiguration von Wertschöpfungsketten, zum Ausgleich fehlender Kapazitäten oder komplementärer Prozesse, generell von Verfügbarkeiten und Lieferengpässen, kooperieren.

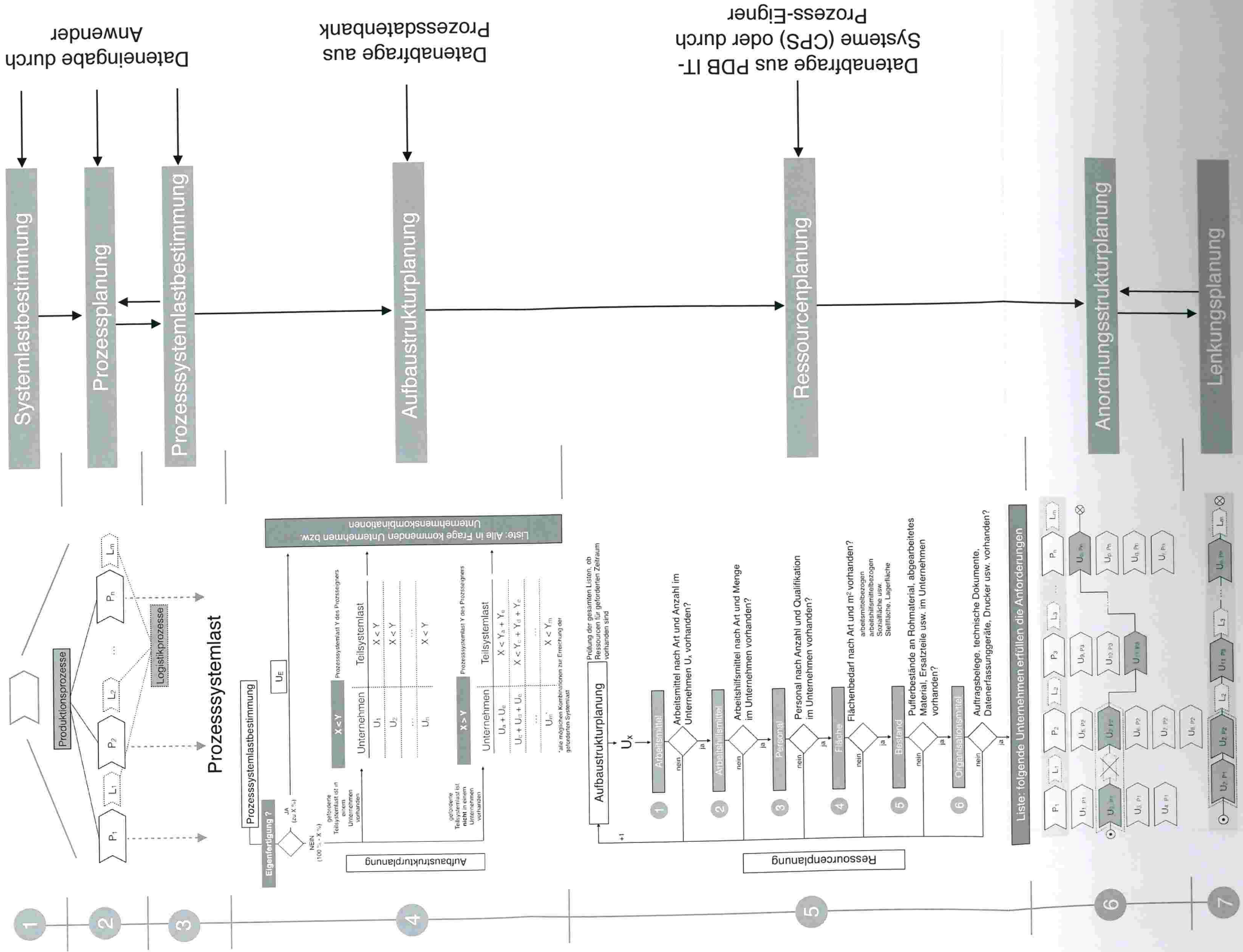
Hierbei finden sowohl bereits etablierte als auch noch in der Weiterentwicklung befindliche IT-Systeme Berücksichtigung, die im Zusammenspiel mit dem erweiterten Vorgehensmodell verlässliche Aussagen bzgl. der Kooperationsfähigkeit von Unternehmen liefern. Unterstützt durch Agenten-, Cyber-Physischen Systemen und Smart Services kann dieses Modell die Vision von weitestgehend sich selbst organisierenden unternehmensübergreifenden Produktions- und Logistiksystemen Realität werden lassen. Ein weiterer denkbarer Einsatzbereich für das Vorgehensmodell ist das aktuelle Forschungsfeld des Open Innovations. Bisherige Restriktion der Kreativität und Realisierbarkeit von innovativen Ideen bestehen in der begrenzten Verfügbarkeit von Ressourcen und komplementären Produktionsprozessen. Durch die Nutzung des erweiterten Vorgehensmodells, das die Verfügbarkeit von horizontalen, vertikalen und lateralen Prozessen abbildet, könnten diese Restriktionen aufgehoben werden.



## **A. Anhang**

## **Erweitertes Vorgehensmodell**

# Erweitertes Vorgehensmodell



# Systembezogene Ansätze zur wandlungsfähigen Gestaltung

Forschungsprojekte	Beschreibung	Forschungseinrichtung
Robotics-enabled logistics and assistive services for the transformable factory of the future - TAPAS	Untersuchung des Einfluss von robotergestützter Automatisierung und Logistik auf die Steigerung der Wandlungsfähigkeit wird im Projekt TAPAS untersucht.	2012 cordis.europa.eu/fetch?CALLER=PROJECT&ACTION=D&CAT=PROJ&RCN=97047
Produktionssysteme aktiv wandeln - ProAktiW	Das Ziel, den optimalen Grad der Wandlungsfähigkeit zu bestimmen wird im Forschungsprojekt ProAktiW angestrebt und weitergehend die Weiterqualifizierung von Engpässen zur Erreichung eines nivellierten, wandlungsfähigen Gesamtsystems erforscht werden. Gleichzeitig ermöglichen die Einzellösungen die Fertigung unterschiedlicher Produkte auf einer Linie ohne Effizienzverluste, woraus eine optimale Nutzung der vorhandenen Ressourcen und Flächen folgt. Die Validieren erfolgt an einer robotergestützten Schweißzelle.	2012 proaktiw.de/de/default.html
Ein wandlungsfähiges, sozio-technisches Produktionssystem - WPSlive	Fokus des Vorhabens WPSlive liegt auf der Entwicklung von Methoden und Prozesse sowie deren softwaretechnische Unterstützung und prototypisch zu implementieren, die Unternehmen bei einer anforderungsgerechten wandlungsfähigen Abwicklung ihrer Kundenaufträge unterstützen. Ziel ist die Erreichung einer durchgängigen Synchronisation der Auftragsabwicklung im Sinne einer Taktung und maximaler Wandlungsfähigkeit.	2011 wpslive.de/index.php
Wandlungsfähige Blechumformung durch Einsatz von Servotechnologie - Formaleon	Im Projekt Formaleon sollen technische und organisatorische Voraussetzung für die Wandlungsfähigkeit in Betrieben im Tätigkeitsfeld der Blechumformung geschaffen werden.	2012 formaleon.tu-darmstadt.de/formleon_index_fm/index.de.jsp
M1 im SFB 582	Ziele des Teilprojektes waren Chancen und Herausforderungen durch Marktnähe und Individualisierung zu heben und die Strukturmodulen als Planungsobjekte, die Entwicklung einer geeigneten Planungsmethode für Minifabriken und die Abbildung der Methode in einem Planungswerkzeug zur visuellen Unterstützung des Planungsprozesses zu definieren.	2005 iwb.tum.de/Forschung/Forschungsprojekte/Abgeschlossene_Forschungsprojekte-p-7487/SFB_582_TP_M1.html
Wandlungsfähige Produktionssysteme durch integrierte IT-Strukturen und dezentrale Produktionsplanung und -regelung – WinD	Der Schwerpunkt liegt auf der Standardisierung verschiedener Datenschnittstellen aktueller IT-Systeme innerhalb eines produzierenden Unternehmens, sowie in einem Produktionsnetzwerk. Die Standardisierung ermöglicht zudem eine schnelle Anpassung der Planungs- und Steuerungslogik in einem Produktionssystem und erhöht somit die Wandlungsfähigkeit bei.	2012 data.fir.de/projektsiten/win-d/

# Unternehmensweite Ansätze zur wandlungsfähigen Gestaltung

Forschungsprojekte	Beschreibung	Forschungseinrichtung
Wandlungsfähigkeit durch modulare Fabrikstrukturen - WdmF	Entwickelt wurde ein Methodenwerk als Unterstützung zur Planung und Anpassung wandlungsfähiger Fabriken in der betrieblichen Praxis. Die geforderte Wandlungen können somit auf verschiedenen Detaillierungsebenen durch Modulkombinationen und -variationen durchgeführt werden. Im Projekt wird die gesamte Fabrik auf mehreren Ebenen modular strukturiert. Zum Controlling und agilen Anpassung der Fabrik wurde ein Regelkreis entwickelt, der eine fokussierte, ad hoc- und aufwandsarme Anpassung der Fabrik oder einzelner Teilsysteme ermöglicht.	2004 <a href="http://produktionsforschung.de/PFT/verbundprojekte/vp/index.htm?VP_ID=795">produktionsforschung.de/PFT/verbundprojekte/vp/index.htm?VP_ID=795</a>
Wandlungsfähigkeit durch modulare Produktionssysteme - WAMOPRO	Die Entwicklung und Validierung eines proaktiven Wandlungsmanagements für modulare Produktionssysteme ist Ziel dieses Projektes. Ein Methodenbaukasten unterstützt die Modularisierung bestehender Produktionssysteme durch Modularisierung in den drei Dimensionen Technologie, Personal und Organisation und ermittelt schließlich das optimale Produktionssystem. Alle entwickelten und durch die Verbundpartner validierten Methoden werden als Komplettpaket zusammengeführt, an Praxiseinsatzfällen verdeutlicht und in Form eines Leitfadens veröffentlicht.	2012 <a href="http://www.wamopro.de">www.wamopro.de</a>
Wandlungsfähigkeit durch rekonfigurierbare Plattformkonzepte für die Montage - RePlaMo	Rekonfigurierbare Plattformkonzepte hinsichtlich Montagesysteme und -prozesse für Anlagenhersteller und Nutzer wurden in diesem Projekt entwickelt und deren Praxistauglichkeit verifiziert. Es soll dem Anlagenhersteller eine einfache Konfiguration von Montageanlagen zur wirtschaftlichen und schnellen Projektierung ermöglichen und dem Nutzer durch die Möglichkeit der Rekonfiguration zu einer höheren Wandlungsfähigkeit verhelfen. Damit soll die Wandlungsfähigkeit und Flexibilität der Unternehmen gesteigert und der Zugang zu effizienten automatisierten Montageprozessen erleichtert werden.	2012 <a href="http://replamo.de/de/projekt.html">replamo.de/de/projekt.html</a>
Planung, Gestaltung und Betrieb wandlungsfähiger Montagesysteme - PLAWAMO	Das Forschungsprojekt soll kleinen und mittleren Unternehmen ermöglichen, manuelle und hybride Montagesystem-Strukturen wandlungsfähig zu gestalten und zu betreiben. Es fehlt zurzeit eine adäquate und anwendbare Planungssystematik zur Auswahl von denen auf dem Markt verfügbaren, neuen Montagesystemen. Dies führt dazu, dass die meisten KMU auf ihre alten Montagesysteme zurückgreifen, obwohl neuere Montagesysteme wirtschaftlicher sein könnten. Die Unternehmen werden befähigt, den notwendigen Wandel frühzeitig zu erkennen, die erforderliche Wirtschaftlichkeit auf Basis von Szenarien und Prognosewerten zu berechnen sowie den Wandel in Montagesystemen und -technik mit einer geeigneten Organisation umzusetzen.	2012 <a href="http://www.plawamo.de/">www.plawamo.de/</a>
Advanced Knowledge-Based Tools for Efficient Process Improvement in Manufacturing in SMEs - ATEP-SME	Das Forschungsprojekt befasst sich mit der Entwicklung von wissensbasierten Werkzeugen und Methoden für die Umsetzung von Prozessverbesserungen in KMU. Die existierenden Werkzeuge entsprechen nicht den Anforderungen und Bedürfnissen heutiger KMU, die ein Werkzeug benötigen, welches eine Integration von Entwickler, Prozessplanung und Mitarbeiter auf der Shop-Floor-Ebene bietet, jedoch auch finanziell für KMU tragbar ist. Die im Projekt entwickelten Werkzeuge sollen unter anderem zur Reduktion von Stillstandzeiten (Mensch und Maschine) beitragen und Probleme für eine flexible Produktion lösen.	2012 <a href="http://atb-bremen.de/projects/ATEP-SME/Projects/proj-en.htm">atb-bremen.de/projects/ATEP-SME/Projects/proj-en.htm</a>

Forschungsprojekte	Beschreibung	Forschungseinrichtung
Gestaltung und Umsetzung dynamischer Produktionsstrukturen - DYNAPRO	Die Entwicklung von Modellen dynamischer Organisationsstrukturen und Verhaltensweisen sowie deren Umsetzung in produzierenden Unternehmen im turbulenten Umfeld werden in diesem Projekt fokussiert	2005 <a href="http://dynampro-forum.com/das_dynapro_forum.htm">dynampro-forum.com/das_dynapro_forum.htm</a>
Methoden und Instrumente zur Gestaltung, Stabilisierung und Bewertung dauerhafter Wandlungsfähigkeit - DaWa	Instrumente zur Erreichung von dauerhafter Wandlungsfähigkeit im produzierenden Unternehmen mit einem ganzheitlichen Fokus auf Produkt, Prozess, Mitarbeiter, Innovationsmanagement werden in diesem Forschungsprojekt entwickelt.	2000 <a href="http://www.dawa-online.de/">www.dawa-online.de/</a>
Wandlungsförderliche Prozessarchitekturen - WaProTek	Das Forschungsprojekts zielt auf die Entwicklung wandlungsfähiger Prozessarchitekturen für Unternehmen. Aus spezifischen Lösungsbausteinen, die jeweils das Zusammenspiel der technischen, logistischen, organisatorischen und personellen Unternehmensressourcen berücksichtigen, wird eine Gesamtprozessarchitektur erstellt, welches die Anforderung nach Wandlungsfähigkeit erfüllt.	2012 <a href="http://www.waprotek.de/">www.waprotek.de/</a>
Wachstumsstrategien durch marktorientierte Wandlungsfähigkeit und produktnahe Dienstleistungen - Stratema	Zur Identifizierung von Wandlungsfähigkeitspotentialen als Beitrag zum Unternehmenswachstum wurden Methoden und Strategien entwickelt, die Chancen und Potentiale auf Wachstum identifizieren. Es wurden gezielt Handlungsfeldern Strategie und Innovationsfähigkeit, Dienstleistungen und Produkte, Technik und Technologieentwicklung sowie Mensch und Organisation Erfahrungen und Ansätze für Wachstum identifiziert und systematisiert, Anforderungen neuer Markt- und Unternehmensbedingungen problemspezifisch definiert sowie Handlungsbedarf für Forschung, Unternehmen und Staat beschrieben, um Unternehmen zu nachhaltigem Wachstum zu befähigen.	1999 <a href="http://produktionsforschung.de/verbundprojekte/vp/index.htm?TF_ID=111&amp;VP_ID=164">produktionsforschung.de/verbundprojekte/vp/index.htm?TF_ID=111&amp;VP_ID=164</a>

# Netzwerkweite Ansätze zur wandlungsfähigen Gestaltung

Forschungsprojekte	Beschreibung	Forschungseinrichtung
Intelligente Schnittstellen in wandlungsfähigen Lieferketten - ISIWALK	Die Entwicklung neuer Methoden und Technologien in einer interdisziplinären Zusammenarbeit zur effizienten und effektiven Gestaltung und zum wirtschaftlichen Betrieb von wandlungsfähigen Lieferketten sind Thema dieses Forschungsantrages. Die Projektziele werden am Beispiel von Ein- und Auslagerungsprozessen mittels Gabelstaplern umgesetzt. Dazu werden wandlungsfähige Systeme zur optischen Positionsbestimmung und zur 3D-Objekterkennung entwickelt. Des Weiteren werden ein Lagerverwaltungssystem, das Skalierung der Lagerkapazität automatisch erfasst, und eine Methode zur Planung und Bewertung der Wandlungsfähigkeit in Lieferketten entwickelt.	2012 isi-walk.de
Planung und Optimierung von wandlungsfähigen globalen Wertschöpfungsnetzwerken - POWernet	Mit Fokus auf die Ermittlung methodischer, softwareunterstützter Lösungskombinationen soll mit dem Forschungsvorhaben die Wettbewerbsfähigkeit deutscher produzierender Unternehmen in globalen Wertschöpfungsnetzwerken gestärkt werden. Als Projektergebnisse entstehen fundierte Auswahl- und Steuerungsmöglichkeiten, um den für die jeweils aktuelle Situation optimalen Grad an Wandlungsfähigkeit im Netzwerk aus technischer, logistischer und organisatorischer Perspektive zu erzielen.	2012 isf-muenchen.de/ projektdetails/138
Innovative networks of SMEs for complex products manufacturing - NET-CHALLENGE	Durch das EU-Vorhaben sollen Unternehmen mit einem Methodenbaukasten mit effektiven Methoden oder Tools bei der Wandlung zu neuen Netzwerken zur Reaktion auf sich laufend verändernde Prozessbedingungen unterstützt werden. Europäische KMU müssen neue Business-Modelle anwenden, um neue dynamische und nicht-hierarchische Netzwerke zu kreieren und auf die sich rasch ändernden Marktbedingungen reagieren zu können.	2012 cordis.europa.eu/ projects/rcn/ 91287_en.html
Advanced methodologies and tools for the knowledge management within the extended manufacturing enterprises - K-FLOW	Der Fokus des Projektes liegt in der Entwicklung einer Softwareplattform und von Methoden zum Wissensmanagement innerhalb von Produktionsnetzwerken. Ein Schwerpunkt bei der Entwicklung liegt in der Integration der Produktionsmitarbeiter in das Wissensmanagement.	2004 cordis.europa.eu/search/ index.cfm? fuseaction=proj.documen t&PJ_RCN=5316410
Collaborative Improvement Tool for the Extended Manufacturing Enterprise - CO-IMPROVE	Im Projekt wird ein "Business Model" entwickelt, gestützt durch eine webbasierte Softwareplattform, welche dazu dient, das Wissen in einem zentralen Produktionsnetzwerk für alle Partner zugänglich zu machen.	2003 vbn.aau.dk/da/projects/ coimprove-collaborative- improvement-tool-for- the-extended- manufacturing- enterprise-network- project.html
Model-based Adaptive Product and Process Engineering - MAPPER	Die Vision beste darin, dass flexibel agierende Unternehmen kostengünstig Formen von Kooperationsnetzwerken aufbauen und somit ad hoc auf die Anforderungen des Marktes reagieren können. Dies wird realisiert sowohl durch visuelle Unternehmens-, Produkt- und Prozessmodelle als auch durch partizipative Engineering-Methoden.	2000 mapper.eu.org/public/ MAPPER-Poster.pdf
Früherkennen, Messen, Bewerten und Gestalten von Wandel im Wertschöpfungsnetz – Vertumnus	Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Implementierung eines Früherkennungssystems zur Identifikation, Messung und Bewertung von Wandlungstreibern in einem Wertschöpfungsnetz. Dabei werden unter anderem Kennzahlen für die Messung und Bewertung eingesetzt.	2012 www.vertumnus-projekt.de/

## Literaturverzeichnis

- [Abele und Dervisopoulos 2006] ABELE, E. ; DERVISOPOULOS, M.: Lebenszyklusmanagement betrifft Hersteller und Anwender. Optimierung, durch partnerschaftliche Zusammenarbeit. In: *VDMA* (2006), Nr. 05-06, S. 39–40
- [acatech 2010] ACATECH: *Cyber-Physical Systems - Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme*. München : Broy, M., 2010
- [acatech 2013] ACATECH: *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. Frankfurt a. M. : Kagermann, H., 2013
- [Aderhold 2005] ADERHOLD, J.: Unternehmen zwischen Netzwerken und Kooperation - Theoretische und pragmatische Folgen Folgerungen einer übersehenen Unterscheidung. In: WETZEL, R. (Hrsg.) ; MEYER, M. (Hrsg.): *Modernes Netzwerkmanagement: Anforderungen - Methoden - Anwendungsfelder*. Wiesbaden : Gabler, 2005, S. 113–142
- [APICS 2005] APICS: *APICS Dictionary*. 11. Aufl. Alexandria, Virginia (USA) : The Association for Operations Management, 2005
- [Arnold u. a. 2008] ARNOLD, D. ; ISERMANN, H. ; KUHN, A. ; TEMPELMEIER, H. ; FURMANN, K.: *Handbuch Logistik*. 3. Aufl. Berlin : Springer, 2008
- [Bauer u. a. 2014] BAUER, W. ; SCHLUND, S. ; MARRENBACH, D. ; GANSCHAR, O.: *Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. Berlin : BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., 2014
- [Bauernhansl u. a. 2014] BAUERNHANSL, T. ; HOMPEL, M. ten ; VOGELHEUSER, B.: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* :



- Anwendung, Technologien und Migration*. Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2014
- [Beller 2010] BELLER, M. ; KUHN, A. (Hrsg.): *Entwicklung eines prozessorientierten Vorgehensmodells zur Fabrikplanung*. Dortmund : Verlag Praxiswissen, 2010
- [Bellmann und Hippe 1996] BELLMANN, K. ; HIPPE, A.: Kernthesen zur Konfiguration von Produktionsnetzwerken. In: BELLMANN, K. (Hrsg.) ; HIPPE, A. (Hrsg.): *Management von Unternehmensnetzwerken. Interorganisationale Konzepte und praktische Umsetzung*. Wiesbaden : Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 1996, S. 55–86
- [Bernhard u. a. 2006] BERNHARD, J. ; SIEKE, H. ; SCHÜRMAN, C. ; VÖLKER, M.: Standardisierte Systemlastbeschreibung für die Modellierung großer Netze der Logistik. In: WENZEL, S. (Hrsg.): *Simulation in Produktion und Logistik*. Society for Modeling and Simulation International SCS Publishing House e.V., 2006, S. 115–124
- [Brakling u. a. 2014] BRAKLING, E. ; LUX, J. ; OIDTMANN, K.: *Logistikmanagement - Mit Logistik-Power schnell, schlank und fehlerfrei liefern*. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2014
- [Bretzke und Barkawi 2012] BRETZKE, W.-R. ; BARKAWI, K.: *Nachhaltige Logistik - Antworten auf eine globale Herausforderung*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2012
- [BSI 2012] BSI: *Sicherheitsempfehlung für Cloud Computing Anbieter - Mindestanforderungen in der Informationssicherheit*. Bonn : Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik - BSI, 2012
- [Bullinger und ten Hompel 2007] BULLINGER, H.-J. ; HOMPEL, M. ten: *Internet der Dinge*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2007
- [Corsten 2007] CORSTEN, H. (Hrsg.): *Produktionswirtschaft. Einführung in das industrielle Produktionsmanagement*. 11., vollständig überarbeitete Aufl. Oldenbourg, 2007

- [Corsten und Gössinger 2008] CORSTEN, H. ; GÖSSINGER, R.: *Einführung in das Supply Chain Management*. 2. Aufl. München : Oldenbourg Verlag, 2008
- [Eversheim 1996] EVERSHEIM, Walter ; KERN, W. (Hrsg.) ; SCHRÖDER, H.-H. (Hrsg.) ; WEBER, J. (Hrsg.): *Produktionstechnik- und verfahren*. 2. Aufl. Stuttgart : Schäffer-Pöschel, 1996
- [Fischer 2004] FISCHER, T.: *Multi-Agenten-Systeme im Fahrzeugumschlag - Agentenbasierte Planungsunterstützung für Seehafen-Automobilterminals*. Wiesbaden : Deutscher Universitäts-Verlag/GWV Fachverlag GmbH, 2004
- [Geisberger und Broy 2012] GEISBERGER, E. ; BROY, M.: *agendaCPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2012
- [Grundig 2008] GRUNDIG, C.-G.: *Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen*. München : Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2008
- [Heinemann 2010] HEINEMANN, G.: Aktuelle Situation und zukünftige Herausforderungen im E-Commerce. In: HEINEMANN, G. (Hrsg.) ; HAUG, A. (Hrsg.): *Web-Exzellenz im E-Commerce - Innovation und Transformation im Handel*. Wiesbaden : Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010, S. 3–20
- [Hellingrath und Kuhn 2013] HELLINGRATH, B. ; KUHN, A.: *Supply Chain Management - Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette*. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2013
- [Hermanns und Sauter 2001] HERMANN, A. ; SAUTER, M.: *Management-Handbuch electronic commerce - Grundlagen, Strategien, Praxisbeispiele*. 2. Aufl. München : Vahlen, 2001
- [Hernández 2002] HERNÁNDEZ, M.: *Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung*. Düsseldorf : VDI-Verlag, 2002

- [Hienerth 2010] HIENERTH, C.: *Kennzahlenmodell zur Erfolgsbewertung des E-Commerce - Analyse am Beispiel eines Mehrkanalhändlers*. 1. Aufl. Wiesbaden : Gabler / GWV Fachverlage GmbH, 2010
- [Hinrichs u. a. 2008] HINRICHS, J. ; LOHMANN, H. ; POPITZ, D.: *Manufacturing Execution Systems - Produktionssteuerung und -ausführung im adaptiven Unternehmen*. In: DANGLMAIER, W. (Hrsg.) ; AUFENANGER, B. (Hrsg.) ; KLÖPPER, B. (Hrsg.): *Reagible Unternehmen in dynamischen Märkten*. ALB-HNI-Verlagsschriftenreihe, 2008, S. 120–133
- [Kagermann u. a. 2012] KAGERMANN, H. ; WAHLSTER, W. ; HELBIG, J.: *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises 4.0*. Berlin : Büro der Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V., 2012
- [Kaluza und Blecker 1999] KALUZA, B. ; BLECKER, T.: *Integration von Unternehmung ohne Grenzen und Supply Chain Management*. Klagenfurt : Institut für Wirtschaftswissenschaften, 1999
- [Klingebiel 2008] KLINGEBIEL, K.: *Entwurf eines Referenzmodells für Built-to-Order-Konzepte in Logistiknetzwerken der Automobilindustrie*. Dortmund : Verlag PraxiswissenPraxiswissen, 2008
- [Kuhn und Hellingrath 2002] KUHN, A. ; HELLINGRATH, B.: *Supply Chain Management - Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2002
- [Kuhn und Hellingrath 2007] KUHN, A. ; HELLINGRATH, B.: *Logistik und IT als wechselseitiger Impulsgeber*. In: HOMPEL, M. ten (Hrsg.): *Software in der Logistik*. München : Huss Verlag, 2007, S. 14–21
- [Kuhn u. a. 2010] KUHN, A. ; KESSLER, S. ; LUFT, N.: *Prozessorientierte Planung wandlungsfähiger Produktions- und Logistiksysteme mit wiederverwendbaren Planungsfällen*. In: NYHUIS, P. (Hrsg.): *Wandlungsfähige Produktionssysteme*. Berlin : GITO-Verlag, 2010, S. 211–234

- [Kuhn u. a. 2011] KUHN, A. ; KLINGEBIEL, K. ; SCHMIDT, A. ; LUFT, N.: Modellgestütztes Planen und kollaboratives Experimentieren für robuste Distributionssysteme. In: SPATH, D. (Hrsg.): *Wissensarbeit - Zwischen strengen Prozessen und kreativem Spielraum*. Berlin : GITO-Verlag, 2011, S. 177–198
- [Lödding 2008] LÖDDING, H.: *Verfahren der Fertigungssteuerung*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2008
- [Lutz und Wiendahl 2003] LUTZ, S. ; WIENDAHL, H.-P.: Kooperation in der Produktion. In: ZENTES, J. (Hrsg.) ; SWOBODA, B. (Hrsg.) ; MORSCHETT, D. (Hrsg.): *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke. Grundlagen - Ansätze - Perspektiven*. 2. Aufl. Wiesbaden : Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2003
- [Meier und Stormer 2012] MEIER, A. ; STORMER, H.: *eBusiness und eCommerce - Management der digitalen Wertschoepfungskette*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer Gabler, 2012
- [Mell und Grace 2011] MELL, P. ; GRACE, T.: *The NIST Definition of Cloud Computing*. Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology (U.S. Department of Commerce), 2011
- [Milberg 2003] MILBERG, J.: Grenzen überwinden - Wachstum durch Innovation. In: ZÄH, M. F. (Hrsg.) ; REINHART, G. (Hrsg.) ; HOFFMANN, H. (Hrsg.) ; MILBERG, J. (Hrsg.): *Münchener Kolloquium 2003*. Landsberg/Lech : Mi-Verlag, 2003, S. 205–320
- [Milberg und Schuh 2013] MILBERG, J. (Hrsg.) ; SCHUH, G. (Hrsg.): *Erfolg in Netzwerken*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2013
- [Neuburger und Clemens-Ziegler 2003] NEUBURGER, R. ; CLEMENS-ZIEGLER, B.: *eBusiness-Entwicklung für kleine und mittelständische Unternehmen*. Berlin : SPC-TEIA-Lehrbuch-Verlag, 2003

- [Nyhuis 2010] NYHUIS, P.: *Wandlungsfähige Produktionssysteme*. Berlin : GITO-Verlag, 2010 (Schriftenreihe der Hochschulgruppe für Arbeits- und Betriebsorganisation e.V. (HAB))
- [Nyhuis u. a. 2008] NYHUIS, P. (Hrsg.) ; REINHART, G. (Hrsg.) ; ABELE, E. (Hrsg.): *Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten*. Garbsen : PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, 2008
- [Pibernik 2003] PIBERNIK, R.: Modellgestützte Flexibilitätsplanung in Supply Chains. Einsatz einer Software-Applikation in einem Biotechnologie-Unternehmen. In: *ZfB - Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 73 (2003), Nr. 11, S. 1141–1165
- [Pibernik und Isermann 2001] PIBERNIK, R. ; ISERMANN, H.: *Flexibilitätsplanung in Wertschöpfungsnetzwerken*. Wiesbaden : Dt. Univ.-Verl, 2001
- [Picot und Wolff 2005] PICOT, A. ; WOLFF, C.: Grundlagen für Flexibilitätsmanagement zwischenbetrieblicher Kooperationen. In: KALUZA, B. (Hrsg.) ; BLECKER, T. (Hrsg.): *Erfolgsfaktor Flexibilität - Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen*. Berlin : Erich Schmidt Verlag GmbH Co., 2005, S. 383–408
- [Reinhart u. a. 2002] REINHART, G. ; BERLAK, J. ; EFFERT, C. ; SELKE, C.: Wandlungsfähige Fabrikgestaltung. In: *ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 01-02 (2002), Nr. 97, S. 18–23
- [Reinhart u. a. 2008] REINHART, G. ; KREBS, P. ; SCHELLMANN, H.: Flexibilität und Wandlungsfähigkeit - das richtige Maß finden. In: *Münchener Kolloquium, Innovationen für die Produktion*. München : Herbert Utz Verlag GmbH, 2008
- [Roth 2008] ROTH, F.: Die Grenzen klassischer ERP-Systeme. In: JACOB, O. (Hrsg.): *ERP Value - Signifikante Vorteile mit ERP-Systemen*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2008, S. 61–74

- [Ruf und Fittkau 2008] RUF, W. ; FITTKAU, T.: *Ganzheitliches IT-Projektmanagement - Wissen, Praxis, Anwendungen*. München : Oldenbourg Verlag, 2008
- [Schenk u. a. 2014] SCHENK, M. ; WIRTH, S. ; MÜLLER, E.: *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb - Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik*. 2. Aufl. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2014
- [Scholz und Liesebach 2013] SCHOLZ, D. ; LIESEBACH, T.: Hybride Anpassungsplanung zur Konfiguration von Netzwerkfabriken. In: *Industrie Management* 29 (2013), Nr. 4, S. 49–52
- [Schubert und Wölflé 2000] SCHUBERT, P. ; WÖLFLE, R.: *E-Business erfolgreich planen und realisieren - Case Studies von zukunftsorientierten Unternehmen*. München : Hanser Verlag, 2000
- [Spath u. a. 2013] SPATH, D. ; GANSCHAR, O. ; GERLACH, S. ; M., Hämmelerle ; T., Krause ; SCHLUND, S. ; SPATH, D. (Hrsg.): *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Stuttgart : Fraunhofer Verlag, 2013
- [Syska 2007] SYSKA, A.: *Produktionsmanagement - Das A - Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute*. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2007
- [Thiele u. a. 2008] THIELE, K. ; MEYER, H. ; FUCHS, F.: *MES - Grundlagen der Produktion von morgen*. 2. Aufl. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2008
- [Thome und Schinzer 2000] THOME, R. ; SCHINZER, H.: *Electronic Commerce - Anwendungsbereiche und Potentiale der digitalen Geschäftsabwicklung*. 2. Aufl. München : Vahlen, 2000
- [Toth 2008] TOTH, M. ; KUHN, A. (Hrsg.): *Eine Methode für das kollaborative Bedarfs- und Kapazitätsmanagement in Engpasssituationen - Ein ganzheitlicher Ansatz zur Identifikation, Anwendung und Bewertung von*

- Engpassstrategien am Beispiel der Automobilindustrie.* Dortmund : Verlag Praxiswissen, 2008
- [Vahrenkamp 2008] VAHRENKAMP, R.: Softwarelösungen für die Produktionsplanung und -Steuerung PPS-, ERP- und SCM-Software. In: *Produktionsmanagement.* München : Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2008, S. 215–234
- [VDI 1989] VDI: *VDI 2385 - Leitfaden für die materialflußgerechte Planung von Industrieanlagen.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 1989
- [VDI 2007] VDI: *VDI 5600 - Fertigungsmanagementsysteme Manufacturing Execution Systems (MES).* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2007
- [Versteegen 2002] VERSTEEGEN, G.: *Software Management.* Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2002
- [Warnecke 1999] WARNECKE, H.-J. ; BRAUN, J. (Hrsg.): *Vom Fraktal zum Produktionsnetzwerk - Unternehmenskooperationen erfolgreich gestalten.* Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 1999
- [Weiss 2007] WEISS, P.: ERP - Stiefkind der Unternehmensoptimierung. In: KLAUS, P. (Hrsg.) ; STABERHOFER, F. (Hrsg.) ; ROTHSTÖCK, M. (Hrsg.): *Steuerung von Supply Chains - Strategien - Methoden - Beispiele.* Wiesbaden : Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, GWV Fachverlag GmbH, 2007, S. 205–240
- [Werner 2013] WERNER, H.: *Supply Chain Management - Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling.* 5. Aufl. Wiesbaden : Springer Gabler, 2013
- [Westkämper und Zahn 2009] WESTKÄMPER, E. ; ZAHN, E.: *Wandlungsfähige Produktionsunternehmen: Das Stuttgarter Unternehmensmodell.* Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2009

- [Wieczorrek und Mertens 2011] WIECZORREK, H. W. ; MERTENS, P.: *Management Von It-Projekten - Von Der Planung Zur Realisierung*. 4. Aufl. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2011
- [Wiendahl u. a. 2005] WIENDAHL, H.-P. (Hrsg.) ; NOFEN, D. (Hrsg.) ; KLUSSMANN, J. H. (Hrsg.) ; BREITENBACH, F. (Hrsg.): *Planung modularer Fabriken: Vorgehen und Beispiele aus der Praxis*. München : Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2005
- [Wiendahl u. a. 2014] WIENDAHL, H.-P. ; REICHARDT, J. ; NYHUIS, P.: *Handbuch Fabrikplanung - Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten*. 2. Aufl. München : Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2014
- [Winz und Quint 1997] WINZ, G. ; QUINT, M.: *Prozesskettenmanagement . Leitfaden für die Praxis*. Dortmund : Verlag Praxiswissen, 1997
- [Wirtz 2009] WIRTZ, B.W.: *Electronic Business*. 3. Aufl. Gabler, 2009
- [Zäh u. a. 2005] ZÄH, M. F. ; MOELLER, N. ; VOGL, W. ; ZÄH, M. F. (Hrsg.): *Symbiosis of Changeable and Virtual Production*. München : Utz Verlag, 2005
- [Zäh u. a. 2004] ZÄH, M. F. ; MÜLLER, N. ; PRASCH, M. ; SUDHOFF, W.: Methodik zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen. In: *ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 99 (2004), Nr. 4, S. 173–177



## **Eidesstattliche Erklärung zur Masterarbeit**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit von mir und ohne unerlaubter Hilfe angefertigt worden ist, insbesondere dass ich alle Abbildungen bzw. alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, kenntlich gemacht habe.

Castrop-Rauxel, den 15. April 2015

Tim J. Liesebach