TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

INSTITUT FÜR BETRIEBSWISSENSCHAFTEN UND FABRIKSYSTEME

Wissenschaftliche Schriftenreihe

Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze

Heft 59

ISSN: 0947-2495

Wissenschaftliche Schriftenreihe

des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. E. Müller
Prof. Dr. phil. habil. Dr.-Ing. B. Spanner-Ulmer

Heft 59, September 2007

Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze

Autor: Dr. J. Ackermann

Technische Universität Chemnitz

Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme

Technische Universität Chemnitz
Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme
09107 Chemnitz

Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze
Wissenschaftliche Schriftenreihe des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme, Heft 59
ISSN 0947 – 2495

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Printed in Germany 2007

Herstellung:
Werkstätten für Buchbinderei, 09130 Chemnitz, Zietenstraße 65

Vertrieb:
Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme

Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze

Von der Fakultät für Maschinenbau der
Technischen Universität Chemnitz

genehmigte
Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieur
(Dr.-Ing.)

vorgelegt

von	Dipl.-Ing. Jörg Ackermann	
geboren am	08. September 1969	in Lichtenstein (Sachs)
eingereicht am	18. April 2007	

Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. Egon Müller
	Prof. Dr. rer. nat. Dr. oec. habil. Joachim Käschel
	Prof. Dr.-Ing. Thomas Gäse

Chemnitz, den 05. September 2007

Bibliographische Angaben und Referat

Ackermann, Jörg

Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz, Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme,
Chemnitz, 05. September 2007

221 Seiten, 189 Abbildungen, 62 Tabellen, 419 Literaturquellen, 6 Anlagen

Referat

Kompetenzzellenbasierte (regionale) Netze stellen besondere Anforderungen an die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen.

Für die Logistikstrukturmodellierung werden ein generischer Beschreibungsrahmen für produktionslogistische soziotechnische Systeme, Definitionen u.a. zum zentralen Begriff Logistikstruktur sowie ein 3-Ebenen-Modell und Strukturtypen für eine vertiefende Materialflussanalyse und -synthese bereitgestellt.

Für die Logistikstrukturplanung wird darauf aufbauend mit der Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung (IPSS) eine Methode zur Behandlung von Strukturierungsproblemen konzipiert, die sowohl speziell für kompetenzzellenbasierte Netze als auch allgemein für Produktions- und Logistiksysteme angewandt werden kann.

Für die Logistikstrukturgestaltung werden unter Modell- und Methodenverwendung Szenarien sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen für den Materialfluss abgeleitet.

Schlagworte

3-Ebenen-Modell, Beschreibungsrahmen produktionslogistisches soziotechnisches System, Gestaltung, Integrative Prozess- und Systemstrukturierung (IPSS), Kompetenzzellenbasiertes Netz, Logistikstruktur, Materialfluss, Modellierung, Planung, Strukturtyp

Vorwort

Die Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme (IBF) der TU Chemnitz. Während dieser Zeit durfte ich die Unterstützung zahlreicher Personen erfahren, denen ich hiermit herzlich danken möchte.

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr.-Ing. Egon Müller, für die Bereitschaft zur Betreuung und die wohlwollende Förderung der Arbeit, die stete Motivation zu deren Fertigstellung und den gewährten inhaltlichen Freiraum.

Herrn Prof. Dr. rer. nat. Dr. oec. habil. Joachim Käschel und Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Gäse möchte ich für die eingebrachten wertvollen Anregungen und die Übernahme der weiteren Gutachten danken.

Frau Prof. Dr. phil. habil. Dr.-Ing. Birgit Spanner-Ulmer und Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Weidlich gilt Dank für die Übernahme des Rigerosums und des Beisitzes sowie Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Dietzsch für die Übernahme des Vorsitzes der Promotionskommission.

Den ehemaligen Professoren des IBF, Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Hartmut Enderlein, Herrn Prof. Dr. sc. techn. Alfred Förster, Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Petermann und Herrn Prof. Dr. Dr.-Ing. Siegfried Wirth, möchte dafür danken, dass sie mich an das Institut geführt und über die Jahre hinweg fachlich begleitet haben. Ich hoffe, mit meiner Arbeit die am IBF begründete Schule zu Flusssystemen und Strukturtypen sowie zu modularen Planungsmethodiken ein stückweit weitertragen zu können.

Meinen Kollegen am IBF gilt Dank für das stets sehr angenehme Arbeitsklima und die vielen angeregten Diskussionen zu mit der Arbeit verbundenen Themen.

Für das inhaltliche und formale Durchsehen der Arbeit sowie die Organisation des Tages der Verteidigung gilt folgenden Personen besonderer Dank: Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Heiko Baum, Herrn Dr.-Ing. Torsten Hildebrand, Herrn Dipl.-Math.oec. Sebastian Horbach, Herrn Dipl.-Ing. Gert Kobylka, Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Michael Krause, Frau Dipl.-Ing. (FH) Susan Lindner, Frau Dr.-Ing. Peggy Näser, Herrn Dipl.-Ing. Jens Schütze, Frau Kerstin Rockstroh.

Meinen Freunden möchte ich danken, dass sie sich stets für die Arbeit interessiert und es während der Zeit der Erstellung mit mir ausgehalten haben.

Nicht zuletzt gilt besonderer Dank meinen Eltern, Frau Christine Ackermann und Herrn Werner Ackermann, ohne deren uneingeschränkten Beistand auf meinem bisherigen Lebensweg diese Arbeit nicht möglich geworden wäre.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS I

ABBILDUNGSVERZEICHNIS IV

TABELLENVERZEICHNIS XI

FORMEL- UND GLEICHUNGSVERZEICHNIS XIV

ANLAGENVERZEICHNIS XV

ABKÜRZUNGS- UND SYMBOLVERZEICHNIS XVII

1 EINLEITUNG 1

1.1 ZUKÜNFTIGE UNTERNEHMENSFORMEN 1

1.2 KOMPETENZZELLENBASIERTE NETZE 2

1.3 REGELWERK PLANET UND ASSISTENZSYSTEM NETZPLANUNGSASSISTENT 6

2 KONZEPTION UND AUFBAU DER ARBEIT 11

3 PROBLEMSTELLUNG UND MOTIVATION 14

3.1 IMPLIKATIONEN AUS DEM KOMPETENZZELLENBASIERTEN VERNETZUNGSANSATZ 14

3.2 ZIELE 16

3.3 FRAGESTELLUNGEN 17

4 STAND DER FORSCHUNG 18

4.1 WISSENSCHAFTSMETHODEN UND BEZUGSRAHMEN 18

4.2 THEORIEN 19

4.2.1 SYSTEMTHEORIE 19

4.2.2 GRAPHENTHEORIE 23

4.2.3 KONTEXTSPEZIFISCHE ABLEITUNGEN DER SYSTEMTHEORIE 24

4.3 BESCHREIBUNGSKONZEPTE, MODELLE UND TERMINI 34

4.3.1 BESCHREIBUNGSKONZEPTE UND MODELLE 34

4.3.2 TERMINI 37

4.4 PRODUKTIONSLOGISTISCHE STRUKTUREN 38

4.4.1 ZIELE UND STRUKTUREN 38

4.4.2 LEISTUNGEN UND STRUKTUREN 39

4.4.3 FUNKTIONEN UND STRUKTUREN 39

4.4.4 MATERIAL- UND INFORMATIONSFLUSSSTRUKTUREN ... 40
4.4.5 FLUSSSYSTEMSTRUKTUREN ... 43
4.4.6 FERTIGUNGSSYSTEMSTRUKTUREN ... 46
4.4.7 MONTAGESYSTEMSTRUKTUREN ... 48
4.4.8 STRUKTURKENNGRÖßEN ... 48
4.4.9 STRUKTURIERUNGSPRINZIPIEN ... 48

4.5 PROBLEMLÖSUNG UND PLANUNG ... 49
4.5.1 PROBLEMLÖSUNG ... 49
4.5.2 PRODUKTIONSSYSTEM- UND FABRIKPLANUNG ... 53
4.5.3 LOGISTIKPLANUNG ... 55
4.5.4 PPS UND SCM ... 56

4.6 GESTALTUNG REGIONALER PRODUKTIONSLOGISTISCHER NETZE ... 58
4.6.1 PRODUKTIONS- UND LOGISTIKNETZE ... 58
4.6.2 LOGISTIKSYSTEMGESTALTUNG ... 59

4.7 GESAMTFAZIT, DEFIZIT UND HANDLUNGSBEDARF ... 67

4.8 BASISTHEORIEN, -MODELLE, -KONZEPTE UND -METHODEN ... 70

4.9 HYPOTHESEN ... 71

5 MODELLIERUNG 73

5.1 ANFORDERUNGSPROFIL MODELLIERUNG ... 73

5.2 BESCHREIBUNGSRAHMEN ... 73
5.2.1 SICHTENKONZEPT UND METAMODELL DES SOZIOTECHNISCHEN SYSTEMS ... 74
5.2.2 BESCHREIBUNGSRAHMEN – ERWEITERUNG ZUM SICHTENKONZEPT/METAMODELL ... 75
5.2.3 KRITISCHE WÜRDIGUNG BESCHREIBUNGSRAHMEN ... 78

5.3 TERMINUS LOGISTIKSTRUKTUR ... 80
5.3.1 MOTIVATION ZUR KLÄRUNG UND DEFINITION ... 80
5.3.2 VORGEHENSWEISEN FÜR DIE ABGRENZUNG ... 80
5.3.3 ANALYSEN UND DEFINITIONEN ZU LOGISTIK UND STRUKTUR ... 81
5.3.4 ANALYSE ZU LOGISTIKSTRUKTUR ... 83
5.3.5 DEFINITION LOGISTIKSTRUKTUR ... 85

5.4 FLUSSMODELLE UND -REPRÄSENTANTEN ... 86
5.4.1 NUTZEN VON FLUSS(SYSTEM)MODELLEN UND -REPRÄSENTANTEN ... 86
5.4.2 3-EBENEN-MODELL ALS MODELL FÜR FLUSSSYSTEME ... 86
5.4.3 STRUKTURTYPEN ALS REPRÄSENTANTEN FÜR FLUSSSYSTEME ... 88
5.4.3.1 STRUKTURTYPEN ALS STRUKTURELLE GRUNDGESTALTEN ... 88
5.4.3.2 MODELLIERUNG VON FLUSSSYSTEMEN DER LOGISTIK MITTELS STRUKTURTYPEN ... 90
5.4.3.3 KENNGRÖßEN AUF BASIS DES 3-EBENEN-MODELLS UND DER STRUKTURTYPEN ... 97
5.4.3.4 GENERELLE ANWENDBARKEIT UND SINNFÄLLIGKEIT DER STRUKTURTYPEN ... 104

6 PLANUNG 106

6.1 ANFORDERUNGSPROFIL PLANUNG ... 106

6.2 VORBETRACHTUNGEN ZUR METHODE ... 107

6.3 METHODENABLEITUNG ... 111
6.3.1 ENTWURF METHODENKONZEPT ... 112
6.3.1.1 METHODENFOKUS ... 112

6.3.1.2 GENERIERUNG BESCHREIBUNGSVORRAT 112
6.3.1.3 MÄCHTIGKEIT BESCHREIBUNGSVORRAT 119
6.3.2 EINORDNUNG METHODENKONZEPT 119
6.3.3 DETAILLIERUNG UND AUSGESTALTUNG METHODENKONZEPT 122
6.3.3.1 AUFBAU STRUKTURIERUNGSBIBLIOTHEK 122
6.3.3.2 PERIPHERE KOMPONENTEN 124
6.3.3.3 KERNKOMPONENTEN 129

6.4 METHODENEVALUIERUNG UND -ANWENDUNG 139
6.4.1 ANALYSE VON STRUKTURIERUNGSRELEVANTEM CONTENT 140
6.4.1.1 (GROB-)FUNKTIONEN 140
6.4.1.2 VORGEHENSWEISEN 142
6.4.2 SYNTHESE VON STRUKTURIERUNGSRELEVANTEM CONTENT 142
6.4.2.1 (GROB-)FUNKTIONEN 142
6.4.2.2 VORGEHENSWEISEN 143
6.4.3 WEITERFÜHRENDE EVALUIERUNG UND ANWENDUNG 149
6.4.4 NACHBETRACHTUNGEN ZUR METHODE 151

6.5 INSTRUMENTARIEN FÜR DEN METHODENSUPPORT 154

7 GESTALTUNG 155

7.1 ANFORDERUNGSPROFIL GESTALTUNG 155

7.2 KONKRETISIERUNG UND ABGRENZUNG UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND 156

7.3 GESTALTUNG VON MATERIALFLUSSSTRUKTUREN 163
7.3.1 ARGUMENTATIONSKETTEN 165
7.3.1.1 STRUKTURTYPEN UND 3-EBENEN-MODELL 165
7.3.1.2 KONZEPTE UND STRATEGIEN DER DE-/REZENTRALISIERUNG 166
7.3.2 EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN 171
7.3.2.1 VERSUCHSPLANUNG 171
7.3.2.2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG 179
7.3.2.3 VERSUCHSERGEBNISSE UND -INTERPRETATION 181
7.3.3 THEORETISCHE HERLEITUNGEN 186
7.3.3.1 HERLEITUNG UND ERGEBNISSE 186
7.3.3.2 INTERPRETATION 187

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK 189

8.1 ZUSAMMENFASSUNG 189

8.2 AUSBLICK 193

LITERATURVERZEICHNIS 195

GLOSSAR 216

ANLAGEN A1

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ökonomische(s) Bedeutung und Potenzial von Kleinstunternehmen in Europa-19 (19 Staaten der EU) ... 2
Abbildung 2: Denkmodell „Hierarchielose regionale Produktionsnetze“ ... 3
Abbildung 3: Generisches Modell der Kompetenzzelle und Vorgehensmodell des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes ... 4
Abbildung 4: Komponenten des Systems Engineering als Ordnungsrahmen für PlaNet mit inhaltlicher Ausgestaltung ... 7
Abbildung 5: Netzplanungsassistent ... 9
Abbildung 6: Konzeption und Aufbau der Arbeit ... 11
Abbildung 7: Gegenüberstellung von Aufbau- und Ablaufstruktur ... 21
Abbildung 8: Hierarchische Gliederung der unterschiedlichen Systemtypen ... 23
Abbildung 9: Prozesskettenelement mit Potenzialklassen ... 24
Abbildung 10: Flüsse, Funktionsketten und Flusssystemelemente eines allgemeinen Fertigungsplatzes ... 26
Abbildung 11: Hierarchische Gliederung von Fertigungssystemen ... 27
Abbildung 12: Transformationsprozesse der Logistik (allgemein) ... 29
Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Produktionssystem und seinen Beziehungen zur Umgebung über die Randstruktur mittels Inputs und Outputs ... 29
Abbildung 14: Beschreibung eines Arbeitssystems ... 31
Abbildung 15: ARIS-Zerlegungssichten des Prozessmodells ... 32
Abbildung 16: Generisches Aktivitätsmodell der IUM ... 33
Abbildung 17: A five-layer model for road freight transport ... 35
Abbildung 18: Ebenen eines Logistiknetzes ... 36
Abbildung 19: Zielsystem der PPS ... 38
Abbildung 20: Verlaufsformen der Flussintensitäten als zeitliche Strukturtypen der Flusssysteme ... 43
Abbildung 21: Strukturtypen (räumliche) der Flusssysteme ... 45
Abbildung 22: Ableitung von Organisationstypen der Fertigung nach der Bewegungsstruktur ... 47
Abbildung 23: Komponenten des Systems Engineering ... 50
Abbildung 24: Phasenmodell und Problemlösungszyklus ... 50
Abbildung 25: Integration und Kopplung von Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden ... 51
Abbildung 26: Schematische Übersicht der Typen von Produktionsnetzen ... 58
Abbildung 27: Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Logistiksysteme regionaler Produktionsnetze ... 61
Abbildung 28: Konsolidierung durch Sendungsverdichtung (▣) und Tourenverdichtung ... 63

Abbildung 29: Sichtenkonzept und Metamodell 74
Abbildung 30: Ordnungsrahmen der Beschreibungsvorratsgenerierung mit Beschreibungsrahmen 77
Abbildung 31: Vorgehensweisen zur Entwicklung einer Definition zum Begriff Logistikstruktur 81
Abbildung 32: Zuordnungen zwischen Systemarten der IPSS und Ebenen des 3-Ebenen-Modells 88
Abbildung 33: Termini der räumlichen Strukturtypen in Analogie zu geometrischen Dimensionen 89
Abbildung 34: Belegung der Verbindungsmatrix 92
Abbildung 35: Netztypen und Rückführung auf Strukturtypen 92
Abbildung 36: Sternstruktur als zyklische Punktstruktur 93
Abbildung 37: Doppelte Sternstruktur/nichtzyklische Punktstruktur mit zwei zyklischen Punktstrukturen 93
Abbildung 38: Matrizen für nichtzyklische Punktstruktur mit zwei zyklischen Punktstrukturen 94
Abbildung 39: Typische Matrizenbelegungen bei Differenzierung der Punktstruktur 96
Abbildung 40: 3-knotenstufiges/4-kantenstufiges System mit Sammel- und Verteilstationen und Logistikzentren 97
Abbildung 41: Stufigkeit anhand der Matrixbelegung am Beispiel eines 3-knotenstufigen/ 4-kantenstufigen Systems 98
Abbildung 42: Beispiele für Linienstrukturen über verschiedene Segmente 100
Abbildung 43: Beispiel 4. Stufen-Segment (ungerichtete Netzstruktur) 101
Abbildung 44: Beispiele Sammelstationensegment (nichtzyklische Punktstruktur) und Lieferantensegment (gerichtete Netzstruktur) 101
Abbildung 45: Beispiel Linienstruktur über Stufen-Segmente 101
Abbildung 46: Modelltransformation am Beispiel einer Doppel-Punkt-Struktur 102
Abbildung 47: 1. Ansatz – Gewinnung Beschreibungsvorrat aus Beschreibungsrahmen 107
Abbildung 48: 2. Ansatz – „Mittler“ zwischen allgemeinen und spezifischen Methodiken 108
Abbildung 49: 3. Ansatz – flexibler Planungsprozess dargestellt am Beispiel einer im Planungsablauf vorverlegten integrierten Prozess- und Systemstrukturierung 110
Abbildung 50: Ordnungsrahmen der Beschreibungsvorratsgenerierung mit Methodenfokus 112
Abbildung 51: Ordnungsrahmen des Beschreibungsvorrates mit Beschreibungsvorrats-matrix$_{30}$: Kombinationen von Elementarten plus Einfach-Kombinationen von Element- und Strukturarten 115
Abbildung 52: Ordnungsrahmen der Strukturierungsbibliothek 123
Abbildung 53: Strukturierungsprinzipien (Auswahl) 124
Abbildung 54: Strukturierungsrelevante Modelle (Auswahl) 125
Abbildung 55: Strukturierungsrelevante Repräsentanten (Auswahl) 126
Abbildung 56: Strukturierungsrelevante Daten (Auswahl) 126

Abbildung 57: Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösungen (Auswahl)..... 127
Abbildung 58: Strukturierungsrelevante Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden (Auswahl)..... 127
Abbildung 59: Strukturierungsoptionen (Auswahl) 128
Abbildung 60: Strukturierungsrelevante Rollen/Akteure (Auswahl) 128
Abbildung 61: Strukturierungsunterstützende Instrumentarien (Auswahl)..... 129
Abbildung 62: Wirkungsnetz der Grobfunktionen (analog der Beschreibungskonstrukte) 133
Abbildung 63: Einflussportfolio der Grobfunktionen (analog der Beschreibungskonstrukte)..... 134
Abbildung 64: Prinzipdarstellung einer Vorgehensweise der Praxisnahen Produktionsstättenplanung als Pfad über die GFM_{30} 145
Abbildung 65: Prinzipdarstellung einer Vorgehensweise der Strategischen Logistikplanung als Pfad über die GFM_{30} 146
Abbildung 66: Prinzipdarstellung einer Vorgehensweise des Operativen Auftrags-managements als Pfad über die GFM_{30} 148
Abbildung 67: Zielsystem der logistischen Auftragsabwicklung in Netzen und Zielsystem der Logistiksystemplanung und -gestaltung 159
Abbildung 68: Typische Struktureinheiten kompetenzzellenbasierter Netze und Flüsse (Prinzipdarstellung ausgehend vom kompetenzzellenbasierten Produktionssystemmodell) 162
Abbildung 69: Kombination 3-Ebenen-Modell mit Strukturtypen als Grundidee der Szenarienbildung..... 171
Abbildung 70: Versuchsaufbau für die analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista (Beispiel) 179
Abbildung 71: Versuchsaufbau für die simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant (Beispiel)..... 180
Abbildung 72: Versuchsaufbau in CATRIN für die Lösungsfindung durch Optimierung (Beispiel)..... 181
Abbildung 73: Typische Materialflussstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze 185
Abbildung 74: Transportspielanzahlen in Abhängigkeit von den Bedarfs- und Transportstrukturen bei einer Anzahl von 10 Struktureinheiten..... 187

Abbildung A1: Die interdependenten Teilprobleme des logistischen Organisationsproblems A27
Abbildung A2: Ablauf- und Struktursicht A30
Abbildung A3: Classical transport/inventory trade-off..... A33
Abbildung A4: Changes in the inventory/transport equilibrium..... A33
Abbildung A5: Beschaffungsstrukturen..... A34
Abbildung A6: Logistikstrukturen von Produktionsverbundsystemen..... A35
Abbildung A7: Alternative Logistikstrukturen A35
Abbildung A8: Distributionslogistikkonzepte A36

Abbildung A9: Logistik-Prüfstand: Exemplarische Einordnung eines Leistungserstellungsprozesses in Abstraktionsebenen der Unternehmenswelt A38
Abbildung A10: Alternative Verkehrsnetzstrukturen A38
Abbildung A11: Kommissionierung im Zentrallager A39
Abbildung A12: Logistikprozesse (Netz-„Flüsse“) A39
Abbildung A13: Logistiksysteme A40
Abbildung A14: The logistics bench: Logistics simulation from supply chain down to single operation A41
Abbildung A15: Logistische Systemstrukturen (Auswahl) A42
Abbildung A16: Relationship patterns in a basic structure A43
Abbildung A17: Transportarten von Verkehrswegesystemen A44
Abbildung A18: Elementare Netzstrukturen A45
Abbildung A19: Verknüpfte Flächennetzstrukturen A46
Abbildung A20: Darstellung eines a Direktverkehrsnetzes; b Hub-Spoke-Netzes A47
Abbildung A21: Darstellung einer Regionalhubstruktur A48
Abbildung A22: Darstellung eines a Feederhub-Transportnetzes (dreistufige Hubstruktur); b gemischten Transportnetzes A48
Abbildung A23: Different types of transport networks A49
Abbildung A24: Netzstrukturen mit ihren Eigenschaften A51
Abbildung A25: A Point-to-Point Network and A Hub-and-Spoke Network A52
Abbildung A26: Verkehrsnetzarten A53
Abbildung A27: Einstufige Struktur mit Direktbelieferung A54
Abbildung A28: Dreistufiges Logistiksystem mit Sammel- und Verteilstationen A54
Abbildung A29: Netztopologien A55
Abbildung A30: Strukturierungsprinzipien A58
Abbildung A31: Strukturbilder der organisatorischen Struktur A59
Abbildung A32: Ansätze für die Planung von Organisationsstrukturen A59
Abbildung A33: Beispiele ein- und zweistufiger hierarchischer Strukturierung A60
Abbildung A34: Materialflussprinzipien – Übersicht A61
Abbildung A35: Projektierungsschritte der Neuprojektierung und -belegung von Prod.-systemen . A65
Abbildung A36: Projektierungsablauf Werkstätten A66
Abbildung A37: Schrittweise Bestimmung des Produktionsprogramms A67
Abbildung A38: Projektierungs-/Planungsschritt Funktionsbestimmung A67
Abbildung A39: Projektierungs-/Planungsschritt Dimensionierung A68
Abbildung A40: Projektierungs-/Planungsschritt Strukturierung A69
Abbildung A41: Projektierungs-/Planungsschritt Gestaltung A69

Abbildung A42: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise der Projektierung von Produktionssystemen als Pfad über die GFM_{30} A71

Abbildung A43: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise des Martin-Verfahrens als Pfad über die GFM_{30} A74

Abbildung A44: Ablauf einer Planung von Materialflusssystemen und beispielhafte Methoden und Hilfsmittel für die einzelnen Planungsschritte A76

Abbildung A45: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise der Planung von Materialflusssystemen als Pfad über die GFM_{30} A79

Abbildung A46: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise des Savingsverfahrens als Pfad über die GFM_{30} A82

Abbildung A47: MRP II-Konzept A83

Abbildung A48: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise des MRP II-Konzeptes mit MRP I- und MRP-Konzept als Pfad über die GFM_{30} A86

Abbildung A49: Erzeugnisstruktur nach Fertigungsstufen A87

Abbildung A50: Erzeugnisstruktur nach Dispositionsstufen A88

Abbildung A51: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise der Stücklistenauflösung (nach Dispositionsstufen) als Pfad über die GFM_{30} A89

Abbildung A52: Verbesserung der Struktur von Teileflusssystemen 3. Ordnung (Beispiel) A91

Abbildung A53: Abläufe neu strukturieren A94

Abbildung A54: Vorgehensweise zur Definition der Mindestanforderungen an Ressourcen A97

Abbildung A55: Regelkreis und Abbildung der Produktion A97

Abbildung A56: Strukturveränderung von Prozessen – Sammlung A99

Abbildung A57: Strukturierungsbibliothek (Portal) A102

Abbildung A58: Strukturierungsrelevante Grobfunktionen A103

Abbildung A59: Grobfunktionen Abstraktionsgrad I A103

Abbildung A60: Grobfunktionen Abstraktionsgrad III – GFM_{30} A104

Abbildung A61: Ausgestaltete Grobfunktion räumliche Einheitenstruktur bestimmen der GFM_{30}/des Abstraktionsgrades III A104

Abbildung A62: Grobfunktionen Abstraktionsgrad VI A105

Abbildung A63: Übergang Kern ⇨ Peripherie am Beispiel Grobfunktionen ⇨ Repräsentanten A106

Abbildung A64: Strukturierungsrelevante Grobfunktions-Vorgehensweisen A107

Abbildung A65: Vorgehensweise der Praxisnahen Produktionsstättenplanung aufgebaut als Pfad über die GFM_{30} A108

Abbildung A66: Vorgehensweise der Strategischen Logistikplanung aufgebaut als Pfad über die GFM_{30} A109

Abbildung A67: Vorgehensweise des Operativen Auftragsmanagements aufgebaut als Pfad über die GFM_{30} A109

Abbildung A68: Strukturierungsprinzipien A110

Abbildung A69: Strukturierungsprinzip Prozess-/Teilprozessorientierung projiziert auf die GFM_{30} ... A110
Abbildung A70: Strukturierungsrelevante Modelle ... A111
Abbildung A71: Strukturierungsrelevantes Modell 3-Ebenen-Modell projiziert auf die GFM_{30} ... A111
Abbildung A72: Strukturierungsrelevante Repräsentanten ... A112
Abbildung A73: Strukturierungsrelevanter Repräsentant Strukturtypen projiziert auf die GFM_{30} ... A112
Abbildung A74: Strukturierungsrelevante Datenmodelle und Daten ... A112
Abbildung A75: Strukturierungsrelevantes Datenmodell – Produktionsdatenmodell (grob) ... A113
Abbildung A76: Strukturierungsrelevante Daten ... A113
Abbildung A77: Strukturierungsrelevante Daten zu Funktionen projiziert auf die GFM_{30} ... A113
Abbildung A78: Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösungen ... A114
Abbildung A79: Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösung Güterstraßenbahn projizierte auf die GFM_{30} ... A114
Abbildung A80: Strukturierungsrelevante Vorgehensweisen, -funktionen und -methoden ... A115
Abbildung A81: Vorgehensweise der Projektierung von Produktionssystemen (Original) ... A116
Abbildung A82: Vorgehensweise der Projektierung von Produktionssystemen projiziert als Pfad über die GFM_{30} ... A117
Abbildung A83: Vorgehensweise der Systematischen Fabrik(struktur)planung (Original) ... A118
Abbildung A84: Vorgehensweise der Systematischen Fabrik(struktur)planung projiziert als Pfad über die GFM_{30} ... A119
Abbildung A85: Martin-Verfahren (Original) ... A120
Abbildung A86: Martin-Verfahren projiziert als Pfad über die GFM_{30} ... A120
Abbildung A87: Vorgehensweise der Planung von Materialflusssystemen (Original) ... A120
Abbildung A88: Vorgehensweise der Planung von Materialflusssystemen projiziert als Pfad über die GFM_{30} ... A121
Abbildung A89: Savingsverfahren (Original) ... A122
Abbildung A90: Savingsverfahren projiziert auf die GFM_{30} ... A122
Abbildung A91: Miehle-Verfahren (Original) ... A123
Abbildung A92: Miehle-Verfahren projiziert auf die GFM_{30} ... A123
Abbildung A93: Vorgehensweise des MRP II-Konzeptes mit MRP I- und MRP-Konzept (Original) ... A124
Abbildung A94: Vorgehensweise des MRP II-Konzeptes mit MRP I- und MRP-Konzept projiziert als Pfad über die GFM_{30} ... A125
Abbildung A95: Methode der Stücklistenauflösung (Original) ... A126
Abbildung A96: Methode der Stücklistenauflösung projiziert als Pfad über die GFM_{30} ... A126
Abbildung A97: Strukturierungsoptionen ... A126
Abbildung A98: Maßnahmekatalog (Sammlung) zur Strukturveränderung von Prozessen ... A127

Abbildung A99: Strukturveränderungsmaßnahme Umordnen projiziert auf die GFM_{30} A127

Abbildung A100: Strukturierungsrelevante Rollen/Akteure A128

Abbildung A101: Strukturierungsrelevante Rolle/Akteure unmittelbare(r) Planer projiziert auf die GFM_{30} A128

Abbildung A102: Strukturierungsunterstützende Instrumentarien A129

Abbildung A103: Strukturierungsunterstützendes Instrumentarium OptPS projiziert auf die GFM_{30} A129

Abbildung A104: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen I A130

Abbildung A105: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen II A131

Abbildung A106: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen III A131

Abbildung A107: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen A132

Abbildung A108: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Transportmittelkapazität und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen I A133

Abbildung A109: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Transportmittelkapazität und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen II A133

Abbildung A110: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Transportmittelkapazität und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen III A134

Abbildung A111: Abhängigkeiten der Transportspiele von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen A135

Abbildung A112: Abhängigkeiten der Gesamtwege von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen I A136

Abbildung A113: Abhängigkeiten der Gesamtwege von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen II A136

Abbildung A114: Abhängigkeiten der Transportstruktur von der Transportmittelkapazität (Szenarien 11-15) A138

Abbildung A115: Abhängigkeiten der Transportstruktur von der Transportmittelkapazität und der Steuerstrategie (Szenarien 21-25) A139

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Systemtypen 20
Tabelle 2: Gliederungsgesichtspunkte bezüglich Beziehungen bzw. Strukturen 22
Tabelle 3: Konstrukte der Flusssystemtheorie 25
Tabelle 4: Konstrukte von Arbeitssystemen 30
Tabelle 5: ARIS-Sichten 31
Tabelle 6: Beschreibungskonzepte und Modelle mit angewandten Prinzipien 37
Tabelle 7: Prozess- und Systemstrukturen und ihre Typen 43
Tabelle 8: Allgemeine Methoden 52
Tabelle 9: Allgemeine Planungsvorgehensweisen der Logistik 55
Tabelle 10: Systematisierung relevanter Modellierungsansätze (Auswahl) für soziotechnische Systeme hinsichtlich deren elementorientierten Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung 79
Tabelle 11: Systematisierung relevanter Modellierungsansätze (Auswahl) für soziotechnische Systeme hinsichtlich deren beziehungsorientierten Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung 79
Tabelle 12: Beschreibung der Einfach-Kombinationen zwischen Element- und Strukturarten 118
Tabelle 13: Einflussmatrix der Grobfunktionen (analog der Beschreibungskonstrukte) 132
Tabelle 14: Kurzbeschreibung einer Vorgehensweise der Praxisnahen Produktionsstättenplanung 144
Tabelle 15: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Systems der Domäne Logistik 158
Tabelle 16: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Zielsystems (hier Ziel(e) und rangmäßige Zielstruktur) der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze 160
Tabelle 17: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Leistungssystems (Leistungen und deren Strukturen) und eines Funktionssystems der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze 160
Tabelle 18: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Kompetenz-/Ressourcensystems und eines Einheitensystems (Struktureinheiten und deren Strukturen) der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze 161
Tabelle 19: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Systems der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze bezüglich Materialfluss 163
Tabelle 20: Versuchsplan 173
Tabelle 21: Szenarien für die analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels 4flow vista 174
Tabelle 22: Szenarien für die simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels eM-Plant 176

Tabelle 23: Szenarien für die Lösungsfindung durch Optimierung in CATRIN 178

Tabelle 24: Transportspielanzahlen in Abhängigkeit von den Bedarfs- und Transportstrukturen sowie der Anzahl Struktureinheiten..... 186

Tabelle 25: Zusammenstellung der Hypothesenprüfung und Prüfungsergebnis 192

Tabelle A1: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten Systemtheorie nach PATZAK zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS.....A5

Tabelle A2: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Graphentheorie zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS A5

Tabelle A3: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Prozesskettentheorie nach KUHN zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS.....A6

Tabelle A4: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Flusssystemtheorie nach WIRTH/ FÖRSTER zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS A7

Tabelle A5: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Fertigungssystemtheorie“ nach WIRTH/FÖRSTER zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS A8

Tabelle A6: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Logistiksystemtheorie“ nach JÜNEMANN zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS A9

Tabelle A7: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Produktionssystemtheorie“ nach SCHMIGALLA zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS.....A10

Tabelle A8: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Arbeitssystemtheorie“ nach REFA zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS.....A10

Tabelle A9: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Geschäftsprozessmodellierungs-methode ARIS nach SCHEER zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS.....A11

Tabelle A10: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Methode der Integrierten Unternehmensmodellierung nach SPUR zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS A12

Tabelle A11: Definitionen zum Begriff Prozess.....A14

Tabelle A12: Definitionen zum Begriff System.....A16

Tabelle A13: Definitionen zum Begriff Logistik.....A18

Tabelle A14: Zusammenfassende Darstellung zum Logistikbegriff nach KLAUS, WEBER und KUMMER sowie DELFMANN A19

Tabelle A15: Definitionen zum Begriff Struktur A21

Tabelle A16: Rückführung der Logistischen Systemstrukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.....A43

Tabelle A17: Rückführung der Grundstrukturen von Integralen logistischen Strukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A44

Tabelle A18: Rückführung der Transportarten von Verkehrswegesystemen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A45

Tabelle A19: Rückführung der Netzstrukturen von Transportsystemen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.....A46

Tabelle A20: Charakteristika von Direktverkehrs- und Hub-Spoke-Netzen A47

Tabelle A21: Rückführung der Typen von Transportnetzen I auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A48

Tabelle A22: Rückführung der Typen von Transportnetzen II auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A50

Tabelle A23: Rückführung der Typen von Transportnetzen III auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A51

Tabelle A24: Rückführung der Typen von Transportnetzen IV auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A52

Tabelle A25: Rückführung der Strukturen von Airline Networks auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A52

Tabelle A26: Rückführung der Verkehrsnetzarten auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A53

Tabelle A27: Rückführung der Stufigen logistischen Leistungssysteme auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A55

Tabelle A28: Rückführung der Netztopologien des Informationsflusses auf die Strukturtypen und deren Kombinationen A56

Tabelle A29: Überblick über die Strukturierungsprinzipien und Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS A63

Tabelle A30: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Strukturverbesserung von Teileflusssystemen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS A92

Tabelle A31: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Veränderung der Prozess-struktur auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS A93

Tabelle A32: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Neustrukturierung von Abläufen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS A94

Tabelle A33: Prinzipielle Maßnahmen zur Veränderung bzw. Anpassung von Prozessen A95

Tabelle A34: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Veränderung bzw. Anpassung von Prozessen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS A96

Tabelle A35: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Strukturveränderung auf Prozessebene auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS A99

Tabelle A36: Projektion der Sammlung an Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS A101

Tabelle A37: Szenarien und Versuchsergebnisse in CATRIN (Auswahl) A137

FORMEL- UND GLEICHUNGSVERZEICHNIS

(1) Mengentheoretische Beschreibung eines Graphen ... 23

(2) Mengentheoretische Beschreibung eines Logistiksystems ... 28

(3) Zustandsbeschreibung eines Transformationsprozesses in der Logistik ... 28

(4) Mengentheoretische Beschreibung eines Produktionssystems ... 30

(5) Anzahl Kombinationen aus Element- und Strukturarten ... 113

(6) Anzahl Kombinationen aus Element- und Strukturarten (ohne Null-Kombinationen) ... 113

(7) Anzahl Kombinationen aus Element- und Strukturarten (ohne Null-Kombinationen der Elementarten) ... 113

(8) Anzahl Einfach-Kombinationen aus Element- und Strukturarten ... 113

(9) Anzahl Kombinationen (bestimmt aus Existenz/Nicht-Existenz der 25 Einfach-Kombinationen) ... 114

(10) Anzahl Kombinationen (bestimmt aus Existenz/Nicht-Existenz der 25 Einfach-Kombinationen mit Vernachlässigung der Null-Kombination) ... 114

(11) Anzahl Einfach-Kombinationen aus Element- und Strukturarten unter Hinzunahme der bloßen Kombinationen der Elementarten ... 114

(12) Mengentheoretische Beschreibung eines Beschreibungsvorrates ... 114

(13) Theoretische Anzahl von Planungsfällen bei 30 Bestimmtheitsgraden ... 121

(14) Mengentheoretische Beschreibung eines Fertigungssystems ... A24

(15) Mengentheoretische Beschreibung eines Fertigungsteilsystems ... A24

(16) Abhängigkeit der Lagerkosten von der Anzahl der Läger ... A32

(17) Abhängigkeit der totalen Logistikkosten von den Lagerkosten und den Transport- und Handlingskosten ... A32

ANLAGENVERZEICHNIS

A1 KRITISCHE WÜRDIGUNG DER BASISTHEORIEN, -MODELLE UND -METHODEN A3

A2 BEGRIFFSDEFINITIONEN UND -AUFFASSUNGEN A13

A2.1 DEFINITIONEN UND AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF PROZESS A13
A2.1.1 DEFINITIONEN ZUM BEGRIFF PROZESS A13
A2.1.2 AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF PROZESS UND DISKUSSION A14

A2.2 DEFINITIONEN UND AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF SYSTEM A15
A2.2.1 DEFINITIONEN ZUM BEGRIFF SYSTEM A15
A2.2.2 AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF SYSTEM UND DISKUSSION A16

A2.3 DEFINITIONEN UND AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF LOGISTIK A17
A2.3.1 DEFINITIONEN ZUM BEGRIFF LOGISTIK A17
A2.3.2 AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF LOGISTIK UND DISKUSSION A19

A2.4 DEFINITIONEN UND AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF STRUKTUR A20
A2.4.1 DEFINITIONEN ZUM BEGRIFF STRUKTUR A20
A2.4.2 AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF STRUKTUR UND DISKUSSION A21

A2.5 AUFFASSUNGEN ZUM BEGRIFF LOGISTIKSTRUKTUR UND DISKUSSION A31

A3 GRUNDSTRUKTUREN VON LOGISTIKSYSTEMEN UND RÜCKFÜHRUNG AUF STRUKTURTYPEN A42

A4 STRUKTURIERUNGSBIBLIOTHEK – ELABORAT A57

A4.1 STRUKTURIERUNGSPRINZIPIEN A57

A4.2 STRUKTURIERUNGSVORGEHENSWEISEN UND -METHODEN A64
A4.2.1 VORGEHENSWEISEN UND -METHODEN DER PRODUKTIONSSYSTEM- UND FABRIKPLANUNG A64
A4.2.1.1 VORGEHENSWEISEN A64
A4.2.1.2 METHODEN A72
A4.2.2 VORGEHENSWEISEN UND -METHODEN DER LOGISTIKPLANUNG A75
A4.2.2.1 VORGEHENSWEISEN A75
A4.2.2.2 METHODEN A80
A4.2.3 VORGEHENSWEISEN UND METHODEN DER PPS UND DES SCM A83
A4.2.3.1 VORGEHENSWEISEN A83
A4.2.3.2 METHODEN A87

A4.3 STRUKTURIERUNGSOPTIONEN A90
A4.3.1 OPTIONEN DER NEUSTRUKTURIERUNG A90
A4.3.2 OPTIONEN DER UMSTRUKTURIERUNG A90
A4.3.2.1 STRUKTURVERBESSERUNG VON TEILEFLUSSSYSTEMEN A90
A4.3.2.2 STRUKTURVERÄNDERUNG VON PROZESSEN A92

A5 STRUKTURIERUNGSBIBLIOTHEK – REALISIERUNG A102

A5.1 AUFBAU UND HANDHABUNG IN ARIS A102

A5.2 AUSGEWÄHLTE KOMPONENTEN A103
A5.2.1 KERN UND KERN ⇨ PERIPHERIE A103
A5.2.2 PERIPHERIE UND PERIPHERIE ⇨ KERN A110

A6 MATERIALFLUSSSTRUKTUREN – VERSUCHSERGEBNISSE A130

ABKÜRZUNGS- UND SYMBOLVERZEICHNIS

BGM_{30}	Bestimmtheitsgradsmatrix$_{30}$ – Matrix der 30 Bestimmtheitsgrade
$BKIM_{30}$	Beschreibungskonstruktinstanzmatrix$_{30}$ – Matrix der 30 Beschreibungskonstrukt-instanzmengen
BKM_{30}	Beschreibungskonstruktmatrix$_{30}$ – Matrix der 30 Beschreibungskonstrukte
BVM_{30}	Beschreibungsvorratsmatrix$_{30}$ – Matrix der 30 Beschreibungsvorräte
f	Funktion, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
f_me	mengenmäßige Funktionsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
f_me_{log}	mengenmäßige Logistikfunktionsstruktur
f_ra	rangmäßige Funktionsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
f_rä	räumliche Funktionsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
f_ra_{log}	rangmäßige Logistikfunktionsstruktur
$f_rä_{log}$	räumliche Logistikfunktionsstruktur
f_s	Funktionsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
f_vl	vorgehenslogische Funktionsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
f_vl_{log}	vorgehenslogische Logistikfunktionsstruktur
f_ze	zeitliche Funktionsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
f_ze_{log}	zeitliche Logistikfunktionsstruktur
f_{log}	Logistikfunktion
fs	Funktionssystem, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
fs_{log_kpn}	Logistikfunktionssystem in KPN
$fs_{log_kpn_mf}$	Logistikfunktionssystem in KPN bzgl. Materialfluss
GF	Grobfunktion
GFG	Grobfunktionsgruppe
GFM_{30}	Grobfunktionsmatrix$_{30}$ – Matrix der 30 Grobfunktionen
gLS	gerichtete Linienstruktur
gNS	gerichtete Netzstruktur
gzLS	gerichtete zyklische Linienstruktur
gzNS	gerichtete zyklische Netzstruktur
IPSS	Integrative(n) Prozess- und Systemstrukturierung, Methode der …
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
KPN	Kompetenznetz bzw. kompetenzzellenbasiertes Netz
KPZ	Kompetenzzelle
kr	Kompetenz/Ressource, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …

kr_me	mengenmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur, auch Bestimmung/ Bestimmtheitsgrad …
kr_me_{log}	mengenmäßige Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur
kr_ra	rangmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur, auch Bestimmung/ Bestimmtheitsgrad …
kr_rä	räumliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
kr_ra_{log}	rangmäßige Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur
$kr_rä_{log}$	räumliche Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur
kr_s	Kompetenz-/Ressourcenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
kr_vl	vorgehenslogische Kompetenz-/Ressourcenstruktur, auch Bestimmung/ Bestimmtheitsgrad …
kr_vl_{log}	vorgehenslogische Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur
kr_ze	zeitliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
kr_ze_{log}	zeitliche Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur
kr_{log}	Logistikkompetenz/-ressource
krs	Kompetenz-/Ressourcensystem, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
krs_{log_kpn}	Logistikkompetenz-/-ressourcensystem in KPN
$krs_{log_kpn_mf}$	Logistikkompetenz-/-ressourcensystem in KPN bzgl. Materialfluss
l	Leistung, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
l_me	mengenmäßige Leistungsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
l_me_{log}	mengenmäßige Logistikleistungsstruktur
$l_me_{log_kpn}$	mengenmäßige Logistikleistungsstruktur in KPN
l_ra	rangmäßige Leistungsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
l_rä	räumliche Leistungsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
l_ra_{log}	rangmäßige Logistikleistungsstruktur
$l_rä_{log}$	räumliche Logistikleistungsstruktur
$l_ra_{log_kpn}$	rangmäßige Logistikleistungsstruktur in KPN
$l_rä_{log_kpn}$	räumliche Logistikleistungsstruktur in KPN
l_s	Leistungsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
l_vl	vorgehenslogische Leistungsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
l_vl_{log}	vorgehenslogische Logistikleistungsstruktur
$l_vl_{log_kpn}$	vorgehenslogische Logistikleistungsstruktur in KPN
l_ze	zeitliche Leistungsstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
l_ze_{log}	zeitliche Logistikleistungsstruktur
$l_ze_{log_kpn}$	zeitliche Logistikleistungsstruktur in KPN
l_{log}	Logistikleistung

l_{log_kpn}	Logistikleistung in KPN
ls	Leistungssystem, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
LS	Linienstruktur
$ls_{log_kpn_mf}$	Logistikleistungssystem in KPN bzgl. Materialfluss
me	mengenmäßige Struktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
NPA	Netzplanungsassistent
NS	Netzstruktur
ORa_{BV}	Ordnungsrahmen des Beschreibungsvorrats
ORa_{BVG}	Ordnungsrahmen der Beschreibungsvorratsgenerierung
ORa_{IPSS}	jegliche Ordnungsrahmen der IPSS
ORa_{SB}	Ordnungsrahmen der Strukturierungsbibliothek
PlaNet	Planungskonzept für Netze
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PS	Punktstruktur
R_A	Ausgangsrandstruktur
ra	rangmäßige Struktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
rä	räumliche Struktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
R_E	Eingangsrandstruktur
SCM	Supply Chain Management
se	Struktureinheit, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
se_me	mengenmäßige Einheitenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
se_me_{log}	mengenmäßige Logistikeinheitenstruktur
$se_me_{log_kpn}$	mengenmäßige Logistikeinheitenstruktur in KPN
se_ra	rangmäßige Einheitenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
se_rä	räumliche Einheitenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
se_ra_{log}	rangmäßige Logistikeinheitenstruktur
$se_rä_{log}$	räumliche Logistikeinheitenstruktur
$se_ra_{log_kpn}$	rangmäßige Logistikeinheitenstruktur in KPN
$se_rä_{log_kpn}$	räumliche Logistikeinheitenstruktur in KPN
se_s	(Struktur-)Einheitenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
se_vl	vorgehenslogische Einheitenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
se_vl_{log}	vorgehenslogische Logistikeinheitenstruktur
$se_vl_{log_kpn}$	vorgehenslogische Logistikeinheitenstruktur in KPN
se_ze	zeitliche Einheitenstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
se_ze_{log}	zeitliche Logistikeinheitenstruktur

$se_ze_{log_kpn}$	zeitliche Logistikeinheitenstruktur in KPN
se_{log}	Logistik(struktur)einheit
se_{log_kpn}	Logistik(struktur)einheit in KPN
ses	(Struktur-)Einheitensystem, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
$ses_{log_kpn_mf}$	Logistikeinheitensystem in KPN bzgl. Materialfluss
SysEng	Systems Engineering
uLS	ungerichtete Linienstruktur
uNS	ungerichtete Netzstruktur
uzLS	ungerichtete zyklische Linienstruktur
uzNS	ungerichtete zyklische Netzstruktur
vl	vorgehenslogische Struktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
z	Ziel, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
z_me	mengenmäßige Zielstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
z_ra	rangmäßige Zielstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
z_rä	räumliche Zielstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
$z_ra_{log_kpn}$	rangmäßige Logistikzielstruktur in KPN
z_s	Zielstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
z_vl	vorgehenslogische Zielstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
z_ze	zeitliche Zielstruktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
ze	zeitliche Struktur, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
z_{log_kpn}	Logistikziel in KPN
zPS	zyklische Punktstruktur
zs	Zielsystem, auch Bestimmung/Bestimmtheitsgrad …
zs_{log}	Logistikzielsystem
$zs_{log_kpn_mf}$	Logistikzielsystem in KPN bzgl. Materialfluss

1 EINLEITUNG

1.1 Zukünftige Unternehmensformen

Autonome, elementare Leistungseinheiten, welche in temporären Netzen kooperieren, werden als die Unternehmensform des 21. Jahrhunderts angesehen. Kompetenzzellenbasierte (regionale) Netze, die auf einer kundenorientierten direkten Vernetzung von kleinsten Leistungseinheiten, sogenannten Kompetenzzellen (KPZ), beruhen, liefern hierzu einen wissenschaftlichen Ansatz. Zugleich zeigt der Ansatz heutigen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) Perspektiven auf, sich den stark verändernden Wirtschaftsbedingungen zu stellen. ([84], [252], [396])

Die volkswirtschaftliche Bedeutung von KMU ist evident. Mit ihrem hohen Bruttowertschöpfungsanteil werden sie als Arbeitgeber und Innovator auch zukünftig das Rückgrat vieler Volkswirtschaften sein. Kleine Unternehmen verfügen neben ihrer spezifischen Kernkompetenz nur über begrenzte Ressourcen. Aufgrund dessen können sie nur Teilsequenzen von Prozessketten realisieren. Um die Fähigkeit zur ganzheitlichen kundenorientierten Leistungserstellung innovativer komplexer Produkte bzw. Dienstleistungen beizubehalten bzw. zu erwerben, müssen entweder fehlende Kompetenzen angelagert oder durch Kooperation ergänzt werden. ([84], [252], [396])

Derzeitige Kooperationsformen setzen auf hierarchische Strukturen in und zwischen Unternehmen. Diese Kooperationsbeziehungen werden nicht selten von einem einzelnen Großunternehmen sowohl technisch-organisatorisch als auch wirtschaftlich dominiert. Abhängigkeiten sind obligatorisch. Dem hierbei errungenen Vorteil relativer Stabilität steht der Nachteil der einseitigen Dominanz gegenüber. Während die Abhängigkeiten für regional bereits etablierte Unternehmen als Restriktionen wirken, entstehen insbesondere für Klein- und Kleinstunternehmen sowie für Neugründungen nicht zu unterschätzende Markteintrittsbarrieren. Im Ergebnis dessen kommt es dazu, dass regionale Kompetenzen nicht vollständig genutzt werden und zusätzlich eine volkswirtschaftlich gewünschte Dynamik in der Gründung und Entwicklung kleiner Unternehmen behindert wird. ([84], [252], [396])

Insofern ist es notwendig, dass zukünftige Anstrengungen stärker auf die Gestaltung hierarchiearmer Produktions- und Organisationsstrukturen abzielen. Untermauert wird dies in Studien, die als die zukünftige Unternehmensform autonome, elementare Leistungseinheiten [229], auch als „Nanocorps“ [308] bezeichnet, welche in temporären Netzen ([66], [238]) kooperieren, ansehen. Dabei existieren in der Praxis bereits etliche Netzverbünde mit involvierten kleinsten Unternehmen [220]. ([84], [252], [396])

Auch sind empirisch belegte Tendenzen zu beobachten, wodurch die wirtschaftliche Bedeutung, insbesondere von Kleinstunternehmen, die größenordnungsmäßig den Kompetenzzellen am nächsten stehen, weiter zunehmen wird ([209], [210], [211]). Abbildung 1 macht deutlich:

> Das typische europäische Unternehmen ist ein Kleinstunternehmen. [252]

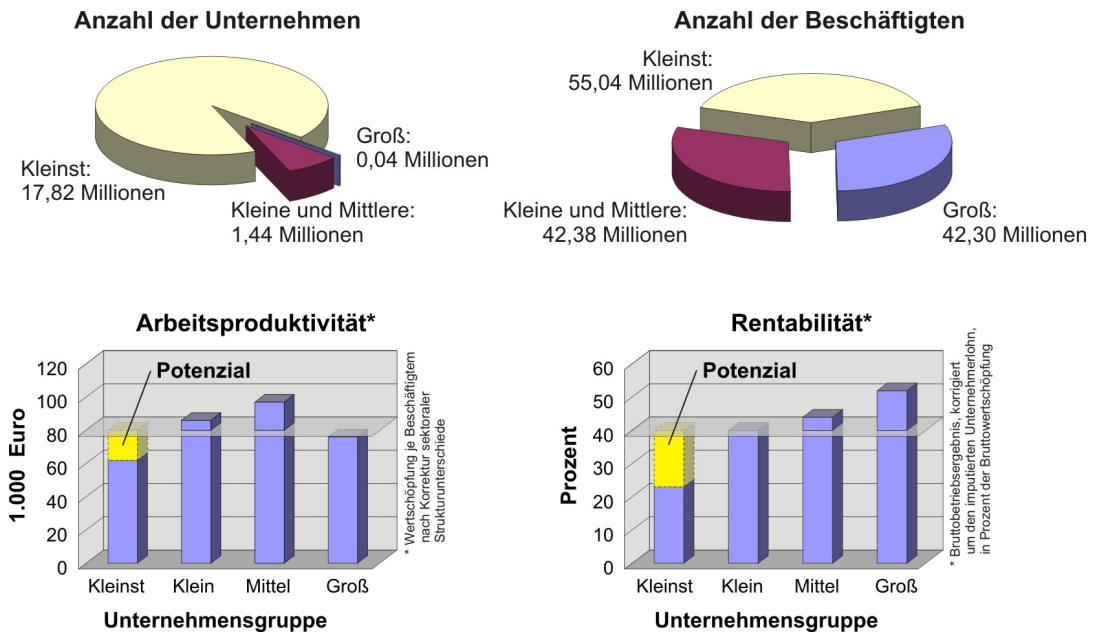


Abbildung 1: Ökonomische(s) Bedeutung und Potenzial von Kleinstunternehmen in Europa-19 (19 Staaten der EU; [209], [211])

Es vollzieht sich eine Entwicklung von hierarchisch strukturierten Unternehmensnetzen hin zu hierarchielosen Kompetenznetzen [400]. Gegenstand dieser Vernetzung sind nicht mehr unternehmenseigene Fraktale [366], Module [389], adaptive Segmente ([379], [388], [400], [401]), Holone ([8], [162], [168]) oder Modelone ([87], [351]) sondern autonome Kompetenzzellen.

1.2 Kompetenzzellenbasierte Netze

Vision und Ansatz

Dem Ansatz kompetenzzellenbasierter Netze, untersucht vom DFG-Sonderforschungsbereich (SFB) 457 „Hierarchielose regionale Produktionsnetze – Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien“ der TU Chemnitz, liegt folgende wissenschaftliche Vision zu Grunde [396]:

> In einer Region kooperieren Kompetenzzellen kundenorientiert in hierarchielosen Produktionsnetzen und stellen sich so dem globalen Wettbewerb.

Das Denkmodell eines hierarchielosen regionalen Produktionsnetzes (Abbildung 2) geht davon aus, dass in einer Region eine Vielzahl durch Erfahrung geprägte Kompetenzzellen vorhanden sind, die sich dem freien Wettbewerb stellen und dabei gleichberechtigt in den Wertschöpfungsprozess eingebunden werden können.

Vorstellbar ist, dass es innerhalb einer Region (Wirtschaftsraum) Lebensräume (ähnlich einem Biotop) gibt, in denen agglomerierte spezifische Kompetenzen und Ressourcen (z.B. produktionstechnische) existieren, die sich organisiert in Zellen (ähnlich Organismen) zu Kompetenznetzen unterschiedlicher Ausprägung (z.B. Maschinenbau, Mikroelektronik und Mechatronik) formieren. (i.A.a. [84], [252], [396])

Weiterhin ist vorstellbar, dass zur Befriedigung spezieller Kundenbedürfnisse die Vernetzung von Kompetenzzellen zu charakteristischen Strukturen führt, zur Herausbildung typischer Muster, sogenannter Kompetenzcluster. Cluster spiegeln die Fähigkeiten wider, mit denen Kompetenzen einer Region durch partielle Kompetenzzellenvernetzungen am Markt spezielle Produktions- und Dienstleistungen erzielen. In Wirtschaftsräumen lassen sich verschiedenartige (z.B. entwicklungs-, produkt-, produktions-, prozess- und verfahrensorientierte) Cluster bilden. ([401], [413]) Für eine produktions- bzw. technologieorientierte Wirtschaftsregion werden für typische Netzkonfigurationen sehr schnell Kompetenzdefizite sichtbar, die durch „Neugründung“ von Kompetenzzellen in der Region oder durch „Zukauf“ von außen ausgeglichen werden können. Es entstehen spezifische Regionalprofile. Das Originäre der Vision der hierarchielosen regionalen Vernetzung von Kompetenzzellen liegt insofern in der Ausprägung völlig neuer Organisationsformen und Strukturen des Wertschöpfungsprozesses in den Bereichen von Produktion und Dienstleistung. ([84], [252], [396])

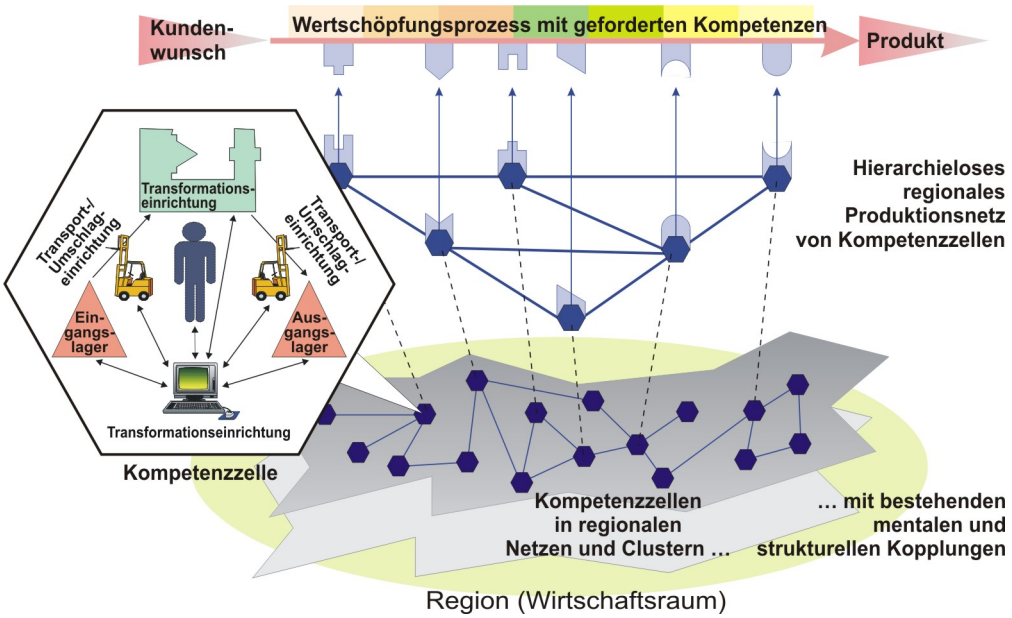


Abbildung 2: Denkmodell „Hierarchielose regionale Produktionsnetze“ (i.A.a. [396])

Jüngere Forschungen in europäischen Projekten u.a. zu „Collaborative Business Networks“ [58] und „Virtual Organization Breeding Environments“ [53] bestätigen, indem sie ähnliche Grundannahmen treffen, den Ansatz kompetenzzellenbasierter Netze.

Modelle für Kompetenzzelle und Vernetzung

Die kleinste nicht mehr sinnvoll teilbare Leistungseinheit der Wertschöpfung im Denkmodell hierarchieloser regionaler Produktionsnetze stellt die Kompetenzzelle dar:

- Sie besteht aus dem Menschen mit seinen individuellen Kompetenzen und den ihm zur Verfügung stehenden Ressourcen.
- Sie besitzt Funktion, Dimension und Struktur.

- Sie realisiert, in Analogie zur Biologie, Grundfunktionen des Lebens.
- Sie verwirklicht die soziotechnischen System-Grundfunktionen Speichern, Bewegen, Transformieren, Planen, Steuern und Kontrollieren.
- Sie ist elementar, autonom, in hohem Maße anpassungs- und lernfähig und damit kooperations- und lebensfähig im Netz.
- Sie ist in einem Raum innerhalb einer Region integriert.

Die Kompetenzzelle als Knoten im Netz ist dadurch charakterisiert, dass sie:

- materiell-technische, betriebswirtschaftliche und partnerschaftliche Beziehungen zu anderen Netzknoten unterhält und dafür Schnittstellen aufweist,
- Aufträge akquiriert und in der Lage ist, selbst Netze zu konfigurieren,
- die Fähigkeit zur Selbstorganisation und -optimierung von Wertschöpfungsketten und -netzen besitzt. (i.A.a. [84])

Die Kompetenzzelle erbringt durch (Zustands-)Transformation an einem Geschäftsobjekt eine Leistung und bewirkt eine Wertsteigerung (Abbildung 3). (vgl. [86])

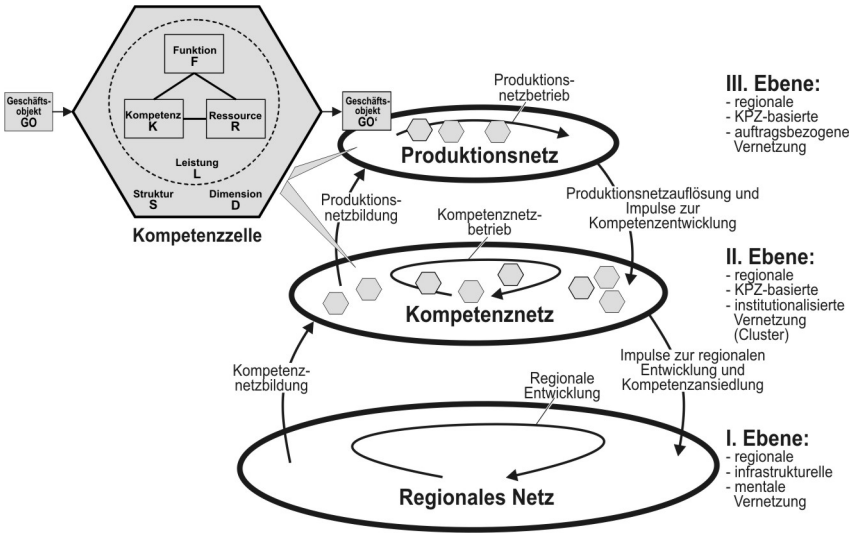


Abbildung 3: Generisches Modell der Kompetenzzelle und Vorgehensmodell des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes (vgl. [84])

Zur Konkretisierung des Denkmodells hierarchieloser regionaler Produktionsnetze wurde aufbauend auf dem Organisationskonzept der Zwei-Ebenen-Kooperation [19] das in Abbildung 3 dargestellte Vorgehensmodell, bestehend aus drei Ebenen und sieben Phasen, entwickelt. Es beschreibt, wie sich aus latenten infrastrukturellen und mentalen Vernetzungen in einem regionalen Netz zunächst ein Kompetenznetz und schließlich das kundenorientierte Produktionsnetz herausbilden. Auf regionaler Ebene (I) ist die Gesamtheit an Vernetzungspartnern im Sinne potenzieller Kompetenzzellen angesiedelt. Aus diesem regionalen Vernetzungspotenzial bilden sich quasi-permanente Kompetenznetze (II), in denen die Kompetenzzellen ein Mindestmaß an institutionalisierten Beziehungen (z.B. einheitliche Informations-

plattformen, „Allgemeine Geschäftsbedingungen“, Qualitätsmaßstäbe) unterhalten, auf deren Basis sich kundenwunsch- bzw. kundenauftragsbezogene Produktionsnetze (III) bilden. Produktionsnetze sind hier temporäre problem-, projekt-, auftrags-, produkt- und prozessbezogene direkte Vernetzungen von Kompetenzzellen. Im Gegenzug tragen Produktions- bzw. Kompetenznetz zur Kompetenzentwicklung bzw. zur regionalen Entwicklung bei. (vgl. [84])

Elementarität der Kompetenzzelle

Die Frage nach der Elementarität der KPZ kann theoretisch und/oder empirisch beantwortet werden. Die Größe der KPZ ist abhängig von verschiedenen Randbedingungen wie regionalem Umfeld, Branche und Fachgebiet oder auch den Charakteristika des jeweiligen Kompetenznetzes.

Theoretische Aussagen zur Elementarität können an den im Generischen Modell der Kompetenzzelle (Abbildung 3) oder im Metamodell des Sichtenkonzeptes (vgl. Abschnitt 5.2.1) enthaltenen Beschreibungskonstrukten festgemacht werden:

- Leistung: geringste marktfähige oder im Netz anbietbare/nutzbare Leistung
- Funktion/Aktivität: nicht weiter sinnvoll teilbare Funktionsbündel oder Prozesssequenzen (Funktionsmengen, -hierarchien und -abfolgen)
- Kompetenz: für das Agieren im Netz obligatorische Problemlösungskapazitäten der Individuen
- Ressourcen(-Dimension): minimale Anzahl an Personen und anderen Ressourcen (bis hin zu einer Person und einer nichtpersonellen Ressource) [84]
- Struktur: einfache Strukturen

Empirische Studien zeigen, dass hinsichtlich der Dimension Beschäftigtenanzahl die den Kompetenzzellen sehr nahe stehenden Kleinstunternehmen in Europa-19 durchschnittlich nicht mehr als 3 Mitarbeiter beschäftigen. Andere Wirtschaftsräume, wie die EU-Beitritts- und Kandidatenländer[1] (durchschnittlich 2 Beschäftigte) oder die USA (durchschnittlich nur 1 Beschäftigter) weisen noch geringere Werte aus. Diese Beschäftigtenanzahlen können als Richtwerte für die Größe von Kompetenzzellen gelten. (vgl. [211])

Hierarchielosigkeit der Vernetzung

Hierarchielos ist ein System (hier: Kompetenznetz) dann, wenn es durch Selbstorganisation gekennzeichnet ist. Hierbei agieren im System voneinander relativ unabhängige Akteure (hier: Kompetenzzellen), welche keiner zentralen Kontrolle unterliegen. Die Führung des Systems wird durch Konkurrenz bzw. Konflikt oder in Kooperation immer wieder neu ausgehandelt. In diesem Sinne wird unter Hierarchielosigkeit die gleichberechtigte Partnerschaft autonomer Kompetenzzellen und deren direkte Vernetzung verstanden. ([84], [252], [396])

---

[1] EU-Beitritts- und Kandidatenländer: Estland, Lettland, Litauen, Malta, Polen, Slowakische Republik, Slowenien, Tschechische Republik, Ungarn, Zypern, Bulgarien, Rumänien, Türkei (Stand: 2003).

Abgrenzung kompetenzzellenbasierter Netze zu anderen Organisationsformen

Mit den für kompetenzzellenbasierte Netze konstituierenden Merkmalen Elementarität und Autonomie der Kompetenzzelle, Wissen und Kompetenz als herausragendem Kompositionskonstrukt für Kompetenzzellen und deren Netze, Hierarchielosigkeit, Temporalität und Regionalität der Vernetzung sowie Partizipation in Netzen als Haupterwerbszweck von Leistungseinheiten stehen Kriterien bereit, die zusammen mit der entwickelten Morphologie der Zwei-Ebenen-Kooperation [20] eine eindeutige Abgrenzung zu anderen Organisationsformen wie dem Fraktalen Unternehmen [366], dem Strategischen Netzwerk [349] oder der Virtuellen Fabrik bzw. dem Virtuellen Unternehmen ([295], [325]) erlauben. [252]

Methoden, Konzepte und Instrumentarien zur Vernetzung von Kompetenzzellen

Hierarchielose regionale Produktionsnetze repräsentieren eine neuartige Form der Kooperation. Um diese praxistauglich zu machen bedarf es eines auf den grundlegenden Modellen zur Kompetenzzelle und Vernetzung aufbauenden operationalisierten Organisationskonzeptes, der sogenannten Ganzheitlichen Integrationsmethode (GIM). Der Architekturentwurf dieser umfassenden Handlungsanleitung für die im Kompetenz- bzw. Produktionsnetz agierenden Kompetenzzellen sieht die Ebenen Portal (Anwenderzugriff), Prozessengine (Anwendungsfälle und Prozesssequenzen) und Methoden&Werkzeuge vor. Komponenten der GIM unterstützen die Kompetenzzellen als Anwender über den gesamten Lebenszyklus hinweg bei der Bildung und dem Betrieb von Produktions- und Kompetenznetzen. Fachspezifische Komponenten sind u.a. für Produktentwicklung, Arbeitsplanung, Qualitäts- und Produktionsmanagement konzipiert. (vgl. [253])

1.3 Regelwerk PlaNet und Assistenzsystem Netzplanungsassistent

Regelwerk PlaNet

Eine weitere Komponente der GIM ist das Planungskonzept für Netze (PlaNet). Mit PlaNet entsteht ein übergeordnetes Regelwerk, welches Kompetenzzellen dabei unterstützen soll, Problemstellungen der Modellierung, Planung und Gestaltung von Logistikstrukturen und Produktionsstätten integrativ zu bewältigen, um so zu einer effizienten Wertschöpfung beizutragen. ([254], [258], [259], [260], [261])

Planung kompetenzzellenbasierter Netze – Gegebenheiten und Anforderungen

Für die Entwicklung eines adäquaten methodischen Konzeptes waren, neben den generell an die Planung gestellten Anforderungen wie Flexibilisierung, Beschleunigung und Rationalisierung des Planungsprozesses bei gesicherter Qualität, die gegebenen, teilweise gegenüber der Planung herkömmlicher Produktions- und Logistiksysteme veränderten Planungsgegebenheiten und die daraus resultierenden speziellen Anforderungen an die Planung in Netzen zu berücksichtigen. Hierzu gehören eine strikte Humanzentrierung, eine Ausrichtung der Planung an den durch Kundenwünsche induzierten Geschäftsprozessen der Wertschöpfung, eine permanente Planungsbereitschaft (aufgrund des steten Umfeldwandels und der Dynamik

der Netze), eine Fokussierung auf typische Planungsfälle (angesichts deren Vielfalt), die Betrachtung der regionalen Produktionsinfrastruktur als Produktionssystem, die Gewährleistung einer teamorientierten „Selbstplanung“ (Realisierung häufig nur in Planungsnetzen möglich; vernetzte Kompetenzzellen sind zugleich Subjekte (Akteure) und Objekte der Planung; Fehlen einer übergeordneten Instanz; sowohl kundenanliegen- als auch netzpartnergeleitete Planungsanstöße; Herbeiführung und Umsetzung von Entscheidungen stets im Konsens der Netzpartner) sowie eine Risikodämpfung bezüglich des Planungsprozesses durch „Vorverlagerung“ von Planungsfunktionen. (vgl. [84], [170], [252], [264])

Methodisches Konzept

Als geeignete Grundlage für eine Problemlösungs- und Planungssystematik erwies sich das universale, domänen- und kontextneutrale[2], flexible und anpassbare Konzept des Systems Engineering (SysEng) nach HABERFELLNER ET AL.[3] [146]. Werden die Komponenten des SysEng als Ordnungsrahmen für PlaNet aufgefasst, lassen sich in diesen die einzelnen spezifischen Komponenten des methodischen Konzeptes von PlaNet einordnen (Abbildung 4). (vgl. [252])

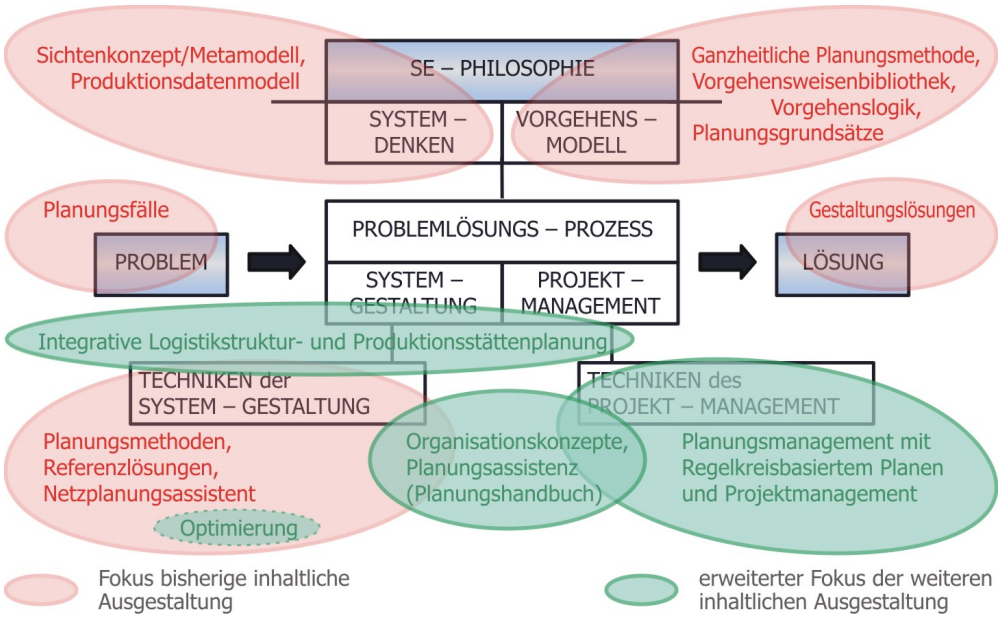


Abbildung 4: Komponenten des Systems Engineering als Ordnungsrahmen für PlaNet mit inhaltlicher Ausgestaltung (vgl. [252])

Im Rahmen der bisherigen inhaltlichen Ausgestaltung wurden u.a. ein Produktionsdatenmodell weiterentwickelt [252], prinzipielle Möglichkeiten zur Systematisierung von Planungsfällen [261] erarbeitet, Planungsgrundsätze für Netze aufgestellt (vgl. u.a. [95], [274], [298], [317] in [170], [260]), eine Vorgehenslogik [260] entwickelt,

---

[2] Synonym zu Domäne: Bereich, Fachgebiet; Bedeutungen von Kontext: a) allgemeiner Sinn-, Sach- und Situationszusammenhang, b) spezieller Untersuchungsraum, Gegenstandsbereich, zu dem ein Zusammenhang hergestellt wird.

[3] Wird im Weiteren von Systems Engineering (SysEng) gesprochen, so beziehen sich die Ausführungen ausdrücklich auf das Konzept nach HABERFELLNER ET AL..

eine Ganzheitliche Planungsmethode [170] entworfen und eine Vorgehensweisenbibliothek [261] angelegt. Auszugsweise werden die Vorgehenslogik, die Ganzheitliche Planungsmethode und die Vorgehensweisenbibliothek vorgestellt. (vgl. [252])

Vorgehenslogik

Die Vorgehenslogik von PlaNet besteht aus fünf aufeinander aufsetzenden Schritten. Zunächst ist: 1. eine zum Objektbereich konforme Gliederung von Planungsproblemen, eine Herausarbeitung typischer Planungsfälle und 2. eine Erarbeitung von zur Behandlung typischer Planungsfälle prädestinierten Vorgehensweisen und deren Hinterlegung in einer Vorgehensweisenbibliothek vorzunehmen. Für nunmehr auftretende Planungsprobleme lässt sich: 3. durch die Identifikation des jeweils vorliegenden Planungsfalles sowie 4. durch Selektion, Übernahme und gegebenenfalls Adaption einer vorbereiteten Vorgehensweise ein für die Problemlösung adäquater Planungsprozess formen. Dieser enthält die einzelnen abzuarbeitenden Planungsschritte mit den zugeordneten relevanten Ein- und Ausgangsgrößen, den anzuwendenden Methoden und Instrumentarien sowie den konkreten prozessrealisierenden Akteuren. Die Methoden, die in Abhängigkeit des jeweiligen Planungsfalles aus dem Methodenbereich eingebunden werden, nutzen wiederum Gestaltungs- und Vorzugslösungen aus dem Objektbereich. Letztendlich vollzieht sich die Lösung des Planungsproblems durch: 5. die Abarbeitung der erstellten Vorgehensweise.

Die Schritte können flankiert durch ein Projektmanagement wiederholt durchlaufen werden. Bei Nichtvorhandensein einer Vorgehensweise für einen Planungsfall ist eine solche mit der Ganzheitlichen Planungsmethode zu erarbeiten. (vgl. [252], [260])

Ganzheitliche Planungsmethode und Vorgehensweisenbibliothek

Aus den jeweiligen Planungsfällen resultieren spezifische Vorgehensweisen der Planung. Die Ganzheitliche Planungsmethode (GPM) bringt diese in ein einheitliches Schema. Der GPM liegt das Phasenmodell des SysEng bestehend u.a. aus Vor-, Haupt- und Detailstudie zugrunde. In den einzelnen Phasen fungiert der Problemlösungszyklus als Mikro-Logik. Ausgerichtet am Grundaufbau der GPM kann die Entwicklung von Vorgehensweisen für typische Planungsfälle vorgenommen werden. Die „Vorfertigung“ von Vorgehensweisen für Planungsfälle mit hoher Wiederholwahrscheinlichkeit und deren Hinterlegung in einer Vorgehensweisenbibliothek ist einerseits aufwandsintensiv, führt anderseits jedoch zu einer für kompetenzzellenbasierte Netze dringlichen Rationalisierung und Beschleunigung des Planungsprozesses. Benutzte und situativ angepasste Vorgehensweisen werden als Best-Practices in die Bibliothek zurück geschrieben, welche damit eine stete Aktualisierung erfährt.

Assistenzsystem Netzplanungsassistent

Der Netzplanungsassistent (NPA) (Abbildung 5) verkörpert die Umsetzung des Planungskonzeptes für Netze (PlaNet) in ein Planungsinstrumentarium als Assistenzsystem, analog zu PlaNet übergreifend verwendbar für Logistikstrukturen und Produktionsstätten gleichermaßen. ([124], [169])

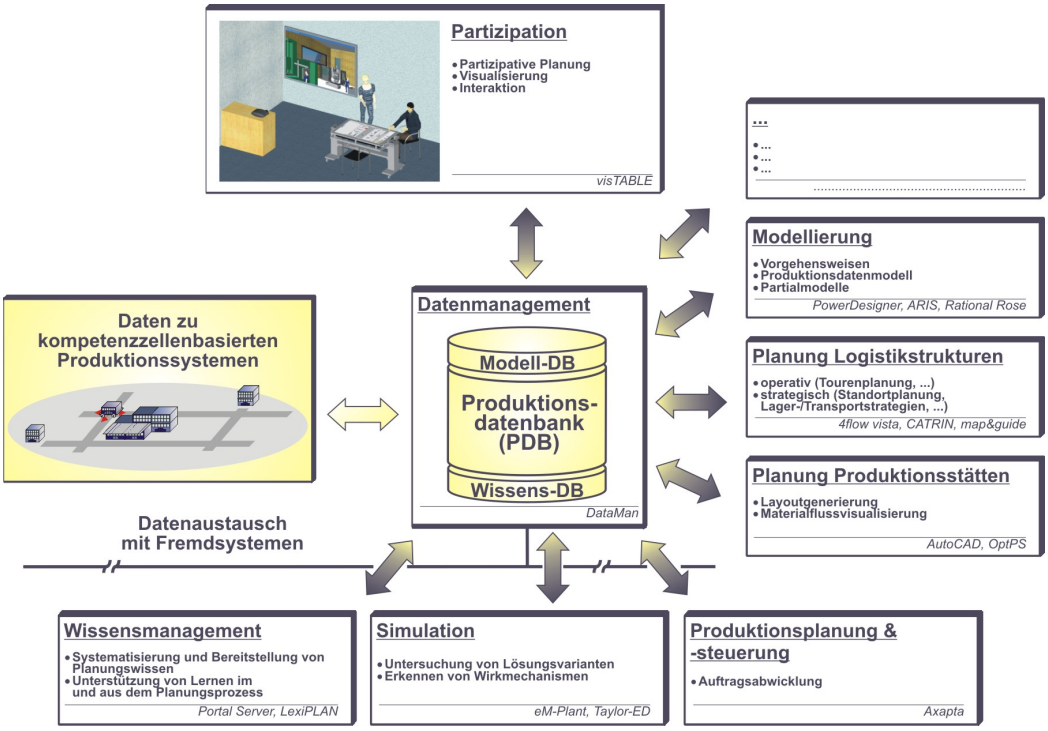


Abbildung 5: Netzplanungsassistent (vgl. [252])

Der NPA besitzt wie PlaNet einen modularen Aufbau und ist in seiner Funktionalität und Konfiguration veränderbar. Dadurch wird gewährleistet, dass den Anwendern (hier den Kompetenzzellen) die für die jeweilige Aufgabenstellung benötigten Komponenten zur Verfügung gestellt werden können. ([170], [260])

Im Mittelpunkt des NPA steht die Produktionsdatenbank (PDB) (vgl. [124], [395]), welche alle für die Logistik- und Produktionsstättenplanung relevanten Daten enthält. Über ein adaptives Schnittstellenkonzept wird ein bidirektionaler Datenaustausch zwischen der Produktionsdatenbank und den angekoppelten Komponenten, u.a. Partizipations- und Visualisierungs-, Modellierungs-, Planungs-, Wissensmanagement-, Simulations- sowie Produktionsplanungs- und -steuerungs-Komponenten, sichergestellt. Das Datenmanagement der PDB übernimmt der sogenannte DataMan. Die Benutzerschnittstelle zur internetfähigen PDB bildet ein Portal. [169]

Für die Prozess- und Datenmodellierung (u.a. Modellierung von Planungs-Vorgehensweisen, Erstellung des Datenmodells der PDB) werden ARIS [310], PowerDesigner [348] und Rational Rose [43] genutzt. Die Modelle sind in der Modell-DB abgelegt.

Unterstützung bei der strategischen Planung der Logistikstrukturen leistet 4flow vista [1]. Für die operative Logistikplanung kommt die Tourenplanungssoftware CATRIN [9] zum Einsatz.

Für die Feinplanung und Gestaltung der Produktionsstätten bietet sich AutoCAD [16] an. Der Lösung von Anordnungsreihenfolgeproblemen in Produktionsstätten dient OptPS [145].

Simulationsaufgaben können mit eM-Plant [352] bearbeitet werden. Durch Direktzugriff auf die PDB lässt sich ein gewisser Automatisierungsgrad erreichen. Einbindbar in eM-Plant sind Steuerelemente aus dem map&guide SDK [240], u.a. zur Hinterlegung regionaler Karten in Simulationsmodellen oder für die Berechnung realistischer außerbetrieblicher Wege.

Planungswissen wird im NPA verschiedentlich erfasst. In der Vorgehensweisenbibliothek von ARIS sind Planungs-Vorgehensweisen mit den relevanten Ein-/Ausgangsdaten, Methoden, Instrumentarien, abstrakten Realisierern in Form von Rollen usw. abgelegt. Hieraus sind planungsunterstützende Instrumentarien sofort aufrufbar. Methodenlinks führen zum Informationssystem LexiPLAN [233], in welchem Planungsmethoden zur Logistik- und Produktionssystemplanung beschrieben sind. LexiPLAN hilft den Anwendern in der Aufbereitung von Planungswissen und fördert damit deren Fach- und Methodenkompetenzen. Planungswissen wird ferner über die Content-Datenbank [252] (als Teil der Wissens-DB) mit einem umfänglichen Katalog an Planungsobjektinstanzen (u.a. Listen von gebräuchlichen Fertigungs-, Lager-, Transport- und Ladehilfsmitteln einschließlich aller planungsnotwendigen Parameter) bereitgestellt.

Für Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) steht Microsoft Dynamics AX/Axapta [249] zur Verfügung.

Zur Lösung netzrelevanter Planungsfälle ist die partizipative Planung von besonderer Bedeutung. Im partizipativen, teamorientierten Planungsprozess vereinen sich in kompetenzzellenbasierten Netzen Akteure mit unterschiedlicher Planungskompetenz, planende KPZ und von der Planung betroffenen Kompetenzzellen sowie netzexterne Partner und Kunden miteinander. Mit der partizipativen Planung wird eine Beschleunigung des Planungsprozesses, eine Verbesserung der Planungsqualität, eine Erhöhung der Planungssicherheit durch Einbeziehung unterschiedlichen Planungswissens sowie eine Erhöhung der Akzeptanz der Planungslösung angestrebt.

Komponenten der partizipativen Planung bilden demgemäß einen wesentlichen Bestandteil des NPA. Für die partizipative Planung sind die zwei grundsätzlichen Szenarien: örtlich konzentrierte, zentrale oder örtlich verteilte, dezentrale Planung denkbar ([169], [257]). Zur Interaktion, Visualisierung und Kommunikation im partizipativen Planungsprozess wurde visTABLE entwickelt ([123], [144], [285]), welcher über eine interaktive Touchscreen-Arbeitsfläche mit einer 2D-Draufsicht auf das zu gestaltende Planungsobjekt und eine separate 3D-Ansicht aufgenommen von einem virtuellen, frei wählbaren Kamerastandort innerhalb des Planungsobjekts, verfügt. Die intuitive Bedienbarkeit von visTABLE sowie die vernetzte Planung via Internet machen diesen für alle Planungsbeteiligten zugängig. visTABLE bietet diverse planungsunterstützende Funktionalitäten, wie die Darstellung von Materialflüssen oder die Optimierung von Anordnungsreihenfolgen. Über visTABLE können andere Komponenten des NPA aufgerufen werden. (vgl. [121], [122])

Für die Anbindung von Fremdsystemen verfügt der NPA über diverse Schnittstellen.

2 KONZEPTION UND AUFBAU DER ARBEIT

Beeinflussend für die Konzeption und den Aufbau der Arbeit (Abbildung 6) waren neben üblichen Gliederungsschemata ein Denken in: a) Problemfeld und Lösungssystem, b) Problemlösungszyklen, c) Theorien, Modellen, Methoden, Instrumentarien und Gestaltungslösungen, d) Methoden- und Objektbereich.

Abbildung 6: Konzeption und Aufbau der Arbeit

In Kapitel 1 wird ausgehend von Überlegungen zu zukünftigen Unternehmensformen eine Einführung in das Denkmodell kompetenzzellenbasierter Netze gegeben. Wesentliche Modelle, Konzepte und Methoden werden erläutert. Im Weiteren wird auf die übergreifende integrative Modellierung, Planung und Gestaltung von Logistikstrukturen und Produktionsstätten in derartigen Netzen eingegangen. Gegebenheiten und Anforderungen werden benannt. Das Planungskonzept für Netze (PlaNet) als methodisch angelegtes Regelwerk und der Netzplanungsassistent (NPA) als rechentechnisch umgesetztes Assistenzsystem werden vorgestellt. Kapitel 1 dient dazu, nach einer einführenden Kontextpräsentation die übergeordneten Apparate (GIM für die Organisation und das Management kompetenzzellenbasierter Netze im

Allgemeinen; PlaNet und NPA für die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen und Produktionsstätten in derartigen Netzen im Speziellen) kurz zu umreißen, da sich hieran die zu erarbeitenden Modelle, Termini, Konzepte, Methoden sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen bezüglich der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze ausrichten.

In eben diesem Kapitel 2 werden Konzeption und Aufbau der Arbeit skizziert.

In Kapitel 3 werden Problemstellung und Motivation zur Arbeit artikuliert. Dazu werden die Implikationen für die Logistik aus dem kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz herausgearbeitet. Ausgehend davon werden Ziele formuliert, welche zu klärende wissenschaftliche Fragestellungen aufwerfen.

In Kapitel 4 wird anhand der aufgeworfenen Fragestellungen im Stand der Forschung geprüft, welche Theorien, Modelle, Termini, Systematiken, Konzepte, Vorgehensweisen und Methoden sowie Gestaltungsansätze und -lösungen vorliegen und als Basis für die Arbeit dienen können oder welche bisher defizitär sind. Gesamtfazit und Defizit machen den die Ziele legitimierenden Handlungsbedarf deutlich, wohingegen Basistheorien, -modelle, -konzepte und -methoden ausgesuchte verwendbare Grundlagen der Arbeit bilden. Hypothesen als nachzuprüfende Annahmen sollen als handlungsleitende Grundlage für die Arbeit dienen und sind in deren Verlauf zu verifizieren oder zu falsifizieren.

In Kapitel 5 werden für die Modellierung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze prädestinierte Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini entwickelt, die sich aus einer kritischen Prüfung des Standes der Forschung heraus als defizitär erwiesen haben. Zu den Beschreibungskonzepten, Modellen und Termini, welche sich an einem aufgestellten Anforderungsprofil orientieren, gehören ein aus einem Sichtenkonzept/Metamodell des soziotechnischen Systems[4] entwickelter Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung), Termini (u.a. Definition Begriff Logistikstruktur) sowie kontextadäquat interpretierte Modelle und Repräsentanten wie das 3-Ebenen-Modell und die Strukturtypen. Die Basistheorien, -modelle, -konzepte und -methoden sowie die weiterführenden Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini bilden die Grundlage für die anschließende Methodenentwicklung und Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen. Kapitel 5 ist das erste von drei Hauptkapiteln der Arbeit.

In Kapitel 6 wird für die Planung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze die Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung (IPSS) entwickelt. Die Methodenentwicklung wird methodisch geführt vom Problemlösungszyklus als Mikro-Logik. Aus der in Kapitel 4 analysierten Situation und dem erkannten Handlungsbedarf für eine Vorgehensweise der Planung wird deren Anforderungsprofil aufgestellt. In den folgenden Vorbetrachtungen zum Methodenkonzept[5] werden die Argumente für eine Methode abgesteckt sowie die Grundideen und metho-

[4] Im Weiteren häufig nur noch Metamodell genannt.
[5] Von Methodenkonzept wird gesprochen, wenn das konzeptionelle Design der Methode im Vordergrund steht.

dischen Ansätze skizziert. Die Methodenableitung vollzieht sich in den drei Etappen Methodenentwurf, -einordnung und -ausgestaltung. Im Methodenentwurf wird der über die Beschreibungskategorien generierbare Beschreibungsvorrat im Sinne eines Methodenfokus sinnvoll eingegrenzt, kritisch hinterfragt und zugleich für die Methode fortentwickelt. Innerhalb der Methodeneinordnung werden die Assoziationen zu den übergeordneten und grundlegenden Methoden und Konzepten, vornehmlich zum auf dem SysEng beruhenden Planungskonzept für Netze (PlaNet), herausgearbeitet. Die Methodenausgestaltung führt letztlich zu einer Strukturierungsbibliothek, in der strukturierungsrelevanter Content[6] zusammengetragen wird. Im Anschluss an die Methodenableitung wird während der Methodenevaluierung und -anwendung anhand der Analyse und Synthese von strukturierungsrelevantem Content einschließlich exemplarisch illustrierter Anwendungen eine Evaluierung und Anwendungsdemonstration der Methode vorgenommen. Weiterführende Evaluierungen und Anwendungen werden aufgezeigt. Nachbetrachtungen zum Methodenkonzept widmen sich der Berücksichtigung der zugrunde gelegten methodischen Ansätze, der Anforderungserfüllung, dem Zugewinn und Neuheitsgrad sowie offen gebliebenen Problematiken. Schließlich werden Instrumentarien für den Methodensupport beschrieben. Kapitel 6 ist das zweite von drei Hauptkapiteln der Arbeit.

In Kapitel 7 wird für die Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze zunächst ein Anforderungsprofil inklusive allgemein anerkannter oder aus dem Kontext sofort ableitbarer Gestaltungsprinzipien, -strategien, -konzepte und -ansätze erstellt. Danach werden die Beschreibungskategorien und der Beschreibungsvorrat der IPSS eingesetzt, um den Untersuchungsgegenstand über 1. Logistiksystem, 2. Logistiksystem kompetenzzellenbasierter Netze und 3. Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze systematisch und gestuft weiter zu konkretisieren und abzugrenzen. Anschließend werden auf der Grundlage der entwickelten Beschreibungskonzepte und Modelle sowie der Methode untersuchenswerte Szenarien aufgestellt. Für die im Fokus stehenden Materialflussstrukturen werden sodann über Argumentationsketten, experimentelle Untersuchungen und theoretische Herleitungen Gestaltungs- und Vorzugslösungen abgeleitet. Diese Beschreibungskonzept-, Modell- und Methodenverwendung ist gleichbedeutend mit einer weiteren Evaluierung dieser. Kapitel 7 ist das dritte von drei Hauptkapiteln der Arbeit.

In Kapitel 8 werden eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse einschließlich Hypothesenprüfung sowie ein Ausblick auf die Anschlussforschung und praktische Ergebnisverwendung gegeben.

---

[6] Synonym: Strukturierungs-Content; auch strukturierungsrelevanter Inhalt, strukturierungsrelevantes Wissen.

3 PROBLEMSTELLUNG UND MOTIVATION

Kompetenzzellenbasierte Netze stellen eine Extremform an interorganisatorischer unternehmerischer Arbeitsteilung, Dynamik und Flexibilität dar.

Hieraus leiten sich Implikationen für die Logistik und folglich für die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen ab.

Die Ableitung von Implikationen sowie die Formulierung von Zielen und Fragestellungen sind dem Anstoß, der Situationsanalyse und der Zielformulierung des Problemlösungszyklus' angehörig, welcher der späteren Methodenentwicklung zugrunde liegt (siehe Kapitel 6).

3.1 Implikationen aus dem kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz

Implikationen für die Logistik ergeben sich u.a. aus folgenden primären Charakteristika des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes:

- räumliche Verteilung der KPZ in einer Region
- hohe Anzahl der den Wertschöpfungsprozess realisierenden KPZ
- KPZ als elementare Leistungseinheiten der Wertschöpfung
- temporäre, dynamische Produktionsnetze
- direkte hierarchielose Vernetzung der KPZ

Implikationen ergeben sich auch aus sekundären Charakteristika des für die Untersuchungen zum kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz ausgesuchten Branchenumfeldes:

- strikte Kundenwunschorientierung
- Einzel- und Kleinserienfertigung im mechatronischen Maschinenbau

Die Charakteristika des Ansatzes haben in mehrfacher Hinsicht einschneidende Auswirkungen auf die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen (und Produktionsstätten) in derartigen Netzen:

- Hinsichtlich einer kooperativen Wertschöpfung sind regionale Verteilungen der KPZ gegenüber überregionalen Verteilungen der Netzpartner als vorteilhaft, lokale Verteilungen indessen als noch vorteilhafter anzusehen. Gegenüber lokalen Verteilungen der KPZ in einer zentralen Produktionsstätte führen regionale Verteilungen in mehreren Produktionsstätten zu längeren Transportwegen und -zeiten. Sie führen ebenso zu einer vermehrten Anzahl externer Transporte über öffentliche Verkehrswege (mit gegebenenfalls öffentlichen Transportmitteln), was u.a. zum Anstieg des Transportrisikos (z.B. Verzögerungen durch Staus, Schäden durch Unfälle) führt.
- Die Extremform der Arbeitsteilung führt im Vergleich zu traditionellen Wertschöpfungskonfigurationen zu einer Erhöhung der Anzahl interorganisationaler

Schnittstellen und damit zur Zunahme entsprechender Austauschprozesse (z.B. Stoff-/Material-[7], Informationsflüsse), was eine Erhöhung des Planungs- und Steuerungsaufwandes nach sich zieht. Hierbei handelt es sich um wechselseitige, häufig wechselnde und hochvolatile Austauschprozesse zwischen den KPZ als Akteure.

- KPZ müssen trotz ihrer größenbedingt limitierten Problemlösungskapazität mannigfaltige, auch komplexe Planungs- und Gestaltungsprobleme lösen können.
- Temporäre, dynamische Produktionsnetze bedingen verkürzte Planungs-, Steuerungs- und Realisierungszeiträume.
- Aufgrund der Hierarchielosigkeit kann die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen und Produktionsstätten sowie deren Realisierung nur im Konsens aller beteiligten KPZ vorgenommen werden.
- Unikate Kundenwünsche und große Schwankungen im Auftragsbestand verlangen nach innovierenden, adaptiven Produktions- und Logistiksystemen.
- Geringe Losgrößen (bis Losgröße 1) und Mengen, hohe Teilevielfalt und Produktvariantenanzahl führen zu tendenziell geringeren Ressourcenauslastungen sowie einer relativen Zunahme an Transportaufkommen.

Die Charakteristika haben somit einerseits eher negativen Einfluss auf eine effektive, aufwandsarme Logistik. Für die Logistik in kompetenzzellenbasierten Netzen der Einzel- und Kleinserienfertigung wird, im Vergleich zur traditionell organisierten Wertschöpfung in großen, zentralen Produktionsstätten, ein Anstieg der logistischen Aufwände und Kosten prognostiziert. Die Logistikplanung und -gestaltung muss mit diffizilen Randbedingungen auskommen.

Die Leistungsfähigkeit kompetenzzellenbasierter Netze wird jedoch andererseits in hohem Maße von der Logistik determiniert, sie ist von hoher Einflussnahme auf eine effektive Wertschöpfung und damit von exponierter Bedeutung.

Hieraus werden die Herausforderung und der dringende Bedarf deutlich, durch geeignete Maßnahmen den erwarteten Anstieg der logistischen Aufwände zu dämpfen oder gar zu kompensieren, um so zu einer trotz ungünstiger Randbedingungen möglichst aufwandsarmen Logistik zu gelangen.

Dies bedingt eine vernetzungswirksame Logistik in und zwischen vernetzungsfähigen Produktionsstätten, was wiederum hohe Ansprüche an die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen sowie deren operative, physische Realisierung stellt.

[7] Auch (im Weiteren) nur als Stoff- oder Materialfluss bezeichnet.

3.2 Ziele

Ausgehend von den durch die Vision kompetenzzellenbasierter (regionaler) Netze induzierten Implikationen leiten sich zur Erarbeitung von Lösungen im Objekt- und Methodenbereich für die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen folgende Ziele ab:

- Bereitstellung eines Spektrums an ausgewählten grundlegenden anwendbaren Basistheorien, -modellen, -konzepten und -methoden
- Ableitung von Anforderungsprofilen an die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen (Objekt- und Methodenbereich)
- Bereitstellung von problemadäquaten Beschreibungskonzepten und Modellen sowie Definitionen für Logistikstrukturen (Objekt- und Methodenbereich)
- Entwicklung einer Methode zur Planung der Logistikstrukturen (Methodenbereich) einschließlich deren Evaluierung und Anwendung
- Untersuchung von Szenarien von Logistikstrukturen sowie Ableitung von Vorzugslösungen als Anhaltspunkte zur Gestaltung von Logistikstrukturen (Objektbereich)

Die drei konkretisierten Hauptziele sind:

- Logistikstrukturmodellierung: generischer Beschreibungsrahmen für produktionslogistische soziotechnische Systeme; Definitionen zu Logistikstruktur, Logistik, Struktur; aufbereitete(s) 3-Ebenen-Modell und Strukturtypen für eine vertiefende Materialflussanalyse und -synthese (Objekt- und Methodenbereich)
- Logistikstrukturplanung: Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung (IPSS) (Methodenbereich)
- Logistikstrukturgestaltung: Szenarien sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen für den Materialfluss (Objektbereich)

Mit den Zielen einher gehen folgende flankierende Ziele:

- Beitrag zum Nachweis der Tragfähigkeit des kompetenzzellenbasierten Ansatzes aus logistischer Sicht
- Befähigung und Unterstützung der Kompetenzzellen durch Bereitstellung geeigneter Lösungen, kompetenzzellenbasierte Logistikstrukturen zu bilden, zu erhalten und weiterzuentwickeln
- Aufzeigen von Entwicklungsrichtungen und Perspektiven für KMU und deren regionalen Netze hinsichtlich produktionslogistischer Strukturen sowie Bereithaltung anwendbarer Logistikstrukturlösungen
- Beitrag zu einer Strukturierungstheorie und zu einem geschlossenen theoretisch-konzeptionellen Bezugsrahmen für Logistikstrukturen

Die Ziele lassen sich aus dem Stand der Forschung mit dem sich daraus ergebenden Handlungsbedarf begründen und bestätigen.

3.3 Fragestellungen

Die Ziele werfen u.a. folgende im Stand der Forschung zu klärende Fragestellungen auf:

1. Welche Theorien können eine Grundlage für die Modellierung, Planung und Gestaltung bilden?
2. Welchem Anforderungsprofil muss die Modellierung der Logistikstrukturen genügen? Was sind Logistikstrukturen? Wie können sie definiert, beschrieben und modelliert werden? Welche Definitionen, Begriffsauffassungen, Beschreibungskonzepte und Modelle existieren und sind verwendbar oder müssen noch entwickelt werden?
3. Welchem Anforderungsprofil müssen die Konzepte, Vorgehensweisen und Methoden zur Planung der Logistikstrukturen genügen? Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede ergeben sich zur bisherigen Produktions- und Logistik(system)planung? Wie ist der Planungsprozess einschließlich unterstützender Instrumentarien zu gestalten, um Kompetenzzellen zur Lösung typischer Planungsprobleme zu befähigen? Welche Systematiken, Konzepte, Vorgehensweisen und Methoden sind anwendbar oder noch zu entwickeln?
4. Welchem Anforderungsprofil müssen die Logistikstrukturen und deren Gestaltung genügen? Wie sind sie zu gestalten? Welche Gestaltungs- und Vorzugslösungen sind ableitbar? Welches Verhalten zeigen auf Kompetenzzellen basierende produktionslogistische Systeme? Welche Wirkzusammenhänge zwischen die Logistikstrukturen näher beschreibenden Größen sind erkennbar?

Zusammenfassend ist u.a. zu klären,

- welche Theorien, Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini sowie Ansätze zu produktionslogistischen Strukturen für die Modellierung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze vorhanden und geeignet sind bzw. noch bereitgestellt werden müssen,
- welche Systematiken, Konzepte, Vorgehensweisen und Methoden für die Planung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze vorhanden und geeignet sind bzw. noch entwickelt werden müssen,
- welche Gestaltungsaussagen, -empfehlungen und -ansätze für die Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze vorhanden und geeignet sind bzw. welche Gestaltungs- und Vorzugslösungen ergänzend noch abgeleitet werden können.

4 STAND DER FORSCHUNG

Die für die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze relevanten Forschungsansätze werden nachfolgend aufbereitet und hinsichtlich ihres Beitrages zur Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellungen kritisch überprüft. Die Aufbereitung gliedert sich folglich nach den aus den Implikationen herausgearbeiteten wissenschaftlichen Fragestellungen. Der Stand der Forschung wird entsprechend zu folgenden Themenstellungen aufbereitet:

- Wissenschaftsmethoden, Bezugsrahmen und Theorien
- Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini
- Ansätze für produktionslogistische Strukturen und deren Strukturierung
- Problemlösungs- und Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen sowie -methoden
- Kontext regionaler produktionslogistischer Netze und deren Gestaltung

Dabei sollen existierende Wissenschaftsmethoden, Bezugsrahmen und Theorien dahin überprüft werden, inwieweit sie eine fundamentale Grundlage für die Klärung der aufgeworfenen Fragestellungen bieten können. Zusammen mit Beschreibungskonzepten, Modellen und Termini müssen sie eine geeignete Logistikstrukturmodellierung zulassen. Für die Modellierung wie auch für die Planung wird eingehend geprüft, welche Ansätze für produktionslogistische Strukturen und deren Strukturierung bisher vorliegen. Bestehende Problemlösungs- und Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen und -methoden sollten zur Logistikstrukturplanung einen Beitrag leisten können. Die Aussagen zum Kontext produktionslogistische Netze umfassen für die Logistikstrukturgestaltung verwertbare Ansätze.

Die Darstellung des Standes der Forschung ist dem Anstoß, der Situationsanalyse und der Zielformulierung des Problemlösungszyklus' angehörig, welcher der späteren Methodenentwicklung zugrunde liegt (siehe Kapitel 6).

4.1 Wissenschaftsmethoden und Bezugsrahmen

Deduktion und Induktion

Mit den Wissenschaftsmethoden Deduktion und Induktion existieren Basismethoden für Forschungsdesign und Erkenntnisgewinn. Die Deduktion oder deduktive Methode ist in der Philosophie und der Logik eine Schlussfolgerungsweise „vom Allgemeinen auf das Besondere". Durch Deduktion werden spezielle Einzelerkenntnisse aus allgemeinen Theorien gewonnen. Induktion oder induktives Schließen bezeichnet in der Logik und den Naturwissenschaften das Schließen „vom Besonderen auf das Allgemeine" zum Zweck des Erkenntnisgewinns. (vgl. [387], [411])

Bezugsrahmen

Bezugsrahmen dienen ausgehend von theoretischen Ansätzen innerhalb der wissenschaftlichen Klärung von Forschungsfragen einerseits zur Beschreibung und

Abgrenzung des zu bearbeitenden Phänomens, andererseits zur Einbeziehung bestehenden Wissens aus wissenschaftlichen Theorien und empirischen Untersuchungen auf das interessierende Phänomen. Bezugsrahmen sind somit Konzepte, mit denen die theoretische Grundlage für eine Untersuchung entwickelt werden kann (vgl. [370]). Sie enthalten Kategorien, Begriffe und Hypothesen, von denen angenommen wird, dass sie Bestandteil exakter Theorien werden können. Theoretische Bezugsrahmen bilden daher eine Vorstufe von Theorien. (vgl. u.a. [134], [197], [221] in [370]) Bezugsrahmen entsprechen hinsichtlich der logischen Konsistenz und Operationalität nicht den strengen Anforderungen, die an Theorien gestellt werden (vgl. [370]).

Fazit Wissenschaftsmethoden und Bezugsrahmen

Deduktion und Induktion sowie Bezugsrahmen sind geeignete Grundlagen für ein methodisch-konzeptionell abgestütztes Forschungsdesign.

4.2 Theorien

4.2.1 Systemtheorie

Der Systemansatz bildet eine bewährte Grundlage für die Modellierung, Analyse und Synthese komplexer Gebilde und Sachverhalte (i.A.a. [381]), da er die Anforderungen inhaltliche Abstraktheit sowie strukturierende, ordnende, systematisierende Wirkung in ausgezeichneter Weise erfüllt. Der Systemansatz richtet sich nicht bloß auf das zu planende System, sondern auch auf das System zu dessen Erstellung. (i.A.a. [274])

Die Systemtheorie ist die Theorie der Relationen zwischen den Elementen eines Systems, der Beziehung zwischen Struktur und Funktion von Systemen, der Beziehung zwischen Teilsystem und Gesamtsystem usw. Sie strebt eine exakte mathematische Formulierung der von ihr erarbeiteten Begriffsbildungen, Beziehungen, Gesetze usw. an. [199]

Für den Begriff des Systems lässt sich folgende mengentheoretisch orientierte und daher am ehesten formalisierbare Verbaldefinition zusammenstellen:

Ein System besteht aus einer Menge von Elementen, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Relationen miteinander verknüpft sind. ([111], [116], [274])

Beziehungsweise abstrakter:

System = eine Menge von Elementen (1)
eine Menge von Eigenschaften (2), definiert auf den Elementen
eine Mengen von Beziehungen (3), definiert zwischen den Elementen

(wobei 1 und 2 das genus proximum – die Menge – und 3 die differentia spezifica gegenüber dem Mengenbegriff darstellen) [274]

Die Systemtechnik als anwendungsorientierte Disziplin muss jedoch, da sie sich mit der Schaffung von neuen Systemen für einen vorgegebenen Zweck befasst, die

allgemein gefasste Systemdefinition durch eine Ergänzung einschränken, die die Ziel- oder Zweckorientierung abdeckt:

Ein System besteht aus einer Menge von Komponenten, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Beziehungen miteinander zur Verfolgung gesetzter Ziele verknüpft sind. [274]

Systeme lassen sich nach unterschiedlichen Gesichtspunkten klassifizieren. Nach einer verfahrenstechnischen Klassifizierung können aus Sicht des Problemlösungsprozesses, d.h. der Überführung von Zielvorstellungen in eine Realisierung als Mittel zur Erreichung der Ziele (Ziel-Mittel-Beziehung), die in Tabelle 1 und Abbildung 8 enthaltenen klar abgrenzbaren Systemtypen unterschieden werden. (i.A.a. [274])

Entsprechend dem Bestimmungsstück (1) der Systemdefinition lassen sich somit die die vier wesensmäßigen Systemtypen: Ziel-, Programm-, Wirk- und Objektsystem mit den Elementtypen: Ziel, Aktivität, Mittel und Objekt erkennen. (i.A.a. [274])

Systemtypen	Beschreibung und Erscheinungsformen
Zielsysteme (abstrakt) auch: Bedarfs-systeme	Zielsysteme stellen als abstrakte Systeme das angestrebte Ziel, d.h. das Handlungsergebnis als Endzustand, in Form einer Zielhierarchie (aufbaumäßige Zerlegung) sowie u.U. als zeitliche Folge von Teilzielen (ablaufmäßige Zerlegung) dar. Zielsysteme treten in Form von Pflichtenheften, Lastenheften, Anforderungsbeschreibungen/-listen und ähnlichem auf.
Programm-systeme (abstrakt) auch: Aufgaben-systeme	Programmsysteme stellen die zu setzenden Aktivitäten als Mittel zur Zielerreichung dar. Sie liefern in Form von Plänen (abstrakte Systeme) Aufschluss über die Art und Weise der durchzuführenden Aktivitäten. Programmsysteme treten in Form von Aufgabenplänen/Vorhabensplänen – bei Einmaligkeit und hoher Komplexität meist als Projekte angesprochen – auf. Ist das Schwergewicht der Betrachtung auf den Ablauf gelegt (ablaufmäßige Zerlegung), so laufen sie unter Prozess, Programm(ablaufplan) und ähnlichem.
Wirksysteme (konkret) auch: Handlungs-systeme, Arbeitssysteme	Wirksysteme sind als konkrete Systeme die Träger der Aktivitäten (Handlungsträger), haben daher für das Programmsystem unmittelbaren Mittelcharakter. Sie setzen sich in ihrer allgemeinsten Form – als soziotechnische Systeme – aus belebten Komponenten (Menschen, sonstige Lebewesen) und unbelebten Komponenten (Sachmittel) zusammen, deren Zusammenwirken durch formelle, aber auch informelle Beziehungsmuster (Organisation) ermöglicht wird. Wirksysteme – im Falle, dass der Mensch als Systembestandteil auftritt, auch Arbeitssysteme oder Handlungssysteme (zweckneutrale Betrachtung) genannt – treten als Organisationen, Unternehmungen bzw. Sachmittelsysteme (Anlagen, Betriebsmittel, Instrumente etc.) auf.
Objektsysteme (konkret/ abstrakt) auch: Ergebnis, Problemlösung	Objektsysteme sind als konkrete oder abstrakte Systeme Einwirkungsgegenstand bzw. Handlungsergebnis der von Wirksystemen bei der Realisierung von Programmsystemen mit der Ausrichtung auf Zielsysteme vollzogenen Aktivitäten. Objektsysteme treten als Arbeitsgegenstände, Produkte, Erzeugnisse, Leistungen, Ergebnisse und Objekte sowie als beliebige Systeme (Systeme schlechthin) auf.

Tabelle 1: Systemtypen (i.A.a. [274])

Diese Klassifizierung künstlicher Systeme nach ontologischen Gesichtspunkten entspricht folgender Gliederung des Problemlösungs- bzw. Planungsprozesses:

- Zielplanung, als anzustrebender Zustand

- Maßnahmeplanung, als Aktivitätenbündel samt Instrumenten zur Erreichung der Ziele, zerfallend in:
  - Ablaufplanung
  - Mittelplanung
- Ergebnis, als Output des Planungsprozesses (konkretes oder auch abstraktes System) [274]

Entsprechend dem Bestimmungsstück (2) der Systemdefinition lassen sich verschiedene Eigenschaftssystematiken aufstellen und Eigenschaftskategorien ableiten.

Der Aufbau einer derartigen Systematik kann gemäß einer Untergliederung in Zustandseigenschaften (Beschaffenheit), Wirkeigenschaften (Funktion) und Verhaltenseigenschaften (Verhalten) vorgenommen werden. Ein anderes Gedankenmodell zur Deduktion führt zu einer Gliederung in die Eigenschaftskategorien raumbezogene, zeitbezogene und inhaltsbezogene Eigenschaften (materie-energie-informationsbezogene Eigenschaften). (i.A.a. [274])

Entsprechend dem Bestimmungsstück (3) der Systemdefinition wird nun auf die Beziehungen bzw. das Beziehungs- oder Relationsgefüge im System – die Struktur – eingegangen. Die Struktur eines Systems sei wie folgt definiert:

Die Struktur ist die Abbildung der Menge der die Komponenten eines Systems miteinander verbindenden Relationen (bzw. aller dazu isomorphen Relationsgefüge). [274]

STRUKTUR-ART / CHARAK-TERISTIKA	AUFBAUSTRUKTUR	ABLAUFSTRUKTUR
DEFINITION	DARSTELLUNG DES SYSTEMINHALTS GEGLIEDERT NACH SACHLICHEN ZUSAMMENHÄNGEN DER IN EINEM SYSTEM ENTHALTENEN KOMPONENTEN	DARSTELLUNG DER SYSTEMFUNKTION ALS ZEITLICH/LOGISCHE ANORDNUNG DER IN EINEM SYSTEM ENTHALTENEN KOMPONENTEN ZUM ZWECKE EINER AUFGABENERFÜLLUNG
BETRACHTUNGSWEISE	STATISCH	DYNAMISCH
DARSTELLUNGSFORM	- BAUMSTRUKTUR - HIERARCHIESTRUKTUR - MATRIX	- GERICHTETER GRAPH (NETZPLAN, ENTSCHEIDUNGSBÄUME) - PROGRAMMABLAUFPLAN FLUSSDIAGRAMM (PERSONEN-, MATERIAL-, ENERGIE-, DATEN-) BLOCKSCHALTBILD - MATRIX
ANALYSEVERFAHREN	AUFBAUANALYSE SYSTEMGLIEDERUNG	ABLAUFANALYSE FUNKTIONSANALYSE
CHARAKTERISTISCHE ANALYSE/SYNTHESE BEGRIFFE	ZERFÄLLT SETZT SICH ZUSAMMEN	LIEGT NACH, FOLGT LIEGT VOR, ERFORDERT

Abbildung 7: Gegenüberstellung von Aufbau- und Ablaufstruktur [274]

Aufbauend auf diesem Strukturbegriff lassen sich prinzipielle Betrachtungen bezüglich unterschiedlicher Arten von Strukturen anstellen. Ein Unterscheidungskriterium ist die unterschiedliche Betrachtungsweise:

- Betrachtung vom Blickpunkt bestimmter sachlicher Zusammenhänge mit statischen Beziehungssetzungen der im System aufscheinenden Komponenten
- Betrachtung vom Blickpunkt bestimmter logisch/zeitlicher Zusammenhänge mit dynamischen Beziehungssetzungen der im System verkoppelten Komponenten [274]

Abbildung 7 enthält eine Gegenüberstellung der beiden Betrachtungsweisen und damit der beiden elementaren Strukturen:

- Aufbaustruktur (Gefüge von Ordnungsrelationen)
- Ablaufstruktur (Gefüge von Flussrelationen) [274]

Beliebige Systeme können entsprechend Tabelle 2 bezüglich der Beziehungs- bzw. Strukturarten nach unterschiedlichen Gesichtspunkten gegliedert werden.

Gliederungsgesichtspunkt	Benennung der Bestandteile
zeitlich	Phasen
räumlich (örtlich)	Bereiche
mengenmäßig	Teile, Gruppen
rangmäßig (hierarchisch)	Ebenen
vorgehenslogisch	Schritte
Kombinationen der Gliederungsgesichtspunkte	**Benennung der Bestandteile**
zeitlich und räumlich/mengenmäßig	Abschnitte
zeitlich und rangmäßig	Stufen
zeitlich und vorgehenslogisch	Etappen

Tabelle 2: Gliederungsgesichtspunkte bezüglich Beziehungen bzw. Strukturen (i.A.a. [274])

Jedes System wird, bewusst oder unbewusst, nur durch den Filter bestimmter Aspekte gesehen. Von daher wird, wenn ein System unter einem bestimmten Aspekt betrachtet wird – alle anderen Aspekte also nicht betrachtet werden – von einem Aspektsystem gesprochen. Die betrachteten Aspekte sind zweckabhängig. Demgemäß stellt ein Teilsystem[8] einen mengenmäßigen Ausschnitt des Gesamtsystems dar, repräsentiert also ein Aspektsystem unter einem mengenmäßigen Aspekt. Ein Aspektsystem ist kein funktionsfähiges System; erst die Überlagerung verschiedener Aspektsysteme führt zu einem funktionsfähigen System. (i.A.a. [274])

Für die Erfassung von Aufbaustrukturen beliebiger Systeme ist ein einheitliches, allgemein gültiges Aufbaustrukturschema allen Überlegungen zugrunde zu legen. Für die unterschiedlichen Systemtypen ergeben sich die in Abbildung 8 dargestellten hierarchischen Gliederungen. (i.A.a. [274])

Die Erfassung von Ablaufstrukturen beliebiger Systeme setzt voraus, dass diese einen dynamischen Charakter im weiteren Sinne besitzen. Bei Ablaufstrukturen

[8] Synonym: Subsystem.

können die Kriterien Quellen-/Senken-Anzahl, Ablaufrichtung und Stochastik für eine Unterscheidung herangezogen werden. (i.A.a. [274])

SYSTEM	SYSTEMTYPEN			
	ZIELSYSTEM	PROGRAMMSYSTEM	WIRKSYSTEM	OBJEKTSYSTEM
SYSTEM (GESAMTSYSTEM)	ZIEL (GESAMTZIEL) (OBERZIEL)	PROJEKT (VORHABEN) (AUFGABE)	ORGANISATION (ARBEITS-S.) (HANDLUNGS-SYSEM)	ERZEUGNIS, PRODUKT (LEISTUNG) (ERGEBNIS)
TEIL(SUB)SYSTEM	TEILZIEL (ZWISCHENZIEL) (SUBZIEL)	TEILPROJEKT (TEILVORHABEN) (TEILAUFGABE)	TEILORGANISATION (ARB.-BEREICH) (GRUPPE, ABTLG)	GRUPPE, BAUGRUPPE (TEILLEISTUNG) (TEILERGEBNIS)
SYSTEMELEMENT	EINZELZIEL	VORGANG (EINZELVORHABEN) (ELEMENTARAUF-GABE)	STELLE (ARBEITSPLATZ) (INDIVIDUUM)	EINZELTEIL (EINZELLEISTUNG) (EINZELERGEBNIS)

Abbildung 8: Hierarchische Gliederung der unterschiedlichen Systemtypen [274]

Zwischenfazit: Der systemtheoretische Ansatz stellt durch seine Abstraktheit und Universalität ein sehr leistungsfähiges Instrument für die Behandlung logistischer Problemstellungen dar. Der systemtheoretische Ansatz nach PATZAK überzeugt vor allem durch seine Systematisierungen und konsistenten Aussagen bezüglich System-, Element- und Strukturarten.

4.2.2 Graphentheorie

Mittels Graphen und Matrizen als analoge und formale Modelle können Systeme allgemein zweckmäßig beschrieben werden, d.h. Informationen zu den Elementen und zu den Beziehungen einschließlich deren Gefüge sind hinterleg- und abrufbar. Somit lassen sich auch Strukturinformationen zu einem System in Graphen bzw. Matrizen ablegen oder erkennen. Die in Graphen und Matrizen enthaltene Informationsmenge ist gleichmächtig, weswegen die Modelle ineinander überführbar sind und ihre Anwendung wahlweise erfolgen kann.

Graphen

Ein Graph G besteht aus einer Menge V von Knoten mit den Knotenbewertungen α und einer Menge E von Kanten mit den Kantenbewertungen c.

$$G = (V, E, \alpha, c) \qquad (1)$$

Die Knoten und Kanten einschließlich deren Bewertungen können mit unterschiedlichen Inhalten belegt sein. (vgl. u.a. [12], [74])

Matrizen

Analog können die Matrixelemente mit unterschiedlichen Inhalten belegt sein. So geben Adjazenz- oder Verbindungsmatrizen die „Nachbarschaftsbeziehungen“ der Knoten eines Graphen wieder, Bewertungsmatrizen ersetzen die binäre Notation Adjazenzmatrix durch die Kantenbewertungen eines Graphen. (vgl. u.a. [12], [74])

Zwischenfazit: Der graphentheoretische Ansatz stellt einen für logistische Problemstellungen wirkungsvollen mathematischen Apparat zur Verfügung. Durch die mathematische Fassbarkeit gelingt vielfach die Operationalisierung von Problemstellungen einschließlich deren Lösung. Graphen und Matrizen enthalten somit häufig die problem- und lösungsrelevanten Ein- und Ausgangsdaten. Aus Graphen und Matrizen lassen sich Strukturkenngrößen (vgl. Abschnitt 4.4.8) ableiten.

4.2.3 Kontextspezifische Ableitungen der Systemtheorie

Prozesskettentheorie

Die Prozesskettentheorie[9] verkörpert ein Beschreibungsverfahren zur Gestaltung und Optimierung von Prozessketten in der Logistik. [225]

Prozessketten sind die Darstellung von Material- und Informationsflüssen. Hierfür werden abgrenzbare Teilprozesse definiert und die logische Reihenfolge der Durchläufe von Aufträgen (Informationseinheiten) und operativen Basisgrößen (Material, Transporteinheiten) dokumentiert. Prozessketten werden somit objektdifferenziert (z.B. artikel- bzw. teiledifferenziert) aufgenommen. Es werden die vier Prozesstypen: Bearbeiten, Prüfen, Transportieren, Puffern/Lagern unterschieden. Prozessketten setzen sich aus Prozesskettenelementen zusammen. Jedes Prozesskettenelement kann aufgrund der Selbstähnlichkeit wiederum in sich einen Prozess bergen. [225]

Die Prozesskette wird wie folgt definiert:

Die Prozesskette ist eine abgestimmte und verknüpfte Aneinanderreihung von Prozesskettenelementen entlang der Zeitachse zur Erfüllung des Systemzwecks durch definierte Umwandlung von Input- in Output-Faktoren. [225]

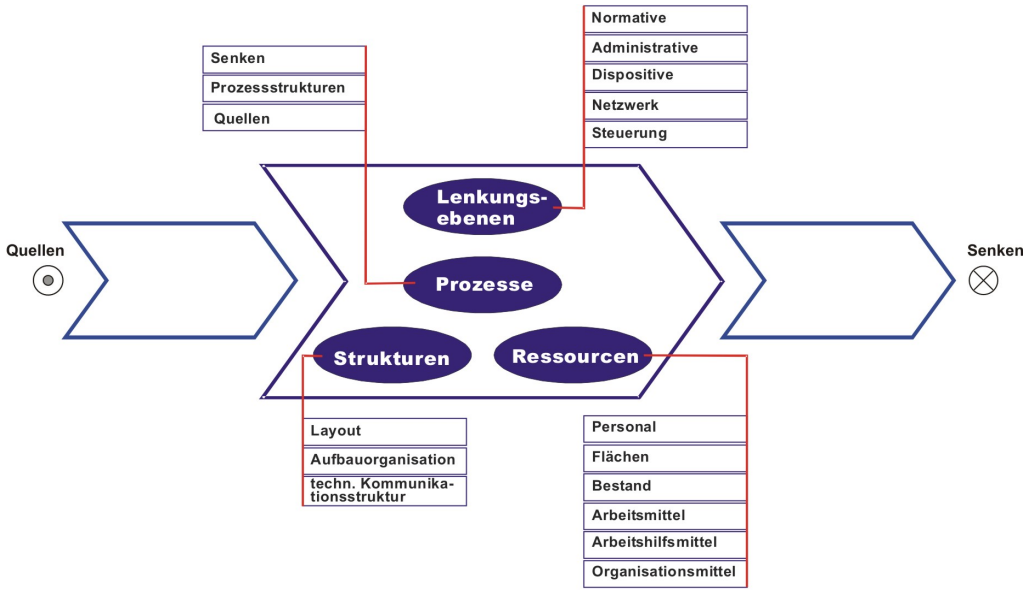


Abbildung 9: Prozesskettenelement mit Potenzialklassen [225]

[9] Synonym: Prozesskettenparadigma, Prozessketteninstrumentarium.

Während des Objekttransfers durch die Prozesskette bzw. durch ein Prozesskettenelement erfährt jedes Objekt durch Inanspruchnahme von Ressourcen einen Wertzuwachs, welcher die Kosten für den Objekttransfer bei gegebener Struktur und Lenkung (Steuerung und Regelung) bestimmt. Wertezuwächse bzw. -verbräuche von logistikrelevanten Größen werden der Prozesskette bzw. den einzelnen Prozesskettenelementen hinzugefügt (z.B. Kosten des Prozessschrittes, Durchlaufzeitverbrauch, Kapazitätsauslastung logistischer Betriebsmittel, Lagerbestand). [225]

Das Prozesskettenelement mit seinen vier Beschreibungskategorien gilt als „Urbaustein“ zur einheitlichen Planung und Bewertung logistischer Prozesse (Abbildung 9). Eine Einflussnahme auf die Prozessketten erfolgt über definierte Potenzialklassen in den jeweiligen Beschreibungskategorien, wobei sich Veränderungsmaßnahmen in einzelnen Potenzialklassen meist beeinflussend auf andere auswirken. Eine Potenzialklasse der Prozesse ist die Prozessstruktur. Potenzialklassen der Strukturen sind Anordnungsstruktur der Betriebsmittel (Layout), Aufbau-(organisations)struktur und technische Kommunikationsstruktur. (vgl. [225])

Als Basis einer einheitlichen Bewertung von Prozessketten und ihrer Teilprozesse können die Betriebskennlinien [270] in geeigneter Weise in das Prozesskettenintrument eingebunden werden (vgl. [225]).

Flusssystemtheorie

Gegenstand der Flusssystemtheorie sind die Geschäfts- bzw. Produktionsprozesse, die bestimmten Flüssen gleichgesetzt werden (Tabelle 3):

Prozess = Fluss/Flüsse von Flussgegenständen

Zur Erfüllung einer definierten Prozessaufgabe durchlaufen alle dafür erforderlichen Gegenstände (Prozessgegenstände) bestimmte, mehr oder weniger vernetzte Folgen von Eigenschafts- und Zustandsänderungen (Prozesskette). (vgl. [397], [408])

Konstrukt	Beschreibung
Fluss	zeitliche und räumliche Folge von Eigenschafts- und/oder Zustandsänderungen eines bestimmten Prozessgegenstandes
Flussgegenstand	jeder Prozessgegenstand
Flussfunktion	eine bestimmte, durch einen definierten Fluss zu erfüllende Eigenschafts- und/oder Zustandsänderung eines Prozessgegenstandes
Flussaufgabe	von einem definierten Fluss zu realisierende Prozessaufgabe bzw. Teil einer Prozessaufgabe
Flusssystem-element	Prozessmittel, Arbeitsmittel oder auch technische Einrichtung zur Erfüllung einer bestimmten Flussfunktion
Flusssystem	Menge der einen definierten Fluss verwirklichenden Flusssystemelemente; diese sind durch die gerichteten Bewegungen des Flussgegenstandes des definierten Flusses miteinander verbunden; die Grenzen eines Flusssystems ergeben sich aus organisatorischem Erfordernis und/oder aus technischen Gegebenheiten

Tabelle 3: Konstrukte der Flusssystemtheorie (vgl. [397], [408])

Über eine Kategorisierung von Flussgegenständen lassen sich verschiedene Kategorien von Flüssen bzw. Flusssystemen ableiten. Flüsse werden zunächst in die

Kategorien Stoff-, Energie- und Informationsfluss (Abbildung 10), im Weiteren auch in die Kategorien Personal-, Kapital- und Betriebsmittelfluss gegliedert (vgl. [265], [397], [407], [408]).

Alle Prozessfunktionen lassen sich auf die drei Grundfunktionen Transformieren, Speichern und Transportieren zurückführen. Die Grundfunktionen treten in den Flüssen eines Prozesses in prozesstypischen Ausprägungen, d.h. als Fluss- bzw. Prozessfunktionen in Erscheinung. Alle Prozesse bestehen aus Folgen von Flussfunktionen (in jeweils unterschiedlicher Detailliertheit) und lassen sich auf Basis der Grundfunktionen als Funktionsketten bzw. Prozessketten (Abbildung 10) einheitlich darstellen. (vgl. [397], [408])

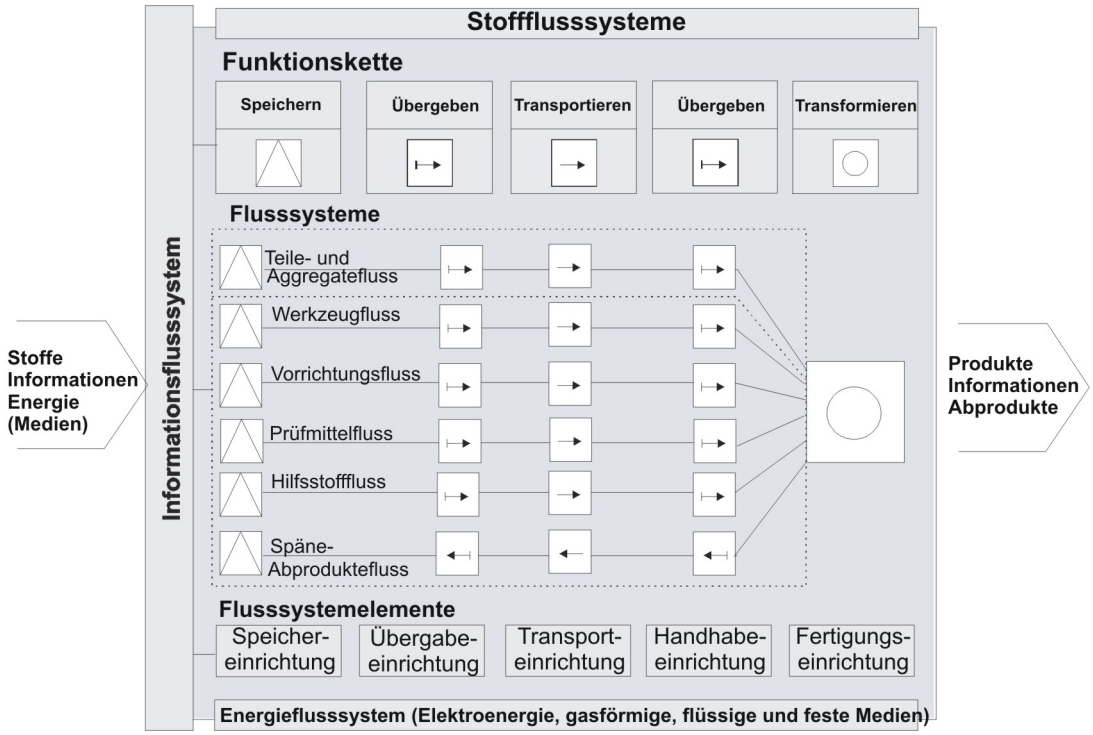


Abbildung 10: Flüsse, Funktionsketten und Flusssystemelemente eines allgemeinen Fertigungsplatzes [397]

Flusssysteme lassen sich je nach der gerade erforderlichen Komplexion top-down als Flusssystemekomplex, Flusssystem, Flusssystemelementekomplex, Flusssystemelement auffassen (vgl. [397], [408])

Zur Erfüllung einer Prozessaufgabe umfassen Flusssysteme sowohl die Verbindung der flussbestimmenden Flusssystemelemente als auch die notwendigen Verknüpfungen mit anderen Flusssystemen. Diese Verknüpfungen werden über Flusssystemschnittstellen technisch verwirklicht. Jede Flusssystemschnittstelle tritt dabei als Kopplung von Flusssystemelementen oder als Integration von Flussfunktionen in Erscheinung. (vgl. [397], [408])

Produktionssysteme, Fertigungssysteme und Logistiksysteme sind in Flusssysteme zerlegbar. (vgl. [397], [408])

Fertigungssysteme – „Fertigungssystemtheorie“

Die „Fertigungssystemtheorie“ in ihrer hier betrachteten Form setzt maßgeblich auf der Flusssystemtheorie auf.

Fertigungssysteme können hierarchisch, peripher, horizontal und vertikal gegliedert werden. Die horizontale Gliederung entspricht einer Gliederung nach den Flussgegenständen (objektorientiert) in verschiedene Flusssysteme (z.B. Stoff-, Energie- und Informationsflusssystem). Die vertikale Gliederung entspricht einer Gliederung nach den Flussfunktionen bzw. Flusssystemelementen (verrichtungsorientiert) (z.B. Transformieren, Transportieren und Speichern bzw. Fertigungs-, Transport- und Speichereinrichtungen). Die periphere Gliederung (Hauptprozess, 1.-3. Peripherie) entspricht einer Gliederung nach der Nähe zum Systemzweck, bei Fertigungssystemen also der Fertigung von Teilen oder Aggregaten. Die hierarchische Gliederung entspricht einer Gliederung in verschiedene Ordnungsebenen, wobei allgemein für die Hierarchie von Fertigungssystemen (und damit auch Flusssystemen) fünf Ebenen angegeben werden (Abbildung 11): 1. Fertigungsplatz (Fertigungssystem 1. Ordnung), 2. Fertigungsplatzgruppe (Fertigungssystem 2. Ordnung), 3. Fertigungsabschnitt (Fertigungssystem 3. Ordnung), 4. Fertigungsbereich (Fertigungssystem 4. Ordnung), 5. Fertigungsbetrieb (Fertigungssystem 5. Ordnung). (vgl. [107], [397])

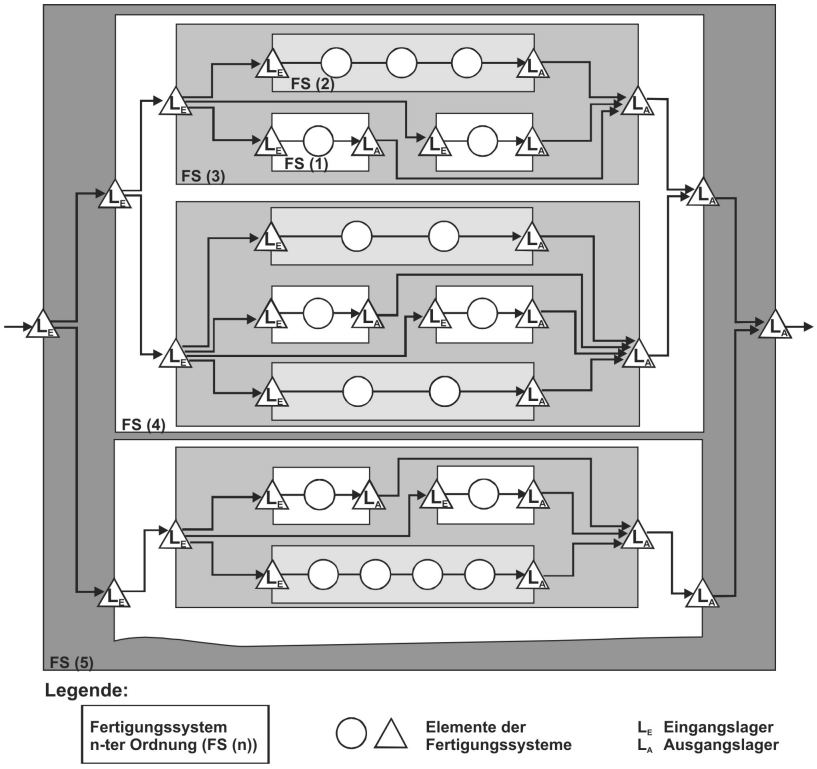


Abbildung 11: Hierarchische Gliederung von Fertigungssystemen (i.A.a. [107], [397])

Der Fertigungsplatz als Fertigungssystem 1. Ordnung – als „Systemelement des Fertigungssystems“ oder auch als „wichtigster Knotenpunkt der Flusssysteme im

Fertigungssystem“ – entspricht einem Flusssystemelementekomplex (vgl. Abbildung 10). Aus diesem lassen sich über „Verbindungselemente“ komplexere Fertigungssysteme aufbauen. (vgl. [107], [397])

Produktions-, Fertigungs- und Logistiksysteme können entsprechend den Daseinsformen Raum und Zeit einer räumlichen und zeitlichen Gliederung bzw. Strukturierung unterworfen werden (siehe hierzu u.a. Abschnitt 4.4.5).

Logistiksysteme – „Logistiksystemtheorie“

Ein logistisches System ist jede Anordnung aus mindestens zwei Einzelelementen von Gegenständen der Logistik, um Aufgabenstellungen der Planung, Steuerung und Überwachung in Systemen auszuführen. Logistische Prozesse bewirken im Rahmen eines Transformationsprozesses eine Veränderung des Systemzustands von Gegenständen der Logistik hinsichtlich Zeit, Ort, Menge und Sorte. Werden Gegenstände der Logistik logistischen Prozessen in Systemen unterzogen, entsteht eine logistische Leistung. [184]

Die Gegenstände der Logistik sind diskrete Einzelelemente oder Subsysteme, die die verschiedensten logistischen Systeme bilden und in vielfältigen Kombinationen, oft hierarchisch strukturiert, in logistischen Prozessen zusammenwirken. Generell kann unterschieden werden zwischen solchen Gegenständen der Logistik, die als Objekte (Güter, Personen, Informationen, Energie) im Rahmen eines Transformationsprozesses verändert werden, und solchen, die als Arbeitsmittel (Materialfluss-, Produktions-, Informationsflussmittel) zusammen mit der notwendigen Infrastruktur (Gebäude, Flächen, Wege) die Veränderung im System bewirken. [184]

In Materialfluss- und Logistikprozessen werden Gegenstände der Logistik als Operatoren und Operanden eingesetzt, um Abläufe (eine Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen) in Systemen zu realisieren. Ein solches System S besteht aus einer Menge von Elementen e_1 bis e_n und Relationen r_1 bis r_n zwischen diesen Elementen:

$$S = \{E, R\} \qquad (2)$$
$$E = \{e_1, e_2, \ldots, e_n\}$$
$$R = \{r_1, r_2, \ldots, r_n\}$$ (i.A.a. [184]

In logistischen Prozessen lassen sich Güter, Energie, Informationen und Personen und im Materialfluss Güter (Materialien, Stoffe) einem Transformationsprozess (Abbildung 12) derart unterziehen, dass Zeit, Ort, Menge und Sorte sich ändern können. Bei derartigen technischen Elementarprozessen geht es vorrangig um die Änderung der Eigenschaften. Folgen verschiedener Operationen werden als Arbeitsvorgangsfolgen angesehen. Ziel der Transformation ist die Versetzung des Vektors der Eigenschaften eines Systems in einen neuen Zustand:

$$O^1 \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \ldots \\ A_n \end{pmatrix} \Rightarrow O^2 \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \ldots \\ B_n \end{pmatrix} \qquad (3)$$

O=Operand [184]

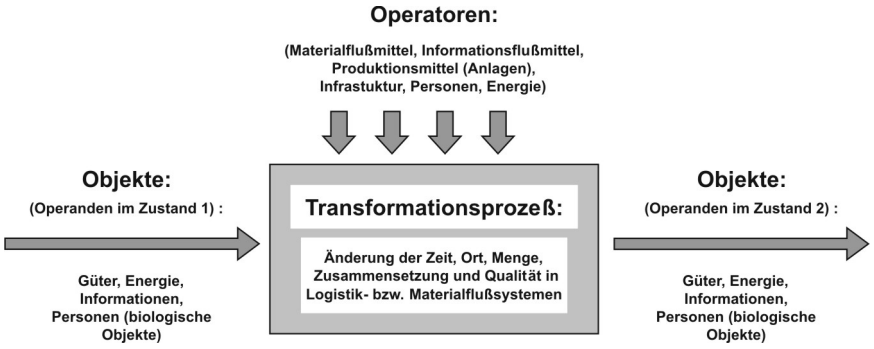


Abbildung 12: Transformationsprozesse der Logistik (allgemein) [184]

Produktionssysteme – „Produktionssystemtheorie“

Grundlegend für die Planungsmethodik von Fabriken oder Produktionssystemen ist der Systemaspekt. Ein Produktionssystem ist gekennzeichnet durch:

- Elemente, die sich den Produktionsfaktoren (Material, Realkapital, Personal) zuordnen lassen
- Relationen zwischen den Elementen, die ihrer Natur nach stofflichen, informationellen, energetischen oder ökonomischen Charakter haben können. Die Relationen lassen sich weiterhin nach ihrer Stelligkeit unterscheiden:
  - Prozesse sind mehrstellige Relationen, d.h. sie laufen über mehr als zwei Elemente hinweg (z.B. Durchlauf von Erzeugnissen)
  - Strukturen sind zweistellige Relationen, d.h. sie verbinden jeweils nur zwei Elemente miteinander (z.B. Transportrelationen zwischen zwei Maschinen)
- eine Umgebung, gegeben durch das für die Fabrik natürliche, infrastrukturelle, wirtschaftliche und politische Umfeld (z.B. Absatz- und Beschaffungsmarkt)
- eine Randstruktur, die mittels Inputs und Outputs, die stofflicher, informationeller, energetischer oder ökonomischer Art sein können, die Beziehungen zwischen dem Produktionssystem und seiner Umwelt herstellt (vgl. [317])

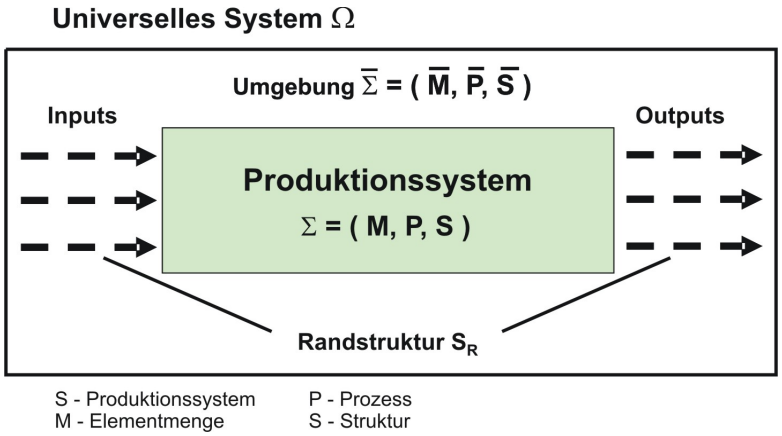


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Produktionssystem und seinen Beziehungen zur Umgebung über die Randstruktur mittels Inputs und Outputs (vgl. [317])

Mengentheoretisch beschreibt sich ein Produktionssystem wie folgt (vgl. Abbildung 13):

$$\Sigma = (M, P, S) \quad (4)$$

M - Elementmenge
P - Prozess als Menge der Einzelprozesse über M
S - Struktur als Menge der zweistelligen Relationen über M (vgl. [317])

Die systemtheoretische Betrachtungsweise ist der theoretische Ausgangspunkt für eine systematische Planung. Die Hauptaktivitäten der Projektierung lassen sich aus der Systembeschreibung ableiten; so entsprechen:

- dem Prozess P die Funktionsbestimmung oder Prozessplanung,
- der Elementmenge M die Dimensionierung,
- der Struktur S die Strukturierung und
- der Randstruktur die Integration. (vgl. [317])

Arbeitssysteme – „Arbeitssystemtheorie“

Die Arbeitsgestaltung befasst sich ausschließlich mit soziotechnischen Systemen, die als Arbeitssysteme bezeichnet werden. Arbeitssysteme dienen der Erfüllung von Arbeitsaufgaben. Hierbei wirken Menschen und Betriebsmittel mit der Eingabe unter Umwelteinflüssen zusammen. (vgl. [291])

Die Beschreibung des Arbeitssystems erfolgt mit Hilfe der Konstrukte in Tabelle 4.

Konstrukt	Beschreibung
Arbeitsaufgabe[10]	Aufforderung an Menschen, Tätigkeiten zur Zielerreichung auszuüben; Zweck des Arbeitssystems
Arbeitsablauf	räumliches und zeitliches Zusammenwirken von Mensch und Arbeits-/Betriebsmittel, um die Eingabe gemäß der Arbeitsaufgabe in eine Ausgabe zu überführen
Mensch	Systemelement, welches zusammen mit dem Arbeits-/Betriebsmittel und der Organisation die Kapazität des Arbeitssystems bestimmt
Arbeits-/ Betriebsmittel	Systemelement, welches zusammen mit dem Mensch und der Organisation die Kapazität des Arbeitssystems bestimmt
Eingabe	Arbeitsgegenstände (Material), Informationen und Energie, die im Sinne der Arbeitsaufgabe verändert und verwendet werden
Ausgabe	Arbeitsgegenstände (Material), Informationen und Energie, die im Sinne der Arbeitsaufgabe verändert, verwendet und neu erstellt wurden
Umwelteinflüsse	Zusammenfassungen physikalischer, chemischer, biologischer, organisatorischer und sozialer Wirkungsgrößen, die das Arbeitssystem beeinflussen

Tabelle 4: Konstrukte von Arbeitssystemen (vgl. [291])

Das Zusammenwirken der Konstrukte illustriert Abbildung 14.

[10] Nicht selten wird neben der Arbeitsaufgabe auch der Arbeitsauftrag (im Sinne einer Zielvorgabe/Zwecksetzung oder auch geforderten Leistung) getrennt als Beschreibungskonstrukt angeführt (vgl. [235]).

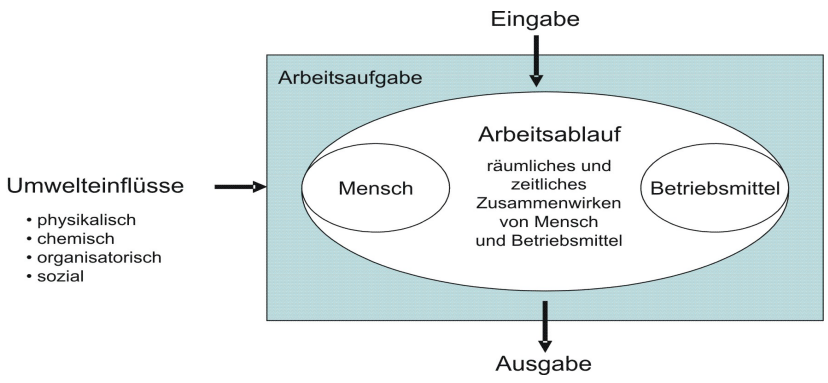


Abbildung 14: Beschreibung eines Arbeitssystems (i.A.a. [291])

Methode der Architektur integrierter Informationssysteme

Die Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) fußt auf einem Integrationskonzept, das aus einer ganzheitlichen Betrachtung von Unternehmensprozessen abgeleitet wird. Die Architektur wird aus einem Modell für Unternehmensprozesse heraus entwickelt, das wesentliche Merkmale zur Beschreibung von Geschäftsprozessen (zur Geschäftsprozessmodellierung) beinhaltet. (vgl. [171], [310])

Die zur möglichst vollständigen Beschreibung eines Unternehmensprozesses benötigten Konstrukte sind u.a. Vorgänge, Ereignisse, Ziele, Leistungen (Zustände), Organisationseinheiten, Bearbeiter und Ressourcen. (vgl. [171], [310])

Die hohe Komplexität des entstehenden Modells wird durch die Zerlegung in einzelne Sichten reduziert. Die Sichten werden nach dem Kriterium „Ähnlichkeit des semantischen Zusammenhangs“ gebildet (Tabelle 5, Abbildung 15). (vgl. [171], [310])

Sicht	Beschreibung
Leistungssicht	Zusammenhänge zwischen Leistungen (Zustände im Umfeld der Objekte, z.B. im Umfeld des Auftrags) werden in der Leistungssicht beschrieben. Die Leistungssicht enthält alle materiellen und immateriellen Input- und Outputleistungen. Eine Leistung kann entweder eine Sachleistung oder eine Dienstleistung sein.
Funktionssicht	Die auszuführenden Funktionen (Vorgänge) sowie ihre Zusammenhänge untereinander werden in der Funktionssicht beschrieben. Sie beinhaltet die Funktionen sowie die zwischen den Funktionen geltenden Anordnungsbeziehungen. Da Funktionen Ziele unterstützen, werden Ziele wegen dieser engen Verbindung ebenfalls der Funktionssicht zugeordnet.
Organisations-sicht	In der Organisationssicht werden die Organisationseinheiten sowie deren Beziehungen und Strukturen zusammengefasst. Da Organisationseinheiten Aufgabenträger „organisieren“, werden in der Organisationssicht u.a. auch die Aufgabenträger Bearbeiter und Ressource beschrieben.
Datensicht	Die Datensicht umfasst Umfelddaten der Vorgangsbearbeitung sowie die Nachrichten, die Funktionen auslösen bzw. von diesen erzeugt werden.
Steuerungs- oder Prozesssicht	Mit der Zerlegung des Prozesses in einzelne Sichten wird zwar eine Komplexitätsreduzierung erreicht, allerdings gehen die Zusammenhänge der Prozesselemente zwischen den Sichten verloren. Deswegen wird eine weitere Sicht, die Steuerungs- oder Prozesssicht aufgenommen, in der die Verbindungen zwischen den Sichten systematisch und redundanzfrei beschrieben werden. Diese Sicht ist eine wesentliche Komponente des ARIS-Konzeptes und auch der hauptsächliche Unterschied zu anderen Architekturvorschlägen.

Tabelle 5: ARIS-Sichten ([171], [310])

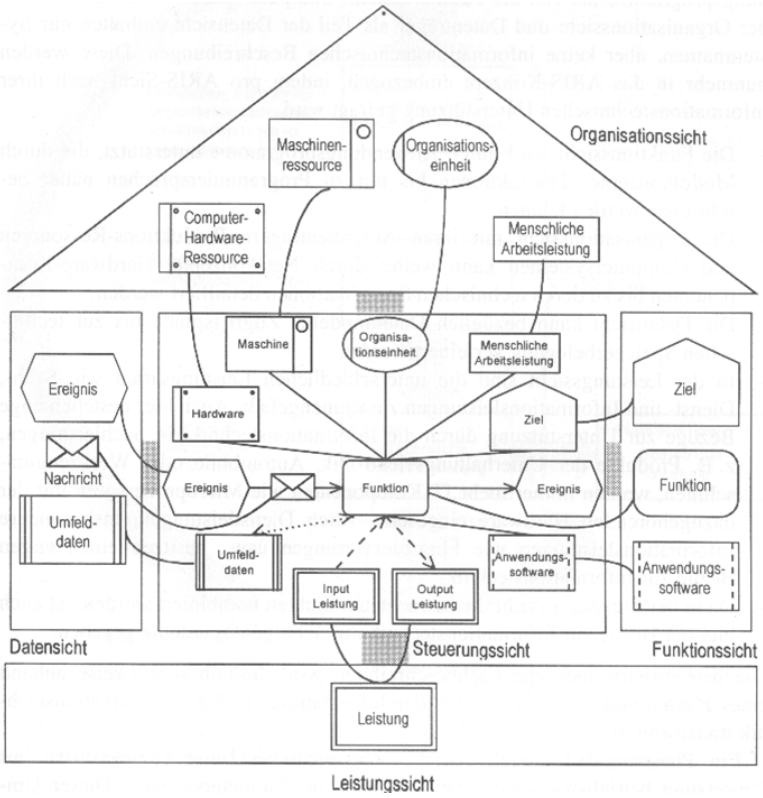


Abbildung 15: ARIS-Zerlegungssichten des Prozessmodells ([171], [310])

In der Systemtheorie wird zwischen der Struktur und dem Verhalten eines Systems unterschieden. Die Struktur umfasst die statische Betrachtungsweise auf das System, während das Verhalten die dynamische Betrachtungsweise auf das System umfasst. Im Geschäftsprozessmodell beschreiben die Funktions-, Organisations-, Daten- und Leistungssicht die statische Betrachtungsweise. Die dynamische Betrachtungsweise wird u.a. durch die Ereignissteuerung und den Nachrichtenfluss ausgedrückt. In der Steuerungs- bzw. Prozesssicht werden somit alle strukturellen Zusammenhänge der Sichten und zusätzlich die dynamischen Verhaltensaspekte des Geschäftsprozessflusses betrachtet. (vgl. [171], [310])

Methode der Integrierten Unternehmensmodellierung

Das Generische Aktivitätsmodell der Integrierten Unternehmensmodellierung (IUM-GAM) basiert auf den Modellen des ISO-GAM sowie von CIM-OSA [55] und IDEF/SADT ([153], [302]). Grundlage des Generischen Aktivitätsmodells ist die These, dass durch Aktivitäten die Herstellung von Produkten und alle sich daraus ableitenden Tätigkeiten beschrieben werden können. Die Aktivitäten beziehen sich auf Objekte der Klassen Produkt, Auftrag und Ressource (Abbildung 16). (vgl. [341])

Objekte, an denen durch die Aktivität etwas verändert wird (Objekte die bearbeitet werden bzw. bearbeitete Objekte), werden mit der jeweiligen betreffenden Aktion verknüpft. Zur Ausführung einer Aktivität ist die Veranlassung und Kontrolle durch einen steuernden Auftrag erforderlich. Dieser steuernde Auftrag kommt entweder von außerhalb des betrachteten Ausschnitts oder wird von einer anderen Aktivität erzeugt

bzw. bereitgestellt. Ausgeführt wird die Aktivität von dazu fähigen Ressourcen. Die Ressourcen kommen entweder von außerhalb des betrachteten Systemausschnitts oder werden von anderen Aktivitäten bereitgestellt bzw. erzeugt. Aktionen (ohne Bezug zu anderen Objekten), Funktionen (mit Bezug zu verändernden Objekten) und Aktivitäten (mit Bezug zu allen betroffenen Objekten) werden als Beschreibungsumfänge unterschieden. (vgl. [341])

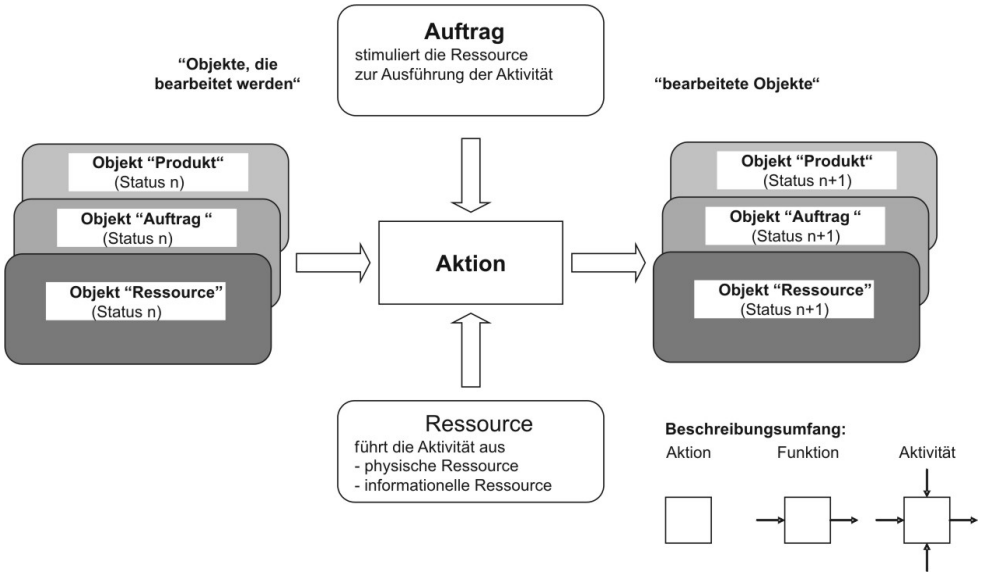


Abbildung 16: Generisches Aktivitätsmodell der IUM [341]

Aktionen, Funktionen und Aktivitäten können über Funktionsdekompositionen, Funktionsabläufe und teilautonome Einheiten in Beziehung gesetzt werden. Hierarchische und mengenmäßige Relationen zwischen Aufträgen, Produkten und Ressourcen sind jeweils über Klassen- und Dekompositionshierarchien abbildbar, zeitliche und räumliche Beziehungen von Aufträgen über Merkmale. (vgl. [341])

Zwischenfazit: Trotz kontextbedingter Unterschiede lassen sich ähnliche fundamentale element- und beziehungsorientierte Beschreibungskategorien erkennen.

Fazit Theorien

Mit der System- und Graphentheorie liegen Theorien vor, die zusammen mit den kontextspezifischen Ableitungen der Systemtheorie die Basis für die Bearbeitung von Problemstellungen der Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen bilden können.

Entsprechend dem jeweiligen Kontext und den hiermit verbundenen Schwerpunktsetzungen wird jeweils eine unterschiedliche Modellwelt aufgebaut, die jedoch, auch begründet durch den gemeinsamen systemtheoretischen Ansatz, zu ähnlichen element- und beziehungsorientierten Beschreibungskategorien führt. Die verwendeten Termini sind heterogen und teils problematisch hinsichtlich einer Verallgemeinerbarkeit. Durch Zusammenführung der Ansätze erscheint ein „generischer" Ansatz für einen Beschreibungsrahmen entwickelbar (siehe Anlage A1).

4.3 Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini

4.3.1 Beschreibungskonzepte und Modelle

Anforderungen an Modelle und Modellierungsmethoden

Anforderungen an Modelle sind: 1. Notwendige Eigenschaften: Deskriptions-, Prädikats-, Explikations-, Verifikationsfunktion, kausale und telenome Erklärungsfunktion; 2. Wünschenswerte Eigenschaften: innere Konsistenz, Formalisierbarkeit, Einfachheit, Entwicklungsfähigkeit; 3. Erweiterte Anforderungen: Analyse technischer, organisatorischer und sozialer Aspekte, flexible Methodik mit Anpassungsmöglichkeiten, ganzheitliche Herangehensweise, integrierte Analyse und Gestaltung, beteiligungsorientierter Ansatz. (vgl. [329])

Anforderungen an Modellierungsmethoden sind: Relevanz, Reliabilität, Handhabbarkeit, Anpassungsfähigkeit und Robustheit. Die Methoden müssen die in dem Modell definierten Elemente, Beziehungen und Grenzen abbilden können. (vgl. [329])

Einteilung von Modellen

Modelle lassen sich nach unterschiedlichen Gesichtspunkten einteilen. Für die Produktionslogistik von Relevanz sind u.a. Einteilungen in: Beschreibungs-, Erklärungs- und Entscheidungsmodelle (vgl. [118], [165] in [222]), deskriptive und präskriptive Modelle [222], quantitative und qualitative Modelle[11] [13], deterministische und stochastische Modelle [13], statische und dynamische Modelle[12] [313], formale, analoge, bildhafte und virtuelle Modelle [313], Prozess-, Fluss-(system-) und Organisationsmodelle sowie aufbau- und ablaufstrukturelle Modelle.

Auf einige hier besonders relevante Modelle sowie angewandte Modellierungsprinzipien soll eingegangen werden.

Prozess-, Fluss(system)- und Organisationsmodelle

Prozessmodelle

Zu den Prozessmodellen gehören neben den Prozess- und Funktionsketten (vgl. Abschnitt 4.2.3) auch Prozessreferenzmodelle. Die SCOR-Prozessreferenzmodelle [332] beinhalten die 5 verschiedenen Prozesstypen: Plan, Source, Make, Deliver und Return. Die im SCOR-Modell sichtbare Phasenorientierung kommt ebenso im Prozesskettenmodell der Produktion [24] und in der Einteilung der Logistik in Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- und Entsorgungslogistik zum Ausdruck.

Fluss(system)modelle

Zur Beschreibung von Logistikstrukturen als Flusssysteme werden häufig Modelle mit verschiedenen Betrachtungsebenen/Layern herangezogen. So besteht das sogenannte Three-layer model (3-Ebenen-Modell) aus den Layern Materialfluss, Transportoperation(en)/-prozesse und Infrastruktur. Dabei wird zwischen dem reinen

---

[11] Gleichbedeutend: mathematisch fassbare und nicht-fassbare Modelle.
[12] Simulationsmodelle sind dynamische Modelle.

Fluss des Materials, der Bewegung der Transportmittel und der installierten Infrastruktur mit den nutzbaren Wegen unterschieden. (vgl. [365] in [150])

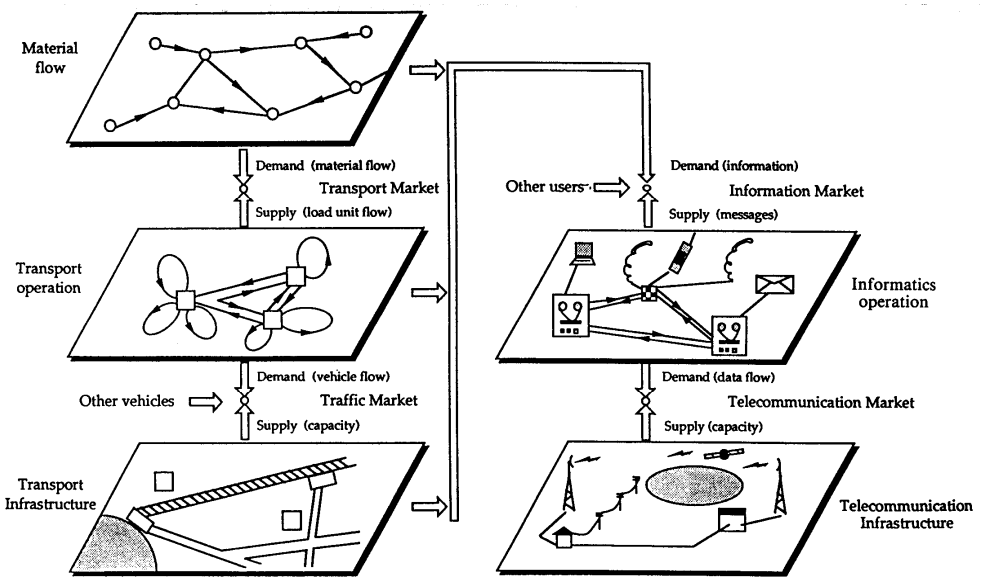


Abbildung 17: A five-layer model for road freight transport (vgl. [365])

Die Strukturbetrachtungen können demzufolge anhand der Ladeeinheiten, der Transportmittel sowie der Infrastruktur (einschließlich Transportwege) erfolgen. Die darstellbaren Strukturen können mittels der Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur analysiert und synthetisiert werden. (vgl. [4], [5], [256])

Zur integrativen Betrachtung von Material- und Informationsflüssen kann das Modell durch Hinzunahme von 2 Layern zu einem Five-layer model (5-Ebenen-Modell) (Abbildung 17) bestehend aus den Layern Materialfluss, Transportoperation(en)/-prozesse und Transportinfrastruktur sowie Informationsoperation(en)/-prozesse und Telekommunikationsinfrastruktur erweitert werden. (vgl. [365])

Organisationsmodelle

Modelle von Organisationsformationen – abbildend die Eingliederung von Teilen der Organisation (z.B. der Logistik) in deren Gesamtheit (Unternehmen, Unternehmensnetze bzw. Supply Chains usw.) – sind Organisationsschemata bzw. Organigramme. (vgl. u.a. [88], [154], [198], [215])

Aufbau- und ablaufstrukturelle Beschreibungskonzepte und Modelle

Aufbaustrukturelle Beschreibungskonzepte und Modelle widmen sich vor allem hierarchischen und räumlichen Abbildungen von Systemen. Typische Vertreter für die Abbildung von Hierarchien (von Organisationen oder Unternehmungen) sind Organigramme, für räumliche Anordnungen Layoutpläne.

Ablaufstrukturelle Beschreibungskonzepte und Modelle widmen sich vor allem vorgehenslogischen und zeitlichen Abbildungen von Systemen. Typische Vertreter für die Abbildung von Abfolgen sind Prozesskettendiagramme und Gantt-Diagramme.

Formale und analoge Modelle

Kompakte Abbildungen von aufbau- und ablaufstrukturellen Sachverhalten erlauben (Struktur-)Matrizen und (Struktur-)Graphen als formale und analoge Modelle (vgl. [107], [397]). Die Knoten eines Logistiknetzes verkörpern u.a. Logistikunternehmen, Organisationseinheiten, Be- und Entladestandorte, Betriebsstätten oder allgemein Ressourcen zur Durchführung logistischer Leistungsprozesse. Durch Kanten bzw. Pfeile lassen sich Güterflüsse, Geschäftsbeziehungen oder auch Kommunikationsvorgänge modellieren. Als Werte sind den Knoten Kosten oder Kapazitäten der Betriebsstätten, den Kanten Entfernungen oder Transportkosten zuordenbar. [13]

Modellierungsprinzipien

Charakteristisch für Logistiknetze ist deren „Mehrschichtigkeit“ (Abbildung 18). Diese zeigt sich z.B. in Ebenen der Netzinfrastrukturen (Straßen-, Schienen- oder Leitungsnetze) oder der Güterflüsse (Transport-, Lager- und Umschlagprozesse zur Raum- und Zeitüberbrückung mit den damit direkt verbundenen Informationsprozessen), von denen die Ebenen der interorganisatorischen Unternehmensbeziehungen (Aufgaben oder Träger des Netzmanagements) sowie der unternehmensinternen und -externen Informationsbeziehungen abgegrenzt werden können. [13]

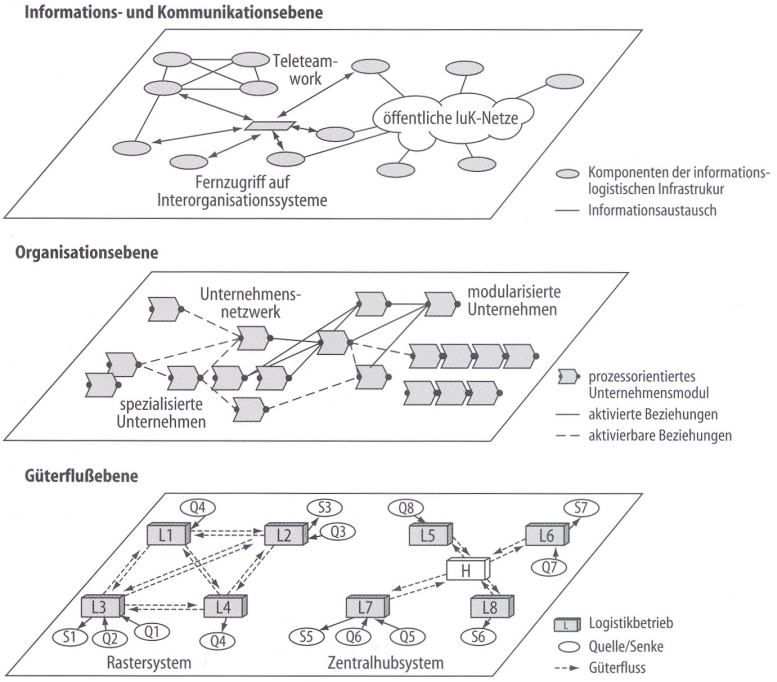


Abbildung 18: Ebenen eines Logistiknetzes [13]

Aufgrund der Komplexität produktionslogistischer Systeme müssen geeignete Beschreibungskonzepte und Modelle einen Beitrag zur Komplexitätsbeherrschung, Rationalisierung des Planungsprozesses und mathematischen Fassbarkeit erbringen. Angewandte Prinzipien sind das Prinzip der Selbstähnlichkeit, das Ebenen-/Hierarchie-/Layerprinzip sowie das Prinzip der Typung (Abbildung 18). Tabelle 6 ordnet ausgewählte Modelle diesen Prinzipien zu.

Beschreibungskonzept und Modell	Prinzip		
	Selbst-ähnlich-keit	Ebenen/ Hierar-chien/ Layer	Typung
Prozesskettenparadigma mit Prozesskettenmodell bestehend aus Prozess-kettenelementen (vgl. [225], Abschnitt 4.2.3)	●	●	◖
Fließsystemparadigma mit Fluss(system)modell sowie Strukturtypen (vgl. [107], [397], Abschnitte 4.2.3, 4.4.5)	●	●	●
Three-layer model, Five-layer model (vgl. [150], [365], Abschnitt 5.4.2)	○	●	○
ARIS-Modellierungsmethode und ARIS-Modelle (vgl. [310], Abschnitt 4.2.3)	●	●	◖
Modell eines Leistungserstellungsprozesses mit Abstraktionsebenen der Unternehmenswelt (vgl. [187], Anlage A2)	○	●	○
Strukturplan [38]	●	●	○

Legende: Prinzip ●=angewandt, ◖=partiell angewandt, ○=nicht angewandt

Tabelle 6: Beschreibungskonzepte und Modelle mit angewandten Prinzipien

Zwischenfazit: In der Produktionslogistik werden vielfältige Modelle mit unterschiedlichen Intentionen eingesetzt.

Prozess-, Fluss(system)- und Organisationsmodelle sind für die Aufbau- und Ablaufstrukturen der Produktionslogistik maßgebliche Modelle. Als Modellierungsgrundlage hat sich die Graphentheorie mit formalen und analogen Modellen etabliert. Die hiermit verbundene mathematische Fassbarkeit erlaubt u.a. auch die Formulierung und Lösung von Optimierungsproblemen.

Durch die Anwendung von Modellierungsprinzipien wird versucht, die Logistiksystemen eigene Komplexität zu beherrschen. Die Anwendung des Layerprinzips geht einher mit der Anwendung unterschiedlicher Modelle mit differierendem Beschreibungsvorrat. Typische Strukturmodelle wie Prozess-, Fluss(system)- und Organisationsmodelle fokussieren u.a. auf vorgehenslogische (und mengenmäßige, zeitliche) Strukturen von Funktionen und Leistungen (inkl. Leistungsobjekten), auf räumlich-zeitliche (und mengenmäßige, vorgehenslogische) Strukturen von Leistungen (inkl. Leistungsobjekten) und Organisationseinheiten bzw. Ressourcen oder auf rangmäßige (und mengenmäßige) Strukturen von Organisationseinheiten.

4.3.2 Termini

Zentrale Bedeutung für die Behandlung der aufgeworfenen Problemstellungen hat der geläufige, allerdings uneinheitlich verwendete Begriff Logistikstruktur (vgl. u.a. [7], [22], [79], [117], [142], [183], [228], [309], [355], [359], [373], [385]). Als bedeutungsgleich zum Begriff Logistikstruktur ist der Begriff Logistische Struktur anzusehen (vgl. u.a. [103], [217], [228], [336]). Zu den mit dem Begriff Logistikstruktur unmittelbar korrelierenden Begriffen Logistik und Struktur sowie Prozess und System existieren unzählige Definitionen und Auffassungen. In Anlage A2 wird eine Aufarbeitung dieser Begriffe versucht.

Zwischenfazit: Trotz des häufigen Gebrauchs des Begriffs Logistikstruktur fehlt es an einer anerkannten Definition und somit an einem einheitlichen, in der Wissenschaft breit akzeptierten Begriffsverständnis.

Fazit Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini

In Abhängigkeit von den interessierenden aufbau- und ablaufstrukturellen Aspekten haben sich für produktionslogistische Systeme diverse Beschreibungskonzepte und Modelle herausgebildet. Jedoch mangelt es an einem Modellierungs-, Synthese- und Analysekonzept, welches wesentliche aufbau- und ablaufstrukturelle Aspekte auf hohem Abstraktionsniveau gleich gewichtet vereint.

Eine anerkannte Definition zu Logistikstruktur ist bisher unbekannt. Ein breite Akzeptanz findendes Begriffsverständnis ist somit nicht gegeben.

Die Beschreibungskonzepte und Modelle offenbaren mannigfaltigen Content, der, zusammengeführt und aufbereitet, die Lösung von Strukturierungsproblemstellungen nachhaltig unterstützen kann.

4.4 Produktionslogistische Strukturen

4.4.1 Ziele und Strukturen

Ziel der Produktionslogistik bzw. dispositiven Auftragssteuerung ist es, einen möglichst wirtschaftlichen Betriebsablauf zu gewährleisten (Abbildung 19). Die Zielgrößen bilden daher neben der hohen Wirtschaftlichkeit (geringe Kosten je Leistungseinheit) die vier logistischen Teilziele hohe Auslastung, niedriger Bestand, kurze Durchlaufzeit und geringe Terminabweichung. (vgl. [270], [381])

Für die Strukturierung von Zielen und deren Strukturen können u.a. Brainstorming, Zielkataloge und -hierarchien, Polaritätsprofile und Zielrelationen-Matrizen zur Anwendung kommen (vgl. [146]).

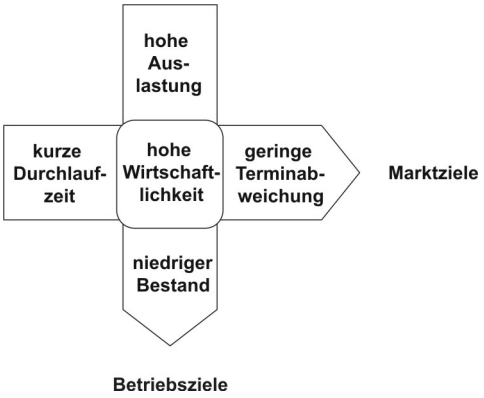


Abbildung 19: Zielsystem der PPS (vgl. [270], [381])

Zwischenfazit: Die angegeben Techniken verkörpern Exemplare eines umfangreichen Reservoirs an Optionen zur Strukturierung von Zielen und deren Strukturen. Diese sind jedoch hier nur von untergeordnetem Interesse. Wichtig ist die bloße Existenz solcher Strukturen und Strukturierungsoptionen.

4.4.2 Leistungen und Strukturen

Unter Leistungen und deren Strukturen werden hier vor allem Produkt- und Dienstleistungsstrukturen (z.B. Erzeugnis- und Baugruppenstrukturen darstellbar über Stücklisten, Dienstleistungsstrukturen darstellbar über Leistungsbäume) einschließlich Anfrage-, Angebots- und Auftragsstrukturen verstanden.

Für die analysierende Strukturierung von Leistungen und deren Strukturen existiert ein umfangreiches Reservoir an Verfahren und Methoden. Beispiele sind Verfahren des Materialmanagements wie Dispositionsstufenverfahren, ABC- oder XYZ-Analyse (vgl. [97], [215]).

Für die synthetisierende Strukturierung von Leistungen und deren Strukturen existiert analog ein umfangreiches Reservoir an Verfahren und Methoden. Beispiele sind Methoden innerhalb der Konstruktionsmethodik zur Produktentwicklung (vgl. [273]).

Zwischenfazit: Die angegeben Verfahren und Methoden verkörpern Exemplare eines umfangreichen Reservoirs an Optionen zur Strukturierung von Leistungen und deren Strukturen. Diese sind jedoch hier nur von untergeordnetem Interesse. Wichtig ist die bloße Existenz solcher Strukturen und Strukturierungsoptionen.

4.4.3 Funktionen und Strukturen

Prozessstrukturierung

Für die Strukturierung von Funktionen und deren Strukturen – hauptsächlich für die Umstrukturierung von Prozessen und Abläufen – werden zahlreiche Maßnahmekataloge angegeben. (für eine ausführliche Analyse siehe Anlage A4)

Die Prozessstruktur kann dabei nach verschiedenen prinzipiellen Maßnahmen wie Zusammenfassen, Parallelisieren, Erweitern bzw. Verkürzen, Eliminieren, Vertauschen oder Ersetzen verändert und angepasst werden (vgl. [225], [228]).

Die Maßnahmen zur Neustrukturierung[13] von Abläufen betreffen Veränderungen in den Vorgangsinhalten, den Vorgangsdauern, den Vorgangsbeziehungen und den Zeitabständen zwischen den einzelnen Vorgängen [92].

Anpassungsbedarfe in der Produktion lassen sich mittels einer endlichen Menge an Strukturmaßnahmen auf Prozessebene umsetzen (vgl. [96]). Umsetzungen solcher Maßnahmen (z.B. Zusammenlegung zweier Prozesse) werden dabei vorwiegend durch das Potenzial auf Ressourcen- und Organisationsebene limitiert und bleiben nicht ohne Auswirkungen auf der über- bzw. untergeordneten Ebene. (vgl. [56])

[13] Trotz des irritierenden Begriffs Neustrukturierung handelt es sich um Umstrukturierungsmaßnahmen.

Referenzfunktionen und -prozesse

Für Referenzfunktionen und -prozesse finden sich unterschiedliche Einteilungen. Prozess-Grundfunktionen werden in Transformieren, Speichern und Transportieren ([397], [408]) unterteilt, Prozesstypen in Bearbeiten, Prüfen, Transportieren, Puffern bzw. Lagern [225]. Als Hauptprozesse des Materialflusses werden angeführt: Waren annehmen, Lagern, Innerbetrieblich transportieren, Verpacken, Ladeeinheiten bilden, Kommissionieren, Bereitstellen, Außerbetrieblich transportieren, Reinigen, Reparieren, Verwerten und Entsorgen [228].

Als generische Lagerteilprozesse bzw. Basismodule eines „Modularen Knotenmodells“ zur Lagermodellierung werden angeführt: Wareneingang, Zeitüberbrückung (Lagerung), Ordnungsveränderung (Kommissionierung), Warenausgang [17].

Zwischenfazit: Die angegeben Maßnahmekataloge zur Prozessstrukturierung offerieren ein reichhaltiges Reservoir an Optionen zur Strukturierung von Funktionen und deren Strukturen (inklusive Optionen zur Strukturveränderung von Prozessen). Die Maßnahmen sind jedoch häufig redundant (z.B. Parallelisieren als Spezialfall von Umordnen), es fehlen Gegenmaßnahmen (z.B. Parallelisieren ⇨ Serialisieren) oder Maßnahmen bleiben unerwähnt (z.B. räumliche Verlagerung). Sporadisch erfolgen Erläuterungen zu an die Prozessebene angrenzenden Maßnahmen u.a. auf Ressourcen- oder Organisationsebene und entsprechenden Wirkzusammenhängen.

4.4.4 Material- und Informationsflussstrukturen

Aus der Vielzahl von Ansätzen zur Systematisierung logistischer Strukturen des Material- und Informationsflusses seien nachfolgend einige benannt. In Kapitel 5 und Anlage A3 wird auf diese näher eingegangen.

Logistische Systemstrukturen

Logistische Systemstrukturen werden u.a. gegliedert in: Ketten-, Bus-, Vollständige Verbindungs-, Radiale Ring-, Monozentrale, Polyzentrale, Zentrale mit Ring- und Hierarchische Struktur [215].

Netztypen des Material- und Informationsflusses

Für Added-Value-Networks, Netze mit Zusatznutzen, wird unterschieden in die Netztypen Baum-, Bus-, Stern- und Ring-Netz. Mit Hilfe dieser Typologie werden Grundtypen von Wertschöpfungsstrukturen in Produktionsnetzen entwickelt und anhand ihrer Material- und Informationsflussbeziehungen beschrieben. Die Netztypen einschließlich deren Rückführung sind in Abschnitt 5.4.3.2 dargestellt. (vgl. [204])

Grundstrukturen von Integralen logistischen Strukturen

Sogenannte Grundstrukturen beziehen sich auf die (jeweilige grundlegende) Struktur des physischen Güterflusses vom Rohmaterial bis hin zum Endprodukt. Typen von Grundstrukturen sind (wieder)erkennbare, die Komplexität der Beziehungen determinierende Beziehungsmuster. Typen sind: Pipeline, Chain, Shared Resource, Convergence, Divergence und Network. (vgl. [163])

Transportarten von Verkehrswegesystemen

Bei der Planung der verkehrstechnischen Anbindung sind für den inner- und außerbetrieblichen Transport Verkehrswegesysteme zu konzipieren, die die geplante organisatorische Abwicklung unterstützen. Ein Verkehrswegesystem setzt sich meist aus verschiedenen Transportsystemen zusammen, deren gängigste Arten der Direktverkehr, der Sternverkehr und der Ringverkehr sind. (vgl. [72] in [94])

Netzstrukturen von Transportsystemen

Abhängig von der Anordnung und Verknüpfung der Stationen, Transportknoten und Verbindungsstrecken hat ein Transportnetz eine der elementaren Netzstrukturen Linien-, Ring- und Sternstruktur oder eine Flächen- bzw. Raumnetzstruktur, zusammengesetzt aus den elementaren Strukturen. (vgl. [140])

Typen von Transportnetzen I

Transportnetze unterteilen sich in die zwei grundlegenden Netztopologien Direktverkehrsnetz und Nabe-Speiche-Netz (Hub-Spoke-Netz). [13]

Typen von Transportnetzen II

Transport networks have evolved from simple point-to-point networks into very complicated integrated logistical networks. In general, five types of transport networks can be distinguished: Point-to-point, Multistop, Transhipment, Interterminal, Integrated hub & spoke. (vgl. [365])

Typen von Transportnetzen III

Als Netzstrukturen lassen sich unterscheiden: Direktsystem, einstufiges System, mehrstufiges System, kombiniertes System. Als generelle Ansätze für das Zusammenfassen von Transporten können Bündelungen/Konsolidierungen über Punkte, Strecken oder Linien unterschieden werden. (vgl. [272])

Typen von Transportnetzen IV

Typische Netzstrukturen sind das Direktverkehrs- und Rasternetz, diverse Nabe-Speiche-Netze, das Rundtour-Netz und das Minimale-Spannbaum-Netz. (vgl. [133])

Strukturen von Airline Networks

Typische Netze im Luftverkehr sind Point-to-Point Networks und Hub-and-Spoke Networks. Folgt das Point-to-Point Network dem Prinzip „economies of frequency” so folgt das Hub-and-Spoke Network dem Prinzip „economies of density”. Es lässt sich nachweisen, dass beide Netzstrukturen in Abhängigkeit verschiedener Größen wie Passagiermenge und Flugfrequenz unterschiedliches Verhalten zeigen und hinsichtlich bestimmter Zielgrößen (z.B. erzielbare Gewinnspanne) differieren. (vgl. [242])

Verkehrsnetze und -netzarten

Die meist komplexen Verkehrsnetze eines Verkehrssystems können auf eine überschaubare Menge einfacher Netzarten – die Verteil-, Sammel-, Pendel-, Ring-, teilweise gesperrte Simultan- und Simultanverbindung – rückgeführt werden. (vgl. [196])

Stufige logistische Leistungssysteme

Nach der Stufigkeit als wesentlicher Strukturkenngröße von Logistiksystemen sind logistische Leistungssysteme in nullstufige, ein- und mehrstufige Systeme einteilbar. Die Stufigkeit bestimmt sich entweder aus der Anzahl der Zwischenstationen, die von den Logistikobjekten durchlaufen wird, oder den die Zwischenstationen verbindenden Transportabschnitten. Werden die Transportabschnitte für die Stufigkeitsbestimmung zugrunde gelegt, dann sind Direktverkehre einstufige Systeme, Hub-and-spoke-Systeme hingegen mehrstufige Systeme. (vgl. [30], [139], [142], [215], [217])

Netztopologien des Informationsflusses

Unter Netztopologie wird der räumliche Zusammenhang (die Struktur) der Netzknoten und -verbindungen verstanden. Grundtopologien sind Ring, Stern, Bus, Baum und Netz. Jede Topologie hat Vor- und Nachteile und demgemäß Anwendungsgebiete. (vgl. [94])

Strukturen von Materialflusssystemen und deren Zuständen

Die Strukturelemente: Einzelelement, Serienelement, 1-von-n-Redundanz, k-von-n-Redundanz, Pufferelement, Brückenelement und Sammel-/Verteilelement von Materialflusssystemen lassen sich mittels Zustandsgraphen hinsichtlich der Zustände Intakt bzw. Defekt darstellen. Hieraus können detaillierte Aussagen über deren Verfügbarkeit gewonnen werden. (vgl. [350])

Zwischenfazit: Die Heterogenität der unüberschaubar vielen Ansätze für logistische Strukturen des Material- und Informationsflusses ist damit zu erklären, dass die Typungen aus unterschiedlichen Gesichtspunkten heraus, u.a. über Art und Anzahl der Knoten (Quellen und Senken) sowie über Art, Anzahl und Abbild der Kanten (Transportrelationen) stattfinden. Bisweilen erfolgt die Typung anhand von exponierten Eigenschaften, Strukturkenngrößen oder Matrixbelegungsmustern.

Für die Ermittlung der Stufigkeit als Strukturkenngrößen von Logistiksystemen existieren widersprüchliche Auffassungen (vgl. [139] und [142]).

Von den Systematisierungsansätzen logistischer Strukturen des Material- und Informationsflusses konnte sich noch kein Ansatz durchsetzen, obschon der Synthese und Analyse von Logistikstrukturen auf Basis von Strukturtypen (vgl. u.a. [107], [140], [141], [163], [196], [242]) positive Effekte bescheinigt werden.

Je nach Ausprägung der Einflussgrößen und je nach betrachteten Zielgrößen können unterschiedliche Strukturen die jeweils beste Lösung bilden (vgl. u.a. [242], [243], [272]). Hieraus werden die Nichttrivialität des Ableitens von Vorzugslösungen und die Nichtexistenz von generellen Vorzugslösungen deutlich.

Die Transformation von Strukturen von Originalbereichen (hier: Material- und Informationsflussstrukturen) in Bildbereiche (hier: Zustandsstrukturen) offeriert einen alternativen Zugang für eine Systematisierung logistischer Strukturen. Solche Überlegungen müssen aufgrund des angenommenen Problemumfanges Gegenstand eigenständiger Forschungsarbeiten sein und werden hier nicht weiter verfolgt.

4.4.5 Flusssystemstrukturen

Zeitliche und räumliche Strukturtypen

Jegliche Daseinsformen existieren in Zeit und Raum. Deshalb können zeitliche und räumliche Prozess- und Flusssystemstrukturen angegeben werden, für die sich Strukturgrundgestalten – Strukturtypen – finden lassen (Tabelle 7). (vgl. [107])

Daseinsform	Prozess	System (Flusssystem)
zeitlich	Parallel-, Reihen- und kombinierter Verlauf	Verlaufsformen der Flussintensitäten
räumlich	Punkt-, Linien- und Netzstruktur	
	qualitative Seite der unmittelbaren Elemente des prozessrealisierenden Flusssystems und ihre idealisierte Reihenfolge, die identisch ist mit der Reihenfolge der Prozesselemente	Zahl der Systemelemente, das Wesentliche ihrer Anordnung und der räumlichen Verbindungen zwischen ihnen, die sich aus dem zu realisierenden Prozess ergeben (von den Besonderheiten der Elemente wird abstrahiert; es werden nur die wesentlichen Seiten der räumlichen Beziehungen betrachtet)

Tabelle 7: Prozess- und Systemstrukturen und ihre Typen (vgl. [107])

Zeitliche Struktur der Flusssysteme

Die durch die Flusssystemelemente zu realisierenden Flussintensitäten (Menge Flussgegenstände pro Zeiteinheit) charakterisieren in ihrer Veränderlichkeit das Zeitverhalten eines Flusssystems. Die Verlaufsformen der Flussintensität markieren damit die zeitlichen Strukturtypen von Flusssystemen (Abbildung 20). [107]

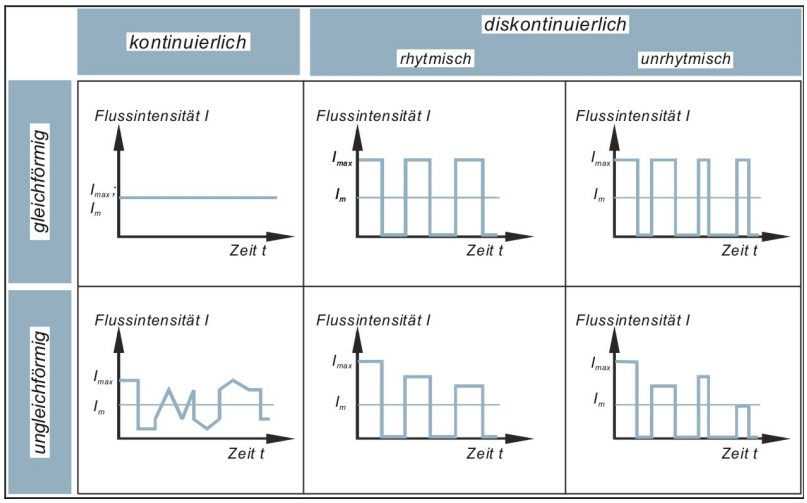


Abbildung 20: Verlaufsformen der Flussintensitäten als zeitliche Strukturtypen der Flusssysteme [107]

Räumliche Struktur der Flusssysteme

Für Flusssysteme existieren diverse Struktureinteilungen wie Einzelplatz-, Reihen-, Nest- und Werkstattstruktur (vgl. u.a. [137], [156], [241], [317] in [107]). Jegliche dieser Struktureinteilungen sind auf die Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur [107] rückführbar, weswegen auf diese ausführlich eingegangen wird.

Anforderungen an eine Systematisierung der Strukturen

Als wesentliche Anforderungen an eine Systematisierung der räumlichen Strukturen der Flusssysteme sind zu nennen:

- Vorausbestimmung und Auswahl der geeigneten räumlichen Struktur für ein gegebenes Produktionsprogramm und umgekehrt,
- qualitative und quantitative Bestimmung der dazu erforderlichen mittelbaren Systemelemente,
- Rationalisierung des Projektierungsprozesses. [107]

Darüber hinaus sind eine Reihe von Zusatzforderungen zu stellen:

- Die Systematisierung und Bezeichnung muss hierarchie- und flusssystem-neutral sein. Dadurch ist es möglich, allgemeingültige Aussagen zu Problemen der räumlichen Struktur zu treffen sowie Gesetzmäßigkeiten und strukturelle Gestaltungslösungen auf andere Flusssysteme zu übertragen.
- Der Strukturtyp eines bestimmten Flusssystems muss aus dem Aufbauprinzip seiner Elemente und aus der Charakteristik der zwischen diesen Elementen bestehenden Relationen auf Grund des im Flusssystem zu realisierenden Prozesses erklärbar sein. (vgl. [107])

Vereinbarungen zur Ableitung von Strukturtypen

Zur Ableitung der Strukturtypen sind einige Vereinbarungen zu treffen:

- Die Randstruktur eines Systems der Hierarchieebene n ist ein reales oder fiktives mittelbares Element dieses Systems. Es ist strukturrelevant, wenn auch die mittelbaren Elemente als Strukturelemente gelten. Unabhängig davon sind die Verbindungen der Randstrukturen zu den Elementen des Systems der Ordnungsebene n und den Randstrukturen untereinander stets systemintern.
- Es wird differenziert in eine Ein- (R_E) und eine Ausgangsrandstruktur (R_A).
- Sollte ein Flusssystem mehrere Ein- und/oder Ausgangsrandstrukturen aufweisen (offenes Flusssystem), dann werden diese zur Ableitung des Strukturtyps zu einer Ein- und zu einer Ausgangsrandstruktur zusammengefasst. [107]

Die Vereinbarungen ermöglichen eine einheitliche Ableitung der Strukturtypen sowohl für Prozessmengen als auch für Flusssysteme. Die Eingangsrandstruktur ist Quelle interner und Senke externer Verbindungen sowie von Verbindungen zur Ausgangsrandstruktur[14], die wiederum Senke interner und Quelle externer Verbindungen sowie von Verbindungen zur Eingangsrandstruktur[15] ist. Die Differenzierung der Randstruktur wird durch Integration eingeschränkt. Zur Vereinfachung des Strukturproblems wird davon ausgegangen, dass ihre Zusammenfassung nicht zu anderen Strukturtypen führt. (vgl. [107])

[14] Nur bei zyklischen Strukturtypen (vgl. Abbildung 21).
[15] Nur bei zyklischen Strukturtypen (vgl. Abbildung 21).

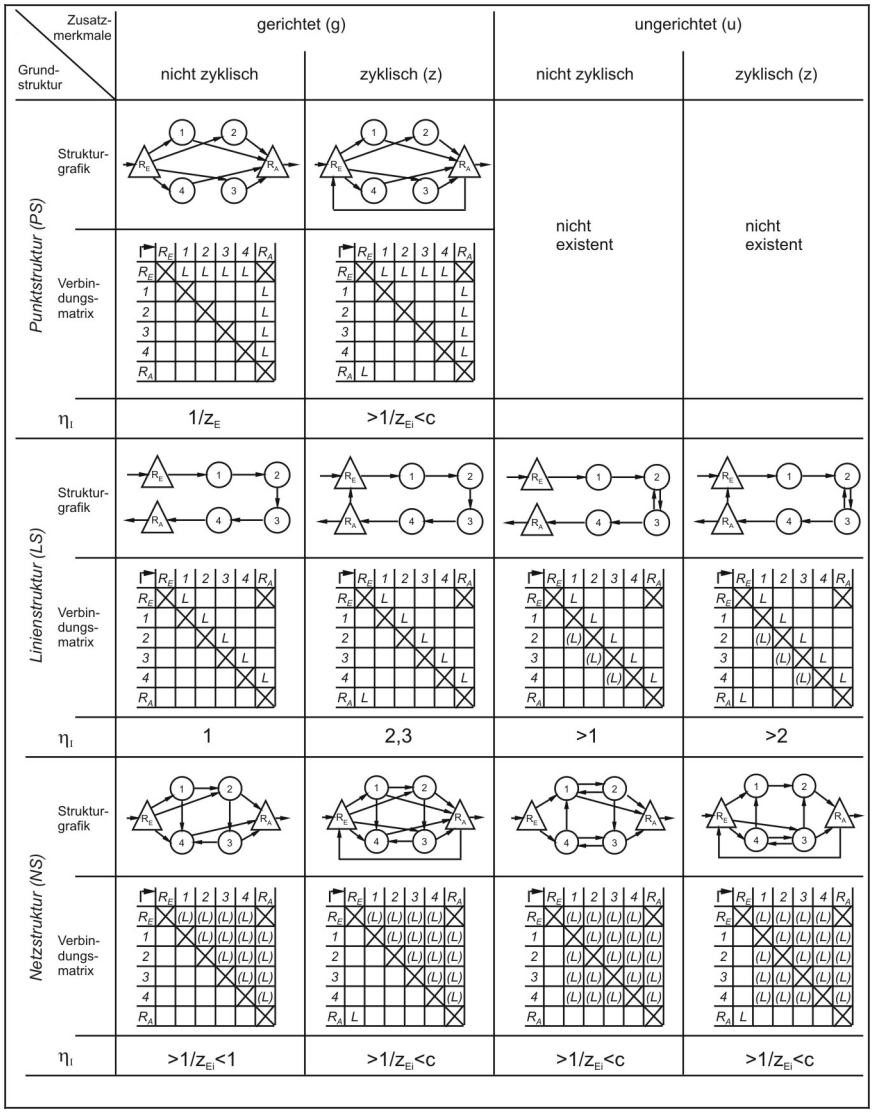


Abbildung 21: Strukturtypen (räumliche) der Flusssysteme [107]

Als räumliche Strukturgrundgestalten von Flusssystemen werden die in Abbildung 21 illustrierten Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur unterschieden, welche durch Zusatzmerkmale ergänzt werden können. (vgl. [107])

Die Punktstruktur ist dadurch charakterisiert, dass nur Beziehungen zwischen dem jeweiligen Systemelement und den systembegrenzenden Ein- bzw. Ausgangsrandstrukturen bestehen. Es existieren ausschließlich gerichtete Flüsse. Die Linienstruktur ist dadurch charakterisiert, dass die Systemelemente zwischen den Ein- bzw. Ausgangsrandstrukturen sequenziell nach der Reihenfolge der Prozessschritte angeordnet sind. Neben gerichteten können auch ungerichtete Flüsse auftreten. Jegliche nicht den Strukturtypen Punkt- und Linienstruktur zugehörige Strukturen sind dem Strukturtyp Netzstruktur zugehörig. Unter Einbeziehung der Zusatzmerkmale Gerichtetheit und Zyklik sind: nichtzyklische Strukturen Sonderfälle der zyklischen, gerichtete Strukturen Sonderfälle der ungerichteten, Punkt- und Linienstrukturen Sonderfälle der Netzstrukturen. (vgl. [106], [107])

Strukturierung

Gemäß dem Grobablauf der Strukturierung von Teileflusssystemen werden Strukturierung und Dimensionierung so wechselseitig durchgeführt, dass nach der Transformation der Prozess- in die Flusssystemstruktur diese stufenweise durch Aufnahme der mittelbaren Elemente präzisiert wird. Grobstrukturen gehen in Strukturen und weiter in Feinstrukturen über. Grobstrukturen bestehen nur aus den unmittelbaren Elementen (z.B. Bearbeitungseinrichtungen), Strukturen erfahren die Hinzunahme von Speichereinrichtungen als mittelbare Elemente und Feinstrukturen, welche die Vorstufe von Layouts darstellen, erfahren die weitere Hinzunahme von Transporteinrichtungen als mittelbare Elemente. Nach jeder Stufe ist ein Strukturtypwechsel möglich und der Begriffsinhalt der Flussintensität wandelt sich: Speicherintensität ⇨ Übertragungsintensität ⇨ Übergabeintensität. (vgl. [106], [107])

Umstrukturierung

Eine Strukturverbesserung kann durch Strukturtyptransformation bei richtungsoptimierten Strukturmatrizen von Teileflusssystemen 3. Ordnung (TFS (3)) durch: Aufnahme von Blindfertigungsvorgängen, Splittung von Makroelementen und Selektion von TFS (2) erreicht werden. [107]

Zwischenfazit: Für eine Typung von Flusssystemstrukturen werden Anforderungen, Grundsätze und Randbedingungen angeführt. Eine Strukturtypung wird nach den Daseinsformen Raum und Zeit vorgenommen. Eine Typung räumlicher Strukturen nach markanten Beziehungsmustern, ableitbar aus Matrixbelegungen bzw. Graphenbildern, orientiert am systemtheoretisch begründeten Wesen von Strukturen als Beziehungsgefüge und ist damit allgemeingültig. Aus der Analogie der Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur zu den elementaren elektrotechnischen Schaltungstypen Parallel-, Reihen- und Gemischtschaltung lässt sich auf die Elementarität der Flusssystemstrukturtypen schließen. Aus Allgemeingültig und Elementarität kann auf eine Übertragbarkeit auf Logistiksystemstrukturen gefolgert werden.

Für die Strukturierung wird ein Grobablauf vorgeschlagen, für die Umstrukturierung von Teileflusssystemen werden Maßnahmen benannt.

Nach den in die Betrachtung einbezogenen unmittelbaren bzw. mittelbaren Elementen lassen sich Grobstrukturen, Strukturen und Feinstrukturen unterscheiden.

4.4.6 Fertigungssystemstrukturen

Typung von Fertigungsprinzipien nach Bewegungsstruktur

Fertigungssysteme sind nach der Bewegungsstruktur, der räumlichen und zeitlichen Struktur sowie der organisatorischen Struktur typisierbar. Aus der Bewegungsstruktur von Produkt/Teil, Mensch und Betriebsmittel (jeweils fest bzw. beweglich) sind acht unterschiedliche Fertigungsprinzipien ableitbar (Abbildung 22) [381].

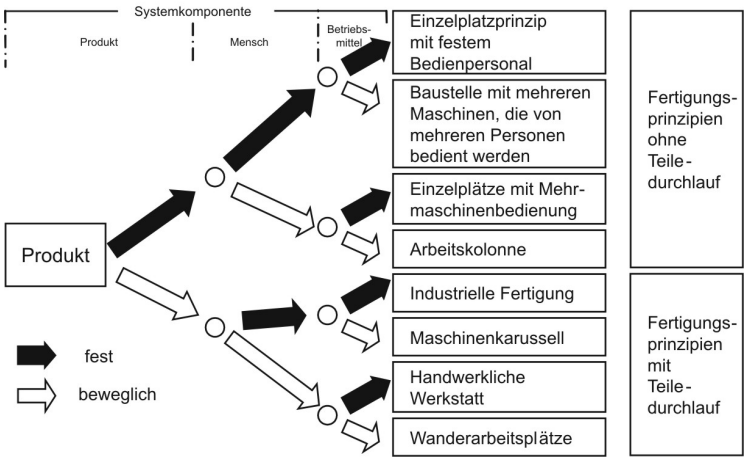


Abbildung 22: Ableitung von Organisationstypen der Fertigung nach der Bewegungsstruktur [381]

Typung von Fertigungsprinzipien nach Verrichtungs-/Objektprinzip

Grundlegend lassen sich die beiden Prinzipien Verrichtungsprinzip (Anordnung der Struktureinheiten und Ressourcen entsprechend gleichartiger Verrichtungen (z.B. Dreherei, Fräserei)) und Objekt-/Gegenstandsprinzip (Anordnung der Struktureinheiten und Ressourcen entsprechend dem Fertigungsablauf bzw. Teile-/Produktfluss (z.B. Produktgruppe A, Produktgruppe B)) unterscheiden.

Typung von Fertigungsprinzipien nach Bewegungsstruktur und Verrichtungs-/Objektprinzip

Als gängige Organisationsformen der Fertigung werden die Ablaufarten Werkstätten-, Insel-, Reihen- und Fließfertigung (vgl. [313]) oder auch die Fertigungsprinzipien Werkbank-, Baustellen-, Verrichtungs- oder Werkstätten-, Fließ- oder Erzeugnisprinzip (vgl. [381]) unterschieden. Diese resultieren aus der Kombination von Bewegungsstruktur und Verrichtungs-/Objektprinzip, wobei die Fertigungsprinzipien mit Teiledurchlauf dominieren.

Korrelation zwischen Organisationsform/-typ und Fertigungsart/-typ

Die Entscheidung für eine Organisationsform wird von vielen Größen beeinflusst. Eine der wichtigsten ist die Fertigungsart, unterscheidbar in Einzel- und Kleinserien-, Mittelserien sowie Serien- und Massenfertigung. (vgl. [313], [322], [381])

Korrelationen zwischen Typisierungen – Fertigungsprinzip und Strukturtyp

Unter den Typisierungen existieren vielfältige Korrelationen. Ein wichtiger, wenn auch nicht eindeutiger Zusammenhang besteht zwischen Fertigungsprinzip und Flusssystemsstrukturtyp (Beispiel: Punktstruktur ⇔ Punkt- und Werkstattprinzip, Linienstruktur ⇔ Fließprinzip, Netzstruktur ⇔ Werkstatt- und Gruppenprinzip). (i.A.a. [215])

Zwischenfazit: Für die Strukturierung von Fertigungssystemen existieren unterschiedliche Typungen. Markante Typisierungsmerkmale sind Bewegungsstruktur und Verrichtungs-/Objektprinzip. Zwischen Fertigungsprinziptypen und Strukturtypen von Flusssystemen bestehen Korrelationen.

4.4.7 Montagesystemstrukturen

Ähnlich wie in der Fertigung lassen sich auch für die Montage unterschiedliche Organisationsformen (Prinzipien, Ablaufarten) definieren, wie Baustellen- und Gruppen-, Reihen- und Taktstraßen-, Kombinierte Fließmontage (vgl. [313], [322], [381]). Die Bewegung von Montageobjekt und Montagearbeitsplätzen zueinander kann ebenso als Ordnungskriterium für eine Typung gelten.

Zwischenfazit: Analog zu den Fertigungssystemstrukturen existieren für Montagesystemstrukturen unterschiedliche Typungen, die sich vor allem an der Bewegungsstruktur festmachen.

4.4.8 Strukturkenngrößen

Aus der Vielzahl an wichtigen Struktur(kenn)größen für produktionslogistische Systeme seien lediglich als Vertreter die Stufigkeit (siehe hierzu Abschnitt 4.4.4), der Intensitätsgrad [107] und der Kooperationsgrad [317] genannt.

Der Intensitätsgrad η_I beschreibt die durchschnittliche relative Flussintensität, die über eine Struktureinheit fließt. Mit dem Kooperationsgrad η_K wird die mittlere Anzahl von Struktureinheiten bezeichnet, mit denen eine Struktureinheit (ausgeschlossen Läger) aufgrund des Produktionsdurchlaufs unmittelbar verbunden ist. Mit beiden für Flusssysteme zentralen Bestimmungsgrößen kann eine wenn auch nicht eindeutige Eingrenzung von räumlichen Strukturtypen vorgenommen werden. (vgl. [120])

Zwischenfazit: Zur näheren Eigenschaftscharakterisierung der Strukturen produktionslogistischer Systeme existieren anwendungsbereite und mathematisch verarbeitbare Struktur(kenn)größen.

4.4.9 Strukturierungsprinzipien

Strukturierungsprinzipien (in Anlage A4 wird auf diese näher eingegangen) verkörpern die Optimierungsstrategie oder den Optimierungsgesichtspunkt für die Strukturierung von Systemen [94]. Die Strukturierung geht dabei häufig einher mit der Bildung von Struktureinheiten (vgl. [14], [38], [92], [94], [107], [151], [225]). Für produktionslogistische Systeme wird eine ganze Reihe an Prinzipien bzw. Orientierungen vorgeschlagen und angewandt. Hierzu zählen u.a.: Kunden-, Produkt-/Erzeugnis-, Produktstruktur-, Werkstoff-, Materialfluss-, Prozess-/Teilprozess-, Funktions-/Verfahrens-/Fertigungsvorgangs-, Personal-/Tätigkeits-, Human-, Kompetenz-, Technik-/Betriebsmittelorientierung, Prinzipien betreffend Technik, Infrastruktur und Bausysteme, Fertigungsorganisationsprinzipien, Fertigungsform-, Keim- und Kommunikationsorientierung oder auch räumliche und zeitliche Prinzipien. (vgl. u.a. [14], [38], [94], [132], [157], [327]) Obendrein existieren Prinzipien, die mehrere Orientierungen in sich vereinen (vgl. u.a. Materialflussorganisationsprinzipien [157]). In der Anwendung der Prinzipien während der Strukturierung kommt es in der Regel zu einer Kombination und Überlagerung verschiedener Prinzipien (vgl. [14], [94], [327]).

Zwischenfazit: Für die Strukturierung von Systemen und die Bildung von Struktureinheiten existieren zahllose Prinzipien und Orientierungen, wobei jeweils verschiedene system-, element- und beziehungsgetragene Aspekte im Vordergrund stehen.

Fazit Produktionslogistische Strukturen

Für eine Typung logistischer Flusssystemstrukturen erscheinen aufgrund des allgemeingültigen, elementaren Charakters die Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur als besonders geeignet. Deren Typung erfolgt anhand von Merkmalen, die sich aus den die Struktur abbildenden prägnanten Graphenbildern oder Matrizenbelegungsmustern rekrutieren. Aus der Notwendigkeit, mehrere Flusssysteme gleichzeitig betrachten zu müssen, haben sich für Fertigung (auch Teilefertigung) und Montage (auch Aggregatefertigung) weitere Typisierungsmerkmale herausgebildet, wobei die entstehenden Typungen mit den Flusssystemstrukturtypen korrelieren.

Die Strukturen und Strukturierungen der Produktionslogistik offenbaren mannigfaltigen Content, der zusammengeführt und aufbereitet die Lösung von Strukturierungsproblemstellungen nachhaltig unterstützen kann.

4.5 Problemlösung und Planung

4.5.1 Problemlösung

Systematiken und Konzepte

Allgemeine Problemlösungssystematiken und -konzepte

Bedeutungsvoll hinsichtlich allgemeiner Problemlösungssystematiken und -konzepte sind sowohl klassische Planungssystematiken wie die Fabrikplanung in Stufen [6], die REFA-6-Stufen-Methode [292], die Konstruktionsmethodik [356], der Prototyping-Ansatz [334], das Simultaneous Engineering oder die Systemtechnik/das Systems Engineering einschließlich dem Problemlösungszyklus (vgl. [14], [146], [274]) als auch neuere Ansätze wie u.a. das Wasserfallmodell [304] bzw. das Spiralmodell [40] oder die Methode zur Gestaltung der Produktionsorganisation mit Modell- und Methodenbausteinen [222].

Näher eingegangen werden soll auf die Systemtechnik/das Systems Engineering und den Problemlösungszyklus.

Systemtechnik/Systems Engineering

Die Systemtechnik bzw. das Systems Engineering repräsentiert eine auf dem Systemansatz basierende Methodologie des zweckrationalen Handelns. Sie verkörpert eine auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Problemlösungsmethodik zur effizienten und zielgerichteten Gestaltung von Systemen hoher Komplexität. Sie ist ein breit angelegtes Methodenkonzept, welches viele Konzepte in sich vereint. Hierzu zählen nach Abbildung 23 die Systemtheorie, Objektbereichs- und Vorgehensmodelle, der Problemlösungszyklus, das Projektmanagement, Problemlösungstechniken und -methoden. (vgl. u.a. [146], [274])

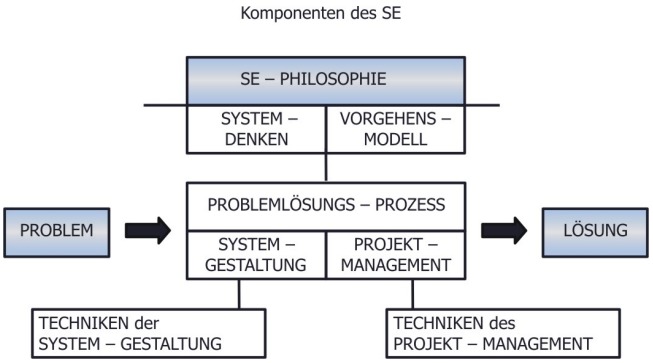


Abbildung 23: Komponenten des Systems Engineering (vgl. [146])

Problemlösungszyklus

Eine projektneutrale Ablauforganisation des Planungsprozesses ist nur mittels sehr allgemeiner Phasen und Problemlösungsmodelle beschreibbar (Abbildung 24). Als eine bewährte anerkannte (Mikro-)Logik innerhalb von Phasenmodellen fungiert der Problemlösungszyklus. (vgl. [14], [146], [274])

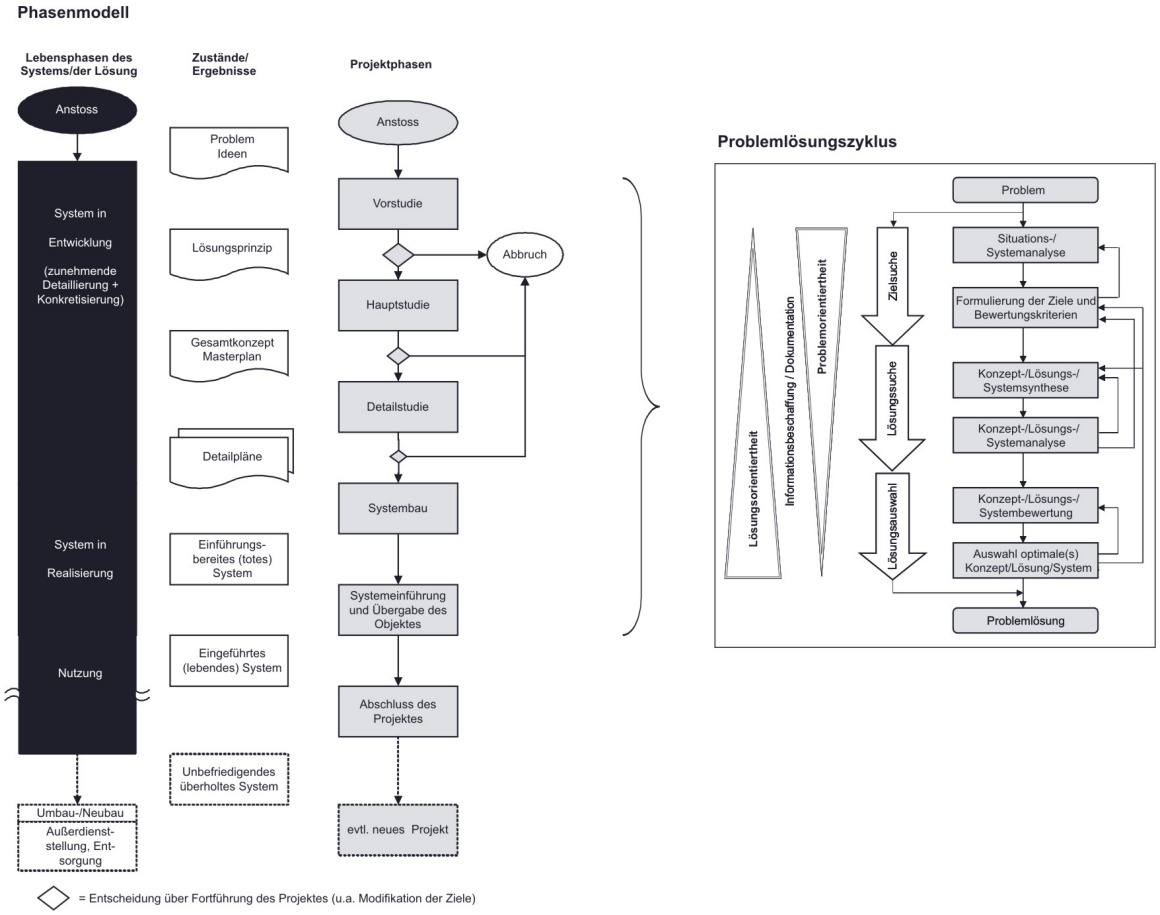


Abbildung 24: Phasenmodell und Problemlösungszyklus (vgl. [14], [146], [274])

Fortwährende Forschungsfragen im Zusammenhang mit Problemlösungs- bzw. Planungssystematiken, -konzepten, -vorgehensweisen und -methoden sind die

Integration und Kopplung von Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden sowie die Einbindung des Projektmanagements in den Problemlösungsprozess.

Integration und Kopplung von Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden

Die Integration und Kopplung von Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden innerhalb Fabrikplanung, Logistikplanung oder PPS/SCM (Abbildung 25) verfolgt das Ziel einer durchgängigen, rationellen Systemanalyse und -synthese. Als Ordnungsrahmen dienen hinlänglich Planungssystematiken ([222], [380]) und -vorgehensweisen ([15], [144], [207]) sowie Referenzmodelle ([14], [269], [313]), die auch einen Zugang zu den hinterlegten Methoden bieten. Das Methodenmanagement (Ablegen und Wiederauffinden der Methoden) unterstützen Ontologien, Taxonomien und semantische Netze ([167], [180], [345]) oder Instrumente der Digitalen Fabrik ([73], [380]). Integration und Kopplung sind eng verbunden mit Modularitätskonzepten bzw. Konzepten der bausteinbasierten Planung (vgl. hierzu Abschnitt 4.5.2).

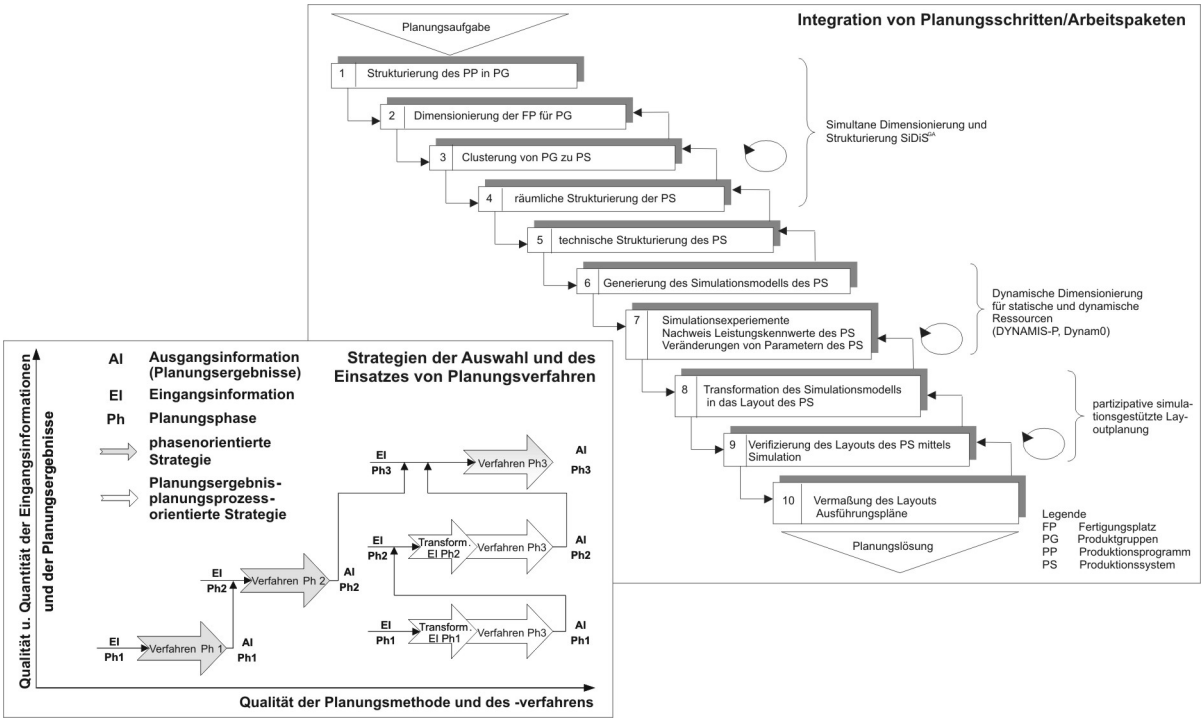


Abbildung 25: Integration und Kopplung von Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden (vgl. [14])

Einbindung des Projektmanagements in den Problemlösungsprozess

Projektmanagement ist die Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Abwicklung eines Projektes (vgl. [70], [146], [290]). Innerhalb des SysEng sind unter Projektmanagement alle planenden, überwachenden, koordinierenden und steuernden Maßnahmen zu verstehen, die – über die Problemlösung im eigentlichen Sinne (Systemgestaltung) hinaus – bei der Um- und Neugestaltung von Systemen erforderlich sind. Die konzeptionelle Einbindung über den Problemlösungsprozess zeigt Abbildung 23. Dabei steht nicht das System (die Lösung) selbst im Vordergrund, sondern das Vorgehen (die Teilschritte) zur

Erreichung der Lösung, die dazu erforderlichen Personen und Mittel, deren Einsatz und Koordinierung. (vgl. [146]) Klassische Projektorganisationsformen (z.B. Reine Projektorganisation, Matrix-Projektorganisation, Stabs-Projektorganisation) reflektieren an den Backgroundaufbauorganisationen der projektbeteiligten Unternehmungen und legitimieren sich über Weisungsbefugnisse ([194], [343]).

Methoden

Unterstützung zu allgemeinen Systematiken und Konzepten bieten allgemeine Methoden wie Zukunftsforschungs- und Kreativitätsmethoden (u.a. Delphi-Technik, Szenariotechnik) (vgl. [129], [131]) oder die Netzplantechnik (vgl. [69], [387]), welche jeweils ihren Beitrag zur Problemlösung erbringen (vgl. [146], [313] zu Sammlungen solcher Methoden). Weitere Vertreter solcher Methoden enthält Tabelle 8.

Benennung	Beschreibung
Ordnungsrahmen und -konstruktion	Die komplexitätsreduzierende Wirkung eines Ordnungsrahmens macht ihn zum dienlichen Hilfsmittel für vielfältige Problemstellungen der Lösungsentwicklung. Ausgangspunkt für seine Konstruktion bildet die Analyse des jeweiligen Problem- bzw. Objektbereiches. Hieraus werden anhand eines Vorgehensmodells als Leitfaden für die Ordnungsrahmenerstellung Entscheidungen über die Struktur des Ordnungsrahmens getroffen. Die entworfene Struktur ist in eine grafische Form zu bringen, welche den Zielen eines Ordnungsrahmens, der Überblicksvermittlung, der Ordnung, der Navigation und der Kommunikation gerecht wird. (i.A.a. [246])
Aufgabenanalyse	Innerhalb der Arbeitsteilung wird die Gesamtaufgabe der Unternehmung in einem mehrstufigen Vorgang solange in Teilaufgaben zerlegt, bis ein für den organisatorischen Gestaltungszweck befriedigendes Detaillierungsniveau gefunden ist [283]. Auf Basis der Aufgabenanalyse erfolgt eine Synthese mit der Zusammenfassung von Aufgabenelementen zu Teilaufgaben und ihrer Verteilung auf organisatorische Einheiten [214]. Als Analysekriterien dienen: Verrichtung, Objekt, Arbeitsmittel, Rang der Aufgabe und Phase des Entscheidungsprozesses [283]. Träger der Teilaufgaben sind organisatorische Einheiten wie Stelle, Abteilung, Projektorganisation und Gremium [115]. (in [370], vgl. auch [109], [114], [213], [219])
Sensitivitätsanalyse, Vernetzungsmatrix, Wirkungsnetz und Einflussportfolio	Mittels Sensitivitätsanalyse, Vernetzungsmatrix, Wirkungsnetz und Einflussportfolio als Techniken des Vernetzten Denkens ([128], [129], [232], [360], [361]) können komplexe Wirkzusammenhänge von Einflussfaktoren transparent gemacht und analysiert werden. (vgl. auch [146])
Morphologisch-typologische Methode	Der morphologische Kasten als Instrument der morphologisch-typologischen Methode versinnbildlicht die Anordnung von Merkmalen und deren Ausprägungen in einer Tabelle. Die Vorgehensweise bei der Erstellung des morphologischen Kastens folgt dem heuristischen Prinzip der systematischen Zerlegung komplexer Sachverhalte in abgrenzbare Teile (Merkmale), der systematischen Gestaltvariation von Einzelelementen (Merkmalsausprägungen) und der systematischen Kombination von Einzelelementen zu neuen Gesamtlösungen (Typung). (vgl. [206], [315])
Operations Research	Unter Operations Research (OR) wird allgemein die Entwicklung und der Einsatz quantitativer Modelle und Methoden zur Entscheidungsunterstützung verstanden. ([127], vgl. auch [74])
Simulation	Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind. [357]

Tabelle 8: Allgemeine Methoden

Zwischenfazit: Allgemeine Systematiken, Konzepte und Methoden, zu denen ein unerschöpfliches Reservoir vorliegt, besitzen den Vorteil eines großen Anwendungsbereiches. Ihr Nachteil ist, dass sie zur Lösung einer konkreten Problemklasse nur einen bescheidenen Beitrag liefern können. Nur auf ihrer Basis sind weder Projektmanagement noch Systemgestaltung möglich. Sie sind deshalb, ausgehend vom Projektauftrag, in projektspezifische Ablaufpläne und Vorgehensmodelle zu transformieren. Diese Transformation ist nicht trivial. (vgl. [14])

Mit der Integration und Kopplung von Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden sind folgende, bisher kaum überzeugend gelöste Problemstellungen verbunden: 1. Beherrschung der Problem-, Vorgehensweisen-, Funktions- und Methodenvielfalt, 2. problemadäquate Auswahl, 3. Verknüpfung passfähiger Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden zu einem durchgängigen Problemlösungsprozess ([14], [224]).

Innerhalb des SysEng wird zwar eine methodische Verkopplung des Projektmanagements mit der Systemgestaltung sowie eine Einbindung in den Problemlösungsprozess konzeptionell vorgenommen ([146], [338]), eine Projektaufbaulogik, welche die wahrzunehmenden, (vorgehens)logisch verknüpften Aufgaben definiert, ist bisher nicht konsequent methodisch und prozessual unterlegt sowie instrumentell umgesetzt.

4.5.2 Produktionssystem- und Fabrikplanung

Vorgehensweisen

Zu den klassischen Vorgehensweisen gehören die Fabrikplanung in Stufen [6], der Ablauf der systematischen Fabrikplanung [195], die Projektierung von Fertigungs- und Produktionssystemen bzw. die Planung von Fabriken ([298], [317], [397]) oder die Bausteinprojektierung [410].

Diesen folgen Vorgehensweisen wie die Fabriksegmentierung [389], die Integrierte Fabrikplanung [419], der Phasenplan zur Konzeption einer Fraktalen Fabrik [367], die Systematische Fabrik(struktur)planung [94], die Planung in Funktionskomplexen [138], die Prozeßorientierte Planung dynamischer Fabriksysteme [38], die Project synthesis of processes and systems [293], die Simultane Produkt-, Prozeß- und Fabrikplanung [399], das Phasenorientierte Vorgehensmodell der Produktionssystemplanung und Produktionsplanung/Fertigungssteuerung bzw. die Integrative modulare Produktionssystemplanung ([108], [405]) oder die Prozessorientierte integrierte Planung und Steuerung dynamischer Produktionssysteme und -netze [402].

Jüngere Vorgehensweisen, welche im Zusammenhang mit Modularitäts- und Mobilitätskonzepten stehen, sollen sowohl eine schnelle und flexible Rekonfiguration der Fabrik am Standort als auch ein Verlagern der Fabrik hin zu anderen Standorten erlauben. Beispiele sind PLUG+PRODUCE ([160], [161]), Mobilitätsstufenabhängige Fabrikplattformen [404], Wandlungsfähigkeit durch modulare Fabrikstrukturen [382], Mobifak [93] oder Pro-Motion [414]. Der methodische Ansatz der Bausteinprojektierung [410], auf den sich letztlich viele dieser Konzepte zurückführen lassen, birgt, weiterentwickelt und mit modernen Fabrikplanungsinstrumentarien gekoppelt,

ein erhebliches, noch nicht ausgeschöpftes Potenzial. Jüngere Lösungsvorschläge beweisen dessen Renaissance ([222], [324], [339], [377]), obschon die Grundidee der simultanen symbiotischen Bausteinnutzung im Methoden- und Objektbereich (Projektierungs- und Projektbausteine) erst wieder innerhalb der Bausteinbasierten Planung [263] kongruent aufgegriffen wurde. Neben Modularitäts-/Bausteinansätzen sind solche von Bedeutung, die u.a. weitere Modelle und Methoden für die Fabrikplanung erschließen oder eine Integration von Fabrik- und Logistikplanung sowie PPS verfolgen. Exemplarisch zu benennen sind die propagierten Symbiosen zwischen Szenariomethode und Fabrikplanung [158] oder SCOR-Modell und Fabrikplanung [269] sowie die Integrierte Fabrikstrukturierung und Logistikkonzeption [151].

Ein fortwährendes Forschungsthema ist die vernetzte, kontinuierliche, durchgängige, partizipative, simultane, rechnergestützte Planung mit kurzen Planungszeiten und hoher Realitätsnähe. Der Planungsprozess muss selbst wandlungsfähig sein [296]. Große Anstrengungen richten sich derzeit auf die Verwirklichung der Vision der Digitalen Fabrik (vgl. u.a. [46], [262], [380], [415]).

Methoden

Die Schritte der Vorgehensweisen werden untersetzt durch zugehörige Methoden. Zu den klassischen Methoden zählen die ABC-Analyse [215], die Typenvertretermethode und Bildung ähnlicher Prozessgruppen (vgl. [107], [397]) sowie diverse Dimensionierungsverfahren (u.a. Dimensionierung von Fertigungseinrichtungen, Personal, Lager- und Transporteinrichtungen, Flächen (vgl. [107], [195], [299], [317], [397], [412])) und Strukturierungsverfahren (u.a. Verfahren zur Optimierung der Anordnungsreihenfolge wie Martin-Verfahren [241], Modifiziertes Dreiecksverfahren [317] oder Verfahren zur produktorientierten hierarchischen Strukturierung [14]).

Aufbauend auf solchen Verfahren wurden Methoden wie die Simultane Dimensionierung und Strukturierung mittels Genetischer Algorithmen ($SiDiS^{GA}$) [15], die Methode der Simulationsbasierten Dimensionierung von Produktionssystemen mit definiertem Potential an Leistungsflexibilität (Dynamis-P) [207] oder die Methode der Partizipativen simulationsgestützten Layoutplanung [406] entwickelt, welche bereits eine Integration und Kopplung von Planungsfunktionen und Methoden verwirklichen (vgl. Abbildung 25).

Zwischenfazit: Die klassischen Vorgehensweisen sind – die Bausteinprojektierung ausgenommen – geprägt von einem eher strengen Vorgehen. Neuere Ansätze versuchen, diese strikten Abläufe durch Implementierung flexibilisierender Prinzipien aufzubrechen und so auch eine Beschleunigung und Rationalisierung des Planungsprozesses zu bewirken. Ein solches Prinzip ist das Modularisierungs- bzw. Baueinheitenprinzip, welches einher geht mit einer Vorverlagerung von Planungsfunktionen durch Einheitenbildung. Bestrebungen der Digitalen Fabrik zur durchgängigen informationstechnischen Unterstützung des Planungsprozesses haben bisher kaum grundlegend neue Vorgehensweisen hervorgebracht. Zwischen Planungsvorgehensweisen und -schritten sowie den zugrunde liegenden Modellen herrscht häufig Inkonsistenz. So sind Ziele für den Planungsschritt Zielplanung kaum in Modellen

berücksichtigt, dem Planungsschritt Aufbereitung Produktions-/Leistungsprogramm wird in der mengentheoretischen Produktionssystemdefinition (siehe hierzu Abschnitt 4.2.3) kein entsprechendes Bestimmungsstück zugeordnet. Insgesamt fehlt es an einer engen Verkopplung von Vorgehensweisen der Produktionssystem-/Fabrikplanung, der Logistikplanung und der PPS/des SCM.

4.5.3 Logistikplanung

Vorgehensweisen

Aufgrund der ständig steigenden Bedeutung der Logistik in Wertschöpfungskonfigurationen sind Gestaltung, Planung, Management und Organisation von logistischen Prozessen und Systemen von breit gefächertem und stetig steigendem Forschungsinteresse. Ausdruck dessen sind zahlreiche Sonderforschungsbereiche mit teils ausschließlich logistischen Themenstellungen (vgl. u.a. [60], [84], [159], [224], [294], [378]) sowie unzählige weitere Forschungsprojekte und -arbeiten (vgl. u.a. [10], [11], [77], [150], [163], [177], [192], [247], [321], [333], [335], [365], [384], [417]). Demzufolge existieren mannigfaltige Vorgehensweisen und Methoden zur Planung und Gestaltung produktionslogistischer Prozesse und Systeme.

Zu den klassischen Vorgehensweisen zählen die Planung von Logistiksystemen (vgl. [215] in [228]) oder die Planung von Materialflusssystemen [184]. In Tabelle 9 sind zwei weitere sehr allgemeine Vorgehensweisen näher beschrieben.

Benennung	Beschreibung
Allgemeine Vorgehensweise einer logistischen Planung	Bei der Planung und Gestaltung von Logistiksystemen sind immer ein bestimmter Soll-Zustand und die Schritte zu seiner Erreichung zu beschreiben. Je nachdem, ob dieser Sollzustand als Vision bekannt ist und wie sich ihm genähert wird, können bei der Planung unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt werden: • vom Ist- zum Soll-Zustand, • von der Vision des Soll-Zustandes ausgehend oder • vorgegebener Soll-Zustand. Aufbauend auf gesicherten Ausgangsinformationen, auf präzisen Aufgaben- und Zielformulierungen sowie möglichen Sollvorstellungen und Szenarien (Zielplanung) werden Möglichkeiten der Problemlösung konzeptionell schrittweise vom Grobkonzept zum Feinkonzept voranschreitend jeweils soweit entwickelt und gestaltet, dass Entscheidungsvorschläge von zunehmender Detailliertheit und Sicherheit vorliegen (Konzeptentwicklung, Entwurfsplanung). Nach einer Grundsatzentscheidung erfolgt die Realisierung (Detail- und Ausführungsplanung). (vgl. [215])
Vorgehensweise zur Gestaltung und Optimierung von Produktions- und Logistiknetzen einschließlich der Erarbeitung von Logistikstrukturen	Als Vorgehensweise zur Erarbeitung von Logistiksystemen wird vorgeschlagen: • Definition des Problems • Aufnahme und Analyse der Ist-Situation • Definition der Eingangsgrößen (z.B. Aufträge) und Ausgangs-/Zielgrößen (z.B. Kosten, Zeiten, Qualität, Flexibilität) • Entwicklung von alternativen Modellvarianten • Berechnung der Varianten • Interpretation der besten Lösungsvariante(n) und Auswahl • Ausarbeitung der ausgewählten Variante(n) (vgl. [67], [175], [336])

Tabelle 9: Allgemeine Planungsvorgehensweisen der Logistik

Ein modularer Ansatz wird mit Systembausteinen der Transportlogistik ([155], [287], [288], [289]) verfolgt. Zu den auf die Netzproblematik abstellenden Vorgehensweisen zählt die Gestaltung und Optimierung von Produktions- und Logistiknetzen [175].

Folgende jüngere Forschungsarbeiten sind u.a. für die Netzstrukturplanung von Belang: Methoden zur Planung von multimodalen, zeitrestriktiven Transportnetzen [272], Netzstrukturplanung: Ein Ansatz zur Optimierung von Transportnetzen [133], Effiziente Entfernungsberechnung durch Graphenreduktion bei Transportplanungen [286], Strategische Logistikplanung von Hub&Spoke-Systemen [243].

Methoden

Neben der Logistik(struktur)planung mittels Methoden der simulativen oder analytischen Überprüfung von Lösungsszenarien sind für verschiedene Problemstellungen Optimierungsmethoden wie Miehle-Verfahren [75], heuristics for the p-hub location problem [203], Savingsverfahren [319], Dijkstra-Algorithmus [36] anwendbar (vgl. [49], [61], [75], [224], [243], [375] zu Sammlungen von Optimierungsproblemen und -methoden).

Zwischenfazit: Trotz umfänglicher Forschung wurde verschiedenen Problemstellungen der Netzstrukturplanung noch nicht hinreichend Aufmerksamkeit gewidmet ([133], [224]). Die Gründe liegen in der Vielschichtigkeit der Problemstellungen. Ein bewusstes Aufsetzen auf Grundstrukturen innerhalb der Analyse und Synthese von Netzstrukturen wird dabei in gewissem, wenngleich nicht ausreichendem Umfang durchaus betrieben, jedoch herrscht kein Konsens darüber, welche Grundstrukturen heranzuziehen sind (siehe hierzu Abschnitt 4.4.4 und Anlage A3). Ein ungelöstes Problem ist obgleich unverkennbarer Bestrebungen eine integrierte Planung von Produktionssystem-/Fabrikplanung, Logistikplanung und PPS/SCM (vgl. [10], [186]).

4.5.4 PPS und SCM

Vorgehensweisen

Zu den PPS- und SCM-Vorgehensweisen (vgl. auch [91], [370]) gehören das Material Requirements Planning (MRP), das Manufacturing Resources Planning (MRP I) und das Management Resources Planning (MRP II) ([311] in [251]), das Kanban [390], das Fortschrittszahlensystem [236], die Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA) [26], die Engpassorientierte Fremdvergabe [393], die Dezentrale bestandsorientierte Fertigungsregelung [234], das Agentenbasierte Auftragsmanagement mit Hilfe von Preis-Liefertermin-Relationen [362] sowie das Advanced Planning and Scheduling (APS) [143].

Methoden

Zu den PPS- und SCM-Methoden gehören Verfahren auf Basis der Betriebskennlinien, Verfahren der Produktionsprogrammplanung, Verfahren zur Stücklistenauflösung, Verfahren der Bedarfsplanung, Losgrößenbestimmungsverfahren, Terminierungsverfahren, Maschinenbelegungsverfahren, Bestellverfahren (vgl. [76], [94], [270], [320], [381] zu Sammlungen solcher Methoden).

Zwischenfazit: In den PPS-Vorgehensweisen und -methoden findet die Produktionssystem-/Fabrik- und Logistikplanung, besonders die operative Logistikplanung, noch zu wenig Beachtung. Ansätze des SCM wie APS versuchen dieses Defizit zu beheben, wobei eine überzeugende Symbiose von inner- und außerbetrieblicher Produktions- und Logistikplanung bisher noch nicht gelungen scheint.

Fazit Problemlösung und Planung

Diverse Vorgehensweisen und Methoden der Produktionssystem-/Fabrikplanung, der Logistikplanung, der PPS bzw. des SCM folgen oft allgemeinen Planungssystematiken wie dem Problemlösungsprozess. Dabei lösen sie das produktionslogistische System zu Analyse- und Synthesezwecken in Aspektsysteme auf. Zu den am häufigsten benutzten Beschreibungskategorien zählen: Ziel, Auftrag, Produkt/Teil/Artikel, Leistung, Funktion/Vorgang, Ressource/Kapazität und (Organisations-)Einheit sowie Prozess und Struktur. Vielen Vorgehensweisen mangelt es an einer konsequenten, (system)theoretisch abgesicherten Modellbasierung. Demzufolge ist ein methodischer Ansatz, der gleichermaßen die groben Beschreibungskonstrukte für den Methoden- und Objektbereich der Strukturen einschließlich Kenngrößen aus einem generell für die Produktions- und Logistiksystemplanung gültigen Modell eines soziotechnischen Systems heraus generiert, unbekannt.

Allgemeine Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen und -methoden besitzen eine große Anwendungsbreite, können jedoch zur Lösung eines konkreten Problems nur einen eher bescheidenen Beitrag leisten. Umgekehrt können spezielle Vorgehensweisen und Methoden der Produktionssystem-/Fabrikplanung, der Logistikplanung und der PPS/des SCM zwar zu einer konkreten Problemklasse einen maßgeblichen Lösungsbeitrag erbringen, lassen jedoch eine dementsprechende Anwendungsbreite vermissen.

Derzeitige Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen und -methoden sind häufig zu starr und zu inflexibel. Sie unterliegen gleichwohl vorgesehener Iterationen einem eher fixen Ablauf und orientieren an ebenso relativ fixen Prämissen und Prinzipien. Problemstellungen der Integration und Kopplung von Planungsfunktionen sind bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst, obgleich derartige Lösungen entscheidend zu einer Qualitäts- und Flexibilitätssteigerung sowie Rationalisierung im Planungsprozess beitragen könnten. Innerhalb der Vorgehensweisen und Methoden der Produktionssystem-/Fabrikplanung und der Logistikplanung sind gravierende Unterschiede in der Reihenfolge der Behandlung wichtiger Problemstellungen wie der Dimensionierung, Strukturierung und Einheitenbildung zu verzeichnen (vgl. hierzu [38], [94], [397]). Dies deutet Optionen an, die Strukturierung, welche hierbei eine exponierte Problemstellung einnimmt, problemabhängig im Planungsprozess zu positionieren.

Vorliegende Planungssystematiken, -konzepte und -vorgehensweisen nutzen bisher zu wenig strukturierungsrelevanten Content. So erfolgt bisher eher selten, und wenn dann uneinheitlich, eine Analyse und Synthese von Logistiksystemen, insbesondere deren Materialflussstrukturen, unter aktiver Verwendung von Grundstrukturen.

4.6 Gestaltung regionaler produktionslogistischer Netze

4.6.1 Produktions- und Logistiknetze

Begriffsbestimmungen

Produktionsnetze bestehen aus rechtlich selbstständigen, durch kooperative Beziehungen miteinander verbundenen Unternehmen, die den Schwerpunkt ihrer Zusammenarbeit auf Produktionsprozesse und die damit zusammenhängenden Logistikprozesse legen (vgl. [280]).

Logistiknetze sind aus institutioneller Perspektive eine Organisationsform rechtlich selbstständiger, aber wirtschaftlich – in gewissem Umfang – voneinander abhängiger Unternehmen, die durch komplexe, kooperative, auf dem Gedanken der Gegenseitigkeit basierende, relativ stabile Beziehungen miteinander verbunden sind. Konstitutives Merkmal eines Logistiknetzes ist die Teilnahme (mindestens) eines Logistikunternehmens (z.B. Spedition, Transport-, Lagerei- oder Kommissionierbetrieb), das gemeinsam mit (mindestens) einem weiteren (Logistik-)Unternehmen das Sachziel einer unternehmensübergreifenden Erstellung logistischer (System-) Leistungen verfolgt. Nach den logistischen Aufgaben sind beschaffungs-, produktions-, distributions- und entsorgungslogistische Netze unterscheidbar. (vgl. [13])

Typen von Produktions- und Logistiknetzen

Die Anforderungen an Logistiknetze und die sich hieraus ableitende Gestaltung werden maßgeblich von den zugrunde liegenden Leistungserstellungen – und damit den assoziierten Produktions- und Dienstleistungsnetzen – beeinflusst.

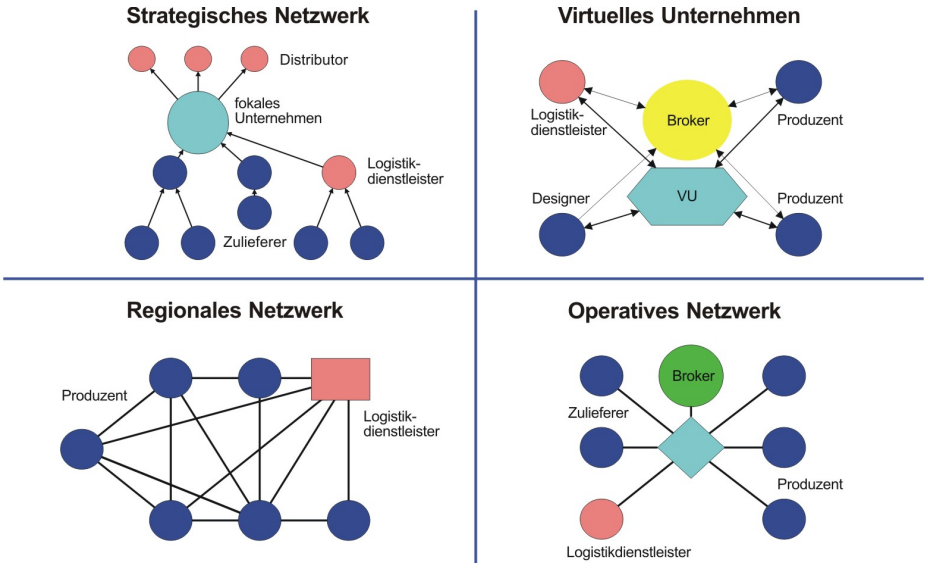


Abbildung 26: Schematische Übersicht der Typen von Produktionsnetzen (i.A.a. [51])

Aus theoretischen und empirischen Erkenntnissen heraus haben sich eine Reihe von Typologien für Produktionsnetze, welche auf Logistiknetze übertragbar sind (vgl. hierzu u.a. [13]), herauskristallisiert, wobei sich die jeweiligen Typen gemäß der

morphologisch-typologischen Methode über Merkmalsausprägungsmuster definieren. (vgl. [51], [198], [295], [314], [401]) Abbildung 26 illustriert eine gebräuchliche Typologie bestehend aus den vier Typen Strategisches Netzwerk, Regionales Netzwerk, Operatives Netzwerk und Virtuelles Unternehmen (vgl. [51]).

Der Logistik kommt in Produktionsnetzen die Aufgabe zu, die räumlich und zeitlich verteilten Wertschöpfungsaktivitäten der einzelnen Netzpartner zu verbinden und aufeinander abzustimmen. [282]

Zwischenfazit: Produktions- und Logistiknetze sind aus institutioneller Perspektive Organisationsformen rechtlich selbstständiger, über kooperative und wirtschaftliche Beziehungen verbundener Unternehmen in den Domänen Produktion bzw. Logistik.

Sie lassen sich anhand wesensbeschreibender Merkmale typen.

4.6.2 Logistiksystemgestaltung

Als wichtige logistische Problembereiche/Aufgaben bei der Gestaltung von Logistiksystemen gelten neben der Zielformulierung[16] die Gestaltung der Leistungsallokation, die Gestaltung der Prozesse bzw. Informations- und Materialflüsse, die Gestaltung der Kompetenzen und Ressourcen sowie die Gestaltung der Logistikorganisation und -kooperation. Querschnittsthemen bezüglich dieser Problembereiche sind u.a. Integration/Desintegration und Schnittstellen. (vgl. u.a. [45], [51], [99], [112], [215], [370]) Unter dem Strukturaspekt werden als Problembereiche insbesondere die Gestaltung der physischen Infrastruktur, der formalen Aufbaustruktur und der administrativen und operativen Prozesse gesehen (vgl. [198]).

Zur Gestaltung und Organisationen von Logistiksystemen existieren unzählige Ansätze. Zählen zu den klassischen Ansätzen die Kategorisierung von Leistungs- und Funktionsbündeln oder die Einordnung logistischer Einheiten in die unternehmerische Gesamtorganisation (vgl. u.a. [278], [368]), so gehören zu den jüngeren Ansätzen die fallbezogenen Steuerungsempfehlungen für Supply Chains [344], die Gestaltung von Logistiksystemen auf Basis von Netzeffekten [205], ein konfigurationstheoretischer Ansatz zur logistikorientierten Organisationsgestaltung [198], die Integration der Logistik in Unternehmensnetzwerke [154], die Gestaltung von kooperativen Logistiknetzwerken [301] und die Modellierung und Optimierung verteilter Produktionssysteme [185].

Auf einige Ansätze wird aufgrund deren besonderen Relevanz näher eingegangen.

Charakteristika des interorganisatorischen Logistiksystems für den Typ Regionales Netz

Regionale Produktionsnetze zeichnen sich im Unterschied zu anderen Typen durch eine polyzentrische Struktur aus. Sie bestehen aus mehreren lose gekoppelten Partnern, die alle eine gleichberechtigte Stellung innerhalb des Netzes einnehmen. [282]

---

[16] Ein Involvieren von Aufgaben, welche die Formulierung von Zielen zum Gegenstand haben, ist für eine umfassende Gestaltung von soziotechnischen Systemen, und so auch Logistiksystemen, unabdingbar.

Aus logistischer Sicht ist der Netztyp des regionalen Produktionsnetzes sehr attraktiv, denn die enge räumliche Nähe der beteiligten Partnerunternehmen bedingt kurze Transportweiten (und damit in der Regel auch kurze Transportzeiten)[17], wodurch die Verkehrsleistung – unter Voraussetzung einer geeigneten Organisation der Transporte – gering gehalten werden kann. Kurze Transportzeiten wirken positiv hinsichtlich kurzer Lieferzeiten und erleichtern somit die Umsetzung von Just-in-Time-Konzepten. Eine Reduzierung von Verkehrsleistung und -aufkommen ist aber auch in Bezug auf ökologische Ziele erstrebenswert. In Anlehnung an das Konzept der City-Logistik könnte innerhalb des Produktionsnetzes ein regionales Logistikzentrum geschaffen werden, in dem eine raumbezogene Bündelung von Sendungen, unter Berücksichtigung der Anforderungen logistischer Prozesse zwischen Produktionsstandorten, stattfinden könnte. Beispiele für die gezielte Nutzung räumlicher Nähe in der Gestaltung von Logistiksystemen, mit dem Ziel der Reduzierung von Transportzeit, Verkehrsaufkommen und Störungsrisiken, finden sich bislang vor allem in der Automobilindustrie in Form der Lieferantenansiedlung auf oder nahe dem Werksgelände des Herstellers. (vgl. [51])

Anforderungen an die Logistiksysteme regionaler Produktionsnetze und allgemeine Gestaltungsempfehlungen

Spezifische Anforderungen an die Logistik ergeben sich in einem regionalen Produktionsnetz durch die wechselnde Richtung und Intensität der Güterflüsse in Abhängigkeit davon, welche Unternehmen sich gerade zur gemeinsamen Erfüllung eines Auftrages zusammengefunden haben. So wird bei einem geringen Volumen oder sehr unregelmäßigen Lieferungen eine Koordination durch fallweise Selbstabstimmung zwischen den Unternehmen ausreichend sein, während bei einer höheren Intensität der Güterflüsse die Einschaltung eines Unternehmens, das die Rolle eines Koordinators übernimmt, zweckmäßig sein kann. Eine Spezialisierung des Logistiksystems – im Sinne des Einsatzes von Ressourcen hoher Spezifität (beispielsweise spezielle Transportmittel, Verpackungen, Ladehilfsmittel usw.) – ist jedoch in gewisser Hinsicht möglich, da ein regionales Produktionsnetz typischerweise auf die Produktion einer bestimmten Art von Gütern ausgerichtet ist. Daher sind die Charakteristika der Güter und der belieferten Märkte (Anforderungen an die Höhe des Lieferserviceniveaus) in der Gestaltung des Logistiksystems zu berücksichtigen. (vgl. [51])

Die Leistungsfähigkeit der Logistiksysteme in regionalen Produktionsnetzen wird u.a. von drei Einflussbereichen, den Merkmalen der Logistikobjekte, der Netzpartner und des Produktionsnetzes maßgeblich bestimmt (Abbildung 27). Ausgangspunkt für die Gestaltung von Logistiksystemen sind die Charakteristika der Logistikobjekte. Dazu zählen die Produkteigenschaften (z.B. Volumen, Gewicht, stoffliche Beschaffenheit, Komplexität der Produkte), die Anzahl an unterschiedlichen Objekten und die vom Logistiksystem zu bewältigende Menge [277]. In regionalen Produktionsnetzen handelt es sich – wegen ähnlicher Fertigungskompetenzen der Netzpartner – um ein vergleichbares Produktspektrum. Große Transaktionsmengen fallen aufgrund des

[17] In regionalen Netzen sind alle Partner innerhalb weniger Stunden erreichbar.

Charakters der Netzaufträge nicht an, weshalb eine große Massenleistungsfähigkeit des Logistiksystems üblicherweise nicht erforderlich ist. (vgl. [282])

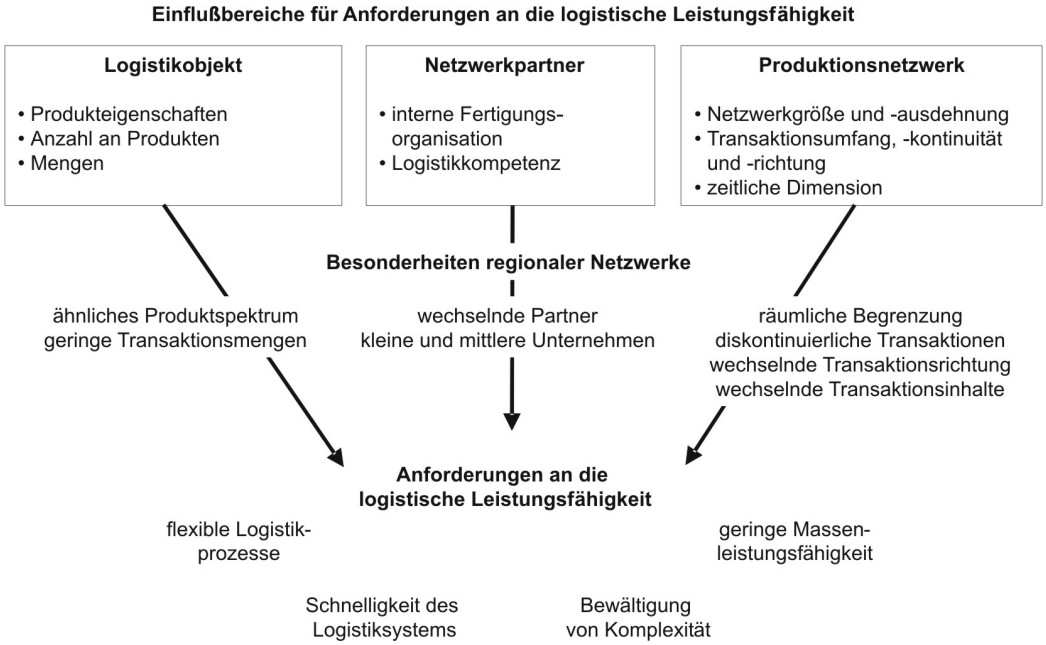


Abbildung 27: Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Logistiksysteme regionaler Produktionsnetze [282]

Es ist eine einfache Gestaltung des Logistiksystems anzustreben [280]. Die geringen räumlichen Entfernungen zwischen den Partnern sind dabei von Vorteil. Da die Transaktionen im regionalen Produktionsnetz diskontinuierlich mit wechselnden Partnern und variierenden Richtungen ausgeführt werden, kommt der Flexibilität der logistischen Prozesse große Bedeutung zu. Vorteilhaft kann sein, wenn gewisse Rahmenbedingungen der logistischen Abwicklung langfristig vereinbart werden, um bei jeder neuen Transaktion darauf zugreifen zu können. Bei der Gestaltung des Logistiksystems ist des Weiteren zu berücksichtigen, dass sich der Transaktionsinhalt häufig ändern kann. Folglich müssen nicht ideale Logistikprozesse für einen konkreten Anwendungsfall konzipiert, sondern vielmehr die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, eine Vielzahl möglicher Transaktionsinhalte mit wechselnden Partnern effizient abzuwickeln. Um ohne großen zeitlichen Vorlauf eine kurzfristige Anpassung der Fertigungskapazitäten eines Netzpartners zu ermöglichen, ist eine ausreichende Schnelligkeit des Logistiksystems erforderlich. (vgl. [282])

Logistische Teilaufgaben können spezialisierten Organisationseinheiten – beispielsweise Transportdienstleistern, Lagereien oder Auftragsmanagern – innerhalb des regionalen Produktionsnetzes zugewiesen werden. Dieser sehr hohe Spezialisierungsgrad ist jedoch nur selten in regionalen Produktionsnetzen vorzufinden. Die in die jeweilige Transaktion involvierten Unternehmen führen die Logistikaufgaben daher meist selbst aus. Vorteilhaft wirkt sich dies auf für die kurzfristige Kapazitätsanpassung erforderliche Schnelligkeit des Logistiksystems aus. (vgl. [282])

Hinsichtlich des Informationsflusses ist festzustellen, dass die Anforderungen an ein interorganisatorisches Logistiksystem im Regionalen Netzwerk geringer sind als im Operativen Netzwerk oder im Virtuellen Unternehmen, da im Wesentlichen nur eine Unterstützung operativer Prozesse (z.B. in der Auftragsabwicklung) notwendig ist und andere Informationen, (z.B. für die Planung) aufgrund der kurzen Entfernungen auch in persönlichen Kontakten übermittelt werden können. (vgl. [51])

Die Entscheidungskompetenzen hinsichtlich der Gestaltung des Logistiksystems verbleiben in regionalen Netzen stets bei den einzelnen Netzpartnern. Es ergeben sich keine Über- und Unterordnungsverhältnisse zwischen den einzelnen Netzunternehmen, weshalb ein regionales Netz eine quasi hierarchiefreie Organisation gleichberechtigter Partner darstellt. Aufgrund des Fehlens einer zentralen Autorität in regionalen Produktionsnetzen müssen Entscheidungen, die die Gestaltung des interorganisatorischen Logistiksystems und die Erstellung der Logistikleistungen betreffen, von allen Netzpartnern gemeinsam, z.B. durch Bildung eines Gremiums, zumindest aber von den jeweils an der Transaktion beteiligten Unternehmen, getroffen werden. Sofern ein Netzkoordinator existiert, könnte diesem die Entscheidungsvorbereitung übertragen werden [126]. Der Koordinator würde jedoch nur in partizipativer Form an der Entscheidung beteiligt, er hätte keine besonderen Entscheidungskompetenzen inne. (vgl. [282])

Logistikorganisation und -kooperation

Resultieren wichtige Anforderungen an die Logistik in Produktionsnetzen direkt aus dem Erfordernis der Wandelbarkeit, so ist die Aufgabe der Organisation des Logistiksystems vor allem durch ein grundlegendes Spannungsverhältnis von Spezialisierung und Integration geprägt. Die zunehmende interorganisationale Arbeitsteilung und die Spezialisierung der Unternehmen (oftmals mit dem Ziel der Konzentration auf Kernkompetenzen) in einem Produktionsnetz führen dazu, dass die Zahl der an der Leistungserstellung beteiligten Partner wächst und damit die Anzahl der interorganisatorischen Schnittstellen zunimmt. Als Folge wird es zu einer veränderten Aufgabenverteilung und zur Herausbildung neuer Aufgabenbündel kommen, die jeweils von einem darauf spezialisierten Unternehmen übernommen werden. In dem Maße, wie neue Aufgabenbündel und damit neue Positionen innerhalb eines Netzes entstehen, ergeben sich neue Rollen für die Inhaber dieser Positionen. (vgl. [51])

Eine Typisierung von Logistikdienstleistern (LDL) wird im sogenannten x-Party-Logistics Provider-Konzept (xPL-Konzept) vorgenommen. Für First Party Logistics Provider bis Fifth Party Logistics Provider (1PL bis 5PL) existiert eine Vielzahl von teils konträren Auffassungen und Definitionen. (vgl. u.a. [25], [59], [65], [81], [125], [372])

Werden für eine grundlegende Einteilung verschiedener Anbieter von Logistikleistungen die Kriterien Art der logistischen Güter, Umfang des logistischen Leistungsspektrums, Know-how der Dienstleister, verfügbares Logistikpotenzial und marktliche Ausrichtung angesetzt, so lassen sich Logistikdienstleistungsunternehmen in Einzel-, Spezial-, Verbund- und Systemdienstleister untergliedern. [125]

Logistische Schnittstellen

Zur Problematik der produktionslogistischen Schnittstellen liegen eine Reihe von Forschungsarbeiten und -ansätzen vor (vgl. u.a. [18], [48], [50], [52], [78], [99], [102], [113], [136], [154], [202], [208], [231], [281], [340], [389], [398], [409], [418]). Auch zur speziellen Problematik der logistischen Schnittstellen in kompetenzzellenbasierten Netzen wurden bereits Aussagen gemacht (vgl. [2], [403], [407]).

Logistikkonzepte, -strategien und -prinzipien

Für die Logistik existiert ein unerschöpfliches Reservoir an Konzepten, Strategien und Prinzipien. Hierzu gehören sowohl allgemeine Konzepte, Strategien und Prinzipien[18] wie Automatisierung [255], Modularisierung, Prozessorientierung, Standardisierung (vgl. [13], [52], [225], [282]) oder Integration und Kopplung von Informations- und Materialfluss (aktuell RFID-Technologie) (vgl. [179], [239], [350]), Just-in-Time/Just-in-Sequence (vgl. [23], [271], [326], [391]), Selbststeuerung [159] als auch spezielle Konzepte, Strategien und Prinzipien wie Advanced Arrangement und Postponement [255], Virtuelle Logistik [110] oder City- und Regionallogistik (vgl. u.a. [35], [191], [364]). Eine exponierte Stellung in der Logistik nehmen zentralisierende Konzepte der Bündelung und Konsolidierung ein.

Bündelungseffekte (auch Netzeffekte oder Economies of Scale and Scope [150], [164], [173], [190], [301]) bzw. Konsolidierungseffekte können u.a. über Konzepte eine(r/s) gemeinsamen Beschaffung/Vertriebes, Pooling- und Kreislaufkonzepte, Rendez-Vous-Konzepte, Gebietsspediteurkonzepte, Milkrun-Konzepte sowie Konzepte mit Transshipment-Centern, Güterverkehrszentren oder Virtuellen Umschlagterminals erschlossen werden (vgl. [192], [217], [392]). Abbildung 28 zeigt Touren- und Sendungsverdichtungen als weitere Konzepte, auf die stellvertretend kurz eingegangen werden soll.

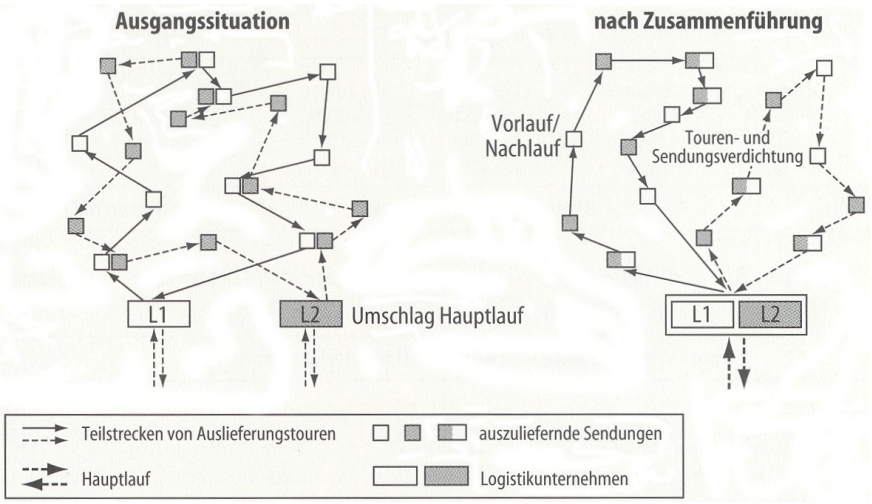


Abbildung 28: Konsolidierung durch Sendungsverdichtung (▣) und Tourenverdichtung [192]

[18] Bei den meisten dieser Konzepte, Strategien und Prinzipien kommt es dabei eher auf eine richtige Positionierung innerhalb eines Kontinuums an (z.B. Verhältnis Individualisierung ⇔ Standardisierung).

Eine Tourenverdichtung erfolgt durch Zusammenlegung von sich bisher überlappenden Tourengebiete mehrerer Unternehmen. Damit verringern sich die Entfernungen zwischen den Empfängern und die Fahrtstrecken. Bei der Sendungsverdichtung werden Sendungen, die für einen Empfänger bestimmt sind, zusammen ausgeliefert bzw. abgeholt. Damit nimmt die Anzahl der Stopps je Tour ab, die Fahrzeuge für ein Tourengebiet werden besser ausgelastet und die Rüstvorgänge, die bei jedem Stopp erforderlich sind, werden für mehrere Sendungen nur einmal durchgeführt (z.B. Rangieren an der Rampe oder Öffnen des Transportmittels). (vgl. [191])

Strukturen von Güterflussnetzen

Die Struktur eines Netzes wird durch die Anzahl der Knoten, die Anzahl der Kanten bzw. Pfeile und deren inhaltliche Ausprägung sowie – bei gerichteten Netzen – durch die Orientierung der Pfeile bestimmt. Entsprechend der Anzahl der Quellknoten und diesen zugeordneten Senken(knoten), lassen sich baumartige und flächige Strukturen von Logistiknetzen unterscheiden. Klassische Distributionsnetze des Handels (one-to-many logistics networks) oder Beschaffungsnetze der Industrie bei einem Produktionsstandort (many-to-one logistics networks) sind baumartige Netze. Flächige Strukturen weisen dagegen Netze von Speditionen oder Multi-Standort/ Multi-Produkt-Netze von Industrieunternehmen auf (many-to-many logistics networks). (vgl. [62] in [13])

Flächige Güterflussnetze werden in Raster- und Zentralhubsysteme unterschieden (vgl. Abbildung 18). Ein Vergleich der Hauptrelationen zeigt, dass Rastersysteme größere Netzdichten (Quotient aus der Anzahl aktivierter Kanten zu Anzahl aktivierbarer Kanten) aufweisen als Zentralhubsysteme. Die Netzdichte hat Auswirkungen auf die direkte Erreichbarkeit der Knoten, die bei einem vollständigen Rastersystem (Netzdichte=1) von jedem Knoten aus gegeben ist, und beeinflusst die Robustheit eines Netzes. Die Vorteile lassen sich am Straßenverkehr verdeutlichen: Bei Sperrungen können in Verkehrsnetzen mit hoher Netzdichte Umleitungen genutzt werden, um Zielknoten zu erreichen. Die Nutzung anderer Wegstrecken ist zwar mit Umwegen verbunden; jedoch wird der Zielknoten erreicht und die Funktionsfähigkeit des Netzes bleibt erhalten. Demgegenüber eröffnen Zentralhubstrukturen zusätzliche Konsolidierungspotenziale: Sind die Transportmittel auf den Hauptläufen eines Rastersystems unzureichend ausgelastet, lässt sich eine Konsolidierung der Güterströme über zentrale Umschlagterminals (Hubs) realisieren. Zudem ermöglichen Hubs eine Zentralisierung von z.B. Lager- und Kommissionierleistungen, um Größenvorteile auszuschöpfen. (vgl. [13])

Güterflussnetze von Logistikunternehmen haben i.d.R. flächige Strukturen und sind durch gegenläufige Flüsse geprägt. Die Wirtschaftlichkeit des Transports lässt sich durch Konsolidierung und mehrstufige Transportketten erhöhen, wie am Vorlauf, Hauptlauf und Nachlauf des Sammelgutverkehrs deutlich wird. Die Konsolidierungsprozesse machen Umschlagdepots für die Sammlung und Sortierung der einzelnen Sendungen erforderlich. (vgl. [62], [80], [112] in [13])

Für die Strukturen regionaler Güterflussnetze existieren divergierende Meinungen:

- Die räumliche Nähe ermöglicht die Nutzung von Bündelungseffekten, beispielsweise durch die Einrichtung eines Knotenpunktsystems. Die Nachteile, die ein Knotenpunktsystem gegenüber Direktverkehren tendenziell hinsichtlich einer Verlängerung von Transportzeiten und -weiten aufweist, fallen aufgrund der räumlich bedingten kurzen Transportweiten kaum ins Gewicht. (vgl. [51])
- Die in die jeweilige Transaktion involvierten Unternehmen führen die Logistikaufgaben meist selbst aus, wodurch keine weiteren Schnittstellen zu Logistikdienstleistern entstehen und im Direktverkehr, ohne weitere Umschlagpunkte, eine zügige Bereitstellung der Waren leichter zu verwirklichen ist. Aufgrund der geringen räumlichen Entfernung der Netzpartner würden sich ohnehin nur in geringem Ausmaß Synergieeffekte durch die Bündelung der Transportaufgaben des regionalen Netzes realisieren lassen. (vgl. [282])

Materialflussressourcen

Eine umfassende Darstellung von Gestaltungsprinzipien, -strategien, -konzepten, -ansätzen und -lösungen für kontextadäquate Materialflussressourcen ist kaum möglich, weswegen nur auf entsprechende Kataloge verwiesen werden kann (zu Gestaltungslösungen für die Ressourcengruppen: 1. Transportmittel, 2. Lagermittel und 3. Ladehilfsmittel siehe u.a. [13], [139], [184]).

Daher sollen lediglich einige wenige Gestaltungslösungen angeboten werden, die in besonderer Weise dem Kontext gerecht werden können:

1. Transportmittel (vgl. u.a. [39], [174], [226], [323], [337], [353], [371])
2. Lagermittel (vgl. u.a. [44], [174], [342])
3. Ladehilfsmittel (vgl. u.a. [100], [189], [228])

Zwischenfazit: Der Typ des regionalen Produktionsnetzes ist logistisch attraktiv.

Allgemeine Gestaltungsempfehlungen für den Informations- und Materialfluss sowie für die Logistikorganisation und -kooperation regionaler Produktionsnetze können fast ausnahmslos auch für kompetenzzellenbasierte Netze herangezogen werden.

Die Typisierungen von Logistikdienstleistern erscheinen übertragbar auf kompetenzzellenbasierte Netze. Die Äquivalente zu einzelnen Dienstleistern werden von einzelnen KPZ bis hin zu Netzen von KPZ reichen.

Die Schnittstellenproblematik ist für jegliche arbeitsteilige Systeme, so auch für die Logistik kompetenzzellenbasierter Netze, von besonderer Bedeutung. Entsprechend existieren zahlreiche Forschungsarbeiten und -ansätze inklusive solcher zu logistischen Schnittstellen in kompetenzzellenbasierten Netzen, auf deren umfängliche Gestaltungsprinzipien, -strategien, -konzepte, -ansätze und -lösungen zurückgegriffen werden kann. Die Schnittstellenthematik erscheint ausreichend behandelt.

Die überwiegende Anzahl an Logistikkonzepten, -strategien und -prinzipien ist übertrag- und anwendbar auf kompetenzzellenbasierte Netze. Eher auszuschließen

sind lediglich solche, welche einen fernen Bezug zum Kontext regionaler Netze der Einzel- und Kleinserienfertigung (z.B. mit Bezug zur Überregionalität oder Serien- und Massenfertigung) aufweisen. Von besonderer Bedeutung sind zentralisierende Bündelungs- und Konsolidierungskonzepte.

Für die Strukturen von Güterflussnetzen werden unterschiedliche, teils gegensätzliche Gestaltungsempfehlungen gegeben, die insbesondere von den situativen Randbedingungen sowie den zu befriedigenden Anforderungen und Zielen abhängig sind. Pauschale Präferierungen können nicht getroffen werden.

Für den hier betrachteten Kontext werden hinlänglich Gestaltungslösungen zu Materialflussressourcen angeboten. Einige ausgezeichnete Lösungen haben allerdings bisher noch zu wenig Beachtung und Anwendung gefunden.

Fazit Gestaltung regionaler produktionslogistischer Netze

Der Kontext regionaler produktionslogistischer Netze bietet für die Logistik mannigfaltige Optionen zur Ausschöpfung von Synergiepotenzialen. Diese Attraktivität findet ihren Niederschlag in mannigfaltigen Gestaltungsempfehlungen, wobei hier jedoch eine differenzierte Betrachtung angebracht ist.

Viele Gestaltungsansätze wie u.a. für die Logistikorganisation und -kooperation sind forschungsseitig auch für kompetenzzellenbasierte Netze interessant, bisher aber kaum ausreichend untersucht. Die erforderliche vertiefende Auseinandersetzung kann und soll hier aber nicht vorgenommen werden.

Andere Gestaltungsansätze erscheinen dagegen hinreichend untersucht, weshalb hier eine Übertragung und keine weiter vertiefende Betrachtung vorgenommen werden soll. Hierzu zählen Logistikkonzepte, -strategien und -prinzipien, logistische Schnittstellen sowie Materialflussressourcen.

Die allgemein gegebenen Gestaltungsempfehlungen für Logistiksysteme regionaler Produktionsnetze gelten fast alle auch für kompetenzzellenbasierte Netze. Gleichwohl finden sich nicht geteilte Auffassungen oder konträre Gestaltungsaussagen.

So unterstellt die für regionale Produktionsnetze propagierte Vorteilhaftigkeit der räumlichen Nähe den Vergleich mit größeren Ausdehnungen von Produktionsnetzen bis hin zu globalen Netzen. In kompetenzzellenbasierten Netzen kann aber auch eine größere Anzahl an KPZ in einer zentralen Produktionsstätte [84] angesiedelt sein. Diese räumlich lokale Konzentration der Netzpartner ist wiederum vorteilhafter gegenüber einer regionalen. Auch wird dem widersprochen, dass in einem regionalen Produktionsnetz eher gleichartige Fertigungskompetenzen vorzufinden sind, die eine gewisse Spezifität der Logistikressourcen rechtfertigen würden.

Durchaus konträre Meinungen existieren für die Gestaltung der Materialflussstrukturen in regionalen Produktionsnetzen, beispielsweise, inwieweit sich eher Indirektverkehre in Knotenpunktsystemen lohnen oder eher Direktverkehre in Rastersystemen anzustreben sind (vgl. [51], [282]). Hier besteht Bedarf an weitergehenden Untersuchungen, um aus den jeweils situativen Randbedingungen sowie Zielen und Anforderungen heraus die passende(n) Materialflussstruktur(en) angeben zu können.

4.7 Gesamtfazit, Defizit und Handlungsbedarf

Aus dem Stand der Forschung wird ersichtlich, dass für die Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellungen im Zusammenhang mit dem neuartigen Untersuchungsgegenstand Logistikstrukturen in kompetenzzellenbasierten (regionalen) Netzen nur in eingeschränktem Maße Lösungen für eine Beschreibung/Modellierung, Planung und Gestaltung vorliegen.

Um einer umfassenden Behandlung von Problemstellungen in produktionslogistischen Systemen gerecht werden zu können, bedarf es eines allgemeingültigen, generischen, auf der Basis bestehender Theorien und Ansätze beruhenden Beschreibungskonzeptes. Ausgenommen die kontextneutralen Theorien System- und Graphentheorie konzentrieren sich viele der bestehenden Ansätze auf spezifische Kontexte. Viele der anzutreffenden Problemstellungen können aber in produktionslogistischen Systemen gleichermaßen und gleichberechtigt auftreten. Hinzu kommt für kompetenzzellenbasierte Netze und deren Logistikstrukturen, dass die vielfältigen Problemstellungen mit einem möglichst einfachen, aber leistungsfähigen Beschreibungsvorrat behandelt werden müssen.

Insofern besteht Handlungsbedarf dahingehend, die bisherigen Ansätze zu einem generischen Ansatz für einen Beschreibungsvorrat zusammenzuführen.

Für die Behandlung von Problemstellungen produktionslogistischer Systeme im Allgemeinen und Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze im Besonderen bedarf es eines klaren Kontextverständnisses, welches sich in problemadäquaten kontextspezifischen Modellen und konformen Definitionen zu grundlegenden Begriffen äußern muss. Hier fehlt es gerade für den zentralen Begriff Logistikstruktur an einer weithin akzeptierten Definition, was sich in breit streuenden Begriffsauffassungen und ebenso streuenden Beschreibungen niederschlägt. Auch werden tangierenden Begriffen wie Logistik, Struktur, Prozess und System unterschiedliche, teils widersprüchliche Bedeutungen zuteil. Für die Logistikstrukturen insbesondere des Materialflusses müssen Modelle bereitgestellt werden, die eine einfache Abbildung typischer Strukturen erlauben. Hier ist es viel versprechend, ein auf strukturellen Grundgestalten basierendes Modellierungsparadigma, entwickelt für Flusssysteme der Teilefertigung, auf Flusssysteme der Logistik zu übertragen und mit einem Layerkonzept, welches der „Mehrschichtigkeit“/Komplexität logistischer Systeme Rechnung trägt, zu kombinieren. In diesem Zusammenhang muss die Frage nach den strukturellen Grundgestalten von Logistiksystemen des Materialflusses beantwortet werden. Hier existieren vielfältige Ansätze für Grundstrukturen.

Insofern besteht Handlungsbedarf dahingehend, zu fundamentalen Begriffen, vor allem zum zentralen Begriff Logistikstruktur, klare Begriffsauffassungen zu formulieren und darüber hinaus eine entsprechende Definition zu erarbeiten. Bisherige Ansätze zu strukturellen Grundgestalten in Logistiksystemen des Materialflusses sind kritisch zu hinterfragen und zu systematisieren. Hier soll ein allgemeingültiges Modellierungsparadigma für Flusssysteme helfen, die Frage nach den Grundgestalten zu beantworten. Mit solchen Grundgestalten und deren

Kombinationen muss es möglich sein, nicht nur jegliche Strukturen vorteilhaft zu modellieren, sondern diese auch zu dekomponieren bzw. zu komponieren. Damit würde die Analyse und Synthese von Logistikstrukturen des Materialflusses erheblich methodisch unterstützt, transparent gemacht und rationalisiert. Die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen würde letztlich auf ein höherwertiges Niveau gebracht, was gerade für kompetenzzellenbasierte Netze aufgrund der besonderen Anforderungen von nicht unerheblicher Bedeutung ist.

Vorliegende Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen und -methoden erbringen diverse Beiträge zur Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze. Vier Bereiche des Problemfeldes zeichnen sich ab.

Problemfeldbereich 1: Vielen Planungssystematiken, -konzepten, -vorgehensweisen und -methoden fehlt es an einem (system)theoretisch fundierten Modell oder es mangelt an Konformität zu diesem. Viele wesentliche Konstrukte des jeweiligen Untersuchungsgegenstandes lassen sich so nur schwer oder gar nicht ansprechen.

Problemfeldbereich 2: Konzepte wie das Systems Engineering oder das darauf beruhende Planungskonzept für Netze – PlaNet bieten eine breite Grundlage für die Planung, sind jedoch vielfach zu allgemein. Umgekehrt bieten Methoden wie Strukturierungsmethoden nur Unterstützung bei eingeengten Problemstellungen, sind also häufig zu speziell. In der entweder zu starken oder zu geringen Abstraktion liegt demnach das Dilemma der vorliegenden Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen und -methoden. Es fehlt an einem verbindenden methodischen Konzept mit angebrachtem Zwischenniveau an Abstraktion.

Problemfeldbereich 3: Weiterhin besitzen verfügbare Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen und -methoden nicht die für die Planung der produktionslogistischen Strukturen kompetenzzellenbasierter Netze erforderliche Flexibilität. Mangelnde Flexibilität heißt, dass viele Planungssystematiken, -konzepte, -vorgehensweisen und -methoden trotz möglicher Iterationen und Detaillierungsstufen einer eher fixen, nicht grundsätzlich veränderbaren Abfolge von Planungsschritten folgen. Gerade in kompetenzzellenbasierten Netzen mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Planungsproblemen bedarf eines methodischen Konzeptes, welches ein problemangepasstes Aufstellen des Planungsprozesses erlaubt. Ansätze der Integration und Kopplung von Planungsfunktionen (auch domänenübergreifend) können substantiell zu einer Flexibilitätssteigerung beitragen, sind bisher aber nur in zu geringem Ausmaß verfügbar. Hinzu kommt, dass Problemstellungen der Strukturierung noch zu wenig Bedeutung beigemessen wird oder diese im Planungsablauf zu spät behandelt werden.

Problemfeldbereich 4: Eine Qualitätssteigerung, Rationalisierung und Vereinfachung im Planungsprozess scheint möglich, falls in ausreichendem Maße strukturierungsrelevanter Content einbezogen werden kann. Einen besonderen Effekt für die Planung von (regionalen) Logistiksystemen, insbesondere deren Materialflussstrukturen, verspricht die Verwendung von elementaren, allgemeingültigen Strukturtypen. Eine zu entwickelnde Planungsmethode sollte dabei sowohl die Analyse als

auch die Synthese von einfachen und komplexen (System-)Strukturen basierend auf diesen Grundgestalten gleichermaßen ermöglichen.

Insofern besteht (ausgehend vom Problemfeld) Handlungsbedarf dahingehend, ein methodisches Konzept (als Lösungssystem) zu entwickeln, was versucht,

1. die ungenügende Modellbasierung im Planungsprozess zu beseitigen, indem es generisch aus einem Beschreibungsrahmen heraus entwickelt wird.
2. im Spektrum zwischen Universalität und Spezialität zu vermitteln, indem ein geeigneter Abstraktionsgrad für Planungsfunktionen gefunden wird.
3. die mangelnde Flexibilität zu überwinden (eingeschlossen eine frühzeitige und angemessene Behandlung von Strukturierungsproblemen im Planungsablauf), indem der Planungsprozesse erst aus der Problemstellung unter Ausnutzung von Integrations- und Kopplungsmöglichkeiten von Planungsfunktionen definiert wird.
4. eine Qualitätssteigerung, Rationalisierung und Vereinfachung im Planungsprozess herbeizuführen, indem auf aufbereiteten strukturierungsrelevanten Content unter besonderer Verwendung von Strukturtypen als elementare, allgemeingültige Grundgestalten des Materialflusses zurückgegriffen wird.

Für die Gestaltung der Logistik(-Strukturen) kompetenzzellenbasierter Netze können eine Reihe von existierenden Gestaltungsprinzipien, -empfehlungen, -aussagen und -lösungen „benachbarter“ produktionslogistischer Kontexte wie regionale Unternehmens-, Produktions- und Logistiknetze herangezogen werden. Hier sind nur selten Einschränkungen zu machen. Ein dominantes Flusssystem bleibt auch in kompetenzzellenbasierten Netzen das Materialflusssystem.[19] Die teils widersprüchlichen Aussagen zu regionalen Materialflussstrukturen sind aufzulösen.

Insofern besteht Handlungsbedarf dahingehend, die vorliegenden Lösungen aufzubereiten und um kontextadäquate Gestaltungs- und Vorzugslösungen zu ergänzen bzw. diese besonders herauszustellen. Ein besonderer Fokus ist auf Lösungen zu Materialflussstrukturen regionaler kompetenzzellenbasierte Netze zu legen.

Zusammenfassend besteht daher Handlungsbedarf, auf Basistheorien, -modellen, -konzepten und -methoden beruhende problemadäquate Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini zu entwickeln, welche die Grundlagen bilden können für die Entwicklung geeigneter Lösungen zur Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter (regionaler) Netze.

---

[19] Nach den Leistungsobjekten lassen sich Material-, Betriebsmittel-, Informations-, Energie-, Personal- und Kapitalflusssystem als Flusssysteme unterscheiden. Folgende Gründe sprechen dafür, weitere Flüsse zunächst nicht in den Fokus der Betrachtungen zu rücken:
- Betriebsmittelfluss: der Ansatz mobiler Ressourcen wird nicht primär untersucht
- Informationsfluss: separat zu behandelnde Thematik
- Energiefluss: es wird angenommen, dass die Verfügbarmachung der jeweils benötigten Energien in der Regel kein gravierendes (Planungs-)Problem darstellt
- Personalfluss: separat zu behandelnde (arbeitswissenschaftliche) Thematik
- Kapitalfluss: separat zu behandelnde (betriebswirtschaftliche) Thematik.

Der Kontext kompetenzzellenbasierter Netze erweist sich als prädestiniert zur kritischen Auseinandersetzung mit Theorien, Modellen, Termini, Konzepten, Vorgehensweisen und Methoden sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen, da er aufgrund seiner Exponiertheit im Spektrum der Wertschöpfungskonfigurationen extreme Anforderungen an diese stellt.

4.8 Basistheorien, -modelle, -konzepte und -methoden

Die nachfolgenden ausgewählten Basistheorien, -modelle, -konzepte und -methoden, welche sich aus dem Stand der Forschung heraus als verwendbar erweisen, sind maßgebend sowohl für den Gang der Untersuchungen als auch für den Entwurf geeigneter Lösungen zur Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze.

Wissenschaftsmethoden (Deduktion und Induktion)

Der Deduktion und Induktion als Wissenschaftsmethoden wird sich zur Entwicklung des Bezugsrahmens und der Planungsmethode sowie zur Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen bedient.

Bezugsrahmen

Ein Bezugsrahmen als Ansatz einer Theorie bzw. Zusammenfassung in Anspruch genommener theoretischer Ansätze ist als Grundlage und Ausgangspunkt einer Untersuchung als Konzept geeignet. Unter Bezugsrahmen wird vornehmlich das theoretische, beschreibungskonzeptionelle, modellhafte und terminologische Bezugssystem verstanden, auf das sich der Gang der Untersuchungen gründet.

Systemtheorie und Graphentheorie

Modelle und Methoden der System- und Graphentheorie bilden die kontextneutrale theoretische Basis für die Behandlung der aufgeworfenen Problemstellungen.

Systemtechnik/Systems Engineering

Logistiksysteme und Produktionsstätten sind komplexe soziotechnische Systeme. Wegen der Allgemeingültigkeit, Abstraktheit, Offenheit und Flexibilität des Methodengebäudes des Systems Engineering inklusive der Mikrologik Problemlösungszyklus bietet dieses beste Voraussetzungen für die Entwicklung der Planungsmethode.

Kontextspezifische Ableitungen der Systemtheorie

Für die Entwicklung von Beschreibungskonzepten, vor allem eines Bezugsrahmens als Grundlage für ein Methodenkonzept, werden verschiedene kontextspezifische Ableitungen der Systemtheorie herangezogen. Dazu zählen die Prozessketten-theorie, die Flusssystemtheorie, die „Fertigungssystemtheorie“, die „Logistiksystem-theorie“, die „Produktionssystemtheorie“, die „Arbeitssystemtheorie“ sowie die Methode der Architektur integrierter Informationssysteme und die Methode der Integrierten Unternehmensmodellierung.

Ordnungsrahmen und deren Konstruktion

Ordnungsrahmen finden Anwendung für die Darstellung von Inhalten der Planungsmethode – angefangen von der Beschreibungsvorratsgenerierung bis hin zur Strukturierungsbibliothek.

Aufgabenanalyse

Für die Aufstellung von groben Planungsfunktionen innerhalb der Planungsmethode wird auf die Aufgabenanalyse zurückgegriffen. Angenommen wird, dass sich Planungsfälle als Aufgaben(komplexe) interpretieren lassen und dementsprechend über die Kriterien/Merkmale der Aufgabenanalyse beschreibbar sind. Aufgaben können als geforderte Funktionen aufgefasst werden. Damit deutet der jeweilige Planungsfall bereits grob die zu realisierenden Funktionen an. Die Aufgabenanalyse bestätigt ferner durch Konformität ein Metamodell des soziotechnischen Systems.

Vernetztes Denken und Sensitivitätsanalyse

Techniken des Vernetzten Denkens und der Sensitivitätsanalyse werden bei der Ausgestaltung der Planungsmethode für Abhängigkeitsuntersuchungen innerhalb des Beschreibungsvorrates eingesetzt.

Morphologisch-typologische Methode

Die Morphologisch-typologische Methode dient als Vorlage für die Aufstellung von Szenarien und eines Versuchsprogramms für Materialflussstrukturuntersuchungen.

Operations Research/Methoden der Optimierung

Unterstützt durch Optimierungsmethoden (z.B. Tourenplanungsmethoden) werden Gestaltungs- und Vorzugslösungen von Logistikstrukturen konstruiert.

Simulation/dynamische Bewertung und statische Bewertung

Mittels Simulation werden Gestaltungs- und Vorzugslösungen von Logistikstrukturen anhand unterschiedlicher Szenarien dynamisch untersucht und bewertet. Analog werden statische Untersuchungen und Bewertungen vorgenommen.

4.9 Hypothesen

Handlungsleitend für den Gang der Untersuchungen sollen Hypothesen sein. In diesen kommen aus dem Stand der Forschung und den formulierten Zielen abgeleitete wesentliche Grundannahmen zum Ausdruck. Diese sind im Weiteren zu prüfen und hiernach zu verifizieren oder zu falsifizieren.

Hypothese 1: Über einen – auf einem theoretisch-beschreibungskonzeptionell begründeten Beschreibungsrahmen beruhenden – maßgeblich durch Kombination weniger Element- und Strukturarten entwickelten – kompakten generischen Beschreibungsvorrat – einem Set an Beschreibungskonstrukten, Bestimmtheitsgraden und Grobfunktionen – lassen sich soziotechnische Systeme – so auch Produktions- und Logistiksysteme – einschließlich der Systeme deren Planung – in ihrem vielgestaltigen Wesen umfänglich konzeptionell zweckmäßig beschreiben.

Hypothese 2: Für eine untersetzende Abbildung produktionslogistischer Systeme können mit eben diesem allgemeinen Beschreibungsrahmen harmonisch assoziierende Modelle sowie Repräsentanten nutzbar gemacht werden.

Hypothese 3: Für eine detailliertere generische Modellierung produktionslogistischer Flusssysteme eignen sich – als strukturelle Grundgestalten, als elementare, allgemeingültige Strukturen für Flusssysteme – die Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur (vgl. Abschnitt 4.4.5). Mittels dieser Strukturtypen können einerseits alle Flusssystemstrukturen analysiert und dekomponiert sowie andererseits komplexere Flusssystemstrukturen synthetisiert und komponiert werden.

Hypothese 4: Existente Vorgehensweisen und Methoden der Planung lassen sich – falls sie nicht auf einem Modellverständnis mit völlig anderen Beschreibungskategorien und -konstrukten aufbauen – anhand des selben allgemeinen Beschreibungsrahmens und -vorrates abbilden und analysieren, (noch) nicht-existente Vorgehensweisen der Planung lassen sich hierüber abbilden und synthetisieren.

Hypothese 5: Es existieren keine zu präferierenden Vorgehensweisen zur Planung soziotechnischer Systeme als Pfade über ein Set an Grobfunktionen. Es sind zum jeweiligen Planungsfall passende Vorgehensweisen heranzuziehen.

Hypothese 6: Für die Aufstellung von Vorgehensweisen der Planung als Pfade über ein Set an Grobfunktionen als kreativem Geschehen lassen sich trotz unvollständig automatisierbarer Planung Anhaltspunkte in Form von Abhängigkeiten finden.
Für eine derartige Planungsprozessgenerierung lässt sich ein Set an schwachen Regeln formulieren, die Planungsprozessgenerierung bleibt entscheidend abhängig von der Kompetenz des Planers und Gestalters.
Es lässt sich – avisierend eine vollständig automatisierbare Planungsprozessgenerierung – kein geschlossenes Set an starken Regeln formulieren.

Hypothese 7: Generelle Vorzugslösungen für Logistikstrukturen – respektive für solche in regionalen (kompetenzzellenbasierten) Netzen – sind nicht angebbar. Vorzugslösungen beziehen sich immer auf einen entsprechenden Kontext mit spezifischen Randbedingungen. Somit sind nur situative Vorzugslösungen angebbar. Ändert sich die Situation, ändert sich häufig die passende Vorzugslösung.

Hypothese 8: In regionalen (kompetenzzellenbasierten) Netzen der Einzel- und Kleinserienfertigung wird ein breites Spektrum von elementaren bis komplexen Logistikstrukturen vorherrschen. Für KPZ, Bausteine, Produktionsstätten und Netze sind als Materialflussstrukturen per se alle Strukturtypen bzw. Strukturtypkombinationen gleichberechtigt. Elementare Struktureinheiten wie KPZ oder Bausteine werden hauptsächlich aus „reinen“ Strukturtypen, komplexere Struktureinheiten wie Produktionsstätten oder Netze aus Strukturtypkombinationen bestehen. Gegenüber überregionalen Netzen der Serien- und Massenfertigung werden einfachere bzw. weniger komplexe und geringstufigere logistische Flusssystemstrukturen unterstellt.

5 MODELLIERUNG

Der Entwurf geeigneter Lösungen für die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze macht die Entwicklung weiterführender Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini innerhalb der Modellierung notwendig, angehörig der Lösungssynthese des Problemlösungszyklus', welcher der späteren Methodenentwicklung zugrunde liegt (siehe Kapitel 6).

5.1 Anforderungsprofil Modellierung

Der besondere Kontext bzw. Untersuchungsgegenstand erfordert adäquate Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini. Neben Anforderungen, die an jegliche Modelle und Modellierungsmethoden gestellt werden, sind folgende Anforderungen an die Beschreibung und Modellierung der Logistikstrukturen herauszustellen:

- Komplexe soziotechnische Systeme wie (Produktionsstätten oder) Logistiksysteme erfordern eine ganzheitliche und integrative Betrachtung in Form einer abstrakten, konzeptionellen modellhaften Beschreibung, welche auf bestehenden Basistheorien, -modellen, -konzepten und -methoden aufbaut.
- Ein geeigneter Beschreibungsrahmen sollte zudem:
  - über die Basistheorien, -modelle, -konzepte und -methoden hinausgehenden universellen Beschreibungsvorrat unter Verwendung möglichst weniger Beschreibungskategorien und -konstrukte generieren sowie
  - über konfigurierbare Projektionen am Problem/Anwendungsfall ausrichtbar sein und so zu einer Komplexitätsbewältigung beitragen.
- Wichtige Termini sollten im Verbund mit den Beschreibungskonzepten und Modellen eine ordnende Wirkung haben sowie eine Konkretisierung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes unterstützen.
- Ausgehend von einer kontextneutralen konzeptionellen Modellierung sollte eine kontextspezifische vertiefende Modellierung durch Hinzunahme weiterer harmonisch assoziierender Modelle, Repräsentanten usw. möglich sein.

Als anforderungserfüllende Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini werden ein Beschreibungsrahmen für ein Methodenkonzept auf Basis eines Sichtenkonzeptes/ Metamodells des soziotechnischen Systems, wichtige Definitionen wie zum Begriff Logistikstruktur sowie Flussmodelle und -repräsentanten vorgestellt.

5.2 Beschreibungsrahmen

Der theoretisch-beschreibungskonzeptionelle Bezugsrahmen für das Methodenkonzept der IPSS – zum Ausdruck kommend im Beschreibungsrahmen mit den entsprechenden Beschreibungskategorien und vergegenständlicht u.a. über diverse Ordnungsrahmen (ORa_{IPSS}) – ist das Ergebnis einer vertiefenden Auseinandersetzung und Anwendung des Sichtenkonzeptes/Metamodells [266].

5.2.1 Sichtenkonzept und Metamodell des soziotechnischen Systems

Der Begriff Sichtenkonzept bezeichnet das offene, auf unterschiedlichen Projektionen (Betrachtungsperspektiven) beruhende Modellierungsparadigma[20] zur Beschreibung soziotechnischer Systeme. Mittels diverser Diagramme/Modelle können die aus den jeweiligen Perspektiven „sichtbaren Dinge“ modelliert werden. Der Begriff Metamodell[21] bezeichnet hingegen ein auf den Sichten basierendes „grobes“ Datenmodell für die Beschreibung soziotechnischer Systeme.

Das Modellierungsparadigma Sichtenkonzept unterstützt eine logisch abstrakte Beschreibung soziotechnischer Systeme. Komplexe systemische Sachverhalte werden mittels verschiedener Projektionen – genannt Sichten – aufgelöst. Hierdurch werden isolierende, handhabbare Abstraktionen eines Systems geschaffen, mit denen eine Komplexitätsbeherrschung möglich werden kann. Das Konzept gilt als „offenes“ Modellierungsparadigma, d.h. je nach Anwendungsfall können die geeigneten Perspektiven generiert werden. Das Sichtenkonzept beinhaltet nach Abbildung 29 die grundlegenden Sichten: a) Ziel-, b) Leistungs-, c) Funktions-, d) Kompetenz- und Ressourcen-, e) Struktursicht. (vgl. [266])

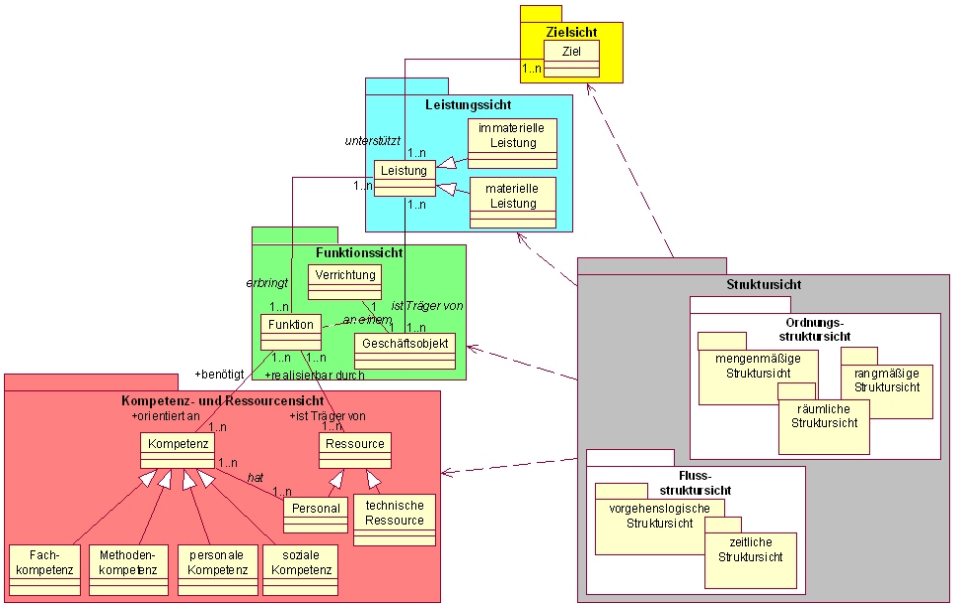


Abbildung 29: Sichtenkonzept und Metamodell [266]

Die Ziel-, die Funktions-, die Kompetenz- und Ressourcen- sowie die Leistungssicht repräsentieren elementorientierte Sichten. Die assoziierenden Grundsysteme (im Weiteren auch Systemarten) entsprechen den grundlegenden Systemtypen: Ziel-, Programm-, Wirk- und Objektsystem nach PATZAK (siehe Abschnitt 4.2.1). In den Sichten werden die zugehörigen systemischen (Grund-)Elemente (im Weiteren auch Elementarten) beschrieben. Diagramme in Form logischer Bäume, welche die

[20] Modellierungsparadigma als Modellierungsleitbild bzw. -methode.
[21] Metamodell als Grobmodell eines Systems beinhaltend die Grundmenge an wesentlichen Beschreibungskonstrukten; Metamodell hier lediglich ein Begriff, nicht vergleichbar mit Metamodellen, welche Konstrukte von Datenmodellen erklären.

Hierarchie der einzelnen Systemelemente gleicher Art untereinander abbilden, sind für die Sichten mit statischem Charakter typisch. (vgl. [266])

Im Vergleich repräsentiert die Struktursicht als integrierende und orthogonale Sicht, unterteilt in verschiedene Untersichten, eine beziehungsorientierte Sicht mit sowohl statischem als auch dynamischem Charakter. Die assoziierenden Beziehungs- und Strukturarten entsprechen den grundlegenden Gliederungsgesichtspunkten für elementare Beziehungen und Strukturen nach PATZAK (siehe Abschnitt 4.2.1). Auf Basis der Untersichten wird die Beschreibung der kausalen Zusammenhänge der einzelnen Systemelemente untereinander möglich. Die einzelnen Untersichten greifen auf Diagrammtypen zurück, welche beziehungsspezifische Beschreibungen beinhalten. (vgl. [266])

Auf den in Abbildung 29 gezeigten prinzipiellen Zusammenhang der einzelnen Sichten bzw. Element- und Strukturarten wird nunmehr detaillierter eingegangen.

Die Ziele eines soziotechnischen Systems werden in der Zielsicht dargestellt. Alle die Zielerreichung unterstützenden materiellen und immateriellen Leistungen werden in der Leistungssicht abgebildet. Um Leistungen erbringen zu können, sind Funktionen (Verrichtungen an Objekten) zu schaffen und zu realisieren, welche in der Funktionssicht enthalten sind. Als Funktionsträger agieren Menschen mit ihren Kompetenzen und den ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen. Gemäß der Mensch-Ressourcen-Dualität (belebte und unbelebte Komponenten) in soziotechnischen Systemen erfolgt deren modellhafte Beschreibung in der kombinativen Kompetenz- und Ressourcensicht. Der Bedeutung von Wissen und Kompetenz genügend wird die Kompetenzbeschreibung separat, jedoch nicht losgelöst vom Menschen, vorgenommen. Die Kompetenzen sind in Fach-, Methodenkompetenz, personale und soziale Kompetenz (vgl. [89]) funktionsorientiert eingeteilt. (vgl. [266])

Die mannigfaltigen Beziehungen und Strukturen der Ziele, Leistungen, Funktionen, Kompetenzen und Ressourcen untereinander lassen sich mit Hilfe von Untersichten im Rahmen der Struktursicht abbilden. Ordnungs- und Flussbeziehungen bzw. -strukturen können in der Ordnungs- und Flussstruktursicht dargestellt werden. Vertiefend lassen sich in den einzelnen Untersichten Beschreibungen über mengenmäßige und rangmäßige Beziehungen und Strukturen (statischer Aspekt), räumliche Beziehungen und Strukturen (statischer Aspekt) sowie zeitliche und vorgehenslogische Beziehungen und Strukturen (dynamischer Aspekt) eines Systems vornehmen. (vgl. [266])

Das Sichtenkonzept/Metamodell kann u.a. Anwendung finden zur Dekomposition bestehender Unternehmen und deren Geschäftsprozesse oder zur Komposition von Netzen mittels Zuordnung von Kompetenzzellen zu kundendeterminierten Wertschöpfungsketten (vgl. [266]).

5.2.2 Beschreibungsrahmen – Erweiterung zum Sichtenkonzept/Metamodell

Das Metamodell enthält für die Grundsysteme einen Beschreibungsvorrat in Form von Beschreibungskonstrukten, der für viele Planungsobjektbeschreibungen im

Bereich Produktions- und Logistik(system)planung hinreichend ist. Gleichwohl kann der Beschreibungsvorrat jederzeit modifiziert werden.

So sind Gegenstand von Strukturbetrachtungen nicht nur die logischen und zeitlich-räumlichen Strukturen zwischen den Elementen innerhalb der jeweiligen Grundsysteme, sondern auch „strukturierte/organisierte Kombinationen/Zusammenfügungen“ über die Grundsysteme hinweg (vgl. [14], [94]). Die Auseinandersetzung mit Struktureinheiten und deren Strukturen ist ein Schwerpunkt innerhalb der Strukturierung (vgl. u.a. Kapitel 4, 6 und 7).

Um das „Zusammenspiel“ verschiedener soziotechnischer (Teil-)Systeme einschließlich deren Beziehungen und Strukturen untereinander abbilden zu können, erscheint es als Erweiterung zum Sichtenkonzept/Metamodell gerade für Betrachtungen mit Strukturierungsproblemstellungen sinnvoll, eine weitere Sicht/Elementart, die (Struktur-)Einheitensicht/die (Struktur-)Einheit einzuführen.[22] Die (Struktur-)Einheit, im Übrigen meist Struktureinheit benannt, mit ihren Strukturen bildet das (Struktur-) Einheitensystem, im Übrigen meist Einheitensystem benannt, als ein(e) über die Grundsysteme hinausgehende(s) Aspektsystem/Systemart (Abbildung 30).

Der Begriff Einheit wurde gewählt, da er treffend Zusammenfügungen von Grundelementen und -strukturen vermittelt.

Struktureinheiten sollen verwendet werden um:

- Zusammenfügungen/Kombinationen/Gruppierungen[23] von jeglichen Grundelementen und deren Strukturen (Baugruppen von Produkten, Referenzprozesse oder Transporttouren sind somit auch Struktureinheiten) – auch als „bausteinartige“ Gebilde – darstellen zu können,
- Grenzen von soziotechnischen Systemen beschreibbar zu machen,
- abstrakte Black-Box-Modellierungen[24] zu ermöglichen.

Struktureinheiten können selbst wieder aus Struktureinheiten organisiert sein.

Bei angenommener Funktionsträgerschaft können Struktureinheiten als Elemente von Wirksystemen[25] aufgefasst werden.

Diese Beschreibungsvorratserweiterung zum Sichtenkonzept/Metamodell begründet einerseits den theoretisch-beschreibungskonzeptionellen Bezugsrahmen für das Methodenkonzept der IPSS.

Weiterhin lässt sich durch Einführung jeweils eines Bestimmtheitsgrades für die Beschreibungskonstruktinstanzen als Maß für die Übereinstimmung von Soll- und Ist-

---

[22] Eine (abstrakte) Darstellung von Teilsystemen, Komponenten, wie sie von der Mehrzahl der Basistheorien, -modelle und -methoden unterstützt wird, ist im Sichtenkonzept/Metamodell nur über die mengenmäßige Struktursicht möglich.

[23] Im Sinne von Teilsystemen; die elementarsten Struktureinheiten verkörpern einzelne Grundelemente.

[24] Bei Black-Box-Betrachtungen kann vom eigentlichen Inhalt der Einheiten abstrahiert und lediglich auf die Einbindung dieser in die jeweiligen Strukturen fokussiert werden.

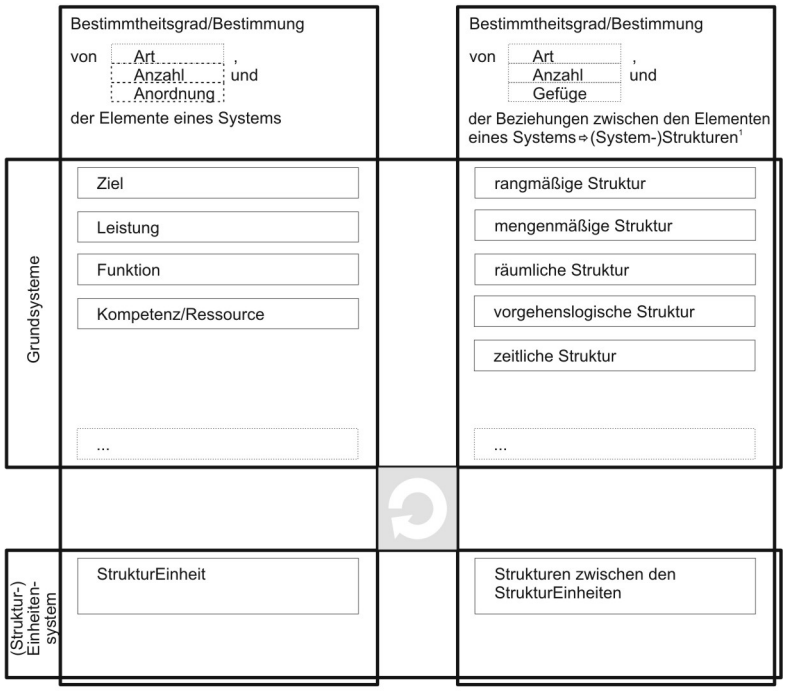
[25] Unter Wirksystem als Aspektsystem werden als (potenzielle) funktionstragende Systeme die Aspektsysteme Kompetenz-/ Ressourcen- und Einheitensystem (bei angenommener oder sogar gesicherter Funktionsträgerschaft) verstanden.

Zustand hinsichtlich Planungsobjekten formal ein generischer Beschreibungsvorrat für Planungsfälle (vgl. [14]) bzw. Planungszustände erzeugen (Abbildung 30).

Dazu passend lässt sich durch Kombination der allgemeinen Verrichtung Bestimmung (weiter differenzierbar in Art-, Anzahl- und Anordnungs-/Gefügebestimmung oder andere Verrichtungen) mit den Beschreibungskonstrukten formal ein generischer Beschreibungsvorrat an „groben" Planungsschritten (genannt Grobfunktionen) für Planungsprozesse erzeugen (Abbildung 30).

Diese Beschreibungsvorratserweiterung zum Sichtenkonzept/Metamodell begründet andererseits den theoretisch-beschreibungskonzeptionellen Bezugsrahmen für das Methodenkonzept der IPSS.

Abbildung 30 zeigt die nun gegebenen Beschreibungskategorien des Beschreibungsrahmens im Ordnungsrahmen der Beschreibungsvorratsgenerierung (ORa_{BVG}).



[1] Struktur als Gefüge der in Art und Anzahl bestimmten Beziehungen zwischen den in Art(, Anzahl und Anordnung) bestimmten Elementen eines Systems

Abbildung 30: Ordnungsrahmen der Beschreibungsvorratsgenerierung mit Beschreibungsrahmen

Mit diesem zum Sichtenkonzept/Metamodell erweiterten Beschreibungsrahmen einschließlich Beschreibungskategorien ist der theoretisch-beschreibungskonzeptionelle Bezugsrahmen für das Methodenkonzept der IPSS gedanklich grob hergestellt. Er besteht aus fünf Aspektsystemen/Systemarten (Ziel-, Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystem)[26] mit den fünf Element- und Strukturarten, woraus sich Beschreibungskonstrukte mit zugehörigen Bestimmtheitsgraden und Grobfunktionen als generischer Beschreibungsvorrat generieren lassen.

[26] Aspektsysteme sollen hier u.a. aus element- und beziehungs-/strukturorientierten Aspekten hieraus bildbar sein.

Zwischen den Aspektsystemen und wichtigen logistischen Problembereichen/ Aufgaben (siehe Abschnitt 4.6.2) sind Assoziationen erkennbar.

Folgende optionale Erweiterungen lassen sich darüber hinaus diskutieren:

Die fünf Beziehungs- und Strukturarten des Sichtenkonzeptes/Metamodells bzw. des ORa_{BVG} repräsentieren für die Beschreibung der betrachteten Systeme wesentliche, jedoch bei weitem nicht alle Beziehungs- und Strukturarten. Um für darüber hinausgehende Beziehungs- und Strukturarten, insbesondere für „allgemeine Zuordnungsstrukturen“ (z.B. Beziehungen und Strukturen zwischen unterschiedlichen Elementarten des Metamodells), keine zusätzliche Strukturart aufwenden zu müssen, kommen für die Beschreibung die mengenmäßige Struktur und/oder die Struktureinheit zur Anwendung. Dadurch wird auch die entstehende Kombinationsvielfalt (siehe im Weiteren Abschnitt 6.3.1.2) zwischen den Element- und Strukturarten auf einem handhabbaren Maß belassen.

Für Logistiksysteme ist es häufig zweckmäßig, diese als Flusssysteme aufzufassen und zu modellieren. In diesem Zusammenhang ist das Beschreibungskonstrukt Geschäftsobjekt des Metamodells zu sehen. Durch dessen Bewegungen werden Flussstrukturen induziert, die jedoch nur in Verbindung mit den Ordnungsstrukturen eine vollständige Beschreibung ergeben. Geschäftsobjekte sind Rollenkonstrukte. Sie werden deshalb nicht als separate Elementart aufgefasst und es wird keine separate Sicht eingeführt. Da Geschäftsobjekte Träger von Leistungen sind, kann der Geschäftsobjektefluss als Leistungsfluss modelliert werden. Material- und Informationsflüsse können somit als Leistungsflüsse dargestellt werden.

Die strikte Einhaltung der Kaskade des Metamodells (alleinige Verknüpfungen Ziel-Leistung-Funktion-Kompetenz/Ressource zwischen den elementorientierten Sichten) birgt Vor- und Nachteile. Ein Vorteil besteht in der klaren Bestimmungs-Reihenfolge der Beschreibungskonstrukte bei Systemsynthesen, was einem Regelwerk zur Aufstellung von synthetisierenden Vorgehensweisen zugute kommen würde. Ein Nachteil liegt darin, dass über die Kaskade hinausgehende Zuordnungen (z.B. Ziel-Funktion, Leistung-Ressource) vielfach zweckdienlich oder gar notwendig sind (siehe u.a. Datenmodell der Produktionsdatenbank [252], im Weiteren zu entwickelnde Strukturierungsbibliothek innerhalb des Methodenkonzeptes (Abschnitt 6.3.3)), eine „kompaktere“ Abbildung ermöglichen (z.B. Auftragstabellen, Materialflussmatrizen) sowie auch seitens Basistheorien (vgl. u.a. [107], [274]) und Modellierungsparadigmen (vgl. u.a. [310]) abgesichert sind. Eine diesbezügliche Abweichung von der Kaskade soll daher, falls begründbar, gebilligt werden.

5.2.3 Kritische Würdigung Beschreibungsrahmen

Der entwickelte Beschreibungsrahmen lässt sich an den Basistheorien, -modellen und -methoden spiegeln. Die einzelnen Ansätze bestätigen dabei die im ORa_{BVG} benannten Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung.

Eine Übersicht über die elementorientierten Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung gibt Tabelle 10.

Beschreibungs-kategorie / Modellierungs-ansatz	Ziel	Leistung (inkl. Geschäftsobjekt)	Funktion	Kompetenz/Ressource	Einheit (Teil eines Ganzen)
	Ziel	Leistung	Funktion	Kompetenz, Ressource	Struktur-Einheit
allgemeine Theorien					
Systemtheorie nach PATZAK	Ziel, (Zweck)	Materie, Information, Energie	Funktion, Aktivität	Mensch, Sachmittel	Element, Komponente
Graphentheorie					Knoten
Theorien (und Modellierungsparadigmen) der Produktion und Logistik					
Prozesskettentheorie nach KUHN		Leistungsobjekt, Material, Information	Prozess, Typprozess	Ressource	Prozesskettenelement, Quelle, Senke
Flusssystemtheorie nach WIRTH/FÖRSTER		Flussgegenstand	Flussfunktion, Grundfunktion	Flusssystemelement, Einrichtung	Flusssystemelement, Strukturelement
„Fertigungssystemtheorie" nach WIRTH/FÖRSTER		Flussgegenstand	Operation	Einrichtung	(Struktur-)Element, FS n-ter Ordnung
„Logistiksystemtheorie" nach JÜNEMANN		Gegenstände der Logistik, Objekt, (Operand)	Transformationsprozess, Zustandsänderung	Gegenstände der Logistik, Operator	Element, logistisches Teilsystem
„Produktionssystemtheorie" nach SCHMIGALLA		Produktionsfaktor, Input, Output	Einzelprozess	Produktionsfaktor	Element
„Arbeitssystemtheorie" nach REFA	(Arbeits-aufgabe)	Ein-/Ausgabe, Arbeits-gegenstand, Information, Energie, (Arbeitsaufgabe)	(Arbeitsaufgabe)	Mensch, Arbeits-/Betriebs-mittel	Arbeitssystem n-ter Ordnung
Geschäftsprozessmodellierung					
ARIS nach SCHEER	Ziel	Leistung	Funktion	Wissen, Ressource, Betriebsmittel	Organisationseinheit, Stelle
IUM nach SPUR		Produkt, Auftrag	(Aufgabe), Aktivität	Ressource	teilautonome Einheit

Tabelle 10: Systematisierung relevanter Modellierungsansätze (Auswahl) für soziotechnische Systeme hinsichtlich deren elementorientierten Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung

Eine Übersicht über die beziehungsorientierten Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung gibt Tabelle 11.

Beschreibungs-kategorie / Modellierungs-ansatz	rangmäßige Struktur	mengenmäßige Struktur	räumliche Struktur	vorgehenslogische Struktur	zeitliche Struktur
			y, x		t
allgemeine Theorien					
Systemtheorie nach PATZAK	explizit	explizit	explizit	explizit	explizit
Graphentheorie	explizit, im Kontext	explizit, im Kontext	explizit, im Kontext	explizit, im Kontext	explizit, im Kontext
Theorien (und Modellierungsparadigmen) der Produktion und Logistik					
Prozesskettentheorie nach KUHN	explizit	implizit/explizit	implizit	implizit/explizit	explizit
Flusssystemtheorie nach WIRTH/FÖRSTER	explizit	explizit	explizit	explizit	explizit
„Fertigungssystemtheorie" nach WIRTH/FÖRSTER	explizit	explizit	explizit	explizit	explizit
„Logistiksystemtheorie" nach JÜNEMANN	explizit	implizit/explizit	implizit/explizit	implizit/explizit	implizit/explizit
„Produktionssystemtheorie" nach SCHMIGALLA	explizit	explizit	explizit	explizit	explizit
„Arbeitssystemtheorie" nach REFA	implizit	implizit	implizit/explizit	implizit/explizit	implizit/explizit
Geschäftsprozessmodellierung					
ARIS nach SCHEER	explizit	implizit/explizit	implizit	explizit	implizit
IUM nach SPUR	explizit	implizit/explizit	implizit	explizit	implizit

Tabelle 11: Systematisierung relevanter Modellierungsansätze (Auswahl) für soziotechnische Systeme hinsichtlich deren beziehungsorientierten Beschreibungskategorien zur Beschreibungsvorratsgenerierung

Auffällig wird in Tabelle 10 und Tabelle 11, dass nur der systemtheoretische Ansatz nach PATZAK alle Beschreibungskategorien enthält, ohne sie jedoch, wie im Methodenkonzept der IPSS vorgesehen, für einen Beschreibungsvorrat weiterzuverarbeiten. Der durch unterschiedliche Schwerpunktsetzungen der kontextspezifischen Ableitungen der Systemtheorie bestehende Mangel an einem wesentliche aufbau- und ablaufstrukturelle Aspekte auf hohem Abstraktionsniveau gleich gewichtet vereinenden Modellierungs-, Synthese- und Analysekonzept für produktionslogistische Systeme inklusive Logistikstrukturen wird aufgehoben. (für eine detaillierte Würdigung der Basistheorien, -modelle und -methoden siehe Anlage A1).

Über den Vergleich zu bestehenden Theorien und Modellierungsansätzen und mit der Darstellung der Mächtigkeit des Beschreibungsrahmens wird *Hypothese 1* exemplarisch verifiziert.

5.3 Terminus Logistikstruktur

5.3.1 Motivation zur Klärung und Definition

Für die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen ist eine klare Auffassung zum Begriff Logistikstruktur unabdingbar. Trotz häufiger Verwendung fehlt es bisher an einer Definition und folglich an einer einheitlichen, in der Wissenschaft breit akzeptierten Begriffsauffassung. Beleg für die Heterogenität sind organisationsorientierte (z.B. Matrixorganisation), prozessorientierte (z.B. Prozessketten) und (fluss)systemorientierte (z.B. stufige Logistiksysteme) Auffassungen.

Eine Klärung des Logistikstrukturbegriffs erfolgt somit aus folgenden Beweggründen:

- die Existenz einer Definition des Begriffs Logistikstruktur ist nicht bekannt
- eine Definition schafft Transparenz in die bestehenden Begriffsauffassungen und ermöglicht einen Vergleich bzw. eine kritische Würdigung dieser
- ein klares Begriffsverständnis hat eine ordnende, gliedernde Wirkung für die Bearbeitung des Themengebietes
- Bedeutungsklarheit zum Phänomen Logistikstruktur ist Voraussetzung für dessen Modellierung, Planung und Gestaltung
- eine Definition dient der Konkretisierung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes
- eine Definition ist wichtiger Bestandteil des Bezugsrahmens für das Methodenkonzept der IPSS (terminologischer Bezugsrahmen)

5.3.2 Vorgehensweisen für die Abgrenzung

Für die Abgrenzung des Begriffs Logistikstruktur einhergehend mit einer Aufstellung einer Begriffsdefinition existieren zwei prinzipielle Vorgehensweisen (Abbildung 31). Zum einen kann eine Definition indirekt erarbeitet werden. Zunächst wird eine separate Analyse existenter Definitionen und Auffassungen zu den Begriffsbestand-

teilen Logistik+Struktur durchgeführt und es werden zu diesen Begriffen Definitionen aufgestellt. Hiernach werden die beiden Definitionen Logistik+Struktur zur Definition Logistikstruktur zusammengeführt. Zum anderen kann eine Definition direkt aus der Analyse existenter Auffassungen zum Begriff Logistikstruktur gewonnen werden.

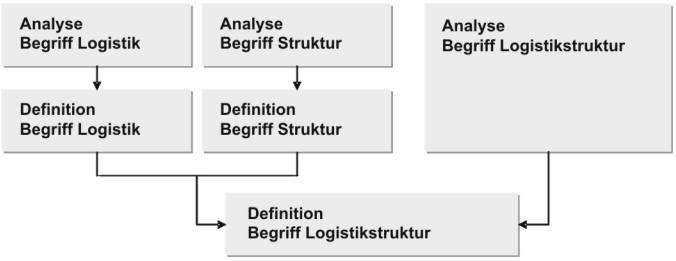


Abbildung 31: Vorgehensweisen zur Entwicklung einer Definition zum Begriff Logistikstruktur

5.3.3 Analysen und Definitionen zu Logistik und Struktur

Um zu einer Definition zum Begriff Logistikstruktur zu gelangen ist es naheliegend, sich mit den Begriffen Logistik und Struktur separat auseinanderzusetzen.

Analyse der Definitionen und Auffassungen zum Begriff Logistik

Aus der Analyse der Definitionen und Auffassungen zum Begriff Logistik (vgl. Anlage A2) lassen sich folgende Erkenntnisse ziehen:

1. Die Auffassungen zum Gegenstand der Logistik haben sich mit Fortentwicklung des Fachgebietes gewandelt, es lassen sich drei Entwicklungsphasen, Ebenen der Begriffsverwendung, Bedeutungen zum Begriff angeben.
2. Die Definitionen sind heterogen und von mangelndem Abstraktionsniveau.[27]
3. In den Definitionen sind die Bestimmungsstücke: a) Ziel, Zweck; b) Bedarf und Leistung; c) Gestaltung, Planung, Steuerung, Kontrolle (Organisation) und Realisierung (Durchführung); d) Raum und Zeit; e) Fluss von Objekten; f) Prozess und System mehrfach, teils synonym enthalten und können als signifikant für eine Definition angesehen werden.
4. Die Begriffe weisen enge Bezüge zu den vorgestellten Beschreibungskonzepten und Modellen auf.

Definition Begriff Logistik

Unter Beachtung aller Bedeutungen der Logistik und eines geeigneten Abstraktionsniveaus, der Verwendung wichtiger Bestimmungsstücke sowie einer bewussten Berücksichtigung der entwickelten Beschreibungskonzepte und Modelle lässt sich eklektisch folgende Definition formulieren:

Die Logistik umfasst die zielgerichtete Bestimmung (Analyse und Synthese; Planung/ Gestaltung, Steuerung und Kontrolle; Organisation oder Management) sowie die

[27] So beziehen sich einige Definitionen nur auf den Austausch von Material als Flussobjekt oder nur auf Unternehmen.

Realisierung von raum-zeitlichen (Transformations-)Prozessen (Fluss von Objekten; Zustandsänderung von Systemgrößen) in (Wirk-)Systemen zum Zwecke einer Leistungserbringung in Folge eines Bedarfs.

Analyse der Definitionen und Auffassungen zum Begriff Struktur

Aus der Analyse der Definitionen zum Begriff Struktur (vgl. Anlage A2) lassen sich folgende Erkenntnisse ziehen:

1. Die Definitionen sind heterogen und von mangelndem Abstraktionsniveau.[28]
2. In den Definitionen sind die Bestimmungsstücke: a) Element (Teil eines Ganzen); b) Beziehung (Relation); c) Gefüge (Anordnung, Aufbau, Baumuster, gegliederter Zusammenhang); d) System (Ganzes) mehrfach, teils synonym enthalten und können als signifikant für eine Definition angesehen werden.
3. Die Begriffe weisen enge Bezüge zu den vorgestellten Beschreibungskonzepten und Modellen – insbesondere zu den Struktur(unter)sichten bzw. Strukturarten – auf.

Aus der Analyse der Auffassungen zum Begriff Struktur (vgl. Anlage A2) lassen sich folgende Erkenntnisse ziehen:

4. Die in Raum und Zeit existierenden Strukturen können statisch oder dynamisch sein. Gleiches gilt für deren Abbilder. Daher ist das Zeitverhalten der Strukturen (statisch/dynamisch) von ihren Abbildern (statisch/dynamisch) zu unterscheiden.
5. Gewöhnlich koexistieren die Begriffe Struktur und Prozess/Verhalten. Stehen Strukturen eher für Betrachtungen statischer Aspekte von Wirksystemen, stehen Prozesse eher für Betrachtungen dynamischer Aspekte von Leistungs- und Funktionssystemen.
6. Der Strukturbegriff wird häufig simultan und damit widersprüchlich sowohl mit einem allgemeinen als auch mit einem speziellen Begriffsinhalt verwendet.
   - Eine kontextspezifische Definition des Begriffs Struktur ist prinzipiell möglich, führt aber zu einer starken Einschränkung des Begriffsinhaltes. Wird der Begriff speziell, einschränkend gebraucht, ist es unzulässig, ihn gleichzeitig in seiner allgemeinen abstrakten Deutung zu verwenden.[29]
   - Nur eine allgemeine, abstrakte Definition des Begriffs Struktur ermöglicht die Berücksichtigung und begriffliche Wiedergabe jedweder Strukturen (z.B. Leistungs- und Produkt-, Prozess-, Fluss(system)- und Organisationsstrukturen). Folglich sind Strukturen gemäß der Systemtheorie als allgemeine, abstrakte Beziehungsgefüge aufzufassen.

---

[28] So reduzieren sich einige Definitionen nur auf eine statische Betrachtungsweise.

[29] Diesem Dilemma unterliegen viele Auffassungen zum Strukturbegriff. So ist es irritierend, wenn unter einem kontextspezifischen Begriff Struktur räumliche Strukturen zwischen Ressourcen oder formale Aufbau(organisations)strukturen verstanden werden und zugleich der kontextneutrale Begriff Struktur für die Erklärung von Prozessstrukturen eingesetzt wird.

Definition Begriff Struktur

Unter Beachtung eines geeigneten Abstraktionsniveaus, der Verwendung wichtiger Bestimmungsstücke sowie einer bewussten Berücksichtigung der entwickelten Beschreibungskonzepte und Modelle lässt sich eklektisch folgende Definition formulieren:

Die Struktur ist das Gefüge der Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems.[30]

5.3.4 Analyse zu Logistikstruktur

Aus der Analyse der Auffassungen zum Begriff Logistikstruktur (vgl. Anlage A2) lassen sich folgende Erkenntnisse ziehen:

1. Neben textlichen sind bildliche und modellhafte Systembeschreibungen in Form von Graphen und Matrizen üblich.
2. Häufig beziehen sich Logistikstrukturen auf Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsstrukturen oder Strukturen der gesamten Supply Chain vom Lieferanten bis zum Kunden.
3. Logistikstrukturen lassen sich als logistische Ordnungs- und Flussstrukturen (synonym: logistische Aufbau- und Ablaufstrukturen) eines Systems auffassen. Als Logistikstrukturen werden überwiegend transformationsobjekt-/objektfluss-induzierte Beziehungen (z.B. material-, informationsflussinduzierte Beziehungen) zwischen verschiedenen Elementen deklariert. Marginal werden Logistikstrukturen als organisatorische Beziehungen (z.B. Formen der Logistik-organisation) zwischen verschiedenen Elementen beschrieben.
4. Neben dem Fluss der unmittelbaren Objekte (z.B. Material) wird auch die Bewegung der mittelbaren Objekte (z.B. Transportmittel) dargestellt.
5. Logistikstrukturen zeigen i.d.R. einen Raum-Zeit-Bezug. Für objektfluss-orientierte Logistikstrukturen kristallisieren sich zwei generelle Betrachtungs-weisen heraus. Einerseits wird eher auf rangmäßig-räumlich-vorgehenslogisch-mengen-zeitliche Strukturen des logistischen Leistungs- und Wirksystems (z.B. Logistiksystemtopologien), andererseits eher auf rangmäßig-vorgehenslogisch-zeitliche Strukturen des logistischen Leistungs-, Funktions- und Wirksystems (z.B. logistische Prozessketten) fokussiert.
6. In engeren Auslegungen ist der Begriff (Logistik-)Struktur häufig verbunden mit einer eher statischen Betrachtungsweise auf das logistische Wirksystem, der

---

[30] Weitere denkbare Definitionen mit anderen Akzentuierungen (einschließlich synonymer Begriffe):
1. Die Struktur ist die Gestalt (synonym: Gefüge, Erscheinungsform, Abbild, Muster, Form, Gebilde, Anordnung) der Beziehungen zwischen den Teilen eines Ganzen, wobei diese Gesamtheit auch ein sehr abstraktes Gebilde sein kann.
2. Die Struktur ist das Gefüge (der Begriff Gefüge wird gegenüber dem Begriff Gestalt bevorzugt, da er mehr auf das Wesen bzw. die Daseinsform und weniger auf die Abbildung der Struktur abzielt; der Begriff Gestalt wird zudem in den Struktur-definitionen nicht explizit verwendet) der Beziehungen (synonym: Relation, Verbindung) zwischen den Elementen (synonym: Komponente, Objekt, Teil eines Ganzen) eines Systems.
3. Die Struktur ist das Gefüge der in Art und Anzahl bestimmten Beziehungen zwischen den in Art(, Anzahl und Anordnung) bestimmten Elementen eines Systems.

Begriff (Logistik-)Prozess mit einer eher dynamischen Betrachtungsweise auf das logistische Leistungs- und Funktionssystem.

7. Wesensbestimmend, freilich nicht unkritisch ist die oft zu konstatierende Vermengung verschiedenartiger Beziehungen (z.B. räumlich, zeitlich) und/oder Elemente (z.B. Funktion, Ressource und Struktureinheit) in ein und denselben, deshalb insgesamt sehr heterogenen Darstellungen von Logistikstrukturen.[31]
8. Für die Modellierung von Logistiksystemen und -strukturen sind verschiedene Perspektiven/Layer/Ebenen zur Beherrschung der Komplexität dienlich.
9. Für die Planung und Gestaltung von Logistikstrukturen können die logistikrelevanten Strukturen jeglicher Aspektsysteme sowohl als wichtige Eingangs- als auch als wichtige Ausgangsgröße fungieren.
10. Informationen über Logistikstrukturen enthalten Zustandsgrößen bzw. Strukturmerkmale wie Typ Grundstruktur und Stufigkeit.
11. Die Begriffe Logistikkonzept, -strategie und -prinzip sowie Logistikstruktur sind eng aneinander gekoppelt. Logistikstrukturen verkörpern umgesetzte Logistikkonzepte, -strategien und -prinzipien.

Auf die beiden wesentlichen Betrachtungsweisen von objektflussorientierten Logistikstrukturen wird noch einmal gesondert eingegangen. Die Beschreibung der jeweils im Fokus stehenden Materialflussstrukturen bezieht sich auf Graphen.

Logistikstrukturen als rangmäßig-räumlich-vorgehenslogisch-mengen-zeitliche Strukturen des Leistungs- und Wirksystems

Die Knoten repräsentieren: a) Quellen, Senken und Zwischenstationen; b) Akteure wie Lieferanten, Produzenten, LDL und Kunden; c) Ressourcen wie Flächen, Lager-, Bearbeitungs- und Transportmittel; d) aggregierte Ressourcen bzw. Struktureinheiten wie Güterverkehrszentrum (GVZ), Läger oder Produktionsstätten. Die Kanten repräsentieren: a) (lade)güter-, ladehilfsmittel-, ladeeinheitenflussinduzierte Beziehungen; b) Transportmittelbewegungs-Beziehungen; c) Transportwege-Beziehungen.[32]

Logistikstrukturen als rangmäßig-vorgehenslogisch-zeitliche Strukturen des Leistungs-, Funktions- und Wirksystems

Die Knoten repräsentieren: a) Funktionen, Prozessschritte; b) logistische (Leistungs-)Objekte; c) Quellen, Senken und Zwischenstationen; d) Akteure wie Lieferanten, Produzenten, LDL und Kunden; e) Ressourcen wie Flächen, Lager-, Bearbeitungs- und Transportmittel; f) aggregierte Ressourcen bzw. Struktureinheiten wie GVZ, Läger oder Produktionsstätten. Die Kanten repräsentieren: a) Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen; b) Zeit-Beziehungen (Beginn, Ende, Dauer).

---

[31] Der Grund für diese Artenvermengungen von Beziehungen und Elementen sowie divergierenden Abstraktionslevel ist auch in der Nichtexistenz einer Definition des Begriffs Logistikstruktur begründet.

[32] Es sind somit Materialflussstrukturen zu unterscheiden, welche u.a. a) den Weg der Ladeeinheiten, b) den Weg der Transportmittel oder c) den Transportweg beschreiben.

Für beide Betrachtungsweisen werden als zusätzliche Informationen oder Randbedingungen oft angegeben: a) Art, Anzahl und Anordnung der Knoten; b) Knotenbewertungen (z.B. Standort sowie Kapazitäts- und Zeitrestriktionen, Intensität der ein-/ausgehenden zu transformierenden Objekte); c) Art, Anzahl und Gefüge der Kanten; d) Kantenbewertungen (z.B. Länge sowie Kapazitäts- und Zeitrestriktionen, Intensität der zu transformierenden Objekte).

Folgende Schlussfolgerungen lassen sich ziehen:

- Die Auffassungen zum gebräuchlichen Begriff Logistikstruktur sind heterogen. In hohem Maße divergieren die Beschreibungen und Darstellungen von Logistikstrukturen. Ein flüchtiger Umgang zum Begriff muss unterstellt werden.
- Trotz der uneinheitlichen Auffassungen liegt nahezu durchweg ein system- bzw. graphentheoretischer Ansatz zugrunde.
- Es mangelt an einem breit akzeptierten theoretischen Bezugsrahmen mit im Einklang befindlichen Beschreibungskonzepten, Modellen und Termini.

In Konsequenz sollte eine Definition:

- durch eine sehr allgemeine Formulierung ein breites Spektrum an Begriffsauffassungen vereinnahmen,
- auf der System- bzw. Graphentheorie aufsetzen,
- ein harmonisches Begriffsgefüge (sich konstituierend u.a. aus den Begriffen Logistikstruktur, Logistik, Struktur, Prozess und System (vgl. Anlage A2)) unterstützen sowie mit für die Abbildung der Logistikstrukturen geeigneten Beschreibungskonzepten und Modellen assoziieren.

5.3.5 Definition Logistikstruktur

Auf der Grundlage einer sowohl getrennten Analyse der Begriffe Logistik und Struktur als auch einer Analyse des Begriffs Logistikstruktur ergibt sich folgende Definition zum Begriff Logistikstruktur:

Die Logistikstruktur[33] ist das Gefüge der Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems der Logistik.[34]

Assoziationen zwischen den Beschreibungskonzepten, Modellen und Definitionen Logistik, Struktur, Logistikstruktur sind offensichtlich. In der Begriffsdefinition Logistik werden alle Elementarten des Beschreibungsrahmen der IPSS angesprochen, die Begriffsdefinition Struktur lässt Freiraum für jegliche Beziehungs-/Strukturarten.

---

[33] Die Begriffe Logistikstruktur und Logistiksystemstruktur sind bedeutungsgleich. Auf den Begriff System kann verzichtet werden, da die Strukturen nach dem hier vorliegenden Verständnis an ein System gebunden sind.

[34] Weitere denkbare Definitionen mit anderen Akzentuierungen:
1. Die Logistikstruktur ist die Gestalt oder das Gefüge logistikrelevanter Beziehungen zwischen den Teilen eines Ganzen.
2. Die Logistik(system)struktur ist die Gestalt oder das Gefüge logistikrelevanter Beziehungen zwischen den Elementen eines (Logistik-)Systems.
3. Die Logistikstruktur ist die Gestalt oder das Gefüge von Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems der Logistik.

Das in die Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini gelegte Abstraktionsniveau vermag sicherzustellen, dass die in Abhängigkeit von den jeweils innerhalb der Domäne Produktionslogistik unter logistischen Aspekten betrachteten Elementen (Art, Anzahl, Anordnung) und Beziehungen (Art, Anzahl, Gefüge) eines Systems sich ergebende Vielzahl unterschiedlicher Logistikstrukturen angesprochen werden kann.

Die Subsummierung u.a. von logistikrelevanten Organisations- und Planungsprozessstrukturen sowie üblichen Material- und Informationsflussstrukturen als Logistikstrukturen wird gewährleistet.

Mit den Beschreibungskonzepten, Modellen und Termini wird es möglich, den Untersuchungsgegenstand der Logistikstrukturen – und somit auch den der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze – konkreter zu fassen und damit gezielt vertiefend und systematisch zu erforschen, geeignete Vorgehensweisen und Methoden zu entwickeln bzw. bereitzustellen sowie letztlich Gestaltungs- und Vorzugslösungen anhand von Szenarien zu generieren.

Für kontextspezifische Problemstellungen sind ausgehend von den abstrakten Beschreibungskonzepten und Modellen zweckentsprechend detaillierende Beschreibungskonzepte und Modelle heranzuziehen.

Im Weiteren werden Flussmodelle und -repräsentanten als qualifizierte Untersetzungen für produktionslogistisch-strukturelle Problemstellungen – und damit auch für solche bezüglich der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze – vorgestellt. Diese weisen Assoziationen zu den Beschreibungskategorien der IPSS auf.

5.4 Flussmodelle und -repräsentanten

5.4.1 Nutzen von Fluss(system)modellen und -repräsentanten

Fluss(system)modelle und -grundgestalten, darstellbar in Form von Graphen oder Matrizen, sind aufgrund ihrer kompakten Abbildung und mathematischen Verarbeitbarkeit für die Behandlung (produktions)logistischer Problemstellungen prädestiniert. Hinzu kommt für die im Folgenden vorgestellten Flussmodelle und -repräsentanten, dass sie den Anspruch der Allgemeingültigkeit erheben und mit den Beschreibungskategorien der IPSS, insbesondere den Systemarten, harmonieren.

5.4.2 3-Ebenen-Modell als Modell für Flusssysteme

Für die zu behandelnden (produktions)logistischen Problemstellungen des Materialflusses empfiehlt sich u.a. das 3-Ebenen-Modell[35] (vgl. Abschnitt 4.3.1), da es die Komplexität und Vielschichtigkeit von Materialflusssystemen über zweckdienlich gewählte Ebenen handhabbar macht. Es empfiehlt sich ferner deswegen, weil sich Assoziationen zwischen den Systemarten der IPSS und den Ebenen des 3-Ebenen-Modells harmonisch herstellen lassen. Dabei sind verschiedene Zuordnungen

[35] Für Materialflüsse ist das 3-Ebenen-Modell gegenüber dem 5-Ebenen-Modell bereits hinreichend.

denkbar, je nach dem, welche Problemstellungen zu behandeln sind und wie die Ebenen des 3-Ebenen-Modells interpretiert werden.[36]

Nach der hier zugrunde liegenden Interpretation ist grundsätzlich das Zielsystem eher keiner Ebene zuordenbar, das Einheitensystem hingegen allen Ebenen. Der Ebene Production and distribution system sind die Systemarten Leistungs- und Funktionssystem[37], der Ebene Transport system die Systemarten Leistungs-, Funktions- und Kompetenz-/Ressourcensystem sowie der Ebene Infrastructure system die Systemart Kompetenz-/Ressourcensystem zuordenbar.

Folgende Zuordnungen zwischen den Systemarten der IPSS und den Ebenen des 3-Ebenen-Modells sollen entsprechend Abbildung 32 getroffen werden:

1. Fokus Zielsystem – keine Entsprechung
2. Fokus Leistungssystem – Ebene Bedarfsstruktur Materialfluss
   Die nunmehr Bedarfsstruktur genannte Ebene Production and distribution system fokussiert auf die Erfordernisse des Austauschs an Ladeeinheiten zwischen den Struktureinheiten im Betrachtungszeitraum. Die Bedarfe sind als Leistungsstrukturen abbildbar. In Strukturgraphen und -matrizen ergeben die Bedarfe über (bewertbare) Kanten zwischen den Knoten Struktur(typ)en.
3. Fokus Funktionssystem – Ebene Transport(netz)struktur Materialfluss
   Die nunmehr Transport(netz)struktur genannte Ebene Transportsystem fokussiert auf die Bewegungen (Bahnen) der Transportmittel zwischen den Struktureinheiten im Betrachtungszeitraum, welche den Ladeeinheiten Bewegungen aufzwingen. Die Transportmittelbewegungen einschließlich deren -steuerung sind als Funktionsstrukturen abbildbar.[38] In Strukturgraphen und -matrizen spiegeln sich die Bewegungen in den benutzten (bewertbaren) Kanten zwischen den Knoten als Struktur(typ)en wieder.
4. Fokus Kompetenz-/Ressourcensystem – Ebene Infrastruktur Materialfluss
   Die nunmehr Infrastruktur genannte Ebene Infrastructure system fokussiert auf die nutzbaren Ressourcen[39] einschließlich deren Strukturen (z.B. Wege) zwischen den Struktureinheiten im Betrachtungszeitraum, welche teils bestimmte Transportstrukturen erzwingen. In Strukturgraphen und -matrizen spiegeln sich die nutzbaren Infrastruktur-Ressourcen als (bewertbare) Kanten zwischen den Knoten wieder und ergeben Struktur(typ)en.
5. Fokus (Struktur-)Einheitensystem – alle genannten Ebenen[40]

---

[36] Mehrere Systemarten der IPSS können in mehreren Ebenen des 3-Ebenen-Modells präsent sein. Beispiel Leistungssystem: geforderte Leistung im Sinne von logistischem Bedarf in der Ebene Production and distribution system sowie tatsächliche Leistung im Sinne von logistischer Erbringung in den Ebenen Production and distribution system oder Transport system. Analoges gilt für andere Systemarten. Zudem können auch über die logistischen Objekte (z.B. Ladeeinheiten oder Transportmittel) weitere Ausdifferenzierungen vorgenommen werden.

[37] Funktionen beispielsweise im Sinne von Arbeitsplänen und technologischen Prozessen.

[38] U.a. als Prozesse im Sinne vorgehenslogischer und zeitlicher Funktionsstrukturen.

[39] Die Transportmittel als Ressourcen sind entsprechend den grundsätzlich möglichen Zuordnungen wahlweise neben der Infrastruktur auch der Transportstruktur zuordenbar.

[40] Orthogonal zu den übrigen Aspektsystemen.

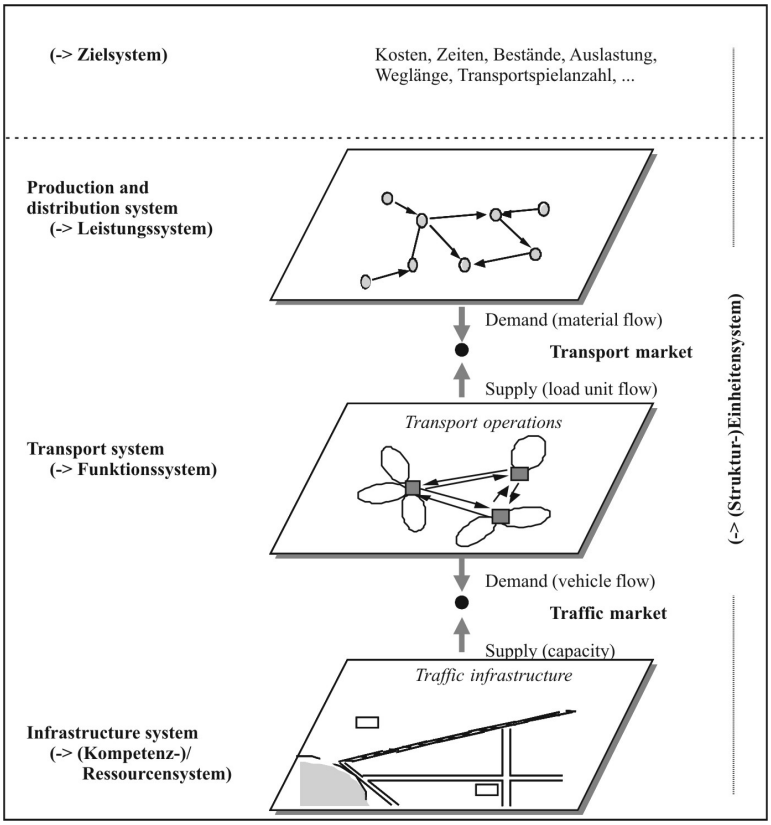


Abbildung 32: Zuordnungen zwischen Systemarten der IPSS und Ebenen des 3-Ebenen-Modells (vgl. [150], [365])

Das 3-Ebenen-Modell lässt sich demzufolge, obgleich nicht eindeutig, in die Systemarten mit deren Element- und Strukturarten einordnen.[41]

Mit dem Aufzeigen der bestehenden Assoziationen wird *Hypothese 2* exemplarisch verifiziert.

5.4.3 Strukturtypen als Repräsentanten für Flusssysteme

In den Betrachtungen zu Strukturtypen werden Problemstellungen der elementaren Grundgestalt und weiteren Differenzierung sowie der Modellierung, Analyse und Synthese von Logistikstrukturen des Materialflusses auf Basis von Strukturtypen als Repräsentanten sowie des 3-Ebenen-Modells behandelt. Darüber hinaus wird gezeigt, wie sich wichtige (Struktur-)Kenngrößen hierdurch erklären lassen.

5.4.3.1 Strukturtypen als strukturelle Grundgestalten

Die Strukturtypen: Punkt-, Linien- und Netzstruktur (vgl. Abschnitt 4.4.5) werden als elementare Strukturen für Flusssysteme – als strukturelle Grundgestalten und

[41] Die in der Fachwelt artikulierten Logistikstrukturen beziehen sich daher auch logischerweise auf unterschiedliche Ebenen des 3-Ebenen-Modells oder unterschiedliche System-, Element- und Strukturarten der IPSS. Bei der Deklaration von Logistikstrukturen – so auch von Strukturen des Materialflusses – muss deshalb stets die Ebenen- und Systemzuordnung abgeklärt werden.
Die Ebenen Bedarfsstruktur, Transportstruktur und Infrastruktur können ineinander übergehen bzw. verschmelzen.

gleichsam Repräsentanten aller Flusssystemstrukturen – angesehen. D.h., dass neben einer Modellierung einerseits alle Flusssystemstrukturen anhand dieser analysiert und dekomponiert werden können und andererseits aus diesen komplexere Flusssystemstrukturen synthetisiert und komponiert werden können. Da diesen Strukturtypen Allgemeingültigkeit zuerkannt wird, werden diese den nachfolgenden Betrachtungen zugrunde gelegt.

Termini der Strukturtypen

Die Termini der Strukturtypen lehnen sich an Termini der Geometrie an. Werden die Begriffe der drei Grundstrukturen hinsichtlich ihrer geometrischen Dimension betrachtet, kommt ausgehend von der Punktstruktur (0 Dimensionen) über die Linienstruktur (1 Dimension) hin zur Netzstruktur (2 Dimensionen) jeweils eine Dimension hinzu (Abbildung 33).

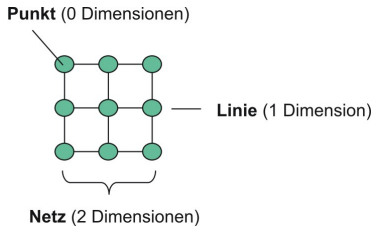


Abbildung 33: Termini der räumlichen Strukturtypen in Analogie zu geometrischen Dimensionen

Assoziationen zum 3-Ebenen-Modell und zu den Systemarten der IPSS

Da Flusssystemmodelle in kompakter Form wahlweise separat oder zugleich die Bedarfsstrukturen, nutzbaren Infrastrukturen und tatsächlichen Transportstrukturen wiedergeben können, sind für jede dieser 3 Ebenen – repräsentiert über das 3-Ebenen-Modell – Strukturgrundgestalten in Form von Strukturtypen angebbar. Die Strukturtypen können in diesen Ebenen als Strukturrepräsentanten fungieren. Sie ermöglichen damit u.a. eine Einschränkung der zu betrachtenden Strukturen auf ein zweckdienliches Maß.

Über die Assoziation zum 3-Ebenen-Modell ergeben sich logisch sofort Assoziationen zu den Systemarten Leistungs-, Funktions- und Kompetenz-/Ressourcensystem der IPSS. Das Einheitensystem als organisierendes System befindet sich orthogonal zu diesen Systemarten wie auch zum Zielsystem, welches für eine Analyse und Synthese von Struktur(typ)en unabdingbar ist. In den Strukturtypen finden sich alle Strukturarten (rangmäßig: Hierarchie der Flusssystemstrukturen; mengen-zeitlich: (Verlaufsformen der) Flussintensitäten als zeitlicher Strukturtyp der Flusssysteme; räumlich-vorgehenslogisch: räumlicher Strukturtyp der Flusssysteme) wieder. Folglich stehen die Strukturtypen im harmonischen Zusammenhang mit allen Systemarten und deren Element- und Strukturarten.

Mit dem Aufzeigen bestehender Assoziationen wird *Hypothese 2* exemplarisch verifiziert.

5.4.3.2 Modellierung von Flusssystemen der Logistik mittels Strukturtypen

Wegen der Allgemeingültigkeit müssen sich alle Strukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen rückführen lassen. Bevor auf die Rückführung eingegangen wird, ist zu diskutieren, ob Besonderheiten bei der Modellierung von Flusssystemen der Logistik mittels Strukturtypen, welche zunächst für die Strukturierung von Teileflusssystemen der Fertigung entwickelt wurden, zu beachten sind.

Diskussion der Belegung der Verbindungsmatrix

Für die Anwendung der Strukturtypen zur Beschreibung von Logistikprozessen und -systemen des Materialflusses sind eventuelle Modifikationen der Belegungsregeln für die Verbindungsmatrix (auch Strukturmatrix) zu diskutieren:

1. Zugelassene Verbindungen
   Um die Gerichtetheit der Randstrukturverbindungen und die Zweckbestimmung der Struktur zu bewahren, behalten die Belegungsregeln für die Verbindungsmatrix ihre Gültigkeit. Verbindungen von den übrigen Strukturelementen zu R_E, von R_A zu den übrigen Strukturelementen und die direkte Verbindung von R_E zu R_A bleiben verboten (siehe Abbildung 34).
2. Zugelassene Matrixelemente
   Um allgemein Flusssystemstrukturen der Logistik abbilden zu können, sind jegliche Quellen und Senken von Flüssen bildende Struktureinheiten (z.B. Produktionsstätten) als Strukturelemente der Matrix zulässig.
3. Festlegung der Randstruktur
   Die Festlegung der Randstruktur ist folgenschwer für die weitere Modellierung, Analyse und Synthese von Flusssystemen. So ist der Strukturtyp hiervon abhängig. Gegenüber Teileflusssystemen ist die Randstruktur für Produktions- oder Logistiksysteme in Netzen erweitert auszulegen (z.B. fiktiver Netzeingang und -ausgang zur Anbindung von Lieferanten und Kunden).
4. Detaillierung/Ausmodellierung der Randstruktur
   Handelt es sich um reale Randstrukturen, können diese wiederum als Teilsysteme und -strukturen aufgefasst und somit auch einer weiteren Detaillierung/Ausmodellierung unterzogen werden. Wird dies nicht vereinbart, dann müssen bei Detaillierungen/Ausmodellierungen randstruktureller Struktureinheiten, beispielsweise von Warenein- und -ausgängen in Produktionsstätten oder zentralen Umschlagpunkten, zusätzliche Randstrukturen zwischengeschaltet werden, was zu einem/einer der eigentlichen Struktur wesensfremden Strukturtyp/Strukturtypkombination führen kann.

Rückführung auf Strukturtyp(kombination)en

Vorgehen bei der Rückführung

Als Grundlage für die Rückführung und im Weiteren auch zur Ermittlung des jeweiligen Strukturtyps sind alle betrachtungsrelevanten Struktureinheiten und deren Relationen (z.B. die Materialflussbeziehungen) in eine richtungsoptimierte

Verbindungsmatrix einzutragen.[42] Die Matrizen sind falls nötig in diese Ordnung zu bringen. Zudem sind die Strukturein- und -ausgänge zu klären. Fehlen derartige Angaben, sind Annahmen zu treffen, wobei dann häufig allen Struktureinheiten Verbindungen zu den Ein- und Ausgängen zugewiesen werden. Bei einigen Strukturen sind die potenziellen Ein- und Ausgänge aus der vorliegenden Struktur erkennbar (z.B. gerichtete linienförmige Strukturen oder punktförmige Strukturen).

Die eigentliche Rückführung beginnt damit, dass die vorbereitete „untransformierte" Matrix um ein 0. und ein n+1. Strukturelement erweitert wird. Über die zusätzlich aufgenommenen Elemente werden die Ein- bzw. Ausgänge der gesamten Struktur abgebildet. Sie umschließen (kapseln) als Eingangs- bzw. Ausgangsrandstrukturen die Struktur im Sinne einer Systemgrenze. Die an dieser Systemgrenze geschnittenen eintretenden bzw. austretenden Verbindungen sind in die entsprechenden Felder der „transformierten" Matrix einzutragen.

Anschließend kann der Strukturtyp anhand der Matrixbelegung bestimmt werden. Die Kennzahl Intensitätsgrad η_I liefert ein Maß für die Intensität der Beziehungen.

Bei Strukturen (z.B. gerichtete linienförmige Strukturen oder punktförmige Strukturen), bei denen eindeutig Struktureinheiten als Eingang und/oder Ausgang fungieren, können die fiktiven Randstrukturen mit den realen Strukturelementen verschmolzen werden, welche dann reale Randstrukturen verkörpern. Solche Verschmelzungen können wie umgekehrt Splittungen zum Wechsel des Strukturtyps führen. So sind bei sternförmigen Strukturen die Sternpunkte stets als kombinierte Ein-/Ausgangsrandstrukturen zu modellieren, um eine solchen Strukturtypwechsel zu erzwingen und von der ungerichteten nichtzyklischen Netzstruktur hin zur zyklischen Punktstruktur (ist der zugrunde liegenden Struktur wesensnäher) zu gelangen. Bei gerichteten linienförmigen Strukturen bleibt hingegen bei der Verschmelzung der Strukturtyp gerichtete Linienstruktur erhalten und ist folglich optional.

Zeichnen sich aus Teilbelegungen der Matrix Grundmuster entsprechend den Strukturtypen ab, dann sind diese in eine separate Randstruktur zu kapseln, als „Komplex-Strukturelemente" in die nächsttiefere Strukturebene zu verweisen und dort mit ihrem Strukturtyp zu modellieren. Beispielsweise sind sternförmige Strukturen als zyklische Punktstrukturen zu modellieren. In der bisherigen Strukturebene werden die Strukturen als ein Strukturelement weitergeführt. (siehe Abbildung 38)

Diese Vorgehensweise ist auf alle Strukturen anwendbar. Die generelle Rückführbarkeit lässt sich auch anhand der Matrixbelegungen zeigen (Abbildung 34). So umschließt die Ein-/Ausgangsrandstruktur die eigentlichen Strukturelemente wie eine Kapsel, ohne deren Verbindungen untereinander anzutasten. Die uneingeschränkte Erhaltung der Verbindungen lässt auf eine generelle Rückführbarkeit schließen. Dies verifiziert *Hypothese 3* bereits vollständig, da aus der uneingeschränkten Analysier-

[42] Verbindungen der Struktureinheiten (Diagonale der Verbindungsmatrix) auf sich selbst werden nicht betrachtet (unzweckmäßig bzw. über struktureinheiteninterne Struktur abbildbar). Ebenso wird von mehreren Verbindungen zwischen zwei Struktureinheiten abstrahiert. Diese werden zu einer mono- bzw. bidirektionalen Verbindung zusammengefasst.

und Dekomponierbarkeit jeglicher Flusssystemstrukturen mittels der Strukturtypen umgekehrt auch deren uneingeschränkte Synthetisier- und Komponierbarkeit folgt.

Abbildung 34: Belegung der Verbindungsmatrix

Ein repräsentatives Beispiel dafür, dass sich alle Flusssystemstrukturen auf die Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur rückführen lassen, zeigt Abbildung 35 mit der Rückführung der Netztypen Baum-, Bus-, Stern- und Ring-Netz [204].

Netztyp nach KLINK	**Verbindungsmatrix** (von P)	**Strukturtyp**
Baum-Netz A: Aufträge P: Produkte		**gerichtete nichtzyklische Netzstruktur**
Bus-Netz A: Aufträge P: Produkte		**gerichtete nichtzyklische Linienstruktur**
Stern-Netz (R_E&R_A=Z) A: Aufträge P: Produkte		**zyklische Punktstruktur**
Ring-Netz A: Aufträge P: Produkte		**ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur**

Abbildung 35: Netztypen [204] und Rückführung auf Strukturtypen

Die Rückführung ist nicht trivial.[43] Bei den nachfolgend diskutierten Strukturen sind einige Besonderheiten zu beachten.

Monozentrale Strukturen (Single-Sternstrukturen/Ein-Punktstrukturen)

Ein Sternpunkt innerhalb Monozentraler Strukturen (auch Single-Sternstrukturen bzw. Ein-Punktstrukturen) ist nicht als separate Struktureinheit, sondern über die Kombination von Eingangs- und Ausgangsrandstruktur innerhalb einer zyklischen Punktstruktur abzubilden. Zentralisierende (auch sternförmige, punktförmige) Strukturen bilden das primäre Anwendungsfeld für Punktstrukturen. Single-Hub- bzw. Ein-Depot-Logistiksysteme können beispielsweise so abgebildet werden. Die Eingangsrandstruktur steht in Zusammenhang mit einer Verzweigungs-/Verteilungsstruktur, die Ausgangsrandstruktur mit einer Zusammenführungs-/Sammelstruktur (Abbildung 36).

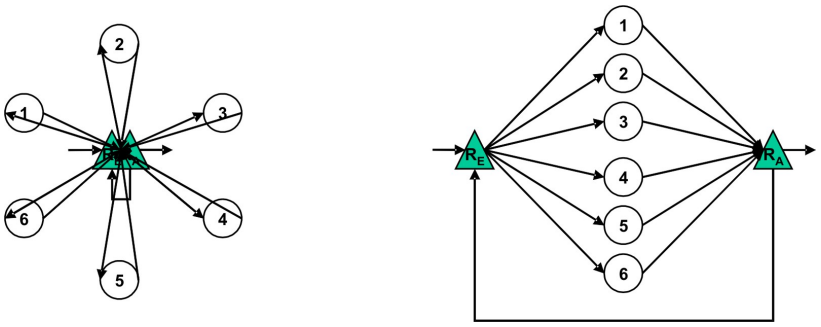


Abbildung 36: Sternstruktur als zyklische Punktstruktur

Polyzentrale Strukturen (Multi-Sternstrukturen/Mehr-Punktstrukturen)

Polyzentrale Strukturen (auch Multi-Sternstrukturen bzw. Mehr-Punktstrukturen) treten beispielsweise bei Multi-Hub- bzw. Mehr-Depot-Logistiksystemen auf.

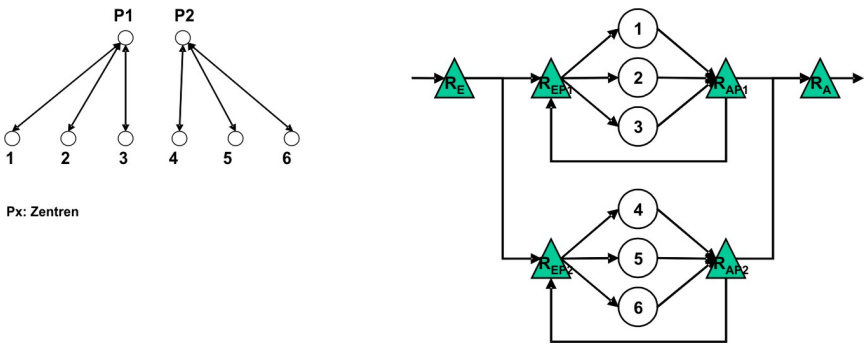


Abbildung 37: Doppelte Sternstruktur/nichtzyklische Punktstruktur mit zwei zyklischen Punktstrukturen

[43] So bietet die Busstruktur gegenüber den anderen Netztypen Interpretationsspielraum dahingehend, inwiefern die Transporteinheit Bus als Struktureinheit in die Betrachtung einbezogen wird oder nicht. Wird der Bus wie hier als nichtstruktureinheitenrelevant angesehen, so kommt die Struktur des Bus-Netzes, falls sie wie hier richtungsorientiert ist und nur die in der Abfolge benachbarten Struktureinheiten miteinander in Beziehung stehen, einer gerichteten nichtzyklischen Linienstruktur gleich (andernfalls können sich Netzstrukturen ergeben). Wird hingegen der Bus als struktureinheitenrelevant angesehen, so entsteht eine zyklische Punktstruktur.

Falls eine Struktur mit n Zentren (z.B. Hubs, Depots) eine Modellierung in n Teilstrukturen sinnvoll erscheinen lässt, wird jede Teilstruktur als zyklische Punktstruktur mit eigener realer oder fiktiver Randstruktur, welche den Hub oder das Depot repräsentiert, modelliert. Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen dazu ein Beispiel.

Für polyzentrale Strukturen ist weiter zu unterscheiden, ob jede nicht ein Zentrum repräsentierende Struktureinheit genau einem Zentrum oder mehreren Zentren zugeordnet ist.

Hat jede nicht ein Zentrum repräsentierende Struktureinheit Verbindungen zu genau einem Zentrum, können n sich nicht überlagernde Punktstrukturen ohne Splittung von Struktureinheiten modelliert werden (Abbildung 37, Abbildung 38).

Hat jede nicht ein Zentrum repräsentierende Struktureinheit Verbindungen zu mehreren Zentren, müssen n sich überlagernde Punktstrukturen mit Splittung von Struktureinheiten modelliert werden (Abbildung 46). Derartige gesplittete Struktureinheiten mit Verbindungen zu mehreren Zentren sind Teil mehrerer Punktstrukturen.

Die Punktstrukturen sind über jegliche Strukturtypen in der nächsthöheren Strukturebene koppelbar.

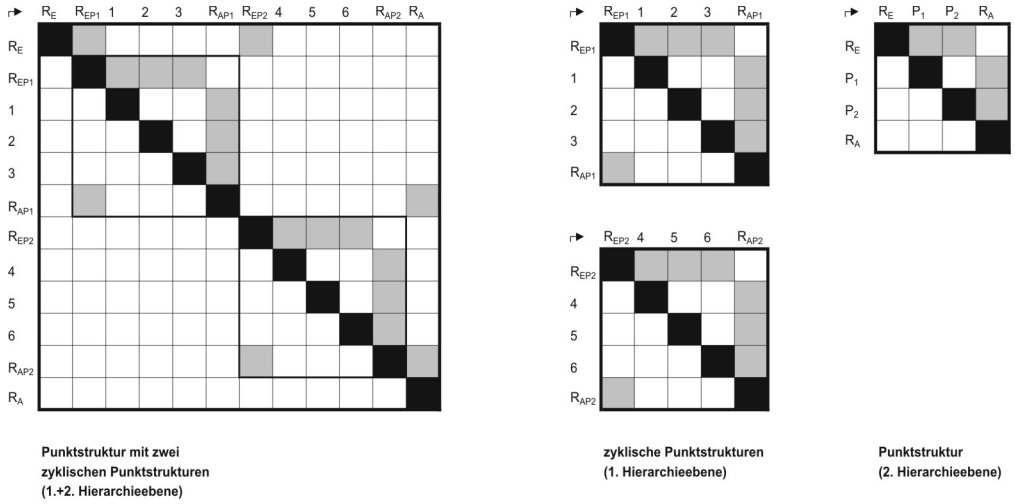


Abbildung 38: Matrizen für nichtzyklische Punktstruktur mit zwei zyklischen Punktstrukturen

Erscheint eine derart abstrakte Modellierung nicht sinnvoll, nicht realisierbar (z.B. Funktionalität im Modellierungs- oder Simulationsinstrumentarium nicht enthalten) oder gar wesensentstellend, ist die Gesamtstruktur als Netzstruktur mit lediglich einer Eingangs- und Ausgangsrandstruktur für die gesamte Struktur zu modellieren.

Verzweigungs- und Zusammenführungsstrukturen

Verzweigungen und Zusammenführungen können nicht direkt dargestellt werden. Sie besitzen n ausgangs- bzw. n eingangsseitige Randstrukturen. Verzweigungen und Zusammenführungen sind als (Bestandteil der) Punktstruktur zu modellieren, wobei die n ausgangs- bzw. eingangsseitigen Randstrukturen mit einer fiktiven Randstruktur umschlossen und damit geschlossen werden.

Ringstrukturen

Lediglich unidirektionale Ringstrukturen lassen sich auf gerichtete zyklische Linienstrukturen rückführen (ohne/mit Verschmelzung der Randstrukturen mit anderen Struktureinheiten). Bidirektionale Ringstrukturen führen zu ungerichteten Netzstrukturen, da die Einkopplung der Randstrukturen in die Struktur nur bei gerichteten Verbindungen erfolgen kann.

Busstrukturen

Busstrukturen können je nach Charakteristika unterschiedliche Strukturtypen ergeben. Wird der Bus als nichtstruktureinheitenrelevant angesehen, können sich gerichtete/ungerichtete Linien-/Netzstrukturen ergeben. Wird der Bus als struktureinheitenrelevant angesehen, ergeben sich zyklische Punktstrukturen.

Diskussion der Elementarität der Strukturtypen und der Rückführung im Vergleich zu anderen Grundstrukturen

Die Allgemeingültigkeit der Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur wird über die stets anwendbare Vorgehensweise der Rückführung belegt. Exemplarische Rückführungen (vgl. Anlage A3) untermauern dies, wodurch *Hypothese 3* zusätzlich exemplarisch verifiziert wird. Jedwede Strukturen lassen sich mittels der Strukturtypen und deren Kombinationen dekomponieren oder komponieren.

Auch aus der Analogie zu den elementaren elektrotechnischen Schaltungstypen kommt die Elementarität der Strukturen zum Ausdruck (vgl. Abschnitt 4.4.5).

Dennoch muss mit der Strukturelementarität kritisch umgegangen werden. Zu hinterfragen ist, inwieweit vor allem Netz- und Punktstruktur weiter differenzierbar sind.

Netzstrukturen

Für Logistiksysteme typische Strukturen mit jeweils besonderen Qualitäten wie Ringnetz, Rasternetz, Minimaler Spannbaum oder Mehr-Hub-Netz (vgl. Anlage A3) führen nahezu allesamt zu Netzstrukturen.[44] Beispielsweise lassen sich wesensmäßig als „Doppel-Punkt-Strukturen“ charakterisierbare Strukturen nur durch eine „überlagernde“ Modellierung in einzelne Punktstrukturen auflösen. Die die Strukturtypen – und somit auch die Netzstruktur – näher klassifizierenden Merkmale: Gerichtetheit (gerichtet/ungerichtet) und Zyklik (nichtzyklisch/zyklisch)[45] erscheinen nicht mehr differenzierend genug. Hier sind weitere Klassifikationsmerkmale angebracht, die sich anhand typischer Matrixbelegungen finden lassen sollten. Mögliche Ansatzpunkte sind gegeben. So deuten paarige Zeilen- und Spaltenbelegungen auf zentralisierende Struktureinheiten hin (punktförmige Netzstrukturen). Belegungen direkt ober- und unterhalb der Diagonale lassen linienförmige Netzstrukturen erkennen.

---

[44] Die Netzstruktur muss alle Strukturen außer Punkt- und Linienstruktur aufnehmen. Aus der Verbindungsmatrix ist sofort erkennbar, dass nahezu alle Belegungen Netzstrukturen entsprechen. Dieser Strukturtyp umfasst demgemäß nahezu alle möglichen Strukturen.

[45] Die Grundmuster können auch morphologisch beschrieben werden, indem u.a. die Merkmale: Vorgänger-/Nachfolger-Beziehung (1:1, 1:l/k:1, m:n) und Richtung (aufsteigend/absteigend) herangezogen werden.

Oberhalb der Diagonale absteigend belegte Segmente deuten auf mehrstufige gerichtete Strukturen hin (segmentförmige Netzstrukturen).

Punktstrukturen

Die Punktstruktur lässt sich differenzieren in eine Verzweigungs-/Verteilungsstruktur und eine Zusammenführungs-/Sammelstruktur. Für die richtungsoptimierte Matrix lassen sich dann folgende typische Muster für die Beziehungen zwischen den Struktureinheiten finden, die damit als Strukturtypen gelten könnten (Abbildung 39):

- Verzweigungs-/Verteilungsstruktur
- Zusammenführungs-/Sammelstruktur
- Linienstruktur
- Netzstruktur

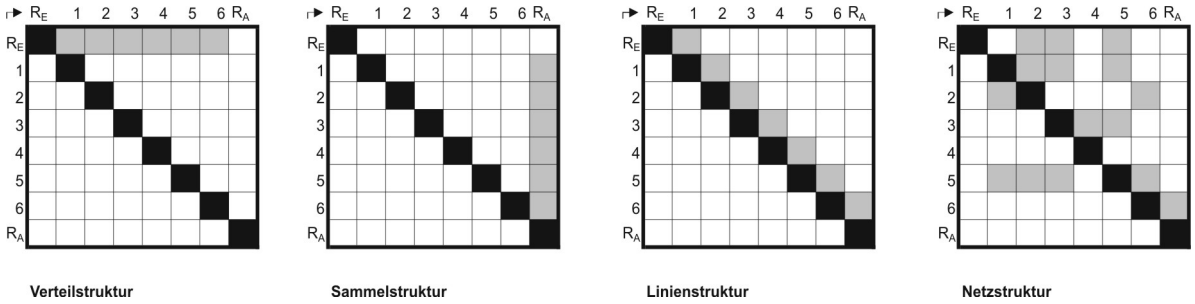


Abbildung 39: Typische Matrizenbelegungen bei Differenzierung der Punktstruktur

Für produktionslogistische Strukturen sind Zusammenführungs-/Sammelstrukturen u.a. bei der Beschaffung und Verzweigungs-/Verteilungsstrukturen u.a. bei der Distribution häufig anzutreffen. Jedoch hat diese Aufspaltung einen gravierenden Nachteil. Die Kapselung der Strukturen geht verloren und damit alle hiermit verbundenen Vorteile wie Strukturautonomie, Flusszirkulierbarkeit innerhalb der Struktur oder einfache Messbarkeit des Strukturinputs und -outputs. Demzufolge soll diese Idee nicht weiter verfolgt werden.

Randstrukturen der Strukturtypen als signifikanter Unterschied zu anderen Grundstrukturen

Außer den Strukturtypen Punkt-, Linien-, Netzstruktur zeichnen sich alle anderen bekannten Grundstrukturen dadurch aus, dass sie die Verbindungen zum Umsystem, d.h. Aussagen zu den Ein- und Ausgängen des Systems, nicht berücksichtigen. Es bleibt häufig unklar, über welche Struktureinheiten sich der Input bzw. Output vollzieht. Dabei ist es irrelevant, ob die für Logistiksysteme häufig typischen Beziehungen zu Lieferanten oder Kunden in die Beschreibung einbezogen werden (vgl. [139]) oder nicht (vgl. [94], [163], [204], [215]). Stets fehlen die Randstrukturen als reale oder fiktive Struktureinheiten. Deren Existenz wird als herausragender Vorteil der herangezogenen Strukturtypen Punkt-, Linien-, Netzstruktur gesehen.

Randstrukturen von logistischen Fluss(system)strukturen in Netzen

Zur Abbildung von logistischen Fluss(system)strukturen in Netzen wird deshalb die Einführung einer fiktiven/realen Eingangs- und Ausgangsrandstruktur (Abbildung 41) angeregt, welche jeweils die Verbindungen zu den vor- bzw. nachgelagerten Fluss(system)strukturen herstellt.

Für viele Logistiksysteme ist es typisch, dass eingangsseitig mehrere Lieferanten und ausgangsseitig mehrere Kunden gerichtete Verbindungen zu den übrigen Logistiksystemeinheiten unterhalten (in Abbildung 40 nur partiell gegeben). Sind die Lieferanten bzw. Kunden nicht unmittelbar Gegenstand der Betrachtungen, sind diese Einheiten als nicht strukturrelevant anzusehen. Werden diese eingangs- und ausgangsseitigen Einheiten jeweils zu einer Randstruktur verschmolzen, kann dies einen Strukturtypwechsel provozieren. Würde umgekehrt die Eingangs-/Ausgangsrandstruktur aufgesplittet, d.h. würden die sich nunmehr ergebenden Einheiten strukturrelevant, ergäben sich durch die zusätzlichen Struktureinheiten Verbindungen oberhalb der Diagonale sowie evtl. wiederum ein Strukturtypwechsel.

5.4.3.3 Kenngrößen auf Basis des 3-Ebenen-Modells und der Strukturtypen

Stufige Logistiksysteme und Stufigkeit

Determinierung der Stufigkeit

Für die Stufigkeit als eine wesentliche Kenngröße von Logistiksystemen existieren unterschiedliche Auffassungen zu deren Determinierung.

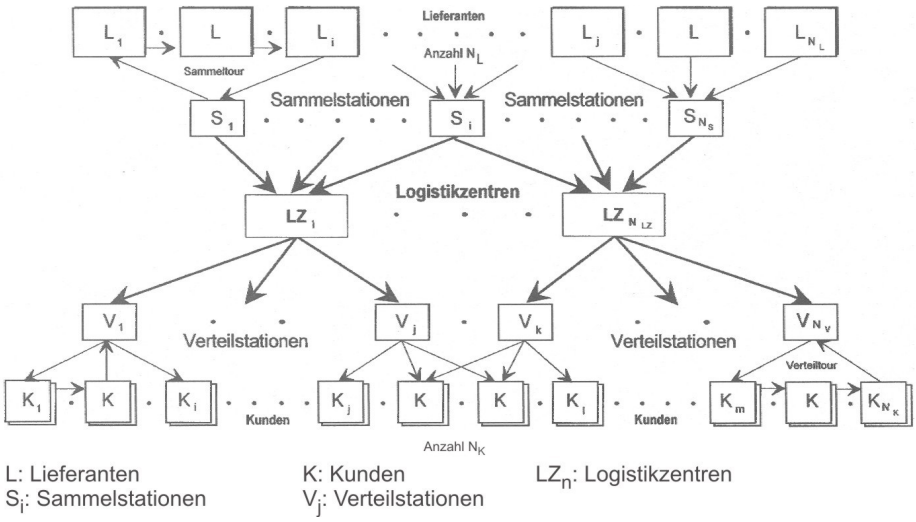


Abbildung 40: 3-knotenstufiges/4-kantenstufiges System mit Sammel- und Verteilstationen und Logistikzentren (vgl. [139])

Die Stufigkeit determinieren entweder die Anzahl der Knotenstufen oder die Anzahl der Kantenstufen. Da beide Auffassungen ihre Berechtigung haben, sollte für jedes Logistiksystem bzw. für jede Logistikstruktur eine Knoten- und/oder Kantenstufigkeit angegeben werden können.

Ein n-1-knotenstufiges/n-kantenstufiges Logistiksystem besteht demgemäß aus n-1 Stufen an Zwischenstationen als Knotenstufen zwischen den Stufen der Quellen und Senken, die durch n Stufen an Transportabschnitten als Kantenstufen miteinander verbunden sind. Abbildung 40 zeigt ein 3-knotenstufiges/4-kantenstufiges System mit Sammel- und Verteilstationen und Logistikzentren.[46]

Stufigkeit anhand der Matrixbelegung

Bei der Darstellung von stufigen Logistiksystemen mittels Strukturmatrizen ergeben sich, wie in Abbildung 41 dargestellt, typische Belegungen.

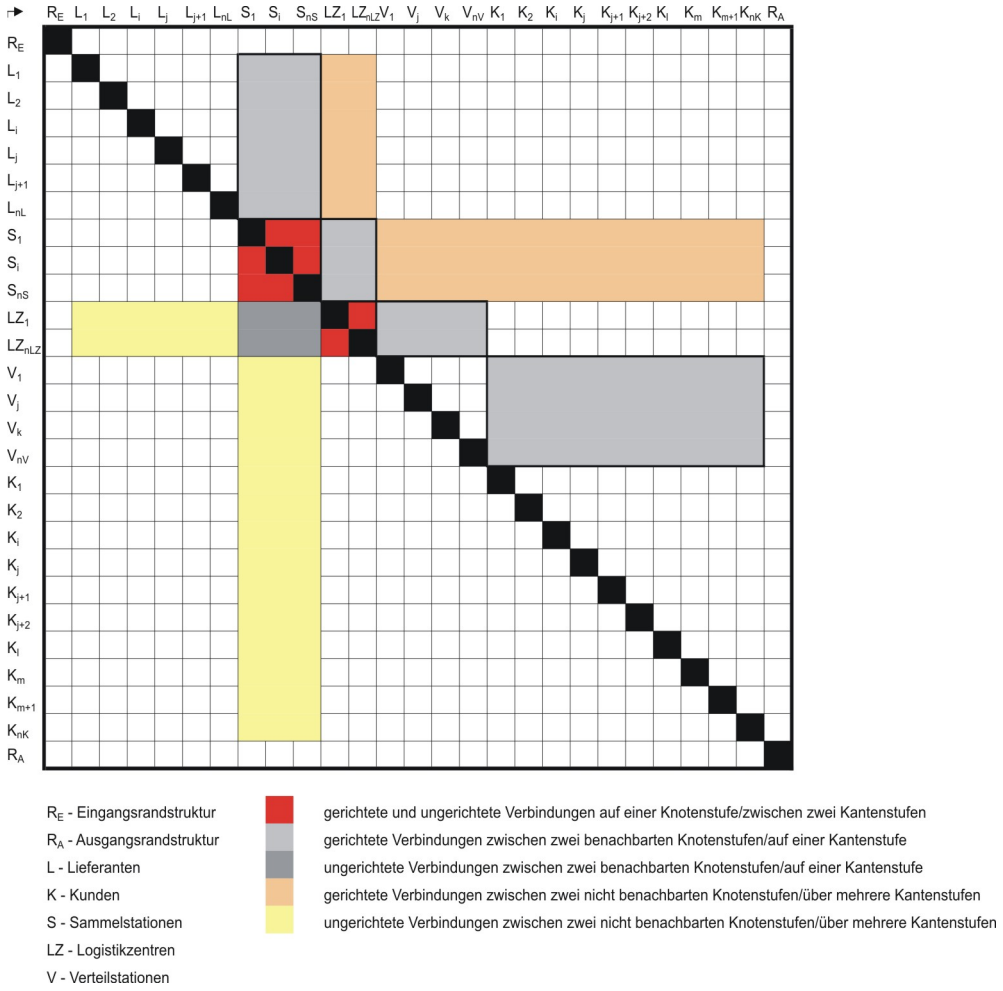


Abbildung 41: Stufigkeit anhand der Matrixbelegung am Beispiel eines 3-knotenstufigen/ 4-kantenstufigen Systems

Charakteristisch für „reinstufige“ Logistiksysteme (gerichtete Verbindungen auf Kantenstufen, keine Verbindungen auf Knotenstufen, keine stufenüberspringenden Verbindungen) sind oberhalb der Diagonale treppenförmig absteigende rechteckige

[46] Als Stufen in Logistiksystemen werden hier jegliche Knoten- und Kantenstufen angesehen. Die Anzahl der Stufen eines Logistiksystems muss nicht identisch sein mit dessen Stufigkeit. So bilden Lieferanten und Kunden als Quellen und Senken auch Stufen aus, ohne, wie die Stufen der Zwischenstationen, maßgebend für die Ermittlung der Knotenstufigkeit zu sein.

Formationen belegter Felder, sogenannte Reinstufigkeits-Segmente. Die Anzahl dieser besonderen sogenannten Kantenstufen-Segmente gibt die Kantenstufigkeit des Logistiksystems an. Für ein 4-kantenstufiges Logistiksystem ergeben sich somit 4 Segmente.

Bezüglich jedes Reinstufigkeits-Segmentes lassen die Belegungen folgender weiterer Felder Aussagen über das zugrunde liegende Logistiksystem zu:

1. Die nach links bzw. nach unten an das jeweilige Reinstufigkeits-Segment angrenzenden quadratischen Segmente um die Diagonale, die sogenannten Knotenstufen-Segmente, geben Aufschluss darüber, ob auf einer Knotenstufe/ zwischen zwei Kantenstufen Flüsse existieren.
2. Eine Belegung des Kantenstufen-Segmentes, welches dem an der Diagonale gespiegelten Reinstufigkeits-Segmentes entspricht, gibt Aufschluss darüber, ob Rückflüsse zwischen zwei benachbarten Knotenstufen/auf einer Kantenstufe bestehen.
3. Belegungen der sich nach oben bzw. nach rechts vom Reinstufigkeits-Segment bis hin zum Matrixrand erstreckenden rechteckigen Segmente geben Aufschluss darüber, ob stufenüberspringende Flüsse existieren. Sind Felder eines solchen Segmentes nach oben belegt, werden vorgelagerte Stufen übersprungen. Sind Felder eines solchen Segmentes nach rechts belegt, werden nachgelagerte Stufen übersprungen.
4. Belegungen der sich nach links bzw. nach unten vom gespiegelten Reinstufigkeits-Segment bis hin zum Matrixrand erstreckenden rechteckigen Segmente geben Aufschluss darüber, ob stufenüberspringende Rückflüsse existieren. Sind Felder eines solchen Segmentes nach unten belegt, werden nachgelagerte Stufen übersprungen. Sind Felder eines solchen Segmentes nach links belegt, werden vorgelagerte Stufen übersprungen.
5. Bei einem „liegenden Segment“ (breiter wie hoch) handelt es sich eher um eine Verteilfunktion. Bei einem „stehenden Segment“ (höher wie breit) handelt es sich eher um eine Sammelfunktion.
6. Innerhalb der Reinstufigkeits-Segmente können sich wiederum Treppenformationen ausbilden, falls jede Senke nur eine Quelle, jede Quelle aber mehrere Senken (Verteilfunktion) bzw. jede Quelle nur eine Senke, jede Senke aber mehrere Quellen (Sammelfunktion) besitzt.

Zusammenhänge Stufigkeit und Strukturtypen anhand der Matrixbelegung

Einige Zusammenhänge zwischen Stufigkeit und Strukturtypen eines Logistiksystems sollen nachfolgend ausgehend von der beispielhaften Matrixbelegung in Abbildung 42 erörtert werden.

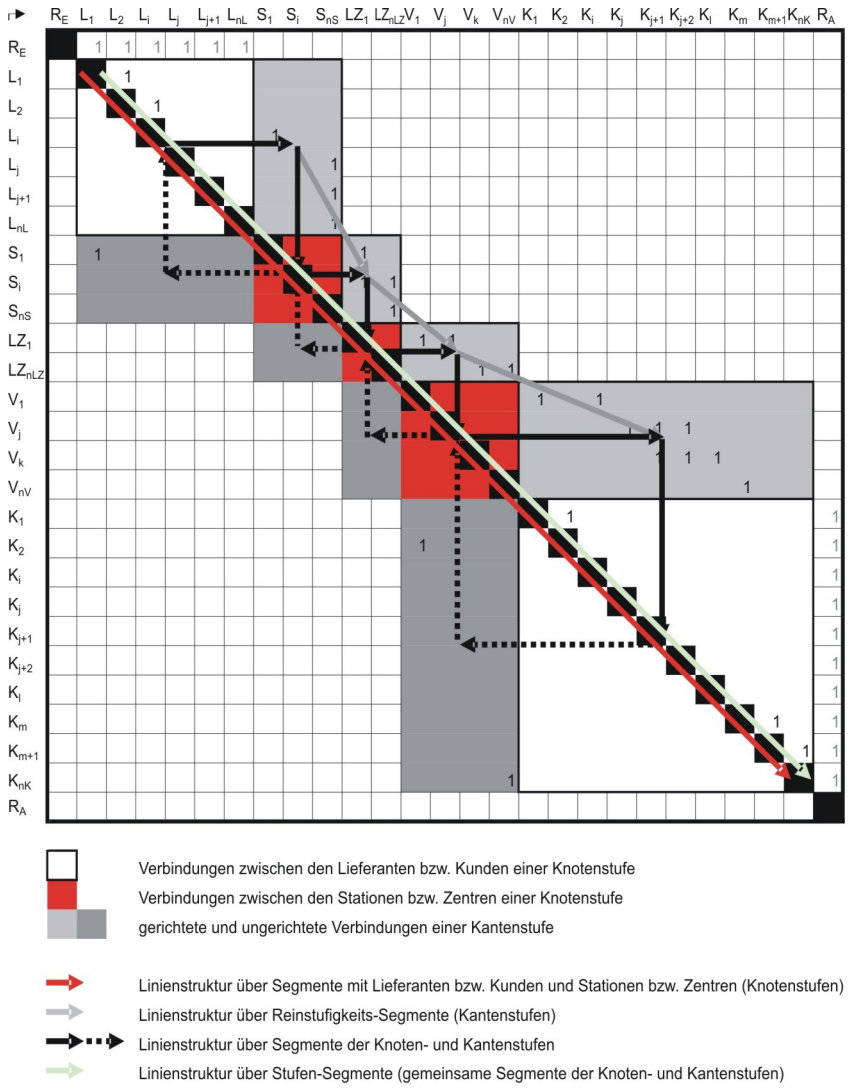


Abbildung 42: Beispiele für Linienstrukturen über verschiedene Segmente

Zusammenhänge zwischen Stufigkeit und Strukturtypen lassen sich u.a. darüber herstellen, dass:

- sogenannte Stufen-Segmente bestehend aus zwei benachbarten Knotenstufen und einer Kantenstufe (gemeinsame Segmente der Knoten- und Kantenstufen) normalerweise Netzstrukturen ergeben (Abbildung 43),

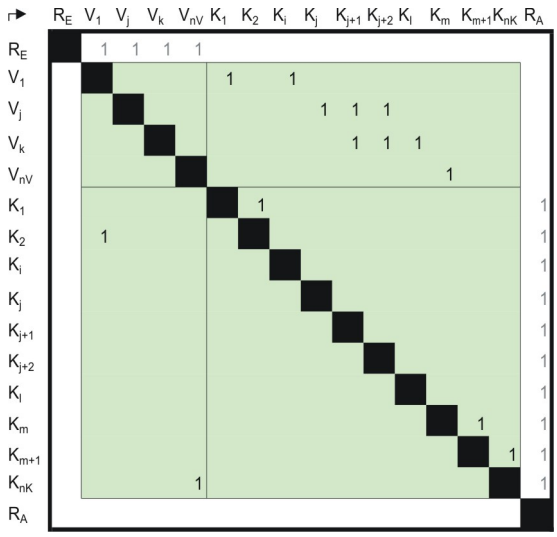


Abbildung 43: Beispiel 4. Stufen-Segment (ungerichtete Netzstruktur)

- Knotenstufen-Segmente meist nichtzyklische Punktstrukturen (falls keine „Querverbindungen“ existieren) oder Netzstrukturen (falls „Querverbindungen“ existieren) ergeben (Abbildung 44),

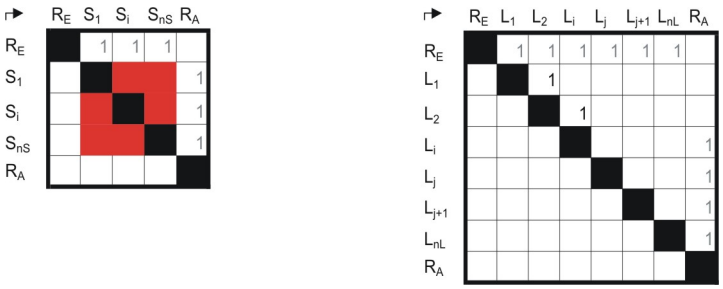


Abbildung 44: Beispiele Sammelstationensegment (nichtzyklische Punktstruktur) und Lieferanten-segment (gerichtete Netzstruktur)

- bei „reinstufigen“ Logistiksystemen die Stufen-Segmente über eine Linien-struktur (Abbildung 45) miteinander verbunden sind,

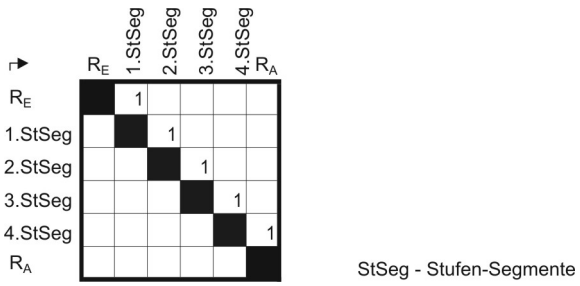


Abbildung 45: Beispiel Linienstruktur über Stufen-Segmente

- bei „nicht-reinstufigen“ Logistiksystemen die Stufen-Segmente über eine Netz-struktur miteinander verbunden sind.

Die Überlegungen machen deutlich, dass sich durch eine nichttriviale umkehrbare Modelltransformation „große“ Strukturmodelle in miteinander verknüpfte „kleinere“ Strukturmodelle segmentieren lassen. Diese Transformation ist zumeist verbunden mit dem Einfügen von mindestens einer zusätzlichen Hierarchieebene, welche die Verknüpfung der Teilstrukturen zur Gesamtstruktur sicherstellt. Durch die Modelltransformation können sowohl die den Teilstrukturen innewohnenden Strukturtypen als auch der Strukturtyp der Gesamtstruktur herausgearbeitet werden.

Eine derartige Modelltransformation ist u.a. dann sinnvoll, wenn die Gesamtstruktur stark vernetzte Teilstrukturen aufweist. Durch die Transformation wird dabei oft die Gesamtstruktur mit einem geringwertigen Strukturtyp[47] in verknüpfte Teilstrukturen mit höherwertigen Strukturtypen[48] überführt. Die Transformation erfolgt durch Segmentierung der die Gesamtstruktur abbildenden „großen“ Matrix in Teilstrukturen abbildende „kleine“ Matrizen.

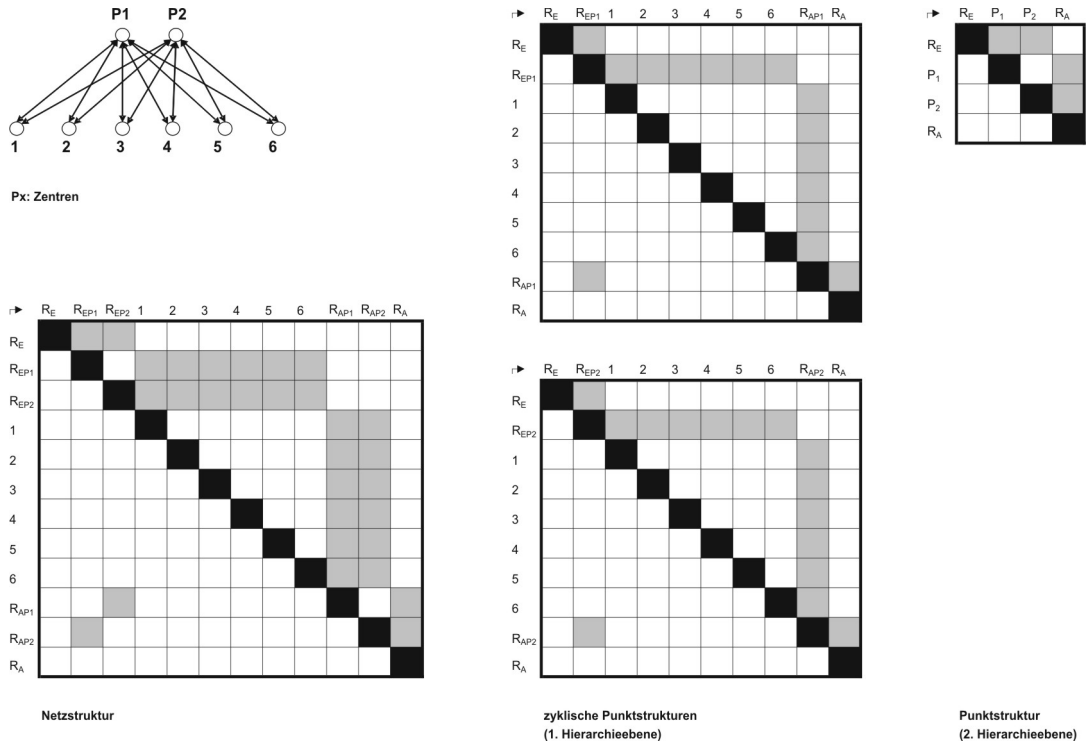


Abbildung 46: Modelltransformation am Beispiel einer Doppel-Punkt-Struktur

Modelltransformationen vollziehen sich dabei im Wechselspiel von Splittung und Verschmelzung. Durch Splittung kann modellhaft eine Desintegration einer fiktiven/realen Struktureinheit bzw. Struktur in mehrere fiktive/reale Struktureinheiten bzw. Teilstrukturen vorgenommen werden.[49] Umgekehrt kann durch Verschmelzung

[47] Als geringwertiger Strukturtyp wird die Netzstruktur angesehen.
[48] Als höherwertige Strukturtypen werden die Punkt- und Linienstruktur angesehen.
[49] Für Modellierungs- und Simulationsinstrumentarien erwächst hieraus u.a. die Anforderung, den gleichen Modellbaustein/die gleiche Modellbausteininstanz in unterschiedlichen (Teil-)Modellen wiederholt einsetzen und aufrufen zu können.

modellhaft eine Integration von mehreren fiktiven/realen Struktureinheiten bzw. Teilstrukturen in eine fiktive/reale Struktureinheit bzw. Struktur vorgenommen werden.

Ein repräsentatives Beispiel für eine solche Modelltransformation sind Polyzentrale Strukturen, deren Strukturtyp, ablesbar aus der Gesamtmatrix, zunächst eine Netzstruktur ist. Diese sogenannten Mehr-Punkt-Strukturen, Abbildung 46 zeigt eine sogenannte Doppel-Punkt-Struktur, können als sich überlagernde Punktstrukturen aufgefasst werden. Die einzelnen Teilstrukturen sind jeweils vom Strukturtyp Punktstruktur, miteinander verbindbar über jegliche Strukturtypen, hier verbunden über eine Punktstruktur.

Grundsätzlich muss bei jeglicher Modelltransformation immer das Wesen der Logistikstruktur erkennbar bleiben.

Zusammenhänge Stufigkeit, Direkt- und Indirektverkehr

Stufigkeit und 3-Ebenen-Modell

Die Stufigkeit lässt sich anhand der Anzahl der von den Ladeinheiten durchlaufenen Stationen zwischen Quelle und Senke, an denen diese umgeschlagen werden (Knotenstufigkeit) bzw. anhand der Anzahl der durchlaufenen Kanten zwischen Quelle und Senke (Kantenstufigkeit), festmachen.

Bei Stufigkeitsangaben von Logistikstrukturen, die bezüglich des 3-Ebenen-Modells auf die Transport- oder Infrastrukturen[50] bezogen werden können, ist ferner dahingehend zu unterschieden, ob die Ladeinheiten die Transport- und Infrastrukturen vollständig durchlaufen müssen oder ob die Ladeeinheiten innerhalb der Struktur lediglich von einem Knoten zu einem anderen gelangen müssen. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, ob die Ladeeinheiten die Logistikstruktur gerichtet durchlaufen müssen oder auch ungerichtet durchlaufen können.

Werden die Strukturen mittels der Strukturtypen und deren Kombinationen modelliert, ist zudem zu entscheiden, ob die Randstrukturen und der gegebenenfalls vorhandene Zyklus in die Stufigkeitsbetrachtungen einbezogen werden oder nicht.

Direktverkehr

Ein Direktverkehr liegt dann vor, wenn der Austauschbedarf an Ladeeinheiten geradewegs durch einen Transport vom Quell- zum Zielknoten, ohne Umschlag in Zwischenknoten, gedeckt wird. Hierbei ist es unerheblich, ob vom Transportmittel auf diesem kürzesten Weg Zwischenknoten passiert werden oder nicht. Ein Direktverkehr ist somit 0-knotenstufig/1-kantenstufig. Unter Verwendung des 3-Ebenen-Modells ist es eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Bedingung für Direktverkehr, dass die bedarfsdeckende Transportstruktur isomorph[51] zur Bedarfsstruktur ist.

---

[50] Für die Bedarfsstrukturen ist eine Angabe der Stufigkeit irrelevant, da diese stets 0-knotenstufig/1-kantenstufig ist.
[51] Synonym: strukturgleich.

Direktverkehre können somit nur bei den Strukturtypen Linien- und Netzstruktur auftreten, falls einzelne bedarfsdeckende Transporte von und zu strukturbedingten Zentren (zu den Ein- und Ausgangsrandstrukturen) ausgeschlossen werden.

Indirektverkehr

Ein Indirektverkehr liegt dann vor, wenn der Austauschbedarf an Ladeeinheiten durch mehrere Transporte vom Quell- zum Zielknoten mit mindestens einem Umschlag in einem Zwischenknoten gedeckt wird. Ein Indirektverkehr ist somit mindestens 1-knotenstufig/2-kantenstufig. Unter Verwendung des 3-Ebenen-Modells ist es eine hinreichende Bedingung für mindestens einen Indirektverkehr, wenn die bedarfsdeckende Transportstruktur nicht isomorph zur Bedarfsstruktur ist.

Indirektverkehre können somit bei allen Strukturtypen auftreten. Wird beispielsweise unterstellt, dass die Stufigkeit für den Austausch zwischen zwei Knoten innerhalb der Struktur mit Randstruktur und ohne Zyklus angegeben werden soll, so ist:

- eine Netzstruktur mit n Knoten bis zu n-2-knotenstufig/n-1-kantenstufig,
- eine Linienstruktur mit n Knoten bis zu n-2-knotenstufig/n-1-kantenstufig,
- eine Punktstruktur mit n Knoten 1-knotenstufig/2-kantenstufig.

Intensitätsgrad und 3-Ebenen-Modell

Für eine prägnante Beschreibung von logistischen Flusssystemstrukturen ist es naheliegend, jeweils Intensitäten und Intensitätsgrade für jede Ebene des 3-Ebenen-Modells einzuführen.

Dabei verkörpern Bedarfsintensitäten und Bedarfsintensitätsgrade die an die Flusssystemstruktur gestellten Quelle-Senken-Bedarfe. Infrastrukturintensitäten und Infrastrukturintensitätsgrade determinieren die Grenzkapazitäten der Flusssystemstruktur. Transportintensitäten und Transportintensitätsgrade zeigen die in der Flusssystemstruktur realisierten Flüsse an.

5.4.3.4 Generelle Anwendbarkeit und Sinnfälligkeit der Strukturtypen

Die generelle Anwendbarkeit der Strukturtypen – deren Allgemeingültigkeit – kann anhand der Belegungsmuster der Verbindungsmatrix nachgewiesen werden. *Hypothese 3* wird hierdurch vollständig verifiziert. Dass die Modellierung von logistischen Flusssystemstrukturen auf Basis der Strukturtypen[52] stets möglich und auch sinnfällig ist, wird zudem dadurch belegt, dass eine Rückführung[53] jeglicher Strukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen durchführbar ist.[54]

---

[52] In Verbindung mit dem 3-Ebenen-Modell.
[53] Als einer Art der Transformation.
[54] Auch wenn u.a. „Überlagerungen“ von Strukturtypen Schwierigkeiten in der Abbildung bereiten.

Die Sinnfälligkeit der Anwendung der Strukturtypen[55] kann ferner ein entsprechender praktischer Eignungsnachweis erbringen. Eine Eignung ist dann nachweisbar, wenn:

- eine Modellierung, Analyse und Synthese (einschließlich Transformation) von logistischen Flusssystemstrukturen,
- eine Erklärung von produktionslogistisch relevanten (Struktur-)Kenngrößen wie Stufigkeit, Direkt- oder Indirektverkehr und Intensitätsgrad,
- eine Unterstützung von Vorgehensweisen und Methoden der Planung (z.B. Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung),
- eine Abbildung wichtiger planungsrelevanter Logistikstrukturen des jeweiligen Kontextes (z.B. Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze) sowie
- eine Ableitung entsprechender Gestaltungs- und Vorzugslösungen

gegeben ist.

Weitere Argumente für die Sinnfälligkeit sind:

- generische Modellierung von Flusssystemstrukturen als Logistikstrukturen auf Basis elementarer Strukturen
- Systematisierung solcher Logistikstrukturen
- zielgerichtete Verhaltenseinstellung einfacher und komplexer Logistikstrukturen aus Kenntnis des Verhaltens der Strukturtypen
- Kapselung (Systemgrenzziehung) von Strukturen und Strukturtypen über die Randstrukturen (Die Strukturtypen besitzen jeweils genau eine Eingangs- und Ausgangsrandstruktur.)
- Rationalisierung und Beschleunigung des Planungsprozesses

[55] Nicht selten empfiehlt sich eine Anwendung in Verbindung mit dem 3-Ebenen-Modell oder einem anderen Ebenen-Modell.

6 PLANUNG

Der Entwicklung der Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung (IPSS) (vgl. [4], [256]) innerhalb der Planung liegt der Problemlösungszyklus als Mikro-Logik (vgl. [274]) zugrunde. Anstoß, Situationsanalyse und Zielformulierung behandelten schon die Kapitel 3 und 4, zur Lösungssynthese trug bereits Kapitel 5 bei. Nun wird vertiefend mit der Zielformulierung durch Ableitung von Anforderungen fortgesetzt. Lösungssynthese und -analyse mit Vorbetrachtungen sowie der eigentlichen Methodenableitung schließen an. Der Lösungsanalyse und Bewertung sind die Methodenevaluierung und -anwendung sowie das Kapitel 7 und die Anlagen A4, A5 gewidmet.

6.1 Anforderungsprofil Planung

Die Ableitung des Anforderungsprofils, sich rekrutierend aus generellen (gestellt an jegliche Methoden) und speziellen (resultierend aus dem Kontext kompetenzzellenbasierter Netze) Anforderungen, ist der Zielformulierung des Problemlösungszyklus' angehörig. Folgende Anforderungen werden an eine Methode gestellt:

- genügt den üblichen Planungsgrundsätzen und -prinzipien
- geht konform zu Basistheorien-, -modellen, -konzepten und -methoden (u.a. Systemtheorie) sowie weiterführenden Beschreibungskonzepten, Modellen und Termini (u.a. Beschreibungsrahmen, Begriff Logistikstruktur)
- ist verträglich mit speziell für kompetenzzellenbasierte Netze konzipierten Modellen, Methoden, Konzepten (u.a. PlaNet)
- wirkt hin auf eine Flexibilisierung, Transparentmachung und Rationalisierung durchgängiger, integrativer, schneller und hochqualitativer Planungsprozesse
- ist abstraktionsebenen-, vorgehens-, domänen-/kontext- und zeithorizont-neutral und damit prinzipiell geeignet und anwendbar für:
  - ein Top-Down- oder Bottom-Up-Vorgehen sowie eine Vorgehen ausgehend vom Ist- oder Sollzustand
  - verschiedene Domänen und Kontexte (produktionslogistische Systeme ⇔ Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze) sowie Zeithorizonte (strategisch ⇔ operativ)
- führt strukturierungsrelevanten Content zum Zwecke der Ausgestaltung und Untersetzung von Planungsprozessen zusammen und bereitet diesen für Akteure unterschiedlicher Planungskompetenz auf
- versetzt Kompetenzzellen in die Lage, Planungsprobleme bzgl. der Logistik-strukturen mittels einfacher und nachvollziehbarer Planungsprozesse zu lösen
- leistet einen Beitrag zur Kompensation des für kompetenzzellenbasierte Netze prognostizierten Anstiegs der logistischen Aufwände

6.2 Vorbetrachtungen zur Methode

Nach einer Darstellung der Anforderungen folgt nun die argumentative Herleitung der Methode ausgehend vom Problemfeld – den in Abschnitt 4.7 benannten Defiziten und dem daraus abgeleiteten Handlungsbedarf. Die im Weiteren benannten Argumente, Grundideen und Ansätze bereiten die spätere Methodenableitung vor – erfolgen also in Richtung Lösungssystem und können bereits der Lösungssynthese des Problemlösungszyklus' zugerechnet werden.

1. Ansatz – Gewinnung Beschreibungsvorrat aus Beschreibungskategorien des Beschreibungsrahmens

Der 1. methodische Ansatz nimmt Bezug zum Bereich des Problemfeldes, wonach bei existierenden Vorgehensweisen und Methoden eine noch zu geringe konsequente Abstimmung mit den jeweils zugrunde liegenden Beschreibungskonzepten und Modellen zu verzeichnen ist.

Die übergeordnete theoretisch-beschreibungskonzeptionelle und modellmäßige Anbindung und Einordnung liefert der Beschreibungsrahmen der IPSS mit seinen Beschreibungskategorien konkretisiert in Form des ORa_{BVG}. Aus den in die Betrachtungen einzubeziehenden System-, Element- und Strukturarten ist der Beschreibungsvorrat auf generische Art und Weise zu gewinnen.

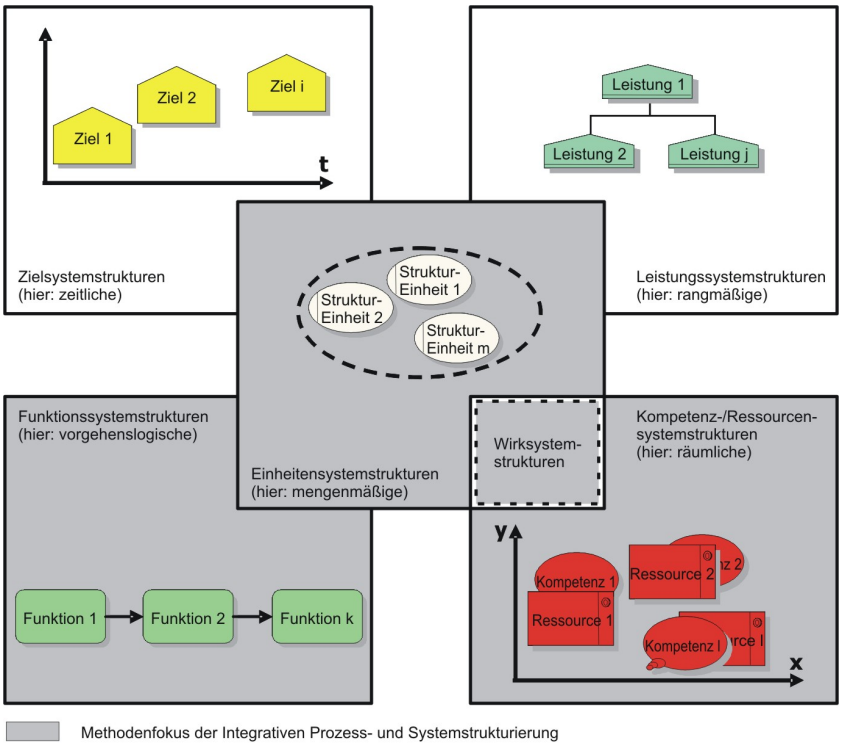


Abbildung 47: 1. Ansatz – Gewinnung Beschreibungsvorrat aus Beschreibungsrahmen

Die Methode soll sich dabei auf die integrative Strukturierung ausgewählter Systemarten und deren Strukturen konzentrieren (Abbildung 47), welche vordergründig im Fokus von Planungen und Gestaltungen produktionslogistischer Systeme – so auch

von Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze – stehen. Die Methode soll deshalb im Besonderen die Generierung abgestimmter Lösungen für Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystemstrukturen unterstützen. Dabei können die Ziel- und Leistungssystemstrukturen sowohl Eingangs- als auch Ausgangsgrößen sein, je nach dem, welcher Planungsfall vorliegt und welche detaillierte Vorgehensweise zugrunde gelegt wird.

2. Ansatz – „Mittler“ zwischen allgemeinen und spezifischen Methodiken

Der 2. methodische Ansatz nimmt Bezug zum Bereich des Problemfeldes, wonach einerseits sehr allgemeine Problemlösungssystematiken, -konzepte und -methoden wie das Systems Engineering Konzept mit dem Problemlösungszyklus und andererseits sehr spezifische Planungsvorgehensweisen und -methoden wie diverse Vorgehensweisen der Produktionssystem- und Fabrikplanung existieren, es jedoch an einem „Zwischenniveau“ mangelt. Es fehlt an einem Methodenkonzept, von dem eine transformierende Wirkung ausgeht, welches als „Mittler“ zwischen allgemeinen und spezifischen Methodiken auftreten kann (Abbildung 48).

Abbildung 48: 2. Ansatz – „Mittler“ zwischen allgemeinen und spezifischen Methodiken

Derartige „Mittler“, welche auch im Hinblick auf ein adäquates Projektmanagement gefragt sind, bedürfen vor allem eines ausgesuchten Abstraktionsgrades des Beschreibungsvorrates.

3. Ansatz – Flexibler Planungsprozess

Der 3. methodische Ansatz nimmt Bezug zum Bereich des Problemfeldes, wonach viele der bisherigen Planungsvorgehensweisen als zu wenig flexibel eingeschätzt werden, da sie u.a. einen eher vordefinierten Grobablauf besitzen. Tangierende Problembereiche sind Modularisierung, Integration und Kopplung, Problem-, Domänen- und Kontextneutralität sowie Neupositionierung von Strukturierungsfunktionen.

Logistikstrukturen in kompetenzzellenbasierten Netzen verlangen dem Planungsprozess ein ausgesprochen hohes Maß an Flexibilität ab. Typische logistische

Aufgabenstellungen umfassen sowohl Probleme, die bestehende Logistikstrukturen in Systemen betreffen und entweder die Bestimmung optimaler Prozesse und Akteure sowie die Realisierung der Leistungserbringung oder die Optimierung bzw. Veränderung der Infrastrukturen zum Ziel haben (Umplanung basierend auf Ist-Zustand) als auch Probleme, welche die Gestaltung nicht-existenter Logistik-strukturen in Systemen zum Ziel haben (Neuplanung basierend auf Soll-Zustand).

Herkömmliche Planungsvorgehensweisen bieten trotz des empfohlenen Grobablaufs Ansätze für wechselnde oder gar umkehrende Planungsschrittabfolgen und damit ein gewisses Maß an Flexibilität (Beispiel Fabrikplanung: Bestimmung eines Produktionssystems bei gegebenem Leistungs-/Produktionsprogramm und umgekehrt Optimierung des Produktionsprogramms bei gegebenem Produktionssystem).

Zur Erlangung eines hohen Maßes an Flexibilität sind jedoch Planungsprozesse notwendig, die sich jeweils gänzlich erst aus der Problemstellung heraus definieren. Hier sind voneinander abhängige Entscheidungen zu treffen hinsichtlich Art, Anzahl und Abfolge der Prozessschritte. Um diese Entscheidungen zu unterstützen, erscheint es zweckdienlich, mit einer limitierten Menge an (Bestimmungs-) Funktionen, einem Set an (Grob-)Funktionen, zu arbeiten. Diese sind entsprechend dem jeweiligen Planungsfall auszuwählen, in eine Abfolge zu bringen und auszugestalten. Die problemgerechte Planungsprozessgenerierung hindert aber nicht daran, für typische Planungsfälle gleichsam typische Planungsabläufe mit Wiederholwahrscheinlichkeit als Orientierungshilfe vorzudefinieren.

Das Aufsetzen auf Grobfunktionen geht einher mit einer Modularisierung von Planungsfunktionen bzw. -prozessen, was Ansatzpunkte für eine Integration und Kopplung solcher bietet, da eine gewisse Standardisierung der Funktions- bzw. Prozessschnittstellen erreicht wird.

Das Abstraktionsniveau der Grobfunktionen stellt zudem eine Domänen- und Kontextneutralität sicher, sodass die Planung von produktionslogistischen Systemen (Fabrik- und Logistikplanung, PPS) im Allgemeinen genauso möglich ist wie die Planung von Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze im Speziellen. Integration und Kopplung sowie Domänen- und Kontextneutralität lassen es sogar als machbar erscheinen, domänen- und kontextübergreifende Planungsprozesse aufzustellen.

In vielen Vorgehensweisen der Produktions- und Logistikplanung hat die Strukturierung großen Einfluss auf die Planungslösung. Viele der derzeitigen Vorgehensweisen werden den Wechselwirkungen zwischen Prozess- und Systemstruktur bzw. -strukturierung jedoch zu wenig gerecht. Die Prozessstrukturierung ist trotz ihrer enormen Bedeutung gerade in der kundenwunschorientierten Produktion im Planungsablauf zumeist unterrepräsentiert. Die Strukturierung ist im Planungsablauf eng mit der Funktionsbestimmung und Dimensionierung verknüpft und muss daher mit dieser über verschiedene Abstraktionsebenen hinweg wechselseitig oder simultan durchgeführt werden.

Eine Idee liegt darin, die Prozessstrukturierung (nach den Systemarten als Funktionssystemstrukturierung zu benennen) mit der Systemstrukturierung (nach den Systemarten als Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystem- bzw. Wirksystem-strukturierung zu benennen) explizit und frühzeitig im Planungsablauf zu verknüpfen, um damit deren Bedeutung durch eine parallele Anbindung zu Funktionsbestimmung und Dimensionierung gerecht zu werden (Abbildung 49). Diese werden somit im Wechselspiel mit der „integrierten Prozess- und Systemstrukturierung“ durchgeführt.

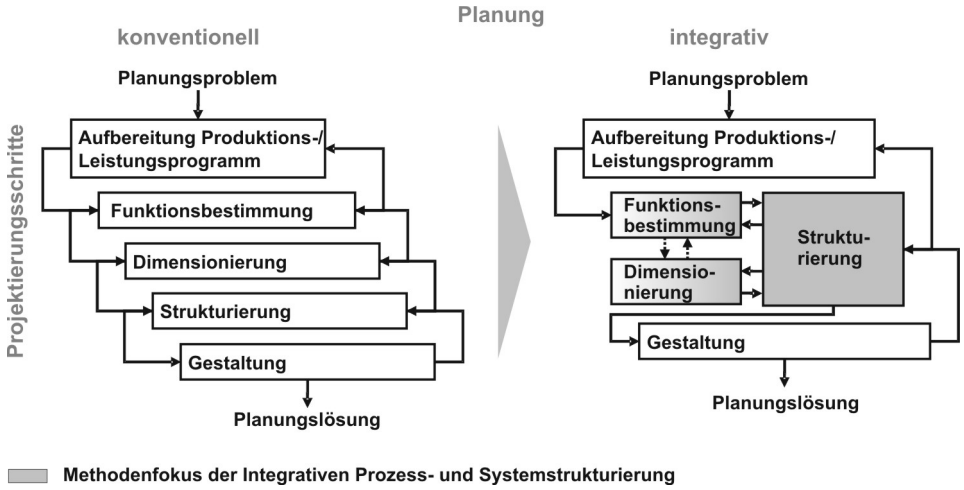


Abbildung 49: 3. Ansatz – flexibler Planungsprozess dargestellt am Beispiel einer im Planungsablauf vorverlegten integrierten Prozess- und Systemstrukturierung

4. Ansatz – Aufbereitung strukturierungsrelevanten Contents unter besondere Verwendung von Strukturtypen als Repräsentanten/Grundgestalten

Der 4. methodische Ansatz nimmt Bezug zum Bereich des Problemfeldes, wonach die Qualität sowohl des planenden als auch des zu planenden Systems entscheidend davon abhängig ist, welche support-bietenden Inhalte – hier genannt strukturierungsrelevanter Content – dem Planungsprozess zugeführt werden können. Eine geeignete Wahl des Abstraktionsgrades der Grobfunktionen sowie deren abzählbar-handhabbaren Menge eröffnen die Chance, diesen Content zu ordnen und zweckmäßig zu integrieren, um ihn in aufbereiteter Form neuen Planungsprozessen zugängig und verfügbar zu machen.

Eine exponierte Stellung strukturierungsrelevanten Contents für die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze nehmen Struktur-repräsentanten/-grundgestalten in Verbindung mit passfähigen Modellen ein, da sie eine Analyse und Synthese von Systemstrukturen maßgeblich unterstützen können. Für die problematisierten Flusssystemstrukturen produktionslogistischer Systeme soll u.a. eine Analyse und Synthese mittels Strukturtypen und deren Kombinationen möglich sein. Die Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur zeichnen sich dadurch aus, dass sie für Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystemstrukturen gleichermaßen anwendbar sind, da sie eine komprimierte Abbildung deren Elemente und Strukturen verkörpern. Mittels Strukturtypen können

bestehende Logistikstrukturen analysiert und dekomponiert sowie synthetisiert und komponiert werden. Strukturtypen ermöglichen somit eine Systematisierung von Logistikstrukturen und infolgedessen eine Rationalisierung des Planungsprozesses.

Logistikstrukturen in kompetenzzellenbasierten Netzen sind geprägt von einer hohen Dynamik und Komplexität. Demgegenüber besitzen die planenden Kompetenzzellen aufgrund ihrer Elementarität nur ein begrenztes Problemlösungsvermögen. Das zu entwerfende Methodenkonzept muss sich trotz oder gerade wegen der vorherrschenden Komplexität und Dynamik durch Einfachheit und Rationalität auszeichnen. Hier können bausteinartige Lösungen wie Strukturtypen oder vorgefertigte Lösungen wie Referenzprozesse weiterhelfen. Aufgrund deren Wiederholhäufigkeit kann ein schneller (verkürzter), rationeller (effizienter), nachvollziehbarer Planungsprozess vorausgesehen werden.

Die Verwendung der Strukturtypen im Sinne von Bausteinen für Strukturen geht einher mit einem wahlweise Top Down- oder Bottom Up-Vorgehen während der Strukturierung. Beim Top Down-Vorgehen werden die Strukturen von der obersten zur niedrigsten Ordnungsebene dekomponiert und die entsprechenden Strukturtypen bestimmt. Beim Bottom Up-Vorgehen werden die Strukturen von der niedrigsten zur obersten Ordnungsebene durch Strukturtypkombination komponiert.

Das Bilden von Strukturen geht einher mit dem Bilden von Struktureinheiten. Beim Top Down-Vorgehen werden die Struktureinheiten als Bausteine der übergeordneten Struktur in ihrer eigenen Struktur als der nunmehr untergeordneten Struktur betrachtet. Beim Bottom Up-Vorgehen dienen die Struktureinheiten der untergeordneten Struktur als Bausteine für die Bildung der übergeordneten Struktur. Das Bilden von Struktureinheiten ist prinzipiell über alle Systemarten hinweg möglich.

6.3 Methodenableitung

Die Methodenableitung ist der Lösungssynthese und -analyse des Problemlösungszyklus' zugehörig. Die Konzeption für die Planungsmethode wird konsequent ausgerichtet an den Anforderungen sowie Argumenten, Grundideen und Ansätzen abgeleitet und entwickelt. Die Methodenableitung erfolgt in drei Stufen:

1. Ausgehend vom Sichtenkonzept/Metamodell wurde bereits der Beschreibungsrahmen als Grundlage und Ausgangspunkt zur Gewinnung eines generischen Beschreibungsvorrates anwendbar für Produktions- und Logistiksysteme entwickelt (vgl. Abschnitt 5.2). Nunmehr wird unter Verwendung und Fortentwicklung der Beschreibungskategorien des Beschreibungsrahmens der in den Vorbetrachtungen bereits angesprochene Methodenfokus gesetzt und die Generierung von Beschreibungsvorrat (u.a. Grobfunktionen) behandelt.
2. Danach werden als Einordnung des Methodenkonzeptes Assoziationen zwischen dem Methodenkonzept der IPSS und dem von PlaNet erklärt.
3. Letztlich erfolgt eine Detaillierung und Ausgestaltung des Methodenkonzeptes der IPSS in Form einer Strukturierungsbibliothek.

6.3.1 Entwurf Methodenkonzept

6.3.1.1 Methodenfokus

Der Fokus der Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung soll entsprechend den Vorbetrachtungen auf der Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den in Art(, Anzahl und Anordnung) zu bestimmenden Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten sowie deren Strukturen liegen.

Die vom Methodenfokus betroffenen Beschreibungskategorien des Beschreibungsrahmens sind am ORa_{BVG} (Abbildung 50) dargestellt.

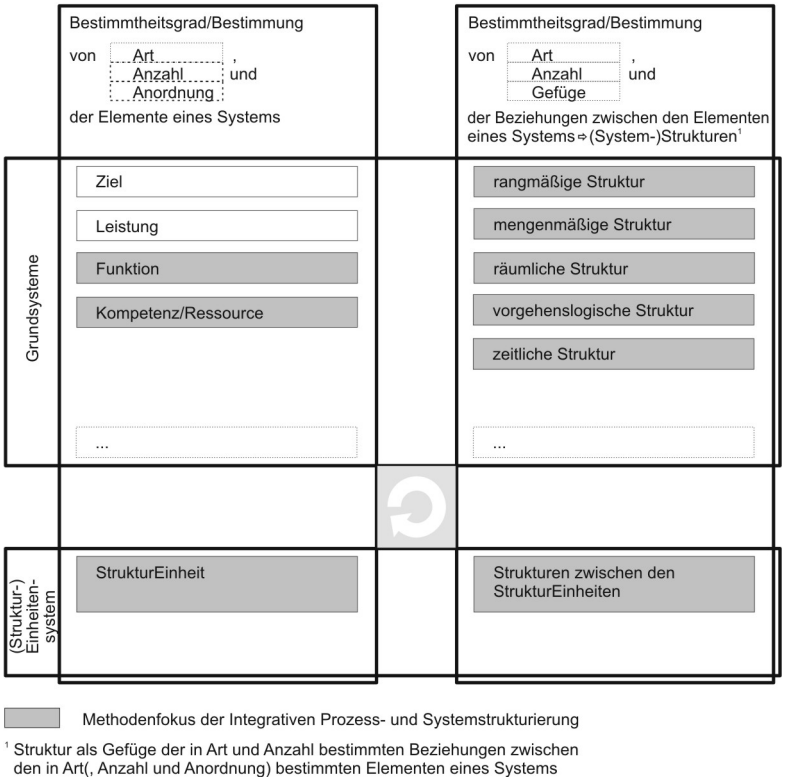


Abbildung 50: Ordnungsrahmen der Beschreibungsvorratsgenerierung mit Methodenfokus

Diese sollen domänen- und kontextadäquat ausgestaltbar sein. Dabei soll auf strukturierungsrelevanten Content, u.a. auf einzubeziehende Prinzipien, Vorgehensweisen, Methoden, Optionen oder Repräsentanten zurückgegriffen werden können. Aufgesetzt wird beispielsweise auf Strukturierungsprinzipien, Maßnahmekatalogen zur Strukturveränderung von Prozessen sowie Strukturtypen im Sinne von Strukturgrundbausteinen für Flusssysteme.

6.3.1.2 Generierung Beschreibungsvorrat

Die Konzeption der Methode beruht gemäß *Hypothese 1* auf der Grundannahme, dass sich die im Beschreibungsrahmen enthaltenen Elementarten (Ziel, Leistung,

Funktion, Kompetenz/Ressource, Struktureinheit) mit den (Beziehungs-/)Strukturarten (rangmäßige, mengenmäßige, räumliche, vorgehenslogische, zeitliche Struktur) in den jeweiligen Systemarten uneingeschränkt kombinatorisch verknüpfen lassen.[56]

Die Anzahl an Kombinationen bestimmt sich somit aus der Existenz/Nicht-Existenz der jeweils 5 systemischen Element- und Strukturarten:

$$2^5 \times 2^5 = 1024. \quad (5)$$

Einerseits könnte sich herauskristallisieren, dass einige der Kombinationen nicht existent sind. Andererseits könnten als bisher nicht-existent angesehene Kombinationen nunmehr hervortreten.

Werden jeweils die Null-Kombinationen vernachlässigt, reduziert sich die Anzahl an Kombinationen auf:

$$(32 - 1) \times (32 - 1) = 961. \quad (6)$$

Werden im Sinne von Mengenbetrachtungen die Kombinationen der Elementarten (Null-Kombinationen der Strukturarten), welche gegenüber den Strukturarten auch allein auftreten können, wiederum miteinbezogen, erhöht sich die Anzahl an Kombinationen auf:

$$(32 - 1) \times (32) = 992. \quad (7)$$

Jeder Pfad als zusammenhängende Verbindungen über die Felder einer solchen Matrix würde eine prinzipiell mögliche Vorgehensweise zur Planung eines Systems repräsentieren. Jedes Muster an Matrixfeldern könnte einen Planungsfall verkörpern.

Diese Kombinatorik besitzt den Vorteil, dass Kombinationen von Element- über eine oder mehrere Strukturarten hinweg oder von Struktur- über eine oder mehrere Elementarten hinweg darstellbar sind.

Diese Kombinatorik besitzt jedoch auch Nachteile:

1. Die einzelne Nicht-Existenz an Kombinationen bei Kombinationen mehrerer Element- mit mehreren Strukturarten wird nicht zugelassen, d.h. es müssen stets die jeweiligen Element- mit den jeweiligen Strukturarten kombiniert sein.[57]
2. Ein Fortschritt im Planungsprozess wäre redundant darstellbar sowohl über die nächstfolgend angesprochene Einzel-Kombination oder die nunmehr angesprochene Gesamt-Kombination. Ähnliches gilt für die Darstellung des jeweils vorliegenden Planungsfalles.

Werden alternativ nur die einfachen Kombinationen von Element- und Strukturarten betrachtet, ergeben sich:

$$5 \times 5 = 25 \quad (8)$$

Einfach-Kombinationen, welche zur Beschreibungsvorratsmatrix$_{25}$ innerhalb des ORa_{BV} (Abbildung 51) führen.

---

[56] Die Element- und Strukturarten sind orthogonal zueinander.
[57] Es sei denn, eine solche Nicht-Existenz wird trotz Nennung akzeptiert.

Diese können wiederum zu Mehrfach-Kombinationen kombiniert werden, was die eigentliche Anzahl möglicher Kombinationen von Element- und Strukturarten ergibt. Die Anzahl an Kombinationen bestimmt sich damit aus der Existenz/Nicht-Existenz der 25 Einfach-Kombinationen:

$$2^{25} = 33.554.432. \quad (9)$$

Wird die Null-Kombination vernachlässigt, ergibt sich:

$$33.554.432 - 1 = 33.554.431. \quad (10)$$

Dies beseitigt die benannten Nachteile, jedoch auch den benannten Vorteil.[58] Zudem bleiben die Null-Kombinationen der Strukturarten – die bloßen Kombinationen der Elementarten – unberücksichtigt. Praktisch ist die Anzahl an Kombinationen wenig handhabbar (gerade im Hinblick auf die avisierte Anwendung in Planungsprozessen).

Folglich sollen lediglich die Einfach-Kombinationen von Element- und Strukturarten unter Hinzunahmen der bloßen Kombinationen der Elementarten für eine nähere Betrachtung herangezogen werden. Es ergeben sich:

$$5 + 5 \times 5 = 30 \quad (11)$$

Kombinationen, welche zur Beschreibungsvorratsmatrix$_{30}$ innerhalb des ORa_{BV} (Abbildung 51) führen.

Werden also für die Elementarten (Ziel, Leistung, Funktion, Kompetenz/Ressource, Struktureinheit) sowie Einfach-Kombinationen zwischen diesen und den Strukturarten (rangmäßige, mengenmäßige, räumliche, vorgehenslogische, zeitliche Struktur) als dem Set an zugrunde liegenden 30 Beschreibungskonstrukten Bestimmtheitsgrade für deren Instanzen und zugehörige (Bestimmungs-)Funktionen eingeführt, ergeben sich jeweils Set's an 30 Bestimmtheitsgraden und an zugehörigen Grobfunktionen (Abbildung 51).

Den gesamten Beschreibungsvorrat mit 30 Beschreibungskonstrukten (inkl. hieraus ableitbaren Instanzen), 30 Grobfunktionen und 30 Bestimmtheitsgraden enthält die Beschreibungsvorratsmatrix$_{30}$ (BVM_{30}). Die Matrizen, welche die 30 Beschreibungskonstrukte, 30 Beschreibungskonstruktinstanzmengen, 30 Grobfunktionen und 30 Bestimmtheitsgrade separat enthalten, werden als Beschreibungskonstruktmatrix$_{30}$ (BKM_{30}), Beschreibungskonstruktinstanzmatrix$_{30}$ ($BKIM_{30}$), Grobfunktionsmatrix$_{30}$ (GFM_{30}) und Bestimmtheitsgradsmatrix$_{30}$ (BGM_{30}) bezeichnet:

$$BVM_{30} = (BKM_{30}, BKIM_{30}, GFM_{30}, BGM_{30}) \quad (12)$$

---

[58] Die Problematik besteht hierbei darin, dass auch Kombinationen von unterschiedlichen Element- mit unterschiedlichen Strukturarten existieren können, diese aber mit den Einfach-Kombinationen nicht erfasst werden (können). So werden im eEPK der vorgehenslogischen Struktur der Funktionen u.a. Ressourcen und Leistungen zugeordnet, was diese ebenso in eine vorgehenslogische Struktur bringt. „Gemischte" Darstellungen von Logistikstrukturen enthalten vorgehenslogische und/oder räumliche Strukturen von Funktionen und Ressourcen bzw. Struktureinheiten. Fluss(system)strukturen verkörpern eine äußerst komprimierte Beschreibung der Elementarten Leistung (inkl. Geschäftsobjekt), Funktion, Ressource und Struktureinheit in Kombination mit allen Strukturarten.
Struktureinheiten stellen mengenmäßige Strukturen verschiedener Grundelemente dar.
Kombinierte oder „gemischte" Darstellungen sind häufig „Überlagerungen" von verschiedenen Element- in gleichen Strukturarten oder von verschiedenen Struktur- mit gleichen Elementarten.

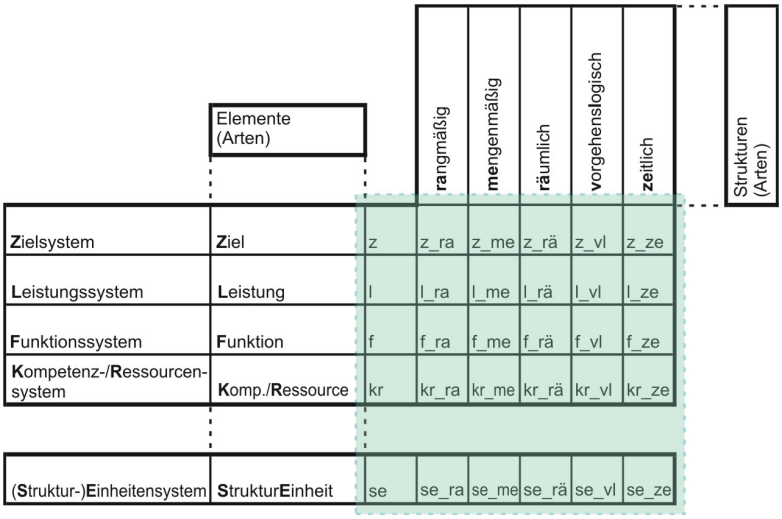


Abbildung 51: Ordnungsrahmen des Beschreibungsvorrates mit Beschreibungsvorratsmatrix$_{30}$: Kombinationen von Elementarten plus Einfach-Kombinationen von Element- und Strukturarten

Muss der Sinnfälligkeit der Elementarten nicht nachgegangen werden, so sind die Einfach-Kombinationen der Element- und Strukturarten einer Sinnfälligkeitsanalyse zu unterziehen (Tabelle 12). Diese muss zeigen, inwieweit den durch formale Kombination entstandenen Einfach-Kombinationen eine Bedeutung gegeben werden kann. Ferner ist zu klären, welche Anwendungsfälle Verwendungen für die Einfach-Kombinationen bereithalten und in welcher Form (z.B. Diagramme, Dokumente) die zugehörigen Daten abgebildet werden können.[59]

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Bedeutung, typische Anwendungsfälle und Abbildungen
z_ra	rangmäßige Zielstruktur (syn. Zielhierarchie)	die rangmäßige Struktur der Ziele gibt deren Gewichtung bzw. deren Generalisierung/Spezialisierung an; typische Anwendungsfälle: Zielplanung, Aufstellung Ziel-/Kennzahlensystem; typisches Diagramm: Zieldiagramm
z_me	mengenmäßige Zielstruktur (syn. Zielmenge)	die mengenmäßige Struktur der Ziele gibt den Umfang der betrachteten Ziele (Zielgrößen) an; typischer Anwendungsfall: mehrkriterielle Zielfunktion; typische Diagramme/Dokumente: Radardiagramm, Pflichtenheft, Lastenheft, Anforderungsliste
z_rä	räumliche Ziel-struktur (syn. Zieltopologie)	in einer räumlichen Struktur der Ziele wird vermeintlich kein Sinn erkannt
z_vl	vorgehens-logische Ziel-struktur (syn. Zielabfolge)	die vorgehenslogische Struktur der Ziele gibt eine gewünschte Abfolge der Zielerreichung an oder spiegelt eine abhängige Reihenfolge wider; typischer Anwendungsfall: Projektmanagement; typisches Diagramm: Gantt-Diagramm mit Meilensteinen
z_ze	zeitliche Ziel-struktur (syn. Zielzeit(punkt))	die zeitliche Struktur der Ziele gibt die Zeit oder den Zeitpunkt der Zieler-reichung an; typische Anwendungsfälle: Projektmanagement, Zielverein-barungen in Unternehmen; typische Diagramme/Dokumente: Gantt-Diagramm mit Meilensteinen, Zielvereinbarung

[59] Häufig werden Strukturdaten (betrifft alle Strukturarten) auch in Form von Attributwerten abgebildet.

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Bedeutung, typische Anwendungsfälle und Abbildungen
l_ra	rangmäßige Leistungsstruktur (syn. Leistungs-hierarchie)	die rangmäßige Struktur der Leistungen gibt an, welche untergeordneten Leistungen in übergeordnete Leistungen eingehen und umgekehrt; typischer Anwendungsfall: Aufstellung Strukturstückliste für Produkte, Baugruppen und Teile; typische Diagramme/Dokumente: Leistungsbaum, Stückliste
l_me	mengenmäßige Leistungsstruktur (syn. Leis-tungsmenge)	die mengenmäßige Struktur der Leistungen gibt an, in welchem Umfang Leis-tungen erbracht wurden, werden bzw. werden sollen/können; typischer An-wendungsfall: Aufbereitung Produktions-/Leistungsprogramm (in Verbindung mit anderen (Leistungs-)Strukturen); typisches Dokument: Mengengerüst
l_rä	räumliche Leistungsstruktur (syn. Leistungs-topologie)	die räumliche Struktur der Leistungen gibt an, wo sich Quellen (Angebote) bzw. Senken (Bedarfe) von Leistungen befinden; typischer Anwendungsfall: Logistikleistungsplanung; typische Dokumente: Bedarfsmatrix, Transport-auftragstabelle
l_vl	vorgehens-logische Leistungsstruktur (syn. Leistungs-abfolge)	die vorgehenslogische Struktur der Leistungen gibt an, in welcher Abfolge/ Reihenfolge Leistungen gefordert, angeboten, durchzuführen und zu erbringen sind bzw. waren; typischer Anwendungsfall: Bestimmung Einschleusreihenfolge Fertigungsaufträge; typisches Dokument: Warte-schlangenliste
l_ze	zeitliche Leis-tungsstruktur (syn. Leistungs-zeit(punkt))	die zeitliche Struktur der Leistungen gibt an, in welcher Zeit und/oder zu welchen Zeitpunkten Leistungen erbracht wurden, werden bzw. werden sollen/können; typischer Anwendungsfall: Bestimmung Fertigungsplatz-belegungszeiten; typisches Dokument: Gitterpunktgraph
f_ra	rangmäßige Funktionsstruktur (syn. Funktions-hierarchie)	die rangmäßige Struktur der Funktionen gibt an, aus welchen untergeord-neten Funktionen sich übergeordnete Funktionen zusammensetzen und umgekehrt; typische Anwendungsfälle: Produktentwicklung/Konstruktion, Fabrikplanung; typisches Diagramm: Funktionsbaum
f_me	mengenmäßige Funktionsstruktur (syn. Funktions-menge/-bündel, Operations-menge)	die mengenmäßige Struktur der Funktionen gibt den Funktionsumfang an; typische Anwendungsfälle: Produktentwicklung/Konstruktion, Funktions-bestimmung; typisches Diagramm: Prozessauswahlmatrix
f_rä	räumliche Funktionsstruktur (syn. Funktions-topologie)	die räumliche Struktur der Funktionen gibt an, wo/in welcher topologischen Anordnung Funktionen ausgeführt werden (sollen/können); typische Anwen-dungsfälle: Produktions- und Logistiksystemplanung; typische Diagramme/ Dokumente: flächenmaßstäbliches Funktionsschema, Sankey-Diagramm, Groblayoutplan
f_vl	vorgehens-logische Funktionsstruktur (syn. Funktions-(ab)folge)	die vorgehenslogische Struktur der Funktionen gibt an, in welcher Abfolge/ Reihenfolge Funktionen (Prozessstruktur im engsten Sinne) ausgeführt werden (sollen/können); typische Anwendungsfälle: Arbeitsplanung, Prozess-planung, Produktions(system)planung; typische Diagramme: Programm-ablaufplan, Wertschöpfungskettendiagramm, Netzplan, Gantt-Diagramm
f_ze	zeitliche Funk-tionsstruktur (syn. Funktions-zeit(punkt))	die zeitliche Struktur der Funktionen gibt an, in welcher Zeit (auch Dauer) und/oder zu welchen Zeitpunkten Funktionen (Prozessstruktur im engsten Sinne) ausgeführt werden (sollen/können); typische Anwendungsfälle: Arbeitsplanung, Prozessplanung, Produktions(system)planung; typische Diagramme: Netzplan, Gantt-Diagramm

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Bedeutung, typische Anwendungsfälle und Abbildungen
kr_ra	rangmäßige Kompetenz-/ Ressourcen-struktur (syn. Kompetenz-/ Ressourcen-hierarchie)	die rangmäßige Struktur der Kompetenzen/Ressourcen gibt an, aus welchen untergeordneten Kompetenzen/Ressourcen sich übergeordnete Kompetenzen/Ressourcen zusammensetzen und umgekehrt; typischer Anwendungsfall: Facility-Management; typische Diagramme: Wissensstrukturdiagramm, Technisches Ressourcendiagramm
kr_me	mengenmäßige Kompetenz-/ Ressourcen-struktur (syn. Kompetenz-/ Ressourcen-dimension)	die mengenmäßige Struktur der Kompetenzen/Ressourcen gibt deren Umfang (deren Dimension) an; typischer Anwendungsfall: Dimensionierung; typische Diagramme/Dokumente: Technisches Ressourcendiagramm, Betriebsmittel- bzw. Verbraucherliste
kr_rä	räumliche Kompetenz-/ Ressourcen-struktur (syn. Kompetenz-/ Ressourcen-topologie/ -anordnung)	die räumliche Struktur der Kompetenzen/Ressourcen gibt deren örtliche Anordnung (deren Standort) als Topologie an; typische Anwendungsfälle: räumliche Strukturierung (vgl. u.a. Modifiziertes Dreiecksverfahren), Layout-/ Standortplanung; typische Diagramme/Dokumente: Strukturgraph, Layout-plan, Netztopologieplan
kr_vl	vorgehens-logische Kompe-tenz-/Ressour-censtruktur (syn. Kompetenz-/ Ressourcen-(nutzungs)folge)	die vorgehenslogische Struktur der Kompetenzen/Ressourcen gibt die Abfolge/Reihenfolge der Kompetenzen/Ressourcen (deren Nutzung/ Belegung) an; typische Anwendungsfälle: räumliche Strukturierung (vgl. u.a. Martin-Verfahren), PPS; typisches Diagramm: Gantt-Diagramm (in Verbindung mit anderen Strukturabbildungen)
kr_ze	zeitliche Kompetenz-/Res-sourcenstruktur (syn. Kompe tenz-/Ressourcen (belegungs)zeit-(punkt))	die zeitliche Struktur der Kompetenzen/Ressourcen gibt an, in welcher Zeit (auch Dauer) und/oder zu welchen Zeitpunkten die Kompetenzen/Ressourcen im Sinne von (kapazitiven) Belegungs-/Nutzungszeiten beansprucht werden (sollen/können); typische Anwendungsfälle: zeitliche Strukturierung, Dimen-sionierung (vgl. u.a. DYNAMIS-P), PPS; typische Diagramme/Dokumente: Ressourcenbelastungsdiagramm, Personaleinsatzplan, Betriebsmittel-kalender, Gantt-Diagramm (in Verbindung mit anderen Strukturabbildungen)
se_ra	rangmäßige Einheitenstruktur (syn. Organisa-tions(aufbau) struktur)	die rangmäßige Struktur der Einheiten gibt an, aus welchen untergeordneten Einheiten sich übergeordnete Einheiten zusammensetzen und umgekehrt; typische Anwendungsfälle: Struktureinheitenbildung, hierarchische Strukturierung (vgl. u.a. SiDiS^{GA}), Bestimmung der Aufbauorganisation; typisches Diagramm: Organigramm
se_me	mengenmäßige Einheitenstruktur (syn. Einheiten-dimension)	die mengenmäßige Struktur der Einheiten gibt deren Umfang (deren Dimension) an; typische Anwendungsfälle: Struktureinheitenbildung, Dimensionierung, hierarchische Strukturierung (vgl. u.a. SiDiS^{GA}); typische Diagramme/Dokumente: Verbindungsmatrix, Organigramm

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Bedeutung, typische Anwendungsfälle und Abbildungen
se_rä	räumliche Einheitenstruktur (syn. Einheiten-topologie, Ein-heitenanordnung)	die räumliche Struktur der Einheiten gibt deren örtliche Anordnung (deren Standort) als Topologie an; typische Anwendungsfälle: Struktureinheiten-bildung, räumliche Grobstrukturierung (vgl. u.a. $SiDiS^{GA}$), Layout-/Standort-planung; typische Diagramme: Strukturgraph, Layoutplan, Netztopologieplan
se_vl	vorgehens-logische Ein-heitenstruktur (syn. Einheiten-(nutzungs)folge)	die vorgehenslogische Struktur der Einheiten gibt die Abfolge/Reihenfolge der Einheiten (deren Nutzung/Belegung) an; typische Anwendungsfälle: Grob-strukturierung (vgl. u.a. $SiDiS^{GA}$), Auftragsmanagement; typische Diagramme: Strukturgraph, Gantt-Diagramm (in Verbindung mit anderen Struktur-abbildungen)
se_ze	zeitliche Einheitenstruktur (syn. Einheiten-(belegungs)zeit (punkt))	die zeitliche Struktur der Einheiten gibt an, in welcher Zeit (auch Dauer) und/oder zu welchen Zeitpunkten die Einheiten im Sinne von (kapazitiven) Belegungs-/Nutzungszeiten beansprucht werden (sollen/können); typischer Anwendungsfall: PPS; typische Diagramme: Einsatzplantafel, Betriebs-kalender, Gantt-Diagramm (in Verbindung mit anderen Strukturabbildungen)

Tabelle 12: Beschreibung der Einfach-Kombinationen zwischen Element- und Strukturarten

Die Sinnfälligkeitsanalyse der Einfach-Kombinationen zwischen Element- und Strukturarten in Tabelle 12 zeigt, dass nur eine (räumliche Zielstruktur) vermeintlich unsinnig ist. Die Beschreibungen (Bezeichnung; Bedeutung, typische Anwendungs-fälle und Abbildungen) lassen die Sinnfälligkeit und Anwendungsnähe der Einfach-Kombinationen erkennen. Hiermit wird *Hypothese 1* exemplarisch verifiziert.

Die Elementarten (Ziel, Leistung, Funktion, Kompetenz/Ressource, Struktureinheit) wie auch die Strukturarten können weiter differenziert werden. So macht es sich in der Produktionssystemplanung häufig notwendig, in die unmittelbaren bzw. mittel-baren Elemente, z.B. in die Ressourcenarten Bearbeitungseinrichtungen bzw. Speicher- und Transporteinrichtungen, aufgrund deren abhängiger Bestimmbarkeit zu unterscheiden (vgl. [107]). Die Anzahl an Kombinationen steigt dann wieder an.

Vorgehensweisen (und Methoden) der Planung lassen sich als Pfade über die GFM_{30} darstellen. Die Bestimmungsreihenfolge der Beschreibungskonstruktinstanzen wird je nach Planungsfall differieren und sich in unterschiedlichen Vorgehensweisen äußern.

Für die Vorgehensweise der klassischen Neuplanung eines produktionslogistischen Systems lässt sich die Bestimmung der Element- und Strukturarten in eine gewisse Reihenfolge bringen. So werden die Elementarten oft in der Reihenfolge: 1. Ziel, 2. Leistung, 3. Funktion, 4. Kompetenz/Ressource, 5. Struktureinheit bestimmt. Für die zugehörigen Strukturarten ist die Reihenfolge weniger klar. Durchaus plausibel ist die Reihenfolge: 1. rangmäßig, 2. mengenmäßig, 3. räumlich, 4. vorgehenslogisch, 5. zeitlich. Damit ergeben sich tendenziell Pfade als Kaskaden über die GFM_{30} ausgerichtet an deren Hauptdiagonale.

6.3.1.3 Mächtigkeit Beschreibungsvorrat

Mit folgenden Vereinbarungen erreicht die BVM_{30} die gleiche Mächtigkeit wie die explizite Angabe und Anwendung der vollständigen Kombinatorik:

- Um Mehrfachkombinationen von Element- und Strukturarten einzubeziehen, ist es zulässig, mehrere Felder der BVM_{30} zugleich anzusprechen.
- Die Elementart Struktureinheit kann ihrem Wesen nach als Repräsentant für Mehrfachkombinationen fungieren.
- Im Planungsprozess erfolgt eine „Delta-Bestimmung“, d.h. es werden sukzessive Element- und Strukturarten mit verschiedenen Bestimmtheitsgraden ihrer Instanzen fortschreitend hinzugenommen. Damit wird von einer „absoluten“ auf eine „relative“ Formulierung des Planungsprozesses übergangen.
- Es wird auf die wesentlichen, in die Prozesse und Systeme involvierten Element- und Strukturarten, ebenfalls im Sinne einer „relativen Formulierung“, fokussiert. Insofern wird ausschließlich auf die offensichtlich tangierten Felder der BVM_{30} abgestellt.

6.3.2 Einordnung Methodenkonzept

Das Planungskonzept für Netze – PlaNet ist als ein auf dem SysEng beruhendes Regelwerk zu verstehen, welches insbesondere eine integrative Planung der Logistikstrukturen und Produktionsstätten über abgestimmte methodische Komponenten gewährleistet. Demgemäß besitzt das Methodenkonzept der IPSS vielfältige Assoziationen zum Methodenkonzept von PlaNet.[60]

Die Assoziationen können sich folgendermaßen gestalten:

- methodische Komponenten von PlaNet werden durch die IPSS genutzt (z.B. Ganzheitliche Planungsmethode)
- methodische Komponenten von PlaNet werden durch die IPSS angepasst übernommen (z.B. Vorgehenslogik PlaNet ⇨ Grobablauf IPSS)
- methodische Komponenten von PlaNet werden durch die IPSS erweitert bzw. detaillierter untersetzt (Vorgehensweisenbibliothek PlaNet ⇦ Strukturierungsbibliothek IPSS)

Nachfolgend wird auf Assoziationen von Komponenten des Methodenkonzeptes der IPSS zu Komponenten von PlaNet (vgl. Abschnitt 1.3 mit Abbildung 4) eingegangen.

Systemdenken und Modellvorstellung innerhalb des Methodenkonzeptes – Bezug zum Sichtenkonzept/Metamodell

Die Beschreibungskategorien des Beschreibungsrahmens der IPSS sind u.a. aus dem Sichtenkonzept/Metamodell heraus entwickelt (vgl. Abschnitt 5.2.1).

---

[60] Somit beruht das Methodische Konzept der IPSS mittelbar auf dem SysEng.

Grobablauf innerhalb des Methodenkonzeptes – Bezug zur Vorgehenslogik von PlaNet

Der Grobablauf der IPSS vollzieht sich konform zur Vorgehenslogik von PlaNet nach folgenden Schritten:

1. Klassifikation von Planungsfällen (mit Strukturierungsproblemstellungen) unter Zugrundelegung der Bestimmtheitsgrade.
2. Entwicklung und Hinterlegung von Vorgehensweisen (evtl. in Varianten und diversen Detaillierungsgraden) für typische Planungsfälle in der Strukturierungsbibliothek. Je Planungsfall weisen Bestimmtheitsgrade mit signifikant anzuhebenden Niveaus auf auszuführende Grobfunktionen hin. Diese sind auszugestalten und in vorgehenslogische Strukturen zu bringen. Den Planungsprozessalternativen sind die nötigen Ein-/Ausgangsdaten, Instrumentarien, abstrakten Realisierer in Form von Rollen usw. beizuordnen.
3. Anhand der Bestimmtheitsgrade und unter Einbezug verschiedener Methoden (z.B. morphologisch-typologische Methode, Checkliste) sowie anschließender Plausibilitätsprüfung kann der vorliegende Planungsfall deklariert werden.[61]
4. Aus den für typische Planungsfälle hinterlegten Planungsprozessen ist ein geeigneter Planungsprozess auszuwählen und an die konkrete Problemstellung zu adaptieren. Falls kein nutzbarer Planungsprozess vorliegt, kann gegebenenfalls, da die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen bekannt ist, relativ zügig ein Prozess generiert werden.
5. Durch Abarbeitung des ausgewählten Planungsprozesses werden, evtl. unter Verwendung bereits „vorgefertigter“ (Teil-)Lösungen, Systemlösungsvarianten aufgestellt, deren Bewertung letztendlich die präferierte Planungslösung liefert.

Aus dem Ablauf wird deutlich, dass prinzipiell über die Schritte hinweg zwei soziotechnische Systeme aufzustellen sind:

- das zu planende, primäre, unmittelbare soziotechnische System (Objekt/Zweck der Planung) und
- das planende, sekundäre, mittelbare soziotechnische System (Prozess/Mittel zur Planung).[62]

Vorgehensweisenschema innerhalb des Methodenkonzeptes – Bezug zur Ganzheitlichen Planungsmethode und Vorgehensweisenbibliothek von PlaNet

Die Vorgehensweisen zur Aufstellung der beiden soziotechnischen Systeme folgen dem Schema der Ganzheitlichen Planungsmethode.

---

[61] Die Bestimmung der Bestimmtheitsgrade als Maße für die Übereinstimmung von Soll- und Istzustand hinsichtlich des Planungsobjektes ist logischerweise von der genauen Kenntnis deren Zustände abhängig. Denkbar sind objektive Bestimmungen anhand von Führungs- und Messgrößen wie auch subjektive Bestimmungen durch Planungsbetroffene. Dabei ist es häufig ausreichend zu wissen, ob ein Bestimmtheitsgrad gleich oder kleiner 1 ist oder im Vergleich zu einem anderen Bestimmtheitsgrad kleiner oder größer ist. (vgl. hierzu auch [14])

[62] Die Planung eines Planungsprozesses wird auch als Meta-Planung bezeichnet.

Die Schritte des Grobablaufs sind somit mit je einer Vorgehensweise nach dem Schema der Ganzheitlichen Planungsmethode untersetzbar. Dabei wird auf die Bestimmtheitsgrade, Grobfunktionen und Beschreibungskonstruktinstanzen in den Phasen Vor-, Haupt- und Detailstudie des Phasenmodells sowie in den Schritten Anstoß, Situationsanalyse, Zielformulierung, Synthese und Analyse von Lösungen, Bewertung, Entscheidung und Ergebnis/Anstoß des Problemlösungszyklus' in unterschiedlicher Art und Weise zurückgegriffen.

Die Bestimmtheitsgrade können im ersten Schritt des Grobablaufs zur Klassifikation, im dritten zur Identifikation der Planungsfälle eingesetzt werden. Theoretisch sind:

$$2^{30} = 1.073.741.824 \qquad (13)$$

Planungsfälle denkbar.

In den Schritten zwei, vier und fünf des Grobablaufs dokumentieren die Bestimmtheitsgrade den jeweiligen Planungszustand. Dabei steigen die Bestimmtheitsgrade angefangen von der Vorstudie über die Hauptstudie bis hin zur Detailstudie in ihrem Niveau (im Kontinuum von 0 bis 1) an. Die Planungszustandsbeschreibung geht in alle Schritte des Problemlösungszyklus' ein.

Die Bestimmtheitsgrade geben Hinweise auf die auszuführenden Grobfunktionen. Die Grobfunktionen sind für die Schritte zwei, vier und fünf des Grobablaufs relevant. Im Schritt zwei werden über die Grobfunktionen Planungspfade als Vorgehensweisen der Planung vordefiniert und in der Strukturierungsbibliothek als Teil der Vorgehensweisenbibliothek von PlaNet hinterlegt. Im Schritt vier werden die hinterlegten Vorgehensweisen adaptiert oder bei Nichtvorhandensein neue Vorgehensweisen als Pfade über die GFM_{30} angelegt, welche letztlich im Schritt fünf abgearbeitet werden. Die GFM_{30} wird in den Phasen Vor-, Haupt- und Detailstudie mit ausgestalteten Funktionen überstrichen. Situationsanalyse, Zielformulierung, Synthese und Analyse von Lösungen sind die hauptsächlich unterstützten Schritte im Problemlösungszyklus.

Die (Daten zu den) Beschreibungskonstruktinstanzen repräsentieren die Ein- und Ausgangsgrößen der Planung. Die Grobfunktionen dienen der Überführung von Ein- in Ausgangsgrößen bzw. -daten. Den Bestimmungszustand der Größen bzw. Daten geben die Bestimmtheitsgrade (als Daten) wieder.

Beschreibungskonstruktinstanzen repräsentieren in den Schritten zwei und vier des Grobablaufs primär das planende System, im Schritt fünf primär das zu planende System. Die Beschreibungskonstruktinstanzen werden über die Phasen Vor-, Haupt- und Detailstudie stetig konkretisiert (z.B. von Repräsentanteninstanzen zu konkreteren bzw. konkreten Instanzen). Die Beschreibungskonstruktinstanzen sind vornehmlich Gegenstand von Lösungssynthese und -analyse im Problemlösungszyklus.

Die Benennung des planenden soziotechnischen Systems alternativ als Planungsprozess (auch Vorgehensweise der Planung) sei lediglich dem Systems Engineering Konzept oder gängigen Begrifflichkeiten geschuldet. Nichtsdestotrotz sind diese Begrifflichkeiten u.a. verantwortlich für die Namensgebung der Methode.

Planungsprobleme innerhalb des Methodenkonzeptes – Bezug zu den Planungsfällen von PlaNet

Planungsfälle mit Strukturierungsproblemstellungen sind Gegenstand der IPSS. Die Nutzbarmachung der Bestimmtheitsgrade zur Systematisierung von Planungsfällen ist übertragbar auf PlaNet.

Ableitbare Lösungen unter Anwendung des Methodenkonzeptes – Bezug zu den Gestaltungslösungen von PlaNet

Die Ableitung von Lösungen für Strukturierungsproblemstellungen unter Anwendung des Methodenkonzeptes führt analog zu PlaNet zu Gestaltungs- und Vorzugslösungen für Produktions- und Logistiksysteme (vgl. hierzu Kapitel 7). „Vorgefertigte und -geprüfte“ Gestaltungs- und Vorzugslösungen können in den Planungsprozess eingebunden werden.

Techniken der Systemgestaltung in Verbindung mit dem Methodenkonzept – Bezug zu Methoden und Referenzlösungen von PlaNet sowie zum Netzplanungsassistenten

Die IPSS versteht sich selbst als eine wesentliche Technik der Systemgestaltung von PlaNet. Darüber hinaus nutzt die IPSS weitere in PlaNet und im Netzplanungsassistenten bereitgestellte Methoden, Referenzlösungen und Instrumentarien. Zu den Methoden zählen diverse Strukturierungsmethoden. Als Referenzlösungen gebraucht die IPSS u.a. Strukturtypen und Referenzprozesse für den Materialfluss. Für die Modellierung, Planung und Gestaltung von Produktions- und Logistiksystemen geeignete Komponenten des Netzplanungsassistenten (z.B. Produktionsdatenbank, ARIS, 4flow vista, eM-Plant, CATRIN, visTABLE) werden involviert.

Techniken des Projektmanagements in Verbindung mit dem Methodenkonzept – Bezug zum Planungsmanagement von PlaNet

Essentielle Unterstützung findet das die Systemgestaltung begleitende Projektmanagement u.a. durch die als Pfade über die Grobfunktionen hergestellten oder herstellbaren Vorgehensweisen der Planung, welche das planende System im Kern zusammenhalten. An den Grobfunktionen kann sich die Aufbau- und Ablauflogik des Projektmanagements orientieren. Dies trägt zu einem geordneten, transparenten und rationellen Projektmanagement bei. Darüber hinaus nutzt die IPSS weitere in PlaNet bereitgestellte Methoden des Planungs- und Projektmanagements.

6.3.3 Detaillierung und Ausgestaltung Methodenkonzept

6.3.3.1 Aufbau Strukturierungsbibliothek

Die gesamten Grundlagen der Neu- oder Umstrukturierung von Produktions- und Logistiksystemen sind zusammenzuführen und zu ordnen. Diesem Zweck dient die Strukturierungsbibliothek, welche sich als Teil der Vorgehensweisenbibliothek von PlaNet (vgl. Abschnitt 1.3) versteht.

Den Ordnungsrahmen der Strukturierungsbibliothek (ORa_{SB}), welcher in seinem Aufbau keineswegs fixiert ist, illustriert Abbildung 52. Die Konstruktion des ORa_{SB} folgt wiederum dem Beschreibungsrahmen bzw. dem hieraus generierten Beschreibungsvorrat, d.h. die Komponenten der Strukturierungsbibliothek lassen sich logischerweise den fünf Systemarten bzw. den zugehörigen Beschreibungskonstrukten oder Grobfunktionen zuordnen, da die Strukturierungsbibliothek aufbereiteten strukturierungsrelevanten Content für die beiden soziotechnischen Systeme: planendes System (geleitet durch den Strukturierungsprozess) und zu planendes System (mit Systemstrukturen) bereithält. Abbildung 52 zeigt die jeweiligen Zuordnungen bezogen auf das planende System, welche sich von den Zuordnungen bezogen auf das zu planende System unterscheiden können.[63]

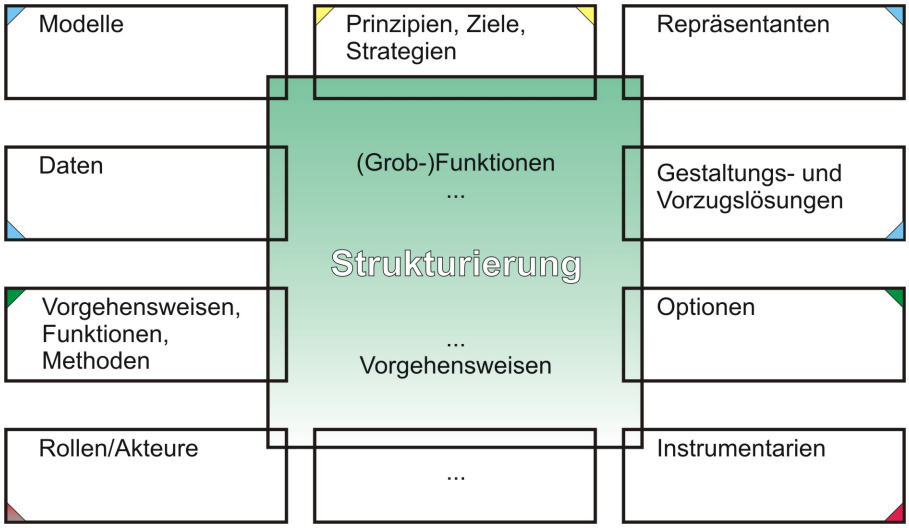


Abbildung 52: Ordnungsrahmen der Strukturierungsbibliothek

Eine erste Kernkomponente des ORa_{SB} bilden die in detailliertere Funktionen untersetzbaren Grobfunktionen (korrelierend mit zugehörigen Bestimmtheitsgraden und Beschreibungskonstruktinstanzen).[64] Eine zweite Kernkomponente bilden Vorgehensweisen, darstellbar als Pfade über die GFM_{30}, einschließlich Regeln, welche das Aufstellen der Vorgehensweisen unterstützen.[65] Der Kern ist somit vor allem dem planenden soziotechnischen System gewidmet.

In den peripheren Komponenten des ORa_{SB} werden u.a. Strukturierungsprinzipien/-ziele/-strategien, strukturierungsrelevante Modelle, Repräsentanten (z.B. Strukturtypen), Daten und Gestaltungs-/Vorzugslösungen, Strukturierungsvorgehensweisen/-funktionen/-methoden, Strukturierungsoptionen (z.B. Maßnahmekataloge zur Strukturveränderung von Prozessen), strukturierungsrelevante Rollen/Akteure sowie

---

63 Um eine klare Handhabung der Strukturierungsbibliothek zu sichern, ist die Bereitstellung strukturierungsrelevanten Contents für das zu planende System limitiert auf die Komponenten Modelle, Repräsentanten, Daten sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen.

64 Die Bestimmtheitsgrade und Beschreibungskonstrukte inkl. -instanzen korrelieren aufgrund der Herleitung und der existierenden Matrizen stark mit den Grobfunktionen, werden aber in der Strukturierungsbibliothek als Daten interpretiert und somit dorthin ausgelagert (siehe Abschnitt 6.3.3.2).

65 Diese Kernkomponente enthält auch alle bereits existierenden, auf die GFM_{30} projizierten Vorgehensweisen der Planung.

strukturierungsunterstützende Instrumentarien aufbereitet und geordnet hinterlegt. Die Peripherie ist somit beiden soziotechnischen Systemen gewidmet.

Für die Vorgehensweisenbildung und Grobfunktionsausgestaltung sind die facettenreichen Zuordnungen und Korrelationen der peripheren und Kernkomponenten der Strukturierungsbibliothek untereinander von entscheidender Bedeutung. Die peripheren Komponenten sind derart am Beschreibungsvorrat des ORa_{SB} spiegelbar, dass sie sich einer oder mehreren Grobfunktionen der GFM_{30} (einschließlich aus den Grobfunktionen ableitbaren Detailfunktionen) und damit mittelbar den aus Funktionen bestehenden Vorgehensweisen zuordnen lassen.[66]

Durch Spiegelung am Beschreibungsvorrat des ORa_{SB} – als Bezugssystem mit fixem Abstraktionsniveau – wird somit einerseits die Analyse, Einordnung und Erklärbarkeit peripheren strukturierungsrelevanten Contents erreicht. Andererseits soll über die sich darstellenden Korrelationen (u.a. kombinatorisch oder erfahrungsgetragen) eine Synthese neuen strukturierungsrelevanten Contents erreicht werden.

Ehe auf die Kernkomponenten eingegangen wird, werden die peripheren Komponenten der Strukturierungsbibliothek erklärt.

6.3.3.2 Periphere Komponenten

Strukturierungsprinzipien, -ziele und -strategien

Strukturierungsprinzipien – ähnlich Strukturierungszielen und -strategien – beschreiben und charakterisieren den Optimierungsgesichtspunkt (vgl. [94]). Hieraus lassen sich Optimierungskriterien und -funktionen ableiten. Die Strukturierungsprinzipien wirken auf diverse System-, Element- oder Strukturarten (vornehmlich auf die Elemente und Strukturen des Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems) ein, nehmen diese also zum Gegenstand. Eine Auswahl an Strukturierungsprinzipien enthält Abbildung 53.

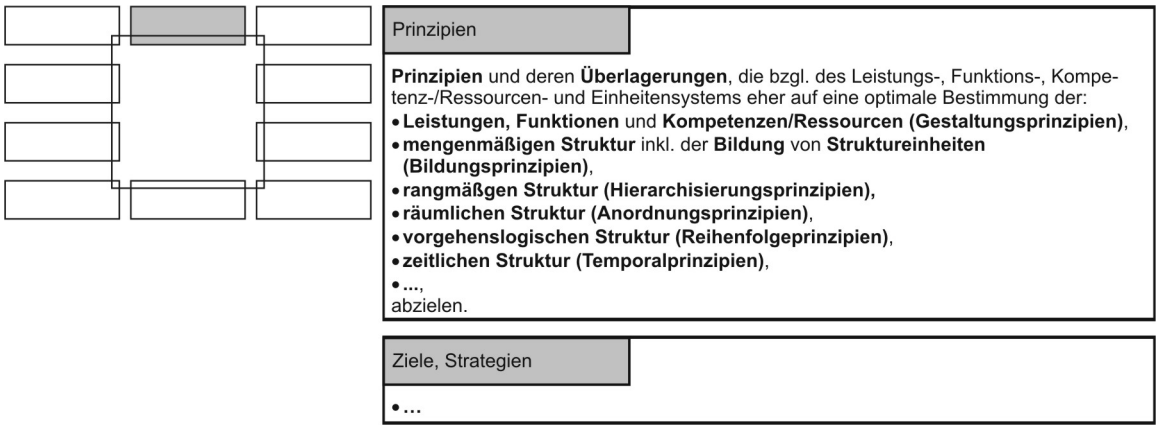


Abbildung 53: Strukturierungsprinzipien (Auswahl)

[66] Periphere Komponenten sind den Grobfunktionen und Vorgehensweisen als Kernkomponenten zuordenbar. Die peripheren Methoden und Vorgehensweisen auch in der Sonderstellung, dass diese als Abfolgen von Grobfunktionen (Planungspfade) darstellbar sind. Die Peripheren Komponenten sind ferner untereinander zuordenbar.

Anlage A4 enthält eine detailliertere Übersicht über Strukturierungsprinzipien sowie eine Klassifikation hinsichtlich deren Einwirkung. Strukturierungsprinzipien nehmen Einfluss auf die Reihenfolge der Grobfunktionen innerhalb von Vorgehensweisen. Strukturierungsvorgehensweisen, -funktionen, -methoden sowie -optionen orientieren sich an den Strukturierungsprinzipien. Strukturierungsprinzipien sind vordergründig den Grobfunktionen (GFM_{30}) zuordenbar.

Modelle

Strukturierungsrelevante Modelle sind hier all jene Abbilder der Realität, die aufgrund ihrer Abstraktheit geeignet erscheinen, die Beschreibungskonstrukte wiederzugeben, und die im Weiteren in der Lage sind, die Vorgehensweisen der Planung (hier insbesondere der Strukturierung) zweckmäßig zu unterstützen. Solche Modelle sind u.a. Beschreibungsmodelle wie der Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS oder formale, analoge, bildhafte und virtuelle Modelle wie Intensitätsmatrix, Strukturgraph, Layout und 3D-Modell. Modelle, welche alle Systemarten ansprechen können, verstehen sich im Planungsprozess als Leistungsobjekte bzw. Leistungen.[67] Die Modelle sind somit den Beschreibungskonstrukten (BKM_{30}) und den Grobfunktionen (GFM_{30}) zuordenbar. Eine Auswahl an strukturierungsrelevanten Modellen enthält Abbildung 54.

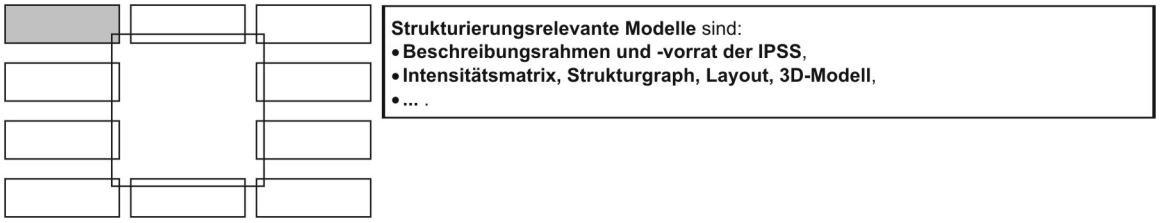


Abbildung 54: Strukturierungsrelevante Modelle (Auswahl)

Repräsentanten

Strukturierungsrelevante Repräsentanten stehen für auf Beschreibungskonstrukten basierende typisierende Gruppen von Beschreibungskonstruktinstanzen. Derartige Repräsentanten sind Typenvertreter (z.B. Leistungs-, Funktions-/Prozess-, Ressourcentypen), Referenzprozesse (z.B. logistische Referenzprozesse des Materialflusses) oder auch Grundgestalten (z.B. Strukturtypen). Indem sich Repräsentanten im Kontinuum zwischen abstrakten Modellen und konkreten Gestaltungs- und Vorzugslösungen verorten, sind sie prädestiniert, den Planungsprozess zu rationalisieren. Die strukturierungsrelevanten Repräsentanten, welche alle Systemarten ansprechen können, verstehen sich im Planungsprozess als Leistungsobjekte bzw. Leistungen und sind somit den Beschreibungskonstrukten (BKM_{30}) und deren Instanzen ($BKIM_{30}$) sowie den Grobfunktionen (GFM_{30}) zuordenbar. Eine Auswahl an strukturierungsrelevanten Repräsentanten enthält Abbildung 55.

---

[67] Alle sich im planenden System als Leistungsobjekte bzw. Leistungen verstehende Komponenten sprechen in Bezug zum zu planenden System prinzipiell alle Systemarten an. Dies ist auch daran erkennbar, dass diese Komponenten Beschreibungskonstrukten und/oder deren Instanzen zuordenbar sind.

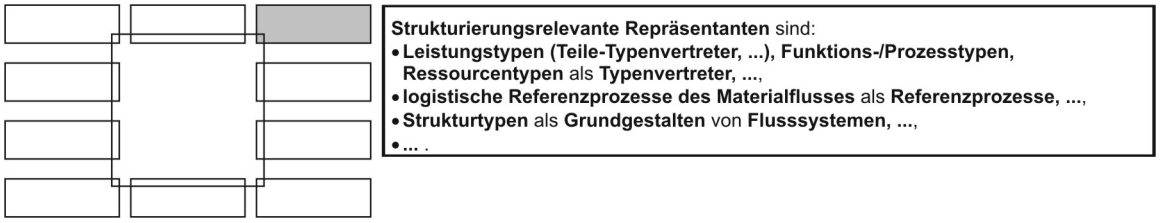


Abbildung 55: Strukturierungsrelevante Repräsentanten (Auswahl)

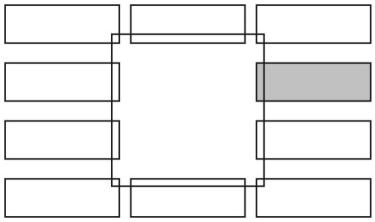
Daten

Strukturierungsrelevante Daten sind alle Daten zu Eingangs-, Zwischen- und Ausgangsgrößen sowie Planungsparametern, welche u.a. auf der Grundlage von Modellen die Beschreibungskonstrukte und deren Instanzen näher spezifizieren. Die Daten zu Eingangs-, Zwischen- und Ausgangsgrößen, welche sowohl für die gesamte Vorgehensweise als Pfad über die GFM_{30} als auch für einzelne Grobfunktionen festgelegt werden können, verstehen sich als Leistungsobjekte bzw. Leistungen im Planungsprozess. Die Bestimmtheitsgrade (als Daten) geben den jeweiligen Status der Größen bzw. Beschreibungskonstruktinstanzen im Planungsprozess an. Daten, welche den strukturierungsrelevanten Content schlechthin repräsentieren, sind somit allen Systemarten und dem gesamten Beschreibungsvorrat (BVM_{30}; BKM_{30}, $BKIM_{30}$, BGM_{30}, GFM_{30}) zuordenbar. Eine Auswahl an strukturierungsrelevanten Daten enthält Abbildung 56.

Abbildung 56: Strukturierungsrelevante Daten (Auswahl)

Gestaltungs- und Vorzugslösungen

Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösungen sind konkrete, „vorgefertigte, evaluierte (Teil-)Lösungen“ beider soziotechnischen Systeme, die bei Bedarf während deren Aufstellung herangezogen werden können. Hierdurch unterscheiden sie sich qualitativ, obgleich sie sich ebenso als Leistungsobjekte bzw. Leistungen im Planungsprozess verstehen, von herkömmlichen Planungsdaten. Gestaltungs- und Vorzugslösungen, welche für alle Systemarten angegeben werden können, sind aufgrund ihrer Konkretheit vordergründig den Beschreibungskonstruktinstanzen ($BKIM_{30}$), den Bestimmtheitsgraden (BGM_{30}) und den Grobfunktionen (GFM_{30}) zuordenbar. Eine Auswahl an strukturierungsrelevanten Gestaltungs- und Vorzugslösungen enthält Abbildung 57.

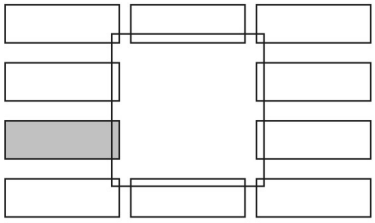


Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösungen sind:
- diverse **Material-** und **Informationsflussstrukturen**,
- Materialflussressourcen wie **Rohrpostsystem** und **Güterstraßenbahn**,
- **...** .

Abbildung 57: Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösungen (Auswahl)

Strukturierungsvorgehensweisen, -funktionen und -methoden

Strukturierungsvorgehensweisen, wie Strukturierungsmethoden aus Strukturierungsfunktionen[68] bestehend, sind geeignet, bestimmte Strukturen in den Systemarten auszubilden. Die Bestimmtheitsgrade (BGM_{30}) und Beschreibungskonstrukte (BKM_{30}) bzw. Beschreibungskonstruktinstanzen ($BKIM_{30}$) bilden Eingangs-, Zwischen- und Ausgangsgrößen für die Grobfunktionen (GFM_{30}) und somit mittelbar für die Strukturierungsvorgehensweisen, -funktionen und -methoden. Eine Auswahl an strukturierungsrelevanten Vorgehensweisen und Methoden einschließlich Funktionen enthält Abbildung 58.



Vorgehensweisen mit Funktionen

Strukturierungsrelevante Vorgehensweisen (mit Funktionen), die bzgl. des Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems zumeist auf eine Bestimmung mehrerer Element- und Strukturarten abzielen, sind:
- diverse **Vorgehens-/Phasenmodelle** sowie **Problemlösungssystematiken, -zyklen** und **-prozesse**,
- diverse **Produktionssystem- und Fabrikplanungsvorgehensweisen (Projektierung** mit **Projektierungsschritten, Fabriksegmentierung, Systematische Fabrik(struktur)-planung, Planung** in **Funktionskomplexen, Prozeßorientierte Planung dynamischer Fabriksysteme, Grobablauf** der **räumlichen Strukturierung** von **Flusssystemen, ...)**,
- diverse **Logistikplanungs- und PPS-/SCM-Vorgehensweisen**,
- **...** .

Methoden mit Funktionen

Strukturierungsrelevante Methoden (mit Funktionen), die bzgl. des Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems eher auf eine optimale Bestimmung der:
- **mengen- und rangmäßigen Struktur (Verfahren** zur **(Struktur-)Einheitenbildung, ...)**,
- **räumlichen Struktur (Objekt-Platz-Zuordnungsverfahren**, **Standortplanungsmethoden**, **...)**,
- **vorgehenslogischen Struktur (Tourenplanungsmethoden, ...)**,
- **zeitlichen Struktur (Terminierungsverfahren, ...)**,
- **...**,

abzielen.

Abbildung 58: Strukturierungsrelevante Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden (Auswahl)

---

[68] Synonym zu Strukturierungsvorgehensweisen, -funktionen und -methoden: strukturierungsrelevante Vorgehensweisen, Funktionen und Methoden;
Vorgehensweisen und Methoden gehen ineinander über. Eine Unterscheidung soll hier dahingehend getroffen werden, dass Vorgehensweisen umfänglicher sind als Methoden, also beispielsweise Vorgehensweisen der Planung ganze Planungsprozesse verkörpern, Planungsmethoden hingegen nur Teilplanungsprozesse oder einzelne Planungsprozessschritte abdecken.
Optionen und Methoden gehen ineinander über. Eine Unterscheidung soll hier dahingehend getroffen werden, dass Optionen das Reservoir möglicher Struktur- und Strukturierungsalternativen verkörpern (Welche Möglichkeiten?), die Methoden hingegen Anleitungen und Verfahrensweisen für die Strukturierung bieten (Wie vorgehen?).
Innerhalb von Strukturierungsvorgehensweisen, -funktionen und -methoden kommt häufig die Optimierung zur Anwendung.

Auf ausgewählte Strukturierungsvorgehensweisen und -methoden wird in Anlage A4 näher eingegangen.

Strukturierungsoptionen

Strukturierungsoptionen sind jenes umfangreiche Reservoir an Handlungsalternativen und Eingriffsmöglichkeiten, welches es gestattet, gezielt auf bestimmte Strukturen und damit Beschreibungskonstrukte und -instanzen einwirken zu können. Die Optionen der Neu- oder Umstrukturierung von Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystemen sind vordergründig den Grobfunktionen (GFM_{30}) zuordenbar. Indem die eher punktuell wirkenden Optionen über die GFM_{30} in Zusammenhang gebracht und die Korrelationen zwischen den Optionen in Verbindung mit den Beschreibungskonstrukten formuliert werden, lassen sich Methoden und Vorgehensweisen der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/ Ressourcen- und Einheitensystemstrukturierung gewinnen und ausgestalten. Eine Auswahl an Strukturierungsoptionen enthält Abbildung 59.

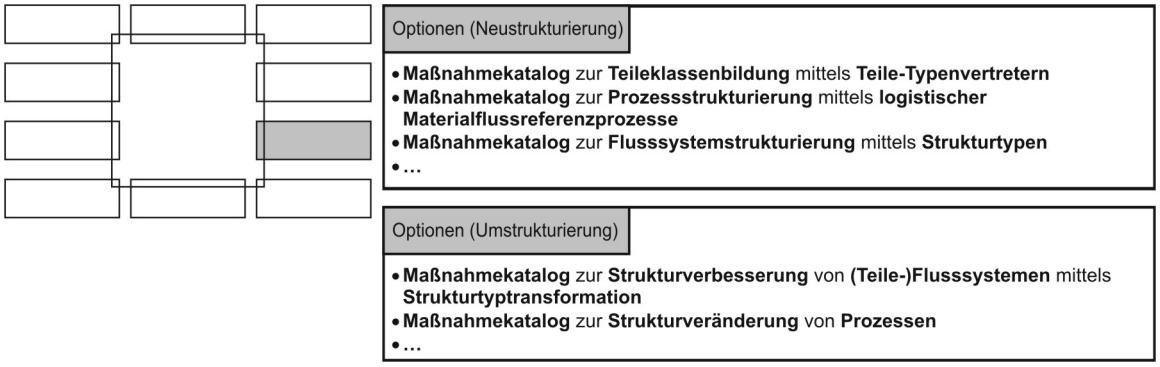


Abbildung 59: Strukturierungsoptionen (Auswahl)

Eine intensive Auseinandersetzung mit Strukturierungsoptionen enthält Anlage A4.

Rollen/Akteure

Strukturierungsrelevante Rollen/Akteure sind hier alle im (struktur)planenden soziotechnischen System vorkommenden Personen oder organisatorischen Einheiten. Eine triviale Gliederung ist demnach eine, welche in unmittelbar und mittelbar planende Rollen/Akteure unterteilt. Die Rollen/Akteure sind vordergründig den Grobfunktionen (GFM_{30}) zuordenbar. Eine Auswahl an strukturierungsrelevanten Rollen/Akteuren enthält Abbildung 60.

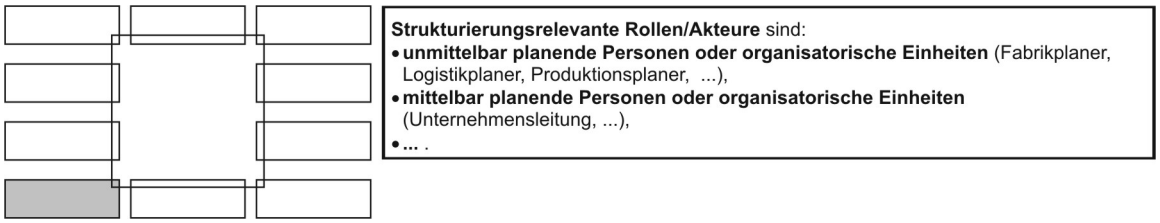


Abbildung 60: Strukturierungsrelevante Rollen/Akteure (Auswahl)

Instrumentarien

Instrumentarien als Ressourcen sind hier u.a. alle das (struktur)planende soziotechnische System unterstützenden Soft- und Hardwaretools. Instrumentarien lassen sich gliedern in solche, welche eher die Datenhaltung und das Datenmanagement unterstützen und in solche, welche eher die Datenverarbeitung (die Ein-/Ausgangsdatentransformation) während des Strukturierungsprozesses unterstützen. In die planungsdatenverarbeitenden Instrumentarien sind die Planungs-/Strukturierungsvorgehensweisen, -funktionen und -methoden implementiert. Die Instrumentarien sind vordergründig den Grobfunktionen (GFM_{30}) zuordenbar. Eine Auswahl an strukturierungsunterstützenden Instrumentarien enthält Abbildung 61.

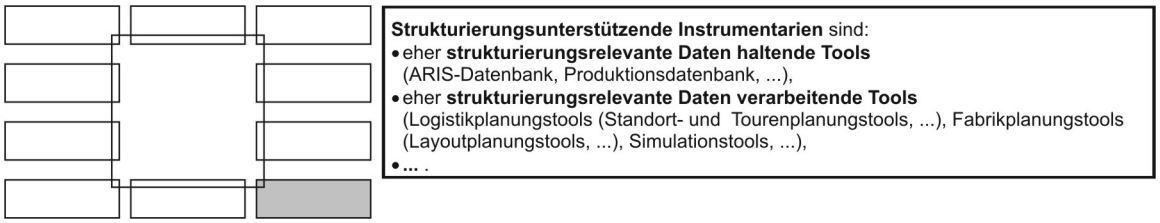


Abbildung 61: Strukturierungsunterstützende Instrumentarien (Auswahl)

6.3.3.3 Kernkomponenten

(Grob-)Funktionen

Die erste Kernkomponente bilden die mit den Beschreibungskonstrukten, -instanzen und Bestimmtheitsgraden assoziierten Grobfunktionen. Die Gewinnung der Grobfunktionen ist in Abschnitt 6.3.1 erläutert. Die Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen geschieht dadurch, dass diesen strukturierungsrelevanter Content in Form peripherer Komponenten zugeordnet wird. Hierauf beziehen sich der Abschnitt 6.3.3.2 sowie die Anlagen A4 und A5.

Vorgehensweisen

Die zweite Kernkomponente bilden die aus den Grobfunktionen herstellbaren Grobfunktions-Vorgehensweisen.[69] Solche lassen sich einerseits durch Projektion strukturierungsrelevanter Vorgehensweisen und -methoden gewinnen (vgl. hierzu Anlagen A4 und A5). Solche lassen sich andererseits unter Ausnutzung von Korrelationen und Anhaltspunkten sowie Generierungsregeln im Sinne von Handlungsempfehlungen gewinnen. Darauf wird nachfolgend eingegangen.

Korrelationen und Anhaltspunkte

Als Vorarbeit zur Aufstellung von Generierungsregeln werden Korrelationen innerhalb des strukturierungsrelevanten Contents – insbesondere innerhalb des Beschreibungsvorrats unter Bezugnahme auf den Beschreibungsrahmen – sowie hieraus

[69] Eine begriffliche Trennung in Vorgehensweisen und Methoden wie in der Peripherie wird im Kern nicht vorgenommen, sondern stets von Vorgehensweisen gesprochen.

ableitbare Anhaltspunkte zur Generierung von planungsfallabhängigen Planungsprozessen – als Pfade über ausgestaltete Grobfunktionen – gesucht. Die Suche hat im Hinblick auf für die Generierung zu treffende wichtige Entscheidungen zu erfolgen:

- Welche Grobfunktionen sind auszuführen?
- In welcher Reihenfolge sind diese abzuarbeiten?
- Wie sind die Grobfunktionen zu untersetzen und auszugestalten?

Folgende Korrelationen und Anhaltspunkte lassen sich angeben:

1. Korrelationen und Anhaltspunkte in Verbindung mit den Beschreibungskonstrukten und -instanzen

Bei der Bestimmung der Beschreibungskonstruktinstanzen der $BKIM_{30}$ sind sowohl Freiheitsgrade als auch Beschränkungen zu beachten.

a) Freiheitsgrade bei der Bestimmung der Beschreibungskonstruktinstanzen

Freiheitsgrade ergeben sich u.a. dadurch, dass die Beschreibungskonstrukte und -instanzen vielfach n:m-Beziehungen zueinander unterhalten. So können als Beispiel bezogen auf die Elementarten normalerweise mehrere Ressourcen eine Funktion ausführen, wie auch umgekehrt eine Ressource mehrere Funktionen ausführen kann. So sind als Beispiel bezogen auf die Strukturarten für das zur Verfügung stellen einer vorgehenslogischen Funktionsstruktur mehrere räumliche Einheitenstrukturen praktikabel, umgekehrt können mittels einer räumlichen Einheitenstruktur mehrere vorgehenslogische Funktionsstrukturen abgewickelt werden.

b) Beschränkungen bei der Bestimmung der Beschreibungskonstruktinstanzen

Beschränkungen hingegen können u.a. Beschreibungskonstruktinstanzen, welche die Randbedingungen seitens des Kontextes und den gestaltbaren Bereich vorgeben, bewirken. Sollen beispielsweise bestimmte Elemente und Strukturen unverändert bleiben und von einer Bestimmung ausgeschlossen sein, kann dies den „begehbaren Bereich“ der GFM_{30} einschränken.

Aufgrund der bestehenden Freiheitsgrade und trotz der bestehenden Beschränkungen ergibt sich eine enorme Komplexität für die Bestimmung der Beschreibungskonstruktinstanzen, welche letztlich nur mittels der Kompetenz des Planers unter Nutzung von Hilfsmitteln (z.B. Kreativitätstechniken) und unter Ausnutzung der vorhandenen Anhaltspunkte bewältigt werden kann.

2. Korrelationen und Anhaltspunkte in Verbindung mit den Bestimmtheitsgraden

Die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen geben die Bestimmtheitsgrade kleiner 1 der BGM_{30} an. Beschreibungskonstruktinstanzmengen, welche keiner Bestimmung bedürfen oder deren Bestimmung unerwünscht ist, besitzen den Bestimmtheitsgrad 1. Lässt sich kein adäquater Planungsprozess aufstellen (vorhandene Eingangsgrößen führen nicht (über Zwischengrößen) zu gewünschten Ausgangsgrößen), kann eine Hinzunahme von Grobfunktionen zur Grundmenge Abhilfe schaffen, da andere Pfade beschritten werden können.

Häufig sind die Bestimmtheitsgrade der Ziele und deren Strukturen unbefriedigend. Die Anhebung dieser Bestimmtheitsgrade kann jedoch – falls es sich nicht um die Formulierung von Zielen an sich handelt[70] – nur mittelbar geschehen, d.h. es sind andere Beschreibungskonstruktinstanzen zu suchen, die effektiv die Bestimmtheitsgrade des Zielsystems beeinflussen können. Deren Bestimmtheitsgrade sind, indem die zugehörigen Grobfunktionen ausgeführt werden, desgleichen anzuheben.

3. Korrelationen und Anhaltspunkte in Verbindung mit den Grobfunktionen

a) Korrelationen zwischen den System- und Elementarten

Einen ersten Ansatz bieten Korrelationen zwischen den Systemarten mit ihren Elementarten und Strukturen, die sich über die Kaskade der Zuordnungsbeziehungen im Metamodell und im ORa_{BV} ergeben (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 51). So ist das kaskadierende Zuordnen Zielsystem ⇔ Leistungssystem ⇔ Funktionssystem ⇔ Kompetenz-/Ressourcensystem ⇔ Einheitensystem von zentralem Stellenwert. Jede Zuordnungsveränderung zwischen den in Strukturen eingebetteten Elementen hat meistens Auswirkungen auf andere Zuordnungen und zieht weitere Veränderungen nach sich.

b) Korrelationen zwischen den Strukturarten

Einen zweiten, aber eher schwachen Ansatz bieten die Strukturarten. Häufig ist festzustellen, dass auf rangmäßige Strukturen vorgehenslogische folgen. Beispielsweise determiniert der Produktaufbau (rangmäßige Leistungsstruktur) die Abfolge des Zusammenbaus (vorgehenslogische Leistungsstruktur). Auf vorgehenslogische Strukturen folgen ebenso häufig zeitliche Strukturen, beispielsweise bei der Terminierung von Funktionsketten (aus der vorgehenslogischen Funktionsstruktur leitet sich die zeitliche ab). Auf räumliche Strukturen folgen häufig vorgehenslogische und mengenmäßig/zeitliche Strukturen (z.B. bei der Tourenplanung). Als schwach ist dieser Ansatz deshalb anzusehen, da sich kaum eindeutige Korrelationen feststellen lassen. Häufig folgen, beispielsweise bei der Layout- und Standortplanung, auf vorgehenslogische Strukturen räumliche. Bei der Tourenplanung folgen aus zeitlichen Restriktionen (zeitliche Leistungsstruktur) Sequenzen der Transportabwicklung (vorgehenslogische Leistungsstruktur).

c) Korrelationen zwischen den Grobfunktionen und Beschreibungskonstrukten

Einen dritten Ansatz bietet eine Sensitivitätsanalyse der Beschreibungskonstrukte bzw. Grobfunktionen[71] über eine Einflussmatrix, ein Wirkungsnetz oder ein Einflussportfolio. Die Aufdeckung der gegenseitigen Beeinflussungen/Einflussnahmen lässt Aufschlüsse zur Findung von Planungspfaden erwarten.

Problematisch erscheinen zunächst jedoch die Komplexität der Korrelationen sowie die Vermutung, dass, falls vollständige und gleiche Korrelationen vorliegen, sich keine Anhaltspunkte für Planungspfade ableiten lassen.

---

[70] Gegenstand der Formulierung von Zielen sind die Beschreibungskonstrukte und -instanzen des Zielsystems.

[71] Eine Betrachtung der Beschreibungskonstrukte oder Grobfunktionen ist hier gleichberechtigt, da die Abhängigkeiten der Beschreibungskonstrukte entsprechende Abhängigkeiten der Grobfunktionen implizieren.

Die Aufstellung von Einflussmatrix und Wirkungsnetz sollte durch Expertenbefragungen (u.U. in Verbindung mit einer Delphi-Studie zur Abminderung der Subjektivität) unterstützt werden. Die Ergebnisse einer ersten Expertenbefragung sind in der Einflussmatrix (Tabelle 13), dem Wirkungsnetz (Abbildung 62) und dem Einflussportfolio (Abbildung 63) dargestellt.

Microsoft Excel - IPSS.xls

Bestimmung ...	Ziel	rangmäßige Zielstruktur	mengenmäßige Zielstruktur	räumliche Zielstruktur	vorgehenslogische Zielstruktur	zeitliche Zielstruktur	Leistung	rangmäßige Leistungsstruktur	mengenmäßige Leistungsstruktur	räumliche Leistungsstruktur	vorgehenslogische Leistungsstruktur	zeitliche Leistungsstruktur	Funktion	rangmäßige Funktionsstruktur	mengenmäßige Funktionsstruktur	räumliche Funktionsstruktur	vorgehenslogische Funktionsstruktur	zeitliche Funktionsstruktur	Kompetenz-/Ressource	rangmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur	mengenmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur	räumliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur	vorgehenslogische Kompetenz-/Ressourcenstruktur	zeitliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur	(Struktur-)Einheit	rangmäßige Einheitenstruktur	mengenmäßige Einheitenstruktur	räumliche Einheitenstruktur	vorgehenslogische Einheitenstruktur	zeitliche Einheitenstruktur	Aktivsumme (absolut)	Aktivsumme (relativ)	Aktivsumme (Rang)	Wichtung	Aktivsumme (gewichtet absolut)	Aktivsumme (gewichtet relativ)	Aktivsumme (gewichtet Rang)
																															739			1,000	24,754		
Ziel		3	1	0	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	3	1	2	1	2	2	39	0,053	3	0,042	1,625	0,066	1
rangmäßige Zielstruktur	1		1	0	3	2	2	1	3	1	3	3	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2	2	34	0,046	8	0,042	1,417	0,057	2
mengenmäßige Zielstruktur	0	1		0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,008	28	0,042	0,250	0,010	28
räumliche Zielstruktur	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	30	0,042	0,000	0,000	30
vorgehenslogische Zielstruktur	2	2	1	0		3	1	0	0	0	3	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	22	0,030	15	0,042	0,917	0,037	14
zeitliche Zielstruktur	2	2	0	0	3		1	0	1	0	2	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	21	0,028	18	0,042	0,875	0,035	15
Leistung	3	2	0	0	1	1		3	2	1	2	1	3	1	1	1	2	2	2	0	1	0	1	0	3	0	2	0	1	0	36	0,049	7	0,038	1,350	0,055	4
rangmäßige Leistungsstruktur	2	1	0	0	1	1	1		2	1	3	3	2	1	0	0	2	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	28	0,038	12	0,038	1,050	0,042	11
mengenmäßige Leistungsstruktur	2	1	0	0	1	1	0	1		1	3	3	2	0	1	1	2	2	2	0	2	1	1	1	1	0	2	1	1	1	34	0,046	8	0,038	1,275	0,052	6
räumliche Leistungsstruktur	1	1	0	0	1	1	1	1	1		1	1	1	0	1	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	1	26	0,035	14	0,038	0,975	0,039	12
vorgehenslogische Leistungsstruktur	2	1	0	0	2	2	1	1	1	1		3	2	0	1	1	3	1	1	0	1	1	2	1	1	0	1	1	2	1	34	0,046	8	0,038	1,275	0,052	6
zeitliche Leistungsstruktur	2	1	0	0	1	2	1	2	2	1	3		2	0	1	2	3	3	1	0	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	37	0,050	6	0,038	1,388	0,056	3
Funktion	2	1	0	0	1	1	3	2	2	2	2	2		3	1	1	2	1	3	1	2	1	1	1	3	2	2	1	1	1	45	0,061	1	0,029	1,313	0,053	5
rangmäßige Funktionsstruktur	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	1	2	0	2	1	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	13	0,018	26	0,029	0,379	0,015	25
mengenmäßige Funktionsstruktur	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	9	0,012	27	0,029	0,263	0,011	27
räumliche Funktionsstruktur	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1		1	1	2	0	1	3	2	1	1	0	1	2	1	1	27	0,037	13	0,029	0,788	0,032	16
vorgehenslogische Funktionsstruktur	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3		3	2	0	3	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	41	0,055	2	0,029	1,196	0,048	8
zeitliche Funktionsstruktur	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	3		2	0	3	2	2	3	2	1	2	1	2	2	39	0,053	3	0,029	1,138	0,046	9
Kompetenz-/Ressource	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	1	3	2	2	2	2	2		3	2	2	2	3	2	1	1	1	0	0	39	0,053	3	0,025	0,975	0,039	13
rangmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0,005	29	0,025	0,100	0,004	29
mengenmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	1	1	0	1		2	2	2	0	1	3	1	0	0	22	0,030	15	0,025	0,550	0,022	21
räumliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2	1	1	1	0	1		2	2	1	0	1	3	1	0	20	0,027	20	0,025	0,500	0,020	23
vorgehenslogische Kompetenz-/Ressourcenstruktur	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1		1	1	0	1	1	2	1	19	0,026	21	0,025	0,475	0,019	24
zeitliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1		0	0	0	1	1	1	14	0,019	25	0,025	0,350	0,014	26
(Struktur-)Einheit	2	2	0	0	1	1	2	0	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		3	2	1	2	2	34	0,046	8	0,033	1,133	0,046	10
rangmäßige Einheitenstruktur	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1		0	1	0	0	19	0,026	21	0,033	0,633	0,026	19
mengenmäßige Einheitenstruktur	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1		1	1	1	18	0,024	23	0,033	0,600	0,024	20
räumliche Einheitenstruktur	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	2	2	1	1	1	0	1		1	1	22	0,030	15	0,033	0,733	0,030	17
vorgehenslogische Einheitenstruktur	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		1	21	0,028	18	0,033	0,700	0,028	18
zeitliche Einheitenstruktur	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1		16	0,022	24	0,033	0,533	0,022	22
Passivsumme (absolut) 739	30	24	4	0	22	23	24	19	31	19	38	37	31	15	19	28	40	34	30	7	28	25	27	25	34	19	31	24	28	23								
Passivsumme (relativ)	0,041	0,032	0,005	0,000	0,030	0,031	0,032	0,026	0,042	0,026	0,051	0,050	0,042	0,020	0,026	0,038	0,054	0,046	0,041	0,009	0,038	0,034	0,037	0,034	0,046	0,026	0,042	0,032	0,038	0,031								
Passivsumme (Rang)	9	17	29	30	22	20	17	23	6	23	2	3	6	27	23	11	1	4	9	28	11	15	14	15	4	23	6	17	11	20								
Wichtung 1,000	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033								
Passivsumme (gewichtet absolut) 25,275	0,500	0,400	0,067	0,000	0,367	0,383	0,600	0,475	0,775	0,475	0,950	0,925	1,292	0,625	0,792	0,467	1,167	1,667	1,417	1,500	0,350	1,400	1,250	1,350	1,250	1,133	0,633	1,033	0,800	0,933	0,767							
Passivsumme (gewichtet relativ)	0,020	0,016	0,003	0,000	0,015	0,015	0,024	0,019	0,031	0,019	0,038	0,037	0,051	0,025	0,031	0,046	0,066	0,056	0,059	0,014	0,055	0,049	0,053	0,049	0,045	0,025	0,041	0,032	0,037	0,030								
Passivsumme (gewichtet Rang)	22	25	29	30	27	26	21	23	17	23	12	14	6	20	16	9	1	3	2	28	4	7	5	7	10	19	11	15	13	18								

0=keine Beeinflussung/Einflussnahme
1=geringe Beeinflussung/Einflussnahme
2=mittlere Beeinflussung/Einflussnahme
3=starke Beeinflussung/Einflussnahme
(keine negativen Beeinflussungen/Einflussnahmen)

Tabelle 13: Einflussmatrix der Grobfunktionen (analog der Beschreibungskonstrukte)

Die Einflussmatrix (Tabelle 13) liefert folgende wichtige Erkenntnisse:

- Die Beeinflussungen/Einflussnahmen sinken ausgehend von der Diagonale.
- Die Beeinflussungen/Einflussnahmen oberhalb der Diagonale sind tendenziell stärker als unterhalb der Diagonale.
- Starke Beeinflussungen/Einflussnahmen weisen die Grobfunktionen bzw. Beschreibungskonstrukte der Elementarten auf.

Zum Aufbau eines Einflussportfolios (Abbildung 63) wurde zunächst aus der Einflussmatrix ein Wirkungsnetz (Abbildung 62) aufgestellt.

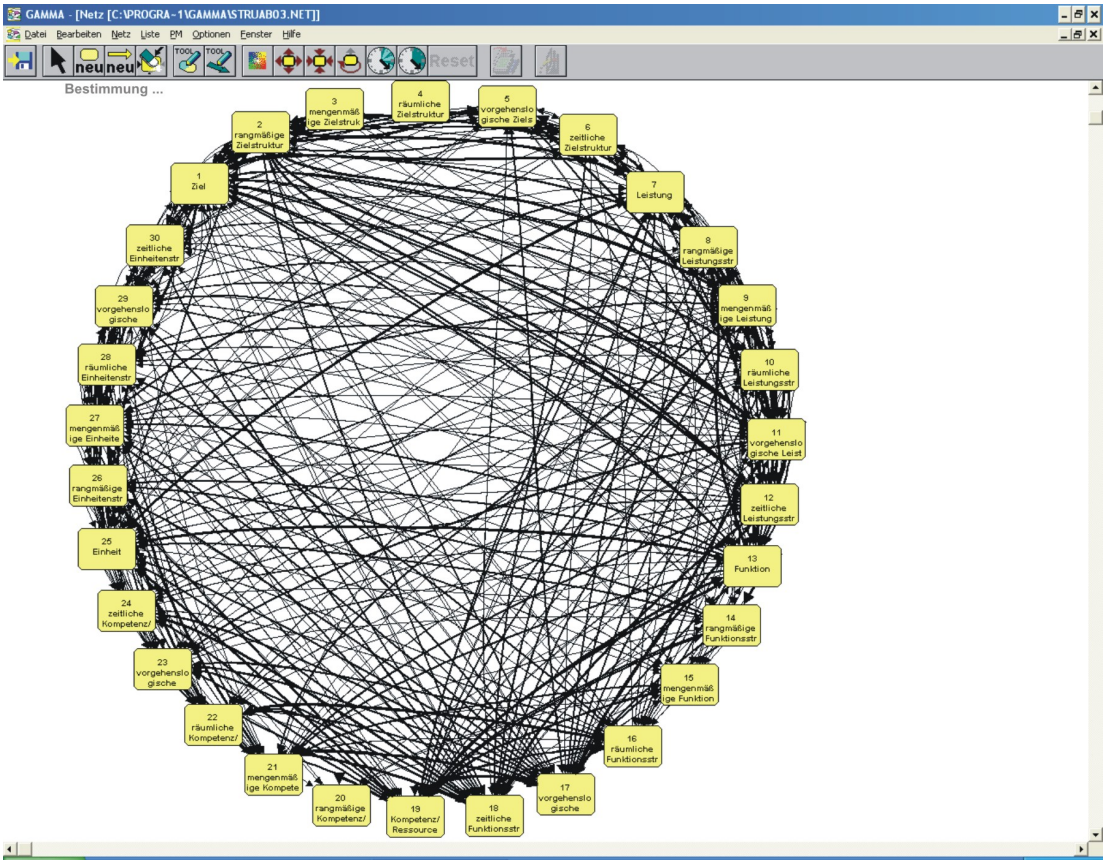


Abbildung 62: Wirkungsnetz der Grobfunktionen (analog der Beschreibungskonstrukte)

Das Wirkungsnetz (Abbildung 62) liefert folgende wichtige Erkenntnis: Die Grobfunktionen sind untereinander fast vollständig vernetzt.

Das Einflussportfolio (Abbildung 63) (ungewichtet) liefert folgende Erkenntnisse:

- Eher aktive Grobfunktionen sind: Bestimmung räumliche Leistungsstruktur, Bestimmung rangmäßige Leistungsstruktur, Bestimmung rangmäßige Zielstruktur, Bestimmung Leistung, Bestimmung Ziel, Bestimmung Kompetenz/ Ressource, Bestimmung Funktion.
- Eher reaktive Grobfunktionen sind: Bestimmung mengenmäßige Funktionsstruktur, Bestimmung zeitliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur, Bestimmung mengenmäßige Einheitenstruktur.
- Eher träge Grobfunktionen sind: Bestimmung mengenmäßige Zielstruktur, Bestimmung rangmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur, Bestimmung rangmäßige Funktionsstruktur.[72]

[72] Aufgrund der nicht gesehenen Sinnfälligkeit der räumlichen Zielstruktur weist diese weder eine Einflussnahme noch eine Beeinflussung auf.

- Eher kritische Grobfunktionen sind: Bestimmung mengenmäßige Leistungsstruktur, Bestimmung (Struktur-)Einheit, Bestimmung vorgehenslogische Leistungsstruktur, Bestimmung zeitliche Leistungsstruktur, Bestimmung zeitliche Funktionsstruktur, Bestimmung vorgehenslogische Funktionsstruktur.
- Eher neutrale Funktionen sind: Bestimmung zeitliche Einheitenstruktur, Bestimmung rangmäßige Einheitenstruktur, Bestimmung vorgehenslogische Kompetenz-/Ressourcenstruktur, Bestimmung räumliche Kompetenz-/Ressourcenstruktur, Bestimmung zeitliche Zielstruktur, Bestimmung vorgehenslogische Zielstruktur, Bestimmung räumliche Einheitenstruktur, Bestimmung vorgehenslogische Einheitenstruktur, Bestimmung mengenmäßige Kompetenz-/Ressourcenstruktur, Bestimmung räumliche Funktionsstruktur.
- Alle Grobfunktionen positionieren sich auf einem Band von den trägen zu den kritischen Faktoren, d.h. Beeinflussung und Einflussnahme stehen in keinem gravierenden Ungleichgewicht zueinander.
- Typische aktive und reaktive Grobfunktionen sind kaum erkennbar.

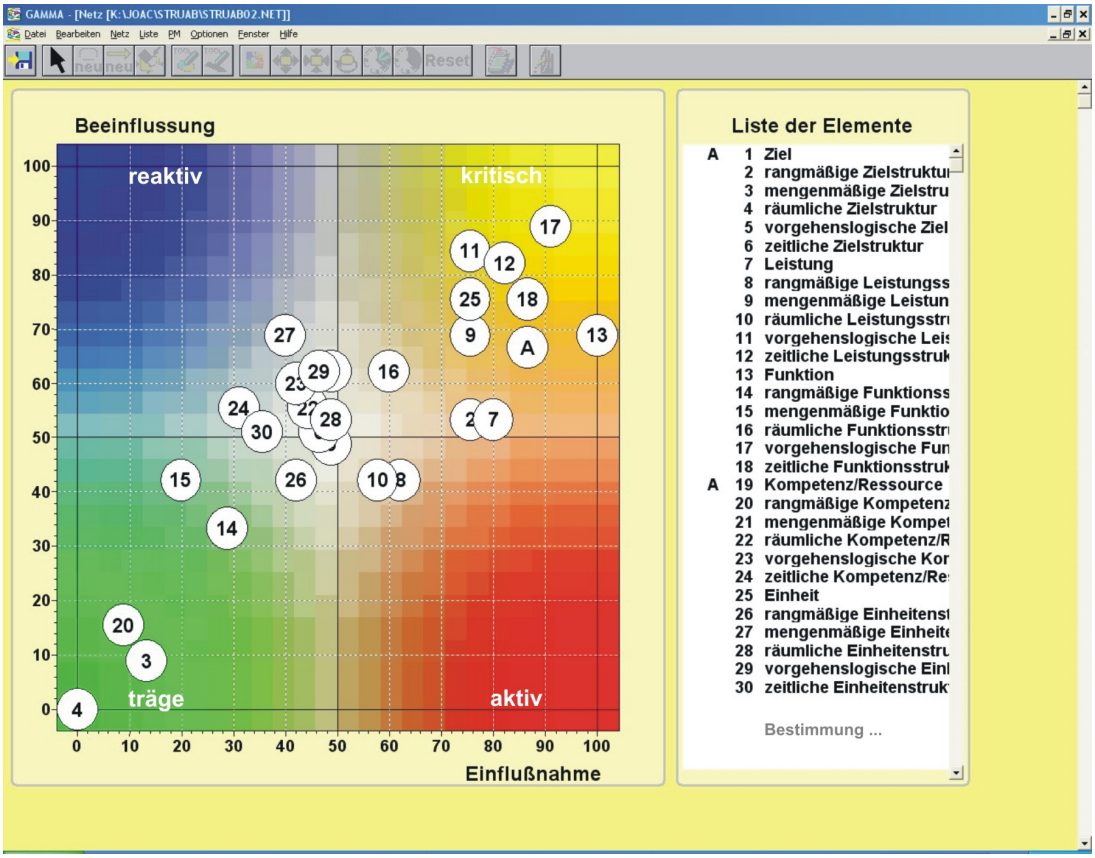


Abbildung 63: Einflussportfolio der Grobfunktionen (analog der Beschreibungskonstrukte)

Schlussfolgernd aus diesen Erkenntnissen lassen sich folgende Erkenntnisse ziehen:

- Die Beschreibungskonstrukte der Elemente der Systemarten sollten zumeist eher bestimmt werden als deren Strukturen.

- Es existieren weder stark aktive Grobfunktionen, die eher am Anfang von Vorgehensweisen stehen sollten, noch stark reaktive Grobfunktionen, die eher am Ende von Vorgehensweisen stehen sollten.
- Kritischste Grobfunktion ist die: Bestimmung vorgehenslogische Funktionsstruktur. D.h. die Bestimmung des Prozesses im engsten Sinne weist gesamtheitlich die stärksten Beeinflussungen/Einflussnahmen auf und bildet damit eine der wichtigsten Grobfunktionen.
- Die starke gegenseitige Beeinflussung/Einflussnahme lässt keine direkten Rückschlüsse auf zu präferierende Planungsvorgehensweisen zu. Häufiger sollten sich Vorgehensweisen ergeben, die sich an der Kaskade des ORa_{BV} orientieren. Es wird *Hypothese 5* gestützt, dass am jeweiligen Planungsfall ausgerichtete Vorgehensweisen angewandt werden sollten und können.

d) Häufigkeiten von Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von Grobfunktionen

Erkennbare Häufigkeiten von Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von Grobfunktionen geben ähnlich bewährten Planungspfaden, allerdings nur punktuell, Anhaltspunkte für die Aufstellung von Planungspfaden. Beispielsweise folgen häufig innerhalb projizierter Vorgehensweisen auf die Grobfunktionen Bestimmung vorgehenslogische Funktionsstruktur/Bestimmung zeitliche Funktionsstruktur die Grobfunktionen Bestimmung Kompetenzen/Ressourcen und/oder Bestimmung Struktureinheiten. Diese Abfolgehäufungen können für Suchstrategien zur Ermittlung der nächstfolgenden Grobfunktion(en) ausgenutzt werden.

e) Suchstrategien unter Verwendung von Bestimmtheitsgraden sowie Ein- und Ausgangsgrößen

Geben die Bestimmtheitsgrade kleiner 1 die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen vor, so definieren die für den Planungsfall mitgelieferten Ein- und Ausgangsgrößen Anfang und Ende des Planungspfades. Weiterhin definiert sich jede einzelne Grobfunktion über eigene Ein- und Ausgangsgrößen.[73] Korrelationen bestehen dadurch, dass Grobfunktionen Ausgangsgrößen liefern, welche andere Grobfunktionen als Eingangsgrößen benötigen. In Verfahren implementierte Suchstrategien über die GFM_{30} können helfen, beginnend vom Anfang, von den Eingangsgrößen, einen gangbaren Pfad zu den Ausgangsgrößen, oder umgekehrt, beginnend vom Ende, von den Ausgangsgrößen, einen gangbaren Pfad zu den Eingangsgrößen zu finden. Ein Beginn an einem Zwischenpunkt im späteren Planungsprozess erscheint schwieriger, da zunächst nur die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen bekannt ist. Unabhängig vom Beginnpunkt müssen die Suchstrategien und -verfahren versuchen, jeweils die Ausgangsgrößen der vorangegangenen mit den Eingangsgrößen der nachfolgenden Grobfunktion(en) zu matchen. Es können mehrere gangbare Planungspfade entstehen, wobei ein Pfad hinreichend ist.

---

[73] Die Ausgangsgrößen sind dabei die jeweiligen Beschreibungskonstruktinstanzen des gleichen Feldes in der Beschreibungskonstruktinstanzmatrix$_{30}$.

4. Korrelationen zwischen den Grobfunktionen und ausgewähltem peripheren strukturierungsrelevanten Content (Strukturierungsprinzipien, -vorgehensweisen und -methoden sowie -optionen)

Den Grobfunktionen sind Strukturierungsprinzipien, -vorgehensweisen und -methoden sowie -optionen zuordenbar, die vielfältige Korrelationen zueinander aufweisen.

a) Strukturierungsprinzipien

Mit dem Strukturierungsprinzip (dem Optimierungsgesichtspunkt) werden einerseits bestimmte Ziele verbunden, andererseits werden bestimmte Beschreibungskonstrukte bzw. -instanzen angesprochen, die im Fokus der Optimierung stehen. Beispielsweise hat das Strukturierungsprinzip Materialflussorientierung als Ziel minimale logistische Aufwände, als Beschreibungskonstrukte bzw. Beschreibungskonstruktinstanzen werden u.a. vorgehenslogische Funktionsstrukturen oder räumliche Ressourcen- und Einheitenstrukturen angesprochen. Strukturierungsprinzipien stellen somit Verbindungen zwischen dem Zielsystem und den anderen Systemarten her. Diese Korrelationen können bei der Generierung von Planungspfaden ausgenutzt werden. In Verbindung mit den formulierten und gewichteten Zielen kommen jeweilig verschiedene Strukturierungsprinzipien in Betracht, die wiederum die Ausführung verschiedener Grobfunktionen nahelegen.

b) Pfade bewährter Vorgehensweisen

Für Planungsfälle (z.B. Neuplanung einer Fabrik) empfohlene, bewährte Vorgehensweisen wie die Projektierung von Produktionssystemen, die Systematische Fabrik-(struktur)planung, die Planung dynamischer Fabriksysteme (vgl. Anlagen A4 und A5) oder auch Best-Practice-Lösungen prägen, indem sie auf die GFM_{30} projiziert werden, einen Pfad auf dieser. Die in den Vorgehensweisen „benachbarten“ Grobfunktionen besitzen somit eine gewisse Korrelation zueinander. Bei vergleichbar gelagerten Planungsfällen kann diesem Pfad, welcher die jeweils nachfolgende(n) Grobfunktion(en) vorgibt, „gefolgt“ werden.

c) Strukturierungsmethoden als „Teil-Planungspfade“

Strukturierungsmethoden, da sie sich meist mehreren Grobfunktionen zuordnen lassen, gestatten es, von bestimmten Beschreibungskonstrukten bzw. -instanzen zu anderen zu gelangen. So helfen Objekt-Platz-Zuordnungsverfahren wie das Modifizierte Dreiecksverfahren, von mengen-zeitlichen Leistungs- und mengen-vorgehenslogischen Einheitenstrukturen zu räumlichen Einheitenstrukturen zu kommen. Strukturierungsmethoden, indem sie Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von Grobfunktionen beinhalten, verkörpern bereits „Teil-Planungspfade“. Die planmäßige Verkettung von Strukturierungsmethoden, respektive der Zusammenbau von „Teil-Planungspfaden“, führt logischerweise zu „Gesamt-Planungspfaden“.

d) Strukturierungsoptionen

Zu den Strukturierungsoptionen zählen u.a. Maßnahmekataloge zur Strukturverbesserung von Teileflusssystemen (auf Basis von Strukturtypen) und zur Veränderung der Prozessstruktur. Strukturierungsoptionen untersetzen Grobfunktionen und

gestalten diese aus. Beispielsweise kann mit den Maßnahmen Parallelisieren oder Serialisieren gezielt in die vorgehenslogische Funktionsstruktur eingegriffen werden. Im Unterschied zu den Strukturierungsprinzipien, welche „lediglich“ das Kriterium oder den Gesichtspunkt der Strukturierung vorgeben, liefern Strukturierungsoptionen konkrete Handlungsanleitungen für die Strukturierung meist weniger Beschreibungskonstrukte bzw. -instanzen. Mit den Strukturierungsprinzipien gemein haben die Strukturierungsoptionen die Assoziation zum Zielsystem und die Lokalisierung in den zielsystemfremden Systemarten. So lässt sich über Strukturtypveränderungen bezogen auf das Einheitensystem oder Prozessstrukturveränderungen bezogen auf das Funktionssystem planmäßig auf einzelne Größen des Zielsystems Einfluss nehmen. Dieser Sachverhalt kann äquivalent zu den Prinzipien ausgenutzt werden, um zu Planungspfaden zu gelangen.

Generierungsregeln

Die gefundenen Korrelationen und Anhaltspunkte sollen dazu verwandt werden, Generierungsregeln für Vorgehensweisen als Pfade über die GFM_{30} aufzustellen.

Es sind jedoch noch Vorüberlegungen anzustellen, ob es solcher überhaupt bedarf oder ob es eine oder wenige abzählbare zu präferierende Vorgehensweisen als Pfade über die GFM_{30} gibt.

Gäbe es solche Vorgehensweisen, so müssten diese alle Grobfunktionen in einer fixen Reihenfolge (beispielsweise entsprechend der Kaskade von Metamodell und ORa_{BV}) überstreichen und für jedwede Problemstellung zu bevorzugen sein. Selbst gegen eine Vorstellung, dass abzählbar wenige derartige Vorgehensweisen[74] existieren, sprechen folgende Gründe:

- Es existieren unabzählbar viele Planungsfälle mit entsprechend unterschiedlichen Bestimmtheitsgraden, die differierende Vorgehensweisen nahelegen.
- Umgekehrt werden für nicht wenige Planungsfälle alternative gleichberechtigte Vorgehensweisen vorgeschlagen.
- Die meisten existierenden Vorgehensweisen kommen mit einer limitierten Anzahl an Grobfunktionen aus.

Folgende Erkenntnisse vorwegnehmend kann es als eine abgesicherte Erkenntnis angesehen werden, dass zu präferierende Vorgehensweisen nicht existieren. Mit der vollständigen Verifizierung von *Hypothese 5* ist die Voraussetzung geschaffen, Regeln für das Bilden situationsgerechter Vorgehensweisen aufzustellen.

Die zu Generierungsregeln zu verdichtenden Korrelationen und Anhaltspunkte müssen wegen des Allgemeingültigkeitsanspruchs der Methode für jegliche Planungsfälle gelten. Die Regeln sind im Sinne einer Heuristik insbesondere für die Findung der auszuführenden Grobfunktionen, die Reihenfolge deren Abarbeitung der jeweils nächsten Grobfunktion(en) oder auch des nächsten „Teil-Planungspfades“ sowie die Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen zu verstehen.

---

[74] Hier würde sich nichtsdestotrotz das Auswahlproblem stellen, wofür wiederum Regeln gefunden werden müssten.

Bei der Angabe von Regeln wird davon ausgegangen, dass der Planungsfall bestimmt ist und es noch keine hierfür bereitstehende Vorgehensweise gibt. Die Regeln untersetzen damit die Schritte zwei und vier des Grobablaufs. Folgende Regeln werden gegliedert nach den Entscheidungsunterstützungen angegeben:

1. Entscheidungsunterstützung hinsichtlich auszuführender Grobfunktionen

- Die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen wird von den Bestimmtheitsgraden kleiner 1 vorgegeben.
- Grobfunktionen, die Beschreibungskonstruktinstanzmengen ansprechen, welchen der Bestimmtheitsgrad 1 zugewiesen wurde, sind nicht auszuführen.
- Ist kein adäquater Planungsprozess aufstellbar (vorhandene Eingangsgrößen führen nicht zu gewünschten Ausgangsgrößen), ist eine Hinzunahme von Grobfunktionen zur Grundmenge zu prüfen (Herabsetzung diesbezüglicher Bestimmtheitsgrade), um andere Pfade beschreitbar zu machen.
- Die Anhebung der Bestimmtheitsgrade des Zielsystems macht – falls es sich nicht um die Formulierung von Zielen an sich handelt – die Ausführung von zielsystemfremden, eine positive Wirkung auf die Zielsystem-Bestimmtheitsgrade versprechenden Grobfunktionen erforderlich.
- Da planendes und zu planendes soziotechnisches System zielgeleitet sind, sind stets die Grobfunktionen: Ziel bestimmen und rangmäßige Zielstruktur bestimmen auszuführen, falls nicht deren Bestimmtheitsgrade gleich 1 sind.
- Strukturierungsprinzipien und -optionen weisen ausgehend vom Zielsystem auf auszuführende Grobfunktionen in den zielsystemfremden Systemarten hin.

2. Entscheidungsunterstützung hinsichtlich der Reihenfolge der abzuarbeitenden Grobfunktionen

- Die zu den Ein- und Ausgangsgrößen gehörigen Grobfunktionen definieren mit den Zielsystem-Grobfunktionen Anfang und Ende des Planungspfades.
- Die Abarbeitung der Grobfunktionen sollte sich an der Kaskade des ORa_{BV} ausrichten.
- Bei der Wahl der Reihenfolge sind die Beeinflussungen und Einflussnahmen zwischen den Grobfunktionen zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk ist auf kritische Grobfunktionen zu legen.
- Für die Festlegung der nächstfolgenden Grobfunktion(en) sollten Häufungen von Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen zwischen den Grobfunktionen als bewährte und somit zu präferierende Abfolgen einbezogen werden.
- In Verfahren implementierte Suchstrategien über die GFM_{30} beginnend vom Anfang, Ende oder Zwischenpunkt eines Planungspfades versprechen ein nahezu automatisiertes Treffen von Reihenfolgeentscheidungen.
- Bewährte strukturierungsrelevante Vorgehensweisen weisen auf gangbare „Gesamt-Planungspfade“ hin.

- „Gesamt-Planungspfade“ lassen sich durch Anreihung von „Teil-Planungspfaden“ bestehend aus strukturierungsrelevanten Methoden zusammensetzen.

3. Entscheidungsunterstützung hinsichtlich Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen

- Die Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen ist nach Beschränkungen auszurichten und sollte Freiheitsgrade zweckdienlich ausnutzen.
- Für die Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen sollte bewährter strukturierungsrelevanter Content herangezogen werden.

Die Entscheidungen sind voneinander abhängig. Nur ausgewählte Grobfunktionen können in eine Reihenfolge gebracht werden, die Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen hängt von deren Position im Planungspfad ab. Die Entscheidungen sind daher iterativ in dieser Abfolge zu treffen.

Die Aufstellung von Planungspfaden ist ein kreativer, nur teilweise formalisierbarer Prozess und somit entscheidend abhängig von der Kompetenz des Planers und Gestalters. *Hypothese 6* lässt sich in den Bestandteilen vollständig verifizieren, dass sich für eine Planungsprozessgenerierung Korrelationen und Anhaltspunkte finden sowie hieraus schwache Regeln formulieren lassen. Die bis dato Nichtformulierbarkeit starker Regeln erlaubt weder eine Verifikation noch Falsifikation des diesbezüglichen Hypothesenbestandteils.

6.4 Methodenevaluierung und -anwendung

Evaluierung und Anwendung sind der Lösungsanalyse und Bewertung des Problemlösungszyklus’ angehörig.

Die Evaluierung und Anwendungsdemonstration des Methodenkonzeptes der IPSS kann auf verschiedenste Art und Weise erfolgen.

So wurde die Richtigkeit des Methodenkonzeptes bereits durch logische Schlussfolgerung nachgewiesen. Anhand anerkannter Theorien lässt sich zeigen, dass der Beschreibungsrahmen der IPSS, vergegenständlicht über diverse Ordnungsrahmen, für die Abbildung produktionslogistischer soziotechnischer Systeme hinreichende Beschreibungskategorien enthält. Auf die generierten Beschreibungskonstrukte wird die „allgemeine“ Verrichtung Bestimmung angewandt. Die mögliche Bestimmbarkeit aller Teile des Ganzen zeugt von der allgemeingültigen Anwendbarkeit der Methode.

Vorgelagert wurde eine Pre-Evaluierung und -Anwendungsdemonstration der IPSS schon in Kapitel 1 (Zugang zur Elementarität von KPZ) anhand des Sichtenkonzeptes/Metamodells als Vorstufe und Grundlage des Beschreibungsrahmens der IPSS vorgenommen. Nachgelagert und weiterführend wird sich eine Post-Evaluierung und -Anwendungsdemonstration der IPSS anschließen.

Eine Main-Evaluierung und -Anwendungsdemonstration der IPSS soll nun anhand prädestinierter „Probanden“ entnommen dem strukturierungsrelevanten Content – gegliedert in Analyse und Synthese – erfolgen.

Innerhalb der Analyse wird gezeigt, wie sich u.a. strukturierungsrelevante Prinzipien, Vorgehensweisen und Methoden sowie Optionen auf den Beschreibungsvorrat der IPSS, insbesondere auf die GFM_{30}, projizieren lassen.

Innerhalb der Synthese wird gezeigt, wie sich unterstützt durch die IPSS neue Vorgehensweisen als Pfade über die GFM_{30} generieren lassen.

Die zur Analyse und Synthese ausgewählten Probanden entstammen unterschiedlichen Domänen: Produktionssystem-/Fabrikplanung, Logistikplanung, PPS/SCM.

6.4.1 Analyse von strukturierungsrelevantem Content

Die Analyse von peripherem strukturierungsrelevanten Content erfolgt durch Projektion dessen auf den Beschreibungsrahmen bzw. -vorrat der IPSS, vertreten insbesondere durch die im Kern der Strukturierungsbibliothek angesiedelten Grobfunktionen und deren Abfolgen. Ist eine Einordenbarkeit gegeben, ist dies ein wichtiger Beleg für einen qualitativ und quantitativ hinreichenden Beschreibungsvorrat. Auszüge einer detaillierten Analyse enthalten die Anlagen A4 und A5.

Es lässt sich zeigen, dass sich der umfänglich zusammengetragene Content gut auf den Beschreibungsvorrat projizieren lässt, wobei unvermeidliche Interpretations- und Entscheidungsspielräume oft keine eindeutige Projektion zulassen. Mit Ausnahme, dass zum Beschreibungsrahmen der IPSS ein nicht völlig anderes Modellverständnis vorliegt, wurde bislang kein strukturierungsrelevanter Content identifiziert, der sich prinzipiell nicht auf den Beschreibungsvorrat projizieren lässt.

Der Nachweis der Projizierbarkeit strukturierungsrelevanten Contents auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS verifiziert exemplarisch *Hypothese 1*.

6.4.1.1 (Grob-)Funktionen

Prinzipielle Projizierbarkeit, Orden- und Aufbereitbarkeit von strukturierungsrelevantem Content

Der periphere strukturierungsrelevante Content der Strukturierungsbibliothek lässt sich prinzipiell auf die Grobfunktionen projizieren, nach diesen ordnen und aufbereiten (vgl. Anlagen A4 und A5). Jeder Grobfunktion wird dabei der auf sie projizierbare Content zugeordnet. Der so zusammengetragene Content kann für die Ausgestaltung und Untersetzung der Grobfunktionen planungsadäquat eingesetzt werden. Projektionen sind dennoch mit einigen Schwierigkeiten verbunden:

- keine für eine Projektion ausreichende Beschreibung des peripheren Contents: ungenügende Beschreibung (Intransparenz, Redundanz, unerklärte Begriffe etc.); explizit nicht artikulierte, aber implizit vorhandene Strukturierungsfunktionen ⇨ Interpretationsspielraum seitens der Content-Charakteristik sowie Ermessensspielraum seitens der einzubeziehenden Beschreibungskonstrukte
- fehlendes einheitliches Abstraktionsniveau des „Originals“ einschließlich dessen Beschreibung als gemeinsamer Ausgangspunkt ⇨ Interpretationsspiel-

raum bezüglich der Content-Charakteristik sowie Ermessensspielraum seitens der einzubeziehenden Beschreibungskonstrukte

- fehlende klare Vorschriften für eine Projektion ⇨ Ermessensspielraum seitens der einzubeziehenden Beschreibungskonstrukte

Dies führt zu Abweichungen in den Projektionen, was eine Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Projektionen beeinträchtigt.

Projektionen liefern folgende weitere Erkenntnisse:

- Viele im peripheren Content vorkommenden Beschreibungskonstrukte finden ihre Entsprechungen in Beschreibungskonstrukten der IPSS.
- Wesensmäßig unterschiedlicher Content (z.B. bei Strukturveränderungsmaßnahmen) kann aufgrund der mit der Projektion einhergehenden Abstraktion zu gleichen Projektionsresultaten führen.
- Die Projektionen geben je Content das gesamtheitliche Spektrum an angesprochenen Grobfunktionen an, welches in konkreten Anwendungen des Contents (z.B. beim Abarbeiten einer Vorgehensweise) nicht zwangsweise ausgeschöpft sein muss.

Klassifikation von strukturierungsrelevantem Content

Mittels Projektion auf die GFM_{30} kann strukturierungsrelevanter Content innerhalb der peripheren Komponenten der Strukturierungsbibliothek wie Prinzipien, Vorgehensweisen, Methoden oder Optionen klassifiziert und systematisiert werden. Die belegten Felder der GFM_{30} geben Aufschluss bezüglich Inhalt (Welche Grobfunktionen werden bedient?) und Umfang (Wie viele Grobfunktionen werden bedient?) sowie gegebenenfalls Ablauf (In welcher Abfolge werden die Grobfunktionen bedient?)[75] des Contents. Nach dem Umfang lassen sich Komplex-Vorgehensweisen(, -Methoden) und -Optionen (Belegung vieler Felder der GFM_{30}) von Einfach-(Vorgehensweisen, -)Methoden und -Optionen (Belegung weniger Felder der GFM_{30}) unterscheiden. Dabei sind Vorgehensweisen der Produktionssystemplanung eher Exemplare von Komplex-Vorgehensweisen, Strukturierungsmethoden zur räumlich-vorgehenslogischen Anordnung eher Exemplare von Einfach-Methoden.

Integration und Kopplung strukturierungsrelevanten Contents

Mittels Projektion auf die GFM_{30} kann strukturierungsrelevanter Content innerhalb der peripheren Komponenten der Strukturierungsbibliothek wie Vorgehensweisen, Methoden und Optionen bezüglich Integrations- und Kopplungsfähigkeit geprüft werden. Die Belegungsmuster der GFM_{30} geben hierüber Aufschluss. Sind gleiche Felder[76] der GFM_{30} belegt (nicht disjunktes Belegungsmuster), ergeben sich prinzipiell Integrationsmöglichkeiten. Sind ungleiche Felder belegt (disjunktes Belegungsmuster), ergeben sich prinzipiell Kopplungsmöglichkeiten.

---

[75] Bei Vorgehensweisen und Methoden.
[76] Mindestens ein gleiches Feld.

6.4.1.2 Vorgehensweisen

Prinzipielle Projizierbarkeit von Vorgehensweisen und Methoden

Existierende Vorgehensweisen und Methoden lassen sich gut als Abfolgen von Grobfunktionen, darstellbar als Pfade über die GFM_{30}, abbilden (vgl. Anlagen A4 und A5). Projektionen von Vorgehensweisen und Methoden sind mit folgenden besonderen Schwierigkeiten verbunden:

- in den Beschreibungen nicht erkennbare Funktionsreihenfolgen
- „strukturierungsferne“ Beschreibungen (primär Beschreibung mathematischer Modelle, Lösungsalgorithmen/Ablaufpläne/Programme etc., nur sekundär Beschreibung der damit verbundenen Strukturierungsinhalte)

Projektionen liefern folgende weitere Erkenntnisse:

- Die Vorgehensweisen und Methoden sind nach ihren angesprochen Grobfunktionen und deren Reihenfolge sehr unterschiedlich, was darauf hindeutet, dass kein genereller Planungsablauf existiert, wohl aber Optionen der Integration und Kopplung von Vorgehensweisen und Methoden.
- Die Reihenfolgen von Grobfunktionen innerhalb von Vorgehensweisen (und Methoden) sind in den Abstufungen: feingliedrige Reihenfolge, nur grobgliedrige Reihenfolgen von Gruppen, keine Reihenfolge, angebbar.

Charakteristik von Vorgehensweisen und Methoden

Ungeachtet der benannten Schwierigkeiten wird aus den Projektionen von Vorgehensweisen und Methoden deren allgemeine Charakteristik deutlich und eine vergleichende Betrachtung möglich. So bedienen einige Planungsschritte von Vorgehensweisen (und Methoden) viele Grobfunktionen, andere wenige. Ersichtlich wird auch, dass sich je Domäne, Situation und Problemstellung unterschiedliche Pfade über die Grobfunktionen ergeben. Daraus lässt sich allerdings nicht schließen, dass nicht doch zu präferierende Vorgehensweisen zur Planung soziotechnischer Systeme als Pfade über die Grobfunktionen existieren. *Hypothese 5* kann somit nur exemplarisch beschränkt verifiziert werden.

6.4.2 Synthese von strukturierungsrelevantem Content

Die Synthese von strukturierungsrelevantem Content erfolgt unter Ausnutzung der erkannten Wirkzusammenhänge und Regeln in Verbindung mit dem aufbereiteten strukturierungsrelevanten Content (vgl. Abschnitt 6.3.3 sowie Anlagen A4 und A5).

6.4.2.1 (Grob-)Funktionen

Der über die Grobfunktionen zusammengetragene Content lässt sich für die Ausgestaltung und Untersetzung der Grobfunktionen in neu aufzustellenden Vorgehensweisen (3. wichtige Syntheseentscheidung) nutzbar machen. Dabei wird abhängig

vom zugrunde liegenden Problem und der aufgestellten Grobfunktions-Vorgehensweise aus dem geordneten und aufbereiteten Content zweckdienlich ausgewählt.

Neuer strukturierungsrelevanter Content wird hierdurch synthetisiert, dass zusätzlicher Content über die Grobfunktionen zusammengetragen, geordnet und aufbereitet sowie sodann in Vorgehensweisen zum Einsatz gebracht wird.

6.4.2.2 Vorgehensweisen

Die Synthese von Vorgehensweisen wird anhand einiger Beispiele, entstammend verschiedenen Domänen, demonstriert. Durch Andeutung jeweils einer möglichen Vorgehensweise (für einen Planungsfall sind i.d.R. mehrere Vorgehensweisen möglich) soll ein Eindruck von der Handhabbarkeit der Grobfunktionen vermittelt werden. Zudem wird punktuell auf die wichtigen Generierungsentscheidungen (1.-3. wichtige Syntheseentscheidung) mit den zur Anwendung gebrachten Regeln eingegangen.

Vorgehensweise der Produktionssystem-/Fabrikplanung – Praxisnahe Produktionsstättenplanung

Unter dem Planungsfall: Praxisnahe Produktionsstättenplanung soll die Umplanung einer Fabrik für einen Praxispartner verstanden werden.

Unterstellt wird, dass mit wenigen Ausnahmen jegliche Ziele, Leistungen, Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten sowie deren Strukturen zunächst als Eingangsgrößen aufzubereiten sind, als Ausgangsgrößen jedoch wiederum zu planen sind (Bestimmtheitsgrade kleiner 1).

1. Syntheseentscheidung: auszuführende Grobfunktionen

- Die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen wird von den Bestimmtheitsgraden kleiner 1 vorgegeben.
- Grobfunktionen, die Beschreibungskonstruktinstanzmengen ansprechen, welchen der Bestimmtheitsgrad 1 zugewiesen wurde, sind nicht auszuführen.
- Da planendes und zu planendes soziotechnisches System zielgeleitet sind, sind stets die Grobfunktionen: Ziel bestimmen und rangmäßige Zielstruktur bestimmen auszuführen, falls nicht deren Bestimmtheitsgrade gleich 1 sind.

Damit ist die Grundmenge an abzuarbeitenden Grobfunktionen ermittelt, die ausgenommen weniger Zielstrukturen deren Gesamtmenge entspricht.

2. Syntheseentscheidung: Reihenfolge der abzuarbeitenden Grobfunktionen und
3. Syntheseentscheidung: Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen

- Bewährte strukturierungsrelevante Vorgehensweisen weisen auf gangbare „Gesamt-Planungspfade“ hin.

Als universale strukturierungsrelevante Vorgehensweise soll exemplarisch der Problemlösungszyklus Anwendung finden.[77]

Der mit Planungsaufgaben adaptierte Problemlösungszyklus ist in Tabelle 14 ebenso beschrieben wie die in der Strukturierungsbibliothek hinterlegte zugehörige Vorgehensweise als Abfolge von untersetzten und ausgestalteten Grobfunktionen.

Mit Planungsaufgaben adaptierter Problemlösungszyklus und -prozess	In Strukturierungsbibliothek hinterlegte Vorgehensweise als Abfolge von untersetzten und ausgestalteten Grobfunktionen
Anstoß und Zielformulierung	
• Problemstellung: Finden eines optimalen Layouts für eine Fertigung	Bestimmung der Ziele sowie deren rangmäßigen Strukturen (1)
Situationsanalyse	
• Aufarbeitung der Ist-Situation	Bestimmung der Ziele, Leistungen, Funktionen, Ressourcen und Struktureinheiten sowie deren Strukturen (2)
• Aufbereitung des Produktionsprogramms	Bestimmung der Leistungen sowie deren Strukturen (3)
• Ermittlung der umzusetzenden Technologien und Arbeitspläne	Bestimmung der Funktionen sowie deren vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen (4)
• Aufstellung der avisierten Maschinen und Anlagen	Bestimmung der Ressourcen sowie deren mengenmäßigen Strukturen (5)
Synthese und Analyse von Lösungen	
• Aufstellung von Strukturierungsvarianten des Layouts	Bestimmung der mengenmäßigen und räumlichen Funktions- und Einheitenstrukturen sowie Bestimmung der Struktureinheiten (6) (Strukturierungsprinzipien: Produkt-, Materialfluss-, Betriebsmittel-, Tätigkeitsorientierung, …)
• Finden optimaler Strukturierungsvarianten durch Überlagerung	Bestimmung der mengenmäßigen und räumlichen Funktions- und Einheitenstrukturen sowie Bestimmung der Struktureinheiten (7) (Methode: Überlagerungsmatrix)
• Anordnung von Bereichen im Groblayout	Bestimmung der Struktureinheiten sowie deren räumlichen Strukturen (8) (Instrumentarien: OptPS, 4flow vista, visTABLE)
• Ableiten der Prozessstrukturen aus der Layoutstruktur	Bestimmung der Funktionen sowie deren Strukturen (9) (Instrumentarium: 4flow vista)
• Ableiten der prinzipiellen Ressourcenstruktur aus der Layoutstruktur	Bestimmung der Ressourcen sowie deren Strukturen (10) (Instrumentarium: visTABLE)
• Dimensionierung der Flächen	Bestimmung der Ressourcen und deren mengenmäßigen Strukturen (11) (Methode: Ersatzflächenmethode)
• Gestaltung des Feinlayouts	Bestimmung der räumlichen Funktions-, Ressourcen- und Einheitenstrukturen (12) (Instrumentarium: visTABLE)
Bewertung, Entscheidung	
• Auswahl der Vorzugsvariante	Bestimmung der Ziele, Leistungen, Funktionen, Ressourcen und Struktureinheiten sowie deren Strukturen (13) (Instrumentarium: 4flow vista)

Tabelle 14: Kurzbeschreibung einer Vorgehensweise der Praxisnahen Produktionsstättenplanung

Die Vorgehensweise der Praxisnahen Produktionsstättenplanung lässt sich als Pfad von Grobfunktionsgruppen (GFG) über die GFM_{30} darstellen (Abbildung 64).

[77] Damit werden auch die bestehenden Assoziationen zwischen Problemlösungszyklus und dem Methodenkonzept der IPSS, hier insbesondere verkörpert durch die in der GFM_{30} enthaltenen Grobfunktionen, verdeutlicht.

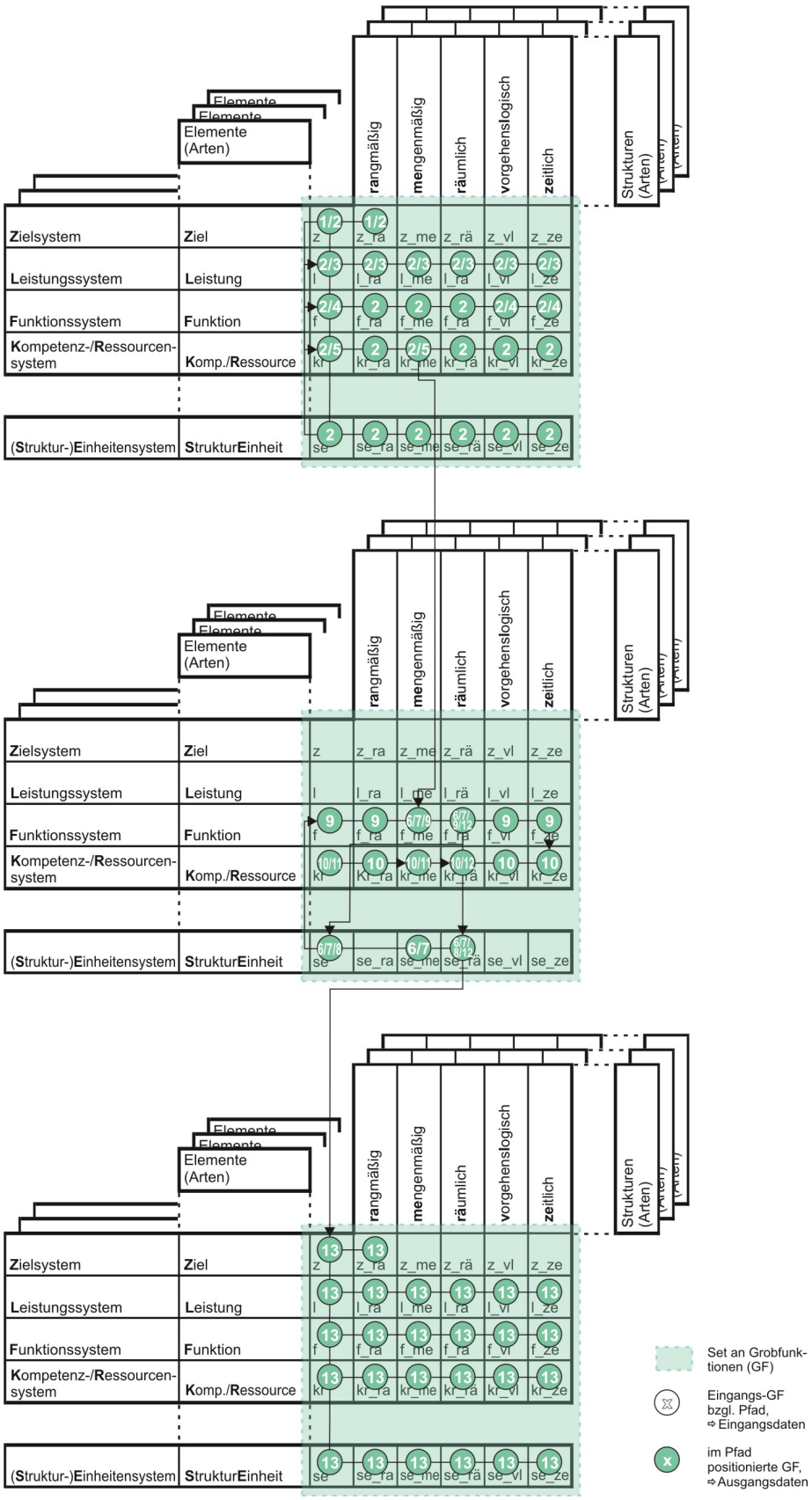


Abbildung 64: Prinzipdarstellung einer Vorgehensweise der Praxisnahen Produktionsstättenplanung als Pfad über die GFM_{30}

Vorgehensweise der Logistikplanung – Strategische Logistikplanung

Unter dem Planungsfall: Strategische Logistikplanung soll die Neuplanung eines Logistiksystems verstanden werden.

Unterstellt wird, dass mit wenigen Ausnahmen jegliche Ziele und Leistungen sowie deren Strukturen als Eingangsgrößen vorhanden sind. Folglich sind mit wenigen Ausnahmen jegliche Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten sowie deren Strukturen als Ausgangsgrößen zu planen (Bestimmtheitsgrade kleiner 1).

1. Syntheseentscheidung: auszuführende Grobfunktionen

- Die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen wird von den Bestimmtheitsgraden kleiner 1 vorgegeben.
- Grobfunktionen, die Beschreibungskonstruktinstanzmengen ansprechen, welchen der Bestimmtheitsgrad 1 zugewiesen wurde, sind nicht auszuführen.
- Da planendes und zu planendes soziotechnisches System zielgeleitet sind, sind stets die Grobfunktionen: Ziel bestimmen und rangmäßige Zielstruktur bestimmen auszuführen, falls nicht deren Bestimmtheitsgrade gleich 1 sind.

Damit ist die Grundmenge an abzuarbeitenden Grobfunktionen ermittelt, die lediglich einer Teilmenge an Grobfunktionen entspricht.

2. Syntheseentscheidung: Reihenfolge der abzuarbeitenden Grobfunktionen

- Die zu den Ein- und Ausgangsgrößen gehörigen Grobfunktionen definieren mit den Zielsystem-Grobfunktionen Anfang und Ende des Planungspfades.
- Die Abarbeitung der Grobfunktionen sollte sich an der Kaskade des ORa_{BV} ausrichten.

Die Vorgehensweise der Strategischen Logistikplanung lässt sich als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} darstellen (Abbildung 65).

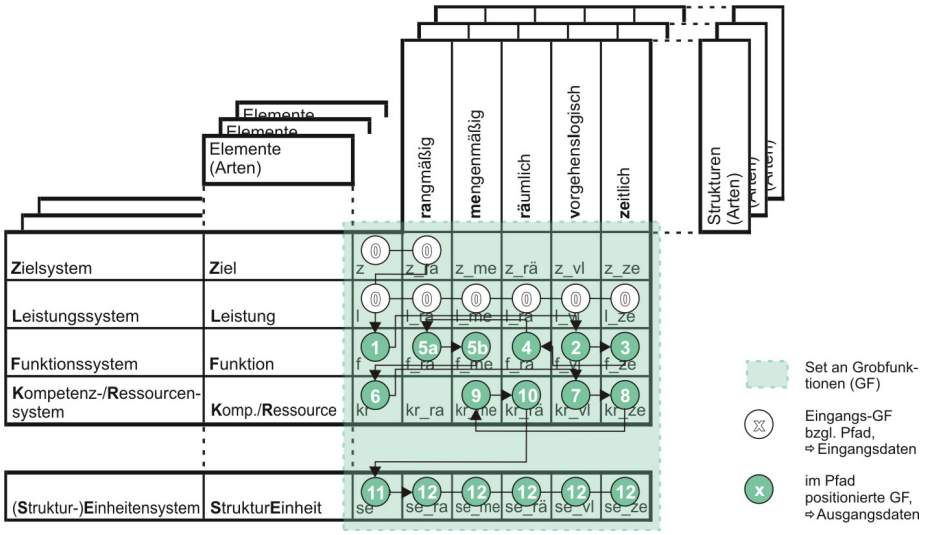


Abbildung 65: Prinzipdarstellung einer Vorgehensweise der Strategischen Logistikplanung als Pfad über die GFM_{30}

Demnach sind ausgehend von den logistischen Zielen, eingegliedert in eine Zielhierarchie (0), sowie allen Leistungen und Leistungsstrukturen (0) zunächst die Logistikprozesse als Funktionen (1) mit den notwendigen Reihenfolgen (2) und Zeiten (3) unter Beachtung der topologischen Gegebenheiten (4) zu bestimmen. Mittels einer hierarchischen Gliederung der verwendeten Funktionen (5a) kann eine Übersicht auch über den Funktionsumfang (5b) gewonnen werden. Anschließend werden die Ressourcen (6), deren Reihenfolgen (7) und zeitliche Belegungen (8) anhand der Prozesse bestimmt und diesen zugeordnet. Hiernach können die Dimensionierung der Ressourcen (9) und ihre räumliche Strukturierung (10) erfolgen. Durch Organisation, d.h. durch strukturbildende Zusammenstellung einzelner Elemente der Grundsysteme, entstehen sinnvoll geordnete Logistikstruktureinheiten (11) und Strukturen (12) zwischen diesen.

3. Syntheseentscheidung: Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen

Für die Aufstellung der Logistikprozesse können logistische Referenzprozesse genutzt werden. Für die räumliche Strukturierung der Ressourcen können Strukturtypen, Standortoptimierungsmethoden und räumliche Strukturierungsverfahren, für die Bildung von Struktureinheiten – die (System-)Grenzziehung zwischen den Logistik-Teilsystemen – diverse logistische Strukturierungsprinzipien Anwendung finden.

Vorgehensweise der PPS/des SCM – Operatives Auftragsmanagement

Unter dem Planungsfall: Operatives Auftragsmanagement – auch operative Produktions- und Logistikplanung – soll die zielgeleitete Allokation von Leistungen als Aufträge über den produktionslogistischen Prozess zu Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten verstanden werden.

Unterstellt wird, dass mit wenigen Ausnahmen jegliche Ziele, Leistungen, Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten sowie deren Strukturen als Eingangsgrößen vorhanden sind, als Ausgangsgrößen jedoch wiederum zu planen sind (Bestimmtheitsgrad kleiner 1).

1. Syntheseentscheidung: auszuführende Grobfunktionen

- Die Grundmenge an auszuführenden Grobfunktionen wird von den Bestimmtheitsgraden kleiner 1 vorgegeben.
- Grobfunktionen, die Beschreibungskonstruktinstanzmengen ansprechen, welchen der Bestimmtheitsgrad 1 zugewiesen wurde, sind nicht auszuführen.
- Da planendes und zu planendes soziotechnisches System zielgeleitet sind, sind stets die Grobfunktionen: Ziel bestimmen und rangmäßige Zielstruktur bestimmen auszuführen, falls nicht deren Bestimmtheitsgrade gleich 1 sind.

Damit ist die Grundmenge an abzuarbeitenden Grobfunktionen ermittelt, die ausgenommen weniger Zielstrukturen und rangmäßiger Strukturen der Gesamtmenge an Grobfunktionen entspricht.

2. Syntheseentscheidung: Reihenfolge der abzuarbeitenden Grobfunktionen

- Bei der Wahl der Reihenfolge sind die Beeinflussungen und Einflussnahmen zwischen den Grobfunktionen zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk ist auf kritische Grobfunktionen zu legen.

Entsprechend wurde versucht, die kritischen Grobfunktionen: Bestimmung rangmäßige Leistungsstruktur, Bestimmung Struktureinheit, Bestimmung vorgehenslogische Leistungsstruktur, Bestimmung zeitliche Leistungsstruktur, Bestimmung zeitliche Funktionsstruktur und Bestimmung vorgehenslogische Funktionsstruktur möglichst frühzeitig im Ablauf zu positionieren.

Die Vorgehensweise des Operativen Auftragsmanagements lässt sich als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} darstellen (Abbildung 66).

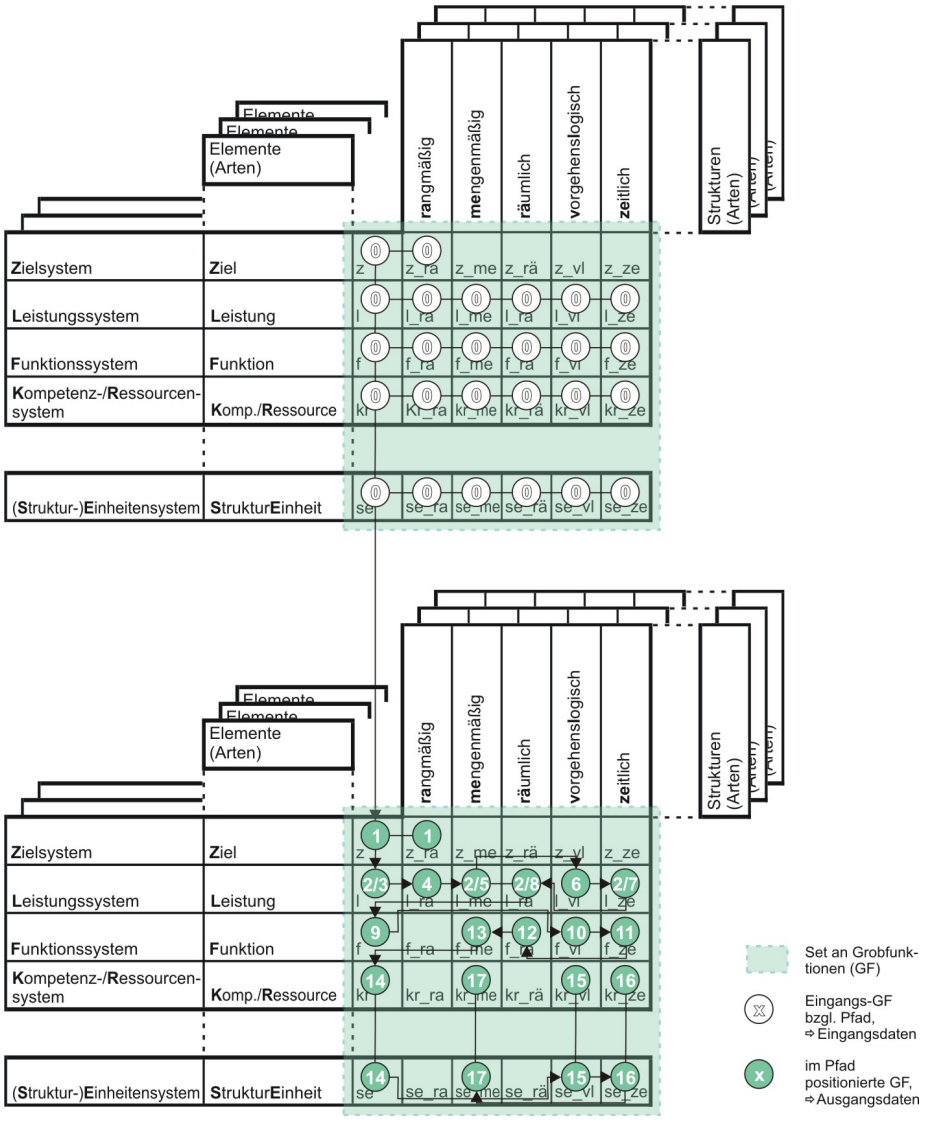


Abbildung 66: Prinzipdarstellung einer Vorgehensweise des Operativen Auftragsmanagements als Pfad über die GFM_{30}

Auf der Grundlage der gegebenen Ziele, Leistungen, Funktionen, Kompetenzen/ Ressourcen und Struktureinheiten sowie deren Strukturen (0) sind ausgehend von den festgelegten externen und internen Zielen inklusive deren Zielgewichtungen (1) sowie den nachgefragten Leistungen inklusive deren raum-zeitlichen Mengen (2) die zu erbringenden Leistungen (3) in ihrem inneren Aufbau (4), ihren Mengen (5), Reihenfolgen (6) und Zeiten/Zeitpunkten (7) unter Beachtung von topologischen Gegebenheiten (8) näher zu bestimmen. Hieraus sind die zur Leistungserbringung erforderlichen Funktionen (9) mit den notwendigen Reihenfolgen (10) und Zeiten/ Zeitpunkten (11) unter Beachtung von topologischen Gegebenheiten (12) zu bestimmen. Aus den produktionslogistischen Prozessen kann die Prozess-/ Funktionsmenge (13) gewonnen werden. Nun kann die Selektion der Kompetenzen/ Ressourcen bzw. Struktureinheiten (14) mit anschließender Reihenfolge- (15), Kapazitäts-/Termin- (16) und Mengenplanung (17) erfolgen, womit vermittelt über die Funktionen die einzelnen Leistungen als Aufträge den Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten zugeordnet sind.

3. Syntheseentscheidung: Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen

Die Ausführung der Grobfunktionen obliegt Auftragsdisponenten als Rolle/Akteure, welche u.a. PPS-Systeme, Logistikleitstände, Tourenplanungssysteme als Instrumentarien nutzen.

Über die vorgenommenen Analysen und Synthesen von Vorgehensweisen und Methoden, über den Nachweis der prinzipiellen Projizierbarkeit dieser auf den Beschreibungsvorrat der IPSS sowie umgekehrt über den Nachweis der prinzipiellen Konfigurierbarkeit dieser aus dem Beschreibungsvorrat der IPSS wird *Hypothese 4* exemplarisch verifiziert.

6.4.3 Weiterführende Evaluierung und Anwendung

Für eine weiterführende Evaluierung und Anwendung der IPSS können neben der Generierung von Szenarien einschließlich der Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen für die Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze (hierauf wird in Kapitel 7 ausführlich eingegangen) u.a. herangezogen werden:

- das Datenmodell der Produktionsdatenbank [252]
- die Differenzierung in stark und schwach strukturierte Prozesse und Systeme [253]
- die Planung von Logistikstrukturen realitätsnaher Beispielnetze (Demonstratoren) [252]

Datenmodell der Produktionsdatenbank

Das Datenmodell der Produktionsdatenbank, welche alle wesentlichen planungs-relevanten Daten bezüglich Logistikstrukturen und Produktionsstätten halten kann, baut auf den gleichen systemtheoretischen und modellierungsmethodischen Grund-

lagen wie die IPSS auf. Die Entitäten des Datenmodells sind demgemäß mit den Beschreibungskonstrukten der IPSS abgestimmt.

Zu den Grund-Entitäten des Datenmodells wurden u.a. folgende Ausprägungen modelliert:

- Ziel: <keine Ausprägungen sinnvoll>
- Leistung: Produktionsprogramm, Auftrag
- Funktion: Arbeitsplan, Arbeitsvorgang
- Kompetenz/Ressource: <keine Ausprägungen sinnvoll>/Fertigungsmittel, Logistikmittel, Infrastrukturmittel
- Struktureinheit: Fertigungsplatz, KPZ, Produktionsstätte
- Strukturen: Zielhierarchie, Stückliste, Funktionsfolge, Betriebskalender (vgl. [252])

Der Nachweis der vorteilhaften Haltbarkeit aller relevanten Planungsdaten ist somit auch Beleg für die richtige Wahl der Beschreibungskonstrukte der IPSS.

Differenzierung in stark und schwach strukturierte Prozesse und Systeme

Nach den fünf Strukturarten lassen sich stark von schwach strukturierten Prozessen und Systemen differenzieren.

Stark strukturierte Prozesse (z.B. technische Prozesse) sind Prozesse, bei denen die Definition einer Prozesssequenz für Anwendungsfälle möglich ist. Des Weiteren können bei dieser Art von Prozessen Meilensteine festgelegt werden, an denen die Prozesssequenz einen definierten Zustand erreicht. Schwach strukturierte Prozesse (z.B. Kommunikations- und Koordinationsprozesse) sind hingegen Prozesse, bei denen die Beschreibung einer durchgängig definierten Prozesssequenz nicht bzw. nur teilweise möglich. (vgl. [253])

Kennzeichnend für stark strukturierte Prozesse und Systeme sind geringfügige „Strukturdefizite“ hinsichtlich der vollständigen Ausprägung interessierender rangmäßiger, räumlicher, vorgehenslogischer und/oder zeitlicher Strukturen. Die mengenmäßige Struktur verbleibt ohnedies. Beispiel einer Abbildung eines stark strukturierten Funktionssystems bzw. Prozesses ist eine erweiterte Ereignis-gesteuerte Prozesskette (eEPK).

Im Gegensatz hierzu kennzeichnend für schwach strukturierte Prozesse und Systeme sind erhebliche „Strukturdefizite“ hinsichtlich der vollständigen Ausprägung interessierender rangmäßiger, räumlicher, vorgehenslogischer und/oder zeitlicher Strukturen. Dominierend verbleibt lediglich die mengenmäßige Struktur. Beispiel einer Abbildung eines schwach strukturierten Funktionssystems bzw. Prozesses ist ein UML Use Case Diagram.

Planung von Logistikstrukturen realitätsnaher Beispielnetze (Demonstratoren)

Die Methodentestung kann anhand von realitätsnahen Daten zu Beispielnetzen (z.B. Daten ausgewählter Logistikstrukturen der Demonstratoren Motorspindel oder Montageautomat) vorgenommen werden. Die im Zusammenhang mit unterstützenden Planungsinstrumentarien (4flow vista, eM-Plant, CATRIN) stehenden Logistikplanungsprozesse dienen als Vorlage. Es lässt sich zeigen, dass unter Anwendung der auf die GFM_{30} projizierten Vorgehensweisen (vgl. Kapitel 7 und Anlage A5) plausible Planungslösungen generiert werden können. Die Prozessabbilder der im Kern aus Grobfunktionen bestehenden Vorgehensweisen, deren Handhabbarkeit sowie die Güte der erzielten Lösungen liefern Aufschlüsse über die Anwendbarkeit der IPSS.

6.4.4 Nachbetrachtungen zur Methode

Berücksichtigung der methodischen Ansätze

Die methodischen Ansätze finden wie folgt umfassend Berücksichtigung:

1. Ansatz

Durch die formale Generierung des Beschreibungsvorrates der Methode aus einem Beschreibungsrahmen als Beschreibungskonzept/Modell ist die harmonische Integrität zwischen Modell und Methode sichergestellt.

2. Ansatz

Mittels Assoziationen des Methodenkonzeptes zu übergeordneten Konzepten wie PlaNet oder dem Systems Engineering Konzept mit dem Problemlösungszyklus als Mikrologik einerseits und Assoziationen zu diversen Planungsvorgehensweisen der Fabrik-, Logistikplanung sowie PPS/SCM (gegeben durch deren Abbildbarkeit) andererseits wird eine transformierende, „vermittelnde“ Wirkung zwischen allgemeinen und spezifischen Methodiken erzielt.

3. Ansatz

Die Auswahl, Abarbeitungsreihenfolgefestlegung sowie Untersetzung und Ausgestaltung der Grobfunktionen – strikt ausgerichtet am jeweiligen Planungsfall – garantiert ein Höchstmaß an Flexibilität für den Planungsprozess.

Die limitierte, handhabbare Anzahl an Planungsfunktionen in Form von 30 Grobfunktionen, untersetzbar in detailliertere Funktionen, führt zu einer Standardisierung und Modularisierung des Planungsprozesses. Damit wird beispielsweise sowohl eine phasen- als auch prozessorientierte Strategie der Verfahrensauswahl und des Verfahrenseinsatzes unterstützt (vgl. Abschnitt 4.5.1).

Die Methode macht bestehende Planungsvorgehensweisen und -methoden verschiedener Domänen (z.B. Fabrik-, Logistikplanungs- und PPS-Sequenzen, Dimensionierungs- und Strukturierungsverfahren, Auftragssteuerungsverfahren) durch Abbildung als Pfade über die Grobfunktionen (die GFM_{30}) transparent, vergleichbar und klassifizierbar. Über diese Abbildung werden auch Stärken und

Schwächen der Abläufe sichtbar, die integrations- und verkopplungshinderlichen Fehlstellen von Abläufen werden offengelegt und es werden zugleich Optionen und Potenziale für eine Integration und Verkopplung aufgezeigt.

Der Bedeutung der Strukturierung als Syntheseschritt wird u.a. dadurch Rechnung getragen, indem sich der Großteil an Grobfunktionen (25 von 30) explizit mit Strukturbestimmungen befasst.

4. Ansatz

Die Methode systematisiert und integriert existierenden strukturierungsrelevanten Content (z.B. Strukturierungsoptionen, strukturierungsrelevante Repräsentanten) primär für Funktions- und Wirksystemstrukturen, sekundär für Ziel- und Leistungsstrukturen in Form einer Strukturierungsbibliothek. Mittels dieser Aufbereitung wird der Content für Akteure mit unterschiedlicher Planungskompetenz zur rationellen Herstellung planungsproblemadäquater Planungsprozesse anwendbar.

Anforderungserfüllung

Die vorangegangene Methodenevaluierung und -anwendung sowie die Berücksichtigung der methodischen Ansätze machen deutlich, dass die Methode als anforderungserfüllend gelten kann. Stellvertretend für alle Anforderungen soll, da von besonderem Interesse, nur auf die Verträglichkeit mit speziell für kompetenzzellenbasierte Netze konzipierten Modellen, Methoden und Konzepten eingegangen werden. So ist die Methode neben PlaNet verträglich mit der Methode der Bausteinbasierten Planung zur Planung von Produktionsstätten. Grobfunktionen und Strukturtypen lassen sich als Planungs- und Objektbausteine interpretieren, umgekehrt können Bausteine erzeugt und in Strukturen eingebracht werden. Die Anforderungserfüllung bestätigen werden das Kapitel 7 und die Anlagen A4, A5.

Zugewinn und Neuheitsgrad

Über die berücksichtigten Ansätze und erfüllten Anforderungen hinaus wird der Zugewinn und Neuheitsgrad des Methodenkonzeptes in Folgendem gesehen:

1. Es wird eine Systematisierung der Planungsgegenstände im Objektbereich und der Planungsprozesse im Methodenbereich gleichermaßen unterstützt (im Sinne einer generischen Beschreibung von Objekt- und Methodenbereich).
2. Das Konzept ist hinsichtlich der in die Betrachtungen einzubeziehenden systemischen Elemente und Strukturen offen und modifizierbar.
3. Es liegt eine generische, handhabbare Grundmenge an Systemanalyse- und -synthesefunktionen vor.
4. Die Methode ist – da flexibel an verschiedenste Problemstellungen adaptierbar – neutral und allgemeingültig auf die Planung von soziotechnischen Systemen – insbesondere die Produktions(system)- und Logistik(system)planung – anwendbar.

5. Vorgehensweisen der Planung werden untereinander vergleichbar und auf Plausibilität abprüfbar.
6. Bestrebungen hinsichtlich einer Integration und Kopplung von Vorgehensweisen und/oder Planungsschritten u.a. innerhalb der Domänen Fabrik-, Logistikplanung und PPS/SCM werden methodisch-konzeptionell unterstützt.
7. Für die Logistikstrukturplanung wird umfänglich aufbereiteter strukturierungsrelevanter Content nutzbar gemacht. Eine exponierte Stellung nimmt für Materialflussstrukturen die Analyse und Synthese auf Basis von Strukturtypen und deren Kombinationen ein.

Offene Problematiken

Viele mit dem Methodenkonzept verbundene Problematiken konnten nicht (ausreichend) behandelt werden. Mit fortschreitender Methodenentwicklung und -anwendung muss sich mit diesen offenen Problematiken auseinandergesetzt werden. Einige seien benannt.

Über die Wirkzusammenhänge innerhalb des strukturierungsrelevanten Contents ist bisher noch viel zu wenig bekannt. Eine intensivere Untersuchung und Darstellung der Korrelationen verspricht signifikanten Erkenntnisgewinn, erscheint aber aufgrund der Beziehungsvielfalt außerordentlich schwierig.

Die bisher analysierten Vorgehensweisen und Methoden lassen hinsichtlich Häufigkeiten von Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen noch keine abgesicherten Erkenntnisse zu. Hier sind wesentlich mehr Vorgehensweisen und Methoden in die Betrachtungen einzubeziehen.

Intensiv ist nach weiteren geeigneten Entscheidungsunterstützungen innerhalb des Methodenkonzeptes zu suchen:

- Zur Ermittlung von Reihenfolgen der Grobfunktionen innerhalb der Vorgehensweisengenerierung müssen Suchstrategien und -verfahren entwickelt werden, die einen entscheidenden methodischen Zugewinn versprechen. Zudem muss nach starken Regeln gesucht werden, die die bisherigen schwachen Regeln ergänzen oder ersetzen können. Mit einem kompletten Set an streng formalisierten Regeln wäre ein wichtiger Schritt hin zu einer automatischen Planungsprozessgenerierung getan, die Kompetenz des Planers und Gestalters nicht gänzlich unerlässlich.
- Für die Projektion von strukturierungsrelevantem Content muss, um den gegebenen Interpretations- und Ermessensspielraum einzugrenzen, ein dem jeweiligen Wesen des Contents angemessenes Abstraktionsniveau gefunden werden können. Für eine Projektion sind klare Vorschriften auszustellen.

6.5 Instrumentarien für den Methodensupport

Mit dem Netzplanungsassistenten steht ein problembezogen konfigurierbares Planungsinstrumentarium zur Verfügung, welches ein reichhaltiges Reservoir an modellierungs-, planungs- und gestaltungsunterstützenden Komponenten, zweckmäßig über eine zentrale Datenbank gekoppelt, bereithält.

Für den Methodensupport werden als Komponenten des Netzplanungsassistenten u.a. die Instrumentarien ARIS, Produktionsdatenbank, 4flow vista, eM-Plant, CATRIN, OptPS und visTABLE eingesetzt (siehe hierzu Abbildung 5).

In ARIS wird die Methode als Strukturierungsbibliothek konzeptionell modelliert und ausgestaltet. Umfänglicher strukturierungsrelevanter Content ist hier hinterlegt. In diesem Sinne fungiert ARIS als Wissensspeicher der Methode.

In der Produktionsdatenbank, an welche die anderen Instrumentarien gekoppelt sind, werden relevante Daten (Instanzen) zu den Logistikstrukturen zentral gehalten. Die Abbildung der Logistikstrukturen erfolgt unter Ausnutzung des gesamten Beschreibungsvorrates der IPSS. Über die Beschreibungskonstruktinstanzmengen können die interessierenden speziellen Materialflussprozesse und -systeme mit ihren Strukturen abgebildet werden.

Das Planungssystem 4flow vista dient der Planung und Gestaltung von Logistikstrukturen. Dabei können insbesondere Materialflussstrukturen inklusive Prozessstrukturen von sowohl synthetischen Logistikstrukturen (z.B. aus Strukturtypen und deren Kombinationen synthetisierte Materialflussstrukturen) als auch realitätsnahen Logistikstrukturen (z.B. Materialflussstrukturen von Produktions- und Logistiknetzen) geplant und gestaltet werden. Die modellierten Strukturen können in verschiedenen Sichten analytisch untersucht werden.

Das Simulationssystem eM-Plant ergänzt die Planung und Gestaltung von Logistikstrukturen mit simulativen Untersuchungen der modellierten Strukturen.

Das Tourenplanungssystem CATRIN unterstützt mit den implementierten Optimierungsmethoden zur Standort- und Tourenplanung die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen.

4flow vista, eM-Plant und CATRIN werden für die Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen von Logistikstrukturen herangezogen (vgl. Kapitel 7).

Mittels OptPS können Materialflussstrukturen als Graphen und Matrizen modelliert sowie Strukturierungen durch Anordnungsreihenfolgeoptimierungen mittels Martin-Verfahren und Modifiziertem Dreiecksverfahren vorgenommen werden.

Für die partizipative Planung und Gestaltung, welche prädestiniert ist für kompetenzzellenbasierte Netze, sowie die Interaktion und Visualisierung der Logistikstrukturen wird visTABLE genutzt.

7 GESTALTUNG

Die Untersuchung von Szenarien sowie die Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen innerhalb der Gestaltung sind partiell der Lösungsanalyse und Bewertung des Problemlösungszyklus' angehörig, welcher der Methodenentwicklung der IPSS zugrunde liegt (siehe Kapitel 6).

7.1 Anforderungsprofil Gestaltung

Einen wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung von Logistiksystemen nehmen die Charakteristika der Logistikleistungen einschließlich der zugehörigen Logistikobjekte. Dazu zählen im Materialfluss die Merkmale der Ladegüter (z.B. Volumen, Gewicht, Teileform, Material, Empfindlichkeit, Teilestruktur), die Anzahl an unterschiedlichen Ladegütern und die vom Logistiksystem je Zeitraum zu bewältigenden Mengen (vgl. [5], [277]). In kompetenzzellenbasierten Netzen der kundenorientierten Einzel- und Kleinserienfertigung des mechatronischen Maschinenbaus ist bei den Teilen/Ladegütern von einer unterschiedlich komplexen Struktur und einer hohen Vielfalt bei kleinsten Losgrößen (bis Losgröße 1) auszugehen. Trotz der Verschiedenheit der Ladegüter können mittels standardisierter Ladehilfsmittel meist gut handhabbare Ladeeinheiten gebildet werden. Für das Handling der Ladeeinheiten sind deshalb übliche Ressourcen nutzbar, die wiederum zu ebenso üblichen Logistikleistungen führen. Große Leistungsumfänge fallen in Netzen kleinster Leistungseinheiten trotz deren hohen Anzahl nicht an, weshalb eine große Massenleistungsfähigkeit des regionalen Logistiksystems nicht erforderlich ist. Es ist eine einfache, transparente, nachvollziehbare und ganzheitliche Gestaltung des Logistiksystems anzustreben (vgl. [5], [276]). Die Leistungsabwicklungen im Netz werden diskontinuierlich mit wechselnden Partnern und variierenden Richtungen realisiert. Der Abwicklungsinhalt kann sich häufig ändern. Damit kommt der Rationalität bzw. Effizienz, Flexibilität und Robustheit[78] der logistischen Prozesse große Bedeutung zu. Folglich müssen nicht ideale, sondern wiederverwendbare Logistikprozesse konzipiert werden. Dabei handelt es sich um überwiegend übliche Logistikfunktionen. Ein Abwicklungsbedarf tritt eher kurzfristig auf. Um ohne großen zeitlichen Vorlauf eine logistische Leistungsabwicklung zu ermöglichen, ist eine ausreichende Schnelligkeit des Logistiksystems erforderlich. Empfehlenswert ist eine längerfristige Vereinbarung gewisser Randbedingungen der logistischen Abwicklung im Kompetenznetz, um bei vergleichbaren Abwicklungen darauf zurückgreifen zu können. (vgl. [5], [282])

Insgesamt muss die Gestaltung einen Beitrag zur Kompensation des unterstellten Anstiegs der logistischen Aufwände und Kosten erbringen können. (vgl. Kapitel 3)

Wegen der Mannigfaltigkeit der zu betrachtenden Aspekte und der Mächtigkeit der möglichen Lösungen können nur besonders interessant erscheinende Szenarien näher betrachtet und untersucht werden. Aus den Untersuchungen zu einem breiten,

[78] Robustheit gegenüber limitierten Änderungen der Einflussgrößen: u.a. hochflexible, an variierende Leistungsbedarfe (z.B. in Art und Menge variable Produktionsprogramme) und veränderliche Zielgrößengewichtungen (z.B. Kosten, Zeiten) anpassbare Strukturen.

ausgewogenen Szenarienspektrum sind Gestaltungs- und Vorzugslösungen, die einen hohen Nutzen versprechen, abzuleiten. Die Ableitung muss systematisch, modell- und vorgehensweisen-/methodengestützt erfolgen. Neben den Basistheorien, -modellen, -konzepten und -methoden sind die bereitgestellten Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini sowie die entwickelte Planungsmethode anzuwenden.

7.2 Konkretisierung und Abgrenzung Untersuchungsgegenstand

Die Konkretisierung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes[79] Logistikstrukturen erfolgt gestuft über:

1. Logistiksystem,
2. Logistiksystem kompetenzzellenbasierter Netze und
3. Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze.

Für die Konkretisierung und Abgrenzung werden:

- die Kontextbeschreibung zu kompetenzzellenbasierten Netzen (vgl. Kapitel 1),
- der Beschreibungsvorrat mit Bezugnahme zu den Beschreibungskategorien der IPSS (vgl. Kapitel 5 und 6),
- die Definitionen zu Logistik, Struktur und Logistikstruktur (vgl. Kapitel 5) sowie
- das 3-Ebenen-Modell und die Strukturtypen (vgl. Kapitel 5)

herangezogen.

Mit dem Nachweis der Eignung des Beschreibungsvorrates für die Konkretisierung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes wird *Hypothese 1* exemplarisch verifiziert.

Logistiksystem

Logistiksysteme sind soziotechnische Systeme der Domäne Logistik. Folglich liefert eine Auslegung der Beschreibungskonstrukte der IPSS ausgerichtet auf diese Domäne entsprechend der Logistikdefinition eine erste Konkretisierung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes hin zum Logistiksystem. Tabelle 15 enthält konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Systems der Domäne Logistik.

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Inhalt
zs_{log}	Logistikziel-system	das Logistikzielsystem verkörpert logistikrelevante[80] Ziele mit ihren Strukturen; logistikrelevante Zielgrößen sind u.a.: hohe Wirtschaftlichkeit, kurze Durchlaufzeit, geringe Terminabweichung, hohe Auslastung, niedriger Bestand

[79] Im Sinne einer ex post Konkretisierung und Abgrenzung.

[80] Die Logistik als Domäne mit Querschnittscharakter ist immer im Zusammenhang mit anderen Domänen wie Fertigung oder Montage zu sehen. Logistikrelevant heißt also im Weiteren, dass auch aus anderen Domänen stammende, die Domäne Logistik betreffende Beschreibungskonstrukte und Beschreibungskonstruktinstanzen einbezogen sein sollen. So sind hier die Ziele und deren Strukturen dieser Domänen von Relevanz.

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Inhalt
l_{log}	Logistikleistung	die Logistikleistung gibt logistikrelevante materielle oder immaterielle Leistungen an materiellen oder immateriellen (Leistungs-)Objekten an (z.B. Logistiksystemplanungsleistung, Transport- und Lagerleistungen)
l_ra_{log}	rangmäßige Logistikleistungs-struktur	die rangmäßige Logistikleistungsstruktur gibt den hierarchischen Aufbau logistikrelevanter materieller oder immaterieller Leistungen an (u.a. hierar-chischer Produktaufbau (Material ⇨ Einzelteil ⇨ Baugruppe ⇨ Erzeugnis))
l_me_{log}	mengenmäßige Logistikleistungs-struktur	die mengenmäßige Logistikleistungsstruktur gibt den Umfang logistik-relevanter materieller oder immaterieller Leistungen an (z.B. Menge an Ladeeinheiten)
$l_rä_{log}$	räumliche Logistikleistungs-struktur	die räumliche Logistikleistungsstruktur gibt das örtliche Auftreten logistik-relevanter Leistungen an
l_vl_{log}	vorgehens-logische Logistik-leistungsstruktur	die vorgehenslogische Logistikleistungsstruktur gibt die logischen Abfolgen logistikrelevanter Leistungen an
l_ze_{log}	zeitliche Logistik-leistungsstruktur	die zeitliche Logistikleistungsstruktur gibt das zeitliche Auftreten logistik-relevanter Leistungen an
f_{log}	Logistikfunktion	die Logistikfunktion gibt logistikrelevante Funktionen an (z.B. Planen eines Logistiksystems, Transportieren und Lagern von Ladeeinheiten)
f_ra_{log}	rangmäßige Logistikfunktions-struktur	die rangmäßige Logistikfunktionsstruktur gibt die hierarchische Ordnung logistikrelevanter Funktionen an (z.B. Puffern von Ladeeinheiten ⇨ Speichern von Ladeeinheiten)
f_me_{log}	mengenmäßige Logistikfunktions-struktur	die mengenmäßige Logistikfunktionsstruktur gibt den Umfang (die Menge) logistikrelevanter Funktionen an
$f_rä_{log}$	räumliche Logistikfunktions-struktur	die räumliche Logistikfunktionsstruktur gibt das örtliche Auftreten logistik-relevanter Funktionen an
f_vl_{log}	vorgehens-logische Logistik-funktionsstruktur	die vorgehenslogische Logistikfunktionsstruktur gibt die logischen Abfolgen logistikrelevanter Funktionen (logistische Prozessstrukturen im engsten Sinne) an
f_ze_{log}	zeitliche Logistik-funktionsstruktur	die zeitliche Logistikfunktionsstruktur gibt das zeitliche Auftreten logistik-relevanter Funktionen (logistische Prozessstrukturen im engsten Sinne) an
kr_{log}	Logistikkompe-tenz-/-ressource	die Logistikkompetenz/-ressource gibt logistikrelevante Kompetenzen/ Ressourcen an (z.B. Dispositionskompetenz, Transport- und Lagermittel)
kr_ra_{log}	rangmäßige Logistikkompe-tenz-/-ressour-censtruktur	die rangmäßige Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur gibt die hierarchische Ordnung logistikrelevanter Kompetenzen/Ressourcen an (z.B. Lagerplatz ⇨ Lagerbereich ⇨ Lager)
kr_me_{log}	mengenmäßige Logistikkompe-tenz-/-ressour-censtruktur	die mengenmäßige Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur gibt den Umfang (die Menge/die Dimension) logistikrelevanter Kompetenzen/Ressourcen an
$kr_rä_{log}$	räumliche Logistikkompe-tenz-/-ressour-censtruktur	die räumliche Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur gibt die örtliche Anordnung (den Standort) logistikrelevanter Kompetenzen/Ressourcen als Topologie an

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Inhalt
kr_vl_{log}	vorgehens-logische Logistik-kompetenz-/-res-sourcenstruktur	die vorgehenslogische Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur gibt die Abfolgen/Reihenfolgen logistikrelevanter Kompetenzen/Ressourcen (deren Nutzung/Belegung) an
kr_ze_{log}	zeitliche Logistik-kompetenz-/-ressourcen-struktur	die zeitliche Logistikkompetenz-/-ressourcenstruktur gibt an, in welcher Zeit (auch Dauer) und/oder zu welchen Zeitpunkten logistikrelevante Kompetenzen/Ressourcen beansprucht werden
se_{log}	Logistikstruktur-einheit	die Logistikstruktureinheit gibt organisierte Zusammenfügungen logistik-relevanter Ziele, Leistungen, Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten inklusive deren Strukturen an (z.B. produktionslogistische Quellen und Senken, Transport- und Lagerabteilungen, Logistikdienstleister)
se_ra_{log}	rangmäßige Logistikeinheiten-struktur	die rangmäßige Struktur der Logistikstruktureinheiten gibt an, aus welchen untergeordneten Logistikstruktureinheiten sich übergeordnete Logistikstruktur-einheiten zusammensetzen
se_me_{log}	mengenmäßige Logistikeinheiten-struktur	die mengenmäßige Struktur der Logistikstruktureinheiten gibt deren Umfang (deren Dimension) an
$se_rä_{log}$	räumliche Logistikeinheiten-struktur	die räumliche Struktur der Logistikstruktureinheiten gibt deren örtliche Anordnung (deren Standort) als Topologie an
se_vl_{log}	vorgehens-logische Logistik-einheitenstruktur	die vorgehenslogische Struktur der Logistikstruktureinheiten gibt die Abfolge/ Reihenfolge der Logistikstruktureinheiten (deren Nutzung/Belegung) an
se_ze_{log}	zeitliche Logistik-einheitenstruktur	die zeitliche Struktur der Logistikstruktureinheiten gibt an, in welcher Zeit (auch Dauer) und/oder zu welchen Zeitpunkten die Logistikstruktureinheiten beansprucht werden

Tabelle 15: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Systems der Domäne Logistik

Logistiksystem kompetenzzellenbasierter Netze

Logistiksysteme kompetenzzellenbasierter Netze sind soziotechnische Systeme der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze. Folglich liefert eine Auslegung der Beschreibungskonstrukte der IPSS ausgerichtet auf diese Domäne und diesen Kontext eine zweite Konkretisierung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes hin zum Logistiksystem kompetenzzellenbasierter Netze.

Zielsystem

Für (kompetenzzellenbasierte) Netze bleibt das Zielsystem der logistischen Auftragsabwicklung[81] prinzipiell bestehen (Abbildung 67).

[81] Oft eingebettet in den Kontext Unternehmen/Betriebe und deren Netze.

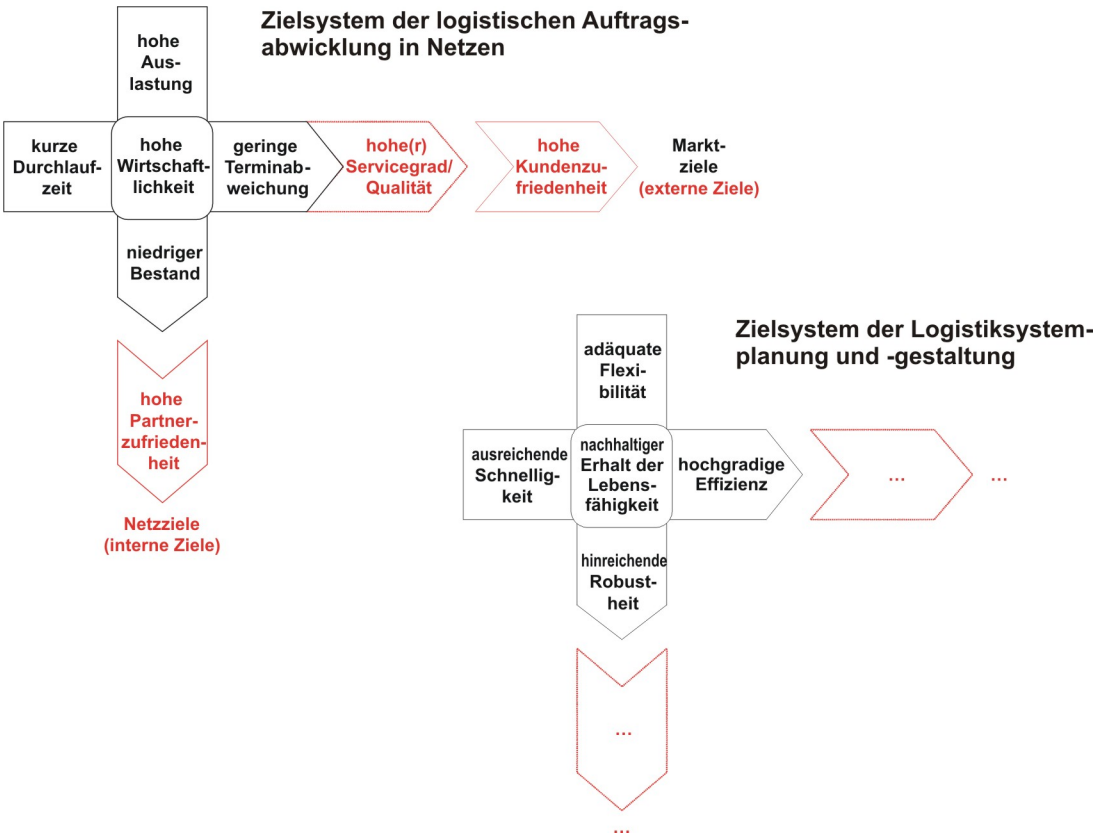


Abbildung 67: Zielsystem der logistischen Auftragsabwicklung in Netzen (i.A.a. [381]) und Zielsystem der Logistiksystemplanung und -gestaltung

Logistikrelevante Zielgrößen sind: geringe Kosten, kurze Durchlaufzeit, geringe Terminabweichung, hohe Auslastung, niedriger Bestand. Begriffliche Änderungen ergeben sich aus dem veränderten Objektbereich (z.B. Betriebsziele ⇨ Netzziele) sowie aus dem zweckmäßiger erscheinenden Abstraktionsniveau (z.B. Termintreue ⇨ Servicegrad/Qualität). Die Marktziele (externe Ziele) bzw. Netzziele (interne Ziele) lassen sich unter Kundenzufriedenheit bzw. Partnerzufriedenheit zusammenfassen. Als weitere Zielgrößen sind u.a. niedriger Gesamtweg und niedrige Transportspielanzahl üblich.

Das Zielsystem der logistischen Auftragsabwicklung ist nicht identisch mit dem der Logistiksystemplanung bzw. -gestaltung. Ein übergeordnetes Ziel der Logistiksystemplanung bzw. -gestaltung ist der nachhaltige Erhalt der Lebensfähigkeit [402] des Netzes (Abbildung 67). Untergeordnete Ziele sind: hochgradige Effizienz(/Effektivität), adäquate Flexibilität und ausreichende Schnelligkeit (Wandelbarkeit/Anpassungsfähigkeit) sowie hinreichende Robustheit (niedrige Störanfälligkeit). Da diese Zielgrößen schwer operationalisierbar sind, wird zumeist die Zielerreichung mittelbar über die leicht operationalisierbaren Zielgrößen der Auftragsabwicklung geprüft. Tabelle 16 enthält konkretisierte Beschreibungskonstrukte und Beschreibungskonstruktinstanzen eines Zielsystems (hier Ziel(e) und rangmäßige Zielstruktur) der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze.

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Inhalt
z_{log_kpn}	Logistikziel in KPN	typische logistikrelevante Ziele in KPN sind: geringe Kosten, kurze Durchlaufzeit, hoher Servicegrad, hohe Auslastung, niedriger Bestand, niedriger Gesamtweg, niedrige Transportspielanzahl
$z_ra_{log_kpn}$	rangmäßige Logistikziel-struktur in KPN	die jeweilige Zielgewichtung in KPN muss sich aus den Marktzielen (externe Ziele) und Netzzielen (interne Ziele) ableiten

Tabelle 16: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Zielsystems (hier Ziel(e) und rangmäßige Zielstruktur) der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze

Leistungs- und Funktionssystem

Für (kompetenzzellenbasierte) Netze können das Leistungs- und Funktionssystem näher charakterisiert werden (siehe Abschnitt 7.1). Tabelle 17 enthält konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Leistungssystems (Leistung(en) und deren Strukturen) und eines Funktionssystems der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze.

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Inhalt
l_{log_kpn}	Logistikleistung in KPN	typische Logistikleistungen in KPN sind charakterisiert durch: hohe Spezifität der Teile/Ladegüter, aber meist geringe Spezifität der Ladeeinheiten als Leistungsobjekte; meist geringe Spezifität der Logistikleistungen
$l_ra_{log_kpn}$	rangmäßige Logistikleistungs-struktur in KPN	typische rangmäßige Logistikleistungsstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: unterschiedlich komplexe Strukturen der Leistungsobjekte, einfache Strukturen der Leistungen
$l_me_{log_kpn}$	mengenmäßige Logistikleistungs-struktur in KPN	typische mengenmäßige Logistikleistungsstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: geringe Mengen an Leistungsobjekten, geringe Leistungsumfänge, hohe Anzahl an Leistungsbedarfen und -erfüllungen
$l_rä_{log_kpn}$	räumliche Logistikleistungs-struktur in KPN	typische räumliche Logistikleistungsstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: regionale Bedarfe und Erfüllungen
$l_vl_{log_kpn}$	vorgehenslogische Logistik-leistungsstruktur in KPN	typische vorgehenslogische Logistikleistungsstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: variierende Richtungen (mit wechselnden Partnern)
$l_ze_{log_kpn}$	zeitliche Logistikleistungs-struktur in KPN	typische zeitliche Logistikleistungsstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: Diskontinuität und Kurzfristigkeit der Bedarfe und Erfüllungen; häufige Änderungen in den Abwicklungsinhalten
fs_{log_kpn}	Logistikfunktions-system in KPN	typische Logistikfunktionssysteme in KPN sind charakterisiert durch: geringspezifische, wiederverwendbare, flexible Logistikfunktionen und -prozesse

Tabelle 17: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Leistungssystems (Leistungen und deren Strukturen) und eines Funktionssystems der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze

Kompetenz-/Ressourcensystem und Einheitensystem

Ausgehend vom kompetenzzellenbasierten Produktionssystemmodell [264], welches im Gegensatz zum Metamodell oder Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS der Definition kontextrelevanter Beschreibungsebenen und Konstrukte dient, sind in den entsprechenden Ordnungsebenen[82] neben den Kompetenzen/Ressourcen (Kompetenz-/Ressourcensystem) KPZ, diverse kompetenzzellenbasierte Netze (u.a. Kompetenz-, Produktions-, Logistik-, Planungsnetz), Produktionsstätten einschließlich Bausteinen und die regionale Produktionsinfrastruktur als Struktureinheiten (Einheitensystem) zu betrachten. Tabelle 18 enthält konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze.

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Inhalt
krs_{log_kpn}	Logistik-kompetenz-/ -ressourcen-system in KPN	typische Kompetenz-/Ressourcensysteme in KPN sind charakterisiert durch: übliche Ressourcen, standardisierte Ladehilfsmittel, verhältnismäßig gering-kapazitierte Transport- und Lagermittel; qualitative Unterschiede bezüglich Ressourcen in und zwischen Produktionsstätten; geringere Weg- und Zeitdistanzen gegenüber überregionalen Systemen; kurzfristige diskontinuierliche Belegungen
se_{log_kpn}	Logistikstruktur-einheit in KPN	typische Logistikstruktureinheiten in KPN sind charakterisiert durch: KPZ, Baustein, Produktionsstätte
$se_ra_{log_kpn}$	rangmäßige Logistikeinheiten-struktur in KPN	typische rangmäßige Logistikeinheitenstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: keine bis wenige Hierarchie- bzw. Ordnungsebenen
$se_me_{log_kpn}$	mengenmäßige Logistikeinheiten-struktur in KPN	typische mengenmäßige Logistikeinheitenstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: hohe Anzahl an KPZ, Bausteinen, Produktionsstätten
$se_rä_{log_kpn}$	räumliche Logistikeinheiten-struktur in KPN	typische räumliche Logistikeinheitenstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: regionale Ansiedlung
$se_vl_{log_kpn}$	vorgehenslogische Logistik-einheitenstruktur in KPN	typische vorgehenslogische Logistikeinheitenstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: wechselnde Partner mit variierenden Richtungen (umkehrbare Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen)
$se_ze_{log_kpn}$	zeitliche Logistik-einheitenstruktur in KPN	typische zeitliche Logistikeinheitenstrukturen in KPN sind charakterisiert durch: kurzfristige diskontinuierliche temporäre Projektteilnahmen

Tabelle 18: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Kompetenz-/Ressourcensystems und eines Einheitensystems (Struktureinheiten und deren Strukturen) der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze

[82] Der Begriff Ordnungsebene wird dem Begriff Hierarchieebene vorgezogen, um Irritationen hinsichtlich des Begriffs der Hierarchielosigkeit als konstituierendes Merkmal kompetenzzellenbasierter Netze zu vermeiden. Gemeint ist hier die grundlegende modellhafte Vorstellung vom Aufbau der Struktureinheiten.

Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze

Ausgehend vom kompetenzzellenbasierten Produktionssystemmodell sind als Logistikstrukturen (logistische Ordnungs- und Flussstrukturen) von besonderem Interesse die Materialflüsse und deren Strukturen in und zwischen den Struktureinheiten Produktionsstätte (mit ihren Bausteinen) und KPZ[83] (Abbildung 68).

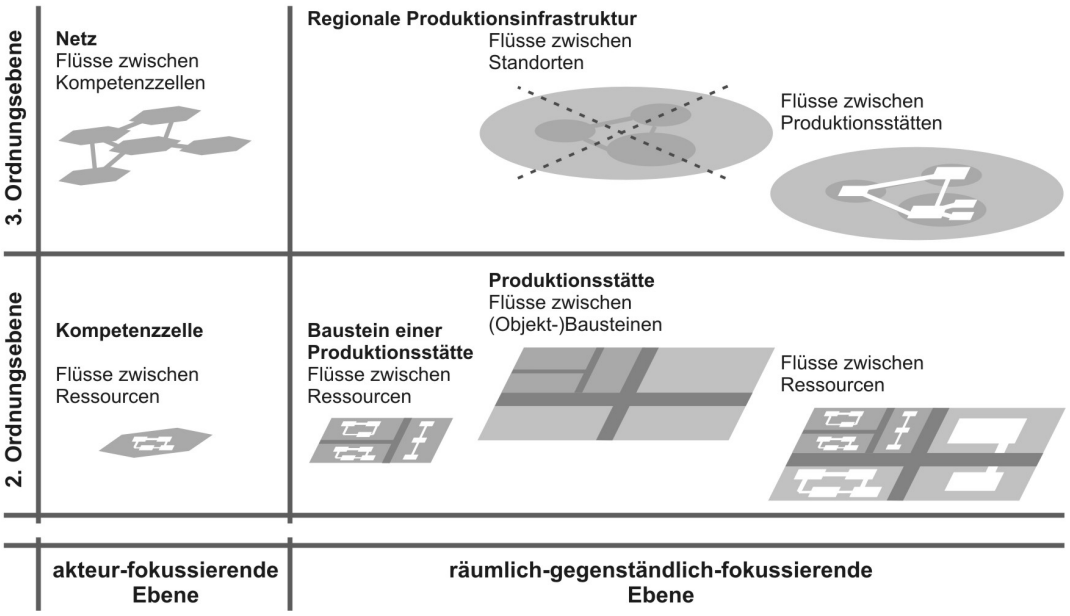


Abbildung 68: Typische Struktureinheiten kompetenzzellenbasierter Netze und Flüsse (Prinzipdarstellung ausgehend vom kompetenzzellenbasierten Produktionssystemmodell) (i.A.a. [84], [264])

Die Logistikstrukturen des Materialflusses lassen sich unter Verwendung von 3-Ebenen-Modell und Strukturtypen zweckdienlich abgrenzen und konkretisieren. (vgl. [4], [5], [256]) Tabelle 19 enthält konkretisierte Beschreibungskonstrukte und Beschreibungskonstruktinstanzen eines Systems der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze bezüglich Materialfluss.

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Inhalt
$zs_{log_kpn_mf}$	Logistikziel-system in KPN bzgl. Material-fluss	analog Tabelle 16
$ls_{log_kpn_mf}$	Logistikleistungs-system in KPN bzgl. Material-fluss	Fokus Bedarfsstruktur; Elemente: (Leistungs-/Fluss-)Objekte wie Stückgut-Ladeeinheiten mit Ladegütern (Vollgut) und/oder Ladehilfsmitteln (Leergut); Strukturen: alle Arten und Typen auch in Kombination

[83] Andere Struktureinheiten wie Standorte werden hier nicht weiter betrachtet.

Kurzbe-zeichnung	Bezeichnung	Inhalt
$fs_{log_kpn_mf}$	Logistikfunktions-system in KPN bzgl. Material-fluss	Fokus Transport(netz)struktur; Elemente: Funktionen wie Transportieren und Lagern von Ladeeinheiten; Strukturen: alle Arten und Typen auch in Kombination
$krs_{log_kpn_mf}$	Logistikkompe-tenz-/-ressour-censystem in KPN bzgl. Materialfluss	Fokus Infrastruktur; Elemente: (Kompetenzen/)Ressourcen wie Ladehilfs-, Transport-, Lagermittel und Wege für den regionalen Einsatz; Strukturen: alle Arten und Typen auch in Kombination
$ses_{log_kpn_mf}$	Logistikeinheiten-system in KPN bzgl. Material-fluss	Fokus Bedarfs-, Transport(netz)- und Infrastruktur; Struktureinheiten wie KPZ, Bausteine oder Produktionsstätten; Strukturen: alle Arten und Typen auch in Kombination

Tabelle 19: Konkretisierte Beschreibungskonstrukte und -instanzen eines Systems der Domäne Logistik und des Kontextes kompetenzzellenbasierter Netze bezüglich Materialfluss

7.3 Gestaltung von Materialflussstrukturen

Die Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen verfolgt den Zweck, vorabgestimmte, mit einem Eignungsnachweis versehene, zu präferierende Lösungen anzubieten. Der Nutzen liegt darin, die Lösungsfindung und Erkenntnisgewinnung vorzuziehen, was für die Anwender mit einer Aufwandsersparnis bei der Lösungsselektion, einem Zeitvorteil durch die sofortige Anwendbarkeit der Lösung und einer Risikoverminderung durch die Anwendung getesteter Lösungen verbunden ist.

Gemäß dem Anforderungsprofil werden zur Ableitung Basismethoden angewendet.

Grundsätzlich sind sowohl theoretisch-deduktive als auch empirisch-induktive Vorgehensweisen nutzbar.

Vorgehensweisen

1. Theoretisch-deduktive Vorgehensweisen
   Die abgeleiteten Szenarien und Varianten können über Argumentationsketten zu Gestaltungs- und Vorzugslösungen führen. Idealtypische Lösungen können durch Lösung von Optimierungsproblemen, durch theoretische Herleitungen bzw. kausale und diskursive Schlussfolgerungen gewonnen werden. Typenlösungen ergeben sich bei Anwendung der morphologisch-typologischen Methode.
2. Empirisch-induktive Vorgehensweisen
   Experimentelle Untersuchungen von abgeleiteten Szenarien bzw. Varianten können zu Gestaltungs- und Vorzugslösungen führen. Die Untersuchungen können u.a. analytisch oder simulativ erfolgen. Gestaltungs- und Vorzugslösungen können gleichsam aus Best-Practice-Lösungen mit ähnlichen Randbedingungen gewonnen werden.

Innerhalb der Vorgehensweisen sind verschiedene Methoden verwendbar.

Methoden

Für die Variantenbildung und -untersuchung eignen sich kontextunabhängige Zukunftsforschungs- und Kreativitätsmethoden wie die Szenariotechnik und die morphologisch-typologische Methode. Aufgestellte Szenarien können analytisch (statische Berechnung) oder simulativ (dynamische Berechnung) bezüglich Zielfunktionen bewertet werden. Formal weniger fassbare Szenarien lassen sich mittels Nutzwertanalyse einem Vergleich zuführen. Exponierte Variantenbildungen und -untersuchungen sind Grenzwertbetrachtungen, wie u.a. der Vergleich von total zentraler und total dezentraler Lagerung. Falls sich Probleme formal fassen lassen, können Heuristiken und Optimierungsmethoden zu Vorzugslösungen führen.

Entsprechend dem Anforderungsprofil wird die Generierung des Szenarien- und Variantenspektrums an Beschreibungskategorien der IPSS orientieren. Unter Rückgriff auf Vorgehensweisen der IPSS werden Gestaltungs- und Vorzugslösungen für Materialflussstrukturen entwickelt.

Die zu diskutierenden Szenarien und Varianten fokussieren unter Einbeziehung des Ziel- und Leistungssystems auf das Funktions- und Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystem, zu welchen Vorzugs- und Gestaltungslösungen angegeben werden sollen. Aufgrund der vielfältigen Abhängigkeiten zwischen den Elementen und Strukturen der Aspektsysteme, was sich meistens in m:n-Beziehungen äußert (siehe Abbildung 29), ergibt sich ein unerschöpfliches Szenarien- und Variantenspektrum.

Wird das Zielsystem vordergründig zur Bewertung von Szenarien im Hinblick auf die Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen benötigt, eignet sich das Leistungssystem, obwohl wie das Zielsystem nicht unmittelbar selbst Gegenstand von Gestaltungs- und Vorzugslösungen, zur Einteilung und Generierung des Szenarien- und Variantenspektrums für die drei übrigen Aspektsysteme.

Aufgrund der Gebundenheit von Vorzugslösungen an Zielgrößen einschließlich deren Ausprägungen kann als eine hinreichend abgesicherte Erkenntnis angenommen werden, dass generelle Vorzugslösungen nicht existieren. Dies folgt allein schon daraus, dass Lösungen nie gleichzeitig jegliche Zielgrößenausprägungen abdecken können. Die vollständige Verifizierung von *Hypothese 7* liefert damit ein Argument, nach lediglich situationsgerechten Vorzugslösungen zu suchen.

Ausgehend von den Konkretisierungen und Abgrenzungen des Untersuchungsgegenstandes ist verschiedentlich eine Differenzierung in Szenarien bezogen auf die in kompetenzzellenbasierten Netzen relevanten Struktureinheiten KPZ(, Baustein) und Produktionsstätte zweckmäßig. So ist eine differenzierte Betrachtung für die Diskussion der einzelnen Logistikstrukturen des Materialflusses sinnvoll, da sich die Logistikstrukturen innerhalb von Produktionsstätten von denen zwischen diesen stark unterscheiden (u.a. Leistungen, Funktionen, funktionsrealisierende Akteure mit ihren Ressourcen, realisierbare Strukturen, räumliche und zeitliche Distanzen). Ist eine

solche Differenzierung unzweckmäßig, dann können die Szenarienuntersuchungen auch allgemein anhand von abstrakten Struktureinheiten vorgenommen werden.

Während der Betrachtungen zu Szenarien und Varianten sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen werden die *Hypothesen 1, 2 und 3* exemplarisch verifiziert.

Die Untersuchungen zu Materialflussstrukturen werden vorab anhand von Argumentationsketten diskursiv geführt. Im Weiteren erfolgen experimentelle Untersuchungen (Lösungsfindung durch analytische und simulative Lösungsvariantenbewertung, Lösungsfindung durch Optimierung) und theoretische Herleitungen.

7.3.1 Argumentationsketten

7.3.1.1 Strukturtypen und 3-Ebenen-Modell

Strukturtypen

Strukturtypen eignen sich nicht nur für die Analyse von Logistikstrukturen (vgl. Abschnitt 5.4.3.2), sondern auch für deren Synthese. Wegen deren Allgemeingültigkeit und Elementarität offerieren sie einen eleganten und systematischen Zugang zur Aufstellung von Szenarien bzw. Varianten sowie im Weiteren zur Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen bezüglich des Materialflusses in kompetenzzellenbasierten Netzen.

Es ist zwischen den installierten und genutzten Strukturen des Flusssystems (hier des Wirksystems) sowie den Strukturen der Prozessmenge (hier des Leistungs- und Funktionssystems) zu unterscheiden. Die genutzten Strukturen des Flusssystems als Teilmenge der installierten können von gleichem oder anderem Strukturtyp sein. Die nicht genutzten installierten Strukturen bilden die Strukturreserve.

Die gleiche Prozessstruktur kann mit unterschiedlichen Flusssystemstrukturen realisiert werden. So können gerichtete Linienstrukturen der Prozessmenge auch mit anderen räumlichen Strukturtypen des Flusssystems, z.B. mit einer zyklischen Punktstruktur, realisiert werden. Umgekehrt können aber auch mit der gleichen Flusssystemstruktur unterschiedliche Prozessstrukturen realisiert werden. So können mit einer zyklischen Punktstruktur sowohl zyklische Punktstrukturen als auch gerichtete Linienstrukturen der Prozessmenge realisiert werden.

Ein hochflexibles System wird tendenziell mehr Strukturreserve besitzen als ein weniger flexibles. Für kompetenzzellenbasierte Netze ist eine hohe Flexibilität gefordert, weswegen das Flusssystem häufig eine Netzstruktur aufweisen wird. Ist eine vorgehaltene hohe Strukturreserve nicht erforderlich oder steht diese in einem ungünstigen Aufwand-Nutzen-Verhältnis, so bieten sich Linien- und Punktstrukturen an. (vgl. hierzu Abschnitt 4.4.5)

3-Ebenen-Modell

Die Strukturtypen lassen sich jeweils auf die 3 Ebenen des Modells anwenden.

In der oberen Ebene können die Ladeeinheitenbedarfe oder die tatsächlichen Ladeeinheitenbewegungen mittels der Strukturtypen abgebildet werden. Typische Bedarfsstrukturen sind:

- Austauschbedarf aller Knoten mit einem Sternknoten (entspricht Punktstruktur),
- Austauschbedarf zum jeweils nachfolgenden Knoten (entspricht gerichteter Linienstruktur),
- Vollaustauschbedarf unter allen Knoten (entspricht ungerichteter Netzstruktur).

In der mittleren Ebene können die Transportmittelbewegungen mittels der Strukturtypen abgebildet werden. Typische Transportstrukturen sind:

- Stichtouren (Hin- und Rückfahrten) von einem Sternknoten zu den übrigen Knoten (entspricht zyklischer Punktstruktur),
- Rundtouren von einem Sternknoten über alle übrigen Knoten (entspricht gerichteter zyklischer Linienstruktur),
- chaotische Touren zwischen allen Knoten (entspricht Netzstruktur).

In der unteren Ebene kann die Infrastruktur inklusive allen (Transport-)Wegen mittels der Strukturtypen abgebildet werden. Typische Infrastrukturen lassen sich in allen Strukturtypen finden.

Mit der Infrastruktur werden die potenziellen Bewegungen der Transportmittel und mit diesen wiederum die potenziellen Bewegungen der Ladeeinheiten vordeterminiert. Die nicht in Anspruch genommenen Verbindungen bilden die Strukturreserve. Die geforderten Bewegungen der Ladeeinheiten bzw. der Transportmittel müssen nicht den angebotenen Bewegungsmöglichkeiten der Transportmittel bzw. der Infrastruktur entsprechen. Weichen die Strukturtypen voneinander ab, wird der Strukturtyp der nächsttieferen Ebene auferzwungen.

7.3.1.2 Konzepte und Strategien der De-/Rezentralisierung

Die für kompetenzzellenbasierte Netze typische extrem hohe organisatorische Arbeitsteilung kombiniert mit einer räumlich in einer Region verteilten Wertschöpfung ist gleichbedeutend mit einer Extremform an Dezentralisierung der Leistungs-, Funktions-, Kompetenzen-/Ressourcen- und Einheitensysteme. Ist die Konzentration auf Kernkompetenzen aus Sicht von Entwicklung, Arbeitsvorbereitung oder Fertigung durchaus vorteilhaft, so ist sie aus logistischer Sicht eher unvorteilhaft. Daher sind Strategien der Rezentralisierung naheliegend, welche den höheren logistischen Aufwendungen durch Bündelung/Konsolidierung u.a. in Beschaffung und Distribution, Lagerung und Transport zu begegnen versuchen.

Folgende Szenarien bewegen sich daher im Spannungsfeld von Dezentralisierung und Zentralisierung, wobei der Schwerpunkt auf Szenarien der Zentralisierung liegt.

Dezentrale und zentrale Beschaffung und Distribution –
leistungs- und funktions- und einheitensystembezogene Aspekte

Zeichnet sich eine dezentrale Beschaffung und Distribution durch ein hohes Maß an Flexibilität und Schnelligkeit aus, erlaubt eine organisatorisch und räumlich zentralisierte Beschaffung und Distribution, realisiert durch eine oder wenige KPZ in vorzugsweise einer Produktionsstätte, die Erzielung von Economies of Scale und Economies of Scope, beispielsweise durch einen gemeinsamen Einkauf und Vertrieb, oder die Vereinfachung und Aufwandsreduzierung des Leergutflusses, beispielsweise durch die Installation von Ladehilfsmittelkreisläufen in Verbindung mit einem Leergutmanagement.

Totale dezentrale, totale zentrale und kombinierte Lagerung sowie Sonderformen – funktions-, ressourcen- und einheitensystembezogene Aspekte

Die totale dezentrale Lagerung verzeichnet eine höhere Gesamtzahl an Lagerplätzen und einen erhöhten Flächenbedarf bei geringerer Lagerauslastung, jedoch die einfache Anzahl an Transportspielen und einen geringen Steuerungsaufwand für den Materialfluss. Die totale dezentrale Lagerung wird dann angewandt, wenn Lagerfläche/-raum großzügig bemessen sind und zur Lagereinrichtung keine zusätzliche, kostenaufwändige Lagertechnik erforderlich ist. Bezogen auf Kompetenzzellen besitzt bei der totalen dezentralen Lagerung jede ein eigenes Lager, was ungeachtet bedingter Zwischenlagerungen[84] einen direkten Materialfluss bspw. zwischen Fertigungs-KPZ[85] erlaubt (Strukturtypen Linien- und Netzstruktur). (i.A.a. [107])

Die totale zentrale Lagerung ist mit einer geringeren Gesamtzahl an Lagerplätzen und einem verringerten Flächenbedarf bei höherer Lagerauslastung verbunden, bei gleichzeitiger Verdopplung der Transportspiele und höherem Steuerungsaufwand. Die totale zentrale Lagerung wird dann angewandt, wenn Lagerfläche/-raum knapp bemessen sind und zur Lagereinrichtung zusätzliche, kostenaufwändige Lagertechnik erforderlich ist. Bezogen auf Kompetenzzellen besitzen bei der totalen zentralen Lagerung nur wenige ein eigenes Lager, was zumeist, wenn Zwischenlagerungen notwendig werden, nur einen indirekten Materialfluss beispielsweise zwischen Fertigungs-KPZ erlaubt (Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur). (i.A.a. [107])

Die kombinierte Lagerung versucht die Vorteile der totalen zentralen Lagerung und der totalen dezentralen Lagerung zu verbinden und deren Nachteile abzuschwächen. Umgesetzt in kompetenzzellenbasierten Netzen könnte der Produktfluss direkt zwischen den Kompetenzzellen erfolgen. Flüsse von Rohmaterial oder Hilfsstoffen könnten zwischen einem zentralen (Zwischen-)Lager und den einzelnen Kompetenzzellen abgewickelt werden. (i.A.a. [107])

---

[84] Unter Zwischenlagerungen sollen hier längere Lagerungen, keine kurzen Pufferungen verstanden werden.
[85] Streng genommen handelt es sich dann um Fertigungs- und Lager-KPZ.

Sonderformen der Lagerung: Innerhalb von JIT-/JIS-Konzepten kann gänzlich auf Läger verzichtet werden. Für kompetenzzellenbasierte Netze erscheint dies jedoch u.a. wegen der geringen Massenleistung des Logistiksystems kaum sinnvoll. Die vielfältig miteinander verwobenen Prozesse benötigen eher definierte Kopplungs- und Entkopplungspunkte. Zudem können ausreichend vorhandene und nicht primär als Kostentreiber fungierende Lagerkapazitäten unterstellt werden. Eine für kompetenzzellenbasierte Netze interessante Variante sind temporäre Läger, welche die Flexibilität und Effizienz der Materialflussstrukturen befördern können. Auf die Produktionsstätten würde sich dies insofern auswirken, dass Lagereinrichtungen nicht dauerhaft vorzuhalten sind, sondern erst bei Bedarf auftragsbezogen installiert und nach vollzogener Produktherstellung wieder aufgelöst werden. (i.A.a. [84])

Dezentrale und zentrale Lagerorganisation und -realisierung –
funktions-, kompetenz-/ressourcen- und einheitensystembezogene Aspekte

Lagerorganisation und -realisierung in Produktionsstätten:

- Organisation und Realisierung der Lagerungen (darüber hinaus auch der Warenein- und Warenausgang) erfolgen dezentral hauptsächlich durch viele in Produktionsstätten tätige KPZ (z.B. Montage- und Lager-KPZ)
- Organisation und Realisierung der Lagerungen erfolgen zentral hauptsächlich durch wenige in Produktionsstätten tätige Logistik-KPZ[86] (z.B. in einem Zentrallager tätige Lager-KPZ); zentrale Läger können auch Wareneingangs- und -ausgangsläger in Produktionsstätten sein
- kombiniert

Lagerorganisation und -realisierung zwischen Produktionsstätten:

- dezentrale Lagerung (keine zusätzliche, als Zentrallager fungierende Produktionsstätte; in jeder Produktionsstätte existiert mindestens ein Lager)
- zentrale Lagerung (zusätzliche, als Zentrallager fungierende Produktionsstätte)
- kombiniert

Dezentraler und zentraler Transport –
funktions-, ressourcen- und einheitensystembezogene Aspekte

Dezentrale Transporte erfolgen über Stichtouren mit Hin- und Rückfahrt. Diese bieten ein Höchstmaß an Flexibilität und Schnelligkeit, bergen jedoch bei geringer Massenleistung des Logistiksystems das Risiko geringer Transportmittelauslastungen. Zentrale Transporte als Rundtouren, differenzierbar in Sammel-, Verteil- oder Gemischttouren, verhalten sich hierzu gegensätzlich. Eine Kombination von dezentralen und zentralen Transporten kann u.a. mit der Einrichtung von Haltestellen als Anlaufpunkt für mehrere KPZ zu Anlieferung bzw. Abholung erreicht werden.

---

[86] Unter Logistik-KPZ (u.a. Lager- und Transport-KPZ) werden KPZ verstanden, die primär logistische Funktionen ausüben. Hingegen werden unter Nicht-Logistik-KPZ (u.a. Fertigungs-, Montage- und Prüf-KPZ) KPZ verstanden, die primär nicht-logistische Funktionen ausüben.

Nach der Touren- und zeitlichen Bedarfsplanung kann unterschieden werden in:

- Bedarfstouren:
  Bedarfstouren erfolgen auf Basis eines kurzfristigen Planungszeithorizontes. Bei unter Beachtung des kurzfristig avisierten Transportaufkommens geplanten Touren stehen im Vergleich zu Rahmentouren den Nachteilen des fehlenden fixen terminlichen Bezuges und erhöhten Dispositionsaufwandes die Vorteile einer tendenziell verbesserten Auslastung der Transportmittel und einer Vermeidung von nichtrealisierbaren Transportaufträgen gegenüber.
  Für den Gesamtplanungsablauf in Wertschöpfungskonfigurationen wird von einer vorgelagerten Fertigungs-, Montage- und Prüfplanung ausgegangen, da diese die für die Tourenplanung benötigten Eingangsgrößen bereitstellen.
- Rahmentouren:
  Rahmentouren erfolgen auf Basis eines langfristigen Planungszeithorizontes. Fahrplanmäßig werden ohne Beachtung des kurzfristig avisierten Transportaufkommens Touren abgewickelt. Vorteile sind ein fixer terminlicher Bezug und ein geringer Dispositionsaufwand. Nachteile sind tendenziell unterlastete wie auch überlastete Transportmittel, wobei Letzteres zur Nichtrealisierung von Transportaufträgen führen kann.
  Für den Gesamtplanungsablauf in Wertschöpfungskonfigurationen hat dies zur Folge, dass sich dieser gegenüber Bedarfstouren umkehrt. D.h., dass sich die jetzt nachgelagerte Fertigungs-, Montage- und Prüfplanung nach den Rahmentouren ausrichtet. Die Zeitfenster, definiert über die Ankunfts- und Abfahrtszeiten der Transportmittel, bilden Eingangsgrößen für die Fertigungs-, Montage- und Prüfplanung.[87]
- kombiniert:
  Eine Kombination von Bedarfs- und Rahmentouren könnte so gestaltet sein, dass zwischen Knoten mit häufig hohem Aufkommen Rahmentouren eingerichtet werden (Grundlast) und dass die restlichen Transporte mit Bedarfstouren (Spitzenlast) abgewickelt werden.

Dezentrale und zentrale Transportorganisation und -realisierung – funktions-, kompetenz-/ressourcen- und einheitensystembezogene Aspekte

Transportorganisation und -realisierung in Produktionsstätten:

- Organisation und Realisierung der Transporte erfolgen dezentral hauptsächlich durch viele in Produktionsstätten tätige KPZ (z.B. Fertigungs- und Transport-KPZ); die Weitergabe der Ladeeinheiten geschieht durch die KPZ individuell
- Organisation und Realisierung der Transporte erfolgen zentral hauptsächlich durch wenige in Produktionsstätten tätige Logistik-KPZ (z.B. Transport-KPZ)

---

[87] Es wird ein Paradigmenwechsel dahingehend stattfinden, dass sich mit zunehmender Bedeutung der Logistik in Wertschöpfungskonfigurationen die Bestimmungsabfolge für nichtlogistische Prozesse und Organisationseinheiten (u.a. Fertigen, Montieren, Prüfen) sowie für logistische Prozesse und Organisationseinheiten (u.a. Transportieren, Lagern) von der traditionellen Bestimmungsabfolge Nicht-Logistik ⇨ Logistik hin zu einer simultanen Bestimmungsabfolge Nicht-Logistik & Logistik bzw. zu einer umgekehrten Bestimmungsabfolge Logistik ⇨ Nicht-Logistik verschiebt.

- kombiniert

Transportorganisation und -realisierung zwischen Produktionsstätten:

- Organisation und Realisierung der Transporte erfolgen dezentral durch viele KPZ (z.B. Montage- und Transport-KPZ)
- Organisation und Realisierung der Transporte erfolgen zentral durch wenige Logistik-KPZ (z.B. Transport-KPZ)
- kombiniert

Lagern auf dem Transportmittel bzw. Transportieren auf dem Lagermittel – funktions- und ressourcensystembezogene Aspekte

Eine Bündelung von Transport und Lagerung kann mit der Lagerung auf dem Transportmittel (vgl. [155]) oder mit dem Transport auf dem Lagermittel herbeigeführt werden. Eine Lagerung auf dem Transportmittel ist u.a. dann zweckdienlich, wenn die Transportmittel hierfür ausgelegt (z.B. Rollenbahn) und schlecht ausgelastet sind und/oder eine Zwischenlagerung in einem separaten Lager vermieden werden soll. Lediglich nach der Gewichtung von Lager- und Transportfunktion zu unterscheiden sind Lagerung auf dem Transportmittel von Transport auf dem Lagermittel. Kommt die Lagerung auf dem Transportmittel sowohl für produktionsstätteninterne als auch -externe Logistikprozesse in Betracht, ist der Transport auf dem Lagermittel eher nur für produktionsstätteninterne Logistikprozesse denkbar. Die Vorteile liegen u.a. in einer Einsparung separater Lager- und Transportmittel sowie in verkürzten Prozesszeiten und Transportwegen. Zugeschnittene Lager-/Transport-/Ladehilfsmittel sind: Hängebahnen, Schuppen, Transportwagen, fahrbare Regale, Durchlaufregale sowie Rollkisten/-paletten. Für Lager- und Transportmittel kann unterschieden werden zwischen eher am Ort des Lagerns verbleibenden Mitteln (z.B. angedockte(r) Wechselbrücke, Auflieger oder Lkw) und eher umlaufenden oder sich bewegenden Mitteln (z.B. Hängebahnen, Lkw oder Transporter).

Dezentrale und zentrale Organisation und Realisierung – funktions- und einheitensystembezogene Aspekte

Die Funktionserfüllung der Beschaffung oder der Distribution, der Lagerung oder des Transports, wie auch der Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen und Produktionsstätten, kann von vielen „unorganisierten“ KPZ oder einem „organisierten“ Netz aus KPZ ausgeübt werden. Eine „unorganisierte“, dezentrale Organisation und Realisierung der logistischen Prozesse kann dann sinnvoll sein, wenn der Koordinationsaufwand sehr gering gehalten werden soll. Erfahrungs- und Bündelungseffekte können hier jedoch nur bedingt ausgeschöpft werden. Umgekehrt verhält es sich bei einer „organisierten“, zentralen Organisation und Realisierung.

7.3.2 Experimentelle Untersuchungen

7.3.2.1 Versuchsplanung

Bestimmung der zu untersuchenden Szenarien

Der Fokus der experimentellen Untersuchungen soll auf den Strukturen des Materialflusssystems liegen, da einerseits dieses Flusssystem als ein dominantes in regionalen kompetenzzellenbasierten Netzen gelten kann, und da andererseits hier teils widersprüchliche Gestaltungsaussagen vorliegen (vgl. Abschnitt 4.7).

Für die Betrachtungen zu Gestaltungs- und Vorzugslösungen des Materialflusses werden die Beschreibungskategorien der IPSS, das 3-Ebenen-Modell und die Strukturtypen zugrunde gelegt. Die Grundidee besteht darin, für die Generierung von Szenarien das 3-Ebenen-Modell mit den Strukturtypen zu kombinieren (Abbildung 69). [3] Die Strukturtypen werden somit auf alle drei Ebenen des 3-Ebenen-Modells angewandt. Die obere Ebene soll die Bedarfsstrukturen für den Materialfluss repräsentieren. Zur Bedarfsdeckung kommen in der mittleren Ebene verschiedene Transportstrukturen zur Anwendung. Die Transportabwicklung muss sich an den Gegebenheiten der Infrastruktur der unteren Ebene ausrichten.

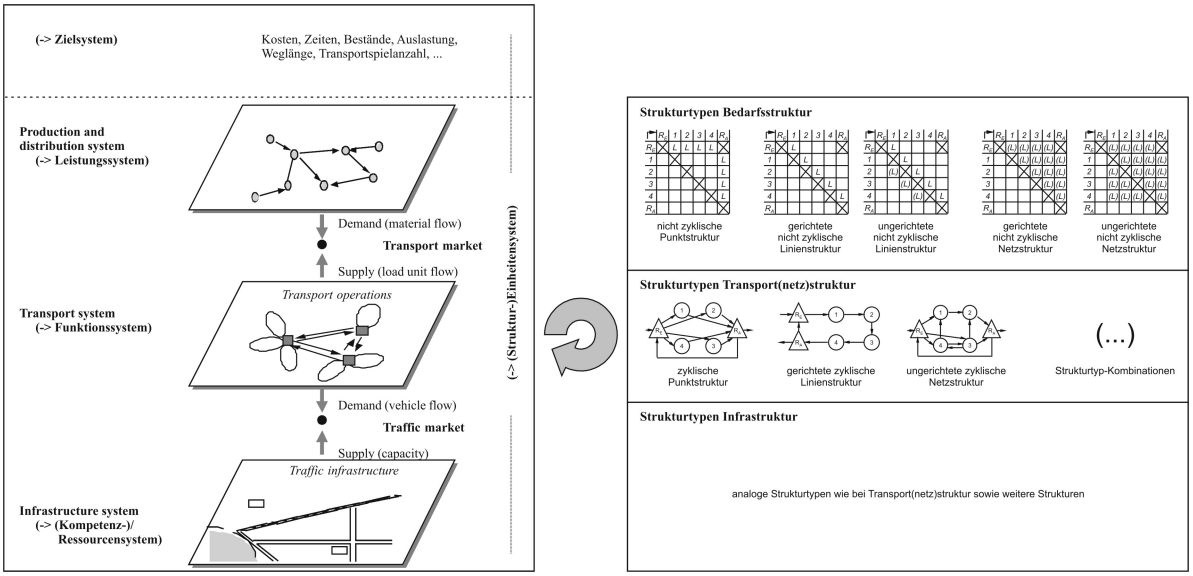


Abbildung 69: Kombination 3-Ebenen-Modell mit Strukturtypen als Grundidee der Szenarienbildung

Diese Kombinatorik gewährleistet in Anbetracht der Aspektmannigfaltigkeit und Lösungsmächtigkeit ein breites und homogenes Spektrum an Szenarien.

Da generelle Vorzugslösungen nicht existieren, sind die situationsbeschreibenden Merkmale bzw. wesentlichen Einfluss- und Zielgrößen herauszuarbeiten und zu definieren, sodass für typische Merkmalsausprägungen bzw. Einfluss- und Zielgrößenwert(ebereich)e geltende Vorzugslösungen angegeben werden können.

Zu den wesentlichen Eingangsgrößen zählen:

- Ziele und Strukturen (Zielsystem)
  - Ziele (z.B. Kosten (Minimierung), Zeiten (Minimierung), Bestand (Minimierung), Auslastung (Maximierung), Gesamtweg (Minimierung), Transportspielanzahl (Minimierung))
  - Zielgewichtung
- Bedarfe und Strukturen (Leistungs-, Einheitensystem)
  - Strukturtyp
  - Anzahl auszutauschender Ladeeinheiten (LE) im Betrachtungszeitraum (BZR) (Bedarfsintensität) und Typ
- Transporte und Strukturen (Funktions-, Einheitensystem)
  - Strukturtyp(-Kombinationen)
  - Steuerstrategie/Prinzipprozess
- Infrastruktur (Ressourcen-[88], Einheitensystem)
  - zulässige Strukturtypen
  - Typ Weg (inklusive Weglänge (Weg_l, $Weg_{RA->RE}$)) zwischen den Struktureinheiten
  - Typ und Anzahl Transportmittel (TM) (inklusive Transportmittelkapazität)
- Struktureinheiten und Strukturen (Einheitensystem)
  - Anzahl und Typ Struktureinheiten (SE)

Zu den wesentlichen Ausgangsgrößen zählen:

- Ziele (vor allem Zielgrößen wie Kosten, Zeiten, Bestand, Auslastung, Gesamtweg, Transportspielanzahl) (Zielsystem)
- Transporte und Strukturen (vor allem Strukturtyp(-Kombination(en)) als Vorzugslösung(en)) (Funktionssystem)

Die ausgewählten situationsbeschreibenden Merkmale bzw. Einfluss- und Zielgrößen können je nach Erkenntniszielen erweitert, reduziert oder verändert werden und sind mit entsprechenden Merkmalsausprägungen bzw. Werten zu untersetzen. Die angegebene Auswahl soll dazu dienen, die prinzipielle Vorgehensweise zur Ableitung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen unter Nutzung der IPSS zu verdeutlichen. Tabelle 20 gibt im Sinne einer Morphologie eine Übersicht über diesbezügliche Merkmale mit Ausprägungen und repräsentiert desgleichen das hieraus ableitbare Versuchsprogramm.

[88] Kompetenzen stehen hier nicht im Vordergrund der Betrachtungen und werden deshalb auch begrifflich ausgeblendet.

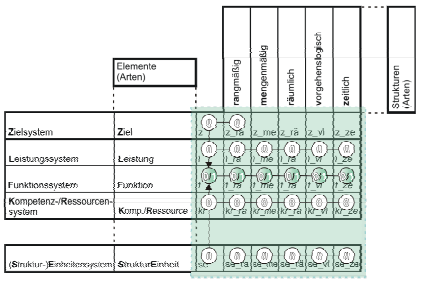
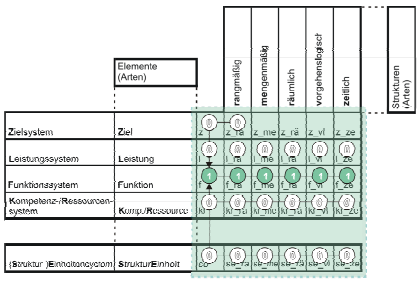
Eingangsgrößen	**Ausprägungen**									
Zielgröße	Kosten	Zeiten	Bestand	Auslastung	Gesamtweg	Transport-spielanzahl				
Zielgewichtung[89]	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6				
Strukturtyp Bedarfs-struktur[90]	PS	gLS	uLS	gNS	uNS					
Bedarfsintensität und Typ Ladeeinheit	1 LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs	1-n LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs								
Strukturtyp Transport-struktur (Zyklus optional)	(z)PS	g(z)LS	u(z)NS	Strukturtyp-Kombination						
Steuerstrategie	ohne Konsolidierung	mit Konsolidierung								
Typ Transportmittel	1 Typ	wenige Typen	∞ viele Typen							
Anzahl Transportmittel	1 TM	2-9 TM	10-15 TM	∞ viele TM						
Kapazität Transportmittel	1 LE	2-10 LE	11-20 LE	21-250 LE	251-500 LE	501-1000 LE	1001-2000 LE	2001-3000 LE	3001-5000 LE	∞ LE
Strukturtyp Infrastruktur	alle zulässig	wie Transportstruktur								
Anzahl und Typ Struktureinheiten	3+x[91], gleicher Typ	10+x, gleicher Typ	∞, gleicher Typ	3+x, ungleicher Typ	10+x, ungleicher Typ	∞, ungleicher Typ				
Weglänge aller Wege	0 km	0,01 km	0,1 km	1 km	10 km	25 km	50 km	ungleich, realitätsnah (0-150 km)		
Ausgangsgrößen	**Ausprägungen**									
Zielgröße	Kosten =…	Zeiten =…	Bestand =…	Auslastung =…	Gesamtweg =…	Transport-spielanzahl =…				
Rang Strukturtyp(-Kombi-nation) Transportstruktur	…									
Vorgehensweisen	**Ausprägungen**									
angewandte Vorgehens-weisen, Methoden und Instrumentarien	analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista	simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant	Lösungsfindung mittels Optimierung, Savingsverfahren in CATRIN							
Vorgehensweisen IPSS										

Tabelle 20: Versuchsplan

Die Betrachtungen beziehen sich auf Strukturen in und zwischen Struktureinheiten, im Kontext also KPZ, Bausteine oder Produktionsstätten.

---

89 Wichtungsfaktoren 1-6; 6=höchste Gewichtung, 1=niedrigste Gewichtung.

90 Die Bedarfsstrukturen sind allesamt nichtzyklisch, weswegen auf die Angabe der Zyklik verzichtet wird.

91 Ein x bedeutet hier struktur- bzw. instrumentarienbedingte zusätzliche Struktureinheiten, welche als Ein- und Ausgangs-randstrukturen, Quellen und Senken, Depots und Kunden oder zentrale Knoten auftreten können.

Szenarien für die analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista

Die in Tabelle 21 grau unterlegten Merkmalsausprägungen bilden das hier in Betracht gezogene Spektrum der Szenariengenerierung für die analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista. Es wurden jedoch nicht alle aus der Kombinatorik generierbaren, sondern nur ausgewählte, einen Erkenntnisgewinn versprechende Szenarien, untersucht.

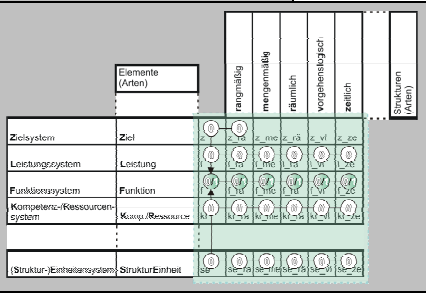
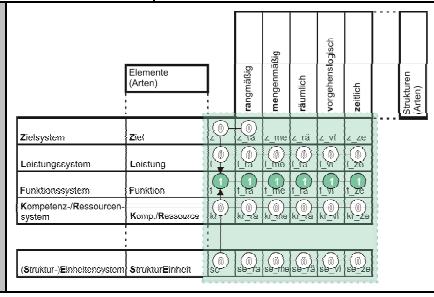
Eingangsgrößen	**Ausprägungen**									
Zielgröße	Kosten	Zeiten	Bestand	Auslastung	Gesamtweg	Transport-spielanzahl				
Zielgewichtung	6	1	1	1	3	3				
Strukturtyp Bedarfsstruktur	PS	gLS	uLS	gNS	uNS					
Bedarfsintensität und Typ Ladeeinheit	1 LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs	1-n LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs								
Strukturtyp Transport-struktur (Zyklus optional)	(z)PS	g(z)LS	u(z)NS	Strukturtyp-Kombination						
Steuerstrategie	ohne Konsolidierung	mit Konsolidierung								
Typ Transportmittel	1 Typ	wenige Typen	∞ viele Typen							
Anzahl Transportmittel	1 TM	2-9 TM	10-15 TM	∞ viele TM						
Kapazität Transportmittel	1 LE	2-10 LE	11-20 LE	21-250 LE	251-500 LE	501-1000 LE	1001-2000 LE	2001-3000 LE	3001-5000 LE	∞ LE
Strukturtyp Infrastruktur	alle zulässig	wie Transportstruktur								
Anzahl und Typ Struktureinheiten	3+x, gleicher Typ	10+x, gleicher Typ	∞, gleicher Typ	3+x, ungleicher Typ	10+x, ungleicher Typ	∞, ungleicher Typ				
Weglänge aller Wege	0 km	0,01 km	0,1 km	1 km	10 km	25 km	50 km	ungleich, realitätsnah (0-150 km)		
Ausgangsgrößen	**Ausprägungen**									
Zielgröße	Kosten =…	Zeiten =…	Bestand =…	Auslastung =…	Gesamtweg =…	Transport-spielanzahl =…				
Rang Strukturtyp(-Kombi-nation) Transportstruktur	…									
Vorgehensweisen	**Ausprägungen**									
angewandte Vorgehens-weisen, Methoden und Instrumentarien	analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista	simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant	Lösungsfindung mittels Optimierung, Savingsverfahren in CATRIN							
Vorgehensweisen IPSS										

Tabelle 21: Szenarien für die analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels 4flow vista

Als Eingangsgröße im Zielsystem sollen hier die Kosten höchstgewichtet sein. Gesamtweg und Transportspielanzahl gehen in die Kostenfunktion ein (entweder entfernungs- oder transportspielabhängige Kosten) und sind damit untergewichtet. Innerhalb der statischen Berechnungen von 4flow vista wird die Anzahl und Frequenz der Transportmittel so bestimmt, dass die geforderten (Durchlauf-)Zeiten bei möglichst optimaler Auslastung der Transportmittel und geringstem Bestand eingehalten werden. Diese Zielgrößen werden hier nicht betrachtet und sind geringstgewichtet.

Im Leistungssystem werden alle typischen Bedarfsstrukturen mit einer Bedarfsintensität von 1 bis n LE je BZR betrachtet.

Im Funktionssystem sind als typische Transportstrukturen die (zyklische) Punktstruktur, die gerichtete (zyklische) Linienstruktur und die ungerichtete (zyklische) Netzstruktur zugelassen. Die kantendimensionierungsorientierte Steuerstrategie in 4flow vista nutzt Konsolidierungsmöglichkeiten (kapazitiv, zeitlich) selbstständig.

Im Ressourcensystem sind die Strukturtypen der Infrastruktur mit denen der Transportstruktur identisch. Für die Kantenabwicklung stehen Transportmittel eines Typs mit von 1 bis 3240 LE variierbarer Kapazität, beliebiger Anzahl zur Verfügung.

Im Einheitensystem werden 3 und 10 gleiche Struktureinheiten betrachtet, welche alle über gleiche Wege mit den Weglängen von 0,1 bis 50 km angebunden sind.

Als Ausgangsgröße soll gemäß der Wichtung der Zielgrößen, also hier vornehmlich nach Kosten, der Rang der Strukturtypen der Transportstruktur einschließlich des besten Strukturtyps bestimmt werden.

Die Vorgehensweise der analytischen Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista kann innerhalb der IPSS als Pfad über die Grobfunktionen deklariert werden, wobei nahezu alle Element- und Strukturarten Eingangsgröße sind und das Funktionssystem nochmals Ausgangsgröße ist.

Szenarien für die simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant

Die in Tabelle 22 grau unterlegten Merkmalsausprägungen bilden das hier in Betracht gezogene Spektrum der Szenariengenerierung für die simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant. Es wurden jedoch nicht alle aus der Kombinatorik generierbaren, sondern nur ausgewählte, einen Erkenntnisgewinn versprechende Szenarien, untersucht.

Eingangsgrößen	Ausprägungen					
Zielgröße	Kosten	Zeiten	Bestand	Auslastung	Gesamtweg	Transport-spielanzahl
Zielgewichtung	1	6	1	1	6	6
Strukturtyp Bedarfsstruktur	PS	gLS	uLS	gNS	uNS	
Bedarfsintensität und Typ Ladeeinheit	1 LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs			1-n LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs		
Strukturtyp Transport-struktur (Zyklus optional)	(z)PS	g(z)LS		u(z)NS	Strukturtyp-Kombination	

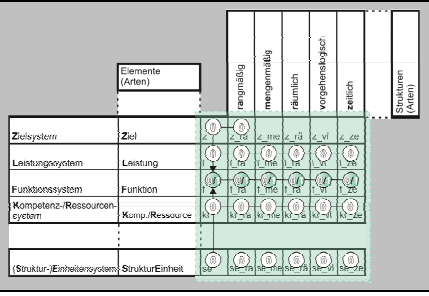
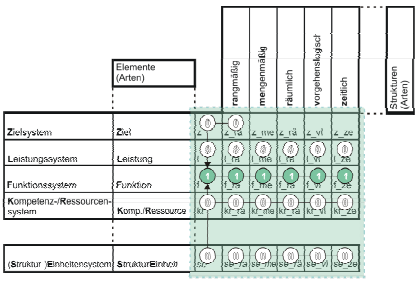
Eingangsgrößen	Ausprägungen									
Steuerstrategie	ohne Konsolidierung					mit Konsolidierung				
Typ Transportmittel	1 Typ			wenige Typen				∞ viele Typen		
Anzahl Transportmittel	1 TM		2-9 TM			10-15 TM			∞ viele TM	
Kapazität Transportmittel	1 LE	2-10 LE	11-20 LE	21-250 LE	251-500 LE	501-1000 LE	1001-2000 LE	2001-3000 LE	3001-5000 LE	∞ LE
Strukturtyp Infrastruktur	alle zulässig					wie Transportstruktur				
Anzahl und Typ Struktureinheiten	3+x, gleicher Typ		10+x, gleicher Typ		∞, gleicher Typ	3+x, ungleicher Typ		10+x, ungleicher Typ		∞, ungleicher Typ
Weglänge aller Wege	0 km	0,01 km	0,1 km	1 km	10 km	25 km	50 km	ungleich, realitätsnah (0-150 km)		
Ausgangsgrößen	**Ausprägungen**									
Zielgröße	Kosten =…		Zeiten =…		Bestand =…	Auslastung =…		Gesamtweg =…		Transport-spielanzahl =…
Rang Strukturtyp(-Kombi-nation) Transportstruktur	…									
Vorgehensweisen	**Ausprägungen**									
angewandte Vorgehens-weisen, Methoden und Instrumentarien	analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista				simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant			Lösungsfindung mittels Optimierung, Savingsverfahren in CATRIN		
Vorgehensweisen IPSS										

Tabelle 22: Szenarien für die simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels eM-Plant

Als Eingangsgröße im Zielsystem sollen hier Zeiten, Gesamtweg und Transportspielanzahl als Zielgrößen höchstgewichtet sein. Die Zielgröße Kosten lässt sich aus vorgenannten Größen über eine Kostenfunktion ermitteln ist daher geringstgewichtet. Auslastung der Transportmittel und Bestand werden hier nicht betrachtet und sind ebenfalls geringstgewichtet.

Im Leistungssystem werden außer der Punktstruktur alle typischen Bedarfsstrukturen mit einer Bedarfsintensität von 1 bis n LE je BZR betrachtet.

Im Funktionssystem sind als typische Transportstrukturen die zyklische Punktstruktur, die gerichtete zyklische Linienstruktur und die ungerichtete zyklische Netzstruktur zugelassen. Die Steuerstrategie der Einzelabwicklung von Transportaufträgen wirkt unkonsolidierend. Um eine konsolidierende Steuerstrategie dennoch gegenüberstellend einbeziehen zu können, wird diese bereits in der Bedarfsstruktur „nachgebildet“.

Im Ressourcensystem sind die Strukturtypen der Infrastruktur mit denen der Transportstruktur identisch. Für die Kantenabwicklung steht genau ein Transportmittel (und damit auch ein Typ) mit einer ausreichend hohen Kapazität zur Verfügung.

Im Einheitensystem werden 3 und 10 gleiche Struktureinheiten betrachtet, welche alle über gleiche Wege mit den Weglängen von 1 bis 50 km angebunden sind.

Als Ausgangsgröße soll gemäß der Wichtung der Zielgrößen, also hier vornehmlich nach Zeiten, Gesamtweg und Transportspielanzahl, der Rang der Strukturtypen der Transportstruktur einschließlich des besten Strukturtyps bestimmt werden.

Die Vorgehensweise der simulativen Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant kann innerhalb der IPSS als Pfad über die Grobfunktionen deklariert werden, wobei analog zur analytischen Vorgehensweise nahezu alle Element- und Strukturarten Eingangsgröße sind und das Funktionssystem nochmals Ausgangsgröße ist.

Szenarien für die Lösungsfindung durch Optimierung in CATRIN

Die in Tabelle 23 grau unterlegten Merkmalsausprägungen bilden das hier in Betracht gezogene Spektrum der Szenariengenerierung für die Lösungsfindung durch Optimierung (mittels Savingsverfahren) in CATRIN. Es wurden jedoch nicht alle aus der Kombinatorik generierbaren, sondern nur ausgewählte, einen Erkenntnisgewinn versprechende Szenarien, untersucht.

Eingangsgrößen	Ausprägungen									
Zielgröße	Kosten	Zeiten	Bestand	Auslastung	Gesamtweg	Transport-spielanzahl				
Zielgewichtung	6	4	1	1	4	2				
Strukturtyp Bedarfsstruktur	PS	gLS	uLS	gNS	uNS					
Bedarfsintensität und Typ Ladeeinheit	1 LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs			1-n LE/BZR von Quelle i zu Senke j, alle LE gleichen Typs						
~~Strukturtyp Transportstruktur~~	~~(z)PS~~	~~g(z)LS~~	~~u(z)NS~~	~~Strukturtyp-Kombination~~						
~~Steuerstrategie~~	~~ohne Konsolidierung~~		~~mit Konsolidierung~~							
Typ Transportmittel	1 Typ		wenige Typen	∞ viele Typen						
Anzahl Transportmittel	1 TM	2-9 TM	10-15 TM	∞ viele TM						
Kapazität Transportmittel	1 LE	2-10 LE	11-20 LE	21-250 LE	251-500 LE	501-1000 LE	1001-2000 LE	2001-3000 LE	3001-5000 LE	∞ LE
Strukturtyp Infrastruktur	alle zulässig			wie Transportstruktur						
Anzahl und Typ Struktureinheiten	3+x, gleicher Typ	10+x, gleicher Typ	∞, gleicher Typ	3+x, ungleicher Typ	10+x, ungleicher Typ	∞, ungleicher Typ				
Weglänge aller Wege	0 km	0,01 km	0,1 km	1 km	10 km	25 km	50 km	ungleich, realitätsnah (0-150 km)		

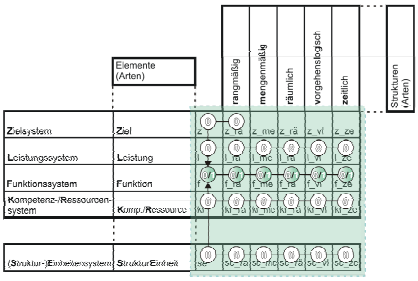
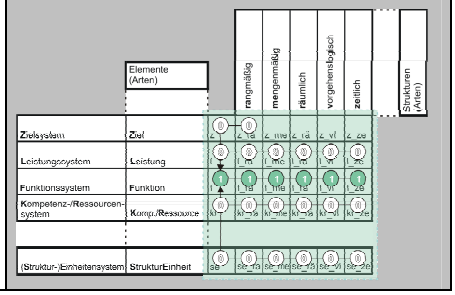
Ausgangsgrößen	Ausprägungen					
Zielgröße	Kosten =…	Zeiten =…	Bestand =…	Auslastung =…	Gesamtweg =…	Transport-spielanzahl =…
Rang Strukturtyp(-Kombi-nation) Transportstruktur	…					
Vorgehensweisen	**Ausprägungen**					
angewandte Vorgehens-weisen, Methoden und Instrumentarien	analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista		simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant		Lösungsfindung mittels Optimierung, Savingsverfahren in CATRIN	
Vorgehensweisen IPSS						

Tabelle 23: Szenarien für die Lösungsfindung durch Optimierung in CATRIN

Als Eingangsgröße im Zielsystem sollen hier die Kosten als Zielgröße höchstgewichtet sein, da hiernach primär das Optimierungsverfahren eingestellt wird. Die Zeiten und der Gesamtweg sind geringergewichtet, da sie sekundär Einfluss auf die Optimierung nehmen. Die Zielgröße Transportspielanzahl fließt sowohl in die Kosten (zeitabhängige Umschlags- und Wartekosten) als auch in die Zeiten (Umschlags- und Wartezeiten) ein und ist untergewichtet. Auslastung der Transportmittel und Bestand werden hier nicht betrachtet und sind geringstgewichtet.

Im Leistungssystem werden alle typischen Bedarfsstrukturen mit einer Bedarfsintensität von 1 bis n LE je BZR betrachtet.

Im Funktionssystem wird die Steuerstrategie maßgeblich durch das Optimierungsverfahren inklusive Parametrierung beeinflusst.

Im Ressourcensystem sind alle Strukturtypen der Infrastruktur zulässig. Für die Kantenabwicklung stehen wenige Typen Transportmittel mit von 1 bis 100 LE variierbarer Kapazität bis zu einer Anzahl von 11 zur Verfügung.

Im Einheitensystem werden 10 bis 13 gleiche Struktureinheiten betrachtet, die über ungleiche, realitätsnahe Wege mit Weglängen von 0 bis 150 km angebunden sind.

Als Ausgangsgröße soll gemäß der Wichtung der Zielgrößen, also hier vornehmlich nach den Kosten, der beste Strukturtyp bzw. die beste Strukturtyp-Kombination der Transportstruktur bestimmt werden.

Die Vorgehensweise der Lösungsfindung durch Optimierung mittels Savingsverfahren in CATRIN kann innerhalb der IPSS als Pfad über die Grobfunktionen deklariert werden, wobei außer dem Funktionssystem nahezu alle Element- und Strukturarten Eingangsgröße sind. Das Funktionssystem ist Ausgangsgröße.

7.3.2.2 Versuchsdurchführung

Versuchsaufbau für die analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista

Die Umsetzung der Szenarien in einen Versuchaufbau in 4flow vista zeigt Abbildung 70. Im Leistungssystem werden die Strukturtypen der Bedarfsstrukturen über Artikelgruppen (alle Artikelgruppen gleich parametriert), Stücklisten, Artikelgruppenbelegungen auf die Elemente der Netze und „Endbedarfe“ an der Senke abgebildet. Das „Beschaffen“ der Artikelgruppen von der Quelle zu den Elementen und das „Distributieren“ der Artikelgruppen von den Elementen zur Senke werden im Sinne einer Produktionsnachbildung mitbetrachtet. Auch in diesem Sinne wird der Netzdurchsatz über den „Endbedarf der Senke“ fest auf 90 LE/h=2160 LE/24h im BZR eingestellt. Die Bedarfsintensität zwischen den Elementen kann so strukturabhängig zwischen 1 LE bis n LE/BZR schwanken.

Im Funktions- bzw. Ressourcensystem werden die Strukturtypen der Transportstrukturen als Netze hinterlegt. Als Transportmitteltyp ist ein Transporter mit variierbarer Kapazität ausgewählt. Die Kostenfunktion des Transportmittels kann transportspielabhängig (je Transportspiel 1 €) oder wegabhängig (je km 1 €) gestaltet werden. Im Ressourcen- bzw. Einheitensystem werden die hinterlegten Netze mit 3 und 10 Elementen aufgebaut. Jeweils für ein Netz erhalten alle Transportwege die gleiche Weglänge (außer Weglänge für Zyklus: 0 km).[92]

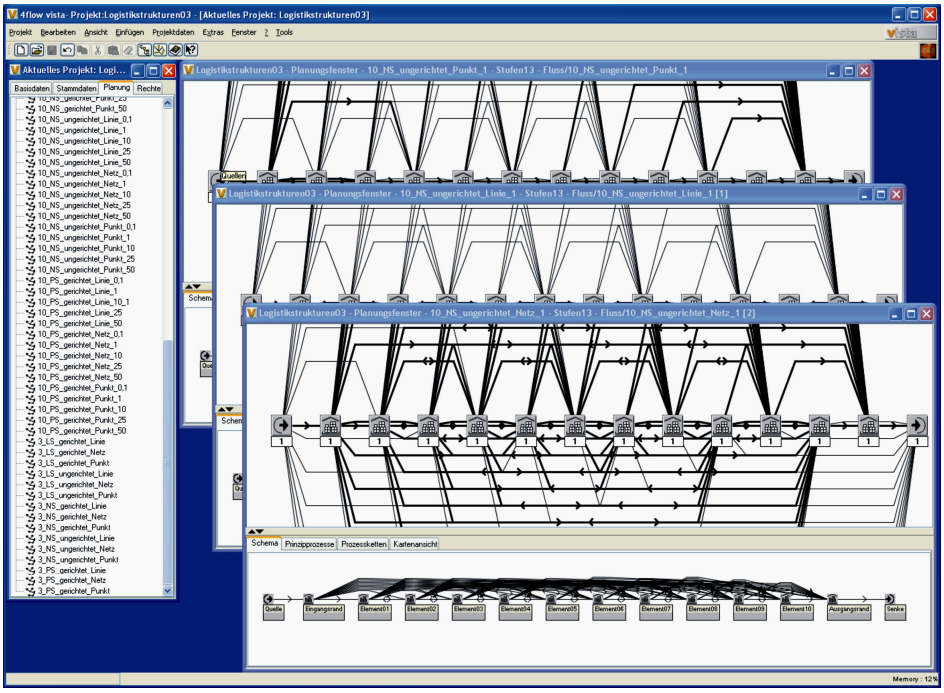


Abbildung 70: Versuchsaufbau für die analytische Bewertung von Lösungsalternativen mittels statischer Berechnung in 4flow vista (Beispiel)

---

92 Die in 4flow vista hinterlegten Netze sind somit bezüglich des 3-Ebenen-Modells sowohl der Transportstruktur (Bewegungen des Transportmittels) als auch der Infrastruktur (zur Verfügung stehende Wege) zuordenbar.

Versuchsaufbau für die simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant

Die Umsetzung der Szenarien in einen Versuchaufbau in eM-Plant zeigt Abbildung 71. Im Leistungssystem werden die Strukturtypen der Bedarfsstrukturen (außer Punktstruktur, da Randstrukturen hier weder Quellen noch Senken für Transportaufträge sein sollen) zusammen mit den Bedarfsintensitäten über eine Transportauftragstabelle (alle Fördergüter gleich parametriert) abgebildet. Im Sinne einer reinen Transportnachbildung werden strukturabhängig angepasste Bedarfsintensitäten (1 bis n LE/BZR) zwischen den Knoten betrachtet. Der Netzdurchsatz wird auf 90 LE/BZR festgehalten. Im Funktions- bzw. Ressourcensystem werden die Strukturtypen der Transportstrukturen als Netze hinterlegt. Als Transportmitteltyp ist ein in der Eingangsrandstruktur startendes und zum Abschluss eines jeden Transportauftrages stets dorthin zurückkehrendes Fahrzeug mit einer Kapazität von 100 Ladeeinheiten ausgewählt. Im Ressourcen- bzw. Einheitensystem sind die hinterlegten Netze mit 3 und 10 Knoten aufgebaut. Jeweils für ein Netz erhalten alle Transportwege die gleiche Weglänge (außer Weglänge für Zyklus: 0 km).[93]

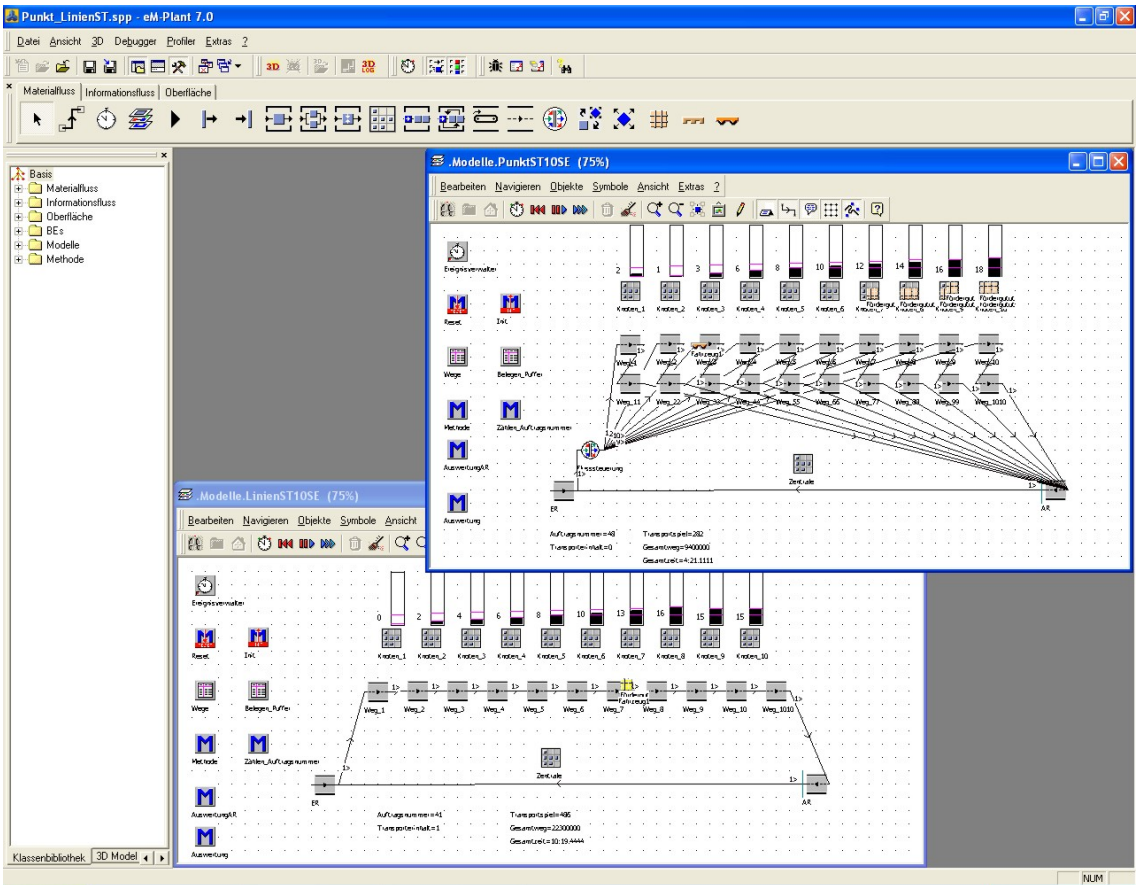


Abbildung 71: Versuchsaufbau für die simulative Bewertung von Lösungsalternativen mittels dynamischer Berechnung in eM-Plant (Beispiel)

93 Analog zu 4flow vista sind auch in eM-Plant die hinterlegten Netze bezüglich des 3-Ebenen-Modells nicht eindeutig der Transportstruktur oder der Infrastruktur zuordenbar.

Versuchsaufbau für die Lösungsfindung durch Optimierung in CATRIN

Die Umsetzung der Szenarien in einen Versuchaufbau in CATRIN zeigt Abbildung 72. Im Leistungssystem werden die Strukturtypen der Bedarfsstrukturen zusammen mit den Bedarfsintensitäten (1 bis n LE/BZR) über eine Auftragstabelle (alle Artikel gleich parametriert) abgebildet. Im Funktions- bzw. Ressourcensystem sind als Transportmitteltypen Fahrzeuge ausgewählt, deren Kapazität von 1 bis 100 Ladeeinheiten reicht. Als Optimierungsverfahren ist ein parametrierbares Savingsverfahren implementiert. Im Ressourcen- bzw. Einheitensystem sind jeweils aus einem Depot und einem Kunden bestehende, in einer Region angesiedelte Standorte aufgebaut. In den Depots starten und enden die Fahrzeuge. Über das regionale Straßennetz sind die Standorte mit Transportwegen ungleicher Weglänge (hinterlegt in einer Straßennetzkarte) verbunden.[94]

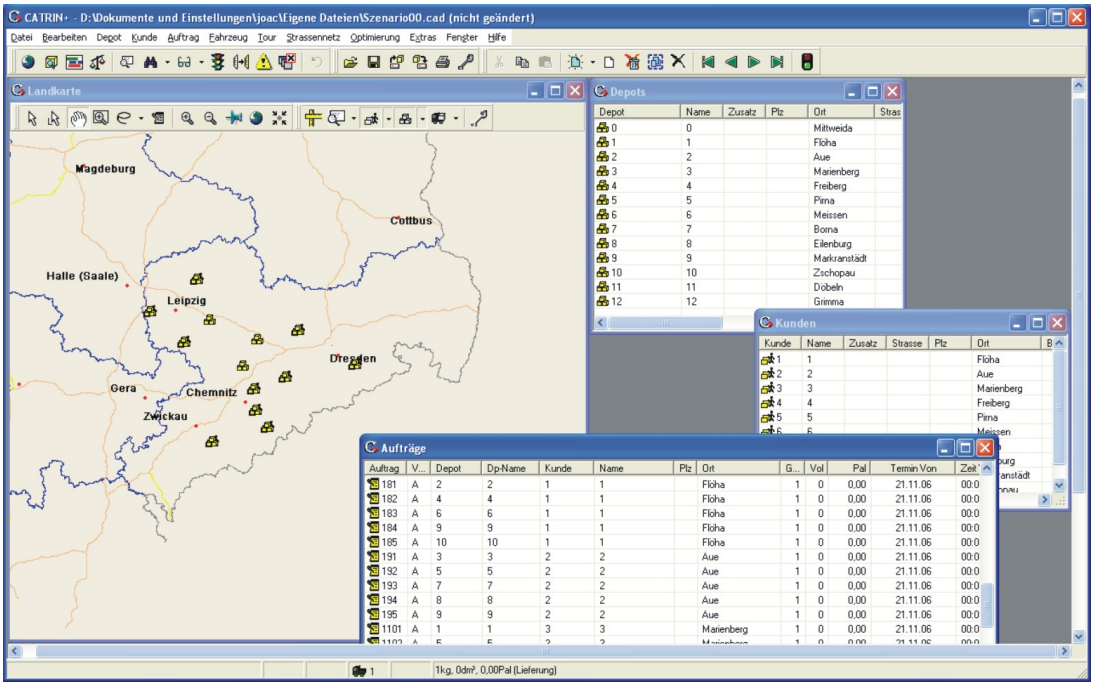


Abbildung 72: Versuchsaufbau in CATRIN für die Lösungsfindung durch Optimierung (Beispiel)

7.3.2.3 Versuchsergebnisse und -interpretation

Die Versuchsergebnisse, enthalten in Anlage A6, lassen sich wie folgt interpretieren.

Nicht-kontextspezifische Interpretationen

Bedarfsstruktur, Bedarfsintensität, Transportstruktur, Transportmittelkapazität, Kosten und Zeiten

Die sich aus den Zielgrößen und deren Gewichtungen ergebenden Transportstrukturrangfolgen sind maßgeblich von der Bedarfsstruktur (einschließlich

[94] Im Unterschied zu 4flow vista und eM-Plant sind in CATRIN die Ebenen des 3-Ebenen-Modells eindeutig zuordenbar.

deren Gerichtetheit), der Bedarfsintensität und der Transportmittelkapazität abhängig.

Bei konstantem Netzdurchsatz sind mit Ausnahme der Punktstruktur als Bedarfsstruktur die Kosten für (zyklische) Punkt- und ungerichtete (zyklische) Netzstruktur als Transportstruktur dann unabhängig von der Bedarfsstruktur, falls alle Bedarfsmengen im BZR je Relation immer genaue Vielfache der Transportmittelkapazitäten betragen. Für die Punktstruktur als Bedarfsstruktur sind die Kosten für (zyklische) Punkt- und ungerichtete (zyklische) Netzstruktur als Transportstrukturen gleich. Gerichtete Bedarfsstrukturen haben positiven Einfluss auf die Kosten und Zeiten der Transportstruktur gerichtete (zyklische) Linienstruktur.

Bei nicht-restriktiv wirkenden, jederzeit ausreichenden Transportmittelkapazitäten sind die Bedarfsstrukturen von großem, die Bedarfsintensitäten ohne Einfluss auf die Kosten und Zeiten.

Steuerstrategie, Bedarfsintensität, Transportstruktur, Transportmittelkapazität, Kosten, Zeiten, Gesamtweg und Transportspielanzahl

Die sich aus den Zielgrößen und deren Gewichtungen ergebenden Transportstrukturrangfolgen sind entscheidend von der Steuerstrategie einschließlich der nutzbaren Konsolidierungsoptionen abhängig.

Konsolidierungsoptionen sind u.a. Tourenanzahl-, Mengen- und Zeitzusammenfassungen. Einfluss auf die Steuerstrategie einschließlich der nutzbaren Optionen nehmen somit u.a. das Verhältnis von Transportmittelkapazität und Bedarfsmenge je Relation und die verfügbare Gesamtzeit im BZR. Konsolidierungsindikatoren sind neben den Zielgrößen u.a.: Tourenanzahl, Auftragsanzahl je Tour, Verhältnis der Transport- und Bedarfsintensitäten je Relation (Menge, Zeit):

- Die (zyklische) Punktstruktur eignet sich für mittlere Verhältnisse von Transport- und Bedarfsintensitäten, d.h. Bedarfsmengen je Relation kleiner als die Transportmittelkapazitäten.
- Die gerichtete (zyklische) Linienstruktur eignet sich für große Verhältnisse von Transport- und Bedarfsintensitäten, d.h. Bedarfsmengen je Relation wesentlich kleiner als die Transportmittelkapazitäten.
- Die ungerichtete (zyklische) Netzstruktur eignet sich für kleine Verhältnisse von Transport- und Bedarfsintensitäten, d.h. Bedarfsmengen je Relation unwesentlich kleiner, gleich oder gar größer als die Transportmittelkapazitäten.

Transportmittelkapazität, Bedarfsintensität, Transportstruktur, Steuerstrategie, Kosten und Zeiten

Mit zunehmender Transportmittelkapazität sinken bis zur Angleichung von Transportmittelkapazität und Bedarfsmenge je Relation tendenziell die Kosten und Zeiten.

Sind die Bedarfsmengen je Relation gleich bzw. geringfügig geringer als die Transportmittelkapazitäten, dann ist die ungerichtete (zyklische) Netzstruktur unabhängig von den Bedarfsstrukturen und Zielgrößen die optimale Transportstruktur.

Ist die Zeit die höchstgewichtete Zielgröße, dann ist unabhängig vom Verhältnis Bedarfsmenge je Relation zu Transportmittelkapazität die ungerichtete (zyklische) Netzstruktur die optimale Transportstruktur.

Sind die Kosten die höchstgewichtete Zielgröße, sind die Bedarfsmengen je Relation erheblich geringer als die Transportmittelkapazitäten und lassen sich Konsolidierungseffekte ausnutzen, dann sind auch die (zyklische) Punktstruktur und die gerichtete (zyklische) Linienstruktur geeignete Transportstrukturen.

Anzahl Struktureinheiten, Transportstruktur, Kosten, Zeiten, Gesamtweg und Transportspielanzahl

Die Anzahl an Struktureinheiten wirkt sich bei „gleicher Massenleistung“ des jeweiligen Netzes (konstanter Netzdurchsatz) nicht auf die Kosten von (zyklischen) Punktstrukturen und ungerichteten (zyklischen) Netzstrukturen, sondern nur auf gerichtete (zyklische) Linienstrukturen (Anstieg der Anzahl Struktureinheiten nachteilig) als Transportstrukturen aus.

Bei „an die Anzahl der Struktureinheiten angepasster Massenleistung“ (wegkonstanter Durchsatz) wirkt sich eine steigende Anzahl an Struktureinheiten über die Transportstrukturen und Zielgrößen hinweg nachteilig aus.

Weglänge, Kosten, Zeit und Gesamtweg

Bei gleichen Weglängen führt deren gleichmäßige Veränderung zu einer proportionalen Veränderung des Gesamtweges. Mit zunehmender Weglänge steigen bei unterstellter positiver Abhängigkeit tendenziell die Kosten und Zeiten.

Transportspielanzahl, Weglänge, Kosten und Zeiten

Mit zunehmender Transportspielanzahl steigen bei unterstellter positiver Abhängigkeit tendenziell die Kosten und Zeiten. Steigende Transportspielanzahlen wirken sich bei kurzen Weglängen jedoch weniger nachteilig aus als wie bei langen.

Kontextspezifische Interpretationen – Aussagen für kompetenzzellenbasierte Netze

Die Aussagen reflektieren auf die in Abbildung 73 illustrierten Strukturen.

Bei der zyklischen Punktstruktur – auch Sternstruktur genannt – werden die zwischen den einzelnen Knoten auszutauschenden Ladeeinheiten stets über die Eingangs-/ Ausgangsrandstruktur – den Sternknoten – geleitet. Bei diesem indirekten Austausch ergibt sich die doppelte Anzahl an Transporten gegenüber einem Direktaustausch. Längere Transportwege und -zeiten wirken sich nachteilig aus, weswegen die Sternstruktur bei Transporteinzelabwicklungen eher innerhalb von Produktionsstätten Anwendung finden wird. Für einen auch (über)regionalen Einsatz zwischen Produktionsstätten sprechen Optionen wie eine Konsolidierung der Transporte von und zu den einzelnen Knoten oder eine zentrale Lagerung, Beschaffung und Distribution. Die Sternstruktur sollte bei zeitunkritischen Bedarfen, bei denen die relationsbezogenen Bedarfsmengen geringer als die Transportmittelkapazitäten sind und die Zielgröße Kosten das Primat hat, zur Anwendung kommen. Vorteilhaft ist

auch, wenn der Sternknoten einen zu den Transporten maßvollen Kostenbeitrag liefert. Dies ist für kompetenzzellenbasierte Netze nicht untypisch. Bei Veränderungen der Anzahl der Struktureinheiten müssen nur wenige Relationen umorganisiert werden. Verlängert sich für einen Einzelbedarf der Weg bei einem indirekten Austausch, so reduziert sich bei Konsolidierung der Gesamtweg für den Gesamtbedarf gegenüber einer Netzstruktur mit direktem Austausch. (vgl. [3], [5])

Bei der gerichteten zyklischen Linienstruktur – auch Ringstruktur genannt – werden bezogen auf die Ladeeinheiten diese bis zur Rückkehr zur Eingangs-/Ausgangsrandstruktur – an den Ursprungsknoten – streng sequenziell über alle Knoten weitergegeben. Bezieht sich die Ringstruktur auf die Touren der Transportmittel, dann werden die verschiedenen Knoten auf einer geschlossenen (Rund-)Tour bedient. So werden bei Rahmentouren fahrplanmäßig stets gleich bleibende Touren abgewickelt. Die Voraussetzungen eines für jeden Zeitraum relativ konstanten, kalkulierbaren Bedarfs sind in kompetenzzellenbasierten Netzen meistens jedoch nicht gegeben. In der Folge würde es zu häufigen Unter- bzw. Überlasten der Transportmittel kommen. Daher sind für jeden Zeitraum bedarfsorientiert neu geplante Touren vorzuziehen. Die Ringstruktur sollte analog zur Sternstruktur bei zeitunkritischen, vorzugsweise gerichteten Bedarfen, bei denen die relationsbezogenen Bedarfsmengen weit geringer als die Transportmittelkapazitäten sind und die Zielgröße Kosten das Primat hat, zur Anwendung kommen. Bei Veränderungen der Anzahl der Struktureinheiten müssen einige Relationen umorganisiert werden. (vgl. [3], [5])

Bei der ungerichteten zyklischen Netzstruktur – auch nur Netzstruktur genannt – können die Ladeeinheiten beliebig (chaotisch) zwischen den Knoten ausgetauscht werden. Die Netzstruktur sollte bei Bedarfen, bei denen die relationsbezogenen Bedarfsmengen kaum geringer als die Transportmittelkapazitäten sind oder die Zielgröße Zeit das Primat hat, zur Anwendung kommen. Bei Veränderungen der Anzahl der Struktureinheiten müssen einige Relationen umorganisiert werden. Der Minimale Spannbaum als besondere Netzstruktur kann zur Anwendung gelangen, wenn die relationsbezogenen Bedarfsmengen weit geringer als die Transportmittelkapazitäten sind. Die hier gegebenen Minima der Transportspielanzahlen setzen die strikte Umsetzung einer komplizierten Steuerstrategie voraus. Dies ist für kompetenzzellenbasierte Netze kaum durchsetzbar. Bei nicht strikter Einhaltung werden bezüglich der Minima der Transportspielanzahlen „schnell“ die Transportstrukturen Stern- und Ringstruktur mit einfachen Steuerstrategien „wettbewerbsfähig“. Üblicherweise erfolgen die Transporte auf kürzestem Wege vom Quell- zum Zielknoten im sogenannten Direktverkehr. Anschließend fährt das Transportmittel meist mit einem Leertransport, selten mit einem Lasttransport entweder zurück oder zum nächsten Quellknoten. In kompetenzzellenbasierten Netzen ergeben sich hier gravierende Auslastungsprobleme für die Transportmittel bereits für die Hintransporte, die sich für die Rücktransporte noch verstärken. Dennoch ist diese logistische Leistungsabwicklung in KMU-Netzen der Einzel- und Kleinserienfertigung vorherrschend. Dies bestätigen empirische Untersuchungen am Demonstrator Montageautomat. Dort liegt die Auslastung der Transportmittel bei ca. 30%. Die Gründe für diese logistische

Leistungsabwicklung sind vor allem im stark operativ geprägten Geschäft der KMU zu suchen. Dieses erzwingt zur Befriedigung der Kundenwünsche eine äußerst kurzfristige Disposition und Realisierung der Touren. Hierfür werden oft eigene Kosten verursachende Transportmittel vorgehalten. Die Befragungen erbrachten jedoch auch ein Interesse der KMU nach verbesserten Logistiklösungen, welche sich in Logistikkooperationen finden lassen. Die KMU sollten sich dabei entweder untereinander über ihre Touren abstimmen und diese gemeinsam durchführen oder sie sollten diese Leistungen an einen Logistikdienstleister übertragen. Die Kooperationen werden jedoch nur dann Erfolg versprechend sein, wenn sie die Vorteile der jetzigen Eigenabwicklung wie Flexibilität und Schnelligkeit mindestens erhalten können. (vgl. [3], [5])

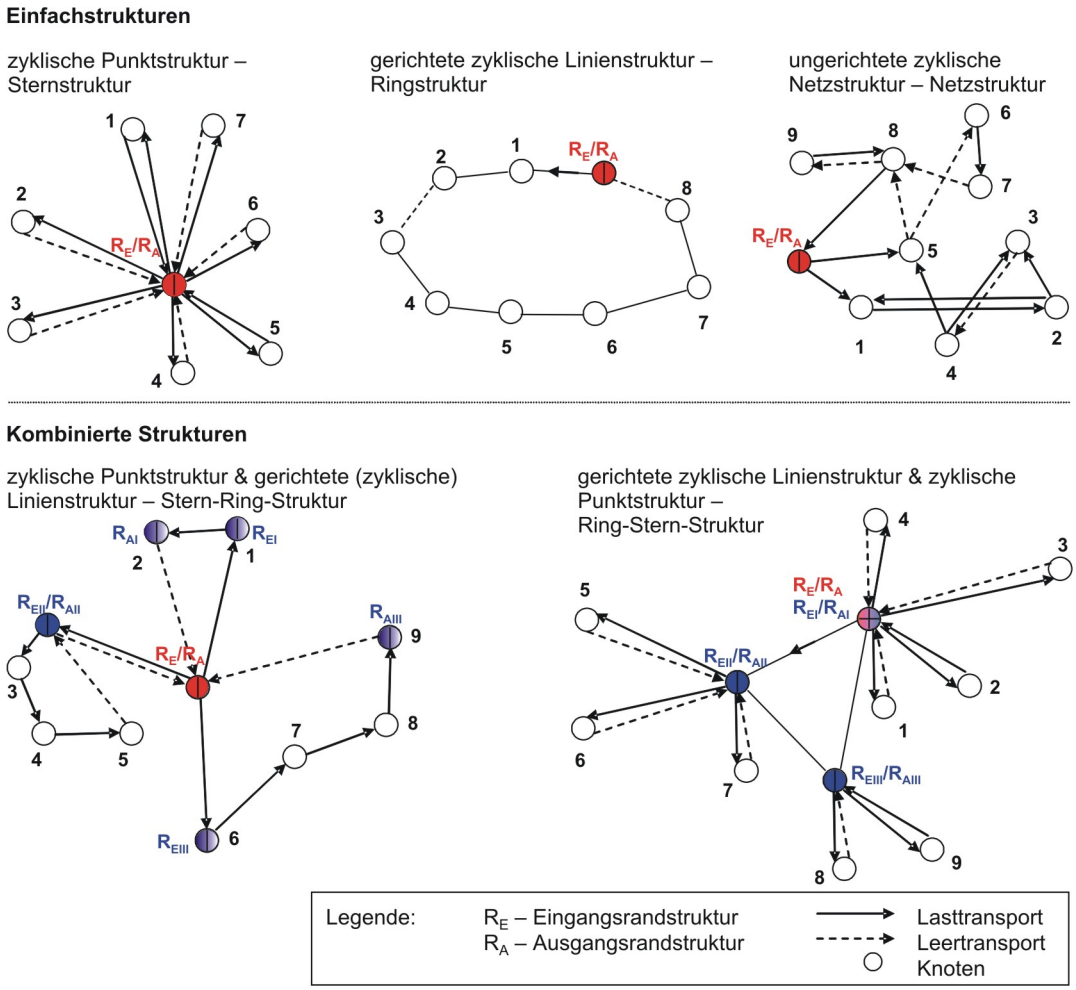


Abbildung 73: Typische Materialflussstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze (vgl. [3], [5])

Mit kombinierten Strukturen wird versucht, unter Beibehaltung der Vorteile die Nachteile der einfachen Strukturen abzumindern. So sind die Stern-Ring- bzw. die Ring-Stern-Struktur Kombinationen aus den Strukturtypen: zyklische Punktstruktur und gerichtete (zyklische) Linienstruktur. (vgl. [3], [5])

Bei der zyklischen Punktstruktur & gerichteten (zyklischen) Linienstruktur – auch Stern-Ring-Struktur genannt – werden ausgehend vom zentralen Knoten je nach Bedarf der Knoten verschiedene geschlossene Touren realisiert. Der Sternknoten könnte ein regionales Güterverkehrszentrum oder das Depot eines Logistikdienstleisters sein und der Konsolidierung oder/und Lagerung dienen. (vgl. [3], [5])

Bei der gerichteten zyklischen Linienstruktur & zyklischen Punktstruktur – auch Ring-Stern-Struktur genannt – werden auf einer geschlossenen Tour mehrere zentralisierende Knoten bedient. Von diesen Knoten (z.B. zentralen Produktionsstätten) werden die einzelnen Knoten (z.B. die in den zentralen Produktionsstätten angesiedelten KPZ) ver- und entsorgt. Die Gestaltung der zentralen Knoten als separate Hubs führt zu einer Erhöhung der Stufigkeit der Logistikstrukturen und ist nur in Ausnahmefällen für kompetenzzellenbasierte Netze zweckmäßig. (vgl. [3], [5])

Die Strukturen korrelieren mit Gestaltungslösungen für die Organisation, also u.a. mit Bestimmungs- und Realisierungsvarianten für die einzelnen Logistikprozesse und Akteure, auf die aber nicht näher eingegangen werden kann. (vgl. [3], [5], [255])

7.3.3 Theoretische Herleitungen

Begleitend zu den experimentellen Untersuchungen lassen sich Gestaltungs- und Vorzugslösungen zu Materialflussstrukturen auch theoretisch herleiten.

7.3.3.1 Herleitung und Ergebnisse

Tabelle 24 zeigt exemplarisch Untersuchungen zur Zielgröße Transportspielanzahl in Abhängigkeit von den Einflussgrößen Bedarfs- und Transportstrukturen sowie Anzahl Struktureinheiten. Angegeben sind Formeln für minimale Transportspielanzahlen (vollkonsolidierte Transporte) und maximale Transportspielanzahlen (unkonsolidierte Transporte) bei Relevanz oder Nicht-Relevanz des Zyklus' zwischen der Ausgangs- und der Eingangsrandstruktur.

Transportspielanzahlen (TSA) in Abhängigkeit von den Bedarfs- und Transportstrukturen sowie der Anzahl Struktureinheiten (n; n≥3)			Transportstruktur					
			(zyklische) Punktstruktur		gerichtete (zyklische) Linienstruktur		ungerichtete (zyklische) Netzstruktur	
			(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)
Bedarfsstruktur (nicht zyklisch)	Punktstruktur	TSA ohne Zyklus	2n	2(2n)	n+1	(n+1)(2n)	n+1	2(2n)
		TSA mit Zyklus	3n	3(2n)	n+2	(n+2)(2n)	n+2	3(2n)
	gerichtete Linienstruktur	TSA ohne Zyklus	2n	4(n-1)	n+1	(n+1)(n-1)	n+1	3(n-1)
		TSA mit Zyklus	3n	6(n-1)	n+2	(n+2)(n-1)	n+2	4(n-1)
	ungerichtete Linienstruktur	TSA ohne Zyklus	4n-2	4(2n-2)	2(n+1)	3/2(n+1)(2n-2)	2n	3(2n-2)
		TSA mit Zyklus	6n-3	6(2n-2)	2(n+2)	3/2(n+2)(2n-2)	2n+1	4(2n-2)
	gerichtete Netzstruktur	TSA ohne Zyklus	2n	$4(n^2-n)/2$	n+1	$(n+1)(n^2-n)/2$	n+1	$3(n^2-n)/2$
		TSA mit Zyklus	3n	$6(n^2-n)/2$	n+2	$(n+2)(n^2-n)/2$	n+2	$4(n^2-n)/2$
	ungerichtete Netzstruktur	TSA ohne Zyklus	4n-2	$4(n^2-n)$	2(n+1)	$3/2(n+1)(n^2-n)$	2n	$3(n^2-n)$
		TSA mit Zyklus	6n-3	$6(n^2-n)$	2(n+2)	$3/2(n+2)(n^2-n)$	2n+1	$4(n^2-n)$

Die Bedarfsstrukturen verstehen sich außer für die Punktstruktur ohne Randstrukturbedarfe, also Bedarfe zwischen den n Struktureinheiten.
Die Transportmittel starten stets in der Eingangsrandstruktur und kehren dorthin zurück.

Tabelle 24: Transportspielanzahlen in Abhängigkeit von den Bedarfs- und Transportstrukturen sowie der Anzahl Struktureinheiten

Abbildung 74 enthält auf Basis dieser Formeln die Transportspielanzahlen in Abhängigkeit von den Bedarfs- und Transportstrukturen bei einer Anzahl von 10 Struktureinheiten.

Transportspielanzahlen (TSA) in Abhängigkeit von den Bedarfs- und Transportstrukturen sowie der Anzahl Struktureinheiten (n): 10			Transportstruktur					
			(zyklische) Punktstruktur (min)	(zyklische) Punktstruktur (max)	gerichtete (zyklische) Linienstruktur (min)	gerichtete (zyklische) Linienstruktur (max)	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur (min)	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur (max)
Bedarfsstruktur (nicht zyklisch)	Punktstruktur	TSA ohne Zyklus	20	40	11	220	11	40
		TSA mit Zyklus	30	60	12	240	12	60
	gerichtete Linienstruktur	TSA ohne Zyklus	20	36	11	99	11	27
		TSA mit Zyklus	30	54	12	108	12	36
	ungerichtete Linienstruktur	TSA ohne Zyklus	38	72	22	297	20	54
		TSA mit Zyklus	57	108	24	324	21	72
	gerichtete Netzstruktur	TSA ohne Zyklus	20	180	11	495	11	135
		TSA mit Zyklus	30	270	12	540	12	180
	ungerichtete Netzstruktur	TSA ohne Zyklus	38	360	22	1485	20	270
		TSA mit Zyklus	57	540	24	1620	21	360

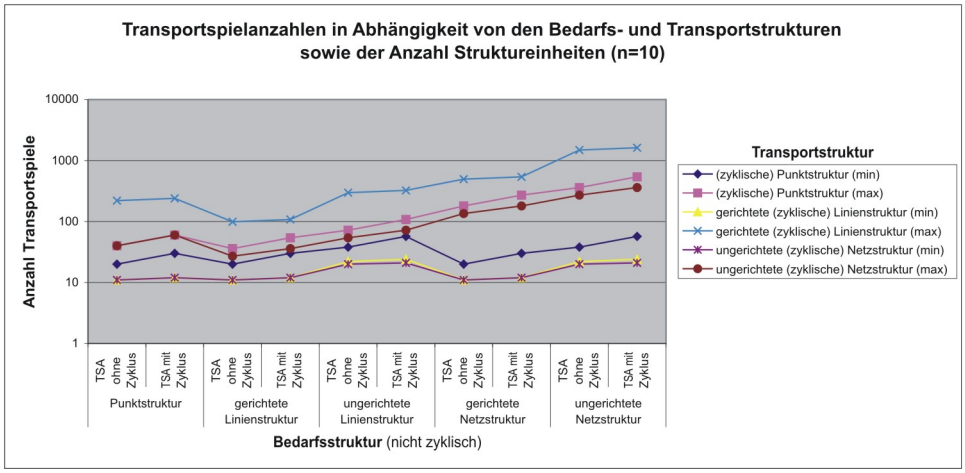


Abbildung 74: Transportspielanzahlen in Abhängigkeit von den Bedarfs- und Transportstrukturen bei einer Anzahl von 10 Struktureinheiten

7.3.3.2 Interpretation

Aus den theoretischen Herleitungen lassen sich folgende Interpretationen ableiten.

Nicht-kontextspezifische Interpretationen

Die Minima der Transportspielanzahlen sind für gerichtete und ungerichtete Bedarfsstrukturen für jede Transportstruktur jeweils gleich.

Die Transportstruktur ungerichtete (zyklische) Netzstruktur erzielt bei den Minima wie auch bei den Maxima unabhängig von den Bedarfsstrukturen (mit) die geringsten Transportspielanzahlen.

Die Minima der Transportstrukturen (zyklische) Punkt- und gerichtete (zyklische) Linienstruktur liegen bei allen Bedarfsstrukturen unter den Maxima der Transportstruktur ungerichtete (zyklische) Netzstruktur.

Bei gerichteten Bedarfsstrukturen gleichen bei den Minima die Transportspielanzahlen der Transportstruktur ungerichtete (zyklische) Netzstruktur denen der gerichteten (zyklischen) Linienstruktur. Bei der Bedarfsstruktur Punktstruktur gleichen bei den Maxima die Transportspielanzahlen der Transportstruktur ungerichtete (zyklische) Netzstruktur denen der (zyklischen) Punktstruktur.

Kontextspezifische Interpretationen – Aussagen für kompetenzzellenbasierte Netze

Lässt sich über mehrere Bedarfzeiträume disponieren, kann die Abhängigkeit der Minima der Transportspielanzahlen der Transportstrukturen von der Gerichtetheit der Bedarfsstrukturen „kompensiert“ werden.

Wird für die Transportstruktur (zyklische) Punktstruktur zugelassen, dass die Transportmittel in den zu den Randstrukturen übrigen Knoten starten und enden können, führt dies zur Unabhängigkeit der Minima der Transportspielanzahlen von den Bedarfsstrukturen, was die (zyklische) Punktstruktur zu einer sehr robusten Transportstruktur macht. Gerade in kompetenzzellenbasierten Netzen sind die Bedarfsstrukturen stark volatil.

Bei gerichteten Bedarfsstrukturen sollte bei relationsbezogenen Bedarfsmengen wesentlich kleiner als die Transportmittelkapazitäten aufgrund der einfacheren Steuerstrategie der gerichteten (zyklischen) Linienstruktur der Vorzug gegenüber der ungerichteten (zyklischen) Netzstruktur gegeben werden.

Die durchweg bei den Minima und Maxima immer mit die geringsten Transportspielanzahlen aufweisende Transportstruktur ungerichtete (zyklische) Netzstruktur beruht auf dem in kompetenzzellenbasierten Netzen schwer umsetzbaren Minimalen Spannbaum.

Die Betrachtungen zu Materialflussstrukturen zeigen auf vielfache Weise, dass die angegebenen Vorzugslösungen untrennbar an die jeweils vorliegenden situationsbeschreibenden Merkmale bzw. wesentlichen Einfluss- und Zielgrößen gebunden sind. Hierdurch wird *Hypothese 7* exemplarisch beschränkt verifiziert.

Hypothese 8 kann nur exemplarisch beschränkt verifiziert werden. Für eine Gleichberechtigung der Strukturtypen spricht, dass durch Variation der Eingangsgrößen alle Strukturtypen zu Vorzugslösungen werden können. Die positive Korrelation von elementaren Struktureinheiten mit „reinen“ Strukturtypen und von komplexeren Struktureinheiten mit Strukturtypkombinationen lässt sich hierüber begründen, dass tendenziell mit der Ausdehnung der räumlichen und mengenmäßigen Strukturen bezüglich der Struktureinheiten sich ein Übergang von „reinen“ Strukturtypen zu Strukturtypkombinationen vollzieht, um u.a. Bündelungseffekte zu erzielen und um die Struktureinheiten angemessen betreiben zu können. Demzufolge spricht die räumlich regionale Begrenzung kompetenzzellenbasierter Netze der Einzel- und Kleinserienfertigung für eher einfachere, geringstufigere Strukturen gegenüber überregionalen Netzen der Serien- und Massenfertigung, da die große Menge an Struktureinheiten, was eher für komplexe, mehrstufige Strukturen spricht, beiden Netzen zuteil wird.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

8.1 Zusammenfassung

Kompetenzzellenbasierte Netze liefern für die Unternehmensform des 21. Jahrhunderts einen originären Ansatz. Dieser zeigt Kooperationen von Klein- und Kleinstunternehmen, welche eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung besitzen, eine viel versprechende Perspektive und Entwicklungsrichtung auf.

Kompetenzzellenbasierte Netze stellen besondere Anforderungen an die Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen und Produktionsstätten.

Insofern wurden auf Basistheorien, -modellen, -konzepten und -methoden (z.B. Systemtheorie, Graphentheorie) beruhende geeignete Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini erarbeitet, welche den Untersuchungsgegenstand beschreibbar, modellierbar und damit fassbar, planbar und gestaltbar machen (Objekt- und Methodenbereich). Hierauf aufbauend wurde mit der Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung eine Methode konzipiert, die nicht nur speziell den Anforderungen, welche an eine Logistikstrukturplanung kompetenzzellenbasierter Netze gestellt werden, gerecht werden soll, sondern die darüber hinaus auch allgemein zur Strukturierung von Produktionssystemen angewandt werden kann (Methodenbereich). Bei der Konzeption der Methode lag besonderes Augenmerk darauf, dass eine integrative Behandlung von Problemstellungen bezüglich der Logistikstrukturen und Produktionsstätten stattfinden kann. Aufbauend auf dieser Grundkonzeption erfolgte die Ausgestaltung, Umsetzung, Eignungsnachweiserbringung sowie Anwendung der Methode für Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, um vorzugsweise einzusetzende Gestaltungslösungen zu konstruieren (Objektbereich).

Verbunden mit diesen Ergebnissen wurden folgende weitere erzielt:

- Vor dem Hintergrund des prognostizierten Anstiegs der logistischen Aufwände wurde durch Aufzeigen erschließbarer signifikanter Synergiepotenziale u.a. in Form von Bündelungs- und Konsolidierungsoptionen ein für den Nachweis der Tragfähigkeit des kompetenzzellenbasierten Ansatzes wichtiger Beitrag aus logistischer Sicht erbracht.
- Mit den entwickelten Lösungen zur Modellierung, Planung und Gestaltung werden Kompetenzzellen befähigt und unterstützt, kompetenzzellenbasierte Netze im Allgemeinen und deren Logistikstrukturen im Speziellen zu bilden sowie nachhaltig zu erhalten und weiterzuentwickeln.
- Für die in regionalen Produktions- und Logistiknetzen angesiedelten KMU werden sofort praktisch anwendbare Logistikstrukturlösungen bereitgehalten.
- Letztlich können die gewonnen Erkenntnisse ihren Beitrag zu einer Strukturierungstheorie und zu einem geschlossenen theoretisch-konzeptionellen Bezugsrahmen für produktionslogistische Strukturen erbringen.

Modellierung

Ergänzend zu Basistheorien, -modellen, -konzepten und -methoden wurden ein aus dem Modellierungsparadigma Sichtenkonzept und dem Metamodell des soziotechnischen Systems entworfener Beschreibungsrahmen (u.a. Element-, Struktur- und Systemarten zur Generierung eines generischen Beschreibungsvorrates) sowie Begriffsdefinitionen u.a. zu Logistik, Struktur und Logistikstruktur als weiterführende Beschreibungskonzepte, Modelle und Termini entwickelt. Zu für den Kontext prädestinierten Modellen und Repräsentanten (3-Ebenen-Modell und Strukturtypen) wurden Assoziationen hergestellt.

Der theoretisch-beschreibungskonzeptionelle Bezugsrahmen vereinigt wichtige Beschreibungskategorien von für die konzeptionelle Modellierung maßgeblich relevanten Theorien und Modellierungsparadigmen. Weitere Forschungsansätze und -arbeiten wie der MTO-Ansatz [347] oder der IMP-Netzwerkansatz [147] können die gewonnene Modellvorstellung bestätigen und belegen damit die kontextbreite prinzipielle Anwendbarkeit des Beschreibungsvorrates.

Eine Auseinandersetzung mit dem zentralen Begriff Logistikstruktur, verbunden mit der Erarbeitung einer bisher defizitären Definition, diente der Klärung der existierenden heterogenen Begriffsauffassungen sowie einer Konkretisierung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes der Logistikstrukturen.

Mittels der Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur können einerseits alle Flusssystemstrukturen produktionslogistischer Systeme analysiert und dekomponiert sowie andererseits komplexere Flusssystemstrukturen synthetisiert und komponiert werden. Diese Strukturtypen besitzen als Grundgestalten – als elementare Strukturen für Flusssysteme – Allgemeingültigkeit und damit ein Anwendungsprimat.

Die erzielten Ergebnisse erbringen einen Beitrag zu einer Beschreibungs-, Modellierungs- und Begriffs(deutungs)konvention für die produktionslogistische Domäne.

Planung

Für die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze wird mit der Methode der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung (IPSS) den Kompetenzzellen eine objektbereichsadäquate, für vielfältige typische Planungsfälle (mit Strukturierungsproblemstellungen) nutzbare Planungsmethode angeboten. Für die Konzeption der gleichermaßen allgemein zur Strukturierung von Produktions- und Logistiksystemen anwendbaren Methode war, aufbauend auf den Beschreibungskonzepten, Modellen und Termini, die harmonische Integrität zu den übergeordneten Konzepten wie Systems Engineering bzw. PlaNet zu berücksichtigen. Folgerichtig wurde das Methodenkonzept aus diesen heraus entwickelt.

Der Beschreibungsvorrat der IPSS erweist sich für eine konzeptionelle, generische Darstellung des Objekt- und Methodenbereiches innerhalb der Produktionssystem-/ Fabrikplanung, Logistikplanung und PPS/SCM als gut anwendbar, da viele interessierende Aspekte der Planung produktionslogistischer soziotechnischer Systeme

angesprochen werden können. Insgesamt wird damit in einer bisher nicht vorzufindenden Form systematisch mit Planungsprozessen umgangen.

Den Kern des Methodenkonzeptes der IPSS bilden 30 sogenannte Grobfunktionen („grobe“ Planungsschritte). Diese wurden durch Kombinationen von für die Beschreibung soziotechnischer Systeme fundamentalen Element- und Strukturarten gewonnen. Aus den Grobfunktionen können zugeschnitten auf den vorliegenden Planungsfall Planungsprozesse generiert und ausgestaltet werden. Für die Generierung und Ausgestaltung der Planungsprozesse wurde als Bestandteil der IPSS eine Strukturierungsbibliothek, welche u.a. Strukturierungsprinzipien, Strukturierungsvorgehensweisen und -methoden, Strukturierungsoptionen und strukturierungsrelevante Repräsentanten umfasst, entwickelt und in ARIS prototypisch umgesetzt.

Das Methodenkonzept der IPSS ermöglicht eine Synthese und Analyse von Strukturierungsprozessen und -maßnahmen auf einerseits relativ abstraktem, andererseits dennoch gut handhabbarem Niveau. Lösungssynthese und -analyse sind über die Phasen Vor-, Haupt- und Detailstudie hinweg auch diejenigen Schritte im Problemlösungszyklus des SysEng, die hauptsächlich durch die Methode unterstützt werden.

Durch die kaskadierende Bestimmung zunächst des Planungsprozesses und erst anschließend des eigentlich zu planenden Systems wird in besonderem Maße der für die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze benötigten Flexibilität, Transparenz und Rationalität Rechnung getragen.

Das Methodenkonzept der IPSS genügt folgenden methodischen Ansätzen: 1. konsequente Modellbasierung, 2. „(Ver-)Mittler“ zwischen allgemeinen und spezifischen Methodiken, 3. flexibler Planungsprozess und 4. Aufbereitung strukturierungsrelevanten Contents unter besonderer Verwendung von Strukturtypen als Strukturgrundgestalten.

Gestaltung

Unterstützt durch die IPSS wurden Gestaltungs- und Vorzugslösungen fokussierend auf die Strukturen des Materialflusssystems als einem dominierendem Flusssystem in regionalen kompetenzzellenbasierten Netzen gewonnen. Die Grundidee der Ableitung von Vorzugs- und Gestaltungslösungen lag dabei darin, ein homogenes, repräsentatives Spektrum an Szenarien und Varianten mittels des 3-Ebenen-Modells (Layer: Bedarfs-, Transport-, Infrastruktur) sowie mittels der Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur kombinatorisch zu erzeugen.

Für die im Besonderen interessierenden Transportstrukturen existieren keine generellen Vorzugslösungen. In Abhängigkeit von den jeweils gegebenen Bedarfs- und Infrastrukturen, Randbedingungen sowie der Wichtung der Zielgrößen (Kosten, Zeiten, Auslastung Transportmittel usw.) ist jeweils anderen Transportstrukturen der Vorzug zu geben.

Die getätigten Gestaltungsaussagen sind geeignet, die teils existierenden widersprüchlichen Aussagen zu regionalen Materialflussstrukturen aufzulösen.

Hypothesenprüfung

Die Hypothesenprüfung ergab die in Tabelle 25 zusammengefassten Ergebnisse.

Hypothese	Prüfung anhand …	Prüfungsergebnis
Hypothese 1	a) Vergleich mit bestehenden theoretischen Ansätzen	Verifikation (exemplarisch)
	b) Sinnfälligkeit Einfachkombinationen	Verifikation (exemplarisch)
	c) Projektion von strukturierungsrelevantem Content auf Beschreibungsvorrat der IPSS	Verifikation (exemplarisch)
	d) Support Konkretisierung und Abgrenzung Untersuchungsgegenstand	Verifikation (exemplarisch)
	e) Betrachtungen zu Szenarien und Varianten sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen	Verifikation (exemplarisch)
Hypothese 2	a) Assoziationen Beschreibungsvorrat – Modelle, Repräsentanten	Verifikation (exemplarisch)
	b) Betrachtungen zu Szenarien und Varianten sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen	Verifikation (exemplarisch)
Hypothese 3	a) Erklärung über Belegung Verbindungsmatrix und generelle Rückführbarkeit	Verifikation (vollständig)
	b) Rückführung existierender Strukturen	Verifikation (exemplarisch)
	c) Betrachtungen zu Szenarien und Varianten sowie Gestaltungs- und Vorzugslösungen	Verifikation (exemplarisch)
Hypothese 4	Analyse und Synthese von Vorgehensweisen	Verifikation (exemplarisch)
Hypothese 5	a) Erklärung über Korrelationen zwischen Grobfunktionen und Beschreibungskonstrukten	Verifikation (exemplarisch, beschränkt)
	b) Erklärung über Bestimmtheitsgrade, Grobfunktionen und deren Vorgehensweisen	Verifikation (vollständig)
Hypothese 6	Auffindbarkeit von Abhängigkeiten für eine Planungsprozessgenerierung;	Verifikation (vollständig)
	Entwickelbarkeit schwacher Regeln;	Verifikation (vollständig)
	Nichtformulierbarkeit starker Regeln	weder Verifikation noch Falsifikation
Hypothese 7	a) Erklärung über Zielgrößen	Verifikation (vollständig)
	b) Szenarienuntersuchungen	Verifikation (exemplarisch, beschränkt)
Hypothese 8	Szenarienuntersuchungen in Verbindung mit Erklärung über Korrelationen	Verifikation (exemplarisch, beschränkt)

Tabelle 25: Zusammenstellung der Hypothesenprüfung und Prüfungsergebnis

Die Hypothesen 1, 2, 4 und 8 konnten lediglich exemplarisch verifiziert werden. Hingegen gelang bei den Hypothesen 3, 5 und 7 über jeweils ein „Prüfverfahren“ mit logischer Herleitung auch eine vollständige Verifikation. Hypothese 6 konnte nur partiell verifiziert werden, die Nichtformulierbarkeit starker Regeln konnte weder verifiziert nach falsifiziert werden.

Mit den Hypothesenprüfungen werden wesentliche Grundannahmen der inhaltlichen Ausarbeitungen gestützt.

8.2 Ausblick

Die erzielten Ergebnisse zur Modellierung, Planung und Gestaltung sind theoretisch weiter zu vertiefen wie auch praktisch einer verstärkten Verwendung zuzuführen.

Modellierung

Der theoretisch-beschreibungskonzeptionelle Bezugsrahmen ist dahingehend kritisch auf Erweiterungen zu prüfen, inwieweit eine Abbildung von Ereignissen und Zuständen besser als bisher (derzeit nur über Beschreibungskonstrukteigenschaften) unterstützt werden sollte.

Für die Strukturtypen, besonders die Netzstruktur, bleibt zu klären, inwieweit eine weitere Typdifferenzierung über Zusatzmerkmale möglich ist.

Obwohl Original-/Bildbereichstransformationen für die Analyse und Synthese von Logistikstrukturen (vgl. u.a. Zustandsmodelle [350]) nicht neu sind, besteht noch Forschungsbedarf u.a. für Zustandsmodellverwendungen für aus Strukturtypen aufgebaute Materialflussstrukturen.

Nicht selten zeigt sich das Phänomen des fließenden Übergangs von Element- oder Strukturarten ineinander, sodass die Systemtheorie zu hinterfragen sein wird.

Planung

Für die Weiterentwicklung des Methodenkonzeptes der Integrativen Prozess- und Systemstrukturierung lassen sich mehrere Forschungsschwerpunkte angeben.

Einen ersten Schwerpunkt sollten umfängliche Methodenanwendungen in den erschlossenen Domänen sowie Prüfungen der Übertrag- und Anwendbarkeit der Methode auf angrenzende Domänen wie dem Projektmanagement bilden.

Ein zweiter Schwerpunkt sind intensive Untersuchungen zur Integration und Kopplung von Vorgehensweisen, Methoden und Funktionen. In diesem Zusammenhang ist auch zu klären, inwieweit die Methode der IPSS selbst mit anderen Methoden, beispielsweise der Bausteinbasierten Planung, gekoppelt werden kann.

Ein dritter Schwerpunkt muss dem Erkenntnisgewinn über Wirkzusammenhänge innerhalb des strukturierungsrelevanten Contents gelten. Hierzu zählen breite Untersuchungen zu Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von Grobfunktionen innerhalb projizierter Vorgehensweisen und Methoden.

Ein vierter Schwerpunkt gilt der extensiven Ausarbeitung des Methodenregelwerks:

- Finden von Vorschriften, die ein angemessenes Content-Abstraktionsniveau festlegen sowie den Interpretations- und Ermessensspielraum bei Projektionen einschränken, um diese damit eindeutig und reproduzierbar zu machen
- Suche nach unterstützenden Suchstrategien und -verfahren sowie starken Regeln zur Grobfunktions-Vorgehensweisengenerierung

Ein fünfter Schwerpunkt umfasst Untersuchungen zu anderen Abstraktionsniveaus von Grobfunktionen oder generell anderen (Grob-)Funktionsgliederungen.

Ein sechster Schwerpunkt ist der Präzisierung typischer Planungsfälle der Strukturierung und der Bereitstellung zugehöriger Vorgehensweisen vorbehalten.

Gestaltung

Die bisherigen Untersuchungen einfacher Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze sind auf Untersuchungen komplexerer Logistikstrukturen (Kombinationen von Einfachstrukturen) auszudehnen. Als weiterzuverfolgende Grundidee bietet sich die Erzeugung eines homogenen, breiten Szenariospektrums durch Kombination von Ebenenmodellen mit strukturellen Grundgestalten als Repräsentanten an.

Als weitere Grundidee bieten sich in Analogie zu Untersuchungen von Standardfertigungssystemen Untersuchungen von Standardlogistiksystemen an. Diese versuchen, das Dilemma der unzähligen Strukturvarianten zu vermeiden, lassen eine differenziertere Typung der Strukturen zu und zeigen in Folge eines hohen Maßes uniformer Eigenschaften voraussagbare Reaktionen. Intensive Untersuchungen von Standardfertigungssystemen, deren Aufbau und Verhalten noch nicht abschließend erforscht erscheint, und nunmehr Standardlogistiksystemen, versprechen weiteren Erkenntnisgewinn hin zu einer Strukturierungstheorie. (vgl. [106], [267])

Das Verhalten der Strukturtypen, vor allem aber das Verhalten aus Strukturtypen aufgebauter komplexerer Strukturen, scheint nicht erschöpfend erforscht. Bei Kenntnis des Strukturtypverhaltens (Wirkmechanismen von Eingangs- und Ausgangsgrößen) unter den jeweiligen Randbedingungen könnte das gewünschte Strukturverhalten durch gezielte Strukturtypwahl und durch Einstellen der zugehörigen Größen (z.B. Anzahl Struktureinheiten) herbeigeführt werden. Könnte zudem aus dem Verhalten der Strukturtypen auch auf das Verhalten deren Kombinationen zu komplexeren Strukturen geschlossen werden, ergäben sich zusätzliche Gestaltungshinweise und Optionen für feingranularere Verhaltenseinstellungen.

In die Findung von Gestaltungs- und Vorzugslösungen sind, ergänzend zur analytischen und simulativen Variantengenerierung und -auswahl, verstärkt Optimierungsmethoden einzubeziehen. Für regionale kompetenzzellenbasierte Netze symptomatische Netzstufigkeits-, Standort- oder Tourenplanungsprobleme sind näher zu untersuchen.

Gestaltungs- und Vorzugslösungen sind nicht nur für das Materialflusssystem, sondern auch für andere Flusssysteme zu entwickeln. Weitere Entwicklungsrichtungen betreffen die Operative Logistik und die logistische Organisation in kompetenzzellenbasierten Netzen. Für die Operative Logistik bietet sich u.a. eine automatisierte Vorgehensweise zur Allokation logistischer Leistungen, Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten an (vgl. u.a. [255]). Für die Organisation, die Konzeptionierung logistikrelevanter Akteure und Rollen sowohl für die planende als auch für die realisierende Logistik, bieten sich u.a. Analogiebetrachtungen zum xPL-Konzept und anderen etablierten LDL-Gliederungen oder die Einbeziehung von Rollenkonzepten (u.a. Dynamisches Rollenkonzept [21]) und Konzepten der Funktions(de)zentralisierung an.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] 4flow: Handbuch 4flow vista – Release 1.8. Berlin, 2004

[2] Ackermann, J.: Gestaltungsansätze für Schnittstellen zur direkten Vernetzung von Kompetenzen. In: Teich, T. (Hrsg.): Hierarchielose regionale Produktionsnetzwerke. GUC-Verlag, Chemnitz, 2001, S. 272-287

[3] Ackermann, J.; Müller, E.: Modelling, Planning and Design of Logistics Structures of regional Competence-cell-based Networks with Structure Types. In: Lewis, H.; Gaughran, B.; Burke, S.; Sullivan, W. G.; Ahmad, M. (eds.): Proceedings of the 16th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing – FAIM 2006. Intelligent Manufacturing Now. Volume 2, University of Limerick, Ireland, June 26-28, 2006, pp. 957-964

[4] Ackermann, J.; Näser, P.; Horbach, S.; Müller, E.: Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze. Konzeption einer Methode zur Planung. In: wt Werkstattstechnik (online) 95 (2005) 4, S. 254-258

[5] Ackermann, J.; Näser, P.; Müller, E.: Gestaltungslösungen für Logistikstrukturen und Produktionsstätten in kompetenzzellenbasierten Netzen. In: Vernetzt planen und produzieren – VPP2004. Tagungsband, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Sonderheft 8, TU Chemnitz, 27.-28.09.2004, S. 224-233

[6] Aggteleky, B.: Fabrikplanung. Band 1-3. Hanser-Verlag, München, 1990

[7] Akkermans, H.: Aufbau einer europaweiten Logistik-Struktur für ein lebenswichtiges Medikament. In: Logistik im Unternehmen 9 (1995) 3, S. 87-89

[8] Albayrak, S.; Wieczorek, D.; Kirsch, D.: Intelligente Agenten in der Fertigungsautomatisierung. In: Industrie Management 14 (1998) 3, S. 62-64

[9] Alfaplan: CATRIN. http://www.alfaplan.de, 02.09.2006

[10] Alicke, K.: Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken. Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management. Habilitation, Springer-Verlag, Berlin, 2003

[11] Alt, R.: Interorganisationssysteme in der Logistik. Interaktionsorientierte Gestaltung von Koordinationsinstrumenten. Dissertation, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1997

[12] Arnold, D.: Materialflusslehre. Verlag Vieweg, Braunschweig, 1995

[13] Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2002

[14] Arnold, J.; Förster, A.; Gäse, T. u.a.: Integrative modulare Produktionssystemplanung. Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Heft 35, TU Chemnitz, 2003

[15] Arnold, J.; Fröhner, A.: SiDiS^{GA} – Simultane Dimensionierung und Strukturierung mit Genetischen Algorithmen: Neue Wege zur Projektierung von Teileflusssystemen in KMU. Forschungsbericht, TU Chemnitz, 2000

[16] Autodesk: AutoCAD. http://www.autodesk.de/adsk/servlet/index?siteID=403786&id=6693404, 02.09.2006

[17] Bauer, A.: Lagermodellierung für logistische Netze. Das „modulare Knotenmodell“ als Konzept zur dynamischen Abbildung von Lagern in Netzen. Dissertation, Edition Logistik, Band 4, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg, 2002

[18] Bauer, M.: Prozeßorientierte Beschaffungslogistik an Beispielen der Automobilfertigung. Dissertation, Verlag Lang, Frankfurt a.M., 1998

[19] Baum, H.; Dammann, U.: Konzeption einer Zwei-Ebenen-Kooperation. In: Teich, T. (Hrsg.): Hierarchielose regionale Produktionsnetzwerke. GUC-Verlag, Chemnitz, 2001, S. 51-72

[20] Baum, H.; Dammann, U.; Hübsch, S.: Morphologie von Kooperationen. In: Teich, T. (Hrsg.): Hierarchielose regionale Produktionsnetzwerke. GUC-Verlag, Chemnitz, 2001, S. 21-50

[21] Baum, H.; Schütze, J.: GIM: Konzept für ein prozessorientiertes Kooperationsassistenz-system. In: Vernetzt planen und produzieren – VPP2006. Tagungsband, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Sonderheft 12, TU Chemnitz, 14.-15.09.2006, S. 58-65

[22] Baumgarten, H.: Internationale Logistikdimensionen. In: Jahrbuch der Logistik 1990. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 1990, S. 30-33

[23] Baumgarten, H.; Ihde, G. B.: Just-in-Time. Philosophie, Grundlagen, Wirtschaftlichkeit. Huss-Verlag, München, 1990

[24] Baumgarten, H.; Walter, S.: Trends und Strategien in der Logistik 2000+. TU Berlin, 2000

[25] Baumgarten, H.; Zadek, H.: Netzwerksteuerung durch Fourth-Party-Logistics-Provider (4PL). In: Jahrbuch der Logistik 2002. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 2002, S. 14-20

[26] Bechte, W.: Steuerung der Durchlaufzeit durch belastungsorientierte Auftragsfreigabe bei Werkstattfertigung. Dissertation, Fortschrittberichte VDI Reihe 2, Betriebstechnik 70, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1984

[27] Becker, F. G.: Grundlagen betrieblicher Leistungsbeurteilungen. Leistungsverständnis und -prinzip, Beurteilungsproblematik und Verfahrensproblem. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1998

[28] Becker, J.; Knackstedt, R. (Hrsg.): Referenzmodellierung 2002. Methoden – Modelle – Erfahrungen. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Arbeitsbericht Nr. 90, August 2002

[29] Becker, J.; Rosemann, M.: Design for Logistics – Ein Beispiel für die logistikgerechte Gestaltung des Computer Integrated Manufacturing. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Arbeitsbericht Nr. 18, Juli 1993

[30] Beckmann, H.: Prozessketten in der Logistik. http://www.logistics.de/logistics/distribution.nsf/A53DC03E12AC67AEC1256DB2002F25FB/$File/pk-modellierung%20in%20der%20distribution.pdf, 24.01.2004

[31] Beckmann, H.: Theorie einer evolutionären Logistik-Planung. Basiskonzepte der Unter-nehmensentwicklung in Zeiten zunehmender Turbulenz unter Berücksichtigung des Prototypingansatzes. Dissertation, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1996

[32] Beckmann, H.; Schmidt, A.: Prozeßkettenmanagement – Instrumentarium zur Gestaltung und Führung wandlungsfähiger Organisationen. In: Materialfluß und Logistik. Logistik Hochburg Dortmund. Sonderpublikation, Henrich Publikationen GmbH, Frankfurt a.M., 1996, S. 18-22

[33] Beer, S.: Kybernetische Führungslehre. Verlag Herder&Herder, Frankfurt a.M., New York, 1973

[34] Bendixen, P.: Die Leistungserstellung der Güterverkehrsbetriebe. Dissertation, Hamburg, 1966

[35] Berg, C. C.: City-Logistik. Das Münchener Modell. In: Schriftenreihe Verkehr und Logistik. ILV – Institut für Logistik und Verkehrsmanagement GmbH, Ottobrunn, 1999

[36] Bernreuther, M.: Kürzester-Weg-Suche mit dem Dijkstra-Algorithmus. http://www.uni-stuttgart.de/iv-kib/, 29.09.2006

[37] Bertalanffy v., L.: General System Theory. Foundations, Developments, Applications. Publisher George Braziller, New York, 1968

[38] Bissel, D.: Beitrag zur prozeßorientierten Planung dynamischer Fabriksysteme. Dissertation, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1997

[39] Blume Förderanlagen: Befördern auf flexiblen Bahnen. Scheren-Rollenbahnen und Röllchen-bahnen. http://www.blume-rollen.de/produkt4.htm, 13.02.2006

[40] Boehm, B.W.: A Spiral Model of Software Development and Enhancement. IEEE Computer, Vol. 21, Issue 5, Mai 1988, pp. 61-72

[41] Bokranz, R.; Kasten, L.: Organisations-Management in Dienstleistung und Verwaltung. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2001

[42] Borg, J.: Logistic activities from macro-logistic perspective – Four papers. Linköping Studies in Science and Technology, Thesis No 347, 1995, http://infoweb.unit.liu.se/perl/eki/logistik/publ/borg_1995_abstract, 02.07.2003

[43] Borrmann, A.; Rätzmann, M.; Sauer, J.; Matèrne, J.; Landgrebe, G.: Rational Rose und UML. Galileo Press, Bonn, 2002

[44] Bosch Rexroth: Manuelle Produktionssysteme. Katalogausgabe 1.01, Stuttgart, 2005

[45] Bott, A.: Konzeption eines strategischen Instrumentes zur Gestaltung effizienter Kooperationen in Unternehmensnetzwerken auf der Basis von Logistikkompetenz. Dissertation, TU Berlin, 2000

[46] Bracht, U.; Bierwirth, T.: Virtuelle Logistikplanung. Methoden und Modelle zur Abbildung und Bewertung logistischer Prozesse im Rahmen der Digitalen Fabrik. In: ZWF 98 (2003) 5, S. 219-223

[47] Brockhaus Duden Neue Medien: xipolis.net - Ihre Online-Bibliothek des Wissens. http://www.iicm.edu/ref.m10, 04.06.2003

[48] Brockhoff, K.; Hauschildt, J.: Schnittstellen-Management – Koordination ohne Hierarchie. In: zfo 62 (1993) 6, S. 396-403

[49] Bruns, A. D.: Zweistufige Standortplanung unter Berücksichtigung von Tourenplanungs-aspekten. Primale Heuristiken und lokale Suchverfahren. Dissertation, Universität St. Gallen, 1998

[50] Buchmann, R.: Logistik-Schnittstellen richtig managen. Schnittstellen-Fallen beseitigen. In: Zeitschrift für Logistik 16 (1995) 5/6, S. 5-11

[51] Buse, H. P.: Wandelbarkeit in Produktionsnetzen. Auswirkungen auf die Gestaltung des interorganisatorischen Logistiksystems. In: Dangelmaier, W. (Hrsg.): VISION LOGISTIK – Logistik wandelbarer Produktionsnetze. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 31, HNI Paderborn, 1997, S. 71-140

[52] Buxmann, P.: Standardisierung betrieblicher Informationssysteme. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1995

[53] Camarinha-Matos, L. M.; Afsarmanesh, H.; Ollus, M. (eds.): Virtual Organizations – Systems and Practises. Springer-Verlag, New York, 2005

[54] Churchman E. W.; Ackoff, R. L.; Arnoff, L.: Operations Research. Verlag Oldenburg, Wien, München, 1966

[55] CIM-OSA: Reference Architecture Specification. AD 1.0. ESPRIT-AMICE-Consortium, Brüssel, 1991

[56] Cisek, R.; Habicht, C.; Neise, P.: Gestaltung wandlungsfähiger Produktionssysteme. In: ZWF 97 (2002) 9, S. 441-445

[57] CLM: Logistics Definition. http://www.clm1.org/about/purpose.asp#mission, 25.10.2001

[58] COBTEC – Collaborative Business Networks and Technology Platforms. Research and development program 2003-2007. http://www.vtt.fi/cobtec/files/cobtec_brochure_web.pdf, 12.07.2005

[59] Craiss, M.: Supply Chain Management aus Sicht eines Logistikdienstleisters. In: Erfolgreiche Lösungen in der Automobilindustrie. Supply Chain Management in der Praxis. Tagungsband, Fraunhofer IPA Seminar F77, Stuttgart, 18.02.2002

[60] Crostack, H.-A. et al.: Sonderforschungsbereich 696: Forderungsgerechte Auslegung von intralogistischen Systemen – Logistics on Demand. Finanzierungsantrag 2006/2, 2007, 2008, 2009, 2010/1. Universität Dortmund, 2006

[61] Daganzo, C. F.: A Theory of Supply Chains. Springer-Verlag, Berlin, 2003

[62] Daganzo, C.F.: The Break-bulk role of terminals in many-to-many logistics networks. In Operations Research 35 (1987) 4, S. 543-555

[63] Dangelmaier, W.; Warnecke, H.-J.: Fertigungslenkung. Springer-Verlag, Berlin, 1997

[64] Delfmann, W.: Logistik. In: Corsten, H.; Reiß, M. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensführung. Konzepte, Instrumente, Schnittstellen. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1995, S. 505-517

[65] Delfmann, W.; Nikolova, N.: Strategische Entwicklung der Logistik-Dienstleistungsunternehmen – Auf dem Weg zum X-PL? In: Wirtschaftssymposium Logistik der BVL 2002. Tagungsband, Magdeburg, 26.-27.06.2002, Huss-Verlag, München, S. 421-435

[66] DELPHI '98 Umfrage: Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. FhG-ISI im Auftrag des BMBF, Symbolog GmbH, Bad Homburg, 1998

[67] Den Hengst, M.; Landsman, R.; Lohman, F.; Van Duin, R.; Boer, E.: Simulation to Design the Logistic Structure for the Building Industry. Delft University of Technology, www.tbm.tudelft.nl/webstaf/mariellb/Publicaties/HMS2001_8.pdf, 07.07.2003

[68] Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.): DIN 19226 – Leittechnik; Regelungstechnik und Steuerungstechnik. Beuth-Verlag, Berlin, 1994

[69] Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.): DIN 69900 Teil 1 – Netzplantechnik. Begriffe. Beuth-Verlag, Berlin, 1987

[70] Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.): DIN 69901 – Projektmanagement. Begriffe. Beuth-Verlag, Berlin, 1987

[71] Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.): DIN EN ISO 9000 – Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe. Beuth-Verlag, Berlin, 2000

[72] Dolezalek, C.M.; Warnecke, H.J.: Planung von Fabrikanlagen. Springer-Verlag, Berlin, 1981

[73] Dombrowski, U.; Tiedemann, H.: Wissensmanagement in der Fabrikplanung. In wt Werkstattstechnik (online) 94 (2004) 4, S. 137-140

[74] Domschke, W.; Drexl, A.: Einführung in Operations Research. Springer-Verlag, Berlin, 2005

[75] Domschke, W.; Drexl, A.: Logistik: Standorte. Oldenbourg-Verlag, München, Wien,1996

[76] Domschke, W.; Scholl, A.; Voß, S.: Produktionsplanung. Ablauforganisatorische Aspekte. Springer-Verlag, Berlin, 1997

[77] Dürrschmidt, S.: Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion. Dissertation, Herbert Utz Verlag, München, 2001

[78] Dürrschmidt, S.; Dohmen, W.: Wandlungsfähig im Layout: Schnittstellenplanung. In: Logistik Heute 19 (1997) 11, S. 61-63

[79] Eberhart, C.: Logistik im Wandel. In: io Management 65 (1996) 3, S. 51-55

[80] Ebner, G.: Controlling komplexer Logistiknetzwerke. Dissertation, Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik (GVB), Nürnberg, 1997

[81] Eisenkopf, A.: Fourth Party Logistics (4PL) – Fata Morgana oder Logistikkonzept von Morgen? In: Wirtschaftssymposium Logistik der BVL 2002. Tagungsband, Magdeburg, 26.-27.06.2002, Huss-Verlag, München, S. 407-419

[82] Elgass, P.; Krcmar, H.: Computergestützte Geschäftsprozessplanung. Papierlose Beratung. In: Information Management 8 (1993) 1, S. 42-49

[83] Ellis, J.; Williams, D.: International business strategy. Pitman Publishing, London, 1995

[84] Enderlein, H. et al.: Sonderforschungsbereich 457: Hierarchielose regionale Produktionsnetze. Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien. Arbeits- und Ergebnisbericht 2000, 2001, 2002. TU Chemnitz, 2002

[85] Enderlein, H. et al.: Sonderforschungsbereich 457: Hierarchielose regionale Produktionsnetze. Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien. Finanzierungsantrag 2003, 2004, 2005. TU Chemnitz, 2002

[86] Enderlein, H.; Baum, H.; Ackermann, J.: Hierarchielose regionale Produktionsnetze. In: Baumgarten, H.; Wiendahl, H.-P.; Zentes, J. (Hrsg.): Logistik-Management: Strategien – Konzepte – Praxisbeispiele. Springer Experten System. Springer-Verlag, Berlin, 2003, Kap. 7|02|03|02

[87] Engel, A.: Beyond CIM: Bionic Manufacturing Systems in Japan. In: IEEE Expert, 1990, pp. 79-81

[88] Ernst, E. E.: Wohin mit dem Supply Chain Manager? In: LOGISTIK inside (2006) 3, S. 60-63

[89] Erpenbeck, J.: Kompetenzentwicklung als Forschungsfrage. In: QUEM-Bulletin (1998) 2/3, S. 18-23

[90] European Round Table: Logistics and Transport in Europe – Final Report of the 9. ERT Youth Conference. Knutsford, 1990

[91] Eversheim, W.: Betrieb von Produktionssystemen. Springer-Verlag, Berlin, 1999

[92] Eversheim, W.: Prozeßorientierte Unternehmensorganisation. Konzepte und Methoden zur Gestaltung „schlanker“ Organisationen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996

[93] Eversheim, W.; Lange-Stalinski, T.; Redelstab, P.: Wandlungsfähigkeit durch mobile Fabriken. In: wt Werkstattstechnik (online) 92 (2002) 4, S. 169-170

[94] Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Betriebshütte: Produktion und Management. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996

[95] Eversheim, W.; Schuh, G.: Produktion und Management. Gestaltung von Produktionssystemen. Band 3, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1999

[96] Eversheim, W.; Terhaag, O.: Prozessanalyse und -optimierung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Change Management – von der Strategie zur Umsetzung. Shaker-Verlag, Aachen, 1999, S. 107

[97] Fandel, G.; François, P.; Gubitz, K.-M.: PPS- und integrierte betriebliche Softwaresysteme. Grundlagen, Methoden, Marktanalyse. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1997

[98] Fastabend, H.; Helms, K.; Beckmann, H.; Kloth, M.: Gestaltung und Steuerung wandelbarer Produktionsnetze. In: Dangelmaier, W. (Hrsg.): VISION LOGISTIK – Logistik wandelbarer Produktionsnetze. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 31, HNI Paderborn, 1997, S. 141-206

[99] Feierabend, R.: Beitrag zur Abstimmung und Gestaltung unternehmensübergreifender logistischer Schnittstellen. Dissertation, Huss-Verlag, München, 1980

[100] Feil: Rollcontainer. http://www.feil-logistics.de, 13.02.2006

[101] Ferstl, O.K.; Sinz, E.J.: Geschäftsprozessmodellierung. In: Wirtschaftsinformatik 35 (1993) 6, S. 589-592

[102] Fey, P.: Logistik-Management und Integrierte Unternehmensplanung. Dissertation, Verlag Kirsch, Herrsching, 1989

[103] FIR: http://www.fir.rwth-aachen.de/cgi-bin/webdyn/extern.cgi?target=1_3_6, 02.07.2003

[104] Flechtner, H.: Grundbegriffe der Kybernetik – Eine Einführung. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1970

[105] Forrester, J.: Understanding the Counterintuitive Behavior of Social Systems. In: Beishon, J.; Peters, G. (eds.): Systems Behavior. Harper & Row Publishers Inc., London, 1972

[106] Förster, A.: Standardfertigungssysteme – Zielsetzung, Definition und Modellierung. Forschungsbericht zum Projekt I des Innovationskollegs INK 17/A1-1. TU Chemnitz, 1996-1998

[107] Förster, A.: Strukturierung von Teileflusssystemen der Fertigung im Maschinenbau. Dissertation B, TH Karl-Marx-Stadt, 1983

[108] Förster, A.; Wirth, S.; Gäse, T.: Integrative modulare Produktionssystemplanung. In: wt Werkstattstechnik (online) 91 (2001) 4, S. 221-228

[109] Frank, T.: Methodische Unterstützung organisatorischer Strukturierungsprozesse mit Hilfe eines clusteranalytisch gestützten Planungssystems. Dissertation, Fortschrittberichte VDI Reihe 20, Rechnerunterstützte Verfahren 240, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1997

[110] Franke, U.; Jockel, O.: Virtuelle Logistik. In: Industrie Management 16 (2000) 4, S. 54-58

[111] Franken, R.; Fuchs, H.: Grundbegriffe zur Allgemeinen Systemtheorie. In: zfbf (1974) 3, S. 23-50

[112] Freichel, S.: Organisation von Logistikservice-Netzwerken. Theoretische Konzeption und empirische Fallstudien. Schmidt-Verlag, Berlin, 1992

[113] Freimuth, J.: Zwischen den Stühlen? Das Management von Schnittstellen. In: zfo 55 (1986) 4, S. 235-242

[114] Frese, E.: Aufbauorganisation. Schmidt-Verlag, Gießen, 1976

[115] Frese, E.: Grundlagen der Organisation. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1988

[116] Fuchs, H.: Systemtheorie und Organisation. Die Theorie offener Systeme als Grundlage zur Erforschung und Gestaltung betrieblicher Systeme. In Grochla, E.; Szyperski, N. (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Beiträge zur Organisation und Automation. Schriftenreihe des Betriebswirtschaftlichen Institutes für Organisation und Automation an der Universität zu Köln, Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler, Wiesbaden, 1973

[117] Fuchs, J.: Logistics and lean production: Prozeßorientierte Logistikstrukturen. Logistik in europäischen Unternehmen. In: Zeitschrift für Logistik 15 (1994) 4-5, S. 22-25

[118] Gabler: Gabler Wirtschaftslexikon (CD-ROM). Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1998

[119] Gabler: Gabler-Wirtschafts-Lexikon. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1997

[120] Gäse, T.: Werkstätten- und Produktionssystemprojektierung. Vorlesungsskript des IBF, TU Chemnitz, 2006

[121] Gäse, T.; Günther, U.; Heller, A.: Vernetzte Layoutplanung und verteilte 3D-Visualisierung von Produktionssystemen. In: Proceedings der Tagung Simulation und Visualisierung 2005. Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg, 03.-04.03. 2005, S. 339-346

[122] Gäse, T.; Günther, U.; Heller, A.; Müller, E.: Kooperative Planung in Netzwerken mit visTABLE. Verteilte Layoutplanung und Visualisierung von Produktionssystemen. In: wt Werkstattstechnik (online) 95 (2005) 4, S. 205-209

[123] Gäse, T.; Günther, U.; Riegel, J.: Interaktive Layoutplanung und Visualisierung von Produktionssystemen. In: Proceedings der Tagung Simulation und Visualisierung 2003. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 06./07.03.2003, S. 49-58

[124] Gäse, T.; Horbach, S.: Konzeption eines Netzplanungsassistenten für kompetenzzellenbasierte Netze. In: Vernetzt planen und produzieren – VPP2003. Tagungsband, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Sonderheft 7, TU Chemnitz, 22.-23.09.2003, S. 62-66

[125] Gericke, J.: Etappen bis zum 5PL. In: Logistik Heute 25 (2003) 4, S. 36-37

[126] Gertler, M. S.; Rutherford, T. D.: Regional-Industrial Networks and the Role of Labour. In: Staber, U. H.; Schaefer, N. V.; Sharma, B. (eds.): Business Networks – Prospects for Regional Development. Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1996, S. 41-64

[127] Gesellschaft für Operations Research (GOR) e.V.: Operations Research. https://gor.uni-paderborn.de, 23.06.06

[128] Gomez, P.; Probst, G. J. B.: Vernetztes Denken im Management. Schweizerische Volksbank, Bern, 1987

[129] Gomez, P.; Probst, G.: Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens. vernetzt denken, unternehmerisch handeln, persönlich überzeugen. Verlag Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 1997

[130] Göpfert, I.: Internationale Logistik. http://www.iuil.lu/files/uploads/Logistics_(I._Gopfert).pdf, 02.03.2004

[131] Göpfert, I.: Logistik der Zukunft - Logistics for the future. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2001

[132] Grabowski, H.; Rude, S.; Zülch, G.: Innovative Produktentwicklung und Produktionssystemplanung. In: Proceedings zur Workshopreihe, Band 1, Veröffentlichung des SFB 346: Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen, Universität Karlsruhe, 07./08.03.1995

[133] Graf, H.-W.: Netzstrukturplanung: Ein Ansatz zur Optimierung von Transportnetzen. Dissertation, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1999

[134] Grochla, E.: Einführung in die Organisationstheorie. Verlag Poeschel, Stuttgart, 1978

[135] Grochla, E.: Organisationstheorie. Verlag Poeschel, Stuttgart, 1976

[136] Grochla, E.: Unternehmensorganisation. Neue Ansätze und Konzeption. Rowohlt-Verlag, Reinbek, 1972

[137] Grosse-Oetringhaus: Typologie der Fertigung unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsablaufplanung. Dissertation, Universität Gießen, 1972

[138] Grundig, C.-G.; Kühnle, H.; Ahrend, H.-W.; Wagenhaus, G.: Zur weiteren Systematisierung der Fabrikplanung von Produktionskonzepten im turbulenten Umfeld. In: Wissenschaftliche Beiträge, Forschung – Lehre – Technologietransfer, Technische Fachhochschule Wildau, Heft 1, 2000

[139] Gudehus, T.: Logistik 1. Grundlagen, Verfahren und Strategien. Springer-Verlag, Berlin, 2000

[140] Gudehus, T.: Logistik 2. Netzwerke, Systeme und Lieferketten. Springer-Verlag, Berlin, 2000

[141] Gudehus, T.: Transportsysteme für leichtes Stückgut. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1977

[142] Gudehus, T.: Was bringen Logistikzentren? Optimierung von Logistikstrukturen. In: Jahrbuch der Logistik 1994. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 1994, S. 161-165

[143] Günther, H.-O.: Supply Chain Management and Advanced Planning Systems: A Tutorial. In: Proceedings of the 33rd International Conference on Computers and Industrial Engineering, Jeju, Südkorea, 25.-27.03.2004

[144] Günther, U.: Methodik zur Struktur- und Layoutplanung wandlungsfähiger Produktionssysteme. Dissertation, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Heft 50, TU Chemnitz, 2005

[145] Günther, U.; Horbach, S.: EXCEL Tools – Strukturierungssoftware. Forschungsbericht des Innovationskollegs: Bildung eines vernetzten Logistik- und Simulationszentrums. TU Chemnitz, 2000

[146] Haberfellner, R. et al.; Daenzer, W. F.; Huber, F. (Hrsg.): Systems Engineering. Methodik und Praxis. Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1994

[147] Håkansson, H. (ed.): Industrial Technological Development. A Network Approach. Routledge Publishing, London, 1987

[148] Hall, A.: A Methodology for Systems Engineering. Van Nostrand Company, New Jersey, 1962

[149] Hammer, M.; Champy, J.: Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen. Campus-Verlag, Frankfurt a.M., 1994

[150] Hansen, L. G.: Transport and logistics as Network Competencies in a Local Cluster of SMEs. NECTAR Conference no 6 EUROPEAN STRATEGIES IN THE GLOBALISING MARKETS; Transport Innovations, Competitiveness and Sustainability in the Information Age, 16-18 May 2001, Espoo, Finland, http://www.vtt.fi/rte/projects/nectar/hansennectar-paper.doc, 08.07.2003

[151] Harms, T.; Lopitzsch, J.; Nickel R.: Integrierte Fabrikstrukturierung und Logistikkonzeption. Effiziente Fabrikplanung durch Phasen der Kommunikation und Konzentration. In: wt Werkstattstechnik (online) 93 (2003) 4, S. 227-232

[152] Harrington, H.J.: Business process improvement. The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness. McGraw-Hill Publishing Co., New York, 1991

[153] Harrington, J.: Computer Integrated Manufacturing. Robert Krieger Publishing Co., Malabar (Florida, USA), 1985

[154] Häusler, P.: Integration der Logistik in Unternehmensnetzwerken. Entwicklung eines konzeptionellen Rahmens zur Analyse und Bewertung von Integrationswirkungen. Dissertation, Europäische Hochschulschriften, Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft, Band 2866, Verlag Lang, Frankfurt a.M., Berlin, Bern, Brüssel, New York, Oxford, Wien, 2002

[155] Hayens, O.; Zybell, U.: Systembausteine einer optimalen Transportlogistik (Teil IV). In: Distribution (1996) 9, S. 16-17

[156] Helbing, K.W.: Gegenstand, Merkmale und Systemcharakter der Blockfertigung. In: Die Technik 30 (1975) 6, S. 362-366

[157] Helbing, K.W.: Fabrik- und Materialflusssysteme. Vorlesungsskript. Universität Rostock, 2003

[158] Hernández Morales, R.: Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. Dissertation, Fortschrittberichte VDI Reihe 16, Technik und Wirtschaft 149, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2003

[159] Herzog, O. et al.: Sonderforschungsbereich 637: Selbststeuerung logistischer Prozesse. Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen. Finanzierungsantrag 2004-2007 (Auszug). Universität Bremen, 2004

[160] Hildebrand, T.: Theoretische Grundlagen der bausteinbasierten, technischen Gestaltung wandlungsfähiger Fabrikstrukturen nach dem PLUG + PRODUCE Prinzip. Dissertation, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Heft 44, TU Chemnitz, 2005

[161] Hildebrand, T.; Mäding, K.; Günther, U.; Müller, E.; Spanner-Ulmer, B. (Hrsg.): PLUG+ PRODUCE. Gestaltungsstrategien für die wandlungsfähige Fabrik. IBF, TU Chemnitz, 2005

[162] HMS Consortium: Holonic Manufacturing Systems. http://hms.ifw.uni-hannover.de, 22.02.2006

[163] Hoekstra, S.; Romme, J.: Integral logistic structures. Developing customer oriented goods flow. McGraw-Hill Publishing Co., London, 1992

[164] Hoffmann, A.; Stölzle, W.: Vernetzte Logistik – Netzeffekte im Kombinierten Verkehr. In: Verkehrsforschung online (2005) 1

[165] Hoffmann, F.: Entwicklung der Organisationsforschung. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1976

[166] Hoffmeister, J. (Hrsg.): Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Meiner Felix Verlag GmbH, Hamburg, 1955

[167] Holsapple, C.W.; Joshi, K.D.: A collaborative approach to ontology design. In: Communications of the ACM 45 (2002), No. 2, pp. 42-47

[168] Höpf, M.: Holonic Manufacturing Systems: the basic concept and a report of the IMD Test Case 5. In: Sharing CIM Solutions: Proceedings of the 10th CIM-Europe Annual Conference, Kopenhagen, October 05-07, 1994

[169] Horbach, J.; Müller, E.: The Net Planning Assistant – A Toolset to Support Planning in Competence-cell-based Networks. In: Lewis, H.; Gaughran, B.; Burke, S.; Sullivan, W. G.; Ahmad, M. (eds.): Proceedings of the 16th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing – FAIM 2006. Intelligent Manufacturing Now. Volume 2, University of Limerick, Ireland, June 26-28, 2006, pp. 949-956

[170] Horbach, S.; Näser, P.; Ackermann, J.; Müller, E.: Planen in kompetenzzellenbasierten Netzen. PlaNet – Planungskonzept für Netze. In: wt Werkstattstechnik (online) 94 (2004) 4, S. 150-153

[171] IDS Scheer: ARIS-Methodenhandbuch. 2005, Kap. 2-1-2-6, method_manuel_aris_s.pdf

[172] Ihde, G. B.: Stand und Entwicklung der Logistik. In: Betriebswirtschaft 47 (1987) 6, S. 703-716

[173] Ihde, G. B.; Kloster, T.: Netzeffekte in Logistiksystemen. In: LOGISTIK MANAGEMENT 3 (2001) 2/3, S. 25-34

[174] Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart (IFT): Jahresbericht 2002/2003. http://www.uni-stuttgart.de/ift/institut/img/Jb2002.pdf, 03.12.2003

[175] IPA: Gestaltung und Optimierung von Produktions- und Logistiknetzwerken. http://www.ipa.fhg.de/Arbeitsgebiete/unternehmenslogistik/netzwerk/Produktblatt_Produktions_Logistiknetzwerke.pdf, 21.08.2006

[176] IPA: The Logistics Bench: A test bed for the design of logistics processes and production networks. http://www.ipa.fraunhofer.de/Arbeitsgebiete/BereichB/420/leistungsangebote/scm/pbLoPe.pdf, 11.07.2003

[177] Irnich, S.: Netzwerk-Design für zweistufige Transportsysteme und ein Branch-and-Price-Verfahren für das gemischte Direkt- und Hubflugproblem. Dissertation, RWTH Aachen, 2002

[178] Isermann, H.: Logistik im Unternehmen – eine Einführung. In: Isermann, F. (Hrsg.): Logistik – Beschaffung, Produktion, Distribution. Verlag Moderne Industrie, Landsberg a.L., 1994, S. 21-43

[179] Jansen, R. et al.: Integration der Transpondertechnologie zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der operativen Produktionssteuerung. In: Müller, E. (Hrsg.): Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Heft 38, TU Chemnitz, 2004

[180] Jodin, D.; Hömberg, K.: Datenbeschaffung für die Simulation eines Logistikzentrums. In: Jahrbuch der Logistik 2005. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 2005, S. 184-187

[181] Johansson H.J. et al.: Business process reengineering. Breakpoint strategies for market dominance. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 1993

[182] Johnson, R.; Kast, F.; Rosenzweig, J.: The Theory and Management of Systems. McGraw-Hill Publishing Co., New York, 1967

[183] Jünemann, R.: Logistikstrukturen im Wandel - Herausforderungen für das 21. Jahrhundert. Logistik im Dialog zwischen Praxis und Wissenschaft. In: Tagungsband zu den 13. Dortmunder Gesprächen 8. und 9. November 1995. Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1995

[184] Jünemann, R.: Materialfluß und Logistik. Springer-Verlag, Berlin, 1989

[185] Junge, K.: Planung von Logistiknetzen. Modellierung und Optimierung verteilter Produktionssysteme. Dissertation, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2003

[186] Kapp, R.; le Blond, J.; Westkämper, E.: Fabrikstruktur und Logistik integriert planen. Erweiterung eines kommerziellen Werkzeugs der Digitalen Fabrik für den Mittelstand. In: wt Werkstattstechnik (online) 95 (2005) 4, S. 191-196

[187] Kapp, R.; Löffler, B.; Wiendahl, H.-H.; Westkämper, E.: Der Logistik-Prüfstand: Skalierbare Logistiksimulation von der Lieferkette bis zum Arbeitsgang. In: wt Werkstattstechnik (online) 93 (2003) 1/2, S. 31-38

[188] Karfunke, T.: Lexikon – Prozess. http://www.unternehmerinfo.de/Lexikon/p/Prozesse.htm, 17.05.2002

[189] Karstadt: Mehrwegbehälter im Lieferantenpool von Karstadt. http://www.karstadt.de/redmedia/corporate/media/Mehrwegbehaelter_Euro.pdf, 13.02.2006

[190] Katz M. L.; Shapiro, C.: Network Externalities, Competition, and Compatibility. In: The American Economic Review, Vol. 75, No. 3, 1985, pp. 424-440

[191] Kaupp, M.: City-Logistik als kooperatives Güterverkehrs-Management. Dissertation, Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1997

[192] Kaupp, M.: Kooperatives Güterverkehrs-Management am Beispiel der City-Logistik. In: Jahrbuch der Logistik 2000. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, S. 85-90

[193] Kern, W.: Industrielle Produktionswirtschaft. Verlag Poeschel, Stuttgart, 1990

[194] Kessler, H.; Winkelhofer, G. A.: Projektmanagement. Leitfaden zur Steuerung und Führung von Projekten. Springer-Verlag, Berlin, 2002

[195] Kettner, H.; Schmidt, H.-J.; Greim, H.-J.: Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. Carl Hanser-Verlag, München, Wien, 1984

[196] Kirsch, W. et al.: Betriebswirtschaftliche Logistik. Systeme, Entscheidungen, Methoden. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1973

[197] Kirsch, W.: Über den Sinn der empirischen Forschung. In: Witte, E. (Hrsg.): Der praktische Nutzen empirischer Forschung. Mohr-Verlag, Tübingen, 1981, S. 189-229

[198] Klaas, T.: Logistik-Organisation – Ein konfigurationstheoretischer Ansatz zur logistikorientierten Organisationsgestaltung. Dissertation, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2002

[199] Klaus, G.: Wörterbuch der Kybernetik. Dietz-Verlag, Berlin, 1968

[200] Klaus, P.: Die dritte Bedeutung der Logistik. In: Nürnberger Logistik-Arbeitspapier Nr. 3, Nürnberg, 1993

[201] Klaus, P.: Entscheidungsunterstützungssysteme. Vorlesungsunterlagen, http://www.logistik.wiso.uni-erlangen.de/download/EUS/vorlesung/EUS05_Netzwerke.pdf, 02.03.2004

[202] Klee, P. H.: Prozeßorientiertes Distributionscontrolling. Dissertation, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1999

[203] Klincewicz, J. G.: Heuristics for the p-hub location problem. In: European Journal of Operational Research. Vol. 53, 1991, pp. S. 25-37

[204] Klink, J.: Produktionsnetzwerke im Überblick – eine Typologie. In: Westkämper, E.; Schraft, R. D. (Hrsg.): Auftrags- und Informationsmanagement in Produktionsnetzwerken – Konzepte und Erfahrungsberichte. 3. Stuttgarter PPS-Seminar, 18.06.1998, S. 33-51

[205] Kloster, T.: Gestaltung von Logistiksystemen auf Basis von Netzeffekten. Dissertation, Schriftenreihe: Europäische Hochschulschriften, Verlag Lang, Frankfurt a.M., Berlin, Bern, Wien, 2002

[206] Knoblich, H.: Die typologische Methode in der Betriebswirtschaftslehre. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium 4 (1972) 1, S. 141-147

[207] Kobylka, A.: Simulationsbasierte Dimensionierung von Produktionssystemen mit definiertem Potential an Leistungsflexibilität. Dissertation, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Heft 24, TU Chemnitz, 2000

[208] Köhler, R.; Görgen, W.: Schnittstellen-Management. In: Die Betriebswirtschaft 51 (1991) 4, S. 527-529

[209] Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Generaldirektion Unternehmen (Hrsg.): Beobachtungsnetz der europäischen KMU – Ergebnisse der Erhebung 2001, Bericht Nr. 1/2002. KPMG Special Services und EIM Business & Policy Research, Niederlande in Zusammenarbeit mit European Network for SME Research (ENSR) und Intomart. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 2002

[210] Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Generaldirektion Unternehmen (Hrsg.): Beobachtungsnetz der europäischen KMU – KMU in Europa – inklusive einer ersten Betrachtung der Beitrittsländer, Bericht Nr. 2/2002. KPMG Special Services und EIM Business & Policy Research, Niederlande in Zusammenarbeit mit European Network for SME Research (ENSR) und Intomart. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 2002

[211] Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Generaldirektion Unternehmen (Hrsg.): Beobachtungsnetz der europäischen KMU – KMU in Europa 2003, Bericht Nr. 7/2003. KPMG Special Services und EIM Business & Policy Research, Niederlande in Zusammenarbeit mit European Network for SME Research (ENSR) und Intomart. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 2004

[212] Koreimann, D. S.: Systemanalyse. Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1972

[213] Kosiol, E.: Die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum. Rowohlt-Verlag, Reinbek, 1966

[214] Kosiol, E.: Organisation der Unternehmung. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1976

[215] Krampe, H.; Lucke, H.-J. (Hrsg.): Grundlagen der Logistik. Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme. Huss-Verlag, München, 2001

[216] Krcmar, H.; Schwarzer, B.: Prozessorientierte Unternehmensmodellierung – Gründe, Anforderungen an Werkzeuge und Folgen für die Organisation. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Prozessorientierte Unternehmensmodellierung. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1994, S. 13-34

[217] Kreher, P.-J.: Distributionslogistik. http://www.bwl.wiso.tu-muenchen.de/lhdir/ws/distribution.pdf, 02.07.2003

[218] Krohn, F.; Stammen, M.; Wolf, J.: Geschäftsprozessmodellierung und -optimierung als Darstellungs- und Gestaltungsinstrument. In: Industrie Management 18 (2002) 2, S. 71-74

[219] Krüger, W.: Aufgabenanalyse. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1980

[220] Krusche, M.: InnoSachs – Innovative Netze in einer Region. In: Vernetzt planen und produzieren – VPP 2001. Tagungsband, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Sonderheft 4, TU Chemnitz, 20.-21.09.2001, S. 35-40

[221] Kubicek, H.: Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesigns als Elemente einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung. In: Köhler, R. (Hrsg.): Empirische und handlungstheoretische Forschungskonzeption in der Betriebswirtschaftslehre. Verlag Poeschel, Stuttgart, 1977, S. 3-36

[222] Kühling, M.: Gestaltung der Produktionsorganisation mit Modell- und Methodenbausteinen. Dissertation, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 2000

[223] Kühlwein, R.; Ponßen, H.; Lück, A.: Ersatzteillogistik als Erfolgsfaktor des globalen Aftersales in der Automobilindustrie. ZLU, http://www.zlu.de/download/Ersatzteillogistik.doc, 02.07.2003

[224] Kuhn, A. et al.: Sonderforschungsbereich 559: Modellierung großer Netze in der Logistik. Arbeits- und Ergebnisbericht 2001/2, 2002, 2003, 2004/1. Universität Dortmund, 2004

[225] Kuhn, A.: Prozessketten in der Logistik. Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien. Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1995

[226] Kuhn, L.: Blumen in der Röhre. Automatische unterirdische Transportsysteme sollen den Lkw-Verkehr auf der Straße reduzieren. In: Wirtschaftswoche (2000) 39, S. 226-229

[227] Kummer, S.: Innovative Logistikstrukturen und -prozesse in e-supply chains. http://www.wu-wien.ac.at/inst/transport/Downloads/skripten/e-log6-8ss03.pdf, 09.07.2003

[228] Lange, V.: Integration und Implementierung von Mehrweg-Transport-Verpackungssystemen in bestehende Logistikstrukturen. Dissertation, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1998

[229] Laubacher, R.J.; Malone, T.W.; MIT Scenario Working Group: Two Scenarios for 21st Century Organizations: Shifting Networks of Small Firms or All-Encompassing „Virtual Countries“? MIT Initiative on Inventing the Organizations of the 21st Century, 1997, Working Paper 21C WP #001

[230] Lawson, C.: Towards a competence theory of the region. In: Cambridge Journal of Economics, vol. 23, no. 2, 1999, pp. 151-166

[231] Lehnhardt, D.: Projektierung von Umschlageinrichtungen flexibler Fertigungssysteme. Dissertation B, TH Karl-Marx-Stadt, 1987

[232] Lewandowski, A.: Methode zur Gestaltung von Leistungserstellungsprozessen in Industrieunternehmen. Dissertation, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 68, HNI-Verlag, Paderborn, 2000

[233] LexiPLAN: LexiPLAN – Informationssystem zur Fabrikplanung. http://www.lexiplan.de, 23.02.2006

[234] Lödding, H.: Dezentrale Bestandsorientierte Fertigungsregelung. Dissertation, Fortschrittberichte VDI Reihe 2, Fertigungstechnik 587, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001

[235] Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. Springer-Verlag, Berlin, 1998

[236] Luczak, H.; Eversheim, W.; Schotten, M.: Produktionsplanung und Steuerung – Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Springer-Verlag, Berlin, 1998

[237] Luhmann, N.: Soziologische Aufklärung. 3. Soziales System, Gesellschaft, Organisation. Westdeutscher Verlag, Opladen, 1981

[238] Malone, T.W.; Laubacher, R.J.: The dawn of the e-lance economy. Harvard Business Review, Sept.-Oct. 1998, pp. 145-152

[239] Mann, H.; Riegel, J.; Näser, P.: Gestaltung von JIT-Transportketten im finalnahen Zulieferbereich bei Anwendung der RFID-Technologie. In: Jahrbuch der Logistik 2004. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 2004, S. 81-87

[240] MAP&GUIDE: map&guide mapserver. http://www.mapandguide.de/tmpl/frameset_0.asp?L=DE&ID=DEV_MAPSERV&IE=0&CN=1, 02.09.2006

[241] Martin, H.: Eine Methode zur integrierten Betriebsmittelanordnung und Transportplanung. Dissertation, TU Berlin, 1976

[242] Matshushima, K.; Kobayashi, K.; Yetiskul, E.: Economies of Frequency and De-Hub Mechanism in Airline Networks. Paper of Presentation at the Uddevalla Symposium „Entrepreneurship, Spatial Industrial Clusters and Inter-Firm Networks“ 2003, June 12-14, Uddevalla, Sweden, 2003

[243] Mayer, G.: Strategische Logistikplanung von Hub&Spoke-Systemen. Dissertation, Dt. Univ.-Verlag, Wiesbaden, 2001

[244] McKinnon, A. C.: Logistical Restructuring, Freight Traffic Growth and the Environment. In: Banister, D. (ed.): Transport Policy and the Environment. Routledge Publishing, London, 1998, pp. 97-109

[245] McKinnon, A.; Watt, H.: A Logistical Perspective on the Fuel Efficiency of Road Freight Transport. OECD/ECMT/IEA Workshop, 24/2/99, Paris, „Improving Fuel Efficiency in Road Freight: the Role of Information Technologies", http://www.iea.org/workshop/frei-it/mckinnon.pdf, 08.07.2003

[246] Meise V.: Ordnungsrahmen zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Modelle für das Management komplexer Reorganisationsprojekte. Dissertation, Verlag Dr. Kovač, Hamburg, 2001

[247] Merath, F.: Logistik in Produktionsverbundsystemen. Dissertation, Huss-Verlag, München, 1999

[248] MEYERS Lexikon online: Struktur. http://lexikon.meyers.de/index.php/Struktur, 06.10.2006

[249] Microsoft Dynamics: Microsoft Dynamics AX/Axapta. http://www.microsoft.com/germany/businesssolutions/axapta/uebersicht.mspx, 02.09.2006

[250] Morris, D.; Brandon, J.: Re-engineering your business. McGraw-Hill Publishing Co., New York, 1993

[251] Much, D.; Nicolai, H.: PPS-Lexikon. Cornelsen-Verlag, Berlin, 1995

[252] Müller, E. et al.: Sonderforschungsbereich 457: Hierarchielose regionale Produktionsnetze. Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien. Finanzierungsantrag 2006, 2007, 2008, 2009. TU Chemnitz, 2005

[253] Müller, E.: Intelligente Produktionsnetzwerke – neue Organisationsformen der Produktion. In: Vernetzt planen und produzieren – VPP2004. Tagungsband, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Sonderheft 8, TU Chemnitz, 27.-28.09.2004, S. 8-22

[254] Müller, E.: Production Planning and Operation in Competence-cell-based Networks. In: Zülch, G.; Stowasser, S. (eds.): Distributed operations, simulation and decision making. Production Planning & Control. The Management of Operations. Special Issue, Volume 17, Number 2, March 2006, Taylor & Francis Ltd., Abingdon, 2006, pp. 99-112

[255] Müller, E.; Ackermann, J.: Operatives Logistik- und Produktionsstättenmanagement in kompetenzzellenbasierten Netzen. In: Pfohl, H.-C.; Wimmer, T. (Hrsg.): Wissenschaft und Praxis im Dialog. Steuerung von Logistiksystemen – auf dem Weg zur Selbststeuerung. 3. Wissenschaftssymposium Logistik der BVL in Dortmund, 30.05.-31.05.2006, Schriftenreihe Wirtschaft & Logistik, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg, 2006, S. 167-184

[256] Müller, E.; Ackermann, J.: Planning and Design of Logistics Structures of competence-cell-based Networks. In: Alvarez, E. et al. (eds.): FAIM 2005. Volume II. Proceedings of the 15th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. University of Deusto, Bilbao, Spain, July 18-20, 2005, pp. 794-801

[257] Müller, E.; Gäse, T.; Riegel, J.: Layoutplanung partizipativ und vernetzt. In: wt Werkstatts-technik (online) 93 (2003) 4, S. 266-270

[258] Müller, E.; Horbach, S.; Ackermann, J.: PlaNet – a Framework for Planning of Logistics Structures and Production Plants in Competence-cell-based Networks. In: Alvarez, E. et al. (eds.): FAIM 2005. Volume II. Proceedings of the 15th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. University of Deusto, Bilbao, Spain, July 18-20, 2005, pp. 786-793

[259] Müller, E.; Horbach, S.; Ackermann, J.: Production System Planning in competence-cell-based Networks. In: Proceedings (CD-ROM) of the 18th International Conference on Production Research – ICPR. University of Salerno, Italy, July 31-August 4, 2005

[260] Müller, E.; Horbach, S.; Ackermann, J.; Näser, P.: Production Management in Competence-cell-based Networks. In: Proceedings of APE'2004 IIIrd International Conference on Advances in Production Engineering. Part I, Warsaw, Poland, June 17-19, 2004, pp. 53-62

[261] Müller, E.; Horbach, S.; Ackermann, J.; Schütze, J.; Baum, H.: Production system planning in Competence-cell-based Networks. In: Middle, J.E. (ed.): International Journal of Production Research, Special Issue: Selected papers from the 18th ICPR – „The networked enterprise: a challenge for a sustainable development". Vol. 44, Nos. 18-19, September 15-October 01, 2006, Taylor & Francis Ltd., Abingdon, 2006, pp. 3989-4009

[262] Müller, E.; Wirth, S.: Digitale Fabrikmodelle. In: Jahrbuch der Logistik 2005. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 2005, S. 32-35

[263] Näser, P.: Component based planning of manufacturing plants. In: Proceedings (CD-ROM) of the 3rd Annual Conference on Systems Engineering Research – CSER, Stevens Institute of Technology, Hoboken, New York/New Jersey, USA, March 23-25, 2005, pp. 393-402

[264] Näser, P.; Ackermann, J.: Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen und Produktionsstätten in kompetenzzellenbasierten Netzen. In: Vernetzt planen und produzieren – VPP2003. Tagungsband, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Sonderheft 7, TU Chemnitz, 22.-23.09.2003, S. 92-98

[265] Näser, P.; Ackermann, J.: Systematische Gestaltung kompetenzzellenbasierter Produktionsstätten. Typisierung mittels „Morphologischer Gestaltungssystematik". In: wt Werkstattstechnik (online) 93 (2003) 5, S. 434-438

[266] Näser, P.; Ackermann, J.; Baum, H.: Das Sichtenkonzept als Modellierungsparadigma. In: Industrie Management 20 (2004) 1, S. 36-39

[267] Neubert, M.: Kenngrößen in der Fabrikplanung am Beispiel von Standardfertigungssystemen. Forschungsbericht des Innovationskollegs: Bildung eines vernetzten Logistik- und Simulationszentrums. TU Chemnitz, 1998

[268] Nordsiek, F.: Rationalisierung der Betriebsorganisation. Poeschel-Verlag, Stuttgart, 1955

[269] Nyhuis, P.; Harms, T.; Elscher, A.: Prozessmodell der Fabrikplanung. Mit standardisierten Prozessen zu kundenindividuellen Fabriken. In: Industrie Management 20 (2004) 1, S. 32-35

[270] Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien. Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1999

[271] Ohno, T.: The Origin of Toyota Production System and Kanban System. In: Monden, Y. (ed.): Applying Just in Time. The American/Japanese Experience. Institute of Industrial Engineers, Norcross, Georgia, 1986

[272] Ostkamp, P.: Methoden zur Planung von multimodalen, zeitrestriktiven Transportnetzen. Dissertation, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1999

[273] Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1993

[274] Patzak, G.: Systemtechnik: Planung komplexer innovativer Systeme. Grundlagen, Methoden, Techniken. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1982

[275] Pawellek, G.: Logistische Gestaltung flexibler Organisationsstrukturen im Produktionsunternehmen. In: zfo 13 (1992) 4, S. 231-234

[276] Pfohl, H.-C.: Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe. Größenspezifische Probleme und Möglichkeiten zu ihrer Lösung. Schmidt-Verlag, Berlin, 1997

[277] Pfohl, H.-C.: Logistikmanagement. Funktionen und Instrumente. Implementierung der Logistikkonzeption in und zwischen Unternehmen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1994

[278] Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme. Springer-Verlag, Berlin, 2000

[279] Pfohl, H.-C.: Marketing-Logistik. Distributions-Verlag, Mainz, 1972

[280] Pfohl, H.-C.; Buse, H. P.: Logistik in Unternehmensnetzwerken. In: Jahrbuch der Logistik. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 1997, S. 14-20

[281] Pfohl, H.-C.; Häusler, P.: Logistische Schnittstellen in Produktionsnetzen. Konzepte zur Verbesserung der unternehmensübergreifenden Logistik. Reihe Wandelbare Produktionsnetze, Band 5, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 2000

[282] Pfohl, H.-C.; Häusler, P.; Müller, K.: Nutzung regionaler Produktionsnetzwerke zur Überwindung von Kapazitätsengpässen. In: Lutz, S. et al.: Produktionsmanagement in Unternehmensnetzwerken. Reihe Wandelbare Produktionsnetze, Band 2, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 2000, S. 103-125

[283] Picot, A.: Organisation. In: Baetge, J. et al. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre. Band 2, Verlag Vahlen, München, 1990, S. 99-163

[284] Pielok, T.: Prozesskettenmodulation. Management von Prozessketten mittels Logistic Function Deployment. Dissertation, Verlag Praxiswissen, 1995

[285] PlaVis: visTABLE. Touch the future. http://www.vistable.de, 23.02.2006

[286] Prestifilippo, G.: Effiziente Entfernungsberechnung durch Graphenreduktion bei Transportplanungen. Dissertation, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 2003

[287] Rahtz, J.; Burmester, N.: Systembausteine einer optimalen Transportlogistik (Teil I). In: Distribution (1996) 1-2, S. 8-10

[288] Rahtz, J.; Burmester, N.: Systembausteine einer optimalen Transportlogistik (Teil II). In: Distribution (1996) 5, S. 9-13

[289] Rahtz, J.; Burmester, N.: Systembausteine einer optimalen Transportlogistik (Teil III). In: Distribution (1996) 7-8, S. 18-20

[290] Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V. (RKW); Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V. (GPM): Projektmanagement-Fachmann. Band 1, RKW-Verlag, Eschborn, 2003

[291] REFA: Methodenlehre der Betriebsorganisation. Teil 1, Carl Hanser-Verlag, München, 1991

[292] REFA-Fachbuchreihe Betriebsorganisation: Ausgewählte Methoden der Planung und Steuerung. Carl Hanser-Verlag, München, 1993

[293] Reichel, M.; Helbing, K.W.: Process and movement effort in the production. In: Proceedings of APE'2004 IIIrd International Conference on Advances in Production Engineering, Part I, Warsaw, Poland, June 17-19, 2004, pp. 3-12

[294] Reinhart, G. et al.: Sonderforschungsbereich 582: Marktnahe Produktion individualisierter Produkte. Forschungsantrag 2001/2, 2002, 2003, 2004/1. TU München, 2000

[295] Reinhart, G.: Virtuelle Fabrik: Wandlungsfähigkeit durch dynamische Unternehmenskooperationen. Transfer-Centrum GmbH, München, 2000

[296] Reinhart, G.; Berlak, J.; Effert, C.; Selke, C.: Wandlungsfähige Fabrikgestaltung. In: ZWF 97 (2002) 1-2, S. 18-23

[297] Reiß, M.: Kooperative Produktentstehung. Universität Stuttgart, 1991

[298] Rockstroh, W.: Die technologische Betriebsprojektierung. Grundlagen und Methoden der Projektierung. Band 1, Verlag Technik, Berlin, 1977

[299] Rockstroh, W.: Die technologische Betriebsprojektierung. Projektierung von Fertigungswerkstätten. Band 2, Verlag Technik, Berlin, 1978

[300] Ropohl, G.: Eine Systemtheorie der Technik – Grundlegung der Allgemeinen Theorie. Hanser-Verlag, München, 1979

[301] Rösler, O. M.: Gestaltung von kooperativen Logistiknetzwerken. Bewertung unter ökonomischen und ökologischen Aspekten. Dissertation, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2003

[302] Ross, D. T.: Applications and Extensions of SADT. In: IEEE Computer Magazine 18 (1985) 4, pp. 25-34

[303] Rössner, B.: Industrielogistik. expert-Verlag, Ehningen, 1988

[304] Royce, W.W.: Managing the Development of Large Software Systems. Concepts and Techniques. In: Proceedings of IEEE WESCON, August 1970

[305] Ruijgrok C. J.; Tavasszy, L. A.; Thissen M. J. P. M.: EMERGING GLOBAL LOGISTICS NETWORKS: IMPLICATIONS FOR TRANSPORT SYSTEMS AND POLICIES. Or: world logistics, quo vadis? STELLA Focus Group 1 Meeting “Globalisation, e-economy and trade”, Siena, June 9-10, 2002, http://www.stellaproject.org/focusgroup1/Siena/papers/tavasszy.doc, 11.07.2003

[306] Rupper, P.: Unternehmenslogistik. Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1988

[307] Rupper, P.; Scheuchzer, R.: Lager- und Transportlogistik. Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1988

[308] Salmons, J.; Babitsky, T.: Shamrocks and Nanocorps – Business Model and Technology. Innovation to Bridge the Digital Divide. Net Impact Conference, Chapel Hill, North Carolina, 2001

[309] Schäfer, H.: Logistikstrukturen für das Europa der Zukunft? In: Deutscher Logistik-Kongreß '89. Tagungsband 1, BVL, 1989, S. 278-302

[310] Scheer, A.-W.: ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1998

[311] Scheer, A.-W.: CIM. Der computergesteuerte Industriebetrieb. Springer-Verlag, Berlin, 1990

[312] Scheer, A.-W.: Prozessorientierte Unternehmensmodellierung. Gabler-Verlag, Wiesbaden 1994

[313] Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Springer-Verlag, Berlin, 2004

[314] Schiegg, P.: Typologie und Erklärungsansätze für Strukturen der Planung und Steuerung in Produktionsnetzwerken. Dissertation, Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung, Band 75, Shaker-Verlag, Aachen, 2005

[315] Schlicksupp, H.: Ideenfindung. Vogel-Verlag, Würzburg, 1989

[316] Schmidt, K.: Methodik zur integrierten Grobplanung von Abläufen und Strukturen mit digitalen Fabrikmodellen. Dissertation, RWTH Aachen, 2002

[317] Schmigalla, H.: Fabrikplanung - Begriffe und Zusammenhänge. Hanser-Verlag, München, 1995

[318] Schmigalla, H.: Über einige Tendenzen und Voraussetzungen der Automatisierung der Betriebsprojektierung, Dissertation B, TH Magdeburg, 1971

[319] Schmutzler, B.: Ein Algorithmus zur Lösung von Tourenproblemen mit Zeitrestriktionen und inhomogenem Fahrzeugpark. Bernd.Schmutzler@hrz.tu-chemnitz.de, 29.06.2006

[320] Schneeweiß, C.: Einführung in die Produktionswirtschaft. Springer-Verlag, Berlin, 1999

[321] Scholz-Reiter, B.; Höhns, H.: Reaktive Planung und Steuerung von logistischen Prozessen mit Multiagentensystemen (MAS). In: Industrie Management 17 (2001) 6, S. 33-36

[322] Schomburg, E.: Entwicklung eines betriebstypologischen Instrumentariums zur systematischen Ermittlung der Anforderungen an EDV-gestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im Maschinenbau. Dissertation, RWTH Aachen, 1980

[323] Schroeter, S.: Güter auf die Straßenbahn. http://stefanschroeter.de/CargoTram_Dresden/body_cargotram_dresden.html, 14.06.2001

[324] Schuh, G.; Harre, J.; Gottschalk, S.; Kampker, A.: Design for Changeability (DFC) – Das richtige Maß an Wandlungsfähigkeit finden. Ergebnisse des EU-Verbundforschungsprojektes „Modular Plant Architecture“. In: wt Werkstattstechnik (online) 94 (2004) 4, S. 100-106

[325] Schuh, G.; Millarg, K.; Göransson, Å.: Virtuelle Fabrik. Neue Marktchancen durch dynamische Netzwerke. Carl Hanser-Verlag, München, 1998

[326] Schulte, G.: Material- und Logistikmanagement. Oldenbourg-Verlag, München, Wien, 1996

[327] Schulte, H.: Vorlesungsskript: Planung von Fabrikanlagen 1. wbk Karlsruhe, Kapitel 6, 2003

[328] Schulze, D.: Grundlagen der wissensbasierten Konstruktion von Modellen betrieblicher Systeme. Dissertation, Shaker-Verlag, Aachen, 2001

[329] Schumann, R.: Entwicklung eines modellgestützten Systems zur Gestaltung teilautonomer Arbeitsgruppen in der Fertigung von Automobilzulieferbetrieben. Dissertation, Verlag der Augustinus-Buchhandlung, Aachen, 1995

[330] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung – Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Dissertation, Gabler-Verlag, Wiesbaden 1998

[331] Schweiker, K. F.: Grundlagen einer Theorie betrieblicher Datenverarbeitung. Dissertation, Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1966

[332] SCOR Supply-Chain Council: SCOR Quick Reference. Supply-Chain Operations Reference-model. http://www.supply-chain.org, 22.06.2006

[333] Sebastian, H.-J.: Strategische und taktische Planung von Frachttransporten. In: Wissenschaftssymposium Logistik der BVL 2002. Tagungsband, Magdeburg, 26.-27.06.2002, S. 573-587

[334] Selig, J.: EDV-Management. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 1986

[335] Simon, R.-P.: Euro-Logistik-Netzwerke. Entwicklung eines wettbewerbsstrategischen Integrationskonzeptes für die Sammelgut-Logistik im europäischen Markt. Dissertation, Verlag Josef Eul, Bergisch Gladbach, Köln, 1993

[336] Singula: Bewertung und Neukonzeptionierung der logistischen Strukturen eines Geräteherstellers. Projektbeispiel, www.singula.de/SProjekte/Tprojektbspt5.htm, 02.07.2003

[337] Solving Deutschland: Luftkissen-Transporttechnik. Luftkissenelemente und Module. http://www.solving-gmbh.de, 03.12.2002

[338] Spahni, D.: Problemlösungsmethodik und Projektmanagement. Ein Leitfaden zur Gestaltung komplexer Systeme. Berner Fachhochschule, Hochschule für Wirtschaft und Verwaltung HSW, 2000

[339] Spath, D.; Baumeister, M.; Rasch, D.: Wandlungsfähigkeit und Planung von Fabriken. Ein Ansatz durch Fabriktypologisierung und unterstützenden Strukturbaukasten. In: ZWF 97 (2002) 1-2, S. 28-32

[340] Spitta, T.: Schnittstellengestaltung in modularen Unternehmen. http://www.wiwi.uni-ielefeld.de/~spitta/SSTModUnt392.pdf, Bielefeld, 1998

[341] Spur, G.; Mertins, K.; Jochem, R.: Integrierte Unternehmensmodellierung. Beuth-Verlag, Berlin, 1993

[342] SSI-Schaefer: Lager- und Regaltechnik. http://www.ssi-schaefer.de/Lager-und_Regaltechnik.21.0.html, 31.10.2006

[343] Steinbuch, P. A.: Projektorganisation und Projektmanagement. Kiehl-Verlag, Ludwigshafen, 2000

[344] Stewens, M.: Gestaltung und Steuerung von Supply Chains. Dissertation, Verlag Josef Eul, Köln, 2005

[345] Stracke, N.; Laakmann, F.; Weidt, S.; Riha, I.: Workbenchgestützte Konstruktion von Beschaffungsketten. Technical Report 03034 des SFB 559, Universität Dortmund, 2004

[346] Striening, H.-D.: Prozeß-Management. Versuch eines integrierten Konzeptes situations-adäquater Gestaltung von Verwaltungsprozessen – dargestellt am Beispiel in einem multi-nationalen Unternehmen – IBM Deutschland GmbH. Dissertation, Verlag Lang, Frankfurt a.M., Bern, New York, Paris, 1988

[347] Strohm, O: Die ganzheitliche MTO-Analyse: Konzept und Vorgehen. In: Strohm, O.; Ulich, E. (Hrsg.): Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. vdf-Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich, 1997, S. 20-37

[348] SYBASE: PowerDesigner. http://www.sybase.com/products/developmentintegration/powerdesigner, 02.09.2006

[349] Sydow, J.: Strategische Netzwerke – Evolution und Organisation. Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1992

[350] ten Hompel, M.; Lange, V.: RFID 2004 – Fraunhofer Autolog Studie. In: Jahrbuch der Logistik 2005. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 2005, S. 260-265

[351] Ueda, K.; Vaario, J.: The Biological Manufacturing System. University Kobe, Japan, 1997

[352] UGS-Tecnomatix: Plant Simulation. Simulation, Visualisierung, Analyse und Optimierung von Produktions- und Logistikprozessen. http://www.emplant.de, 02.09.2006

[353] Ulrich, C.: Chemnitzer Modul-Van AG entwickelt Wechselsystem. Neues Fahrzeugkonzept mit unterschiedlichen Aufbauten für Transporter. In: Freie Presse 27.11.2001, S. 6

[354] Ulrich, H.; Probst, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Ein Brevier für Führungskräfte. Haupt-Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 1995

[355] VDI-Gesellschaft Fördertechnik, Materialfluss und Logistik: Innovationen in Logistikstrukturen der Automobilindustrie. VDI-Berichte 1571, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2000

[356] Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Beuth-Verlag, Berlin, 1993

[357] Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): VDI 3633: Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen. Beuth-Verlag, Berlin, 2000

[358] Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): VDI 3633: Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen. Blatt 1, Beuth-Verlag, Berlin, 1996

[359] Versteegt, C.; Sol, H.G.: The design of logistics control for intermodal transport chains of the 21st century. TRAIL Research School, Delft, 1999

[360] Vester, F.: Ausfahrt Zukunft. Strategien für den Verkehr von morgen. Eine Systemunter-suchung. Heyne-Verlag, München, 1990

[361] Vester, F.: Neuland des Denkens. dtv, Stuttgart, 1993

[362] Vollmer, L.: Agentenbasiertes Auftragsmanagement mit Hilfe von Preis-Liefertermin-Relationen. Dissertation, Fortschrittberichte VDI Reihe 16, Technik und Wirtschaft 119, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2000

[363] Vos, B.: Restructuring manufacturing and logistics in multinationals. Application of a Design Method in Five Case Studies. Ashgate Publishing Ltd., Aldershot, 1997

[364] Wagner, T.: City-Logistik als Teil der Supply-Chain. Entwicklung einer Konzeption vor dem Hintergrund infrastruktureller Veränderungen. Dissertation, Schriftenreihe Management-orientierte Betriebswirtschaft, Band 3, Verlag Wissenschaft & Praxis, Sternenfels, 2002

[365] Wandel, S.; Ruijgrok, C.: Innovation and structural changes in logistics: a theoretical framework. In: Giannopoulos, G.; Gillespie, A. (eds.): Transport and communications innovation in Europe. Belhaven Press, London, 1993, pp. 233-258

[366] Warnecke, H.-J.: Die fraktale Fabrik. Springer-Verlag, Berlin, 1992

[367] Warnecke, H.-J.: Revolution der Unternehmenskultur – Das fraktale Unternehmen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1993

[368] Weber, J.: Zum Begriff Logistikleistung. In: ZfB 56 (1986) 12, S. 1197-1212

[369] Weber, J.; Kummer, S.: Logistikmanagement. Führungsaufgaben zur Umsetzung des Flußprinzips im Unternehmen. Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1998

[370] Wegner, U.: Organisation der Logistik: Prozess- und Strukturgestaltung mit neuer Informations- und Kommunikationstechnik. Schmidt-Verlag, Berlin, 1993

[371] Wehking, K.-H.: Neuartige Logistikkonzeption für die Automatisierung der Stückgutspeditionswirtschaft. In: Logistiknetzwerke. Planung, Realisieren, Bewerten. 5. Magdeburger Logistik-Tagung. Tagungsband, Magdeburg, 18.-19.11.1999, S. 154-163

[372] Weidt, S.: Kooperationen in der Logistik – Neue Trends von der Beschaffungskooperation bis zum 4 PL-Provider. www.ipl-online.de/1679/scm.nsf/B760776C9C92F85BC1256C4D0028D035/$File/kooperationen_in_der_logistik.pdf, 27.08.2003

[373] Weijers, S.J.C.M.; Rouwenhorst, D.: Virtual Certainties about E-commerce, Transport and Logistics. Paper to the joint OECD/CEMT Seminar on E-commerce, Paris, June 5-6, 2001, http://www1.oecd.org/cem/online/ecom01/Weijers.pdf, 07.07.2003

[374] Weinberg, G.: An Introduction to General Systems Thinking. Dorset House Publishing Co. Inc., New York, 1975

[375] Weissermel, M.: Tourenplanungsprobleme mit Zeitfensterrestriktionen. Beurteilung und Vergleich neuerer Lösungsverfahren. Dissertation, Reihe Logistik und Verkehr, Band 48, Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1999

[376] Wermke, M. (Hrsg.): Der Duden in zwölf Bänden. Band 5 Fremdwörterbuch, Dudenverlag, Mannheim, 2001

[377] Westkämper, E. et al.: Forschungskolloquium zum Sonderforschungsbereich 467: Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion. Tagungsband, Universität Stuttgart, 16.04.2002

[378] Westkämper, E. et al.: Sonderforschungsbereich 467: Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion. Ergebnisbericht 1997, 1998, 1999. Universität Stuttgart, 1999

[379] Westkämper, E.: Auf dem Weg zum virtuellen Unternehmen. In: Kaluza, B.; Blecker, Th. (Hrsg.): Produktions- und Logistikmanagement in virtuellen Unternehmen und Unternehmensnetzwerken. Springer-Verlag, Berlin, 2000, S. 629-651

[380] Westkämper, E.; Bierschenk, S.; Kuhlmann, T.: Digitale Fabrik – nur etwas für die Großen? In: wt Werkstattstechnik (online) 93 (2003) 1-2, S. 22-26

[381] Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. Hanser-Verlag, München, 1989

[382] Wiendahl, H.-P.; Nofen, D.; Klußmann J. H.; Breitenbach, F.: Planung modularer Fabriken. Vorgehen und Beispiele aus der Praxis. Carl Hanser-Verlag, München, 2005

[383] Wiendahl, H.-P.; Reichhardt, J.; Hernández, R.: Kooperative Fabrikplanung – Wandlungsfähigkeit durch zielorientierte Integration von Prozeß- und Bauplanung. In: wt Werkstattstechnik (online) 91 (2001) 4, S. 186-191

[384] Wiendahl, H.-P.; Reinsch, S.; Ouali, K.: Simulationsgestützte Planung und Steuerung von Lieferketten. In: wt Werkstattstechnik (online) 95 (2005) 4, S. 242-247

[385] Wiethoff, H.: Logistikstrukturen kostenmäßig bewerten. In: Fördern und Heben 41 (1991) 8, S. LS 12-LS 14

[386] Wikimedia Foundation Inc.: Wikipedia. http://de.wikipedia.org, 05.10.2004

[387] Wikimedia Foundation Inc.: Wikipedia. http://de.wikipedia.org, 26.10.2006

[388] Wildemann, H. (Hrsg.): Schnell lernende Unternehmen – Quantensprünge in der Wettbewerbsfähigkeit. TCW-Verlag, München, 1995

[389] Wildemann, H.: Die modulare Fabrik. TCW-Verlag, München, 1994

[390] Wildemann, H.: Flexible Werkstattsteuerung durch Integration von Kanban-Prinzipien. TCW-Verlag, München, 1984

[391] Wildemann, H.: Just-in-time-Produktion. Schäffer-Verlag, Stuttgart, 1986

[392] Wildemann, H.; Niemeyer, A.: Das Milkrun-Konzept: Logistikkostensenkung durch auslastungsorientierte Konsolidierungsplanung. In: pps Management 7 (2002) 4, S. 25-27

[393] Windt, K.: Engpassorientierte Fremdvergabe in Produktionsnetzen. Dissertation, Fortschrittberichte VDI Reihe 2, Fertigungstechnik 579, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001

[394] Wintgen, G.: Zur mengentheoretischen Definition und Klassifizierung kybernetischer Systeme. In: Wissenschaftliche Zeitung der Humboldt-Universität Berlin. R. XVII (1968) 8, S. 867-885

[395] Wirth, S. et al.: Bildung eines vernetzten Logistik- und Simulationszentrums. Abschlussbericht des Innovationskollegs. TU Chemnitz, 2000

[396] Wirth, S. et al.: Sonderforschungsbereich 457: Hierarchielose regionale Produktionsnetze. Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien. Finanzierungsantrag 2000, 2001, 2002. TU Chemnitz, 1999

[397] Wirth, S.: Flexible Fertigungssysteme. Verlag Technik, Berlin, 1989

[398] Wirth, S.: Logistikorientierte Strukturierung überbetrieblich vernetzter Produktionssysteme. In: Forschungsbericht zum Paketantrag: Regionale kooperative Produktionsnetze. TU Chemnitz, 1998

[399] Wirth, S.: Simultane Produkt-, Prozess- und Fabrikplanung. In: VDI-Z 134 (1992) 12, S. 31-33

[400] Wirth, S.: Von hierarchischen Unternehmensnetzwerken zu hierarchielosen(-armen) kompetenzzellenbasierten Produktionsnetzen. In: Wojda, F. (Hrsg.): Innovative Organisationsformen, Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2000, S. 167-209

[401] Wirth, S.; Baumann, A.: Innovative Unternehmens- und Produktionsnetze. Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Heft 8, TU Chemnitz, 1998

[402] Wirth, S.; Baumann, A.: Wertschöpfung durch vernetzte Kompetenz. Schlanke Kompetenzkooperation: Überlebensstrategie für kleine Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Huss-Verlag, München, 2001

[403] Wirth, S.; Enderlein, H.; Petermann, J.: Kompetenznetze der Produktion. In: Vernetzt planen und produzieren. Vortragsband zur IBF-Fachtagung, TU Chemnitz, 12.-14.10.2000, S. 17-27

[404] Wirth, S.; Erfurth, R.; Olschewski, T.: Mobilitätsstufenabhängige Fabrikplattformen. Flexibilisierung bestehender Fabrikstrukturen. In: wt Werkstattstechnik (online) 93 (2003) 4, S. 287-294

[405] Wirth, S.; Förster, A. u.a.: Bildung eines vernetzten Logistik- und Simulationszentrums. Ergebnisbericht der ersten Förderperiode (1996-1998) des Innovationskollegs. TU Chemnitz, 1998

[406] Wirth, S.; Gäse, T.; Günther, U.: Partizipative simulationsgestützte Layoutplanung. In: wt Werkstattstechnik 91 (2001) 6, S. 328-332

[407] Wirth, S.; Näser, P.; Ackermann, J.; Wieland, P.: Vom Fertigungsplatz zur Kompetenzzelle – Voraussetzung für den Aufbau kompetenzzellenbasierter Netze. In: ZWF 98 (2003) 3, S. 78-83

[408] Wirth, S.; Reich, S.: Zur flusssystemtheoretischen Systematisierung materieller CIM-Betriebsstrukturen. Wissenschaftliche Schriftenreihe der TU Chemnitz, 17/1989

[409] Wirth, S.; Rudolph, K.: Gestaltungslösungen integrierter Fertigungen. Verlag Technik, Berlin, 1986

[410] Wirth, S.; Zeidler, H.: Untersuchungen zur Entwicklung und Anwendung von Bausteinen in der Technologischen Betriebsprojektierung unter besonderer Berücksichtigung ihrer Schnittparameter. Dissertation B, TU Dresden, 1974

[411] wissen.de: wissen.de. http://www.wissen.de, 02.03.05

[412] Woithe, G.: Betriebsgestaltung. In: Beckert, M. (Hrsg.): Betriebs- und Arbeitsgestaltung, Nutzensrechnung, Operationsforschung. Wissensspeicher für Technologen. Fachbuchverlag, Leipzig, 1977

[413] Wojda, F.; Waldner, B.: Neue Formen der Arbeit und Arbeitsorganisation. In: Wojda, F. (Hrsg.): Innovative Organisationsformen. Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2000, S. 13-58

[414] Zäh, M. F.; Cisek, R.; Sudhoff, W.; Redelstab P.: Mit Mobilität zu mehr Strukturvariabilität. In: wt Werkstattstechnik (online) 93 (2003) 4, S. 327-331

[415] Zäh, M. F.; Patron, C.; Fusch, T.: Die Digitale Fabrik. Definition und Handlungsfelder. In: ZWF 98 (2003) 3, S. 75-77

[416] Zangemeister, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methode zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. Wittmann`sche Buchhandlung, München, 1971

[417] Zäpfel, G.; Wasner, M.: Strategische Gestaltung internationaler Logistiknetzwerke für den flächendeckenden Stückgutverkehr durch Kooperation. In: Logistik Management 4 (2002) 4, S. 53-60

[418] Zelewski, H.: Schnittstellen bei betrieblichen Informationssystemen. In: BfuP (1987) 6, S. 550-560

[419] Zülch, G.: Integrierte Fabrikplanung – Ansätze zu einer ganzheitlichen Vorgehensweise. In: VDI-Z 135 (1993) 3, S. 34-38

GLOSSAR

Das Glossar mit den enthaltenen Begriffsdeutungen ist wichtiger Bestandteil des terminologischen Bezugsrahmens als Grundlage und Ausgangspunkt für das Methodenkonzept der IPSS.

Aspektsystem

Ein Aspektsystem enthält nur diejenigen Elemente und Beziehungen des Gesamtsystems, welche unter dem jeweils betrachteten Aspekt existieren. Durch die zweckabhängige Wahl des jeweiligen Aspekts kann festgelegt werden, welche spezifischen Elemente und Beziehungen das Aspektsystem enthalten soll. (i.A.a. [274])

Beschreibungskategorie

Eine Beschreibungskategorie ist formalisierter Ausdrucksbestandteil eines Beschreibungskonzeptes oder einer Modellvorstellung von systemischen Sachverhalten, dienlich der Erzeugung von Beschreibungskonstrukten. Beschreibungskategorien sind Teil eines Beschreibungsrahmens.

Beschreibungskonstrukt

Ein Beschreibungskonstrukt ist ein aus Beschreibungskategorien generierter konkretisierter und operationalisierter, für Beschreibungskonzepte und Modelle verwendbarer Repräsentant eines Beschreibungsreservoirs. Beschreibungskonstrukte sind Teil eines Beschreibungsvorrates.

Beschreibungsrahmen

Ein Beschreibungsrahmen ist formalisierter Ausdruck eines Beschreibungskonzeptes oder einer Modellvorstellung von systemischen Sachverhalten, dienlich der Erzeugung von Beschreibungsvorrat. Ein Beschreibungsrahmen enthält Beschreibungskategorien.

Beschreibungsvorrat

Ein Beschreibungsvorrat ist ein aus einem Beschreibungsrahmen generiertes konkretisiertes und operationalisiertes, für Beschreibungskonzepte und Modelle verwendbares, limitiertes Beschreibungsreservoir. Ein Beschreibungsvorrat enthält Beschreibungskonstrukte.

Bestimmtheitsgrad

Ein Bestimmtheitsgrad ist ein Maß für die Übereinstimmung von Soll- und Ist-Zustand hinsichtlich einer Beschreibungskonstruktinstanz oder eines Planungsobjektes. Aus Bestimmtheitsgraden lassen sich Planungsfälle ableiten. (vgl. [14]) Bestimmtheitsgrade können Teil eines Beschreibungsvorrates sein.

Best-Practice-Lösungen

Best-Practice-Lösungen sind angewandte bewährte Lösungen. Sie sind eine Teilmenge der Gestaltungslösungen.

Bezugsrahmen (theoretisch-beschreibungskonzeptioneller, terminologischer)

Ein Bezugsrahmen ist ein Konzept, mit dem die theoretische Grundlage für eine Untersuchung entwickelt wird (vgl. [370]). Er kann gedanklich unterteilt werden in einen theoretisch-beschreibungskonzeptionellen und einen terminologischen Bezugsrahmen. Den Teil des theoretisch-beschreibungskonzeptionellen Bezugsrahmens kann ein auf Basistheorien, -modellen, -konzepten und -methoden aufbauender Beschreibungsrahmen bilden. Den Teil des terminologischen Bezugsrahmens kann ein zugrunde liegendes Begriffsgefüge (Ontologie), zum Ausdruck kommend u.a. in Sammlungen von Begriffen und Definitionen etwa in einem Glossar, bilden.

Demonstrator

Ein Demonstrator ist ein für Untersuchungen herangezogener Proband oder Versuchsgegenstand. Demonstratoren sind hier zum Zwecke wissenschaftlicher Untersuchungen ausgewählte regionale Netze kleiner und mittelständischer Unternehmen zur Herstellung der mechatronischen Produkte Motorspindel und Montageautomat (vgl. [84], [252]).

Dimension

Die Dimension verkörpert quantitative Eigenschaften von Systemen sowie von deren Elementen und Beziehungen.

Funktion

Eine Funktion ist ein zeitverbrauchendes, zielgerichtetes Geschehen. Sie wird durch ein (Start-)Ereignis ausgelöst und durch ein (End-)Ereignis abgeschlossen. Die Funktion (synonym Aktivität, Aufgabe, Tätigkeit, Vorgang, Handlung) ist eine Verrichtung an einem (Geschäfts-)Objekt zur Erbringung einer Leistung und damit zur Erreichung eines oder mehrerer Ziele. (i.A.a. [310])

Geschäftsobjekt

Ein Geschäftsobjekt (auch nur Objekt) ist der Input oder Output von Funktionen und der Träger einer Leistung.

Gestaltung

Gestaltung ist die bewusste, verändernde Einflussnahme auf die Erscheinung von Dingen oder Zusammenhängen, also auf unmittelbar sinnlich wahrnehmbare Phänomene (i.A.a. [387]). Von Gestaltung wird hier gesprochen, wenn es sich eher um Aussagen zum Objektbereich soziotechnischer Systeme handelt.[95]

---

[95] Diese Begriffsauffassung sieht sich im Konsens mit Auffassungen, welche unter Gestaltung die langfristige Konfiguration von Systemen (z.B. strategische Logistiksystemkonfiguration) oder die realitätsnahe Projektierung produktionslogistischer Systeme (Übergang von der Ideal- zur Realplanung als Projektierungsschritt innerhalb der Produktions- und Logistiksystemprojektierung) verstehen.

Gestaltungsansatz

Gestaltungsansätze bilden das Bindeglied zwischen abstrakten Gestaltungskonzepten, -strategien und -prinzipien einerseits und konkreten Gestaltungs- und Vorzugslösungen andererseits.

Gestaltungskonzept, -strategie und -prinzip

Gestaltungskonzepte, -strategien und -prinzipien geben Anhaltspunkte für Gestaltungs- und Vorzugslösungen auf abstraktem Niveau und sind diesen häufig inhärent.

Gestaltungslösung

Gestaltungslösungen sind schöpferisch durch den Planer bzw. Gestalter generierte, einen Nutzen versprechende Lösungen. Gestaltungslösungen werden überwiegend auf ein zu planendes System bezogen und besitzen eher längerfristigen Charakter.

Grobfunktion

Eine Grobfunktion ist eine Funktion von hohem Abstraktionsgrad. Von Grobfunktion wird hier gesprochen, wenn es sich um eine durch Kombination der allgemeinen Verrichtung Bestimmung mit einem Beschreibungskonstrukt formal erzeugte generische „grobe“ Funktion für Planungsprozesse handelt. Grobfunktionen können Teil eines Beschreibungsvorrates sein.

Idealtypische Lösung

Idealtypische Lösungen sind theoretisch optimale, praktisch selten erreichbare Lösungen. Sie sind eine Teilmenge der Vorzugslösungen.

Kompetenz

Kompetenz (hier Individualkompetenz) ist die Fähigkeit zur Umsetzung von Wissen durch organisiertes Handeln zum Zwecke einer Leistungserbringung. Individualkompetenzen sind kognitive und/oder konative Fertigkeiten, Fähigkeiten und Bereitschaften als Selbstorganisationsdispositionen des Individuums. Kompetenzen lassen sich unterscheiden in fachliche, methodische, personale und soziale Kompetenz. (i.A.a. [89], [252])

Kompetenzzelle

Eine Kompetenzzelle ist die elementare, nicht weiter sinnvoll teilbare, autonome, im Netz lebensfähige Leistungseinheit der Wertschöpfung (vgl. [84]).

Kompetenzzellenbasiertes Netz

Ein kompetenzzellenbasiertes Netz ist ein Netz sich konstituierend aus Kompetenzzellen [84].

Leistung

Unter Leistung wird ein auf die Deckung eines Bedarfes gerichteter, potenzial-, tätigkeits-/prozess- oder ergebnisorientierter materieller oder immaterieller Sachverhalt verstanden, dem ein materieller oder immaterieller Wert beimeßbar ist (vgl. [13] , [27], [34], [368]).

Logistik

Die Logistik umfasst die zielgerichtete Bestimmung (Analyse und Synthese; Planung/ Gestaltung, Steuerung und Kontrolle; Organisation oder Management) sowie die Realisierung von raum-zeitlichen (Transformations-)Prozessen (Fluss von Objekten; Zustandsänderung von Systemgrößen) in (Wirk-)Systemen zum Zwecke einer Leistungserbringung in Folge eines Bedarfs.

Logistikstruktur

Die Logistikstruktur ist das Gefüge der Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems der Logistik.

Logistiksystem

Ein Logistiksystem ist ein System der Domäne Logistik, welches unter zielgerichtetem Einsatz von organisierten, prozessrealisierenden Funktionsträgern der Erbringung logistischer Leistungen dient.

Methode

Eine Methode ist ein auf einem Regelsystem aufbauendes Verfahren, das zur Erlangung von (wissenschaftlichen) Erkenntnissen oder praktischen Ergebnissen dient (i.A.a. [131]).

Modell

Ein Modell ist eine semantisch geschlossene Abstraktion, eine vereinfachte Abbildung eines Systems (i.A.a. [43]).

Modellierung

Modellierung ist das Abbilden von Systemen in Modellen.

Planung

Planung ist die zielgerichtete, gedankliche Vorwegnahme des zukünftigen Aufbaus und Ablaufs von Systemen (i.A.a. [317]). Von Planung wird hier gesprochen, wenn es sich eher um Aussagen zum Methodenbereich soziotechnischer Systeme handelt.

Produktionslogistik

Unter Produktionslogistik (oder produktionslogistischer Domäne) wird der Bereich der Produktion und Logistik verstanden.

Produktionssystem

Ein Produktionssystem ist ein System der Domäne Produktion, welches unter zielgerichtetem Einsatz von organisierten, prozessrealisierenden Funktionsträgern der Herstellung von Produkten dient.

Prozess

Ein Prozess ist eine Abfolge von Funktionen zur Transformation von (Geschäfts-) Objekten aus Anfangs- in Endzustände.

Referenzlösung

Referenzlösungen sind vorabgelegte, eine Grundausrichtung bietende, für eine Wiederverwendung (auch mittels Adaption) bestimmte Basis(gestaltungs)lösungen.

Ressource

Eine Ressource (synonym Produktionsfaktor) ist ein für die Erstellung einer Leistung erforderlicher Funktionsträger (i.A.a. [193]).

(Struktur-)Einheit

Eine (Struktur-)Einheit ist eine organisierte, strukturrelevante Zusammenfügung von Dingen.

Struktur

Die Struktur ist das Gefüge der Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems (i.A.a. [274]).

Struktur, mengenmäßige

Die mengenmäßige Struktur[96] erlaubt Aussagen zu Beziehungsgefügen von Zuordnungs-Logiken schlechthin zwischen den Elementen eines Systems (Zugehörigkeit; auch Mengenangaben).

Struktur, rangmäßige

Die rangmäßige Struktur erlaubt Aussagen zu Beziehungsgefügen von Übergeordnet-Untergeordnet-Logiken zwischen den Elementen eines Systems.

Struktur, räumliche

Die räumliche Struktur erlaubt Aussagen zu Beziehungsgefügen bezüglich der Daseinsform Raum (von topologischen Daseinsformationen) zwischen den Elementen eines Systems.

---

[96] Paradoxie der mengenmäßigen Struktur: Den Unterschied zwischen Menge und System machen gerade die Beziehungen bzw. Strukturen als drittes Bestimmungsstück eines Systems (differentia spezifica [274]) aus. Insofern kann es sich also nur um mengenmäßige Strukturen handeln, wenn es sich um Beziehungsgefüge zwischen mindestens zwei Mengen handelt. Die mengenmäßige Struktur fungiert als „Allzweckwaffe“. Sie kann immer dann herangezogen werden, wenn andere Strukturen nicht „greifen“ (z.B. Zuordnungsbeziehungen, Einheitenbildung). Vor dem mathematischen Hintergrund wäre die mengenmäßige Struktur bereits ausreichend, um alle Strukturen zu beschreiben.

Struktur, vorgehenslogische

Die vorgehenslogische Struktur erlaubt Aussagen zu Beziehungsgefügen von Vorgänger-Nachfolger-Logiken zwischen den Elementen eines Systems.

Struktur, zeitliche

Die zeitliche Struktur erlaubt Aussagen zu Beziehungsgefügen bezüglich der Daseinsform Zeit (von temporalen Daseinsformationen) zwischen den Elementen eines Systems.

Strukturierung

Strukturierung ist die Bestimmung von Strukturen.

System

Ein System besteht aus einer Menge von Elementen, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Relationen miteinander verknüpft sind [274].

Theorie

Eine Theorie bezeichnet in den Wissenschaften ein Konzept zur Beschreibung der Welt [386].

Typenlösung

Typenlösungen sind aus einem Set von den Objektbereich wesensbeschreibenden Merkmalen und deren Ausprägungen (z.B. Morphologie) durch Typbildung (Kombination von Merkmalsausprägungen) gewonnene Lösungen. Alle möglichen Kombinationen von Merkmalsausprägungen beschreiben die Lösungsgrundmenge an Typenlösungen. Typenlösungen und Gestaltungslösungen bilden Schnittmengen.

Vorzugslösung

Vorzugslösungen sind Lösungen, die sich aus einer Grundmenge an Lösungen, bewertet nach einer oder mehreren Zielgrößen, unter bestimmten Randbedingungen als besonders geeignet und vorteilhaft gegenüber der Restmenge erweisen. Sie sind eine Teilmenge der Gestaltungslösungen.

Ziel

Ein Ziel ist ein bestimmter intendierter Sachverhalt. Der intendierte Sachverhalt (Soll-Zustand) weicht vom derzeitigen Sachverhalt (Ist-Zustand) im Ausmaß, Erfüllungsgrad und durch eine zeitliche Differenz ab. (i.A.a. [41])

ANLAGEN

Die Inhalte der Anlagen sind partiell verschiedenen Schritten des Problemlösungszyklus' angehörig, welcher der Methodenentwicklung zugrunde liegt (siehe Kapitel 6).

A1 KRITISCHE WÜRDIGUNG DER BASISTHEORIEN, -MODELLE UND -METHODEN

Die vertiefende kritische Würdigung der theoretischen Ansätze gliedert sich jeweils in 1. Beschreibungsrahmen mit vorgehaltenen Beschreibungskategorien einschließlich assoziierenden Modellen, 2. verwendete Termini, 3. angebotene Problemlösungsmethodiken sowie gegebenenfalls 4. Besonderheiten. Die Gliederung reflektiert auf den theoretisch-beschreibungskonzeptionellen Bezugsrahmen (Beschreibungsrahmen mit Beschreibungskategorien) und terminologischen Bezugsrahmen (wichtige Begriffsdefinitionen) der IPSS sowie auf deren Methodenkonzept.

Systemtheorie nach PATZAK

Der systemtheoretische Ansatz nach PATZAK bildet einen universalen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A1.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Systemdefinition: Beziehungen sollten Eigenschaften haben können Vielfach ergibt sich für logistikstrukturbezogene Problemstellungen die Notwendigkeit, auch Beziehungen Eigenschaften (z.B. Weglänge) zuweisen zu können.[97] Die Graphentheorie lässt dies über Kantenbewertungen zu. Von einem nach dem erweiterten Systemverständnis arbeitenden Modellierungsformalismus kann stets zu einem nach dem engeren Verständnis arbeitenden Formalismus übergegangen werden, indem die „Inhalte der Beziehung“ (z.B. Modellierung von Wegen im Planungssystem 4flow vista) in ein „Beziehungselement“ verbracht werden, welches zusammen mit zwei „inhaltslosen Beziehungen“ die ursprünglichen Systemelemente miteinander verbindet (z.B. Modellierung von Weg(element)en im Simulationssystem eM-Plant). *Aspektsysteme sollten auch elementorientiert bildbar sein* Aspektsysteme sollten sowohl aus element- als auch aus beziehungs-/strukturorientierten Gesichtspunkten heraus bildbar sein. Dies macht sie zu einem universalen Medium der Abstraktion. *Einheitensystem als fünftes „logisches, organisierendes“ System* Mittels Einheitensystem können sowohl „strukturierte/organisierte Kombinationen/Zusammenfassungen“ über die Grundsysteme hinweg als auch Black-Box-Betrachtungen, welche vom eigentlichen Inhalt der Einheiten abstrahieren und lediglich auf die Einbindung dieser in die jeweiligen Strukturen fokussieren, erfolgen. *Strukturarten und deren Gliederung* Es wird an den gleichen elementaren Strukturen Aufbaustruktur (Gefüge von Ordnungsrelationen; statische Betrachtungsweise bzw. Beziehungssetzungen) und Ablaufstruktur (Gefüge von Flussrelationen; dynamische Betrachtungsweise bzw. Beziehungssetzungen) orientiert. Ausgehend von für beliebige Systeme geltenden Gliederungsgesichtspunkten für Beziehungs- bzw. Strukturarten werden die Strukturarten rangmäßig, mengenmäßig und räumlich als grundlegende, eher der Aufbaustruktur zugehörige Strukturarten und die Strukturarten vorgehenslogisch und zeitlich als grundlegende, eher der Ablaufstruktur zugehörige Strukturarten angesehen. *Flussstrukturen* Flussstrukturen sind wegen der dynamischen Betrachtungsweise zunächst den Ablaufstrukturen zugehörig. Viele Problemstellungen erfordern jedoch eine gleichermaßen statische Betrachtungsweise, was die Aufnahme von Aufbaustrukturen in die Flussstruktur impliziert. So ergeben sich Flussstrukturmodelle, welche alle Element- und Strukturarten beinhalten. Umgekehrt ist dies auch eine Erklärung dafür, dass Flussstrukturmodelle aufgrund der kompakten Beschreibung wesentlicher Sachverhalte einschließlich aller grundlegenden Element- und Strukturarten in Problemlösungsprozessen breite Anwendung finden.

[97] Die Systemdefinition nach PATZAK schließt insofern durch bloße Nichtnennung keineswegs die Möglichkeit aus, auch eine Menge von Eigenschaften auf den Beziehungen zu definieren.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Eigenschaftskategorien Es wird in die Eigenschaftskategorien: • daseinsformbezogene (raum- und zeitbezogene) Eigenschaften und • (inhaltlich-,) sachlich-, logikbezogene Eigenschaften unterschieden, wobei insbesondere logikbezogene Eigenschaften eine gute Erklärung für die Gliederung der Strukturarten liefern können. D.h., dass die Strukturarten räumlich und zeitlich auf die Daseinsformen reflektieren, die Strukturarten mengenmäßig (Zugehörigkeit), rangmäßig (Über-Untergeordnet-Verhältnis) und vorgehenslogisch (Vorgänger-Nachfolger-Verhältnis) wesentliche logische Sachverhalte abbilden. Ihre Generis ziehen die Strukturarten weiterhin daraus, dass sie zunächst von den „Inhalten“, welche den einzelnen Beziehungen anhaften, abstrahieren, diese aber im Weiteren zulassen, sodass sich Beziehungen „mit Inhalt“ (z.B. Stoff-, Energie- oder Informationsflüsse) und Beziehungen „ohne Inhalt“ (z.B. Über-Untergeordnet-Verhältnisse) ergeben können.
Termini
Systembenennungen Die Systemtypen Ziel-, Programm-, Wirk- und Objektsystem finden ihre Entsprechungen in den fünf Systemarten[98] Ziel-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- bzw. Einheiten- und Leistungssystem, wobei die Systeme außer dem Einheitensystem Grundsysteme darstellen. Jegliche dieser Systeme sind Aspektsysteme. Die Umbenennung des Programmsystems in Funktionssystem folgt der Ansicht, dass der Begriff Funktionssystem gegenüber den Begriff Programmsystem neutraler (siehe beispielsweise Mathematik) ist, wie auch der Begriff Funktion neutraler gegenüber dem Begriff Aktivität ist. Die Umbenennung des Objektsystems in Leistungssystem folgt der Absicht, dass das Objektsystem als System schlechthin um eine Bewertbarkeitsdimension erweitert werden sollte und Objekte respektive Leistungen als Input, Throughput oder Output im Erstellungsprozess eine phasenorientierte Sichtweise ermöglichen sollten. Die Umbenennung und Aufspaltung des Wirksystems in Kompetenz-/Ressourcensystem sowie Einheitensystem folgt der Ansicht, dass in soziotechnischen Systemen der Mensch mit seinen Kompetenzen und den ihm zur Verfügung stehenden nichtpersonellen Ressourcen in der Regel als Funktionsträger agiert, wobei ungeachtet dessen auch organisierende Struktureinheiten Repräsentanten einer solchen Funktionsträgerschaft sein können. Die Aufspaltung folgt der Absicht, die Beschreibungskategorien anders zu ordnen und einhergehend dem Einheitensystem besondere Verwendungen zu geben. Weiterhin kann und soll, wenn funktionstragende Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensysteme zusammen gemeint sind, von Wirksystemen[99] gesprochen werden. Die (Um-)Benennung verschiedener Systeme bringt die Nomenklatur in Einklang mit denen anderer relevanter Theorien, Modellierungsparadigmen und Modelle. *(Struktur-)Einheit als Synonym zu Komponente* Synonym zu Komponente als Begriff für einen Systembestandteil wird der Begriff (Struktur-)Einheit eingesetzt, um mit diesem Begriff explizit auszudrücken bzw. treffend zu vermitteln, dass einerseits jegliche Systembestandteile in Strukturen eingebunden sind und andererseits jegliche Systembestandteile „organisierte, strukturgebende“ Zusammenfassungen/Zusammenfügen von Elementen und Beziehungen der Grundsysteme sind. *Elementbenennungen* Die Elementtypen Ziel, Aktivität, Mittel und Objekt finden analog zu den Begründungen bezüglich der Systemtypen ihre Entsprechungen in den Elementarten Ziel, Funktion, Kompetenz/Ressource bzw. Struktureinheit und Leistung.

[98] Der begriffliche Wechsel von Systemtyp zu Systemart hat den Hintergrund, über den Begriffsbestandteil Art eine begriffliche Angleichung zu den Begriffen Element- und Strukturart herbeizuführen und den Begriffsbestandteil Typ für den Begriff der Strukturtypen freizuhalten.

[99] Ein Wirksystem als Zusammenfassung von zwei Systemarten unter dem Aspekt der Funktionsträgerschaft ist demnach ein Aspektsystem, aber kein Grundsystem. Obwohl grundsätzlich nichts dagegen spricht, auch ein Wirksystem als Systemart zu bezeichnen, wird dies vermieden, um den Begriff der Systemart für die fünf Aspektsysteme Ziel-, Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystem freizuhalten.

Problemlösungsmethodiken
Es wird eine Vorgehensweise im Problemlösungsprozess favorisiert, die von einer mindestens einmal zu durchlaufenden Kaskade Zielsystem ⇨ Programmsystem ⇨ Wirksystem ⇨ Objektsystem ausgeht, wobei die Abfolge Zielsystem ⇨ Objektsystem ⇨ Programmsystem ⇨ Wirksystem nicht prinzipiell ausgeschlossen wird.
Besonderheiten
keine

Tabelle A1: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten Systemtheorie nach PATZAK zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, erscheint der Theorieansatz vor allem dadurch geeignet, dass er in einer ausgewogenen, generischen Art und Weise einen Zugang zu einer Vielzahl von für die Problemstellungen bedeutsamen Beschreibungskategorien ermöglicht und hierauf aufbauend auch eine adäquate, ebenfalls generische Problemlösungsmethodik liefert.

Graphentheorie

Die Graphentheorie bildet einen universalen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A2.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Zentrale Beschreibungskategorien des Theorieansatzes sind bewertbare Knoten und Kanten. Als Beschreibungskategorieentsprechung innerhalb der IPSS können gelten: Knoten entspricht Struktureinheit; Kantenformationen entsprechen allen Strukturarten.
Termini
Mit Knoten und Kante existieren zwei zentrale Begriffe.
Problemlösungsmethodiken
Problemlösungsmethodiken werden keine angeboten.
Besonderheiten
Gegenüber den Beziehungen der Systemtheorie werden den Kanten der Graphentheorie Bewertungen im Sinne von Eigenschaften zugewiesen.

Tabelle A2: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Graphentheorie zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, unterstützt der Theorieansatz eine sehr abstrakte, aber damit mathematisch fassbare Beschreibung. Diese muss, um an Aussagekraft zu gewinnen, in einen Kontext gesetzt werden.

Prozesskettentheorie nach KUHN

Die Prozesskettentheorie bildet einen kontextspezifischen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A3.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Der Theorieansatz, in dessen Mittelpunkt sich aus Prozesskettenelementen konstituierende Prozessketten stehen, weist Analogien zu systemtheoretischen Ansätzen auf, welche Systeme in Aspektsysteme wie Entscheidungs-, Informations- und Ausführungssysteme zerlegen (vgl. [300]). Die Beschreibungskategorie Lenkung mit ihren fünf Potenzialklassen, die sich am Modell lebensfähiger Systeme (vgl. u.a. [31], [33]) orientiert, ist vordergründig dem Entscheidungs- bzw. Informationssystem zuzuordnen. Eine Entsprechung an Beschreibungskategorien innerhalb der IPSS gibt es nicht, vielmehr können oder müssen Entscheidungs-, Informations- und Ausführungssysteme wiederum über den gesamten Beschreibungsrahmen abgebildet werden. Die Beschreibungskategorien Prozesse, Strukturen und Ressourcen sind vordergründig dem Informations- und Ausführungssystem zuzuordnen. Innerhalb der Beschreibungskategorie Prozesse können mittels der Potenzialklassen Quellen und Senken (können in Form von Leistungen, Ressourcen oder Struktureinheiten auftreten) Flussbeziehungen abgebildet werden. Innerhalb der Beschreibungskategorie Strukturen werden bestimmte Strukturarten wie räumliche (Potenzialklasse Layout) oder rangmäßige (Potenzialklasse Aufbauorganisation) Strukturen des Kompetenz-/Ressourcen- und/oder Einheitensystems abgebildet. Innerhalb der Beschreibungskategorie Ressourcen werden ausgewählte Ressourcenarten des Kompetenz-/Ressourcensystems abgebildet. Explizit werden in Prozesskettenplänen rangmäßige(, vorgehenslogische) und zeitliche Strukturen von Funktionen (und Leistungen in Form von Basisobjekten) abgebildet. Aufgrund der grundsätzlichen Anordnung von Prozessketten entlang der Zeitachse in Prozesskettenplänen sind rückführende Prozessschleifen nicht erkennbar, der Zeitverzehr der einzelnen Prozessschritte im Hinblick auf die Durchlaufzeit ist dafür sofort ablesbar. Andere Strukturen, so auch räumliche, können über Beschreibungskategorien und Potenzialklassen abgebildet werden. Insofern wird eine Priorisierung der Sichtweisen auf ein System sowie hierfür prädestinierter Modelle vorgenommen.
Termini
siehe hierzu Abschnitt 5.3 und Anlage A2
Problemlösungsmethodiken
Für Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit dem Prozesskettenintrumentarium werden u.a. die Prozesskettenmodulation oder das Delta-Vorgehensmodell vorgeschlagen. Unter Prozesskettenmodulation[100] wird eine gezielte, systemlastbezogene Veränderung der Prozesskette über die Beschreibungskategorien bzw. Potenzialklassen verstanden [284]. Die Prozesskettenmodulation nutzt u.a. die Methode des Logistic Function Deployment. Das Delta-Vorgehensmodell versteht sich als eine Meta-Vorgehensweise zur Gestaltung der Produktionsorganisation unter Zuhilfenahme von Modell- und Methodenbausteinen. Das Delta-Vorgehensmodell basiert im Wesentlichen auf dem SysEng, wobei ergänzend das Regelkreisprinzip über das Spiralmodell und der Prototyping-Ansatz einbezogen werden. [222] Beide Vorgehensweisen zeichnen sich dadurch aus, dass sie für die Modellierung des Planungsprozesses nicht (zumindest nicht explizit) auf die Beschreibungskategorien des Prozessketteninstrumentariums zurückgreifen.
Besonderheiten
Die Selbstähnlichkeit als Eigenschaft des Prozessketteninstrumentariums wird als zwingende Eigenschaft eines jeden Modellierungsparadigmas angesehen.

Tabelle A3: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Prozesskettentheorie nach KUHN zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

[100] Synonym: Prozesskettenmanagement.

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, erscheint der Theorieansatz dahingehend geeignet, indem er die entwickelte Modellvorstellung in Form der konzipierten Beschreibungskategorien in wichtigen Punkten bestätigt (z.B. Prozess- und Flussorientierung, Strukturarten). Kritisch anzumerken ist, dass der Theorieansatz von einer ausgewogenen Betrachtungsweise wichtiger Sachverhalte (z.B. Element-, Struktur- und Systemarten) absieht (Fokus liegt auf rangmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen von Funktionen, Leistungen und Struktureinheiten), und dass das Prozessketteninstrumentarium für die Modellierung des Prozesses zur Planung (und Gestaltung) von Prozessketten weniger vorgesehen ist.

Flusssystemtheorie nach WIRTH/FÖRSTER

Die Flusssystemtheorie bildet einen kontextspezifischen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A4.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Der Theorieansatz stellt bewegliche, fließende, ihren Zustand verändernde Objekte (Flüsse von Flussgegenständen) in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Entsprechungen zum Flussgegenstand innerhalb des Beschreibungsrahmens der IPSS finden sich in der Beschreibungskategorie Leistung (einschließlich Geschäftsobjekt). Zur Flussrealisierung werden Flussfunktionen (Entsprechung: Funktion) und Flusssystemelemente (Entsprechungen: Ressource bzw. Struktureinheit) eingesetzt. Beschreibungskategorien für Ziele und menschliche Kompetenzen fehlen. Im Theorieansatz finden sich alle fünf Strukturarten wieder. So repräsentiert ein Fluss=Menge/Zeit (im Raum) mengen-zeitliche und räumliche Strukturen. Flusssysteme lassen sich im Sinne einer rangmäßigen Struktur hierarchisch gliedern. Funktionsketten sind vorgehenslogische Strukturen von Funktionen.
Termini
siehe hierzu Abschnitt 5.3 und Anlage A2
Problemlösungsmethodiken
Für Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit der Flusssystemtheorie wird auf klassische Systematiken und Vorgehensweisen (u.a. [6], [317]) zurückgegriffen. Weitere Vorgehensweisen beziehen u.a. auch Strukturgrundgestalten mit ein [107].
Besonderheiten
keine

Tabelle A4: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Flusssystemtheorie nach WIRTH/FÖRSTER zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, erscheint der Theorieansatz unter folgenden Gesichtspunkten geeignet:

- Flüsse und Flusssysteme lassen sich als Graphen oder Matrizen einfach modellieren
- Fluss(system)modelle (inklusive Funktionsketten) erlauben eine äußerst kompakte Abbildung mit nahezu allen System-, Element- und Strukturarten

- Fluss(system)modelle bieten eine gute Grundlage für eine hierauf aufbauende Systemprojektierung

Kritisch anzumerken ist, dass der Theorieansatz das Zielsystem nur indirekt einbezieht, eher „nur Beziehungen mit Inhalt“ betrachtet, den technischen Teil eines soziotechnischen Systems übergewichtet und die verschiedenen Strukturarten über die Systemarten hinweg in unterschiedlichem Maße berücksichtigt.

„Fertigungssystemtheorie“ nach WIRTH/FÖRSTER

Die „Fertigungssystemtheorie“ bildet einen kontextspezifischen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A5.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Zentrale Beschreibungskategorien des Theorieansatzes sind der Fertigungsplatz und das Verbindungselement. Als Beschreibungskategorieentsprechung zum Fertigungsplatz innerhalb des Beschreibungsrahmens der IPSS kann die Struktureinheit angesehen werden.
Termini
Die horizontale Gliederung entspricht einer objektorientierten Gliederung. Die vertikale Gliederung entspricht einer verrichtungsorientierten Gliederung. Die periphere Gliederung entspricht einer rangmäßigen Gliederung nach der Nähe zum Zweck des Systems. Die hierarchische Gliederung entspricht einer rangmäßigen Gliederung nach dem Abstraktionsniveau des Systems.
Problemlösungsmethodiken
Für Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit der „Fertigungssystemtheorie“ gilt Analoges wie zur Flusssystemtheorie.
Besonderheiten
keine

Tabelle A5: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Fertigungssystemtheorie“ nach WIRTH/FÖRSTER zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, unterstützt der Theorieansatz vor allem die Beschreibungskategorie Struktureinheit. Kritisch anzumerken ist, dass der Theorieansatz eine fixe rangmäßige Struktur propagiert.

„Logistiksystemtheorie“ nach JÜNEMANN

Die „Logistiksystemtheorie“ bildet einen kontextspezifischen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A6.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Der Theorieansatz stellt Gegenstände der Logistik in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Entsprechungen zu diesen Gegenständen innerhalb des Beschreibungsrahmens der IPSS finden sich in den Beschreibungskategorien Leistung (einschließlich Geschäftsobjekt) und Ressource. Diese Gegenstände können verschiedenste logistische (Teil-)Systeme bilden, welche ihre Entsprechung in den Struktureinheiten (und deren Systemen) finden. Elementarprozesse, welche für eine Zustandstransformation von Gegenständen der Logistik stehen, finden ihre Entsprechung in Funktionen. Logistische Leistungen mit der Entsprechung Leistung innerhalb der IPSS werden ebenfalls thematisiert.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Verschiedene Strukturarten werden explizit (z.B. hierarchische Strukturen innerhalb von Wirksystemen) oder implizit (z.B. Prozesse als Zustandstransformationen von Gegenständen der Logistik als vorgehenslogische und/oder zeitliche Strukturen von Funktionen) benannt.
Termini
Die verwendeten Termini ordnen sich in die Terminologie der IPSS weitgehend ein.
Problemlösungsmethodiken
Für Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit der „Logistiksystemtheorie“ wird zur Planung von Materialflusssystemen ein siebenschrittiger Ablauf vorgeschlagen.
Besonderheiten
keine

Tabelle A6: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Logistiksystemtheorie“ nach JÜNEMANN zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, erscheint der Theorieansatz unter folgenden Gesichtspunkten geeignet:

- System- und Graphentheorie werden als Basistheorien benannt
- der Fokus ist gerichtet auf einen nächstliegenden Kontext
- das Vorkommen nahezu aller Element- und Strukturarten ist zu verzeichnen
- es herrscht mehrheitliche Übereinstimmung in der Terminologie
- die Planungsmethodik zeichnet sich im Gegensatz zur Fabrikplanungsmethodik dadurch aus, dass sie eine wesentlich andere Bestimmungsabfolge über die Element- und Strukturarten empfiehlt und damit indirekt für eine nicht fest gefügte Vorgehensweise argumentiert

Kritisch anzumerken ist, dass der Theorieansatz für Ziele und menschliche Kompetenzen keine separaten Beschreibungskategorien vorhält. Der Begriff System wird „lediglich“ im Sinne von Wirksystem benutzt. Auch werden viele Strukturarten nur implizit erwähnt.

„Produktionssystemtheorie“ nach SCHMIGALLA

Die „Produktionssystemtheorie“ bildet einen kontextspezifischen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A7.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Zentrale Beschreibungskategorien des Theorieansatzes sind gemäß dem systemtheoretischen Ansatz Elemente und Relationen, wobei Relationen weiter untergliedert werden in mehrstellige Relationen, genannt Prozesse, und zweistellige Relationen, genannt Strukturen. Entsprechungen zur Beschreibungskategorie Element innerhalb der Beschreibungskategorien der IPSS finden sich in Leistung (einschließlich Geschäftsobjekt), Ressource oder auch Struktureinheit. Naheliegende Entsprechungen zur Beschreibungskategorie Prozess sind vorgehenslogische und zeitliche Strukturen von Leistungen und Funktionen. Naheliegende Entsprechungen zur Beschreibungskategorie Struktur sind räumliche Strukturen zwischen Ressourcen oder Struktureinheiten.

Termini
siehe hierzu Abschnitt 5.3 und Anlage A2
Problemlösungsmethodiken
Für Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit der „Produktionssystemtheorie“ wird auf klassische Systematiken und Vorgehensweisen (u.a. [6]), insbesondere auf wenige Planungsschritte aufgesetzt. Die Planungsschritte lassen sich jedoch nur unvollständig aus dem zugrunde liegenden Modell ableiten (u.a. fehlende oder intransparente Bezugnahme auf das Produktions-/Leistungsprogramm).
Besonderheiten
keine

Tabelle A7: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Produktionssystemtheorie“ nach SCHMIGALLA zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, erscheint der Theorieansatz dahingehend geeignet, dass er sich sehr eng an die Systemtheorie hält und die vorgeschlagene Problemlösungsmethodik sich direkt auf das entwickelte Grundmodell bezieht. Kritisch anzumerken ist, dass der Theorieansatz den Systemzweck (abbildbar über das Zielsystem) in Definition, Modell und aus Planungsschritten bestehender Problemlösungsmethodik nicht, den Systeminput und -output (abbildbar über das Leistungssystem) nicht ausreichend berücksichtigt. Auch sind verschiedene Termini, vor allem die Begriffe Prozess und Struktur, im Hinblick auf eine verallgemeinerungsfähige Anwendung problematisch.

„Arbeitssystemtheorie“ nach REFA

Die „Arbeitssystemtheorie“ bildet einen kontextspezifischen Theorieansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A8.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Zentrale Beschreibungskategorien des Theorieansatzes sind Arbeitsaufgabe, Arbeitsablauf, Mensch und Arbeits-/Betriebsmittel, Ein- und Ausgabe sowie Umwelteinflüsse. Entsprechungen innerhalb des Beschreibungsrahmens der IPSS finden sich in den Beschreibungskategorien Arbeitsaufgabe (Funktion (auch Leistung und Ziel)), Mensch und Arbeits-/Betriebsmittel (Kompetenz/Ressource), Ein- und Ausgabe (Leistung) sowie Arbeitsablauf (räumliche, vorgehenslogische und zeitliche Strukturen von Kompetenzen/Ressourcen). Zur Beschreibungskategorie Umwelteinflüsse findet sich keine sofortige Entsprechung.
Termini
Der Begriff Arbeitsaufgabe wird nicht nur als geforderte Funktion, sondern auch als geforderte(s) Leistung oder Ziel aufgefasst. Der teils zur Arbeitsaufgabe ergänzend hinzugenommene Begriff Arbeitsauftrag wird als geforderte(s) Leistung oder Ziel aufgefasst.
Problemlösungsmethodiken
Für Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit der „Arbeitssystemtheorie“ wird als Systematik die REFA-6-Stufen-Methode angeboten.
Besonderheiten
keine

Tabelle A8: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der „Arbeitssystemtheorie“ nach REFA zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, unterstützt der Theorieansatz, indem er auf vielen ähnlichen Beschreibungskategorien aufbaut, den Beschreibungsrahmen der IPSS. Kritisch anzumerken ist, dass der Theorieansatz verschiedene Termini in mehrfacher Bedeutung benutzt.

Methode der Architektur integrierter Informationssysteme nach SCHEER

Die Methode der Architektur integrierter Informationssysteme bildet einen kontextspezifischen Theorie- bzw. Modellierungsmethodenansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A9.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Der Modellierungsmethodenansatz stellt mit den Beschreibungskategorien Ziel, Leistung, Funktion (als Verrichtung am Objekt), Wissen und Ressource/Betriebsmittel sowie Organisationseinheit zum Beschreibungsrahmen der IPSS fast identische Beschreibungskategorien bereit. Diese lassen sich in rangmäßige, mengenmäßige und vorgehenslogische Strukturen bringen und in angebotenen Diagrammen explizit abbilden. Räumliche und zeitliche Strukturen sind über Attributierungen implizit abbildbar.
Termini
Die verwendeten Termini ordnen sich in die Terminologie der IPSS weitgehend ein.
Problemlösungsmethodiken
Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit ARIS werden entsprechend zum Ansatz nicht angeboten, lediglich eine Vorgehensweise zur Modellierung.
Besonderheiten
keine

Tabelle A9: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Geschäftsprozessmodellierungsmethode ARIS nach SCHEER zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, verkörpert der Modellierungsmethodenansatz eine wichtige Grundlage für den Bezugsrahmen und das Methodenkonzept der IPSS, da sowohl das Vorkommen aller Element- und Strukturarten als auch eine weitgehend übereinstimmende Abstraktionsebene und Terminologie der zugehörigen Beschreibungskategorien zu verzeichnen ist. Kritisch anzumerken ist, dass explizit keine räumlich-zeitlichen Strukturen in hierfür vorgesehenen Diagrammen abbildbar sind.

Methode der Integrierten Unternehmensmodellierung nach SPUR

Die Methode der Integrierten Unternehmensmodellierung bildet einen kontextspezifischen Theorie- bzw. Modellierungsmethodenansatz. Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS enthält Tabelle A10.

Beschreibungsrahmen (mit Beschreibungskategorien) und Modelle
Kern des Modellierungsmethodenansatzes sind mit Produkten, Aufträgen und Ressourcen verknüpfte Aktivitätenfolgen (auch Aktions- und Funktionsfolgen), die auch in sogenannten teilautonomen Einheiten zusammengefasst werden können. Zwischen den Beschreibungskategorien dieses Ansatzes mit denen der IPSS existieren bezüglich der Elementarten folgende Analogien: Aktivitäten, Aktionen, Funktionen entsprechen Funktionen, Produkte und Aufträge entsprechen Leistungen, Ressourcen entsprechen Ressourcen, teilautonome Einheiten entsprechen Struktureinheiten. Eine Entsprechung zur Beschreibungskategorie Ziel der IPSS fehlt. An Beschreibungskategorien bezüglich der Strukturen finden sich im Ansatz alle fünf Arten wieder. Aktionen, Funktionen und Aktivitäten können hierarchisch (sogenannte Funktionsdekomposition), vorgehenslogisch (sogenannter Funktionsablauf) und mengenmäßig (sogenannte teilautonome Einheit) in Beziehung gesetzt werden und Strukturen ausbilden. Aus den dominierenden vorgehenslogischen Strukturen zwischen Aktivitäten ergeben sich indirekt auch vorgehenslogische Strukturen der Produkte, Aufträge und Ressourcen. Rang- und mengenmäßige Beziehungen zwischen Aufträgen, Produkten und Ressourcen können jeweils über Klassen- und Dekompositionshierarchien abgebildet werden. Räumliche und zeitliche Beziehungen sind lediglich durch Attributierung von Aufträgen abbildbar.
Termini
Die verwendeten Termini ordnen sich in die Terminologie der IPSS weitgehend ein.
Problemlösungsmethodiken
Problemlösungsmethodiken bzw. Planungsvorgehensweisen im Zusammenhang mit IUM werden entsprechend zum Ansatz nicht angeboten, lediglich eine Vorgehensweise zur Modellierung.
Besonderheiten
Der Modellierungsmethodenansatz integriert gleichsam die Ansätze CIM-OSA und IDEF/SADT.

Tabelle A10: Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der Methode der Integrierten Unternehmensmodellierung nach SPUR zum Bezugsrahmen und Methodenkonzept der IPSS

Diskussion: Im Hinblick auf die Modellierung, Planung und Gestaltung von produktionslogistischen soziotechnischen Systemen, insbesondere der Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze, bestätigt der Modellierungsmethodenansatz den Bezugsrahmen und das Methodenkonzept der IPSS in folgenden Gesichtspunkten:

- weitgehend übereinstimmende Abstraktionsebene und Terminologie der Beschreibungskategorien
- Vorkommen nahezu aller Elementarten, Vorkommen aller Strukturarten

Kritisch anzumerken ist, dass der Modellierungsmethodenansatz eine Beschreibungskategorie für den Systemzweck, beispielsweise in Form eines Zielsystems, nicht vorhält. Für menschliche Kompetenzen sowie Teilsysteme existiert ebenso wenig eine separate logische Beschreibungskategorie. Aufgrund der Prozessorientierung werden die verschiedenen Strukturarten in unterschiedlicher Wichtung behandelt.

A2 BEGRIFFSDEFINITIONEN UND -AUFFASSUNGEN

Mit den zusammengetragenen Definitionen und Auffassungen zu den wesentlichen Begriffen Prozess, System, Logistik, Struktur und Logistikstruktur soll ein Überblick zu den bestehenden Begriffsverständnissen gegeben werden.

A2.1 Definitionen und Auffassungen zum Begriff Prozess

A2.1.1 Definitionen zum Begriff Prozess

In Tabelle A11 wird eine Auswahl an Definitionen zum Begriff Prozess gegeben.

Definitionen zum Begriff Prozess
Ablauf, Verlauf, gesetzmäßige Geschehensfolge. [376]
Ein Prozess umfasst die zusammengehörige Abfolge von Aktivitäten zur Bearbeitung einer Aufgabe. [218]
Der Prozess ist Verrichten an Objekten, sein Inhalt sind also Verrichtungen und Objekte. (vgl. [268] in [370])
Ein Prozess ist die Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder auch Informationen umgeformt, transportiert oder auch gespeichert wird. [68]
Ein Prozess ist ein Satz (System) von Tätigkeiten, das Eingaben mit Hilfe von Mitteln in Ergebnisse umwandelt. (i.A.a. [71])
Der Prozess wird inhaltlich näher bestimmt durch die Beschreibung von Verrichtungen (an Objekten) innerhalb des Transformationsvorganges. Die Transformation eines Objektes von einem Anfangs- in einen Endzustand kann als Aufgabe bzw. Teilaufgabe eines Unternehmens angesehen werden. [370]
Unter einem Prozess wird eine geordnete Folge von Aktivitäten verstanden, die einen definierten Input (Leistungsobjekte im Initialzustand zum Zeitpunkt t_0) in einem definierten Output (transformierte Leistungsobjekte im Finalzustand zum Zeitpunkt t_1) transformieren. Die Prozesse werden unter dem Aspekt der logisch/ zeitlichen Abfolge betrachtet. [98]
Ein Prozess ist die Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie und Informationen umgeformt, transportiert oder auch gespeichert werden. Er kennzeichnet das Fortschreiten im Durchführen eines Vorgangs. Dementsprechend ist ein Produktionsprozess ein Fortschreiten in der Produktion. [358]
(...) Serie von Handlungen, Tätigkeiten oder Verrichtungen zur Schaffung von Produkten oder Dienstleistungen (...), die in einem direkten Beziehungszusammenhang miteinander stehen (...), wobei Anfang und Ende eines Prozesses durch die Bezeichnung der Schnittstellen zu den angrenzenden Prozessen (oder Subprozessen) definiert sind. (vgl. [346] in [13])
A process is most broadly defined as an activity carried out as a series of steps, which produces a specific result or a related group of specific results. (vgl. [250] in [13])
Any activity or group of activities that takes an input, adds value to it, and provides an output to an internal or external customer. Processes use an organization's resources to provide definitive results. (vgl. [152] in [13])
A process is a set of linked activities that take an input and transform it to create an output. A core business process, as distinct from other processes, is a set of linked activities that both cross functional boundaries and, when carried out in concert, addresses the needs and expectations of the marketplace and drives the organization's capabilities. (vgl. [181] in [13])
A process is thus a specific ordering of work activities across time and place, with a beginning, an end, and clearly identified inputs and outputs: a structure for action. (vgl. [181] in [13])
Bündel von Aktivitäten, für das ein oder mehrere unterschiedliche Inputs benötigt werden und das für den Kunden ein Ergebnis von Wert erzeugt. (vgl. [149] in [13])

Definitionen zum Begriff Prozess
Prozesse können eindeutig über Input und Output beschrieben werden und es können Anfangs-(Trigger-) und Endzeitpunkte (Erreichen des angestrebten Endzustands) und damit auch die zeitliche Dauer der einzelnen Aktivitäten oder des gesamten Prozesses bestimmt werden. (vgl. [216] in [13])
Ein Prozess ist eine Folge von Aktivitäten, die in einem logischen Zusammenhang zueinander stehen und inhaltlich abgeschlossen sind, sodass sie von vor-, neben- oder nachgeordneten Vorgängen isoliert betrachtet werden können. (vgl. [82] in [13])
Ein Geschäftsprozess beschreibt die mit der Bearbeitung eines bestimmten Objektes verbundenen Funktionen, beteiligten Organisationseinheiten, benötigten Daten und die Ablaufsteuerung der Ausführung. (vgl. [312] in [13])
Unter Geschäftsprozess wird eine Transaktion oder eine Folge von Transaktionen zwischen betrieblichen Objekten verstanden. Gegenstand der Transaktion ist der Austausch von Leistungen oder Nachrichten zwischen den Objekten. (vgl. [101] in [13])
Jede Veränderung des Zustands eines Systems ist ein Prozeß. Diese Aussage ist gleichbedeutend mit der Formulierung, daß unter Prozeß jede Veränderung der aktiven Elemente sowie der Stoffe, Energie und Informationen im System zu verstehen ist. Der Terminus „Prozeß“ ist dabei Oberbegriff für die Begriffe „Verhalten“ und „Entwicklung“. [196]
Ein Prozess ist die Folge logisch zusammenhängender Aktivitäten zur Erstellung einer Leistung oder Veränderung eines Objektes (Transformation). Ein Prozess hat einen definierten Anfang (Auslöser, Input) und ein definiertes Ende (Ergebnis, Wert, Output). Innerhalb des Prozesses ist das Hauptziel ein Wertzuwachs bzw. eine Wertschöpfung, die vorab als Ziel zu definieren ist. (vgl. [188])
Prozesse (...) transformieren bzw. verändern Leistungsobjekte (Material und Information) unter der Betrachtung der logisch zeitlichen Abfolge. (vgl. [228])

Tabelle A11: Definitionen zum Begriff Prozess

A2.1.2 Auffassungen zum Begriff Prozess und Diskussion

Der Prozessbegriff hat eine starke intuitive Suggestionskraft, die zu einem unmittelbaren Einverständnis mit dem scheinbar Offensichtlichen führt. Gleichzeitig ist er aber so vage, dass nahezu alle Sachverhalte wirtschaftlichen Geschehens ohne größere Anstrengungen darunter subsumiert werden können. Die Vielzahl unterschiedlicher Prozessdefinitionen (Tabelle A11) trägt zu dieser Beliebigkeit der Begriffsverwendungen bei. (vgl. [13])

Diskussion: In produktionslogistischen Domänen wird häufig von Prozess (vgl. u.a. Definitionen Prozess [225], Flusssystem [397], Logistikprozess [184], Produktionssystem [317]) gesprochen, wenn nach dem Beschreibungsrahmen und Methodenkonzept der IPSS vornehmlich vorgehenslogische und zeitliche Strukturen (Ablaufstrukturen) von Leistungen und Funktionen[101] Mittelpunkt der Betrachtungen sind.[102]

Die Prozessdarstellung reicht von der rein abstrakten Abbildung der Prozesselemente und -beziehungen, beispielsweise als Funktionsfolge in einem Gantt-Diagramm, bis hin zur Einbeziehung von Leistungen inkl. Leistungsobjekten, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten, beispielsweise in einem eEPK.

[101] Sich niederschlagend in Änderungen von Eingangs-, Ausgangs-, Zustandsgrößen usw.

[102] Der Zusammenhang zwischen Prozess und System wird u.a. darin gesehen, dass Prozesse als Aspektsysteme aufgefasst werden können. Im engsten Sinne sind Prozessstrukturen zeitliche und vorgehenslogische Funktionsstrukturen, ein Prozess ist ein mit zeitlichen oder/und vorgehenslogischen Strukturen behaftetes Funktionssystem. Funktionsbäume als Abbilder rangmäßiger Strukturen von Funktionen sind demnach keine Prozesse.

Prozesse verkörpern den dynamischen Aspekt. Darstellungen von Prozessen (und deren Strukturen) sind jedoch meistens Momentaufnahmen und damit statisch, da sie die Prozesse in einem bestimmten Zustand (zu einem bestimmten Zeitpunkt) beschreiben. Die Simulation ermöglicht indes die dynamische Darstellung von Prozessen.

A2.2 Definitionen und Auffassungen zum Begriff System

A2.2.1 Definitionen zum Begriff System

In Tabelle A12 wird eine Auswahl an Definitionen zum Begriff System gegeben.

Definitionen zum Begriff System
Ein System besteht aus mehreren, verschiedenen Teilen, die miteinander vernetzt sind und dem System dadurch Individualität verleihen. Wird ein Teil entfernt, kann nicht mehr von demselben System gesprochen werden. [233]
Ein System besteht aus einer Menge von Elementen (Objekte, Systeme niedriger Ordnung, Subsysteme) mit Attributen und den zwischen diesen gegebenen Beziehungen. (vgl. [354] in [131])
Ein System besteht aus einer Menge von Elementen und einer Menge von Beziehungen. [111]
Ein System ist ein aus mehreren Teilen zusammengesetztes und geordnetes Ganzes (vgl. [166] in [116]).
Ein System besteht aus Elementen (Dingen, Objekten, Sachen, Komponenten, Teilen, Bausteinen) mit Eigenschaften (Attributen), wobei die Elemente durch Beziehungen (Zusammenhänge, Relationen, Kopplungen, Bindungen) verknüpft sind. [116]
Ein System besteht aus einer Menge von Elementen, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Relationen miteinander verknüpft sind. [274]
Ein System besteht aus einer Menge von Komponenten, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Beziehungen miteinander zur Verfolgung gesetzter Ziele verknüpft sind. [274]
Ein System besteht aus einer Menge von Elementen und einer Menge von Beziehungen (Relationen), die zwischen diesen Elementen herrschen. [381]
Ein System besteht aus einer Menge von Elementen und Relationen zwischen diesen Elementen. Es wird als zusammenhängendes Ganzes betrachtet, ist aber ein abgegrenzter Teil der objektiven Wirklichkeit, ist relativ erklärt und kann entsprechend der bestehenden Systemhierarchie seinerseits wieder ein Teilsystem einer umfassenden Ganzheit sein. Die Abgrenzung eines Systems hängt davon ab, welchen Zweck das System für die betrachtenden bzw. beteiligten Akteure erfüllen soll und welche Ziele mit dem System erreicht werden sollen. [215]
Ein System ist eine bestimmte Art und Weise, die Welt zu sehen. ([374] in [129])
Ein System ist ein dynamisches Ganzes, das als solches bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen besitzt. Es besteht aus Teilen, die so miteinander verknüpft sind, dass kein Teil unabhängig ist von anderen Teilen und das Verhalten des Ganzen beeinflusst wird vom Zusammenwirken aller Teile. ([354] in [129])
Ein System ist eine Menge irgendwelcher Elemente (Teile, Komponenten), zwischen denen Beziehungen bestehen. Beziehung ist alles, was durch Relationsaussagen zum Ausdruck gebracht wird, deren Argumente Elemente des Systems repräsentieren. [196]
Ein System besteht aus mehreren Elementen, die sich durch bestimmte Eigenschaften voneinander unterscheiden. Beziehungen vernetzen die Elemente zu einem bestimmten Aufbau. Auch die Beziehungen unterscheiden sich durch bestimmte Eigenschaften. Ein System als Ganzes besitzt Eigenschaften, die nicht auf einzelne Elemente zurückgeführt werden können, sondern sich aus dem Aufbau des gesamten Systems ergeben. ([361] in [222])
A system can be defined as a complex of interacting elements. Interaction means that elements, p, stand in relations, R, so that the behaviour of an element p in R is different from its behaviour in another relation, R`. [37]
Unter System wird eine Gesamtheit funktionell miteinander verknüpfter Teile verstanden. [54]

Definitionen zum Begriff System
A system is a set of objects with relationships between the objects and between their attributes. [148]
A system is an organized or complex whole; an assemblage or combination of things or parts forming a complex or unitary whole. [182]
Unter einem System wird (...) eine Gesamtheit von Elementen, zwischen denen irgendwelche Beziehungen bestehen oder hergestellt werden können, verstanden. [104]
Der Begriff System wird allgemein als eine aus Elementen zusammengesetzte Ganzheit, deren Elemente untereinander in mehr oder weniger komplexen Beziehungszusammenhängen stehen, definiert. [135]
Ein System ist gekennzeichnet durch eine Menge von Elementen und eine Menge von Relationen, die zwischen diesen Elementen bestehen. Alle isomorphen Ganzheiten dieser Art werden als ein und dasselbe System betrachtet. [199]
Ein System ist eine in einem betrachteten Zusammenhang gegebene Anordnung von Gebilden, die miteinander in Beziehung stehen. Diese Anordnung wird aufgrund bestimmter Vorgaben gegenüber ihrer Umgebung abgegrenzt. [68]
Ein System ist eine Gesamtheit geordneter Elemente. Diese Elemente haben Eigenschaften und sind miteinander durch Relationen verknüpft. Die formale Abbildung dieser Verknüpfung wird als Struktur des Systems bezeichnet. [416]
In der Systemtheorie wird unter einem System eine Menge von Elementen, die mit diskreten Attributen (Eigenschaften) ausgestattet sind, verstanden, wobei die Elemente durch Relationen (Verknüpfungen, Beziehungen, Kommunikation) miteinander in einer organisierten Beziehung stehen. [212]
Ein System ist eine Anzahl von miteinander in Beziehung stehenden Teilen, die zu einem gemeinsamen Zweck miteinander operieren. [105]

Tabelle A12: Definitionen zum Begriff System

A2.2.2 Auffassungen zum Begriff System und Diskussion

Zum Begriff System scheint ein breites Spektrum von Definitionen (Tabelle A12) auf, in welchen unterschiedliche Aspekte aufgrund unterschiedlicher fachlicher Ausrichtungen hervorgehoben werden. Die zunächst stark unterschiedlich erscheinenden Verbaldefinitionen weisen jedoch mehr oder weniger vollständig die Unterbegriffe Element, Eigenschaft, Beziehung und Menge auf. (vgl. [274])

Diskussion: In produktionslogistischen Domänen wird häufig von System (vgl. u.a. Definitionen Flusssystem [397], Logistikprozess [184], Produktionssystem [317]) gesprochen, wenn nach dem Beschreibungsrahmen und Methodenkonzept der IPSS vorrangig rangmäßige, mengenmäßige und räumliche Strukturen (Aufbaustrukturen) von Ressourcen und Struktureinheiten, nachrangig aber auch zeitliche und vorgehenslogische Strukturen (Ablaufstrukturen) von Leistungen, Funktionen, Ressourcen und Struktureinheiten Mittelpunkt der Betrachtungen sind. Solche Aufbaustrukturen werden oft als Struktur, solche Ablaufstrukturen als Prozess bezeichnet.[103]

Die Systemdarstellung reicht von der rein abstrakten Abbildung der Systemelemente und -beziehungen, beispielsweise in Strukturmatrizen oder -graphen (formale oder analoge Modelle), bis hin zur räumlichen Anordnung von Ressourcen und Struktureinheiten, beispielsweise in einem Layout oder einem 3D-Modell. Obwohl die

[103] Die zu den Begriffen bestehenden heterogenen Auffassungen werden am jeweiligen Begriffsgefüge System ⇔ Struktur ⇔ Prozess besonders offensichtlich.

vorrangig betrachteten (Wirk-)Systeme (und deren Strukturen) vielfach den statischen Aspekt verkörpern, können diese ebenso dynamisch sein.

A2.3 Definitionen und Auffassungen zum Begriff Logistik

A2.3.1 Definitionen zum Begriff Logistik

In Tabelle A13 wird eine Auswahl an Definitionen zum Begriff Logistik gegeben.

Definitionen zum Begriff Logistik
Logistik ist die wissenschaftliche Lehre der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen. [184]
Logistik ist die Summe aller Tätigkeiten, durch die Bewegungs- und Speichervorgänge in einem Netzwerk gestaltet, gesteuert und kontrolliert werden. Durch Zusammenspiel dieser Tätigkeiten soll ein Strom von Objekten durch das Netzwerk in Gang gesetzt werden, derart, dass Räume und Zeit effektiv überbrückt werden. [279]
Logistik ist die Summe aller Tätigkeiten, durch die Funktionen der Zeit- und Raumüberwindung für Güter und Lebewesen, einschließlich der Betrachtung zugehöriger Informationen und Energien, unter Verwendung von Arbeitskräften und -mitteln in Systemen untersucht, geplant, realisiert und optimiert werden. [306]
Logistik ist der Oberbegriff für alle Unterstützungstätigkeiten, die nicht direkt die Herstellung von Geräten und Systemen betreffen, sondern den sicheren und effektiven Einsatz bei den Betreibern ermöglichen. [303]
Logistik ist die Planung von Bedarf, Leistung, Zeit und Raum sowie das Steuern und Vollziehen eines geplanten Materialflusses unter Berücksichtigung des Kostenoptimums. [307]
Logistik ist die Planung, Steuerung und Realisierung eines effizienten, kosteneffektiven Flusses und der Lagerung von Rohstoffen, Halbfabrikaten und Fertigwaren vom Erzeugungsort zum Ort der Konsumtion. [90]
Logistik ist die Lehre von der schnittstellenübergreifenden Systemgestaltung sowie der Analyse, Planung, Steuerung und Überwachung der vernetzten raum-zeitlichen Transformationsprozesse von Gütern, Personen und damit zusammenhängenden Informationen. [215]
Die Logistik ist eine spezielle Führungskonzeption zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Flüsse von Objekten (Güter, Informationen, Personen, Gelder) in unternehmensweiten und unternehmensübergreifenden Wertschöpfungssystemen. [131]
Logistik ist die ganzheitliche, marktgerechte Gestaltung, Planung, Steuerung und Abwicklung sämtlicher Material-, Waren- und Informationsflüsse vom Lieferanten in das Unternehmen, innerhalb des Unternehmens sowie vom Unternehmen zum Kunden. Aus dieser Sicht ist Logistik als Management von Kunden- und Lieferantenbeziehungen zu verstehen. [370]
Zur Logistik gehören alle Tätigkeiten, durch die die raum-zeitliche Gütertransformation und die damit zusammenhängenden Transformationen hinsichtlich der Gütermengen und -sorten, der Güterhandhabungseigenschaften sowie der logistischen Determiniertheit der Güter geplant, gesteuert, realisiert und kontrolliert werden. Durch das Zusammenwirken dieser Tätigkeiten soll ein Güterfluß in Gang gesetzt werden, der einen Lieferpunkt mit einem Empfangspunkt möglichst effizient verbindet. [278]
Die Logistik als eine systemische Perspektive umfasst die Planung, Organisation, Steuerung und Kontrolle von Güter- und Informationsflüssen innerhalb und zwischen Unternehmen auf Basis logistischer Prinzipien wie System-, Fluss- bzw. Prozessorientierung, Kundenorientierung und Totalkostendenken. (vgl. u.a. [64] in [198])
Logistik bedeutet die Gestaltung logistischer Systeme sowie die Steuerung der darin ablaufenden logistischen Prozesse. Häufig wird als Aufgabe der Logistik außer den planerischen Aufgaben der Gestaltung und Steuerung auch die Durchführung der logistischen Prozesse benannt. (vgl. [13])
Wird der Begriff Logistik zur Bezeichnung realer Phänomene und nicht als Name einer entsprechenden wissenschaftlichen (Teil-)Disziplin verwendet, so bezieht sich dieser Begriff auf die Gestaltung, Steuerung, Regelung und Durchführung des gesamten Flusses an Energie, Informationen, Personen, insbesondere jedoch von Stoffen (Materie, Produkte) innerhalb und zwischen Systemen. [196]

Definitionen zum Begriff Logistik
Logistik ist die Wissenschaft von Transferaktivitäten im Wirtschaftsprozeß, wobei diese Transferaktivitäten die originären logistischen Aufgabenbereiche wie Transport, Lagerhaltung, Handhabung, Kommissionierung, Warenumschlag, Verpacken usw. in physischen raum-zeitlichen Transferstrukturen bzw. -systemen darstellen. (vgl. u.a. [57], [200] in [198])
Logistik ist die Wissenschaft von der Koordination wirtschaftlicher Aktivitäten im Hinblick auf die Maximierung der Güterverfügbarkeit. Hierzu gehören die Leistungsaktivitäten des Planens, Steuerns, Implementierens und Kontrollierens, oder kurz des Managements sämtlicher güterflussbezogener Wertschöpfungsaktivitäten in und zwischen Unternehmen. (vgl. u.a. [200] in [198])
Logistik als Fluchtpunkt wichtiger, aktueller Entwicklungslinien der Betriebswirtschaftslehre und der aktuellen Unternehmensführungspraxis: Logistik kann definiert werden als eine spezifische Sichtweise, die wirtschaftliche Phänomene und Zusammenhänge als Flüsse von Objekten durch Ketten und Netze von Aktivitäten und Prozessen interpretiert (bzw. als Fließsysteme), um diese nach Gesichtspunkten der Kostensenkung und der Wertsteigerung zu optimieren, sowie deren Anpassungsfähigkeit an Bedarfs- und Umfeldveränderungen zu verbessern. Dabei werden Ansätze zur Optimierung insbesondere in flußorientierter Gestaltung der Prozeß- und Netzstrukturen, in der Erhöhung des zeitlichen, räumlichen und objektbezogenen Integrationsgrades der Fließsystemelemente, sowie der Anwendung bedarfsorientierter Steuerungs- und Regelungsverfahren gesucht. (vgl. u.a. [200] in [198])
Logistik als funktionale Spezialisierung: Logistik ist die materialflußbezogene Dienstleistung wie Transportieren, Lagern, Palettieren, Verpacken, Kommissionieren. (vgl. [369] in [198])
Logistik als unternehmensbereichs- und unternehmensübergreifende Koordinationsfunktion: Logistik ist das Management einschließlich der Planung, Durchführung und Kontrolle bzw. Gestaltung und Steuerung materialflußbezogener Dienstleistungen. (vgl. [369] in [198])
Logistik als Durchsetzung der Flussorientierung: Das Ziel der Logistik besteht darin, das Unternehmen als Ganzes flußorientiert auszugestalten. Logistik als Durchsetzung des Flußprinzips ist aber nicht auf einen bestimmten Leistungstyp als Gestaltungsobjekt beschränkt. Material- und warenflußbezogene Dienstleistungen haben nur insofern eine besondere Bedeutung, als sie den Flußgedanken unmittelbar physisch umsetzen. (vgl. [369] in [198])
Logistik-Systeme als die dem räumlichen und zeitlichen Transfer von Objekten jeder Art (vor allem aber Güter und Informationen) dienenden Strukturen und Prozesse: Logistische Strukturkomponenten sind die der Durchführung logistischer Prozesse dienenden Personen und Einrichtungen, wie Lagergebäude, Transportmittel, Informationsinfrastruktur usw. Logistische Prozesse kennzeichnen die innerhalb dieser Strukturen auszuführenden Aufgabenbereiche „des Transports, der Lagerhaltung, der Auftragsabwicklung sowie des Umschlags, der Handhabung und der Verpackung". (vgl. u.a. [64] in [198])
Logistik-Management: Logistik als Begriff zur Bezeichnung realer Phänomene (...), so bezieht sich dieser Begriff auf die Gestaltung, Steuerung, Regelung und Durchführung des gesamten Flusses an Energie, Informationen, Personen, insbesondere jedoch von Stoffen (Materie, Produkte) innerhalb und zwischen Systemen. (...) Logistische Prozesse schließen Transport und Lagerhaltung, aber auch z.B. Materialhandhabung, Verpackung oder die Standortwahl von Verarbeitungszentren ein. (...) Somit kann Logistik als der Inbegriff aller Prozesse in sozialen Systemen (Gesellschaften, Organisationen) definiert werden, die der Raumüberwindung bzw. Zeitüberbrückung sowie der Steuerung und Regelung dienen. (vgl. [196] in [198])
Logistik-Philosophie: Die Logistik ist eine wirtschaftliche Denkhaltung, eine Führungskonzeption, die durch die übergreifende Betrachtung der gesamten unternehmerischen Wertschöpfungskette und – bei konsequenter organisatorischer Umsetzung – die Zuständigkeit für alle damit verbundenen Güterbewegungen und -bestände kennzeichnet. (vgl. [172] in [198])

Tabelle A13: Definitionen zum Begriff Logistik

A2.3.2 Auffassungen zum Begriff Logistik und Diskussion

Logistikverständnis I nach KLAAS Bezug nehmend auf KLAUS, WEBER und KUMMER sowie DELFMANN

Eine zusammenfassende Darstellung zu wesentlichen Aussagen zum Gegenstandsbereich, zum Wesen der Logistik, gibt Tabelle A14.

Bedeutungen der Logistik nach KLAUS	Sichtweisen der Logistik nach WEBER und KUMMER	Begriffsverwendungen der Logistik nach DELFMANN
Erste Bedeutung: Logistik als Wissenschaft von Transferaktivitäten (z.B. TUL) im Wirtschaftsprozess	Erste Sichtweise: Logistik als funktionale Spezialisierung auf raum-zeitliche Transferaktivitäten	Erste Ebene der Begriffsverwendung: LOGISTIK-SYSTEME Logistik als bestimmter Gegenstandsbereich, nämlich die dem räumlichen und zeitlichen Transfer von Objekten jeder Art (vor allem aber Güter und Informationen) dienenden Strukturen und Prozesse
Zweite Bedeutung: Logistik als Wissenschaft von der Koordination wirtschaftlicher Aktivitäten im Hinblick auf Maximierung von Güterverfügbarkeit	Zweite Sichtweise: Logistik als unternehmensbereichs- und unternehmensübergreifende Koordinationsfunktion	Zweite Ebene der Begriffsverwendung: LOGISTIK-MANAGEMENT Logistik als Planung, Realisierung, Steuerung und Kontrolle von Logistik-Systemen (im Sinne der ersten Begriffsverwendung)
Dritte Bedeutung: Logistik als spezifische Sichtweise, die wirtschaftliche Phänomene und Zusammenhänge als Fließsysteme interpretiert, um diese nach Gesichtspunkten der Kostensenkung und der Wertsteigerung zu optimieren, sowie deren Anpassungsfähigkeit an Bedarfs- und Umfeldveränderungen zu verbessern	Dritte Sichtweise: Logistik als spezifische Metaführungslehre zur Durchsetzung der Flussorientierung	Dritte Ebene der Begriffsverwendung: LOGISTIK-PHILOSOPHIE[104] Logistik als spezifische Art und Weise der Konzipierung und Realisierung des Logistikmanagements (im Sinne der zweiten Begriffsverwendung) bzw. als spezifische Denkhaltung mit Ausstrahlungseffekten auch auf das Management primär ‚nicht-logistischer' Gegenstandsbereiche

Tabelle A14: Zusammenfassende Darstellung zum Logistikbegriff nach KLAUS, WEBER und KUMMER sowie DELFMANN (i.A.a. [198])

Diskussion: Die Logistik zieht ihre begriffliche Identität sowohl aus ihrem originären Kernbereich (Logistiksysteme) sowie dessen Gestaltung und Steuerung (Logistik-

[104] DELFMANN interpretiert allerdings die drei Bedeutungen der Logistik von KLAUS als verschiedene Ausprägungen der Logistik-Philosophie. Insofern ist die grafisch bedingte Übereinstimmung der drei Stufen nicht mit einer konzeptionellen Deckungsgleichheit der Bedeutung (KLAUS) bzw. der Begriffsverwendung (DELFMANN) der Logistik zu verwechseln. Gleichwohl sind alle Ansätze durch ihre Dreistufigkeit konzeptionell miteinander verwandt. (vgl. [198])

Management) als auch darüber hinaus aus der Bedeutung der logistischen Denkweise (Logistik-Philosophie) für die allgemeine Führung von Unternehmen [198].

Zur Erfassung des Wesens der Logistik ist eine Begriffsdeutung notwendig, die alle Begriffsverständnisse integriert.

Logistikverständnis II nach GÖPFERT Bezug nehmend auf KLAUS, WEBER und KUMMER, DELFMANN sowie ISERMANN, PFOHL

Dem Logistikverständnis können aus einer vergleichenden Aufbereitung von Ansätzen von KLAUS, WEBER und KUMMER, DELFMANN sowie ISERMANN, PFOHL (vgl. [64], [178], [200], [278], [369]) heraus im chronologischen Verlauf folgende drei Entwicklungsphasen zuerkannt werden:

- Logistik als Funktionenlehre (funktionale Spezialisierung auf die Aktivitäten der räumlichen und zeitlichen Gütertransformation),
- Logistik als unternehmensweite und -übergreifende Koordinationsfunktion (ganzheitliche Koordination des Material- und Warenflusses im Leistungssystem),
- Logistik als Führungslehre (spezifische „Weltsicht“ (Fließsystemparadigma); Führungsansatz: Logistische Führung des Unternehmens) (vgl. [131]).

Diskussion: Das sich verändernde Logistikverständnis hat zu veränderten und pluralistischen Auffassungen zum Begriff Logistik geführt. Die Einnahme einer systemischen Perspektive (Legitimation der Logistik über soziotechnische (Logistik-) Systeme) kann hier integrierend wirken und zu einem gemeinsamen Verständnis beitragen.

A2.4 Definitionen und Auffassungen zum Begriff Struktur

A2.4.1 Definitionen zum Begriff Struktur

In Tabelle A15 wird eine Auswahl an Definitionen zum Begriff Struktur gegeben.

Definitionen zum Begriff Struktur
Anordnung der Teile eines Ganzen zueinander; innere Gliederung, Aufbau; Gefüge; Struktur als Beziehungsgefüge und dessen Eigenschaften, als Ordnungsgefüge; Struktur als ein System von Zwecken. [248]
In der Wissenschaftstheorie bezeichnet Struktur die Menge der die einzelnen Elemente eines Systems verknüpfenden Relationen. Im Rahmen der Betriebswirtschaftslehre kommt verschiedenen strukturellen Regelungen zum Zweck der Organisation des betrieblichen Geschehens besondere Bedeutung zu. [119]
Struktur sind die Relationen zwischen Elementen eines Systems (zeitlich, räumlich, organisatorisch) [85].
Struktur ist die zeitliche und räumliche Anordnung der Elemente eines Systems [233].
Struktur ist das Gefüge, der innere Aufbau, der gegliederte Zusammenhang eines wirklichen oder gedachten Gegenstands [47].
Aus statischer Sicht ist eine Struktur gekennzeichnet durch eine bestimmte gegenseitige Anordnung der Elemente, sowie durch die Art und Anzahl von Beziehungen zwischen den Elementen [32].
Bei den Strukturen sind sowohl technische und logistische, als auch organisatorische und informatorische zu beachten [228].

Definitionen zum Begriff Struktur
Aus statischer Sicht ist eine Struktur gekennzeichnet durch eine bestimmte gegenseitige Anordnung der Elemente und durch Art und Anzahl von Beziehungen zwischen den Elementen. Wesentliche Strukturen ergeben sich aus der systematischen Kombination der Systemelemente: Quellen (Lieferanten-)Lieferantenstruktur; Senken (Kunden-)Kundenstruktur; Ressourcen: (Personal-)Personalstruktur, Anordnungsstruktur Layout (räumliche Anordnung); Lenkung: Aufbauorganisation (statisch), Ablauforganisation (dynamisch), Informationsstruktur; Aktivitäten-Prozessstruktur; Transformationsobjekt-Produktstruktur; Transformationsauftrag-Auftragsstruktur. [98]
Die Struktur S eines Produktionssystems Σ = (M, P, S) wird durch eine Folge zweistelliger Relationen verkörpert, die stofflicher, energetischer und informationeller Natur sind. Die Struktur wird durch Prozesse „induziert“, die mindestens aus zweistelligen, meist aber aus mehrstelligen Relationen bestehen. Die Struktur umfasst Stoff-, Energie- und Informationsflussstrukturen. Wie das ganze System, so existiert auch die Struktur in Raum und Zeit. Deshalb ist zwischen räumlichen und zeitlichen Strukturen zu unterscheiden. [317]
Wird die Anordnung der Elemente eines Systems betrachtet, so wird die jeweils vorliegende Art des formalen Aufbaus als Struktur, Baumuster oder Gliederung bezeichnet [116].
Die Struktur eines Systems ist die Abbildung der Menge der die Komponenten eines Systems miteinander verbindenden Relationen (bzw. aller dazu isomorphen Relationsgefüge) [274].
Als Struktur wird nach der Systemtheorie das Beziehungsgefüge zwischen den Elementen eines Systems verstanden (vgl. u.a. [274]).
Ein System besteht aus einer Menge von Elementen und einer Menge von Beziehungen (Relationen), die zwischen diesen Elementen herrschen. Eine Gruppe von Elementen, die über Beziehungen verknüpft sind, bildet eine Struktur. [381]
Elemente und Beziehungen bilden ein Gefüge und weisen damit eine Ordnung auf. Dies ist die Struktur eines Systems. Darin sind Anordnungsprinzipien bzw. Ordnungsprinzipien zu erkennen. Beispiele für derartige Strukturformen wären: hierarchische Struktur, Sternstruktur, Netzwerkstruktur, Strukturen mit Feedback u.a.m. [146]

Tabelle A15: Definitionen zum Begriff Struktur

Der Begriff Struktur wird oft in folgenden Zusammenhängen verwandt.[105]

A2.4.2 Auffassungen zum Begriff Struktur und Diskussion

Strukturelle und funktionale Interpretation des Systembegriffs nach FUCHS

Der Systembegriff kann sowohl strukturell als auch funktional interpretiert werden (vgl. [331]). Während bei der strukturellen Interpretation der Ordnungszusammenhang zwischen den systembildenden Elementen (Aufbau, Struktur, Baumuster) im Vordergrund steht, wird bei der funktionalen Betrachtung die Verhaltensweise des Systems hervorgehoben. (vgl. [116])

Es scheint möglich zu sein, zum einen die Anordnung der Elemente, also die Struktur, isoliert zu betrachten und zum anderen die zwischen Elementen ablaufenden Prozesse, also die Funktion. Diese unterschiedlichen Betrachtungsweisen beruhen auf der gedanklichen Trennung zwischen Struktur (Aufbau, Statik) und Funktion (Ablauf, Prozess, Dynamik). Obwohl aus methodischen Gründen oft eine Trennung zwischen Struktur und Funktion zweckmäßig zu sein scheint, gehen beide Phänomene ineinander über und bedingen sich gegenseitig. (vgl. [214] in [116])

[105] Die wiedergegebenen Auszüge sollen dabei in der Fachwelt eingenommene Denkweisen verdeutlichen.

Die getrennte Betrachtung von Funktion und Struktur ist vornehmlich auf die komplementäre Erscheinungsform von Wirkungssystemen zurückzuführen. Wird nämlich die Struktur zu einem beliebigen Zeitpunkt oder zu mehreren Zeitpunkten (komparativ-statische Betrachtung), also die erstarrte Funktionsstruktur, betrachtet, so ist kein Zugang mehr zu den Prozessen, der Funktion möglich; und werden die Funktionen, also die Prozesse in ihrem Ablauf und ihren Veränderungen betrachtet, so kann die jeweils momentan bestehende Struktur nicht erfasst werden. (vgl. [116])

Diskussion: Struktur und Funktion werden als zwei für (Wirkungs-)Systeme komplementäre, koexistierende Phänomene angesehen. Der Strukturbegriff steht für den eher (quasi)statischen Ordnungszusammenhang zwischen den systembildenden Elementen (Aufbau), der Funktionsbegriff für die dynamischen Zusammenhänge als Verhaltensweise (Ablauf) des Systems.

Der Begriff Struktur wird somit neben dem Begriff Funktion bzw. Prozess verwendet. Damit ist der Begriff Struktur eigentlich verbraucht und steht für den ebenso gebrauchten Begriff Funktionsstruktur nicht mehr zur Verfügung, es sei denn, dass die zu statischen Beziehungsgefügen erstarrten Funktionsstrukturen wiederum als Strukturen aufgefasst werden. Dynamische Strukturen werden berücksichtigt, da ihnen eine Veränderung über der Zeit zuerkannt wird.

Struktur und Prozess nach LUHMANN und KÜHLING

Die Differenzierung von Strukturen und Prozessen ist nach der Systemtheorie von LUHMANN [237] sowohl aus systemischer als auch aus gestalterisch-modellierungstechnischer Sicht von enormer Bedeutung, da sich dadurch das Problem der zeitlichen Komplexität von Systemen lösen lässt. Die Unterscheidung, die der Differenzierung von Struktur und Prozess zugrunde liegt, ist jene zwischen Reversibilität und Irreversibilität. Prozesse sind als einmal ablaufende Phänomene irreversibel und damit gestalterisch nicht zu fassen. Die grundsätzliche Struktur der Prozesse sowie die strukturellen Eigenschaften von Systemen sind dagegen reversibel und können damit modelliert, abgebildet und einer Gestaltung zugeführt werden. (vgl. [222])

Diskussion: Der Begriff Struktur wird neben dem Begriff Prozess verwendet. Damit ist der Begriff Struktur verbraucht und steht beispielsweise für Prozessstrukturen eigentlich nicht zu Verfügung, obwohl er dafür benutzt wird.

Struktur, Aufbau, Prozess, Verhalten und Entwicklung nach KIRSCH

Das Netz der zu einem bestimmten Zeitpunkt gegebenen Beziehungen zwischen den aktiven Elementen konstituiert die Struktur des Systems. Werden die in diesem Zeitpunkt realisierten Kopplungen stofflich-energetischer und informationeller Art herausgestellt, so ergibt sich die Kopplungsstruktur. Wird an den die räumliche Anordnung der Systemelemente beschreibenden Relationsaussagen angeknüpft, so wird von der räumlichen Struktur des Systems gesprochen. (vgl. [196])

Von der Struktur eines Systems ist dessen Aufbau zu unterscheiden. Der Aufbau eines Systems wird durch die in diesem Zeitpunkt vorhandenen aktiven und passiven

Elemente sowie durch das spezifische Netz der Beziehungen zwischen diesen Elementen determiniert. (vgl. [196])

Jede Veränderung des Zustands eines Systems ist ein Prozess. Der Terminus Prozess ist dabei Oberbegriff für die Begriffe Verhalten und Entwicklung. Das Verhalten eines Systems ist die Transformation von Stoffen, Energie und Informationen des Systems. Demgegenüber ist die Entwicklung ein Ausdruck langfristiger, meist tiefgreifender Änderungen, verändernd den Grundaufbau bzw. die Grundstruktur eines Systems. (vgl. [196])

Diskussion: Zwischen den Begriffen Struktur und Aufbau wird differenziert, obgleich diese Differenzierung nicht sofort einleuchtend ist. Der Begriff Prozess ist Oberbegriff für die Begriffe Verhalten (eher kurzfristig) und Entwicklung (eher langfristig).

Der Begriff Struktur wird neben dem Begriff Prozess verwendet, ist somit verbraucht und steht beispielsweise für Prozessstrukturen nicht zur Verfügung.

Systemtechnik nach PATZAK

Elementare Strukturarten sind die Aufbaustruktur (Gefüge von Ordnungsrelationen) und die Ablaufstruktur (Gefüge von Flussrelationen). (vgl. [274])

Die Aufbaustruktur, welche der Darstellung des Systeminhalts gegliedert nach sachlichen Zusammenhängen der in einem System enthaltenen Komponenten dient, ist mit einer statischen Betrachtungsweise verbunden. Die Ablaufstruktur, welche der Darstellung der Systemfunktion als zeitlich-logische Anordnung der in einem System enthaltenen Komponenten zum Zwecke einer Aufgabenerfüllung dient, ist mit einer dynamischen Betrachtungsweise verbunden. (vgl. [274])

Die Beziehung zwischen Systemfunktion und Systemstruktur kann wie folgt charakterisiert werden. Sind:

- die Funktion der Komponenten eines Systems und
- die (Ablauf-)Struktur des Systems (Beziehungsmuster zwischen den Komponenten)

bekannt, so lässt sich daraus die Funktion des Systems ableiten. (vgl. [274])

Die Gesamtfunktion eines Systems ist die Abstraktion aller möglichen Verhaltensweisen des Systems. (vgl. [274], siehe auch Abschnitt 4.2.1)

Diskussion: Der Begriff Struktur wird allgemein und abstrakt als Beziehungsgefüge interpretiert. Aus einer statischen und aus einer dynamischen Betrachtungsweise resultieren die elementaren Strukturarten Aufbau- und Ablaufstruktur. Prozesse als Programmsysteme mit zeitlich-vorgehenslogischen Strukturen können mit den Begriffsdefinitionen ebenso erklärt werden wie Gesamtfunktionen, welche sich aus den in einer Ablaufstruktur befindlichen Einzelfunktionen ableiten lassen.

Systems Engineering nach HABERFELLNER ET AL.

Bei Strukturanalysen kann eine gedankliche Unterscheidung in eine Gebilde- und eine Prozessstruktur vorgenommen werden. (vgl. [146])

Bei der Gebildestruktur interessiert vor allem der (statische) Aufbau des Systems im Sinne seiner funktionellen oder räumlichen Anordnung, mit dessen Darstellung bzw. Analyse sich eine erste Übersicht verschafft werden kann. Beispiele für Gebildestrukturen sind Stücklisten (Produktaufbau), Organigramme (hierarchischer Aufbau der Unternehmung) und Layout-Darstellungen oder Lagepläne von Funktionsbereichen (Art, Größe und Anordnung). (vgl. [146])

Die Prozessstruktur liefert demgegenüber Einblicke in die (dynamischen) Abläufe in einem System. Die Funktionsmechanismen werden dadurch leichter erkennbar. Probleme und deren Ursachen können leichter lokalisiert werden. Beispiele für Prozessstrukturen sind Materialflussdarstellungen (mit Angabe von Mengen und Häufigkeiten) und Arbeitsablaufdiagramme. (vgl. [146])

Diskussion: Der Strukturbegriff wird allgemein, abstrakt und sowohl für den statischen (Gebildestruktur) als auch für den dynamischen (Prozessstruktur) Aspekt gebraucht.

Prozesskettenmodell nach KUHN

Als Beschreibungskategorien des Prozesskettenelements dienen u.a. Prozesse und Strukturen. Eine Einflussnahme auf die Prozessketten erfolgt über definierte Potenzialklassen in den jeweiligen Beschreibungskategorien. Eine Potenzialklasse der Prozesse ist die Prozessstruktur. Potenzialklassen der Strukturen sind die Anordnungsstruktur der Betriebsmittel (Layout), die Aufbau(organisations)struktur und die technische Kommunikationsstruktur. (vgl. [225], siehe auch Abschnitt 4.2.3)

Diskussion: Der Begriff Struktur wird neben dem Begriff Prozess verwendet. Der Begriff Struktur wird eingegrenzt auf wenige, nichtprozessuale, für die Beschreibung von unternehmerischen Organisationen relevante Strukturen. Die Bedeutung des zusätzlich für die Repräsentation zeitlicher und vorgehenslogischer Beziehungsgefüge in Prozessketten herangezogenen Begriffs Prozessstruktur kann somit nicht logisch aus den Bedeutungen der beiden einzelnen Begriffe geschlussfolgert werden.

Zeitliche und räumliche Prozess- und Fluss(system)strukturen nach FÖRSTER

Ein System Σ ist ein geordnetes Paar (M, S) bestehend aus einer Menge M und einer Folge S von Relationen über M. M heißt Elementenmenge und S die Struktur des Systems. [394] Für ein Fertigungssystem Σ_P gilt demgemäß [318]:

$$\Sigma_P = [M_P, S_P] \tag{14}$$

Komplexe Fertigungssysteme lassen sich in Teilsysteme S_T auflösen, die als Flusssysteme bezeichnet werden:

$$S_T = [M_T, R_T] \tag{15}$$

Die Relationen R_T zwischen den Elementen eines Systems sind ihre stofflichen, energetischen, informationellen, personellen, räumlichen und zeitlichen Beziehungen. Wird von den räumlichen und zeitlichen Beziehungen als Daseinsform abstrahiert, so sind die verbleibenden Relationen gerichtete Bewegungen von

Stoffen, Energien, Informationen und Personen zwischen den Elementen der Systeme. Damit sind alle Quellen und Senken solcher gerichteten Bewegungen Elemente des Systems. Die Elementenmenge M_T selbst muss weiter differenziert werden in eine Teilmenge, deren Elemente funktionsbedingt sind, d.h. aus der Funktion des Systems direkt (unmittelbar) über den zur Realisierung der Systemfunktion erforderlichen Prozess abgeleitet werden und in eine Teilmenge, deren Elemente strukturbedingt sind, d.h. von der zeitlichen und räumlichen Struktur der funktionsbedingten Elemente und der zwischen ihnen notwendigen Relationen induziert werden. Bei gegebener Funktion des Teilsystems hängt das Ausmaß dieser strukturbedingten (mittelbaren) Elemente davon ab, ob und wie gut die Struktur des Systems seiner Funktion entspricht. (vgl. [107])

Für die Strukturproblematik scheint es angebracht, zwischen dem Prozess und dem prozessrealisierenden System zu unterscheiden. Beide existieren in Zeit und Raum, ihre zeitlichen und räumlichen Strukturen lassen sich typisieren. (vgl. [107])

Die zeitliche Struktur der Flusssysteme bilden die zeitlichen Verlaufsformen der Transformations- und Übertragungsintensitäten im System. Die zeitliche Struktur der Prozesse bilden die Formen des Verlaufs der Operationen (Reihen-, Parallel-, kombinierter Verlauf). (vgl. [107])

Die räumliche Struktur der Flusssysteme beinhaltet die Zahl der Systemelemente, das Wesentliche ihrer Anordnung und der räumlichen Verbindungen zwischen ihnen, die sich aus dem zu realisierenden Prozess ergeben. Die räumliche Struktur des Prozesses bzw. der Prozessmenge beinhaltet dagegen nur die qualitative Seite der unmittelbaren Elemente des prozessrealisierenden Flusssystems und ihre idealisierte Reihenfolge, die identisch ist mit der Reihenfolge der Prozesselemente. (vgl. [107], siehe auch Abschnitt 4.4.5)

Diskussion: Für die Systemdefinition wird unmittelbar der Begriff Struktur als Folge von Relationen genutzt. Der Strukturbegriff wird auch im Weiteren auf einer allgemeinen, abstrakten Deutung belassen.

Es wird zwischen Prozess[106] und prozessrealisierendem System[107] unterschieden. Beide besitzen Elemente und Beziehungen. Beiden werden zeitliche und räumliche Strukturen zuerkannt. Prozessrealisierende Systeme können weiter in Flusssysteme gegliedert werden. Flusssysteme sind über Flussobjekte differenzierte Wirksysteme, Prozesse Funktionssysteme. Prozesse wie Flusssysteme sind Aspektsysteme.

Die zeitliche Struktur eines Flusssystems lässt sich interpretieren als zeitlicher Verlauf der Kenngröße Intensität. Die zeitliche Struktur eines Flusssystems entspricht folglich einer zeitlichen Wirksystemstruktur.

Die zeitliche Struktur eines Prozesses lässt sich interpretieren als vorgehenslogische Funktionssystemstruktur.

---

[106] Hier existieren Analogien zu den Programm- und Objektsystemen bei PATZAK (vgl. [274], siehe u.a. auch Abschnitt 4.2.1).
[107] Hier existieren Analogien zum Wirksystem bei PATZAK (vgl. [274], siehe u.a. auch Abschnitt 4.2.1).

Die räumliche Struktur eines Flusssystems lässt sich interpretieren als räumlich-vorgehenslogische Wirksystemstruktur.

Die räumliche Struktur eines Prozesses lässt sich interpretieren als idealisierte Reihenfolge der Transformationsoperationen. Auf eine ergänzende Abbildung der (abstrakt-)räumlichen Anordnung der Prozesselemente kann nicht eindeutig geschlossen werden. Die räumliche Struktur des Prozesses entspricht folglich entweder einer ausschließlich vorgehenslogischen oder aber einer räumlich-vorgehenslogischen Funktionssystemstruktur. Die räumliche Struktur des Prozesses birgt, aufgrund der inhärent mit abgebildeten vorgehenslogischen Struktur, eine gewisse Redundanz zu dessen zeitlicher Struktur. Dies ist auch über Analogiebetrachtungen zwischen den zeitlichen Strukturtypen des Prozesses Reihen-, Parallel-, kombinierter Verlauf und den räumlichen Strukturtypen Punkt-, Linien-, Netzstruktur erkennbar.

Die prinzipielle Denkweise in räumlichen und zeitlichen Prozess- und (Fluss-)Systemstrukturen geht konform zu den Auffassungen der Systemtechnik[108]. Jedoch existieren einige signifikante Abweichungen zu deren Begriffsinhalten – vornehmlich geschuldet dem Kontextbezug – welche einen direkten Vergleich der Strukturen erschweren.

Strukturaspekt und Prozessaspekt nach GUDEHUS

Logistiksysteme lassen sich aus stationärer Sicht unter dem Strukturaspekt oder aus dynamischer Sicht unter dem Prozessaspekt betrachten. (vgl. [139])

Unter dem Strukturaspekt werden Aufbau, Netzstrukturen, Funktionen, Kapazitäten und Leistungsvermögen des Systems und der Leistungsstellen von der Warte eines ruhenden Betrachters analysiert und geplant. (vgl. [139])

Unter dem Prozessaspekt werden die Abläufe im Logistiksystem und die Vorgänge in den Leistungsstellen von der Warte eines Betrachters, der den Waren und Daten auf ihrem Weg durch das System folgt, in ihrer Abfolge und ihrem Zeitbedarf analysiert und gestaltet. (vgl. [139])

Diskussion: Der Begriff Struktur wird neben dem Begriff Prozess verwendet. Damit ist der Begriff Struktur verbraucht und steht beispielsweise für Prozessstrukturen nicht zu Verfügung. Der Strukturaspekt verkörpert die stationäre Sicht und der Prozessaspekt die dynamische Sicht auf ein System. Dynamische Strukturen bleiben unberücksichtigt.

Struktur- und Prozesskomponenten der logistischen Organisation nach KLAAS

In einem auf der Basis logistik- und organisationstheoretischer Überlegungen entwickelten erweiterten Gestaltungsansatz zur Logistik-Organisation wird der Zusammenhang zwischen den Problembereichen der organisatorischen Gestaltung

[108] Zur Diskussion der Systemtechnik/-theorie nach PATZAK [274] siehe u.a. Abschnitt 4.2.1 und Anlage A1.

logistischer Prozesse, der physischen Infrastrukturen und der formalen Aufbaustrukturen berücksichtigt (Abbildung A1). (vgl. [198])

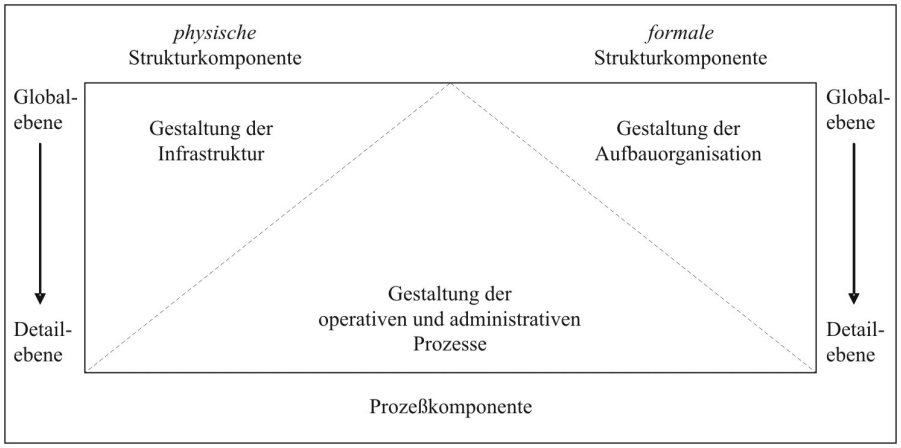


Abbildung A1: Die interdependenten Teilprobleme des logistischen Organisationsproblems [198]

Unter logistischer Infrastrukturgestaltung als erstem Teilproblem der logistikorientierten Organisationsgestaltung wird eine Aufgabenstellung verstanden, deren Gegenstand die Festlegung der räumlichen, technischen und personellen Struktureigenschaften eines Logistiksystems ist. Die logistische Infrastrukturgestaltung beschreibt somit alle Maßnahmen, die die Art, die Anzahl, die Kapazität sowie die generellen räumlichen Anordnungsbeziehungen der Knoten und Kanten in einem logistischen Netz konstituieren und letztlich die für einen gewissen Zeitraum fixierte physische und informatorische Infrastruktur eines Logistiksystems kennzeichnen. (vgl. [198])

Im Zuge der Prozessgestaltung, dem zweiten Teilproblem der logistikorientierten Organisationsgestaltung, werden die dynamischen Eigenschaften einer Organisation bestimmt, die sich in einem aufeinander aufbauenden Beziehungsgefüge von operativen Ausführungs- und administrativen Führungsprozessen manifestieren. Dabei bilden die wertschöpfungsbedingten logistischen Kernaktivitäten die operative Basis für die raum-zeitlichen Güter- und Informationsflüsse innerhalb und zwischen den infrastrukturellen Einrichtungen eines mikro- oder metalogistischen Systems. (vgl. [198])

Als drittes Teilproblem der logistikorientierten Organisationsgestaltung verbleibt schließlich die Bestimmung der formalorganisatorischen Aufbaustruktur. Dabei werden die Eigenschaften der formalen Organisationsstrukturen festgelegt, die, neben den physischen Strukturen, den stabilen, formalen Rahmen für die arbeitsteilige Erfüllung der operativen und administrativen Prozesse durch Mitglieder einer Organisation aufspannen. (vgl. [198])

Diskussion: Die Begriffe Struktur und Prozess werden nicht separat, sondern stets in Zusammensetzung (z.B. Infrastruktur), dennoch aber nebeneinander behandelt. Damit ist der Begriff Struktur verbraucht und steht beispielsweise für Prozessstrukturen nicht zu Verfügung.

Die aufgeführten Strukturen und Prozesse sind jeweils kontextspezifisch (formale Aufbaustruktur, Infrastruktur, operative oder administrative Prozesse usw.).

Die Infrastruktur wird für einen gewissen Zeitraum als fixiert angesehen. Diese bildet mit der formalen Aufbauorganisation einen stabilen Rahmen. Prozesse werden in Zusammenhang mit dynamischen Eigenschaften gebracht. Hieraus ist erkennbar, dass Strukturen mit dem stationären Aspekt und Prozesse mit dem dynamischen Aspekt verknüpft werden.

Struktur als zweistellige Relationen eines Produktionssystems nach SCHMIGALLA

Ein Produktionssystem ist u.a. gekennzeichnet durch Prozesse und Strukturen.

Die Struktur S wird durch eine Folge zweistelliger Relationen verkörpert, die stofflicher, energetischer und informationeller Natur sind. Die Struktur wird durch Prozesse „induziert“, die mindestens aus zweistelligen, meist aber aus mehrstelligen Relationen bestehen. Die Struktur umfasst Stoff-, Energie und Informationsflussstrukturen. (vgl. [317])

Wie das ganze System existiert auch die Struktur in Raum und Zeit. Deshalb ist zwischen räumlichen und zeitlichen Strukturen zu unterscheiden. (vgl. [317], siehe auch Abschnitt 4.2.3)

Diskussion: Der Begriff Struktur wird eingegrenzt auf zweistellige, stoffliche, energetische und informationelle, in Raum und Zeit existierende Relationen zwischen den Elementen eines Produktionssystems. Der Begriff Struktur wird neben dem Begriff Prozess verwendet. Damit ist der Begriff Struktur verbraucht und steht beispielsweise für Prozessstrukturen nicht zu Verfügung.

Fabrik(system)strukturplanung nach BISSEL

Die Fabrikstrukturplanung soll die Aufbau- und Ablaufstrukturen eines Unternehmens in den produktionsnahen Bereichen so gestalten, dass die Produktionsprozesse in einer optimalen Umgebung aus Technik, Mensch und Organisation wirtschaftlich durchgeführt werden können. (vgl. [38])

Unter Fabrik(system)struktur wird die Struktur räumlich, organisatorisch und prozessual abgegrenzter (Fabrik-)Teilsysteme bzw. Struktureinheiten verstanden. (vgl. [38])

Die Methode der prozessorientierten Planung dynamischer Fabrikstrukturen wird mittels einer regelkreisbasierten zyklischen Strukturkontrolle und Strukturveränderung umgesetzt. (vgl. [38])

Die ersten beiden grundlegenden Planungsschritte der Planungsmethode beinhalten eine aufeinander aufbauende Ablauf- und Aufbaustrukturplanung. Die Planung der Ablaufstruktur der Produktionsprozesse geschieht im Planungsschritt Qualitative Prozessplanung. Die Gestaltung der Systemaufbaustruktur geschieht im nachfolgenden Planungsschritt Strukturierende Prozess- und Systemplanung. (vgl. [38])

Diskussion: Die Begriffe Struktur, Prozess und System werden nicht explizit erklärt, aber auf vielfältige Weise miteinander verwoben behandelt (z.B. Planungsschritte: Planung der Ablaufstruktur der Produktionsprozesse als Qualitative Prozessplanung, Gestaltung der Systemaufbaustruktur als Strukturierende Prozess- und Systemplanung).

Trotz dieser Begriffsheterogenität und der kontextspezifischen Betrachtung des Systems Fabrik behalten die einzelnen Begriffe Struktur, Prozess und System ihre Allgemeingültigkeit und werden nicht in ihrem Begriffsinhalt eingeschränkt, da sie nicht allein stehend direkt in Zusammenhang mit kontextspezifischen Begriffsausprägungen gebracht werden.

Unter Fabrik(system)struktur wird die Struktur räumlich, organisatorisch (rang- und mengenmäßig) und prozessual (zeitlich und vorgehenslogisch) abgegrenzter (Fabrik-)Teilsysteme bzw. Struktureinheiten verstanden, womit alle interessierenden Strukturarten einbezogen sind.

Abläufe und Strukturen nach SCHMIDT

Ein zentrales Verständnis von Produktion ist die Einnahme je einer Sichtweise zu Abläufen und Strukturen (Abbildung A2), welche wie folgt definiert werden:

- Die Abläufe eines Produktionssystems (Produktionsabläufe) beschreiben die dynamischen Systemelemente und Relationen, d.h. die direkt und indirekt wertschöpfenden Prozesse innerhalb eines Produktionssystems sowie zwischen dem Produktionssystem und seiner Umwelt. In Form von Informations- und Materialfluss werden die einzelnen Systemelemente verknüpft. Die Folge einzelner Ablaufschritte wird durch Regeln gesteuert, wie sie die Ablauforganisation vorgibt (vgl. u.a. [63]). Die Abläufe umfassen damit die dynamischen Aspekte des Produktionssystems.
- Die Struktur eines Produktionssystems (Produktionsstruktur) beschreibt die statischen Systemelemente (Produktionsbereiche, Betriebsmittel, Personal etc.) sowie die statischen Relationen zwischen ihnen (vgl. [381]). Dabei ist zwischen zwei Arten von Relationen zu unterscheiden: Geometrische Relationen beschreiben die Anordnung der Systemelemente im Raum (Layout) (vgl. u.a. [94]). Analog definieren (aufbau)organisatorische Relationen die organisatorischen Stellen der Systemelemente (Personal) sowie ihre Position in der Aufbauorganisation (Organigramm) (vgl. u.a. [214]). Die Struktur umfasst damit die statischen Aspekte eines Produktionssystems. (vgl. [316])

Abläufe und Strukturen beeinflussen sich über zwischen ihnen bestehende Relationen gegenseitig (vgl. [94], [383]) und sind bei der Planung von Produktionssystemen von besonderer Bedeutung. (vgl. [316])

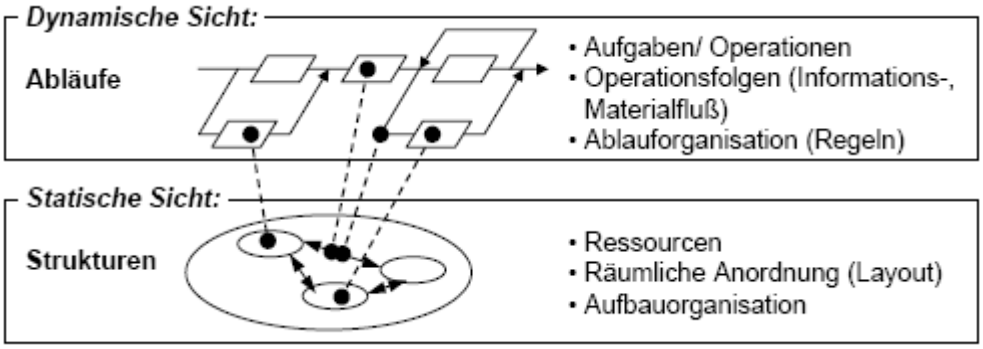


Abbildung A2: Ablauf- und Struktursicht [316]

Diskussion: Abläufe umfassen den dynamischen Aspekt, Strukturen den statischen Aspekt. Damit ist der Begriff Struktur verbraucht und steht beispielsweise für Strukturen von Operationsfolgen (Prozessen) nicht zu Verfügung. Dynamische Strukturen bleiben unberücksichtigt.

Flexible Produktionsorganisation nach PAWELLEK

Wesentliche Aspekte einer flexiblen Produktionsorganisation sind flexible Produktstrukturen, flexible Prozessstrukturen und flexible Organisationsstrukturen. (vgl. [275])

Diskussion: Der Begriff Struktur wird in verschiedenen Zusammenhängen (Produkt-, Prozess-, Organisationsstruktur) verwendet. Dies zeugt von einer relativ allgemeinen Begriffsauffassung, wobei diese jedoch nicht näher ausgeführt wird.

Referenzmodellierung nach BECKER und KNACKSTEDT

Ein Referenzmodell kann systemtheoretisch interpretiert werden (vgl. [328], [330]). Aus Sicht der Systemtheorie kann zwischen einer Verhaltenssicht einerseits und einer Struktursicht andererseits unterschieden werden. (vgl. [28])

Bei der Struktursicht werden die Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems in einem bestimmten Zustand betrachtet. Referenzmodelle, die eine Struktursicht fokussieren, beschreiben Unternehmen aus einer statischen Sichtweise. Beispiele für die Struktursicht sind Datenmodelle oder Organigramme. (vgl. [28])

Bei der Verhaltenssicht wird eine Folge von Zustandsänderungen eines Systems beschrieben. Der innere Aufbau und die Struktur des Systems treten hierbei in den Hintergrund. Aus einer Verhaltenssicht beschreiben Referenzmodelle eine dynamische Sichtweise auf Unternehmen. Beispiele für die Verhaltenssicht sind Prozessmodelle oder Funktionsmodelle. (vgl. [28])

Diskussion: Es wird zwischen einer Struktursicht und einer Verhaltenssicht unterschieden. Die Struktursicht, in der ein System in einem bestimmten Zustand betrachtet wird, steht für den statischen Aspekt. Die Verhaltenssicht, in der eine Folge von Zustandsänderungen eines Systems beschrieben wird, steht für den dynamischen Aspekt. Der Strukturbegriff wird somit eingeengt gebraucht.

A2.5 Auffassungen zum Begriff Logistikstruktur und Diskussion

Wichtige Auffassungen zum Begriff Logistikstruktur werden nachfolgend dargestellt.

Logistikstrukturen im Zusammenhang mit Bezugsrahmen und Empirie

Die Auseinandersetzung mit Logistikstrukturen ist stark von empirischen Untersuchungen geprägt, die versuchen, die Entwicklungen in der Vergangenheit zu analysieren und zu interpretieren, um daraus Schlussfolgerungen für die weitere Entwicklung zu ziehen (vgl. [150], [230], [245], [305]).

Empirische Untersuchungen beziehen sich auf Formen von Transportnetzen und Materialflüssen sowie der Organisation von Transportaktivitäten. Schwerpunkte der Empirie sind:

- die logistische Struktur (Orte von Lieferanten, Produktion, Lagerung, Kunden)
- Handelsbeziehungen (Beziehungen zu Lieferanten und Kunden)
- Organisation des Produktflusses (Produktion nach Bedarf oder auf Lager, JIT etc.)
- Management des Transports (eigener Transport, externe lokal oder nicht-lokal operierende Speditionen) (vgl. [150])

Als analytischer Bezugsrahmen für die Entscheidungsfindung werden verschiedene Ebenen vorgeschlagen, die sich an den Schwerpunkten der Empirie orientieren (vgl. [244] in [150]).

Die Ebenen 1 und 2 repräsentieren das physikalische und geographische Layout des Produktions- und Distributionssystems, welches beschrieben werden kann als Input-Output-Netz. Diese Ebenen charakterisieren traditionelle geographische Perspektiven des Transports, fokussierend auf Orte und Entfernungen zwischen interagierenden Produktionseinheiten. Nebenbei wird meist über die Kosten die Signifikanz des Transports in einem Produktions- und Distributionssystem beschrieben. Die Ebenen 3 und 4 betreffen die Organisation des Materialflusses und das Management der Transportoperationen. Die Ebenen repräsentieren ein Koordinationsnetz von Aktivitäten realisiert durch Akteure innerhalb einfacher Systeme oder quer durch verschiedene Systeme. (vgl. [150])

Diskussion: Neben theoretischen Überlegungen bieten empirische Untersuchungen Zugang zu Logistikstrukturen.

Erkenntnisse bezüglich einer geschlossenen analytischen Beschreibung von Logistikstrukturen sind derzeit nur partiell vorhanden (vgl. [305]). Hieraus resultieren diverse Initiativen und Projekte aus Industrie und Forschung, welche die Entwicklung eines geschlossenen theoretisch-analytischen Bezugsrahmens anstreben (vgl. [224], [225], [244], [245], [332]).

Logistikstrukturen im Zusammenhang mit System- und Graphentheorie

Auf der System- und Graphentheorie basierende Auffassungen zum Begriff Logistikstruktur kommen nachfolgend zum Ausdruck:

- Zur Charakterisierung der logistischen Strukturen von Produktionsverbundsystemen bietet sich ein systemtheoretischer Ansatz an. Die Prozessstandorte sind die Elemente des Produktionsverbundsystems. Da jedes Element eine spezifische Produktionsaufgabe im Verbund wahrnimmt, ergeben sich die Logistikbeziehungen aus den für die Konstituierung eines Systems notwendigen Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen. Sie manifestieren sich in den Vor- und Zwischenproduktlieferungen zwischen den Standorten des Verbundsystems. [247]
- A logistic structure is a structure designed of nodes and links. Within each defined node different activities are executed such as production, storing, handling and within each link, which is connected to the nodes, some kind of move activity is performed, e.g. a freight transport, transmission of a message. Also within the nodes move activities are performed. Different operational resources are occupied with the activities within the logistic structure/network. [42]
- Eine feststehende Logistische Struktur kann auch als Systemarchitektur bezeichnet werden [228].

Diskussion: Neben der System- und Graphentheoriebasierung wird offenkundig, dass die Elemente/Knoten bzw. Beziehungen/Kanten mit unterschiedlichen Inhalten untersetzt werden.

Die Interpretation des Begriffs Logistische Struktur als Systemarchitektur ist problematisch, da sie sich auf Strukturen des Wirksystems zu beschränken scheint und somit u.a. Strukturen des Funktionssystems (z.B. Prozessstrukturen) ausklammert.

Logistikstrukturen im Zusammenhang mit Zielen, Größen und deren Wirkmechanismen

Wichtige Größen im Zusammenhang mit Logistikstrukturen sind Anzahl und Standorte der Stationen, Grundstruktur der Flussrelationen, Stufigkeit, Entfernungen, Bestandshöhe, Sendungsgröße, Frequenz, Kosten, Zeiten, Qualität etc., wobei direkte Zusammenhänge zwischen diesen charakteristischen Größen bestehen. (vgl. u.a. [139], [142], [215], [217])

Stellvertretend für Zusammenhänge zwischen Größen seien Wirkmechanismen bezüglich der Kosten benannt, u.a. die Abhängigkeit der Lagerkosten von der Anzahl der Läger (hier: Lagerkosten I_m von m Lägern zu den Lagerkosten I_n von n Lägern):

$$I_m = (m / n)^{½} \times I_n \qquad (16)$$

und die Abhängigkeit der totalen Logistikkosten K von den Lagerkosten I und den Transport- und Handlingskosten T+H (vgl. Abbildung A3):

$$K = I + T+H \qquad (17)$$

(vgl. [305])

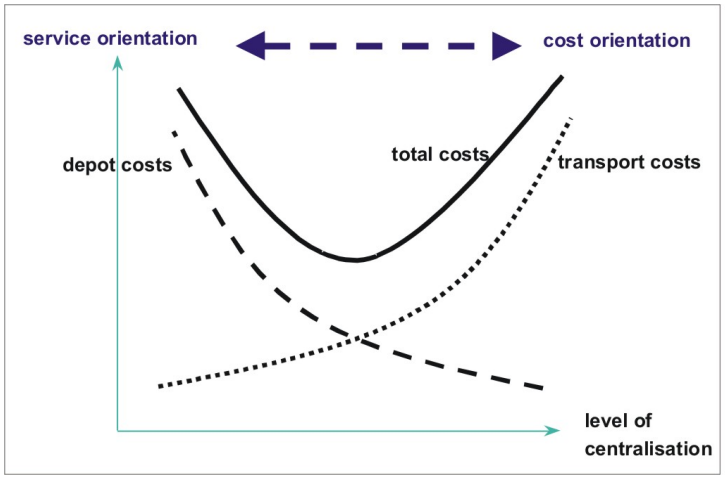


Abbildung A3: Classical transport/inventory trade-off [305]

Sich hinsichtlich der räumlichen Anordnung verschiebende Logistikkonzepte verändern die Logistikstruktur. Nach Abbildung A4 führen steigende Transportkosten a und sinkende Lagerkosten d zu einer Dezentralisierung, sinkende Transportkosten b und steigende Lagerkosten c zu einer Zentralisierung der Logistikstruktur.[109] (vgl. [305])

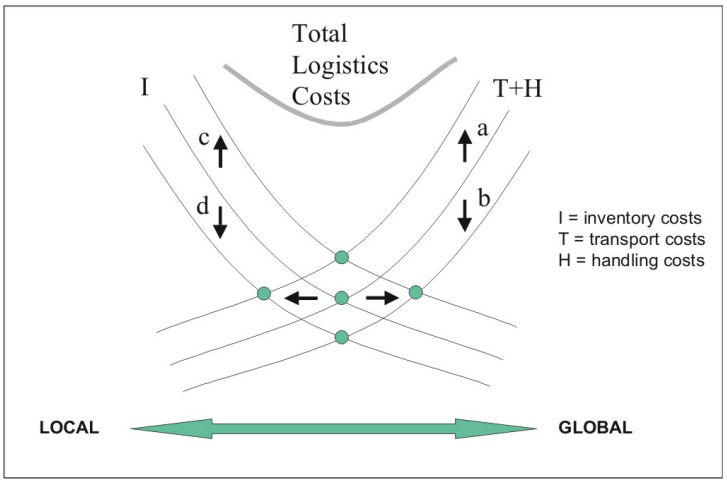


Abbildung A4: Changes in the inventory/transport equilibrium [305]

Diskussion: Logistikstrukturen werden interpretiert als Zusammenhänge zwischen den die Logistikstruktur determinierenden Größen, wie Anzahl, Standorte der Läger und Kosten.

Es wird explizit auf die (gegenseitigen) Abhängigkeiten von Ziel- und Wirksystem-strukturen hingewiesen.

---

[109] Für kompetenzzellenbasierte regionale Netze ist davon auszugehen, dass die Transport- die Lagerkosten dominieren (Unterstellt wird, dass den KPZ genügend kostengünstiger Lagerraum zur Verfügung steht.). Deshalb wird eher diejenige Logistikstruktur eine Vorzugslösung sein, welche die Transporte hinsichtlich des in Kosten bewertbaren Aufwands optimiert.

Logistikstrukturen im Zusammenhang mit Konzepten und Strategien

Logistikstrukturen werden häufig in Zusammenhang mit Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsstrukturen sowie damit verbundenen Logistikkonzepten und -strategien gebracht.

Beschaffungsstrukturen als Logistikstrukturen mit zugehörigen Logistikkonzepten und -strategien sind in Abbildung A5 dargestellt. Typische Elemente von Beschaffungskanälen sind Lieferanten, Läger/Umschlagpunkte und Bedarfsträger. Die notwendigen Elemente zur Umsetzung des Materialflusses zwischen Lieferanten und Bedarfsträgern sowie deren Vernetzung bestimmen die räumlichen Strukturen der Beschaffungskanäle. Räumliche Strukturen stehen in unmittelbarer Wechselwirkung mit der Prozessstruktur, die wiederum von der Beschaffungsart bestimmt wird. In dieser ist festgelegt, ob zur Entkopplung des Lieferanten vom Bedarfsträger ein Lager bzw. eine Lagerstruktur notwendig ist oder nicht. (vgl. [13])

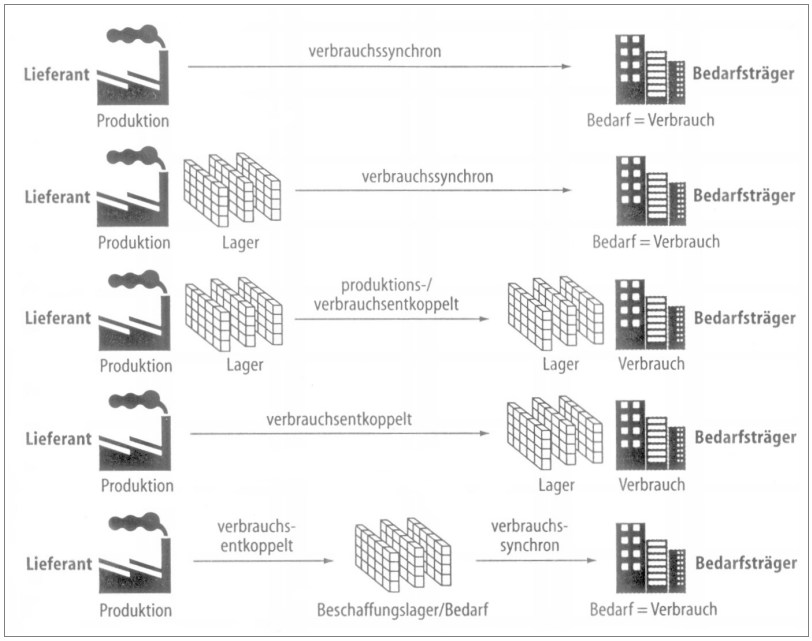


Abbildung A5: Beschaffungsstrukturen [13]

Produktionsstrukturen als Logistikstrukturen einschließlich Logistikkonzepten und -strategien zeigt Abbildung A6. Grundstrukturen für Produktionsverbundsysteme sind Raster- und Hub & Spoke-System, realisiert über paarige Verkehre. Die Funktion des Hubs kann ein eigenständiger Logistikstandort oder ein zentraler Produktionsstandort übernehmen. (vgl. [130])

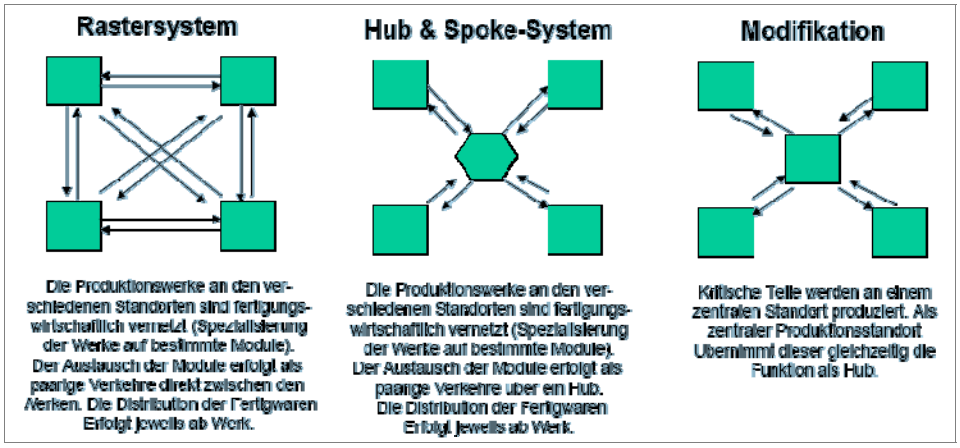


Abbildung A6: Logistikstrukturen von Produktionsverbundsystemen (vgl. [130])

Distributionsstrukturen als Logistikstrukturen sind zusammen mit Logistikkonzepten und -strategien in Abbildung A7 und Abbildung A8 illustriert. (vgl. u.a. [30], [217])

Abbildung A7 enthält alternative Lieferanten-Kunden-Beziehungen, welche sich u.a. durch unterschiedliche Arten und Anzahlen der Quellen, Senken und Zwischenstationen sowie durch unterschiedliche Muster und Stufigkeiten der Transportrelationen auszeichnen.

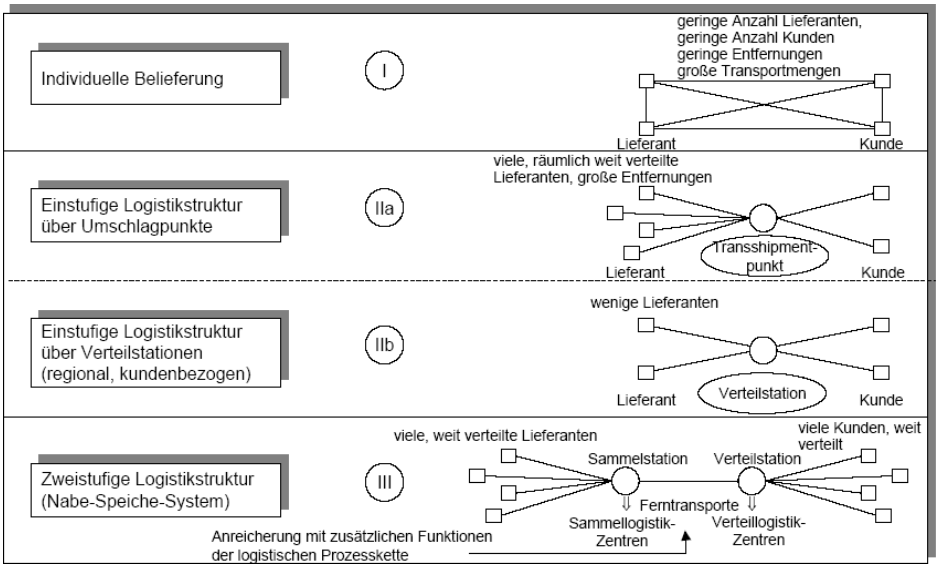


Abbildung A7: Alternative Logistikstrukturen (vgl. u.a. [30], [217])

Abbildung A8 enthält gängige Lager- und Transportstrategien bzw. -konzepte, untersetzt mit logistischen Abläufen, Akteuren, Mitteln und Verkehrsträgern.

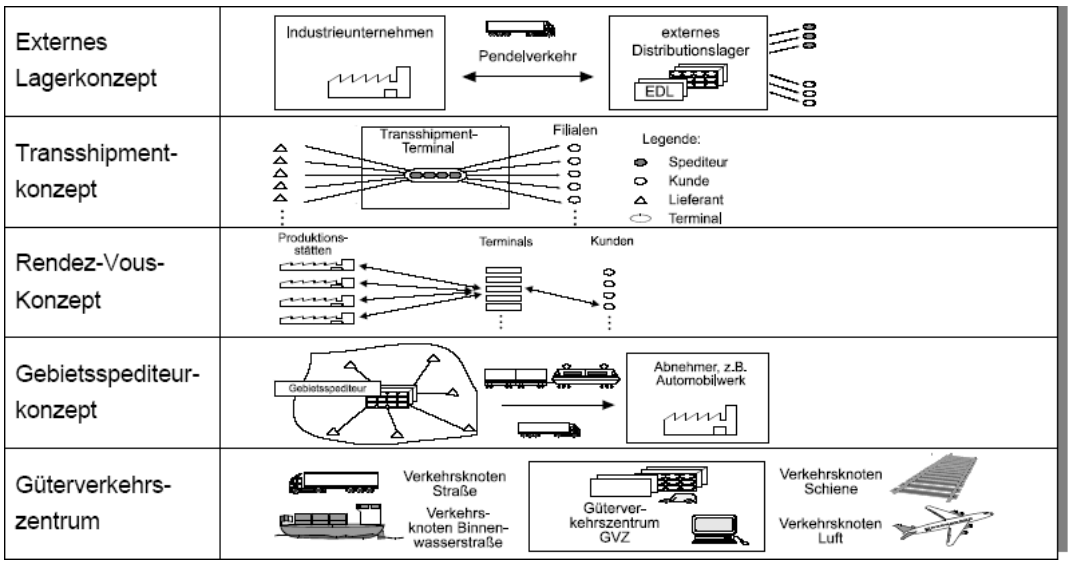


Abbildung A8: Distributionslogistikkonzepte (vgl. u.a. [30], [217])

Die Wahl geeigneter Logistikstrategien und -konzepte wird als Schlüsselfaktor bei der Gestaltung von Logistikstrukturen angesehen (vgl. [83], [363], [374]).

(Logistik-)Strategien und (Logistik-)Strukturen bedingen einander, wobei normalerweise die Strukturen den Strategien folgen. So ergeben sich resultierend aus dem an Bedeutung gewinnenden E-Commerce speziell für den B2B- und B2C-Bereich neue oder veränderte Logistikstrategien und -strukturen, die generell von einem gewissen Trend hin zur Zentralisierung geprägt sind (steigende Bedeutung von Regional Distribution Centres oder Cross-Docking-Stations). (vgl. [373])

Diskussion: Die Abbildung von Logistikstrukturen erfolgt häufig mittels Graphen (oder Matrizen). Dabei wird in verschiedene Arten von Knoten und Kanten differenziert, die auch vermengt auftreten.

Typische Knoten sind:

- Quellen (u.a. Zulieferer oder Produktionsunternehmen), Senken (u.a. Kunden oder Produktionsunternehmen) und Zwischenstationen (u.a. Terminals, Transshipmentpunkte, GVZ)
- Akteure und Rollen wie Lieferanten, Produzenten, LDL und Kunden
- Ressourcen wie Flächen, Lager-, Bearbeitungs- und Transportmittel
- aggregierte Ressourcen wie GVZ, Läger oder Produktionsstätten
- Funktionen bzw. Prozessschritte wie Transportieren, Lagern, Sammeln, Verteilen und deren Zusammenspiel

Typische Kanten sind:

- durch logistische Objekte induzierte Flüsse/Bewegungen (hier güter- oder transportmittelinduzierte Beziehungen)
- Verkehrsträger (Straße, Schiene, Wasser, Luft)

Vielen Darstellungen von Logistikstrukturen ist gemein, dass die Muster der die Knoten verbindenden Kanten raum-vorgehenslogisch-zeitliche Transformationen von Objekten beschreiben. Häufig werden auch Angaben zu den Randbedingungen oder Einsatzgebieten von typischen Logistikstrukturen gegeben (vgl. Abbildung A7), die Entscheidung für eine spezielle Logistikstruktur von zahlreichen Größen (Anzahl Lieferanten und Kunden, Entfernungen, Sendungsgrößen) abhängig gemacht.

Die Begriffe Logistikstrategie/-konzept und Logistikstruktur stehen in engem Zusammenhang und werden deshalb häufig im Mix gebraucht (vgl. [30], [217], [305]). Ein Beispiel ist die Korrespondenz von Einstufiger Logistikstruktur über Umschlagpunkte (Abbildung A7) und Transshipmentkonzept (Abbildung A8).

Wird eine begriffliche Trennung vorgenommen,

- dann steht im Mittelpunkt des Logistikkonzeptes bzw. der -strategie die zur Erreichung bestimmter Ziele unter speziellen Randbedingungen als zweckmäßig erachtete Vorgehensweise,
- fokussiert die Logistikstruktur auf die objektflussinduzierte Gestalt der Beziehungen/Kanten zwischen den Elementen/Knoten.

Die Begriffe Logistikkonzept und -strategie sind in dem Sinne weiter gefasst als der Begriff Logistikstruktur, da Konzepte und Strategien Strukturen implizieren.

Es wird explizit auf die (gegenseitigen) Abhängigkeiten von Funktions- und Wirksystemstrukturen hingewiesen.

Logistikstrukturen im Zusammenhang mit Leistungen

Logistikstrukturen stehen mit Leistungen u.a. darüber in Zusammenhang, dass Produktstrukturen Prozessstrukturen implizieren.

Ziel des Design for Logistics (der logistikgerechten Konstruktion) ist es daher, die mit der Materialbeschaffung, dem Produktionsdurchlauf, der Distribution und der Entsorgung verbundenen logistischen Prozesse bereits in der Konstruktion insofern zu optimieren, als die konstruktive Ausgestaltung des Produkts Einfluss auf diese Abläufe besitzt. (vgl. [29])

Diskussion: Die Produktstruktur ist eine wichtige Eingangsgröße für die Bestimmung der logistischen Prozessstruktur. Deshalb kann eine logistikgerechte Produktentwicklung (und Arbeitsplanung) positiv zu einer funktionierenden Logistikstruktur beitragen.

Es bestehen Abhängigkeiten zwischen Leistungs- und Funktionssystemstrukturen.

Logistikstrukturen im Zusammenhang mit Prozessen und Flusssystemen

Die Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen ist untrennbar verbunden mit der Prozessoptimierung. So gehen mit dem Übergang von einer zentralen zu einer regionalen Logistikstruktur folgende Haupt-Optimierungsansätze für die wichtigsten Prozesse einher: durchgängige, flexible Sortimentierung, virtuelles Lager mit übergreifender Disposition und durchgängigem Bestandsmanagement, integriertes

Auftragsmanagement, optimiertes Lieferantenmanagement und frühe Einbindung des Einkaufs, abgestimmtes Dienstleister-Management und zentrales Prozess-Controlling. [223]

Die Prozessbetrachtungen können in diversen Abstraktionsebenen (Abbildung A9) erfolgen.

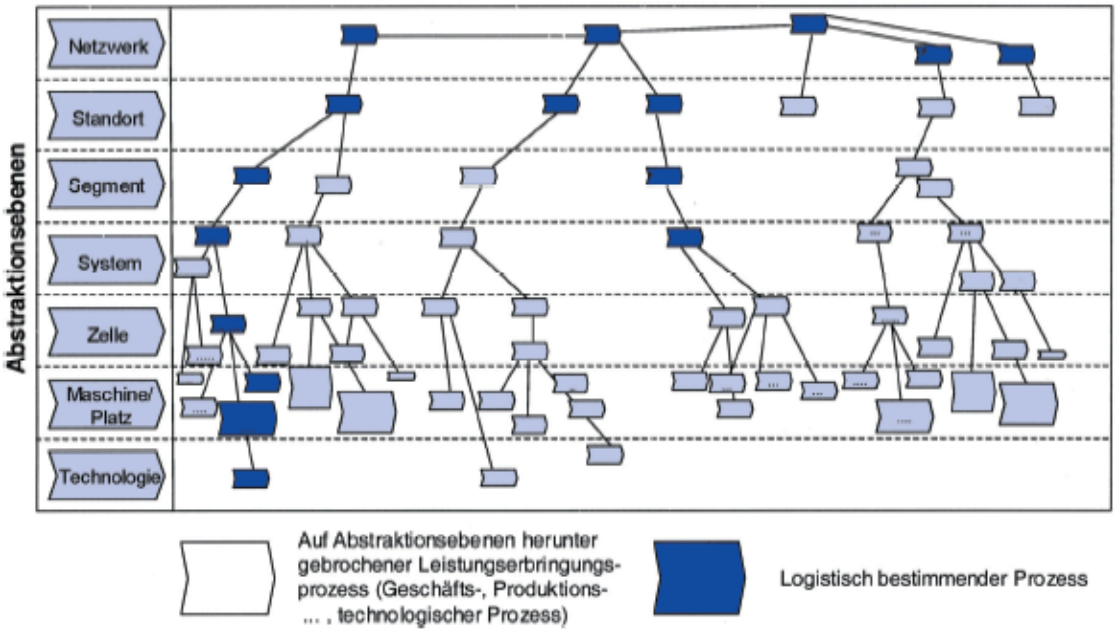


Abbildung A9: Logistik-Prüfstand: Exemplarische Einordnung eines Leistungserstellungsprozesses in Abstraktionsebenen der Unternehmenswelt (vgl. [187])

Als Logistikstrukturen und -prozesse in e-supply chains werden u.a. die in Abbildung A10 und Abbildung A11 dargestellten benannt. (vgl. [227])

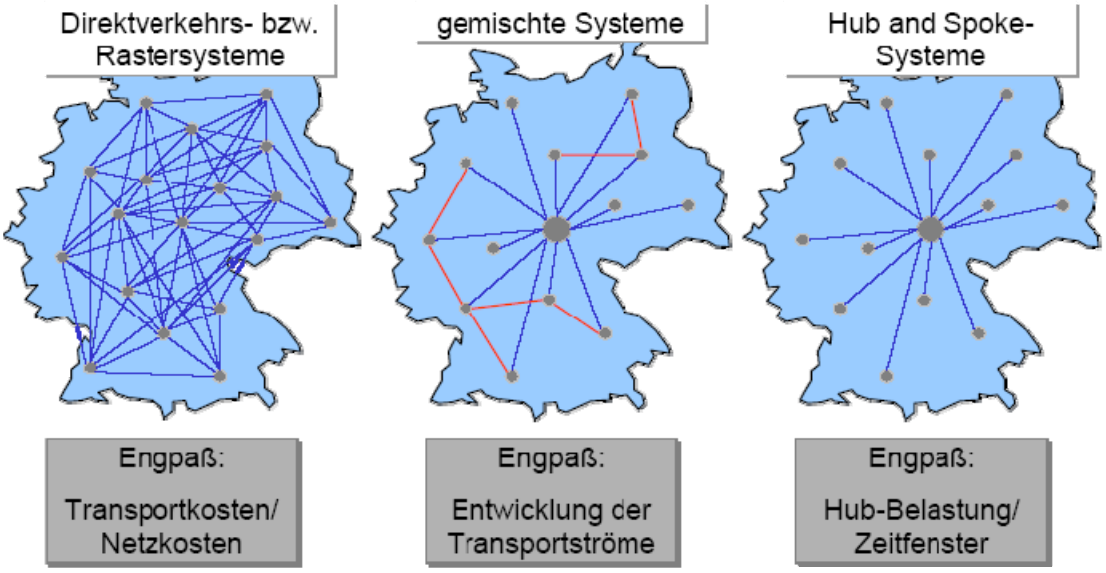


Abbildung A10: Alternative Verkehrsnetzstrukturen (vgl. [227])

Den alternativen Verkehrsnetzstrukturen (Abbildung A10) können verschiedene alternative Prozesse zugeordnet werden. So ist als eine von mehreren Alternativen eine Kommissionierung im Zentrallager (Abbildung A11) denkbar. (vgl. [227])

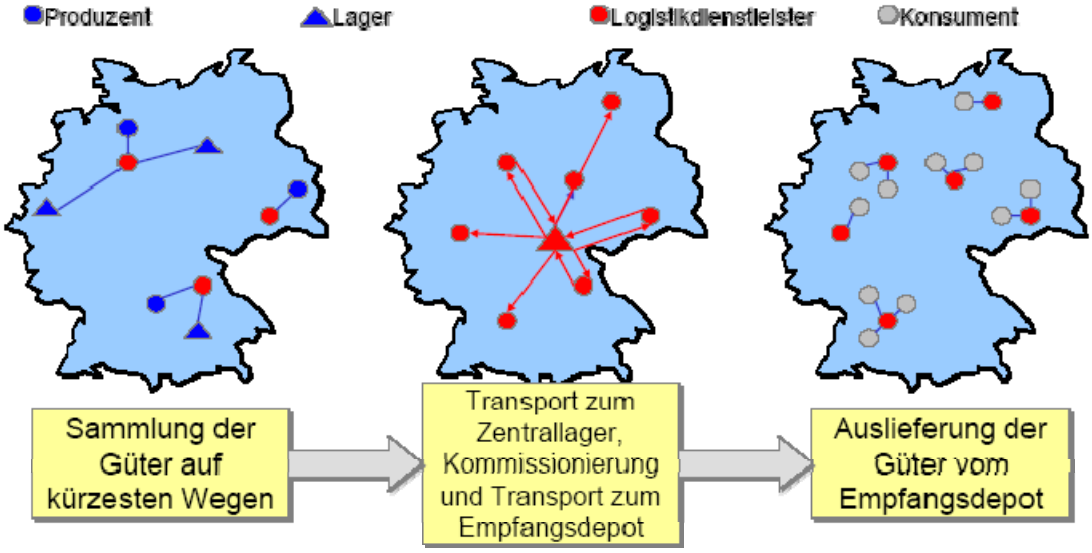


Abbildung A11: Kommissionierung im Zentrallager (vgl. [227])

Unterschieden wird entsprechend Abbildung A12 und Abbildung A13 in Logistikprozesse (auch als Netz-„Flüsse“ bezeichnet) und in Logistiksysteme. [201]

In Abbildung A12 liegt der Fokus auf den Ladungsverkehren.

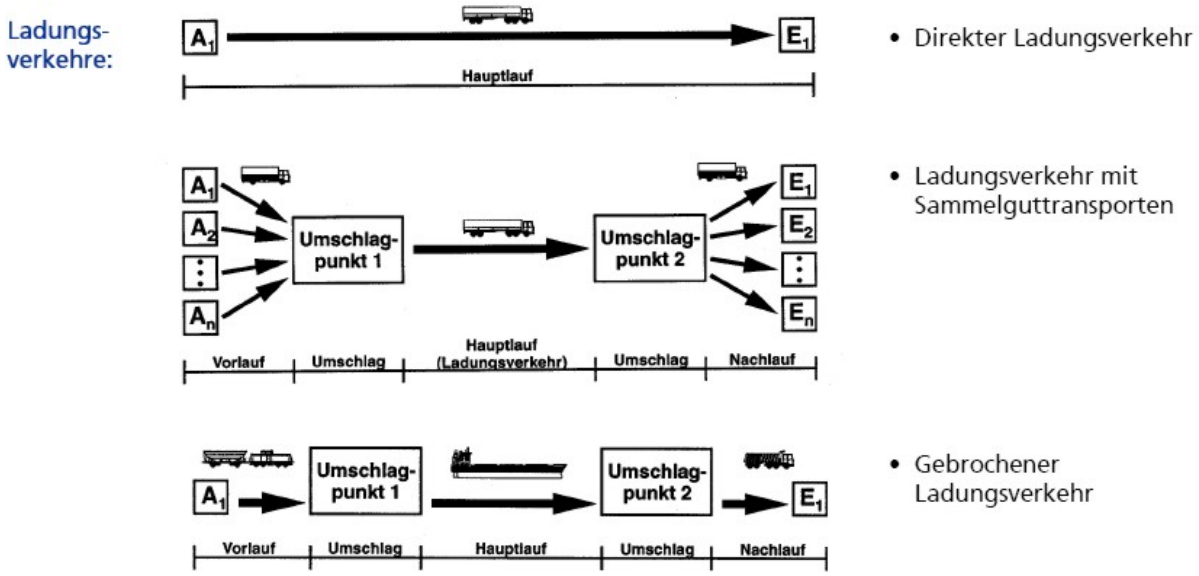


Abbildung A12: Logistikprozesse (Netz-„Flüsse“) [201]

In Abbildung A13 liegt der Fokus auf den Verlader- und Dienstleisternetzen.

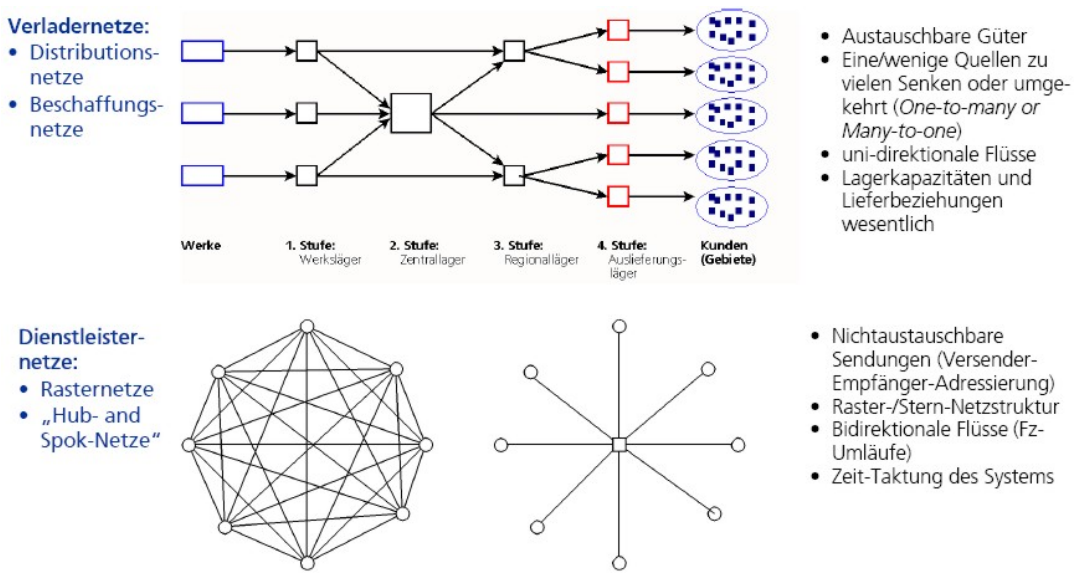


Abbildung A13: Logistiksysteme [201]

Diskussion: Dominierende Modellvorstellungen für Logistikstrukturen sind prozess- und flusssystemorientierte Logistikstrukturen, wobei diese ineinander übergehen. Prozessdarstellungen kommunizieren primär rangmäßige, vorgehenslogische und zeitliche (Logistik-)Strukturen (u.a. logistische Funktions- und Leistungsketten). Flusssystemdarstellungen kommunizieren primär rangmäßige, räumliche, vorgehenslogische und mengen-zeitliche (Logistik-)Strukturen (u.a. Topologien von Fließsystemen mit räumlichen Anordnungen der Quellen, Zwischenstationen und Senken auf Landkarten sowie richtungsbehafteten Güterflussintensitäten).

Korrelationen bestehen zu den Logistikkonzepten und logistischen Organisationskonzepten.

Logistikstrukturen im Zusammenhang mit Organisationen

Wie Abbildung A14 und Abbildung A9 zeigen, werden Logistikstrukturen in Zusammenhang mit Organisationen wie gesamten Supply Chains oder Netzen gebracht, die über unterschiedliche Abstraktionsebenen angefangen von den beteiligten Unternehmen bis hin zu einzelnen Operationen bzw. Prozessschritten herunter gebrochen werden (vgl. [176], [187]).

Häufig wird in Zusammenhang mit Logistikstrukturen auf die Organisationsform/ -struktur verwiesen, wobei hierunter Aspekte der Aufbau- und Ablauforganisation/ -struktur verstanden werden.

Typische Organisationsstrukturen der Logistik basieren auf dem xPL-Konzept oder weiteren Einteilungen von Logistikdienstleistern (siehe Abschnitt 4.6.2).

Bei Formen der horizontalen Zusammenarbeit, bei denen sich die Partner auf derselben Wertschöpfungsstufe bewegen, ist u.a. zwischen den Kooperationsformen:

- Logistikverbund (Aufteilung von Aufgaben mit Lieferverbund) und
- Logistikpool (Zusammenlegung von Aufgaben und Kapazitäten)

zu unterscheiden. Logistikverbünde sind charakterisiert durch Aufgabenteilung und Spezialisierung der Partner auf Teilbereiche des Gesamt(leistungs)angebots „Logistik“. Innerhalb eines Logistikpools wird bewusst auf eine Spezialisierung verzichtet. Die vorhandenen Kompetenzen und Ressourcen werden zusammengelegt und gemeinsam genutzt. (vgl. [79], [297])

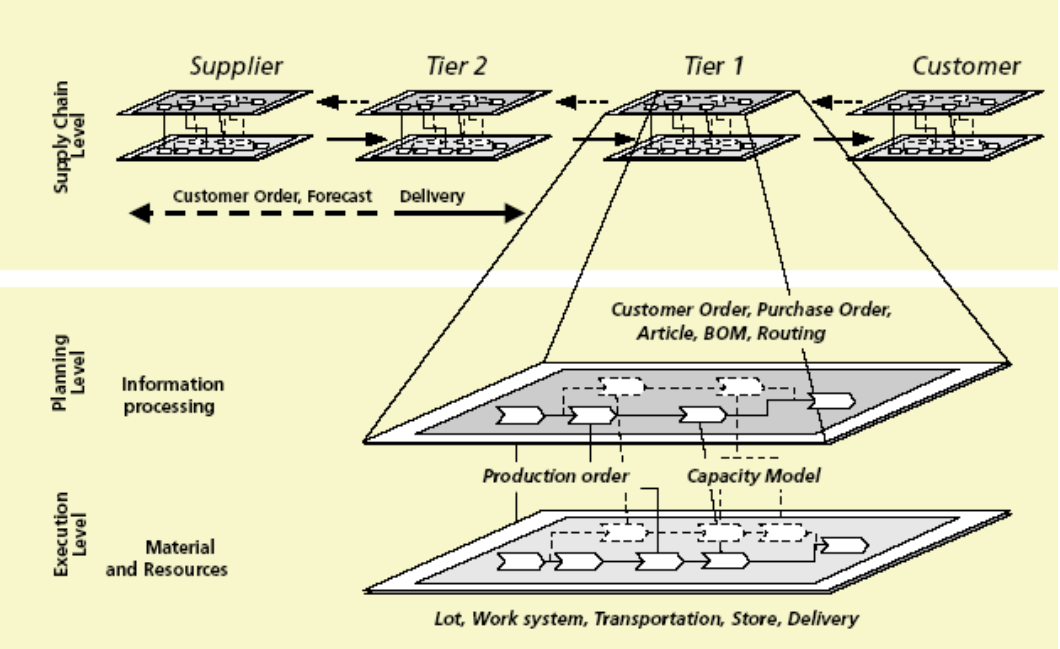


Abbildung A14: The logistics bench: Logistics simulation from supply chain down to single operation (vgl. [176])

Diskussion: Logistikstrukturen werden in Zusammenhang mit Organisationen gebracht, wobei rang- und mengenmäßige (Logistik-)Strukturen, verkörpert durch Zuordnungen zwischen Organisationseinheiten und Funktionen, im Fokus stehen.

A3 GRUNDSTRUKTUREN VON LOGISTIKSYSTEMEN UND RÜCKFÜHRUNG AUF STRUKTURTYPEN

Zu Logistikstrukturen des Material- und Informationsflusses existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze für Grundstrukturen mit zugehörigen Aussagen und Begriffen. Mittels der Strukturtypen Punkt-, Linien- und Netzstruktur kann zu einer generischen Modellierung der Logistikstrukturen und damit auch zu einer Systematisierung der artikulierten logistischen Grundstrukturen gelangt werden. Auf welche Strukturtypen und deren Kombinationen sich ausgewählte Grundstrukturen rückführen lassen (zum Vorgehen bei der Rückführung siehe Abschnitt 5.4.3.2), wird demonstriert.

Logistische Systemstrukturen

Eine Auswahl Logistischer Systemstrukturen zeigt Abbildung A15.

Bezeichnung	Strukturschema	Erläuterung
Kettenstruktur		Nur die benachbarten Elemente stehen miteinander in Relation.
Busstruktur		Jedes Element ist von jedem anderen Element aus nur über den Bus erreichbar.
Vollständige Verbindungsstruktur		Jedes Element hat mit jedem anderen Element eine Relation.
Radiale Ringstruktur		Die Relationen zwischen den Elementen spannen einen äußeren Ring auf.
Monozentrale Struktur	Z	Jedes Element ist von jedem anderen Element aus nur über **eine** Zentrale erreichbar.
Polyzentrale Struktur	Z Z	Alle Elemente stehen mit allen Zentralen in Relation.
Zentrale mit Ringstruktur	Z	Zentrale und radiale Elemente stehen miteinander in vollständiger Relation.
Hierarchische Struktur		Die Elemente der niedrigeren Stufe stehen jeweils mit einem Element der nächsthöheren Stufe in Relation.

Abbildung A15: Logistische Systemstrukturen (Auswahl) [215]

Tabelle A16 enthält die Rückführung der Logistischen Systemstrukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Logistische Systemstruktur	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Kettenstruktur	ungerichtete nichtzyklische Linienstruktur
Busstruktur	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Vollständige Verbindungsstruktur	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Radiale Ringstruktur	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Monozentrale Struktur	zyklische Punktstruktur
Polyzentrale Struktur	Überlagerung von zyklischen Punktstrukturen oder ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Zentrale mit Ringstruktur	ungerichtete zyklische Netzstruktur
Hierarchische Struktur	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A16: Rückführung der Logistischen Systemstrukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Auf eine Richtungsorientierung in den Strukturen wird generell verzichtet, weswegen bidirektionale Verbindungen unterstellt werden.

Grundstrukturen von Integralen logistischen Strukturen

Der hierbei verwendete Begriff Grundstruktur bezieht sich auf die (grundlegende) Struktur des physischen Güterflusses vom Rohmaterial bis hin zum Endprodukt. Die wichtigsten Elemente der Grundstruktur sind:

- die Primärprozesse von der Beschaffung bis hin zum Vertrieb und After-Sales-Services
- die Standorte der Bestände (Läger)
- die Bewegungen der Güter zwischen den Prozessen und Bestandspunkten (vgl. [163])

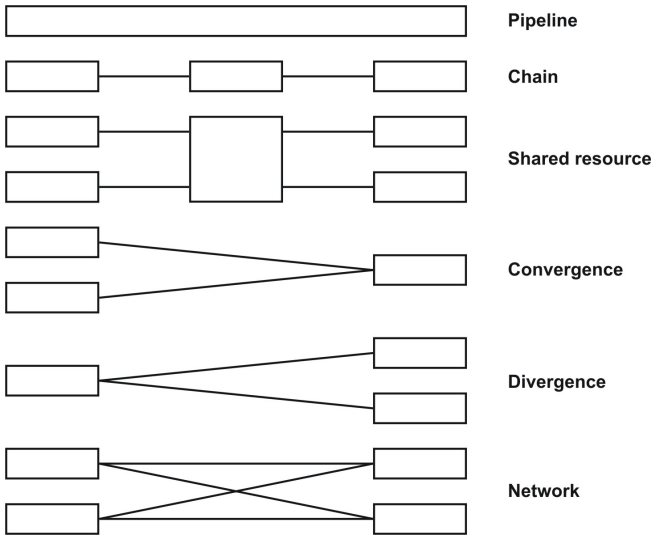


Abbildung A16: Relationship patterns in a basic structure [163]

Die Grundstruktur wird beschrieben durch die Positionierung der Primärfunktionen und dem hiermit verbundenen physischen Güterfluss. Die Grundstruktur einer

Produkt-Markt-Kombination ist die charakteristische Form, in der sich Güter für die relevante Produkt-Markt-Kombination physisch durch verschiedene Organisationseinheiten vom ersten Zulieferer bis hin zum eigentlichen Kunden bewegen. Typen von Grundstrukturen sind (wieder)erkennbare, die Komplexität der Beziehungen determinierende Beziehungsmuster. Typen sind nach Abbildung A16: Pipeline, Chain, Shared Resource, Convergence, Divergence und Network. (vgl. [163])

Tabelle A17 enthält die Rückführung der Grundstrukturen von Integralen logistischen Strukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Grundstrukturen von Integralen logistischen Strukturen	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Pipeline	lediglich eine Struktureinheit; keine Struktur[110] und kein Strukturtyp
Chain	gerichtete nichtzyklische Linienstruktur
Shared Resource	gerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Convergence	nichtzyklische Punktstruktur
Divergence	nichtzyklische Punktstruktur
Network	gerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A17: Rückführung der Grundstrukturen von Integralen logistischen Strukturen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Obwohl nur impliziert formuliert wird von einer Richtungsorientierung in den Strukturen ausgegangen, weswegen monodirektionale Verbindungen unterstellt werden.

Transportarten von Verkehrswegesystemen

Übliche Arten von Transportsystemen, aus welchen sich meist ein Verkehrswegesystem zusammensetzt, sind Direktverkehr, Sternverkehr und Ringverkehr (Abbildung A17). (vgl. [72] in [94])

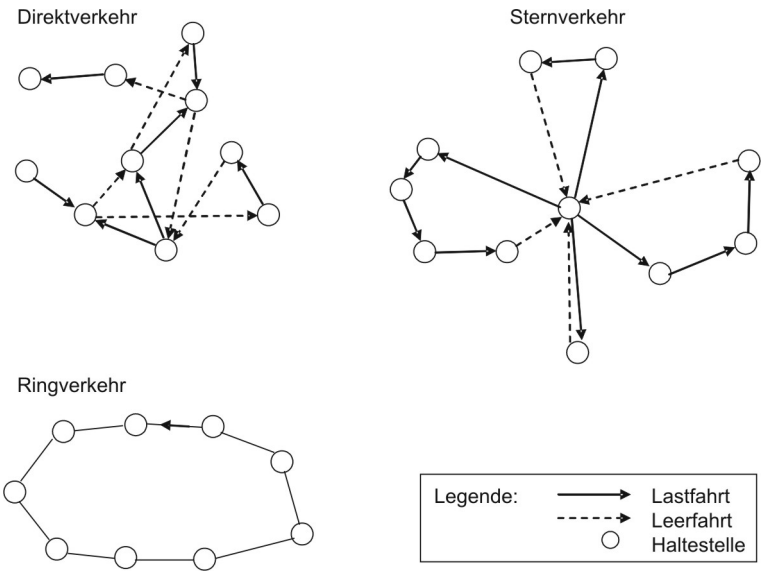


Abbildung A17: Transportarten von Verkehrswegesystemen (i.A.a. [72] in [94])

[110] Kein Beziehungsgefüge, was definitionsgemäß für eine Struktur konstituierend ist.

Beim Direktverkehr erfolgt der Transport auf dem kürzesten Weg vom Aufnahme- zum Abgabeort. Anschließend fährt das Transportmittel leer zum nächsten Transportauftrag. Beim Sternverkehr werden ausgehend von einem Zentrum verschiedene Fahrstrecken abgefahren. Dabei werden auf dem kürzesten Weg je nach Bedarf eine oder mehrere Stationen bedient. Beim Ringverkehr werden verschiedene Stationen auf immer gleich bleibenden, geschlossenen Fahrstrecken abgefahren. (vgl. [72] in [94])

Meist wird eine Kombination dieser Transportarten eingesetzt. So wird für den Transport zwischen Werksteilen ein fahrplanmäßiger Ringverkehr durchgeführt, von Bahnhöfen des Ringverkehrs aus übt ein Sternverkehr Zubringerfunktionen zu den einzelnen Gebäuden aus und die Produktionseinheiten innerhalb der Gebäude werden per Direktverkehr auf Abruf versorgt. (vgl. [72] in [94])

Tabelle A18 enthält die Rückführung der Transportarten von Verkehrswegesystemen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Transportarten von Verkehrs-wegesystemen	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Direktverkehr	Netzstruktur
Sternverkehr	zyklische Punktstruktur & gerichtete (zyklische) Linienstruktur
Ringverkehr	gerichtete zyklische Linienstruktur

Tabelle A18: Rückführung der Transportarten von Verkehrswegesystemen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Netzstrukturen von Transportsystemen

Elementare Netzstrukturen, aus denen ein Transportnetz besteht, sind Linienstruktur, Ringstruktur, Sternstruktur (Abbildung A18). [140]

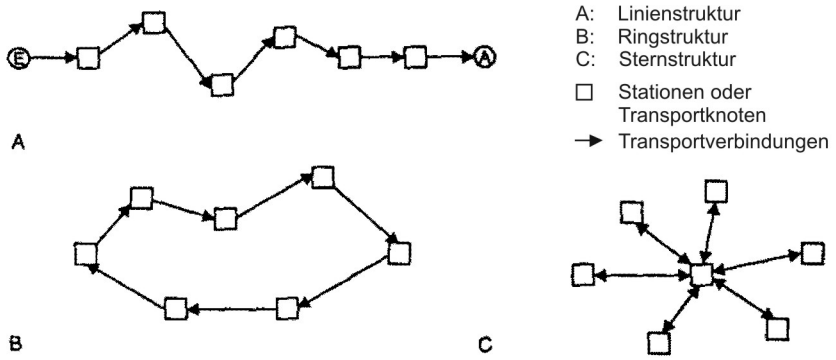


Abbildung A18: Elementare Netzstrukturen [140]

Flächen- oder Raumnetzstrukturen setzen sich aus den Grundstrukturen zusammen. Einige Beispiele für Flächentransportnetze, die durch die Verbindung von Linien-, Kreis- und Sternnetzen entstehen, zeigt Abbildung A19. Derartige Flächennetze sind typisch für Verkehrssysteme zur Erschließung ausgedehnter Gebiete. Übereinander liegende Linien-, Ring- und Flächennetze, die durch Vertikalförderer oder Steigstrecken miteinander verbunden sind, bilden Raumnetze. Durch räumliche Netze

werden mehrgeschossige Gebäude oder innerstädtische Ballungsgebiete erschlossen. Die flächigen und räumlichen Transportnetze lassen sich durch Verbindungselemente, Transportübergänge und Umschlagstationen weiter verknüpfen zu intermodalen, lokalen, regionalen, nationalen und globalen Logistiknetzen. (vgl. [140])

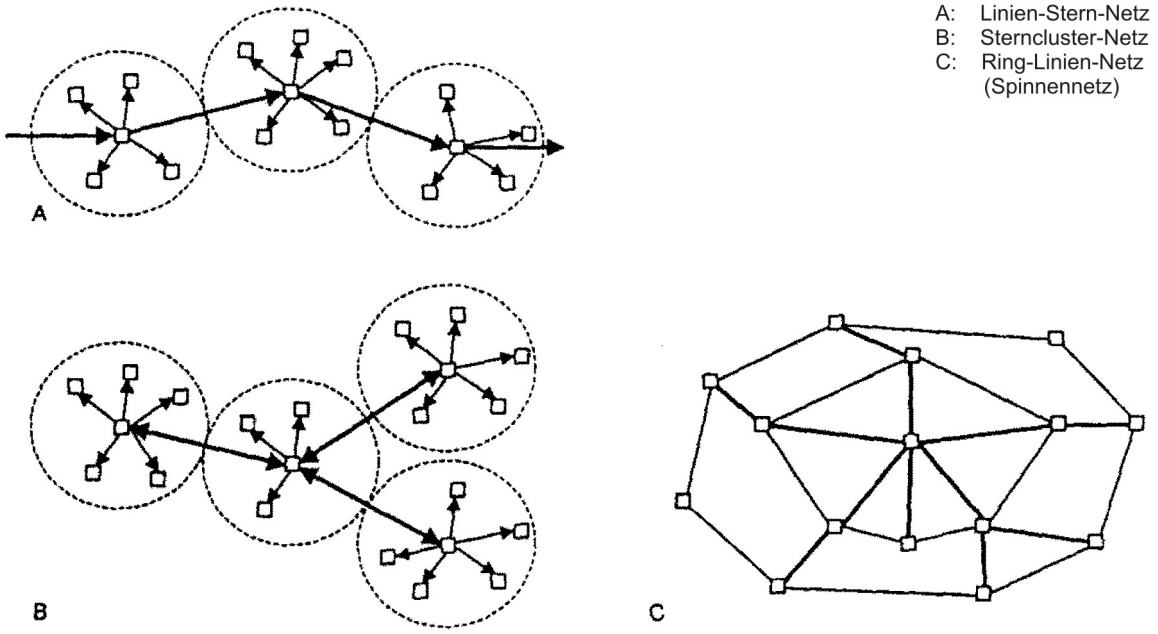


Abbildung A19: Verknüpfte Flächennetzstrukturen [140]

Tabelle A19 enthält die Rückführung der Netzstrukturen von Transportsystemen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Netzstrukturen von Transport-systemen	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Linienstruktur	gerichtete nichtzyklische Linienstruktur
Ringstruktur	gerichtete zyklische Linienstruktur
Sternstruktur	zyklische Punktstruktur
Linien-Stern-Netz	gerichtete nichtzyklische Linienstruktur & nichtzyklische Punktstruktur
Sterncluster-Netz	zyklische Punktstruktur & nichtzyklische Punktstruktur
Ring-Linien-Netz (Spinnennetz)	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A19: Rückführung der Netzstrukturen von Transportsystemen auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Typen von Transportnetzen I

Grundlegende Netztopologien sind das Direktverkehrsnetz und das Nabe-Speiche-Netz (Hub-Spoke-Netz) (Abbildung A20). Beim Direktverkehrsnetz ist jedes Depot direkt mit jedem anderen über eine Transportrelation (Direktverkehr) ohne einen Wechsel des Verkehrsmittels verbunden. Direktverkehre gelten als ungebrochene Verkehre und einstufige Transportnetze. Das Nabe-Speiche-Netz besteht aus einem oder mehreren zentralen Umschlagpunkten (Naben) und sternförmig auf diese

zulaufenden Transportrelationen (Speichen). An deren Endpunkten befinden sich die Depots. Bei diesen mehrstufigen Transportnetzen existieren i.d.R. keine direkten Transportrelationen zwischen den Depots, sodass alle Sendungen vom versendenden zum empfangenden Depot über einen Hub geleitet werden. Im Gegensatz zum Direktverkehrsnetz handelt es sich um gebrochene Verkehre mit während des Transports stattfindendem Wechsel des Transportmittels. (vgl. [13])

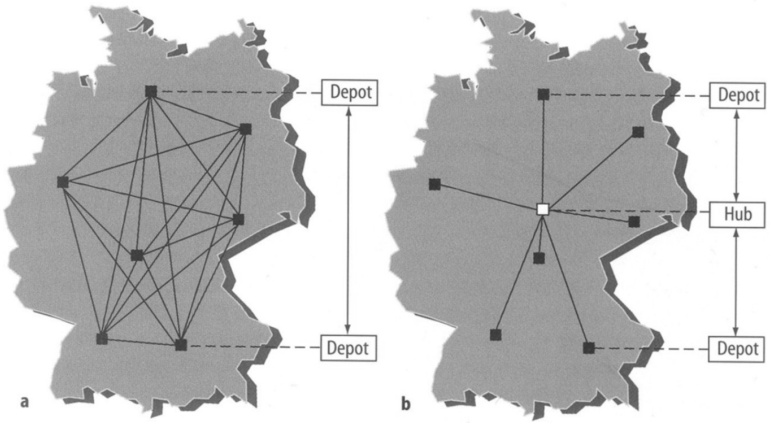


Abbildung A20: Darstellung eines a Direktverkehrsnetzes; b Hub-Spoke-Netzes [13]

In einem Direktverkehrsnetz mit n Depots gibt es insgesamt n(n-1) Transportrelationen. Die Anzahl der Transportrelationen in einem Hub-Spoke-Netz mit genau einem Hub (sogenanntes Single-Hub-Spoke-Netz) und n Depots beträgt 2n. In Tabelle A20 sind die Charakteristika von Direktverkehrs- und Hub-Spoke-Netzen dargestellt. [13]

	Direktverkehrsnetz	Hub-Spoke-Netz
Anzahl der Transportrelationen	n(n-1)	2n
Optimierung	Transportzeit	Transportkosten
Transportkette	einstufig	mehrstufig
Umschlag	entfällt	(mehrere) Hubs
Hauptlaufsortierung	im Depot	im Depot oder Hub
Nachlaufsortierung	im Depot	im Depot

Tabelle A20: Charakteristika von Direktverkehrs- und Hub-Spoke-Netzen [13]

In einer Regionalhubstruktur oder auch zweistufigen Hubstruktur wickeln die Depots ihre Sendungsverkehre über Regionalhubs ab (Abbildung A21). Der Transport der Sendungen zwischen den Regionalhubs erfolgt durch Direktverkehre. Die Bezeichnung der zweistufigen Hubstruktur resultiert von dem zweimaligen Sendungsumschlag in den Hubs. [13]

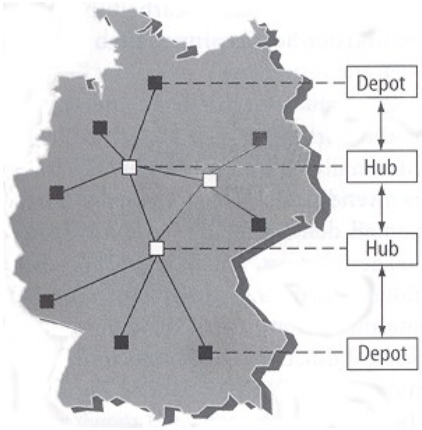


Abbildung A21: Darstellung einer Regionalhubstruktur [13]

Innerhalb eines Feederhub-Transportnetzes oder auch dreistufigen Hubstruktur werden die Transporte zwischen den Regionalhubs wie in einem Single-Hub-Spoke-Netz über einen zentralen Hub abgewickelt, der über die sogenannten Feederhubs versorgt wird (Abbildung A22). In der Praxis sind die Netzstrukturen nur selten in ihrer reinen Form anzutreffen. Stattdessen existieren Mischstrukturen (Abbildung A22). [13]

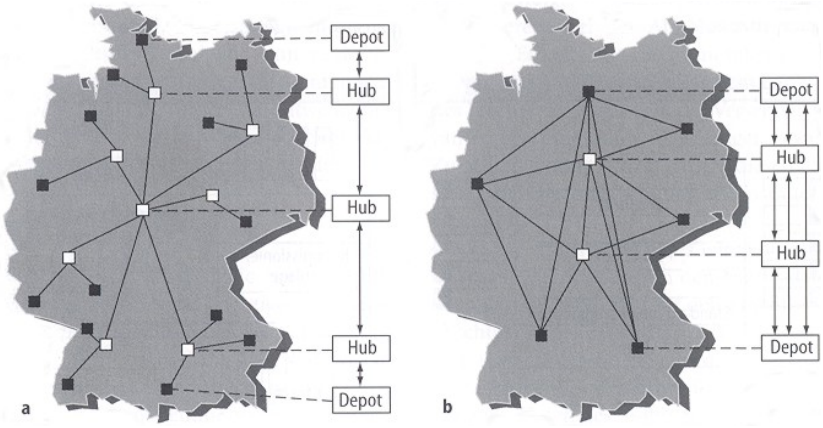


Abbildung A22: Darstellung eines a Feederhub-Transportnetzes (dreistufige Hubstruktur); b gemischten Transportnetzes [13]

Tabelle A21 enthält die Rückführung der Typen von Transportnetzen I auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Typen von Transportnetzen I	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Direktverkehrsnetz	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Nabe-Speiche-Netz (Hub-Spoke-Netz)	zyklische Punktstruktur
Regionalhubstruktur	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur & zyklische Punktstruktur
Feederhub-Transportnetz	zyklische Punktstruktur & zyklische Punktstruktur
gemischtes Transportnetz	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A21: Rückführung der Typen von Transportnetzen I auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Typen von Transportnetzen II

When regarding transport networks five types can be distinguished. These types are Point-to-point, Multistop, Transhipment, Interterminal, Integrated hub & spoke (Abbildung A23). What type of transport network is most appropriate is determined by the characteristics of the goods and the requirements of the customer vis-à-vis the capabilities of the transport service company. (vgl. [365])

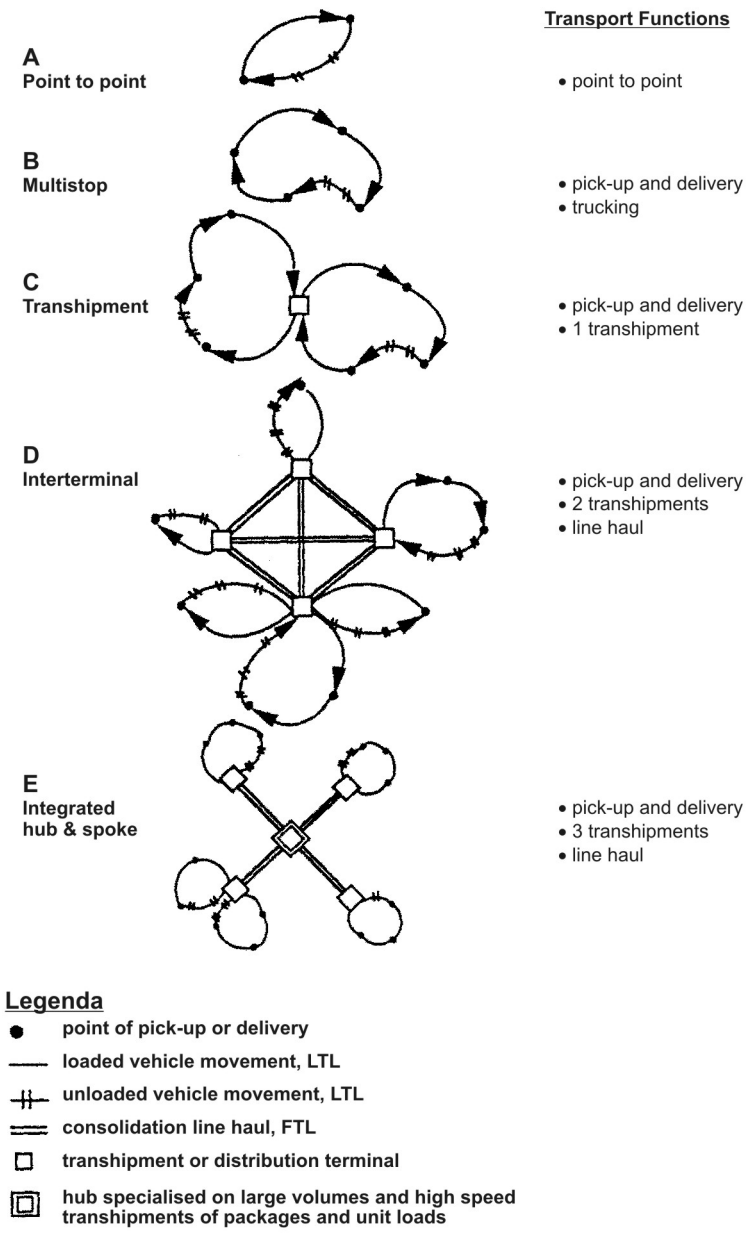


Abbildung A23: Different types of transport networks [365]

Point-to-point type services (Type A) can be provided by normal truckers and other simple transport operators, but as more sophisticated services are required, the level of planning and the investment necessary to operate efficiently becomes intensive and more complicated. This holds true with the exception of super express services

that allow point-to-point service using courier services, since they do not require investments in transhipment facilities. A round trip multi-stop network (Type B) requires structured, efficient transport planning and routing in order to achieve an efficient utilisation. In addition to these requirements, a transhipment network (Type C) must have a terminal to rearrange the flows of goods to achieve optimum utilisation of load units and vehicles. The next stage of logistical networks (Type D) uses two terminals for each LTL shipment. It often includes the interconnection between different transport modes, and therefore one must decide which transport modes should be used to route the goods. It is based on a hub-and-spoke terminal system which results in a higher frequency (i.e. more trips), greater load factors, but higher costs due to more handling per shipment. The last stage (Type E) is the most complete network available to logistics users. It offers the greatest number of distribution services at a relatively high degree of efficiency. Distribution services offered include warehousing, administration, order processing and the control of the goods flowing via the transport network. (vgl. [365])

Tabelle A22 enthält die Rückführung der Typen von Transportnetzen II auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Typen von Transportnetzen II	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Point-to-point	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Multistop	gerichtete zyklische Linienstruktur
Transhipment	zyklische Punkstruktur & gerichtete zyklische Linienstruktur
Interterminal	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur & zyklische Punkstruktur & gerichtete zyklische Linienstruktur
Integrated hub & spoke	zyklische Punktstruktur & zyklische Punktstruktur & gerichtete zyklische Linienstruktur

Tabelle A22: Rückführung der Typen von Transportnetzen II auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Typen von Transportnetzen III

Unterscheiden lassen sich Netzstrukturen in Direktsystem, einstufiges System, mehrstufiges System und kombiniertes System. In einem Direktsystem sind die Start- und Zielknoten direkt miteinander verbunden, d.h. es bestehen ausschließlich Direktverbindungen. Ein derartiges System wird auch als Rastersystem bezeichnet. Bei einstufigen Systemen werden Start- und Zielpunkte über einen Umschlagpunkt geführt. Es entstehen sowohl Sammel- als auch Verteilverbindungen. Eine Grundform der einstufigen Netzstruktur stellt das sogenannte Nabe/Speiche-System (Hub-and-Spoke) dar, bei dem alle Relationen über einen zentralen Umschlagpunkt laufen. In mehrstufigen Systemen werden die Relationen über mindestens zwei Umschlagpunkte geführt. In Abbildung A24 werden die Netzstrukturen mit ihren Vor- und Nachteilen gegenübergestellt. Wenn sowohl Direktverbindungen als auch Verbindungen über Umschlagpunkte zwischen den Start- und Zielpunkten existieren, entsteht ein kombiniertes System. (vgl. [272])

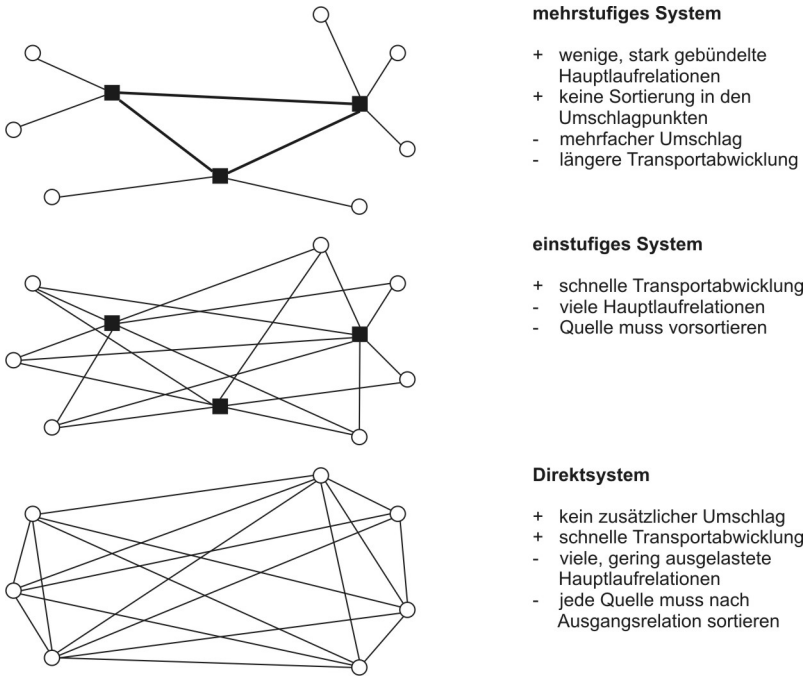


Abbildung A24: Netzstrukturen mit ihren Eigenschaften [272]

Tabelle A23 enthält die Rückführung der Typen von Transportnetzen III auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Typen von Transportnetzen III	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Direktsystem	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
einstufiges System	Überlagerung von zyklischen Punktstrukturen oder ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
mehrstufiges System	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur & zyklische Punktstruktur
kombiniertes System	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A23: Rückführung der Typen von Transportnetzen III auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Typen von Transportnetzen IV

Zu den typischen Netzstrukturen zählen:

- das Direktverkehrsnetz,
- das Rasternetz,
- verschiedene Nabe-Speiche-Netze, u.a.:
  - das Nabe-Speiche-Netz mit einer Nabe,
  - das Nabe-Speiche-Netz mit mehreren Naben, wobei die restlichen Knoten Verbindungen zu mehreren Naben oder nur zu einer Nabe wie beim Feeder-Hub-Netz haben,
- das Rundtour-Netz und
- das Minimale-Spannbaum-Netz. (vgl. [133])

Tabelle A24 enthält die Rückführung der Typen von Transportnetzen IV auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Typen von Transportnetzen IV	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Direktverkehrsnetz	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Rasternetz	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Nabe-Speiche-Netz (1 Nabe)	zyklische Punktstruktur
Nabe-Speiche-Netz (n Naben)	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur (in Sonderfällen Überlagerungen von zyklischen Punktstrukturen oder Kombinationen von Punkt-, Linien- und/oder Netzstrukturen)
Sonderfall: Feeder-Hub-Netz	zyklische Punktstruktur & zyklische Punktstruktur
Rundtour-Netz	gerichtete zyklische Linienstruktur
Minimale-Spannbaum-Netz	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A24: Rückführung der Typen von Transportnetzen IV auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Strukturen von Airline Networks

Abbildung A25 zeigt die im Luftverkehr typischen Netze Point-to-Point Networks und Hub-and-Spoke Networks. (vgl. [242])

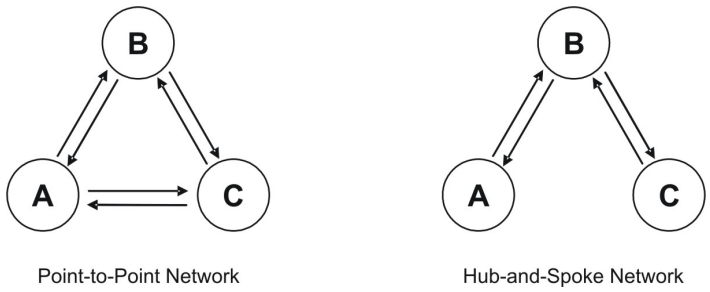


Abbildung A25: A Point-to-Point Network and A Hub-and-Spoke Network [242]

Tabelle A25 enthält die Rückführung der Strukturen von Airline Networks auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Strukturen von Airline Networks	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Point-to-Point Networks	ungerichtete Netzstruktur
Hub-and-Spoke Networks	zyklische Punktstruktur

Tabelle A25: Rückführung der Strukturen von Airline Networks auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Verkehrsnetze und -netzarten

Die einzelnen Verkehrsnetzarten werden unter Verwendung von Matrizen und gerichteten Graphen in Abbildung A26 verdeutlicht. Es handelt sich dabei um Verteil-, Sammel-, Pendel-, Ring-, teilweise gesperrte Simultan- und Simultan-verbindung. (vgl. [196])

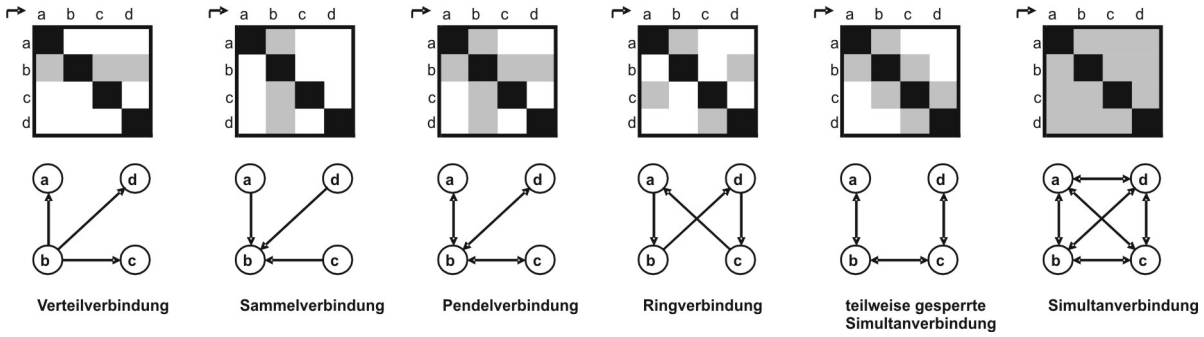


Abbildung A26: Verkehrsnetzarten (vgl. [196])

Tabelle A26 enthält die Rückführung der Verkehrsnetzarten auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Verkehrsnetzarten	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Verteilverbindung	nichtzyklische Punktstruktur
Sammelverbindung	nichtzyklische Punktstruktur
Pendelverbindung	zyklische Punktstruktur
Ringverbindung	gerichtete zyklische Linienstruktur
teilweise gesperrte Simultanverbindung	ungerichtete nichtzyklische Linienstruktur
Simultanverbindung	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A26: Rückführung der Verkehrsnetzarten auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Stufige logistische Leistungssysteme

Bei stufigen logistischen Leistungssystemen fungieren von den Quellen hin zu den Senken Sammel- und Verteilstationen sowie Logistikzentren als Zwischenstationen. Die Zwischenstationen können reine Transportknoten, bestandsführende oder bestandslose Umschlagpunkte, Lagerstationen mit oder ohne Kommissionierung oder größere Logistikzentren mit vielfacher Funktion sein. (vgl. [139])

Die Struktur eines Logistiksystems wird durch folgende Strukturparameter definiert:

- Anzahl, Standorte und Funktionen der Quellen und Lieferstellen
- Anzahl, Standorte, Funktionen und Zuordnung der Logistikstationen zwischen den Quellen und Senken
- Anzahl, Standorte und Funktionen der Senken und Empfangsstellen [139]

In einem einstufigen System (Abbildung A27) bestehen zwischen den Quellen und Senken nur ungebrochene Direktverbindungen. [139]

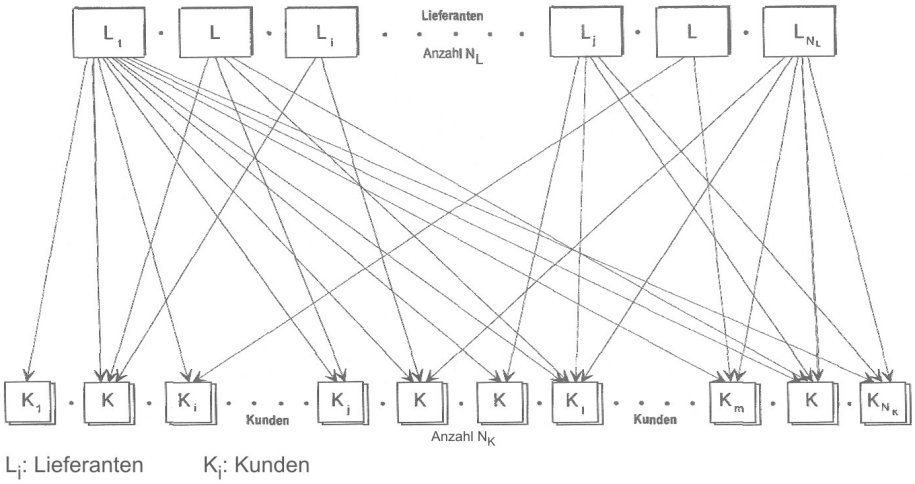


Abbildung A27: Einstufige Struktur mit Direktbelieferung [139]

In einem zweistufigen System sind die Verbindungen zwischen den Quellen und Senken durch eine Zwischenstation unterbrochen. In einem dreistufigen Logistiksystem sind die Verbindungen zwischen den Quellen und Senken, wie beispielsweise in Abbildung A28 durch Sammelstationen und Verteilstationen, zweimal unterbrochen. (vgl. [139])

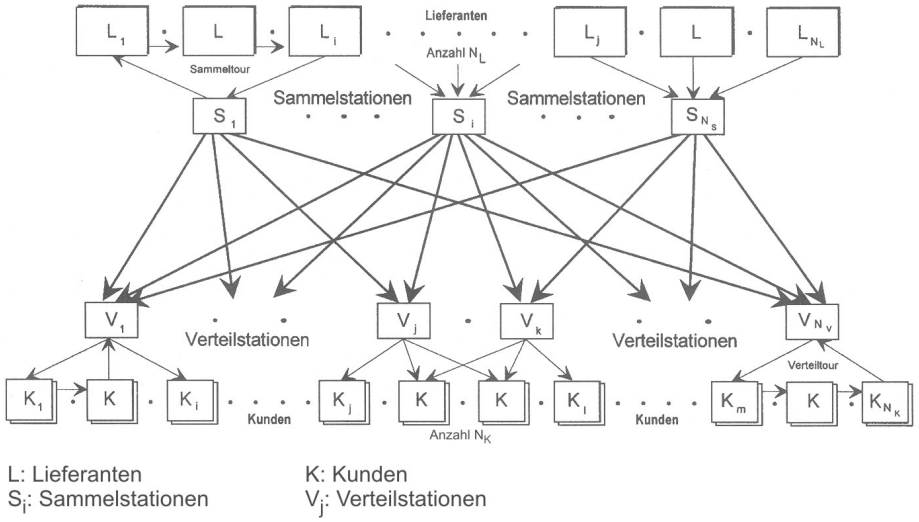


Abbildung A28: Dreistufiges Logistiksystem mit Sammel- und Verteilstationen [139]

Vierstufige Systeme entstehen, wenn zur weiteren Zentralisierung der Bestände und Funktionen, wie in Abbildung 40 dargestellt, ein oder mehrere multifunktionale Logistikzentren an geeigneten Standorten zwischen die Sammelstationen und die Verteilstationen geschaltet werden. (vgl. [139])

Mehrstufige Logistiksysteme ergeben sich auch im multimodalen Transport. Reale Logistiksysteme sind meist Überlagerungen verschiedenstufiger Systeme. (vgl. [139])

Tabelle A27 enthält die Rückführung der Stufigen logistischen Leistungssysteme auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Stufige logistische Leistungs-systeme	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Einstufige Struktur mit Direktbelieferung	gerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Dreistufiges Logistiksystem mit Sammel- und Verteilstationen	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Vierstufiges System mit Sammel- und Verteilstationen und mehreren Logistik-zentren	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A27: Rückführung der Stufigen logistischen Leistungssysteme auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

Netztopologien des Informationsflusses

Abbildung A29 zeigt die Netz-Grundtopologien des Informationsflusses Ring, Stern, Bus, Baum und Netz. Jede Netztopologie als räumlicher Zusammenhang (Struktur) der Netzknoten und Netzverbindungen hat bestimmte Vor- und Nachteile und entsprechende Anwendungsgebiete. (vgl. [94])

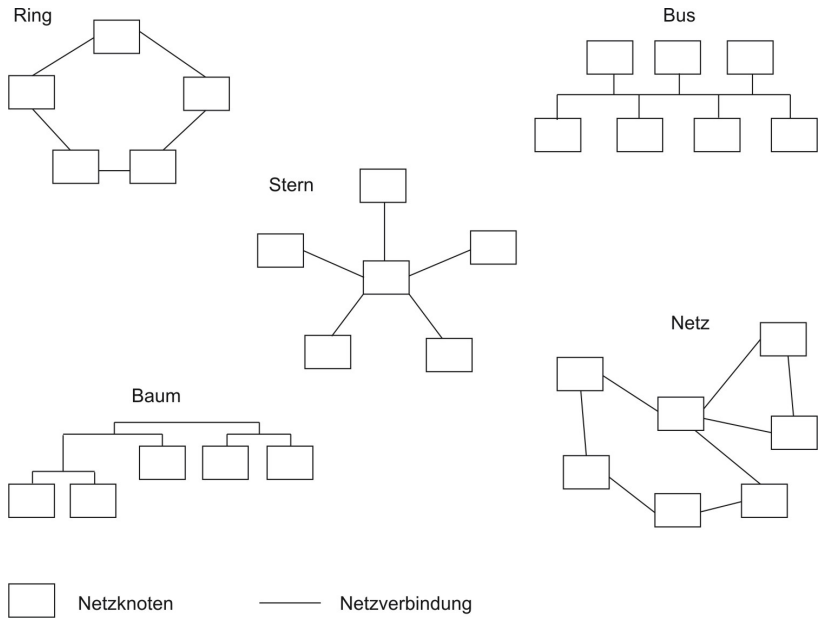


Abbildung A29: Netztopologien [94]

Ring: In einem Ring sind die Stationen reihum miteinander verbunden. Jede Station hat einen Vorgänger und einen Nachfolger. Nachrichten werden immer in der gleichen Richtung von Station zu Station weitergereicht, bis sie den Empfänger erreicht haben. Die Steuerung und Überwachung des Netzes ist meist auf alle Teilnehmer (Netzknoten) verteilt. Nachteilig ist, dass in der Regel jede Station betriebsbereit sein muss. Fällt eine Station aus, ist der Ring unterbrochen und die Kommunikation ist gestört. (vgl. [94])

Stern: Beim Stern wird die gesamte Kommunikation über die zentrale Station abgewickelt. Jede Station ist direkt an die Zentrale angeschlossen. Die Erweiterung eines Sternnetzes ist nicht problemlos. Für jeden Teilnehmer muss die zentrale Station

eine Anschlussmöglichkeit besitzen. Fällt die Zentrale aus, bricht die Kommunikation zusammen. Ein weiterer Nachteil ist auch, dass die Verkabelungskosten sehr hoch sind, da zu jedem Teilnehmer ein separates Kabel gezogen werden muss. Die Verwaltung des Netzes ist allerdings einfach. Sie wird ganz von der zentralen Station bewerkstelligt. (vgl. [94])

Bus: Alle Teilnehmer sind durch kurze Abzweigungen (Stichleitungen) an ein gemeinsames Kabel angeschlossen. Die Verwaltung des Netzes ist wie bei der Ringstruktur meist auf alle Stationen am Netz verteilt. Der Bus verursacht relativ geringe Verkabelungskosten. Nachteilig ist, dass immer nur eine Station zu einem Zeitpunkt Daten über den Bus versenden kann. (vgl. [94])

Baum: Von einer Wurzel ausgehend teilen sich die Verbindungen in immer feinere Äste, an denen die einzelnen Netzknoten (Blätter) angeschlossen sind. Diese Art der Topologie verursacht die geringsten Verkabelungskosten. Der Baum weist ansonsten die gleichen Eigenschaften wie der Bus auf. (vgl. [94])

Netz: Ein Netz ist die allgemeine Form der Topologien und die oben genannten Topologien sind spezielle Netzformen. In einem Netz gibt es keine festen Regeln, nach denen die Netzknoten miteinander verbunden sind. Im extremen Fall ist jeder Knoten mit jedem anderen verbunden. Vorteilhaft bei Netzen ist die Ausfallsicherheit. In dem Fall einer Übertragungsstörung können die Nachrichten evtl. über einen Umweg zum Ziel transportiert werden. Nachteilig ist, dass die Verwaltung des Netzes schwieriger ist als bei den einfachen Topologien. Netze kommen fast ausschließlich in der Weitverkehrstechnik vor. (vgl. [94])

Tabelle A28 enthält die Rückführung der Netztopologien des Informationsflusses auf die Strukturtypen und deren Kombinationen.

Netztopologien des Informations-flusses	Entsprechung an Strukturtypen und deren Kombinationen
Ring	gerichtete zyklische Linienstruktur
Stern	zyklische Punktstruktur
Bus	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Baum	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur
Netz	ungerichtete nichtzyklische Netzstruktur

Tabelle A28: Rückführung der Netztopologien des Informationsflusses auf die Strukturtypen und deren Kombinationen

A4 STRUKTURIERUNGSBIBLIOTHEK – ELABORAT

Nachfolgend wird eine kritische Würdigung ausgewählten Strukturierungs-Contents, beschränkt auf Prinzipien, Vorgehensweisen und Methoden sowie Optionen der Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystemstrukturierung, vorgenommen, indem diese jeweils auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vornehmlich vergegenständlicht und modellhaft abgebildet über die ORa_{IPSS} und die BVM_{30}, projiziert und sodann kommentiert werden. Anhand der Projektionen soll die prinzipielle Anwendbarkeit und Plausibilität des Beschreibungsrahmens bzw. -vorrates abgeschätzt werden. Der Strukturierungs-Content schließt das Ziel- und Leistungssystem (vgl. hierzu auch Abschnitt 6.3.3) mit ein, da jegliche Strukturierung zielgetrieben erfolgt, viele Veränderungen des Funktionssystems beeinflussend auf das Leistungssystem wirken.

Die Projektion von strukturierungsrelevantem Content ist der Lösungsanalyse und Bewertung des Problemlösungszyklus' angehörig, welcher der Methodenentwicklung der IPSS zugrunde liegt (siehe Kapitel 6).

Projektionen von weiterem strukturierungsrelevanten Content enthält Anlage A5.

Für die Projektion der Prinzipien, Vorgehensweisen/Methoden und Optionen werden unterschiedliche Stile wie Tabellen, Abbildungen und/oder Identifizierer genutzt.

Die Projektionen gründen auf komprimierten inhaltlichen Beschreibungen bzgl. der Prinzipien, Vorgehensweisen/Methoden und Optionen.

Maßgebend für die Projektionen sollen, um eine dem Wesen des jeweiligen Contents gerecht werdende Abbildung zu gewährleisten, nicht ausschließlich die als explizit hervortretend interpretierten Grobfunktionen sein. Aus Plausibilitätsüberlegungen begründbare Grobfunktionen können hinzugenommen werden.

Ein gewisser Interpretations- und Ermessensspielraum, welche Grobfunktionen in die Projektion einbezogen werden, ist insofern unvermeidlich.

A4.1 Strukturierungsprinzipien

Vorgehenslogikorientierte Strukturierung und Struktureinheitenbildung

Im Verlaufe der prozeßorientierten Planung dynamischer Fabriksysteme werden innerhalb einer Planungsebene im Rahmen des Planungsschrittes Strukturierende Prozeß- und Systemplanung die definierten Prozesse vertikal und horizontal strukturiert und damit die Fabriksysteme des nächstniederen Ordnungsgrades gestaltet. Die Entscheidungskriterien, die zur Prozessstrukturierung herangezogen werden, sind in ihrer Zusammensetzung sehr unterschiedlich. Es lassen sich keine allgemeingültigen Regeln formulieren, die für die speziellen Anforderungen der verschiedenen Fabriken geeignet sind. Dennoch haben sich bestimmte Richtlinien herauskristallisiert, deren Beachtung einen maßgeblichen Beitrag zur erfolgreichen Fabrikstrukturierung leisten kann. Die wichtigsten Aspekte sind Kundenorientierung,

Produktorientierung, Prozessorientierung, Humanorientierung und Technik-orientierung. (vgl. [38])

Raumorientierte Strukturierung und Struktureinheitenbildung

Raumorientierte Strukturierung und Struktureinheitenbildung I

Je nach Zielsetzung der Planung erlangen Strukturierungsprinzipien unterschiedliche Bedeutung. Im konkreten Fall wird es zur Kombination verschiedener Prinzipien kommen, die dann den ersten räumlichen Eindruck durch Anordnung der Funktionen in Strukturlayouts geben. Abbildung A30 zeigt einige Brachenlösungen. (vgl. [327])

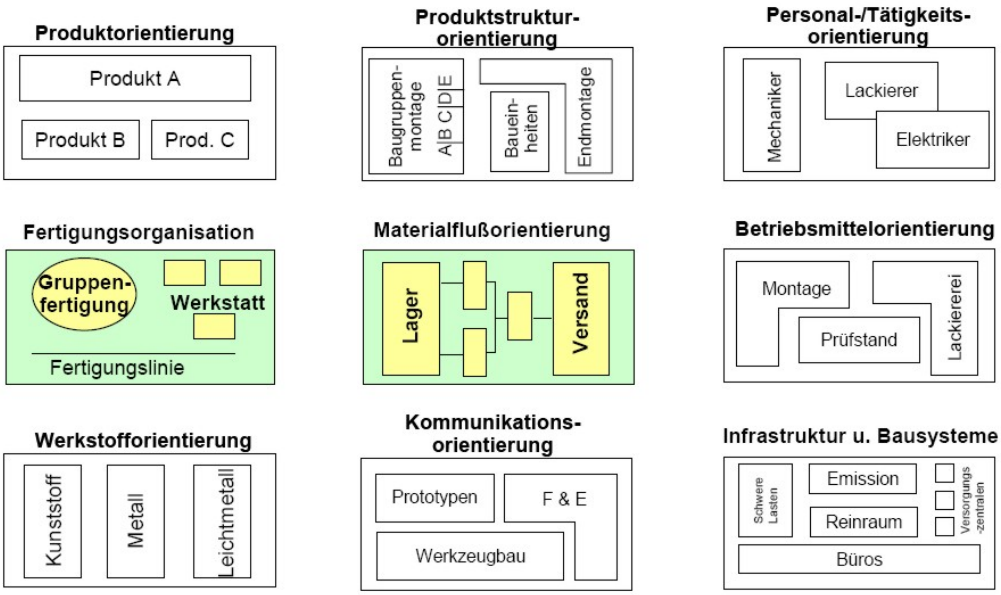


Abbildung A30: Strukturierungsprinzipien [327]

Raumorientierte Strukturierung und Struktureinheitenbildung II

Die Bildung der Struktureinheiten stellt das erste Element der Strukturgenerierung dar. Die Bildung der Struktureinheiten erfolgt durch Anwendung und Kombination verschiedener Prinzipien der Strukturbildung. Diese Strukturierungsprinzipien beschreiben und charakterisieren den Optimierungsgesichtspunkt, unter dem die Einheiten gebildet werden. Wesentliche Prinzipien zur Strukturbildung sind: Produkt-orientierung, Fertigungsformorientierung, Werkstofforientierung, Produktstruktur-orientierung, Materialflussorientierung, Kommunikationsorientierung, Personal-/ Tätigkeitsorientierung und Betriebsmittelorientierung. Zur Visualisierung der Strukturierungsprinzipien werden Strukturbilder (Abbildung A31) verwendet, die in grafischer Form den Optimierungsgesichtspunkt, unter dem die Struktureinheiten gebildet werden, verdeutlichen. Unterschieden werden Strukturbilder, die nach Markt-/Kunden-Anforderungen, Prozessanforderungen und Fähigkeitsanforderungen ausgerichtet sind. Dabei können Aspekte wie Zusammengehörigkeiten, Abstoßungen, Flussrichtungen oder Trennungen zwischen verschiedenen Einheiten dargestellt werden. (vgl. [94])

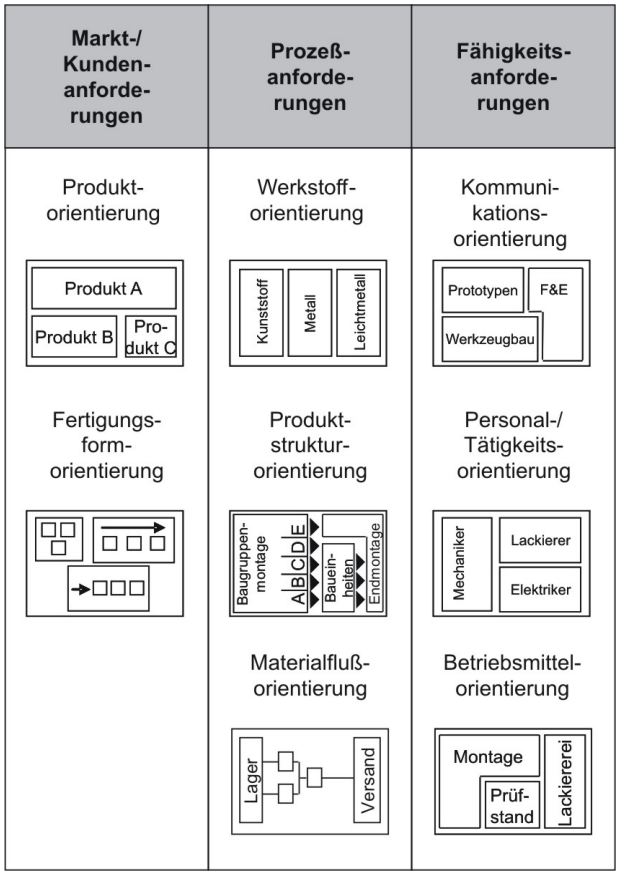


Abbildung A31: Strukturbilder der organisatorischen Struktur (vgl. [94])

Raumorientierte Strukturierung und Struktureinheitenbildung III

Das Konzept zur integrierten Planung von Produktionssystemen beinhaltet die Teilbereiche: Organisationsstrukturplanung, Fertigungsmittelplanung, Materialflussplanung, Personaleinsatzplanung und Informationssystemplanung. (vgl. [132])

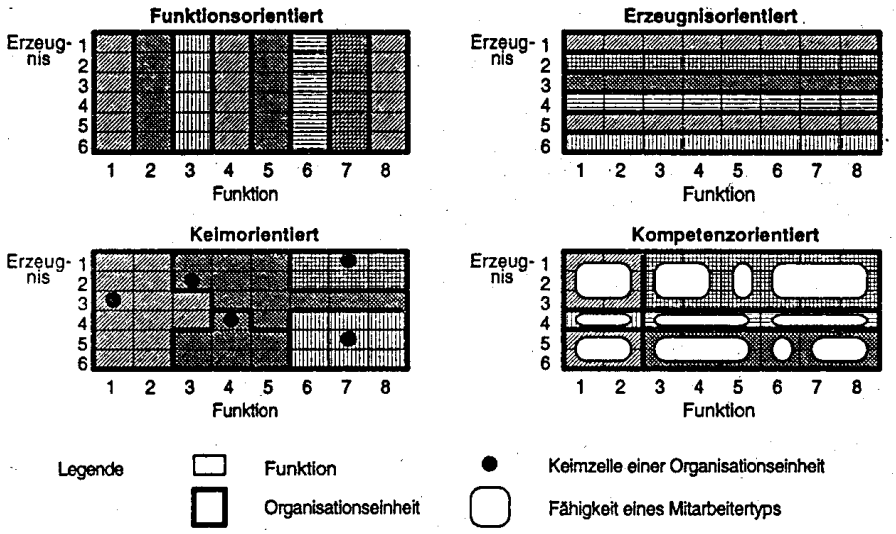


Abbildung A32: Ansätze für die Planung von Organisationsstrukturen [132]

Die Aufgabe dieser Teilplanungsbereiche besteht darin, die Ressourcen einer zukünftigen Produktion einschließlich ihrer räumlichen und organisatorischen Beziehungen zu planen. Der Anstoß kann sich aus unternehmensexternen Veränderungen, z.B. aus einer veränderten Wettbewerbssituation, oder aus betriebsinternen Veränderungen ergeben, z.B. aus der Entwicklung eines neuen Erzeugnisses. Abbildung A32 enthält Verfahren zur Unterstützung der genannten Teilplanungsbereiche. (vgl. [132])

Rangorientierte Strukturierung und Struktureinheitenbildung

Die Segmentierung bzw. hierarchische Strukturierung der Produktionssysteme in Bereiche, Abschnitte und Gruppen kann verfahrens- bzw. fertigungsvorgangsorientiert, teilprozessorientiert oder produkt- bzw. prozessorientiert (Trennung oft unscharf) erfolgen (Abbildung A33). (vgl. [14])

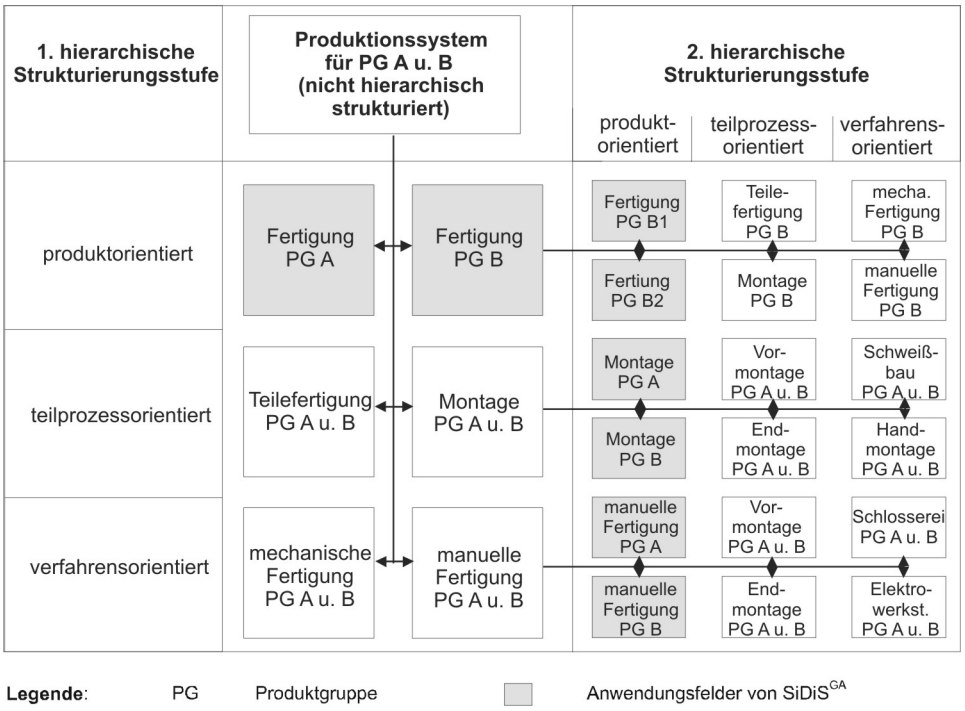


Abbildung A33: Beispiele ein- und zweistufiger hierarchischer Strukturierung [14]

Die Strukturierung und Segmentierung der Produktionssysteme kann über eine oder mehrere Stufen erfolgen (Abbildung A33). Bei einer einstufigen Strukturierung wird das System einer Hierarchieebene n in Subsysteme der nachfolgenden tieferen Ebene n-1 strukturiert, bei einer m-stufigen Strukturierung weiter bis zur Ebene n-m. Bei einer mehrstufigen hierarchischen Strukturierung werden durch die Wahl unterschiedlicher Strukturierungsprinzipien für die einzelnen Stufen Mischformen der Fertigungssegmentspezialisierung realisiert. (vgl. [14])

Materialflussprinzipien

Anhaltspunkte für die Planung von Materialflüssen bieten Materialflussprinzipien. Diese können gegliedert werden gemäß Abbildung A34.

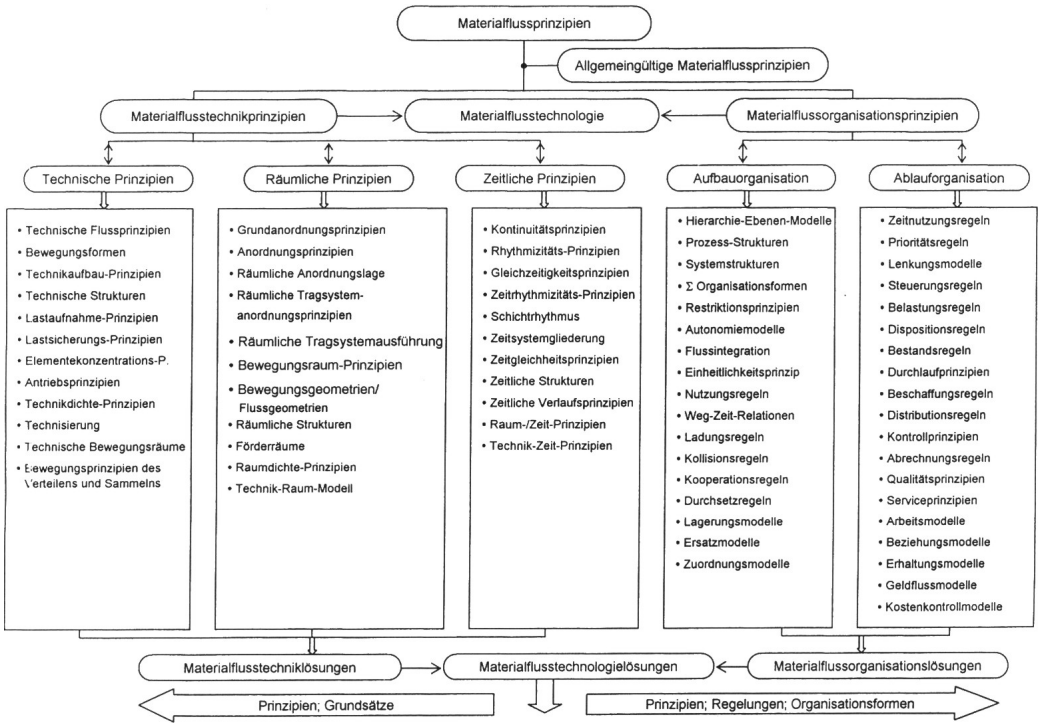


Abbildung A34: Materialflussprinzipien – Übersicht [157]

Die Materialflussprinzipien werden wie folgt interpretiert:

- Technische (Materialfluss-)Prinzipien beziehen sich auf die Ressourcen und deren Strukturen des Kompetenz-/Ressourcensystems.
- Räumliche (Materialfluss-)Prinzipien beziehen sich auf die räumlichen und mengenmäßigen Strukturen des Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems.
- Zeitliche (Materialfluss-)Prinzipien und die Ablauforganisation beziehen sich auf die vorgehenslogischen, zeitlichen und mengenmäßigen Strukturen des Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems.
- Die Aufbauorganisation bezieht sich auf jegliche System-, Element- und Strukturarten. (vgl. [157])

Strukturierungsprinzipien – Sammlung, Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat sowie Diskussion

Strukturierungsprinzipien können folglich unterschieden werden in:

- Prinzipien, die eher auf eine optimale Bestimmung der vorgehenslogischen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensysteme (vgl. [38], [157]),

- Prinzipien, die eher auf eine optimale Bestimmung der räumlichen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensysteme (vgl. [94], [132], [157], [327]),
- Prinzipien, die eher auf eine optimale Bestimmung der rangmäßigen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensysteme (vgl. [14], [157]),
- Prinzipien, die eher auf eine optimale Bestimmung der zeitlichen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensysteme (vgl. [157]),
- Prinzipien, die eher auf eine optimale Bestimmung der mengenmäßigen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensysteme inklusive der Struktureinheiten (vgl. [14], [38], [94], [132], [157], [327]),
- Prinzipien, die eher auf eine optimale Bestimmung der Elementarten der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcensysteme (vgl. [157])

abzielen.

Tabelle A29 gibt einen Überblick über die Strukturierungsprinzipien und zeigt die Projektion der Strukturierungsprinzipien auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vergegenständlicht und modellhaft abgebildet in den ORa_{IPSS} und der BVM_{30}.

Die Bildung der Struktureinheiten erfolgt häufig durch Anwendung und Kombination verschiedener Prinzipien der Strukturbildung. Durch die Überlagerung der Strukturierungsprinzipien entstehen Strukturkombinationen, die neue, kleinere Struktureinheiten enthalten. (vgl. [94])

Strukturierungsprinzipien werden oft gruppiert, beispielsweise in Markt-/Kunden-, Prozess- und Fähigkeitsanforderungen (vgl. [94]). In analoger Weise lassen sich diese für die Sammlung der Strukturierungsprinzipien nach den Systemarten und deren Element- und Strukturarten gliedern (Tabelle A29). Maßgebend für die Gliederung sind einerseits der Optimierungsgesichtspunkt und andererseits die Wirkung, auf die vordergründig abgestellt wird.[111] Der Optimierungsgesichtspunkt vieler Strukturierungsprinzipien wie der Funktionsorientierung ist dabei einer Systemart, der Optimierungsgesichtspunkt einiger Strukturierungsprinzipien wie der Produkt-/Prozessorientierung hingegen mehreren Systemarten zurechenbar. Viele Strukturierungsprinzipien wie die Kundenorientierung zielen dabei auf ausgewählte, einige Prinzipien wie die Produkt-/Erzeugnisorientierung oder Ablauforganisation auf mehrere oder gar alle System-, Element- und Strukturarten ab.

[111] Diese Zurechenbarkeit des Optimierungsgesichtspunktes (bereits in einer Zurechnung als Ziel interpretiert) zum Beschreibungsvorrat ist nicht zwingend, wohl aber die angedachte Wirkung.

Strukturierungsprinzip	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS Prinzipien, die eher abzielen auf eine optimale Bestimmung der …	vorgehenslogischen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und/oder Einheitensysteme (vgl. [38], [157])	räumlichen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und/oder Einheitensysteme (vgl. [94], [132], [157], [327])	rangmäßigen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und/oder Einheitensysteme (vgl. [14], [157])	zeitlichen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und/oder Einheitensysteme (vgl. [157])	mengenmäßigen Struktur der Leistungs-, Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und/oder Einheitensysteme inkl. Strukturreinheiten (vgl. [14], [38], [94], [132], [157], [327])	Elementarten der Leistungs-, Funktions- und/oder Kompetenz-/Ressourcensysteme (vgl. [157])
Leistungssystemorientierung	Kundenorientierung	X				X	
	Produkt-/Erzeugnisorientierung	X	X			X	
	Produktstrukturorientierung		X			X	
	Werkstofforientierung		X			X	
	Materialflussorientierung		X			X	
	Produkt-/Prozessorientierung			X		X	
Funktionssystemorientierung	Prozess-/Teilprozessorientierung	X		X		X	
	Funktionsorientierung		X			X	
	Verfahrens-/Fertigungsvorgangsorientierung			X		X	
	Personal-/Tätigkeitsorientierung		X			X	
Kompetenz-/Ressourcensystemorientierung	Humanorientierung	X				X	
	Kompetenzorientierung		X			X	
	Technik-/Betriebsmittelorientierung	X	X			X	
	Infrastruktur und Bausysteme		X			X	
	Technische Prinzipien	X	X	X	X	X	X
Einheitensystemorientierung und Strukturorientierung	Fertigungsorganisation		X			X	
	Fertigungsformorientierung		X			X	
	Keimorientierung		X			X	
	Kommunikationsorientierung		X			X	
	Zeitliche Prinzipien	X			X	X	
	Räumliche Prinzipien		X			X	
	Aufbauorganisation	X	X	X	X	X	X
	Ablauforganisation	X			X	X	

Tabelle A29: Überblick über die Strukturierungsprinzipien und Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS

A4.2 Strukturierungsvorgehensweisen und -methoden

Für die Projektion von Strukturierungsvorgehensweisen und -methoden mittels Grobfunktionen bedarf es gegenüber den anderen peripheren Komponenten einer Festlegung, inwiefern die Bestimmung (Aufbereitung) von Eingangsgrößen und -daten – die Bestimmung von (Zwischen-/,)Ausgangsgrößen und -daten ist inhärent beim Ansprechen von Grobfunktionen – projektionsrelevant ist.[112]

Schlussfolgernd hieraus sollen nur offensichtlich im Planungsablauf vorkommende, explizit benannte Funktionen zur Bestimmung (Aufbereitung) von Eingangsgrößen und -daten auf Grobfunktionen projiziert werden. Nicht direkt zum Planungsablauf gehörige, jedoch explizit benannte Größen/Daten und Funktionen zur Herstellung von Eingangsgrößen und -daten können als solche gesondert deklariert werden.[113]

Für die Projektion werden zunächst aus analysierten textlichen und bildhaften Beschreibungen zu den Vorgehensweisen und Methoden Informationen zu Planungsfunktionen herausgearbeitet und *kursiv dargestellt*. Hiernach werden diesen die jeweiligen Grobfunktionen über Identifizierer zugeordnet *(kursiv in Klammern dargestellt)*. Anhand der erkennbaren Abfolge der Identifizierer wird sodann eine Projektion der Vorgehensweisen und Methoden auf die GFM_{30} vorgenommen.

A4.2.1 Vorgehensweisen und -methoden der Produktionssystem- und Fabrikplanung

A4.2.1.1 Vorgehensweisen

An Vorgehensweisen wurden u.a. einer Projektion unterworfen: Projektierung von Produktionssystemen, Systematische Fabrik(struktur)planung, Planung in Funktionskomplexen, Prozessorientierte Planung dynamischer Fabriksysteme, Bausteinbasierte Planung.

Die Projektion soll am Beispiel der Projektierung von Produktionssystemen demonstriert werden. Projektionen weiterer Vorgehensweisen finden sich in der Strukturierungsbibliothek (siehe Anlage A5).

---

[112] Eine Einbeziehung der Eingangsdaten-Grobfunktionen empfiehlt sich aus folgenden Gründen:
- Die Eingangsdaten-Grobfunktionen determinieren den Start einer jeden Vorgehensweise bzw. Methode.
- Die Involvierung der „Aufbereitung der Eingangsdaten“ erlaubt u.a. zusätzliche Aussagen zur Charakteristik der jeweiligen Vorgehensweise bzw. Methode und macht den „Aufwand“ an vorbereitend auszuführenden Grobfunktionen deutlich.
- Die „Aufbereitung der Eingangsdaten“, fungierend als (Prozess-)Schnittstelle oder Kopplungsstelle, unterstützt die Integration und Kopplung von Vorgehensweisen und Methoden.

Eine Einbeziehung der betroffenen Grobfunktionen empfiehlt sich nicht aus folgenden Gründen:
- Es soll eine projektionsförderliche formale Gleichbehandlung der Vorgehensweisen und Methoden gegenüber dem übrigen strukturierungsrelevanten Content stattfinden.
- Eine Einbeziehung würde zu weiterem Interpretations- und Ermessensspielraum führen, auf welche Grobfunktionen zu projizieren ist.
- Bei geringumfänglichen (Vorgehensweisen und) Methoden wären aufgrund der Dominanz der Eingangsdaten-Grobfunktionen gegenüber den Ausgangsdaten-Grobfunktionen Wesensverzerrungen zu vermuten.

[113] In den nachfolgenden Abbildungen projizierter Vorgehensweisen und Methoden werden die Eingangsgrößen-Grobfunktionen (Eingangs-GF) mit der Planungsablaufpositionsnummer 0 markiert. In ARIS können diese über in den Planungsablauf eingehende Leistungen und/oder Prozessschnittstellen modelliert werden.
Im Übrigen enthalten viele Problemlösungssystematiken und -konzepte, Planungsvorgehensweisen und -methoden ohnehin die „Aufbereitung von Eingangsgrößen und -daten“ in Form von Planungsschritten (Analyse Ist-Situation, Festlegung Zielgrößen und -gewichtungen, Aufbereitung Produktions-/Leistungsprogramm, Ermittlung Quelle-/Senken-Bedarfe usw.).

Beschreibung der Vorgehensweise: Die Fabrikplanung ist ein Entwurfprozess, dessen schöpferischer Träger der Planer ist. Die Projektierung erfolgt in den Stufen: *Zielplanung (z; z_ra)*, Strukturplanung (Konzeptplanung), Systemplanung und Ausführungsplanung. Hierbei wird allgemeinen Grundsätzen wie dem vom Groben zum Feinen gefolgt. (vgl. [298])

Innerhalb der Projektierungsstufen (bzw. Planungsstufen) werden aufeinander aufbauende Projektierungsschritte (bzw. Planungsschritte) abgearbeitet (Abbildung A35): 1. Aufbereitung Produktions-/Leistungsprogramm, 2. Funktions- und Prozessbestimmung (Technologien/Verfahren, Prozesse, Ausrüstungen), 3. Dimensionierung (Ausrüstungen, Betriebsmittel, Arbeitskräfte), 4. Strukturierung (zeitliche, räumliche (und hierarchische) Struktur), 5. Gestaltung (Layout). (vgl. [397])

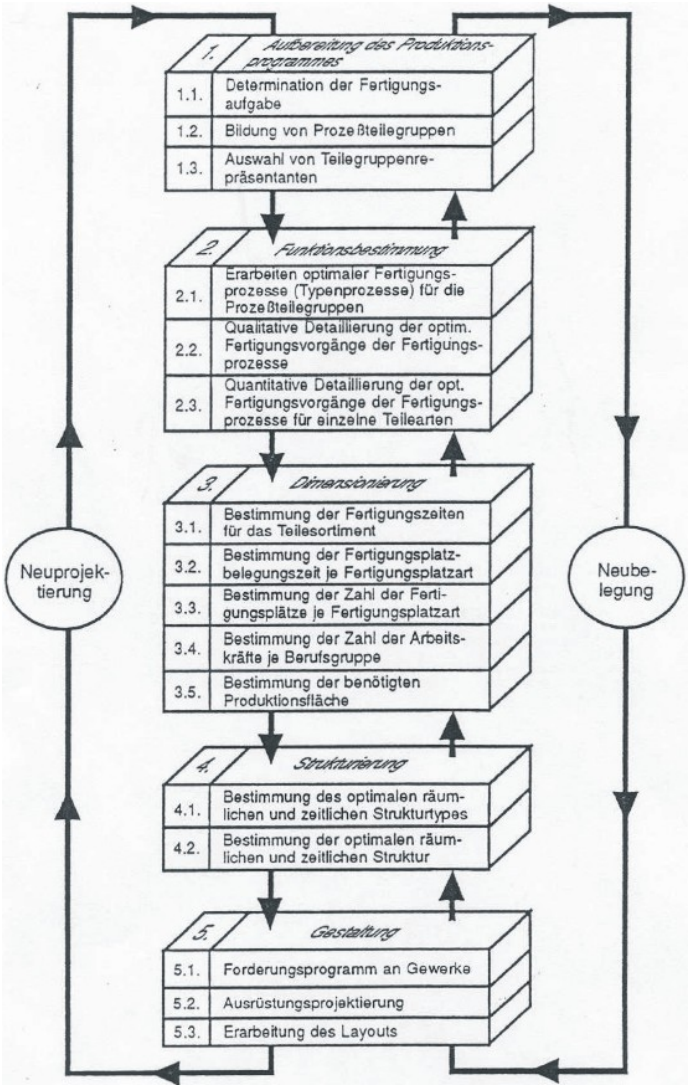


Abbildung A35: Projektierungsschritte der Neuprojektierung und -belegung von Prod.-systemen [120]

Diese gehen entsprechend Abbildung A36 konform mit den Lösungsschritten zur Werkstättenprojektierung (Projektierung einer Produktionsstätte mit allen

produktionstechnischen Anlagen und Einrichtungen oder Rationalisierungsprojektierung eines bestehenden Produktionsprozesses bzw. seiner Teile).

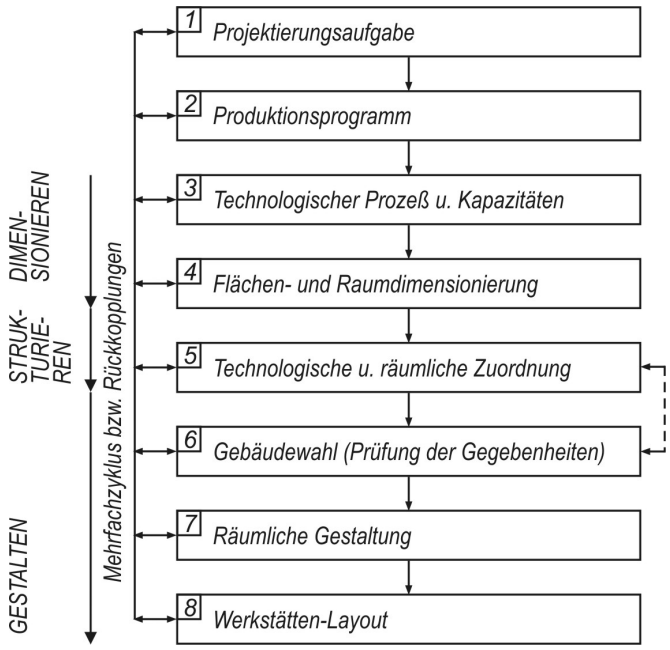


Abbildung A36: Projektierungsablauf Werkstätten [298]

Die Projektierungsschritte lassen sich auf Flusssysteme, in welche Produktionssysteme zerlegbar sind, anwenden. Dies gilt insbesondere für das Stoff- und Materialflusssystem als meist dominierendem Flusssystem. (vgl. [298])

Die Projektierungsschritte können sowohl für die Neuprojektierung als auch für die Neubelegung von Anlagen verwendet werden (Abbildung A35). Sie gelten für alle Flüsse und wiederholen sich in allen Stufen, wobei sich mit zunehmender Projektierungsstufe die Bearbeitungsschwerpunkte immer mehr von den ersten zu den letzten Schritten verlagern. (vgl. [298])

1. Aufbereitung Produktions-/Leistungsprogramm

Das Produktionsprogramm ist die Festlegung der Produktion nach:

sachlichen	(Art, Größe),
mengenmäßigen	(Stückzahl Masse),
wertmäßigen	(Preis, Kosten) und
zeitlichen	(Produktionszeitraum, Planungsperiode)

Aspekten. (vgl. [120])

Ist die *(Neu-)Bestimmung des Produktionsprogramms* erforderlich, so erfolgt dies in Schritten, wobei es hauptsächlich um einen *Ressourcenabgleich* sowie um die Frage *Make or buy* geht *(l; l_me; l_vl; l_ze; kr; kr_me; kr_ze; se, se_me; se_ze)* (Abbildung A37). (vgl. [397])

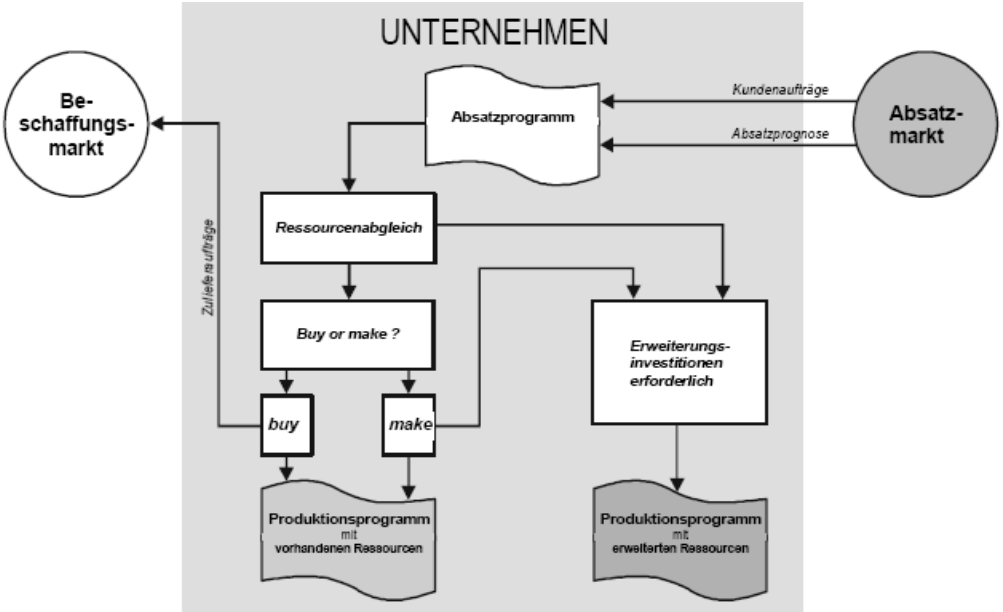


Abbildung A37: Schrittweise Bestimmung des Produktionsprogramms [317]

2. Funktionsbestimmung

Der Projektierungs-/Planungsschritt Funktions-/Prozessbestimmung umfasst alle Planungsaktivitäten, die zu Aussagen über die Prozessmenge P eines Produktionssystems ∑ = (M, P, S) führen. (vgl. [317])

Die Prozessmenge P umfasst die stofflichen, informationellen und energetischen Prozesse, die der Herstellung, Verarbeitung und Bearbeitung von Produkten dienen. Sie setzen sich aus den Elementarfunktionen Eigenschafts- und Ortsveränderung zusammen und können zu Grundfunktionen kombiniert werden. (vgl. [397])

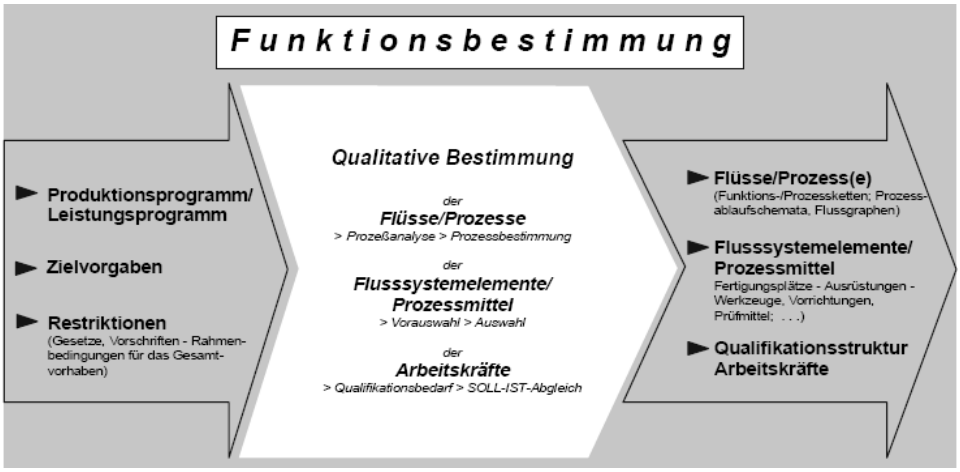


Abbildung A38: Projektierungs-/Planungsschritt Funktionsbestimmung [120]

Unter *Funktionsbestimmung* wird die *qualitative Bestimmung der stofflichen, energetischen und informationellen Flüsse bzw. Prozesse, der Flusssystemelemente bzw. Prozessmittel* (Prozessmenge – technologische Prozessplanung) sowie der *Arbeits-*

kräfte im Planungsobjekt verstanden *(f; f_ra; f_me; f_vl; f_ze; kr; se)* (Abbildung A38). In der Funktions- bzw. Prozessbestimmung sind folgende Fragen zu klären:

- Welche Funktionen sind vom zu planenden Produktionssystem zu erfüllen?
- Welche Prozesse laufen im zu planenden Produktionssystem ab?
- Welche Elemente erfüllen die Funktion? (vgl. [397])

3. Dimensionierung

Der Projektierungs-/Planungsschritt Dimensionierung umfasst alle Planungsaktivitäten, die zu Aussagen über die Elementmenge M eines Produktionssystems ∑ = (M, P, S) führen. (vgl. [317])

Die Elementmenge M umfasst die Teilmengen Realkapital, Personal und Material (Produktionsfaktoren). (vgl. [317])

Unter *Dimensionierung* wird die *quantitative Bestimmung (Anzahl/Abmessungen) der Flusssystemelemente/Ausrüstungsgesamtheit, der Arbeitskräfte, der Flächen, der Gebäude* im Planungsobjekt und die Ermittlung der Kosten verstanden *(kr; kr_me; kr_vl; kr_ze; se; se_me; se_vl; se_ze)* (Abbildung A39). (vgl. [397])

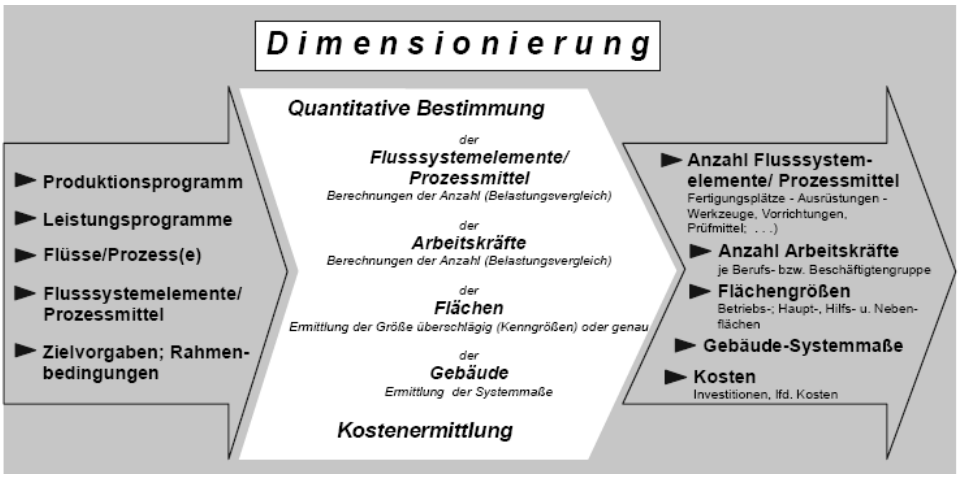


Abbildung A39: Projektierungs-/Planungsschritt Dimensionierung [120]

4. Strukturierung

Der Projektierungs-/Planungsschritt Strukturierung umfasst alle Planungsaktivitäten, die zu Aussagen über die Struktur S eines Produktionssystems ∑ = (M, P, S) führen. (vgl. [317])

Die Struktur S wird durch eine Folge zweistelliger Relationen verkörpert, die stofflicher, energetischer und informationeller Natur sind. Die Struktur wird durch Prozesse „induziert“, die mindestens aus zweistelligen, meist aber aus mehrstelligen Relationen bestehen. Die Struktur umfasst Stoff-, Energie- und Informationsflussstrukturen. (vgl. [317])

Unter *Strukturierung* wird die *Bestimmung der zeitlichen und räumlichen (Fluss-) Beziehungen der Flusssystemelemente bzw. Prozessmittel* zueinander mit dem Ergebnis einer *optimalen Anordnung der Elemente und Systeme* verstanden (Abbildung A40). (vgl. [397])

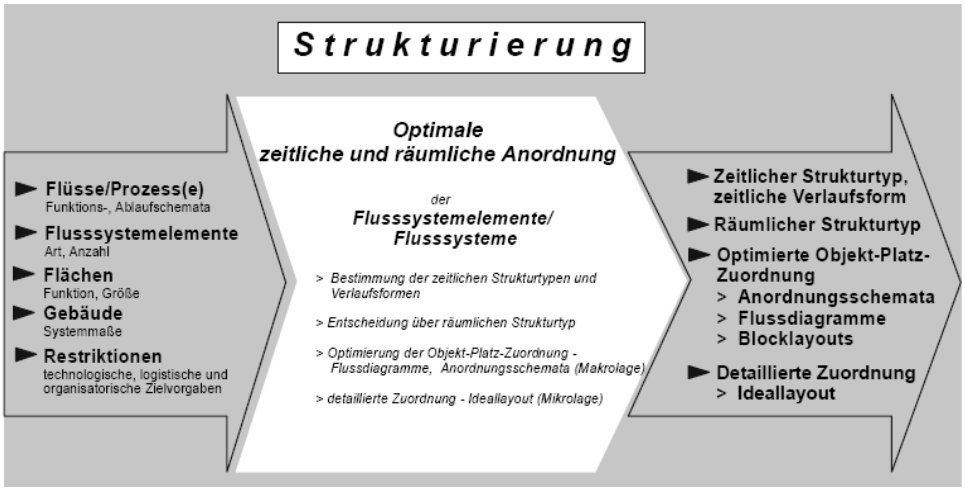


Abbildung A40: Projektierungs-/Planungsschritt Strukturierung [120]

Gleichsam umfasst die *Strukturierung* die *Bestimmung der hierarchischen Struktur des Produktionssystems (f_rä; kr_me; kr_rä; kr_vl; kr_ze; ses)*. (vgl. [107])

5. Gestaltung

Unter dem Projektierungs-/Planungsschritt *Gestaltung* wird die *umsetzungsreife, räumlich-funktionelle Einordnung der Flusssystemelemente/Flusssysteme in das Realobjekt unter besonderer Beachtung der Restriktionen und Forderungen aus Ökonomie, Ökologie sowie Arbeits- und Gesundheitsschutz und die Feinplanung spezieller Vorhabensbereiche (peripherer Bereiche)* verstanden *(z; z_ra, ls; fs; krs; ses)* (Abbildung A41). (vgl. [120], [397])

Abbildung A41: Projektierungs-/Planungsschritt Gestaltung [120]

Projektion auf die Grobfunktionsmatrix$_{30}$: Die Ziele (0) und deren rangmäßige Struktur (0) sind Eingangsdaten. Im ersten Schritt, der Aufbereitung des Produktions- und Leistungsprogramms, wird eine Aufbereitung der Leistungen (1a) und deren mengenmäßigen (1a), vorgehenslogischen (1a) und zeitlichen (1a) Strukturen vorgenommen. Anschließend werden auf der Grundlage der bestimmten Kompetenzen/ Ressourcen (1b) bzw. Struktureinheiten (1b) sowie deren jeweiligen mengenmäßigen (1b) und zeitlichen (1b) Strukturen Make or buy Entscheidungen getroffen. Im zweiten Schritt, der Funktions- und Prozessbestimmung, werden die Funktionen (2), sowie deren vorgehenslogische und zeitliche Abfolge (2) bestimmt. Nebenbei ergibt sich daraus der Funktionsumfang (2) und die hierarchische Funktionsgliederung (2). Anhand der Funktionen werden Kompetenzen/Ressourcen bzw. Struktureinheiten vorausgewählt (2). Im dritten Schritt, der Dimensionierung, werden die Kompetenzen/ Ressourcen (3) bzw. Struktureinheiten (3) den Prozessen zugeordnet, woraus sich deren Abfolge (3) bestimmt. Aus der zeitlichen Abfolge (3) können die Kompetenzen/ Ressourcen (3) bzw. Struktureinheiten (3) dimensioniert werden. Im vierten Schritt, der Strukturierung, werden die Funktionen räumlich (4), die Struktureinheiten (4) mit ihren rangmäßigen (4), mengenmäßigen (4), räumlichen (4), vorgehenslogischen (4) und zeitlichen (4) Strukturen sowie die Kompetenzen/Ressourcen mengenmäßig (4), räumlich (4), vorgehenslogisch und zeitlich (4) bestimmt. Im abschließenden fünften Schritt, der Gestaltung, werden die Ziele und deren rangmäßige Struktur sowie alle Leistungen, Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten mit ihren Strukturen (5) im Detail geplant und gestaltet. Die einzelnen Schritte werden so oft wiederholt, bis das Produktionssystem vom Groben bis zum Feinen geplant ist.

Abbildung A42 zeigt eine Prinzipdarstellung der projizierten Vorgehensweise.

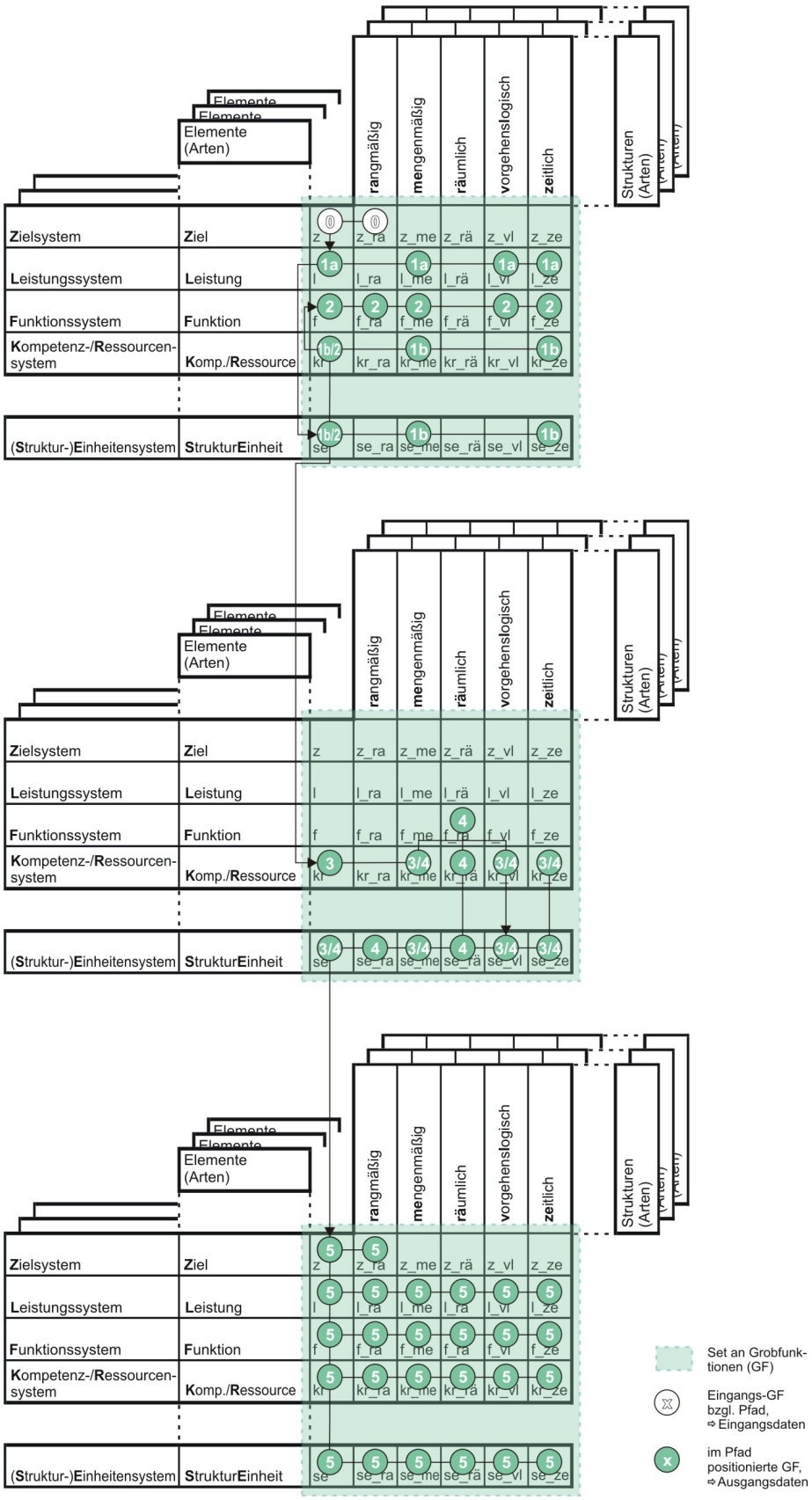


Abbildung A42: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise der Projektierung von Produktionssystemen als Pfad über die GFM_{30}

Diskussion der Projektion: Die Projektion der Vorgehensweise ist gut ausführbar. Die Vorgehensweise kann als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} dargestellt werden. Es werden ähnliche oder gar gleiche Beschreibungskonstrukte (z.B. Ziel, Leistung, Produkt, Funktion, Ressource) verwendet, wie sie im ORa_{BV} angesprochen werden. Die einzelnen Projektierungsschritte sind hinlänglich beschrieben. Eine eindeutige Zuordnung der Beschreibungskonstrukte ist fast ausnahmslos gegeben. Eine Bestimmung von Zielen im Sinne einer Zielplanung liegt außerhalb der Projektierungsschritte.

Der Grobablauf[114] gestaltet sich wie folgt: Ausgehend vom vorbestimmten Zielsystem werden als erstes Leistungs-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystem einer näheren Bestimmung unterzogen. Anschließend werden Funktions-, Kompetenz-/ Ressourcen- und Einheitensystem funktional genauer bestimmt. Danach erfolgt die weitere dimensionale Bestimmung von Kompetenz-/Ressourcensystem sowie Einheitensystem. Hierauf wird die strukturelle Bestimmung vornehmlich von Kompetenz-/Ressourcensystem sowie Einheitensystem vorgenommen. Letztlich werden alle Aspektsysteme feingeplant und gestaltet.

A4.2.1.2 Methoden

An Methoden wurden u.a. einer Projektion unterworfen: Martin-Verfahren, Modifiziertes Dreiecksverfahren, Simultane Dimensionierung und Strukturierung mittels genetischer Algorithmen ($SiDiS^{GA}$), Simulationsbasierte Dimensionierung von Produktionssystemen mit definiertem Potential an Leistungsflexibilität (DYNAMIS-P).

Die Projektion soll am Beispiel des Martin-Verfahrens demonstriert werden. Projektionen weiterer Methoden finden sich in der Strukturierungsbibliothek (siehe Anlage A5).

Beschreibung der Methode: Das Martin-Verfahren wird zur Minimierung rückläufiger Verbindungen in Materialflusssystemen eingesetzt. Voraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens sind die *Matrix der Transportintensitäten und die Verbindungsmatrix mit allen anzuordnenden Elementen sowie dem Systemeingang und -ausgang. (l; l_me; l_ze; se; se_me, se_rä; se_vl)* Die Verbindungsmatrix stellt die Binärzustände der Transportmatrix dar. *Ziel des Verfahrens ist eine optimierte Anordnungsreihenfolge der Elemente, sodass die Rücktransporte – also die Transporte unterhalb der Diagonale – ein Minimum erreichen. (z)* (vgl. [233])

1. Zunächst werden in der *Verbindungsmatrix die Zeilen- und Spaltensummen der Binärzustände* gebildet. *(l_me; l_ze)*

2. Anschließend wird der *Quotient aus Zeilen- und Spaltensumme* für jedes Element errechnet. Wenn im Zähler oder Nenner der Wert Null auftritt, gilt folgendes. Enthält der Zähler den Wert Null, so wird der Quotient als Minimum gesetzt. Ist im Nenner die Null, dann wird der Quotient zum Maximum. *(l_me; l_ze)*

[114] Im Grobablauf werden nur die angesprochenen Aspektsysteme wiedergegeben.

3.a) Das *Element mit dem größten Quotienten wird angeordnet*. Bei Quotientengleichheit müssen verschiedene Kriterien berücksichtigt werden. Sind Quotienten, die im Zähler oder Nenner eine Null stehen haben, vorhanden, werden diese folgendermaßen bewertet: 0/3 < 0/2 und 3/0 > 2/0.

3.b) Besteht nach diesem Vergleich immer noch Quotientengleichheit, werden von diesen Elementen die *Zeilen- und Spaltensummen der Transportintensitäten berechnet und dann aus deren Quotienten der Größte ausgewählt und angeordnet*. Sind die Quotienten dann weiterhin noch gleich, wird die Anzahl der Verbindungen zu bereits angeordneten Elementen verglichen. Das *Element mit den meisten Verbindungen wird angeordnet*. Führt dies auch zu keiner Unterscheidung, wird das *Element mit der kleinsten Ordnungsnummer ausgewählt*.
(l_me; l_ze; se; se_me, se_rä; se_vl)[115]

4. Nachdem ein Element angeordnet wurde, werden die *Matrix der Transportintensitäten und die Verbindungsmatrix um die Zeile und Spalte des angeordneten Elementes verkleinert*. *(l_me; l_ze; se; se_me, se_rä; se_vl)*[116]

5. *Prüfen, ob alle Elemente angeordnet sind. (se_me)* Falls nicht, erfolgt eine Wiederholung der Schritte 1.-5. (vgl. [233])

Projektion auf die Grobfunktionsmatrix$_{30}$: Das Ziel (0), die Leistungen (0) und deren mengenmäßigen (0) und zeitlichen (0) Strukturen in Verbindung mit den Struktureinheiten (0) und deren mengenmäßigen (0), räumlichen und vorgehenslogischen (0) Strukturen sind als Eingangsdaten gegeben. Anschließend erfolgen Bestimmungen einzelner mengen-zeitlicher Leistungsstrukturen (1/2). Danach werden wiederum Bestimmungen von mengen-zeitlichen Leistungsstrukturen (3/4) vorgenommen, welche sich in Verbindung mit Bestimmungen der Struktureinheiten (3/4) und deren mengenmäßigen, räumlichen und vorgehenslogischen Strukturen (3/4) ergeben. Eine Bestimmung der mengenmäßigen Einheitenstruktur (5) entscheidet darüber, ob ein erneutes Durchlaufen der Abfolge notwendig wird oder bereits das Ergebnis vorliegt.

Abbildung A43 zeigt eine Prinzipdarstellung der projizierten Vorgehensweise.

---

[115] „Neue“ Matrix der Transportintensitäten wird aufgebaut.
[116] „Alte“ Matrix der Transportintensitäten wird abgebaut.

Abbildung A43: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise des Martin-Verfahrens als Pfad über die GFM_{30}

Diskussion der Projektion: Die Projektion der Methode ist gut ausführbar. Die Vorgehensweise kann als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} dargestellt werden. Es werden wenige und vorwiegend sehr abstrahierende Beschreibungskonstrukte (z.B. Ziel, (Transport-)Intensität, Element) verwendet, die dennoch über den ORa_{BV} angesprochen werden können (Ziel, Leistung, Struktureinheit). Eine eindeutige Zuordnung der Beschreibungskonstrukte ist fast ausnahmslos gegeben. Die Charakteristik des Verfahrens ist als Lösungs-Algorithmus hinlänglich beschrieben, was jedoch ein bereits für eine Projektion eher zu geringes Abstraktionsniveau nach sich zieht.[117] Die Bestimmung von Funktionen oder Kompetenzen ist nicht Gegenstand des Verfahrens. Anstatt Struktureinheiten könnten auch Ressourcen als Elemente fungieren.

[117] So könnte sich eine Projektion mit höherem Abstraktionsniveau auf die Bereitstellung der Eingangsdaten sowie Ausgangsdaten beschränken, ohne das Wesen des Verfahrens zu entstellen.

Der Grobablauf gestaltet sich wie folgt: Gegeben sind Ziel-, Leistungs- und Einheitensystem. Zunächst wird das Leistungssystem näher bestimmt. Im Weiteren erfolgt die erneute Bestimmung von Leistungs- und Einheitensystem.

A4.2.2 Vorgehensweisen und -methoden der Logistikplanung

A4.2.2.1 Vorgehensweisen

An Vorgehensweisen wurden u.a. einer Projektion unterworfen: Planung von Materialflusssystemen, Strategische Logistikstrukturplanung (analytisch) mit 4flow vista, Strategische Logistikstrukturplanung (simulativ) mit eM-Plant.

Die Projektion soll am Beispiel der Planung von Materialflusssystemen demonstriert werden. Projektionen weiterer Vorgehensweisen finden sich in der Strukturierungsbibliothek (siehe Anlage A5).

Beschreibung der Vorgehensweise: Die Planungsdurchführung kann analog zur Fabrikplanung in drei Phasen unterteilt werden:

- Ermittlung und Präzisierung der Aufgabenstellung,
- Grobplanung zur Erarbeitung der optimalen Gesamtkonzeption,
- Ausführung im Sinne einer Feinplanung sowie einer Steuerung der Ausführungsarbeiten bis zur Abnahme und Übergabe. (vgl. [184])

Die Aufgabenstellung für die Planung beinhaltet in der Regel den Anfangs- und gewünschten Endzustand eines Planungsgegenstandes. Entsprechend sind der Arbeitsprozess und die ihn ausführenden Arbeitsmittel zu gestalten. Die Aufgabenstellung gibt weiter konkrete Anforderungen und Bedingungen vor, die von außen auf den zu planenden Arbeitsprozess wirken und den Lösungsbereich einschränken. (vgl. [184])

Der Ablauf der Planung von Materialflusssystemen soll entsprechend Abbildung A44 in sieben Schritte eingeteilt werden. (vgl. [184])

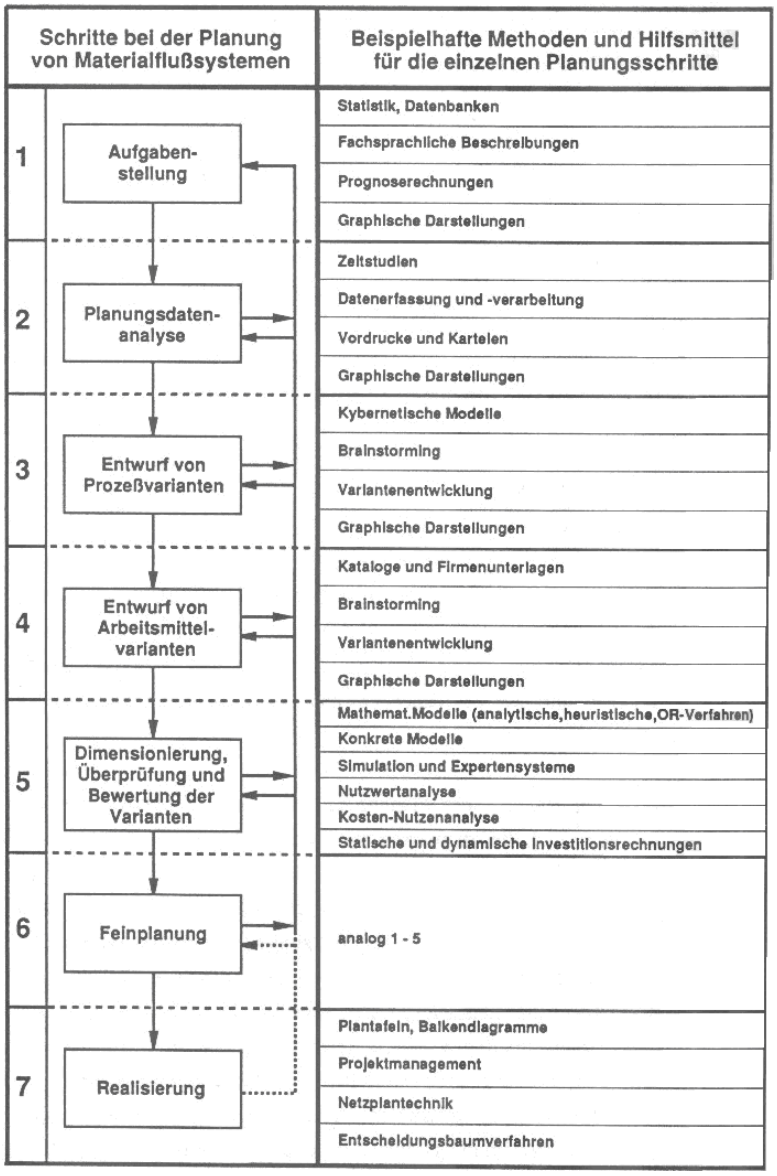


Abbildung A44: Ablauf einer Planung von Materialflusssystemen und beispielhafte Methoden und Hilfsmittel für die einzelnen Planungsschritte [184]

Schritt 1

Der erste Schritt im Rahmen der Planung ist eine Analyse der Aufgabenstellung mit dem Ziel, sie zu präzisieren. Dazu muss geklärt werden, welche *Planungsziele* zugrunde gelegt werden sollen *(z; z_ra).* Es wird dabei zwischen ökonomisch relevanten (Markt-, Wettbewerbs-, Kosten-, Gewinn-, Liquiditätsziele etc.), sozial relevanten (Beschäftigungs-, Versorgungsziele etc.) und technisch relevanten Zielen (Qualitäts-, Leistungs-, Zuverlässigkeits-, Versorgungs-, Kompatibilitätsziele etc.) unterschieden. Darüber hinaus muss festgelegt werden, welche Randbedingungen bereits fest vorgegeben sind (Restriktionen aus Gütern oder aus der Umgebung sowie gesetzliche Restriktionen) und welche frei wählbar sind (beispielsweise Vereinheitlichung von Gütern durch Ladeeinheitenbildung, Bestimmung von Artikel-

gruppenvertretern, Bewertung von Zielen). Für letztere müssen Annahmen und Vereinbarungen getroffen werden, wobei zu beachten ist, dass diese den Lösungsbereich ebenso einschränken wie die fest vorgegebenen Randbedingungen. In manchen Fällen ist sogar eine Variation bestimmter Randbedingungen zu planen, wenn die Auswirkungen der getroffenen Annahmen nicht zu überblicken sind. (vgl. [184])

Schritt 2

Im Rahmen der Planungsdatenanalyse findet im zweiten Schritt *in bestehenden Systemen*, die rationalisiert, erweitert oder neu geplant werden sollen, *eine Istanalyse statt (ls; fs; krs)*. Sie gliedert sich in eine Festlegung der zu erhebenden Daten sowie deren Erfassung, Überprüfung, Bereinigung, Verdichtung und Hochrechnung zur Schaffung von Planzahlen. Diese bilden eine Basis für die nachfolgende Planung. (vgl. [184])

Schritt 3

Der dritte Schritt dient dem *Entwurf von Prozessvarianten*, die als Kette von Arbeitsoperationen aufgebaut werden und Schritt für Schritt die Herbeiführung des in der Aufgabenstellung definierten Endzustandes bewirken sollen. Dieser Schritt wird häufig als Prinzip- oder Strukturplanung (Layoutplanung) bezeichnet. Geplant werden jedoch die *Prozesse (Arbeitsvorgangsfolgen, Folgen von Materialflussoperationen, Transportketten)*. Die *Strukturen (Materialfluss-, Werkstatt-, Lagerstruktur)* sind als *Prinzip- und Strukturvarianten* die Ergebnisse der Planung *(ls; fs)*. In den nachfolgenden Schritten schließt sich die Planung der technischen Systeme (Systemplanung) an. (vgl. [184])

Schritt 4

Der im vierten Schritt durchzuführende *Entwurf von Arbeitsmittelvarianten* hängt eng zusammen mit dem dritten Schritt und baut auf den erarbeiteten Ergebnissen auf. Er umfasst eine *qualitative Auswahl von Arbeitsmitteln, Teil- oder Typenlösungen, ihrer Zuordnung zu den einzelnen Arbeitsoperationen oder Abschnitten des Arbeitsprozesses und ihr Zusammenspiel (kr; kr_rä; kr_vl)*. Bei der Auswahl und Zuordnung von Arbeitsmitteln kann sich die Notwendigkeit ergeben, auf die Planungsstufe des Entwurfes zurückzugehen und durch eine Änderung im Prozess eine andere technische Problemlösung zu ermöglichen. Das Ergebnis des vierten Schrittes sind technische Varianten. (vgl. [184])

Schritt 5

Im fünften Schritt der Planung wird im Rahmen der Systemplanung (Grobplanung) eine Dimensionierung, Überprüfung und Bewertung der Varianten durchgeführt. Die *Dimensionierung der Arbeitsmittel ermöglicht ihre quantitative Einbindung in den Arbeitsprozess*. Sie kann nacheinander für nichtzeitgebundene Größen (Abmessung, Tragfähigkeit, Gewicht etc.) und für *zeitgebundene Größen* (Geschwindigkeit, Beschleunigung, Transportleistung etc.) vorgenommen werden *(kr_me; kr_ze)*. Bei der Dimensionierung der zeitgebundenen Größen muss eine Abstimmung mit

anderen Arbeitsmitteln z.B. im Materialfluss und in der Fertigung erfolgen, die gemeinsam den zu planenden Arbeitsprozess realisieren sollen. Die Überprüfung und damit der Funktionsnachweis der Arbeitsmittel steht in engem Zusammenhang mit der Dimensionierung. Sie können erst im Anschluss an die Dimensionierung erfolgen, da das einwandfreie Funktionieren eines Arbeitsmittels von der Dimensionierung in großem Maße abhängt. Ungeeignete Arbeitsmittel können erkannt und ausgesondert werden. (vgl. [184])

Schritt 6

Im sechsten Schritt erfolgt stufenweise die *Feinplanung (analog Schritte 1-5)* in der Regel einer Vorzugsvariante, wobei entsprechende Aufgaben in den einzelnen Teilsystemen anstehen, die in der zuvor aufgezeigten Vorgehensweise bei der Grobplanung (Schritt 4 und 5) bereits bearbeitet wurden *(ls; fs; krs)*. Die Feinplanung umfasst die Festlegung einer stufenweisen Vorgehensweise bei der Realisierung, einer Erstellung der Ausschreibungsunterlagen sowie eine Bewertung der eingehenden Angebote. (vgl. [184])

Schritt 7

Im siebten Schritt erfolgt nach Angebotserteilung die Realisierung des Systems bis hin zur Abnahme und Übergabe. (vgl. [184])

Projektion auf die Grobfunktionsmatrix$_{30}$: Die Ziele (0) und deren rangmäßige Struktur (0) werden als Eingangsdaten bereitgestellt. Im Schritt 1 werden diese Ziele (1) und deren rangmäßige Struktur (1) präzisiert. Im Schritt 2 werden bei einer Istanalyse die Leistungen, Funktionen und Kompetenzen/Ressourcen mit ihren Strukturen (2) aufbereitet. Im Schritt 3 werden die Leistungen und Funktionen mit ihren Strukturen (3) detaillierter geplant und bestimmt. Anschließend werden im Schritt 4 die Ressourcen (4) mit ihren räumlichen (4) und vorgehenslogischen (4) Strukturen festgelegt. Im Schritt 5 erfolgen dann die mengenmäßige (5) und die zeitliche (5) Festlegung der Ressourcen. Bei der Feinplanung im Schritt 6 werden alle Leistungen, Funktionen und Ressourcen mit ihren Strukturen (6) feingeplant. Bei der Planung von Materialflusssystemen können die einzelnen Schritte so oft wiederholt werden, bis das Materialflusssystem vom Groben bis hin zu allen Details geplant ist.

Abbildung A45 zeigt eine Prinzipdarstellung der projizierten Vorgehensweise.

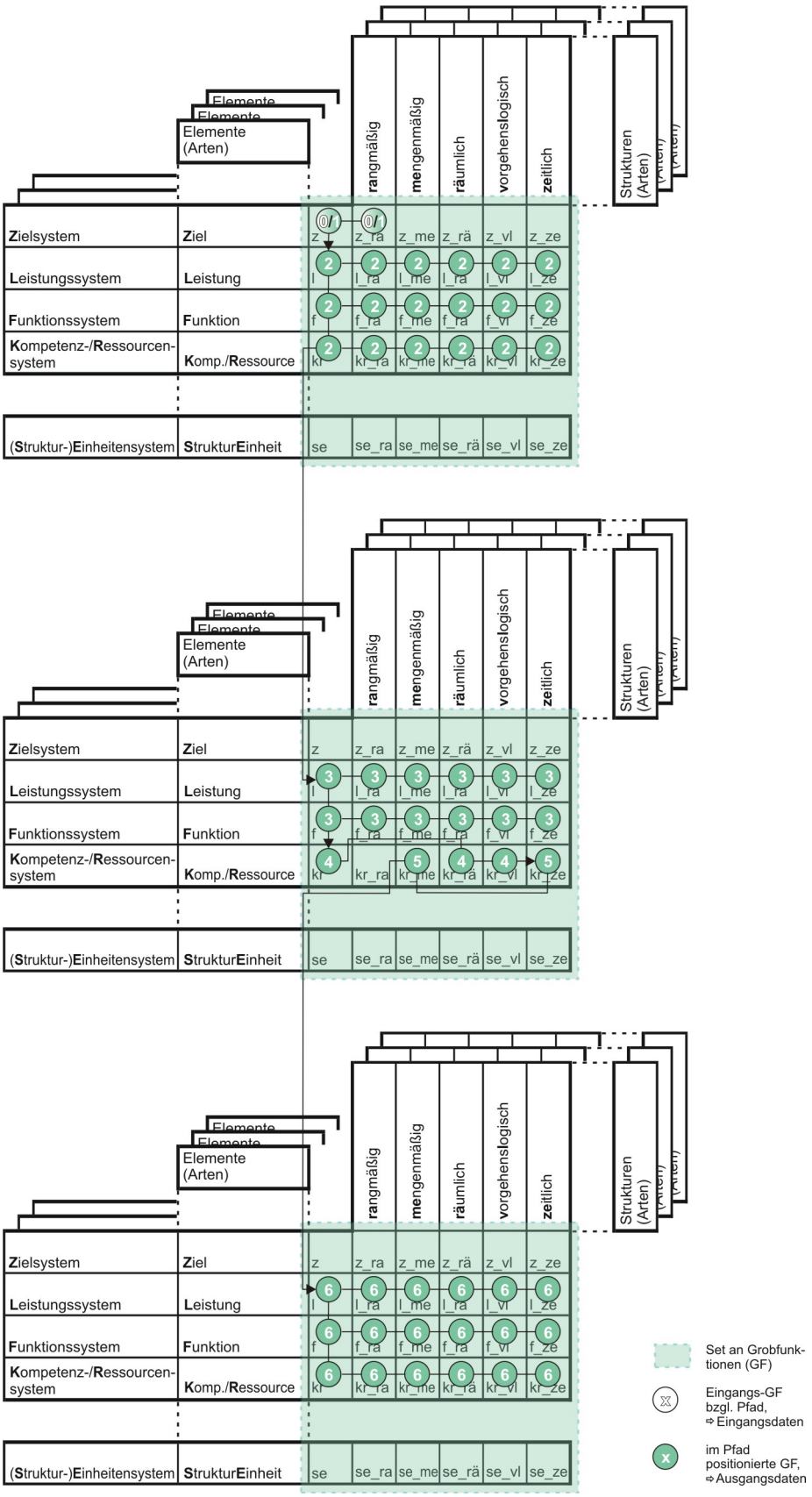


Abbildung A45: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise der Planung von Materialflusssystemen als Pfad über die GFM_{30}

Diskussion der Projektion: Die Projektion der Vorgehensweise ist zufriedenstellend ausführbar, wobei aber nicht alle Planungsinhalte ihre Repräsentationen in Grobfunktionen finden (vgl. u.a. Schritte 1 und 7). Die Vorgehensweise kann als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} dargestellt werden. Es werden ähnliche Beschreibungskonstrukte (z.B. Ziel, Operation, Arbeitsmittel) verwendet, wie sie im ORa_{BV} angesprochen werden. Die einzelnen Planungsschritte sind partiell nicht ausreichend beschrieben. Eine eindeutige Zuordnung der Beschreibungskonstrukte ist nicht immer gegeben. Aus diesem Grund müssen bei der Projektion einige Annahmen diesbezüglich getroffen werden. Vermutete Planungsinhalte wie geforderte Leistungen wurden nicht thematisiert. Eine Besonderheit dieser Vorgehensweise ist das nicht explizite Ansprechen des Einheitensystems.

Der Grobablauf gestaltet sich wie folgt: Ausgehend vom Zielsystem werden Leistungs-, Funktions- und Kompetenz-/Ressourcensystem zunächst grob und anschließend feiner bestimmt.

A4.2.2.2 Methoden

An Methoden wurden u.a. einer Projektion unterworfen: Savingsverfahren, Miehle-Verfahren, heuristics for the p-hub location problem, Dijkstra-Algorithmus.

Die Projektion soll am Beispiel des Savingsverfahrens demonstriert werden. Projektionen weiterer Methoden finden sich in der Strukturierungsbibliothek (siehe Anlage A5).

Beschreibung der Methode: Zur Lösung von Touren-Problemen wird häufig das Savingsverfahren benutzt, da es sich an unterschiedlichste Restriktionen (z.B. inhomogene Fahrzeug-Parks, Zeitrestriktionen) anpassen lässt. (vgl. [319])

Gegeben sei ein Depot, in dem sich Waren und Fahrzeuge befinden, wobei sich die Waren in Waren-Sorten unterteilen, von denen jeweils eine bestimmte Anzahl vorhanden ist. Diese Anzahl kann zeitabhängig sein, d.h. es ist zu gewissen Anfangszeiten (bis zur nächsten Anfangszeit) eine gewisse Anzahl an Waren dieser Klasse vorhanden. Die Fahrzeuge unterteilen sich ebenfalls in Fahrzeug-Typen, von denen jeweils eine bestimmte Anzahl in gewissen Zeitfenstern zur Verfügung steht. Die Zeitfenster können dabei aus mehreren Intervallen bestehen. Von den Kunden können dabei gewisse Fahrzeug-Typen von der Belieferung ausgeschlossen werden. Den Fahrzeugen kann eine Priorität zugeordnet werden, die beschreibt, ob das Fahrzeug bevorzugt zu benutzen ist. Dies ist zum Beispiel von Interesse, wenn der Fuhrpark aus eigenen und fremden Fahrzeugen besteht und fremde Fahrzeuge nur dann benutzt werden sollen, wenn die eigenen ausgelastet oder ungünstig sind. (vgl. [319])

Vom *Depot (se; se_me; se_rä)* sollen mit Hilfe der vorhandenen *Fahrzeuge (kr; kr_me; se; se_me) Kunden (se; se_me; se_rä)* beliefert werden, die *Waren verschiedener Klassen in bestimmten Zeitfenstern und gewissen Anzahlen (l; l_me; l_ze; se; se_me)* bestellt haben. (vgl. [319])

Depot und Kunden sind durch ein *Straßennetz (kr; kr_rä)* verbunden, auf dem Maximalgeschwindigkeiten und unter Umständen Restriktionen für Fahrzeuggewicht und -größe einzuhalten sind. Vorausgesetzt werden soll das Vorhandensein von Algorithmen, die für ein vorgegebenes Fahrzeug unter Einhaltung aller Restriktionen den *kürzesten bzw. schnellsten Weg* zwischen zwei Orten des Straßennetzes bzw. unabhängig vom Fahrzeug den *kürzesten bzw. schnellsten Weg* zwischen zwei Orten mit samt den dabei zu erfüllenden Restriktionen ermitteln. *(z; z_ra)* (vgl. [319])

Die Aufstellung eines Tourenplanes besteht nun darin, alle Aufträge Fahrzeugen zuzuordnen, die Reihenfolge der Abarbeitung festzulegen und frühest- sowie spätest-mögliche Ankunfts- und Abfahrtszeiten bei Depot und Kunden so zu bestimmen, dass sowohl die Restriktionen von Fahrzeugkapazität und Straßennetz sowie die Warenkapazität im Depot zur Abfahrtszeit als auch die Zeitfenster von Tourenfahrzeug und Aufträgen eingehalten werden. (z; ls≠_ra; fs≠_ra; krs≠_ra; ses≠_ra_rä) (vgl. [319])

Aufträge, die örtlich, d.h. bezüglich des kürzesten Weges zwischen den zugehörigen Kunden, und zeitlich, d.h. bezüglich einer möglichst geringen Wartezeit bis zum Beginn des Zeitfensters bei Nacheinanderausführung der Aufträge, nahe beieinander liegen, werden zu als Cluster bezeichneten Mengen zusammengefasst. Zu jeder Tour sollen dann nur Aufträge aus einem Cluster gehören. Dabei gehört jeder Auftrag zu mindestens einem Cluster, im Allgemeinen aber zu mehreren, um die Flexibilität des Algorithmus zu erhöhen. Die Cluster bilden also eine Überdeckung aller Aufträge. (vgl. [319])

Die Aufstellung eines Tourenplans mit möglichst kurzen Weglängen und Wartezeiten erfolgt parallel, d.h. für jeden Cluster wird gleichzeitig eine Tour erstellt. Um eine möglichst günstige Zuordnung der Tourfahrzeuge zu den Clustern zu erreichen, wird für jeden Cluster und jedes Tourfahrzeug eine Bewertung der Zuordnung vorgenommen und das resultierende Zuordnungsproblem auf ein klassisches Transportproblem zurückgeführt. Für die Erstellung der Touren wird ein Savingsalgorithmus zweiter Ordnung benutzt, d.h. neue Aufträge können an beliebiger Stelle der bisherigen Tour eingefügt werden. In das Saving gehen das übliche Weglängen-Saving, versehen mit einem vom Cluster abhängigen Savings-Parameter, und das zeitliche Saving in Form der Einsparung an Wartezeit ein. (vgl. [319])

Projektion auf die Grobfunktionsmatrix$_{30}$: Die Leistungen (1) und deren mengenzeitliche Zuordnung zu den Struktureinheiten (1), die Ressourcen (1) und deren mengenmäßige bzw. räumliche Zuordnung zu den Struktureinheiten (1) sowie die Struktureinheiten (1) mit ihren Mengen (1) und räumlichen Anordnungen (1) werden zunächst aufbereitet. Nach Bestimmung der Ziele (2) und ihrer Gewichtungen (2) erfolgt die Bestimmung wiederum der Ziele (3), der Leistungen, nun auch Funktionen und (Kompetenzen/)Ressourcen mit ihren Strukturen (außer jeweils rangmäßige Struktur) (3) sowie der Struktureinheiten mit ihren mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen (3).

Abbildung A46 zeigt eine Prinzipdarstellung der projizierten Vorgehensweise.

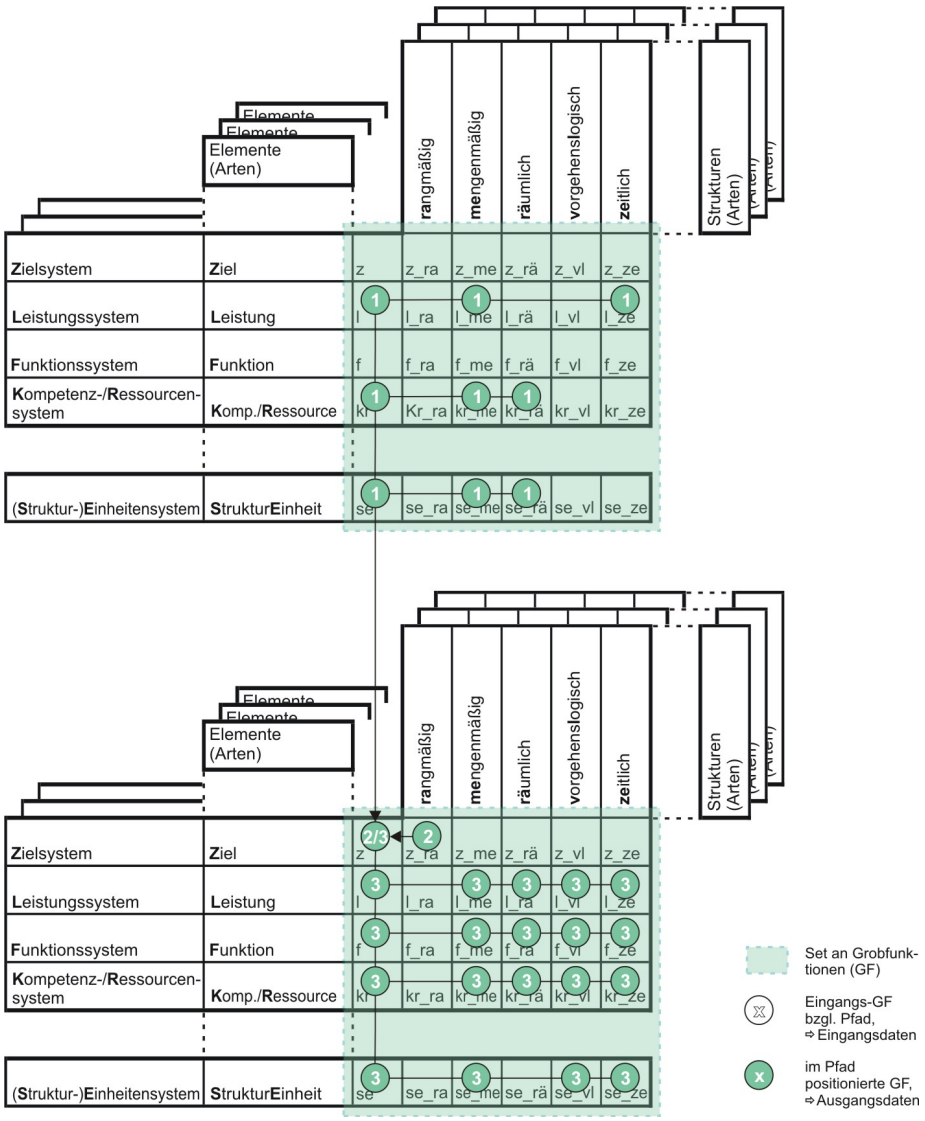


Abbildung A46: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise des Savingsverfahrens als Pfad über die GFM_{30}

Diskussion der Projektion: Die Projektion der Methode ist gut ausführbar. Die Vorgehensweise kann als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} dargestellt werden. Es werden zum ORa_{BV} abgeleitete Beschreibungskonstrukte (z.B. Ware, Fahrzeug, Depot, Kunde) verwendet. Die Charakteristik des Verfahrens ist hinlänglich beschrieben. Eine eindeutige Zuordnung der Beschreibungskonstrukte ist fast ausnahmslos gegeben. Der unterlagerte Lösungs-Algorithmus verbietet sich dagegen wegen völlig anderer Beschreibungskonstrukte und zu geringem Abstraktionsniveau für eine Projektion. Die Bestimmung von Kompetenzen ist nicht Gegenstand des Verfahrens.

Der Grobablauf gestaltet sich wie folgt: Zunächst sind Leistungs-, (Kompetenz-/)Ressourcen- und Einheitensystem aufbereitend zu bestimmen. Danach wird das Zielsystem bestimmt. Anschließend erfolgt die erneute Bestimmung von Ziel-,

Leistungs-, (Kompetenz-/)Ressourcen- und Einheitensystem sowie überdies Funktionssystem.

A4.2.3 Vorgehensweisen und Methoden der PPS und des SCM

A4.2.3.1 Vorgehensweisen

An Vorgehensweisen wurden u.a. einer Projektion unterworfen: MRP-Konzept, MRP I-Konzept, MRP II-Konzept.

Die Projektion soll am Beispiel des MRP II-Konzepts, welches die anderen MRP-Konzepte als auch weitere Methoden wie die Stücklistenauflösungen oder die Mengen-, Termin- und Kapazitätsplanung einschließt, demonstriert werden. Projektionen weiterer Vorgehensweisen finden sich in der Strukturierungsbibliothek (siehe Anlage A5).

Beschreibung der Vorgehensweise: Das MRP x-Konzept (Abbildung A47), welches eine Sukzessivplanung nach hierarchischen Planungsstufen vorsieht, besteht aus den ineinander geschachtelten Konzepten:

- MRP II: Management Resources Planning,
- MRP I: Manufacturing Resources Planning,
- MRP: Material Requirements Planning. (vgl. [251], [311], [387])

Die Planungsergebnisse einer Stufe sind Vorgaben für die nächstfolgende Stufe. Mit Hilfe einer regelkreisähnlichen Abstimmung (Regelkreis) erfolgt die Rückführung in die nächsthöhere Planungsstufe. (vgl. [251], [311], [387])

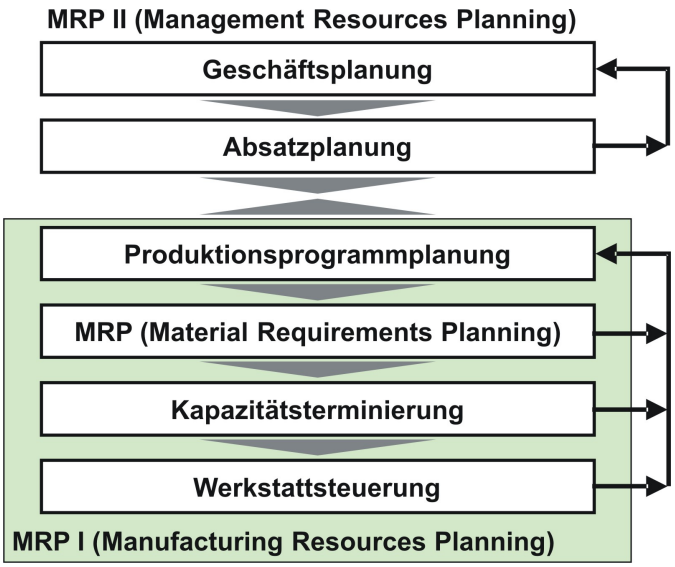


Abbildung A47: MRP II-Konzept [311]

Das MRP II- Konzept beinhaltet die Schritte:

- Geschäftsplanung: *Formulierung der Unternehmensziele (z; z_ra)*
- *Absatzplanung (auch Vertriebsplanung) (l; l_me; l_rä; l_vl; l_ze)*
- MRP I (vgl. [311])

Das MRP I- Konzept beinhaltet die Schritte:

- *Produktionsprogrammplanung (l; l_me; l_vl; l_ze)*
- MRP
- Kapazitätsterminierung (Terminplanung):
  a) *Durchlaufterminierung:* Ermittlung von Terminen über Arbeitspläne, welche gleichzeitig den Kapazitätsbedarf pro Planungsperiode liefert unter Annahme unbeschränkter Kapazitäten *(l; l_me; l_vl; l_ze)*
  b) *Kapazitätsterminierung:* Ermittlung realistischer Termine für die geplanten Fertigungsaufträge in einzelnen Planperioden unter Beachtung der (beschränkten) Kapazitäten *(l; l_me; l_vl; l_ze; kr; kr_me; kr_vl; kr_ze; se; se_me; se_vl; se_ze)*
- *Werkstattsteuerung (z; l; l_me; l_vl; l_ze; kr; kr_me; kr_vl; kr_ze; se; se_me; se_vl; se_ze)* (vgl. [251], [311], [387])

Das MRP-Konzept beinhaltet die Schritte:

- Mengenplanung:
  a) *Stücklistenauflösung*: Ergebnis der Stücklistenauflösung: Bedarf an Einzelteilen, Unterbaugruppen und Baugruppen für die zu fertigenden Erzeugnisse *(l; l_ra; l_me; l_ze)*
  b) *Nettobedarfsermittlung:* Gegenüberstellung des auf jeder Dispositionsstufe der in der Regel mehrstufigen Stücklistenstruktur ermittelten Bruttobedarfes dem Lagerbestand zur Bestimmung des verbleibenden Bedarfes *(l; l_me; l_ze)*
  c) *Losbildung:* periodenweise Zusammenfassung des Nettobedarfes zu geplanten Fertigungsaufträgen (Lose) *(l; l_me; l_ze)*
- *(Grob-)Terminierung* (Terminplanung): Berechnung von groben Terminen der Fertigungsaufträge bzw. Einkaufsbestellungen mittels Vorlaufzeiten unter Annahme unbeschränkter Kapazitäten zur Abarbeitung der Fertigungsaufträge *(l; l_ze)* (vgl. [251], [311], [387])

Projektion auf die Grobfunktionsmatrix$_{30}$: Beginnend werden die Ziele (1) und deren rangmäßige Struktur (1) formuliert (Formulierung der Unternehmensziele). Hiernach werden diverse Leistungen und deren Strukturen ermittelt: Leistungen (2) mit deren mengenmäßigen (2), räumlichen (2), vorgehenslogischen (2) und zeitlichen (2) Strukturen (Absatzplanung); Leistungen (3) mit deren mengenmäßigen (3), vorgehenslogischen (3) und zeitlichen (3) Strukturen (Produktionsprogrammsplanung); Leistungen (4) mit deren rangmäßigen (4), mengenmäßigen (4) und zeitlichen (4) Strukturen (Stücklistenauflösung); Leistungen (5) mit deren mengen-

mäßigen (5) und zeitlichen (5) Strukturen (Nettobedarfsermittlung); Leistungen (6) mit deren mengenmäßigen (6) und zeitlichen (6) Strukturen (Losbildung); Leistungen (7) mit deren zeitlichen (7) Strukturen ((Grob-)Terminierung); Leistungen (8) mit deren mengenmäßigen (8), vorgehenslogischen (8) und zeitlichen (8) Strukturen (Durchlaufterminierung). Folgend werden Leistungen (9), Kompetenzen/Ressourcen (9) bzw. Struktureinheiten (9) mit deren mengenmäßigen (9), vorgehenslogischen (9) und zeitlichen (9) Strukturen bestimmt (Kapazitätsterminierung). Letztlich werden die Ziele (10) sowie erneut Leistungen (10), Kompetenzen/Ressourcen (10) bzw. Struktureinheiten (10) mit deren mengenmäßigen (10), vorgehenslogischen (10) und zeitlichen (10) Strukturen bestimmt (Werkstattsteuerung). Regelkreise erlauben das mehrmalige Durchlaufen einzelner Schritte.

Abbildung A48 zeigt eine Prinzipdarstellung der projizierten Vorgehensweise.

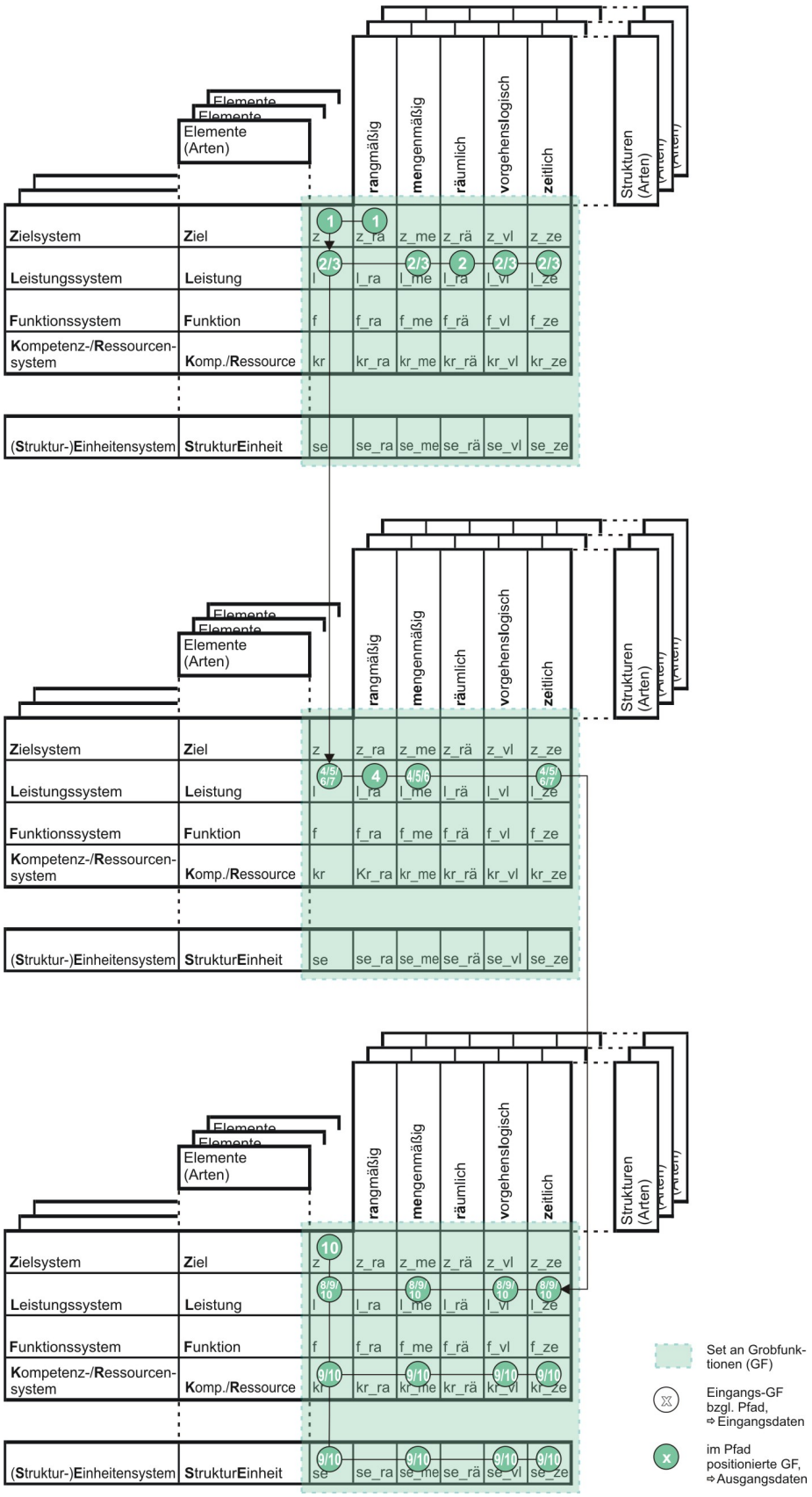


Abbildung A48: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise des MRP II-Konzeptes mit MRP I- und MRP-Konzept als Pfad über die GFM_{30}

Diskussion der Projektion: Die Projektion der Vorgehensweise ist sehr gut ausführbar. Die Vorgehensweise kann als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} dargestellt werden. Es werden zum ORa_{BV} abgeleitete Beschreibungskonstrukte (z.B. Erzeugnis, Los, Auftrag, Bedarf, Kapazität, Termin) verwendet. Eine eindeutige Zuordnung der Beschreibungskonstrukte ist gegeben. Die Charakteristik der Vorgehensweise ist auf einem für eine Projektion brauchbaren Abstraktionsniveau beschrieben. Bestimmungen von Funktionen sind nicht Gegenstand des Verfahrens.

Der Grobablauf gestaltet sich wie folgt: Am Anfang wird das Zielsystem bestimmt. Danach erfolgen diverse Bestimmungen des Leistungssystems, welche zum Ende hin um Bestimmungen des Ziel-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems ergänzt werden.

A4.2.3.2 Methoden

An Methoden wurden u.a. einer Projektion unterworfen: Stücklistenauflösung (nach Dispositionsstufen), Terminierung in Netzplänen, Erstellung Arbeitsplan (konventionell), Erstellung Auftragsarbeitsplan.

Die Projektion soll am Beispiel der Stücklistenauflösung (nach Dispositionsstufen) demonstriert werden. Projektionen weiterer Methoden finden sich in der Strukturierungsbibliothek (siehe Anlage A5).

Beschreibung der Methode: *Aufgabe der Stücklistenauflösung ist es, aus dem nach Menge und Termin bekannten Bedarf an einem übergeordneten Teil den Bedarf an einem untergeordneten Teil zu berechnen (z; l_me; l_ze)*. (vgl. [94])

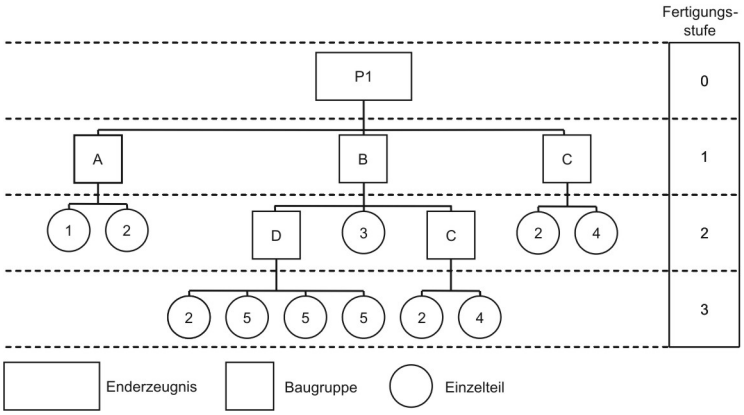


Abbildung A49: Erzeugnisstruktur nach Fertigungsstufen [94]

Für die Stücklistenauflösung werden oft die Fertigungsstücklisten umorganisiert: Die *ursprüngliche Strukturstückliste, die die Fertigungsstufen erkennen lässt (l; l_ra; l_me)* (Abbildung A49), wird *in eine andere überführt, welche die sogenannten Dispositionsstufen zeigt (l; l_ra; l_me)* (Abbildung A50). (vgl. [94])

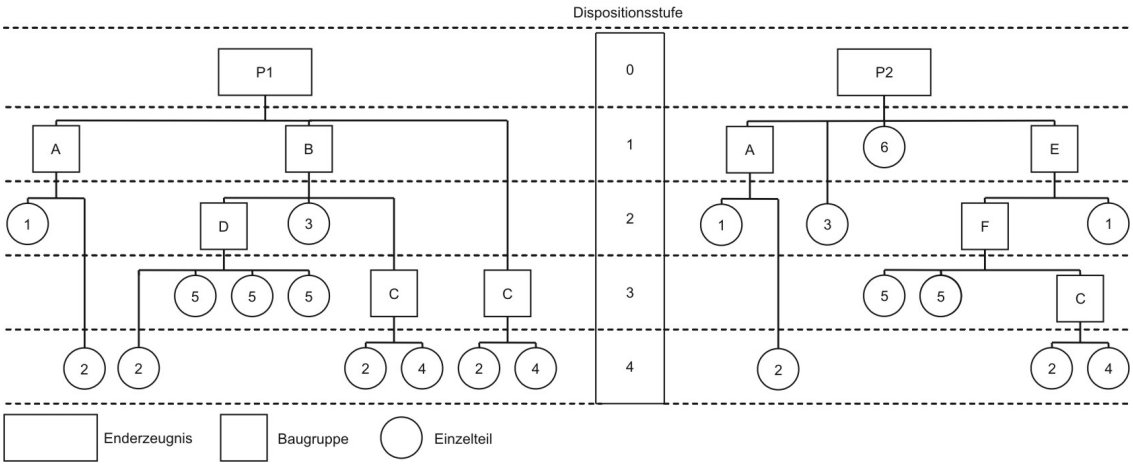


Abbildung A50: Erzeugnisstruktur nach Dispositionsstufen [94]

Erkennbar ist aus Abbildung A50, dass jedes Teil nur auf einer Stufe erscheint, und zwar auf der untersten, in der es in Abbildung A49 auftritt. Nun können die *Bedarfe pro Teil unabhängig von ihrer Fertigungsstufe gemeinsam disponiert (z.B. zu Losen gebündelt) werden*. *(l; l_me; l_ze)* (vgl. [94])

Projektion auf die Grobfunktionsmatrix$_{30}$: Das Ziel (0) sowie die Leistungen (0) mit ihren rangmäßigen (0), mengenmäßigen (0) und zeitlichen (0) Strukturen sind als Eingangsdaten gegeben. Anschließend erfolgt eine Bestimmung der Leistungen (1) und deren rang- (1) und mengenmäßigen (1) Strukturen. Daraus können die Leistungen (2) und deren mengenmäßigen (2) und zeitlichen (2) Strukturen bestimmt werden.

Abbildung A51 zeigt eine Prinzipdarstellung der projizierten Vorgehensweise.

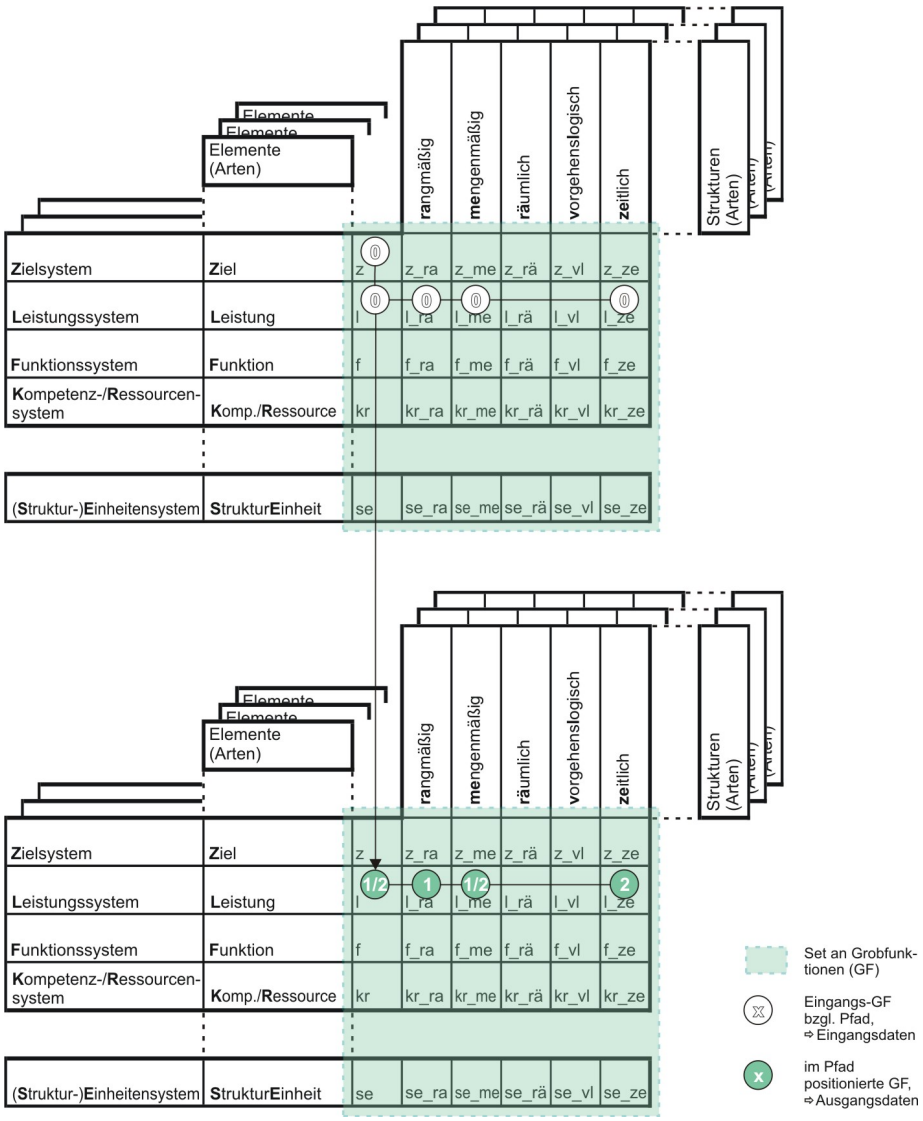


Abbildung A51: Prinzipdarstellung der Vorgehensweise der Stücklistenauflösung (nach Dispositionsstufen) als Pfad über die GFM_{30}

Diskussion der Projektion: Die Projektion der Methode ist sehr gut ausführbar. Die Vorgehensweise kann als Pfad von Grobfunktionsgruppen über die GFM_{30} dargestellt werden. Es werden zum ORa_{BV} abgeleitete Beschreibungskonstrukte (z.B. Teil, Bedarf, Erzeugnisstruktur) verwendet. Eine eindeutige Zuordnung der Beschreibungskonstrukte ist gegeben. Die Charakteristik des überschaubaren Verfahrens ist auf einem für eine Projektion sehr praktikablen Abstraktionsniveau beschrieben. Bestimmungen von Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten sind nicht Gegenstand des Verfahrens.

Der Grobablauf gestaltet sich wie folgt: Gegeben sind Ziel- und Leistungssystem. Anschließend erfolgt wiederum die Bestimmung des Leistungssystems.

A4.3 Strukturierungsoptionen

Strukturierungsoptionen können in Optionen der Neu- und Umstrukturierung untergliedert werden. Lassen sich für die Umstrukturierung konkrete Maßnahmekataloge finden, ist dies für die Neustrukturierung weniger der Fall.

A4.3.1 Optionen der Neustrukturierung

Um dennoch einige Maßnahmen angeben zu können, wird auf für die Neustrukturierung besonders relevanten übrigen strukturierungsrelevanten Content verwiesen. Das Reservoir an Optionen der Neustrukturierung rekrutiert sich demzufolge u.a. aus strukturierungsrelevanten Repräsentanten (u.a. Typenvertretern, Referenzprozessen, Grundgestalten) oder auch strukturierungsrelevanten Gestaltungs- und Vorzugslösungen.

A4.3.2 Optionen der Umstrukturierung

A4.3.2.1 Strukturverbesserung von Teileflusssystemen

Beschreibung der Strukturverbesserungsmaßnahmen: Eine Strukturverbesserung durch Strukturtyptransformation ist bei richtungsoptimierten Strukturmatrizen von TFS (3) durch Aufnahme von Blindfertigungsvorgängen[118], Splittung von Makroelementen[119] und Selektion von TFS (2)[120] zu erreichen (Abbildung A52). (vgl. [107])

Die Aufnahme von Blindfertigungsvorgängen ermöglicht die Überführung von Netz- in Linienstrukturen, aber nicht von ungerichteten in gerichtete, auf relativ einfache Weise, da nur allen Teilearten ein einheitlicher Durchlauf aufgezwungen werden muss. Das Anlaufen von Fertigungsplätzen ohne Fertigungsnotwendigkeit führt mit wachsender Intensität und Entfernung der besetzten Matrizenelemente von der Diagonale (Abbildung A52) sowie mit wachsender Fertigungszeit/Transportlos zu einer Erhöhung der Transportintensität und der Durchlaufzeit. Daraus ergibt sich die bevorzugte Anwendung dieser Methode bei Einzelteilweitergabe und Einsatz von Stetigförderern mit hohen Transportleistungen. (vgl. [107])

Die Splittung von Makroelementen spielt bei TFS (3) eine wesentlich geringere Rolle als bei TFS (4)[121]. Im Vordergrund steht das Aufbrechen zyklischer Prozessabläufe mit der Zielstellung, ungerichtete in gerichtete Strukturen zu überführen (Abbildung A52). Bei realen Fertigungsprozessmengen führt eine Splittung von Makroelementen nur selten zum Erfolg. (vgl. [107])

---

[118] Aufnahme zusätzlicher Funktionen zur Harmonisierung der Arbeitsvorgangsfolgen und Teileflüsse.
[119] Desintegration größerer Struktureinheiten in kleinere.
[120] Integration kleinerer Struktureinheiten in größere.
[121] TFS (3) sind territoriale Einheiten, die im Normalfall über ein einheitliches Transport- und Steuerungssystem verfügen. Das muss bei TFS (4) nicht zutreffen, sodass mit wesentlich längeren Transportwegen und -zeiten zu rechnen ist. Die Kooperationsbeziehungen zwischen Fertigungsgruppen innerhalb eines -abschnittes sind deshalb kostengünstiger als Kooperationsbeziehungen zwischen Fertigungsgruppen mehrerer -abschnitte zu realisieren. (vgl. [107])

Eine wesentlich höhere Anwendungswahrscheinlichkeit und -wirkung als bei der Splittung wird mit der Selektion von Elementen zu gegenstands- und teilprozess-spezialisierten Fertigungsgruppen erreicht. Damit können zwei Ziele verfolgt werden:

- Bildung von gegenstands- und teilprozessspezialisierten Fertigungsgruppen mit ungerichteten und/oder hochvernetzten Strukturen,
- Bildung von teilprozessspezialisierten Fertigungsgruppen mit gerichteten Netz- und Linienstrukturen, bei denen eine höhere Automatisierung des TUL-Prozesses als im übergeordneten TFS erreichbar ist. (vgl. [107])

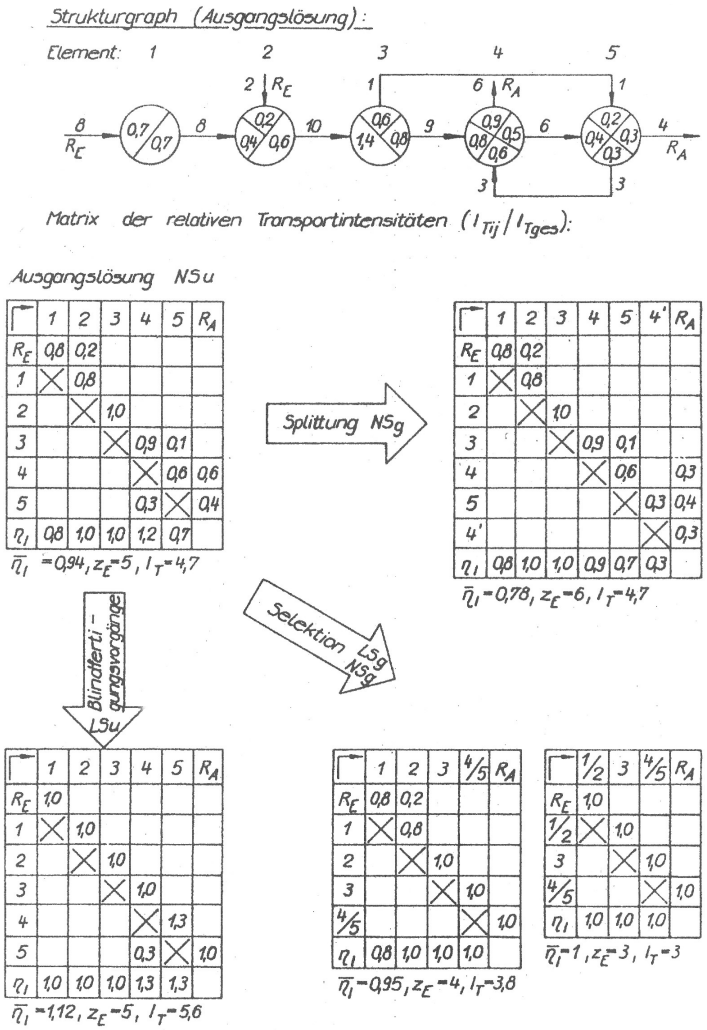


Abbildung A52: Verbesserung der Struktur von Teileflusssystemen 3. Ordnung (Beispiel) [107]

Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat sowie Diskussion:
Tabelle A30 enthält die Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vergegenständlicht und modellhaft abgebildet in den ORa_{IPSS} und der BVM_{30}.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
Aufnahme von Blind-fertigungsvorgängen	Bestimmung der Leistungen, Funktionen und Struktureinheiten sowie von mengenmäßigen[122], räumlichen, vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen des Leistungs-, Funktions- und Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Leistungen, Funktionen und Struktureinheiten sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Splittung von Makro-elementen	Bestimmung der Leistungen, Funktionen und Struktureinheiten sowie von rangmäßigen[123], mengenmäßigen, räumlichen, vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen des Leistungs-, Funktions- und Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Leistungen, Funktionen und Struktureinheiten sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Selektion von TFS	Bestimmung der Leistungen, Funktionen und Struktureinheiten sowie von rangmäßigen, mengenmäßigen, räumlichen, vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen des Leistungs-, Funktions- und Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Leistungen, Funktionen und Struktureinheiten sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)

Tabelle A30: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Strukturverbesserung von Teileflusssystemen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS

Die Strukturverbesserungsmaßnahmen differenzieren über die (Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente (Leistungen, Funktionen, Struktureinheiten) sowie über die (Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen (rangmäßige, mengenmäßige, räumliche, vorgehenslogische und zeitliche Strukturen). Die Strukturverbesserungsmaßnahmen reflektieren explizit auf drei Elementarten und alle fünf Strukturarten. Die Strukturverbesserungsmaßnahmen Splittung von Makroelementen und Selektion von TFS verkörpern entgegengerichtete Maßnahmen einbeziehend die rangmäßige Struktur des Einheitensystems.

A4.3.2.2 Strukturveränderung von Prozessen

Veränderung der Prozessstruktur

Beschreibung der Strukturverbesserungsmaßnahmen: Die Prozessstruktur kann nach verschiedenen Kriterien verändert werden. Die Beeinflussung der Prozesskette erfolgt dabei immer in folgenden Kategorien: Zusammenfassen (z.B. Komplettbearbeitung), Parallelisieren (z.B. Simultaneous Engineering), Erweitern (z.B. Insourcing), Verkürzen (z.B. Outsourcing), Eliminieren (z.B. Technologische Diskussion), Vertauschen (z.B. Ort und Zeitpunkt in der Prozesskette, ab der das Produkt kundenspezifisch gefertigt wird). (vgl. [225])

Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat sowie Diskussion:
Tabelle A31 enthält die Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vergegenständlicht und modellhaft abgebildet in den ORa_{IPSS} und der BVM_{30}.

[122] Im Sinne einer Zuordnungsstruktur zwischen den Leistungen, Funktionen und Struktureinheiten der jeweiligen Systeme (auch bei Splittung und Selektion).
[123] Betrifft ausschließlich Einheitensystem; auch bei Selektion.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
Zusammenfassen	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Parallelisieren	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Erweitern	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Einheitenstrukturen[124] der Funktions- und Einheitensysteme sowie Bestimmung der Struktureinheiten und von vorgehenslogischen und zeitlichen Einheitenstrukturen des Einheitensystems ((Neu-) Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Struktureinheiten sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Struktureinheiten und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen; aus Sicht des Betrachters werden Funktionen von fremden Struktureinheiten in eigene Struktureinheiten verlagert)
Verkürzen	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Einheitenstrukturen der Funktions- und Einheitensysteme sowie Bestimmung der Struktureinheiten und von vorgehenslogischen und zeitlichen Einheitenstrukturen des Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Struktureinheiten sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Struktureinheiten und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen; aus Sicht des Betrachters werden Funktionen von eigenen Struktureinheiten in fremde Struktureinheiten verlagert)
Eliminieren	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Vertauschen	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung des Gefüges[125] der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)

Tabelle A31: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Veränderung der Prozessstruktur auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS

Die Strukturverbesserungsmaßnahmen differenzieren über die (Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente (Funktionen, Struktureinheiten) sowie über die (Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen (mengenmäßige, vorgehenslogische und zeitliche Strukturen). Die Strukturverbesserungsmaßnahmen sind nicht vollständig. So fehlen teils die entgegengerichteten Maßnahmen (z.B. fehlt das Serialisieren als Gegenstück zum Parallelisieren).

Neustrukturierung von Abläufen

Beschreibung der Strukturverbesserungsmaßnahmen: Zur Umgestaltung von Prozessabläufen stehen die in Abbildung A53 zusammenfassend gezeigten Maßnahmen zur Verfügung. Diese betreffen Veränderungen in den Vorgangsinhalten, den Vorgangsdauern, den Vorgangsbeziehungen und den Zeitabständen zwischen den einzelnen Vorgängen. (vgl. [92])

[124] Im Sinne einer Zuordnungsstruktur zwischen den Funktionen des Funktionssystems und den Struktureinheiten des Einheitensystems.

[125] Hierbei wird die Vertauschung von mindestens zwei Funktionen angenommen.

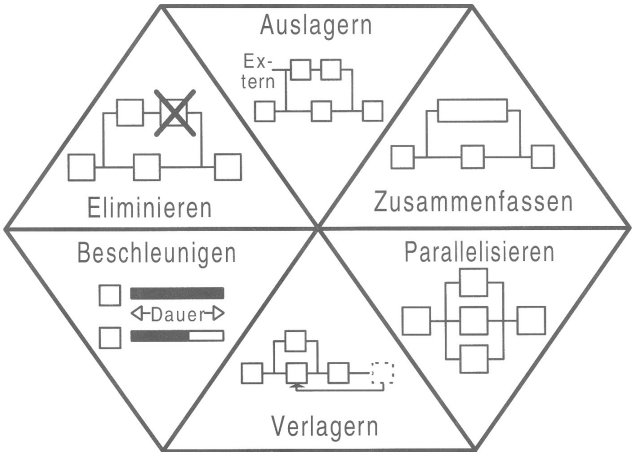


Abbildung A53: Abläufe neu strukturieren [92]

Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat sowie Diskussion:
Tabelle A32 enthält die Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vergegenständlicht und modellhaft abgebildet in den ORa_{IPSS} und der BVM_{30}.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
Eliminieren	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Auslagern	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Einheitenstrukturen der Funktions- und Einheitensysteme sowie Bestimmung der Struktureinheiten und von vorgehens-logischen und zeitlichen Einheitenstrukturen des Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Struktur-einheiten sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Struktureinheiten und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen; aus Sicht des Betrachters werden Funktionen von eigenen Struktureinheiten in Fremd-Struktureinheiten verlagert)
Zusammenfassen	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Parallelisieren	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Verlagern	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Beschleunigen	Bestimmung der Funktionen sowie der zeitlichen Funktionsstruktur des Funktions-systems ((Neu-)Bestimmung der Art der Systemartelemente Funktionen sowie des Gefüges deren Beziehungen)

Tabelle A32: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Neustrukturierung von Abläufen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS

Die Strukturverbesserungsmaßnahmen differenzieren über die (Neu-)Bestimmung der Art und Anzahl der Systemartelemente (Funktionen, Struktureinheiten) sowie

über die (Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen (mengenmäßige, vorgehenslogische und zeitliche Strukturen). Die Strukturverbesserungsmaßnahmen sind nicht vollständig. So fehlen teils die entgegengerichteten Maßnahmen (z.B. fehlt das Verlangsamen als Gegenstück zum Beschleunigen). Mit Parallelisieren und Verlagern werden spezielle und generelle Maßnahmen aufgeführt, was eine gewisse Redundanz in sich birgt.

Veränderung bzw. Anpassung von Prozessen

Beschreibung der Strukturverbesserungsmaßnahmen: Prinzipielle Maßnahmen zur Veränderung bzw. Anpassung von Prozessen, welche im Zusammenhang mit der Integration von Mehrweg-Transport-Verpackungssystemen in bestehende Logistikstrukturen stehen, enthält Tabelle A33.

Maßnahme	Beschreibung
Weglassen	auf diesen Prozess vollständig verzichten; z.B. Verzicht auf Ladeeinheitensicherung durch optimierte Stapelarretierung
Zusammenfassen	mehrere Prozesse zu einem vereinigen; z.B. Ersatz mehrstufiger, sequenzieller Kommissionierung durch Pick und Pack Strategie, d.h. gleichzeitiges Kommissionieren und Verpacken
Trennen	einen Prozess in mehrere unterteilen; z.B. Trennung von Identifizieren, Prüfen und Vereinzeln an einem Arbeitsplatz
Parallelisieren	Abläufe synchronisieren; z.B. paralleles Erstellen eines Labels zum Packvorgang
Ersetzen	veraltete, aufwändige und fehlerhafte Prozesse durch neue ersetzen; z.B. personalintensives Aufrichten von Klappbehältern durch automatisierten Prozess ersetzen
Umordnen	die logistische, zeitliche Reihenfolge ändern bzw. invertieren; z.B. Reinigung und Sortierung nach dem Lagerprozess
Anpassen	Kapazität und Flexibilität steigern; z.B. Mehrzwecknutzung von Behältern nicht nur in einer Branche
Erweitern	weitere Leistungen (Insourcing) übernehmen; z.B. Lagern, Reinigen und Reparieren an einem Standort
Verkürzen	logistische Leistungen outsourcen; z.B. beschränken auf das Verpacken ohne weitere eigene Logistikprozesse

Tabelle A33: Prinzipielle Maßnahmen zur Veränderung bzw. Anpassung von Prozessen (vgl. [228], [274])

Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat sowie Diskussion:

Tabelle A34 enthält die Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vergegenständlicht und modellhaft abgebildet in den ORa_{IPSS} und der BVM_{30}.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
Weglassen	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Zusammenfassen	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
Trennen	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Parallelisieren	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Ersetzen	Bestimmung der Funktionen des Funktionssystems[126] ((Neu-)Bestimmung der Art der Systemartelemente Funktionen)
Umordnen	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Anpassen	Bestimmung der Funktionen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung der Art der Systemartelemente Funktionen)
Erweitern	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Einheitenstrukturen der Funktions- und Einheitensysteme sowie Bestimmung der Struktureinheiten und von vorgehens-logischen und zeitlichen Einheitenstrukturen des Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Struktur-einheiten sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Struktureinheiten und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen; aus Sicht des Betrachters werden Funktionen von fremden Struktureinheiten in eigene Struktureinheiten verlagert)
Verkürzen	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Einheitenstrukturen der Funktions- und Einheitensysteme sowie Bestimmung der Struktureinheiten und von vorgehens-logischen und zeitlichen Einheitenstrukturen des Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Struktur-einheiten sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Struktureinheiten und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen; aus Sicht des Betrachters werden Funktionen von eigenen Struktureinheiten in fremde Struktureinheiten verlagert)

Tabelle A34: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Veränderung bzw. Anpassung von Prozessen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS

Die Strukturverbesserungsmaßnahmen differenzieren über die (Neu-)Bestimmung der Art und Anzahl der Systemartelemente (Funktionen, Struktureinheiten) sowie über die (Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen (mengenmäßige, vorgehenslogische und zeitliche Strukturen). Die Strukturverbesserungsmaßnahmen sind nicht vollständig. So fehlen teils die entgegengerichteten Maßnahmen (z.B. fehlt das Hinzufügen als Gegenstück zum Weglassen). Mit Parallelisieren und Umordnen werden spezielle und generelle Maßnahmen aufgeführt, was eine gewisse Redundanz in sich birgt.

Strukturveränderung auf Prozessebene

Beschreibung der Strukturverbesserungsmaßnahmen: Jeder Anpassungsbedarf innerhalb der Produktion als Reaktion auf veränderte Zielvorgaben lässt sich mit Hilfe einer endlichen Menge an Strukturmaßnahmen (Abbildung A54) auf der Prozessebene umsetzen [96].

[126] Wie auch bei Anpassen keine (Neu-)Bestimmung der Strukturen des Funktionssystems.

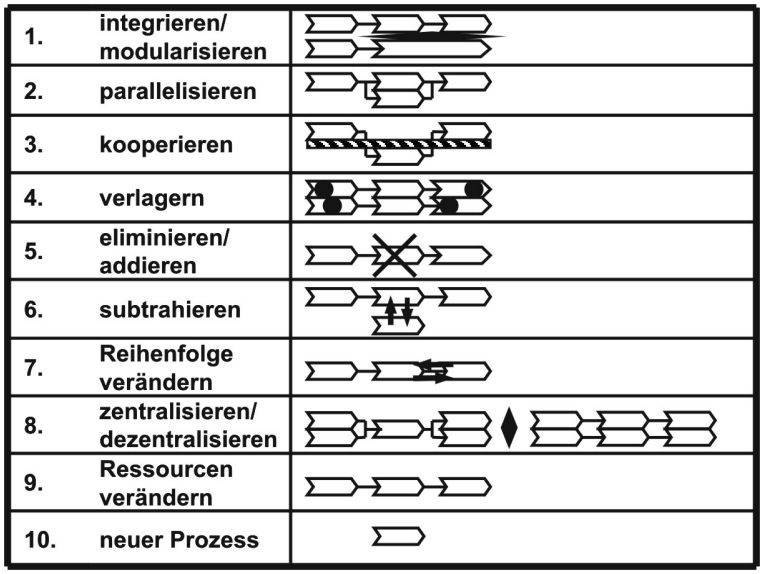


Abbildung A54: Vorgehensweise zur Definition der Mindestanforderungen an Ressourcen [56]

Die Umsetzung dieser Maßnahmen wie z.B. die Zusammenlegung zweier Prozesse wird dabei vorwiegend durch das Potenzial auf Ressourcen- und Organisationsebene limitiert. Ist ein Produktionssystem in der Lage, jede dieser Strukturmaßnahmen schnell und kosteneffizient umzusetzen, so ist es in höchstem Maße wandlungsfähig. Veränderungen auf der Prozessebene bleiben nicht ohne Auswirkungen auf die über- bzw. untergeordneten Ebenen (Abbildung A55). [56]

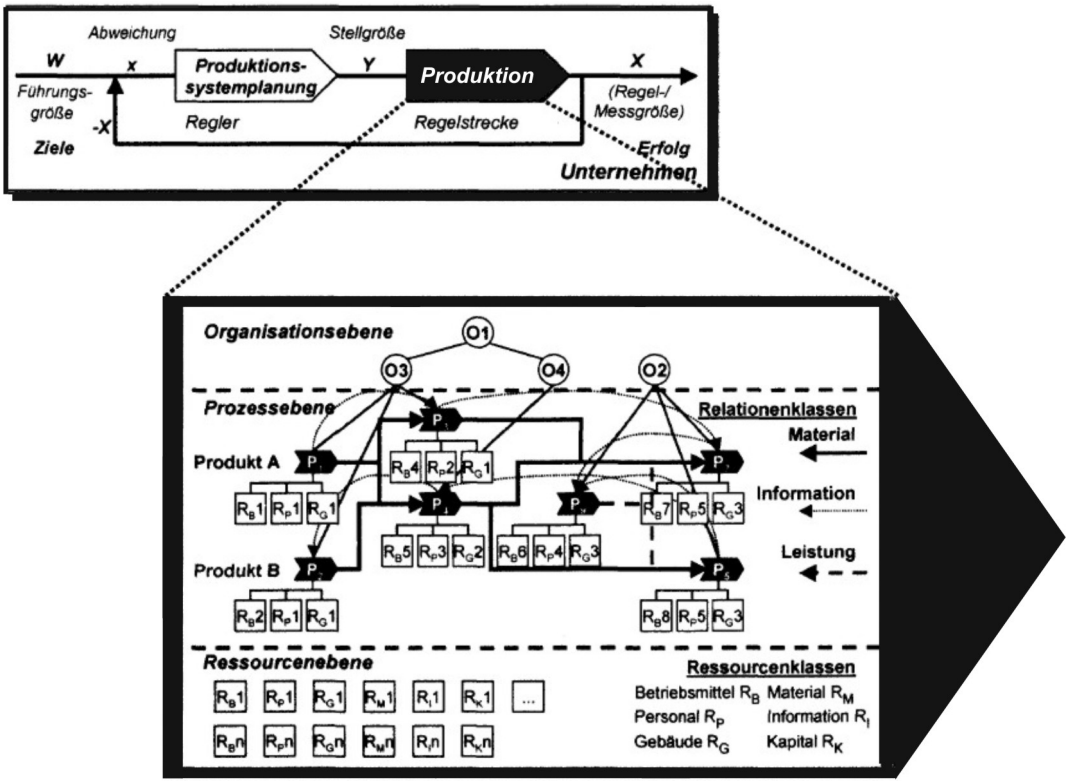


Abbildung A55: Regelkreis und Abbildung der Produktion [56]

Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat sowie Diskussion:
Tabelle A35 enthält die Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vergegenständlicht und modellhaft abgebildet in den ORa_{IPSS} und der BVM_{30}.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
Integrieren/ Modularisieren	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Parallelisieren	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Kooperieren	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Einheitenstrukturen der Funktions- und Einheitensysteme sowie Bestimmung der Struktureinheiten und von vorgehenslogischen und zeitlichen Einheitenstrukturen des Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Struktureinheiten sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Struktureinheiten und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen; aus Sicht des Betrachters werden Funktionen von eigenen Struktureinheiten in fremde Struktureinheiten verlagert)
Verlagern	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Kompetenz-/Ressourcenstrukturen der Funktions- und Kompetenz-/Ressourcensysteme sowie Bestimmung der Kompetenzen/Ressourcen und von vorgehenslogischen und zeitlichen Kompetenz-/Ressourcenstrukturen des Kompetenz-/Ressourcensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Kompetenzen/Ressourcen sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Kompetenzen/Ressourcen und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Eliminieren/ Addieren	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Substituieren	Bestimmung der Funktionen des Funktionssystems[127] ((Neu-)Bestimmung der Art der Systemartelemente Funktionen)
Reihenfolge verändern	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Zentralisieren/ Dezentralisieren	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Ressourcen verändern	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Kompetenz-/Ressourcenstrukturen der Funktions- und Kompetenz-/Ressourcensysteme sowie Bestimmung der Kompetenzen/Ressourcen und von räumlichen, vorgehenslogischen und zeitlichen Kompetenz-/Ressourcenstrukturen des Kompetenz-/Ressourcensystems ((Neu-) Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Kompetenzen/Ressourcen sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Kompetenzen/Ressourcen und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)

[127] Keine Bestimmung der Anzahl der Funktionen; keine Bestimmung der Strukturen.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
neuer Prozess	Bestimmung des Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems ((Neu-) Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen, Kompetenzen/ Ressourcen, Struktureinheiten sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)

Tabelle A35: Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen Strukturveränderung auf Prozessebene auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS

Die Strukturverbesserungsmaßnahmen differenzieren über die (Neu-)Bestimmung der Art und Anzahl der Systemartelemente (Funktionen, Kompetenzen/Ressourcen, Struktureinheiten) sowie über die (Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen (rangmäßige, mengenmäßige, räumliche, vorgehenslogische und zeitliche Strukturen). Die Strukturverbesserungsmaßnahmen sind nicht vollständig. So fehlen teils die entgegengerichteten Maßnahmen (z.B. fehlt das Serialisieren als Gegenstück zum Parallelisieren). Mit Parallelisieren und Reihenfolge verändern werden spezielle und generelle Maßnahmen aufgeführt, was eine gewisse Redundanz in sich birgt.

Strukturveränderung von Prozessen – Sammlung

Beschreibung der Maßnahmensammlung: Für die Veränderung von Prozessen in ihrer Struktur gibt es – als Sammlung benannter Maßnahmen – nach Abbildung A56 folgende Optionen (falls existierend mit jeweiligen Gegenmaßnahmen).

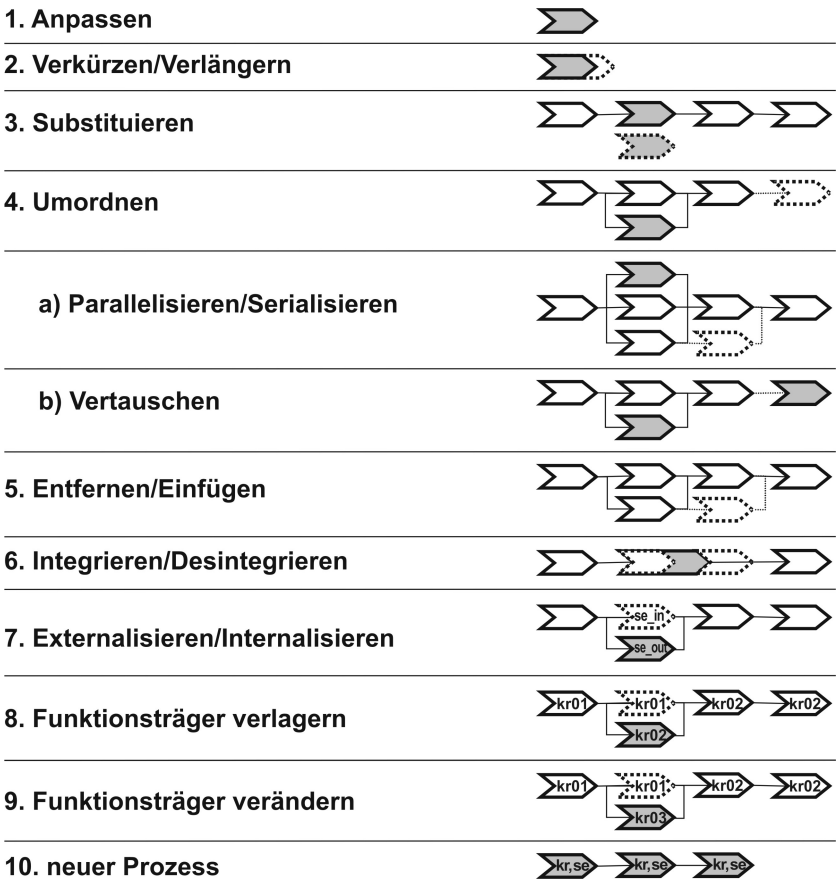


Abbildung A56: Strukturveränderung von Prozessen – Sammlung

Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat sowie Diskussion:
Tabelle A36 enthält die Projektion der Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS, vergegenständlicht und modellhaft abgebildet in den ORa_{IPSS} und der BVM_{30}.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
Anpassen	Bestimmung der Funktionen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung der Art der Systemartelemente Funktionen)
Verkürzen/Verlängern	Bestimmung der Funktionen sowie der zeitlichen Funktionsstruktur des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung der Art der Systemartelemente Funktionen sowie des Gefüges deren Beziehungen)
Substituieren	Bestimmung der Funktionen des Funktionssystems[128] ((Neu-)Bestimmung der Art der Systemartelemente Funktionen)
Umordnen	Bestimmung von vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art, Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Systemartelementen Funktionen)
Entfernen/Einfügen	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Integrieren/ Desintegrieren	Bestimmung der Funktionen sowie von mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Funktionsstrukturen des Funktionssystems ((Neu-)Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Internalisieren/ Externalisieren	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Einheitenstrukturen der Funktions- und Einheitensysteme sowie Bestimmung der Struktureinheiten und von vorgehenslogischen und zeitlichen Einheitenstrukturen des Einheitensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Struktureinheiten sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Struktureinheiten und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Funktionsträger verlagern	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Kompetenz-/Ressourcenstrukturen der Funktions- und Kompetenz-/Ressourcensysteme sowie Bestimmung der Kompetenzen/Ressourcen und von vorgehenslogischen und zeitlichen Kompetenz-/Ressourcenstrukturen des Kompetenz-/Ressourcensystems ((Neu-)Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Kompetenzen/Ressourcen sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Kompetenzen/Ressourcen und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)
Funktionsträger verändern	Bestimmung der mengenmäßigen Funktions- und Kompetenz-/Ressourcenstrukturen der Funktions- und Kompetenz-/Ressourcensysteme sowie Bestimmung der Kompetenzen/Ressourcen und von räumlichen, vorgehenslogischen und zeitlichen Kompetenz-/Ressourcenstrukturen des Kompetenz-/Ressourcensystems ((Neu-) Bestimmung von Anzahl und Gefüge der Beziehungen zwischen den Funktionen und Kompetenzen/Ressourcen sowie (Neu-)Bestimmung der Systemartelemente Kompetenzen/Ressourcen und von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)

[128] Keine Bestimmung der Anzahl der Funktionen; keine Bestimmung der Strukturen.

Maßnahme	Projektion auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS
neuer Prozess	Bestimmung des Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensystems ((Neu-) Bestimmung von Art und Anzahl der Systemartelemente Funktionen, Kompetenzen/ Ressourcen, Struktureinheiten sowie von Art, Anzahl und Gefüge deren Beziehungen)

Tabelle A36: Projektion der Sammlung an Strukturverbesserungsmaßnahmen auf den Beschreibungsrahmen und -vorrat der IPSS

Die meisten Strukturverbesserungsmaßnahmen fokussieren auf eine Veränderung der Funktionen sowie auf eine Veränderung der mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen des Funktionssystems. Hiermit verbundene Veränderungen der Kompetenzen/Ressourcen und Struktureinheiten sowie Veränderungen deren mengenmäßigen, vorgehenslogischen und zeitlichen Strukturen werden ebenso deklariert. Rangmäßige und räumliche Strukturanpassungen werden bei entsprechender Interpretation[129] marginal als Veränderungsoptionen wahrgenommen.

Mit einer reinen Betrachtung der Grundsysteme können alle Strukturverbesserungsmaßnahmen nicht erklärt werden. Die zusätzliche Betrachtung von (Struktur-) Einheitensystemen ist auch deshalb unumgänglich.

[129] So ist die Auffassung, dass durch die Maßnahme neuer Prozess die Funktions-, Kompetenz-/Ressourcen- und Einheitensysteme komplett neu bestimmt werden, stark interpretationsabhängig.

A5 STRUKTURIERUNGSBIBLIOTHEK – REALISIERUNG

Die Strukturierungsbibliothek ist in ARIS prototypisch umgesetzt.

A5.1 Aufbau und Handhabung in ARIS

Der umfängliche strukturierungsrelevante Content wird jeweils über adäquate Objekt-, Modell- und Diagrammtypen repräsentiert. Zentrale Objekte sind neben Casual Object Ziel, Leistung, Funktion, Personentyp, Stelle, Anwendungssystemtyp, Betriebsmitteltyp und Organisationseinheitstyp. Zentrale Modell- und Diagrammtypen sind neben Gliederungsmodell Zieldiagramm, Funktionsbaum, Funktionszuordnungsdiagramm, eEPK, Prozessauswahlmatrix, Wertschöpfungskettendiagramm, Anwendungssystemdiagramm und Organigramm (Abbildung A57).

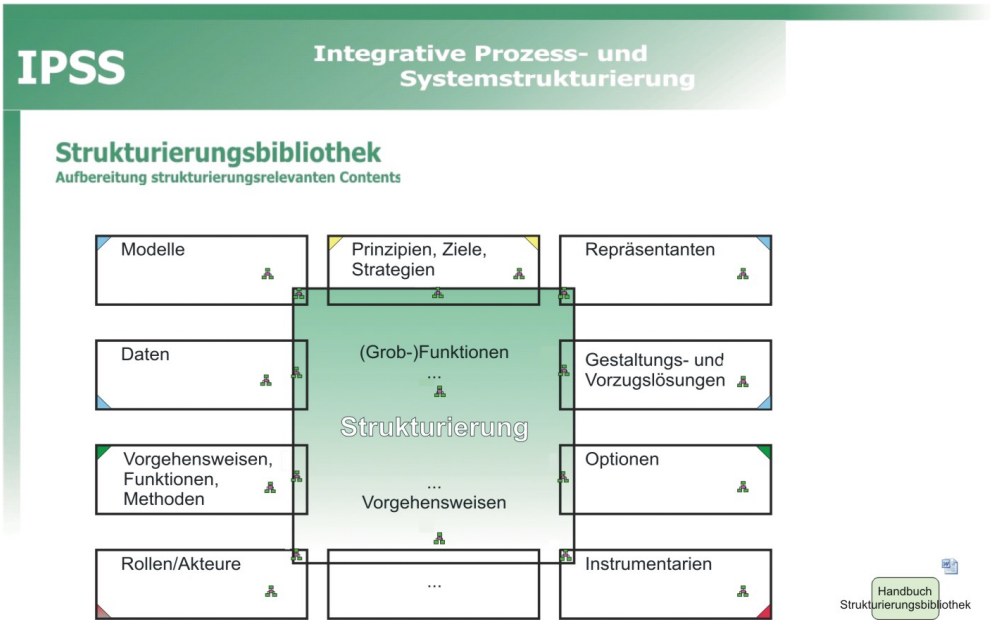


Abbildung A57: Strukturierungsbibliothek (Portal)

Zur Überblicksvermittlung, Ordnung, Kommunikation und Navigation werden Ordnungsrahmen eingesetzt. So ist das Portal der Strukturierungsbibliothek als ein solcher aufgebaut (Abbildung A57). Ausgehend vom Portal kann zu den peripheren Komponenten und Kernkomponenten sowie einem Übergangsbereich, welcher Peripherie und Kern bidirektional miteinander verbindet, navigiert werden. Hier finden sich weitere Ordnungsrahmen, die tieferen Zugang zum jeweiligen Content bestehend aus hinterlegten Objekten, Modellen und Diagrammen bieten. Objektverlinkungen führen zu über den jeweiligen strukturierungsrelevanten Content informierenden Dokumenten oder zu strukturierungsunterstützenden Anwendungssystemen.

Der Umgang mit der Strukturierungsbibliothek ist im Handbuch dokumentiert (Abbildung A57). Es werden nicht nur die Inhalte der Bibliothek beschrieben, sondern

auch das Vorgehen beim Aufbau von neuem bzw. beim Abruf von bereits erfasstem strukturierungsrelevanten Content sowie die anzuwendenden Objekt-, Modell- und Diagrammtypen.

Im Folgenden sind ausgewählte Komponenten der Strukturierungsbibliothek mit Diagrammen und Modellen (Abbildung A58-Abbildung A103) dargestellt (zur Semantik und Syntaktik der ARIS-Modellierungsmethode vgl. [171], [310], siehe auch Abbildung 15).

A5.2 Ausgewählte Komponenten

A5.2.1 Kern und Kern ⇨ Peripherie

(Grob-)Funktionen

Abbildung A58: Strukturierungsrelevante Grobfunktionen

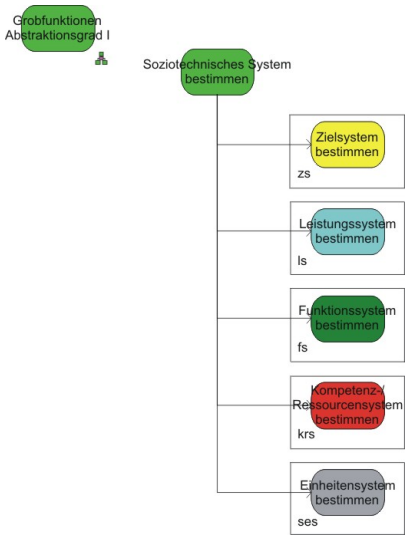


Abbildung A59: Grobfunktionen Abstraktionsgrad I

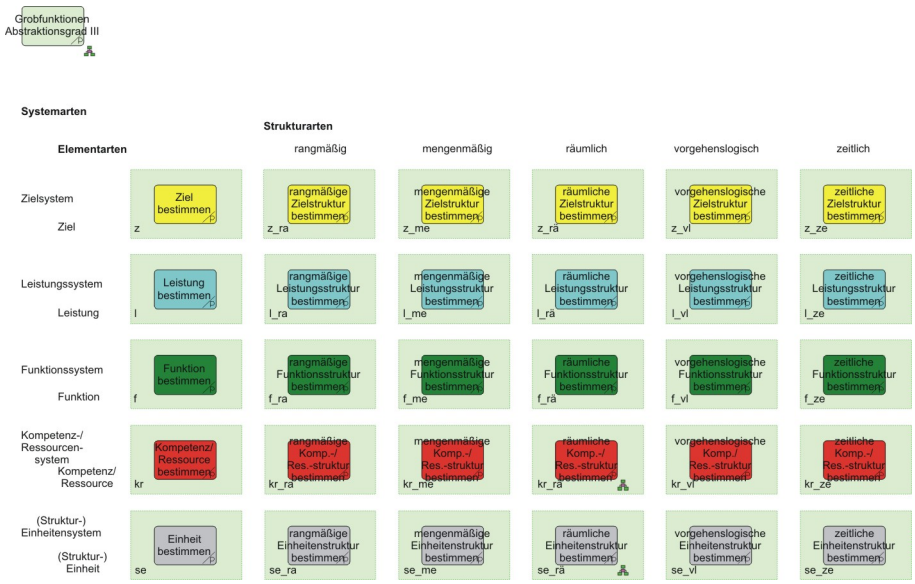


Abbildung A60: Grobfunktionen Abstraktionsgrad III – GFM_{30}

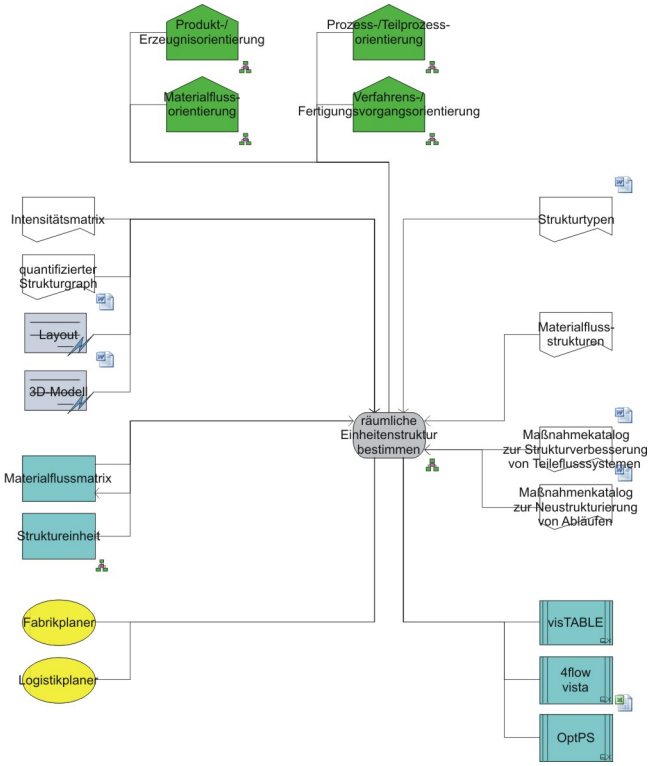


Abbildung A61: Ausgestaltete Grobfunktion räumliche Einheitenstruktur bestimmen der GFM_{30}/des Abstraktionsgrades III

Abbildung A62: Grobfunktionen Abstraktionsgrad VI

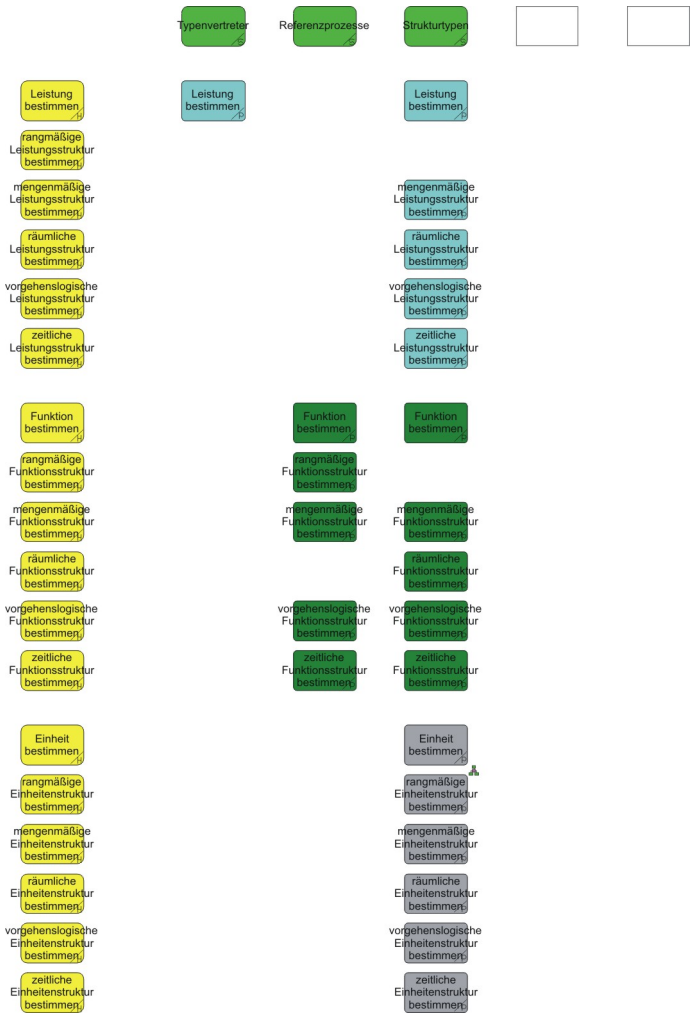


Abbildung A63: Übergang Kern ⇨ Peripherie am Beispiel Grobfunktionen ⇨ Repräsentanten[130]

[130] Unbenannte weiß dargestellte Modellobjekte symbolisieren auch im Weiteren optionale Erweiterungen.

Grobfunktions-Vorgehensweisen

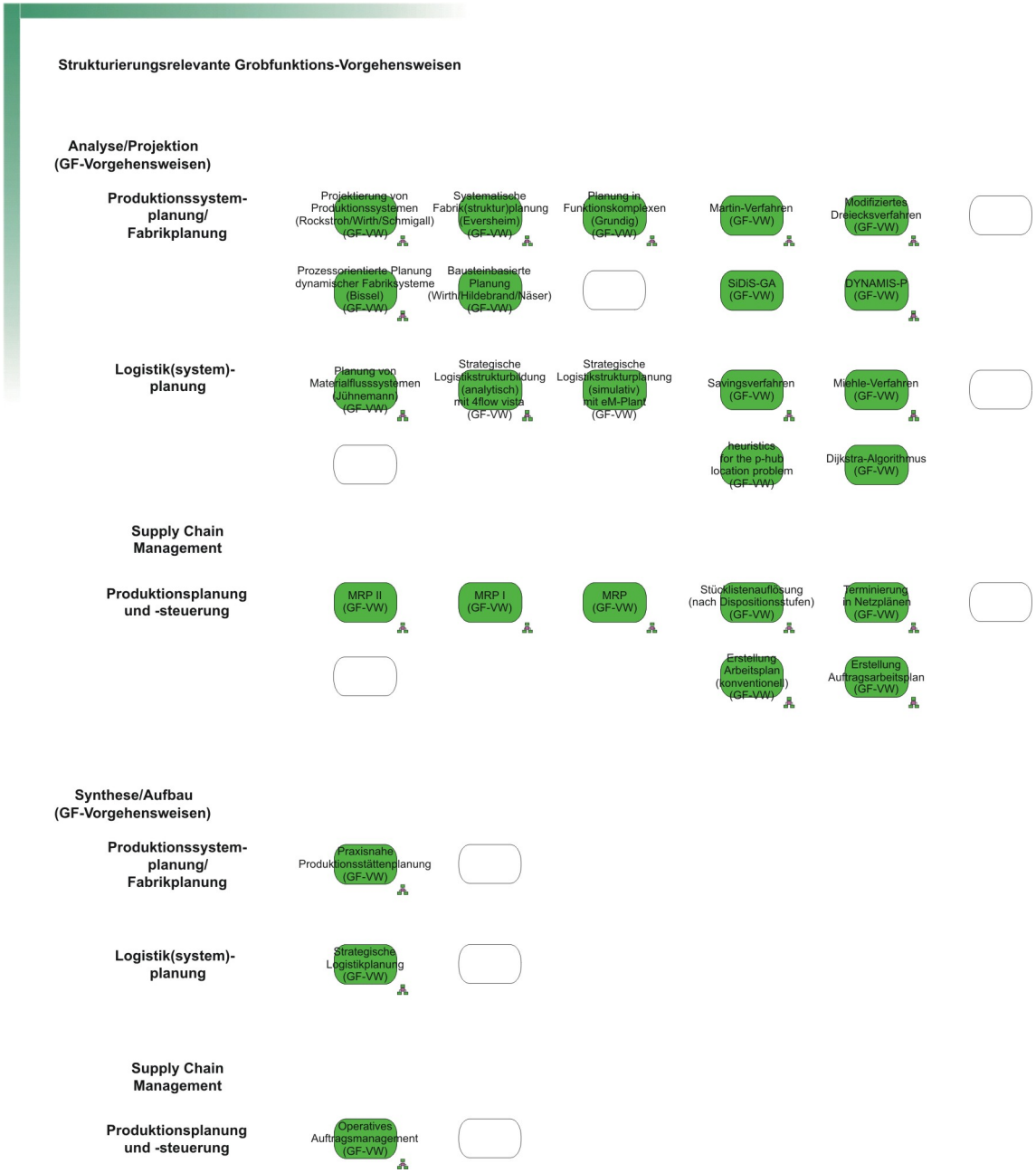


Abbildung A64: Strukturierungsrelevante Grobfunktions-Vorgehensweisen

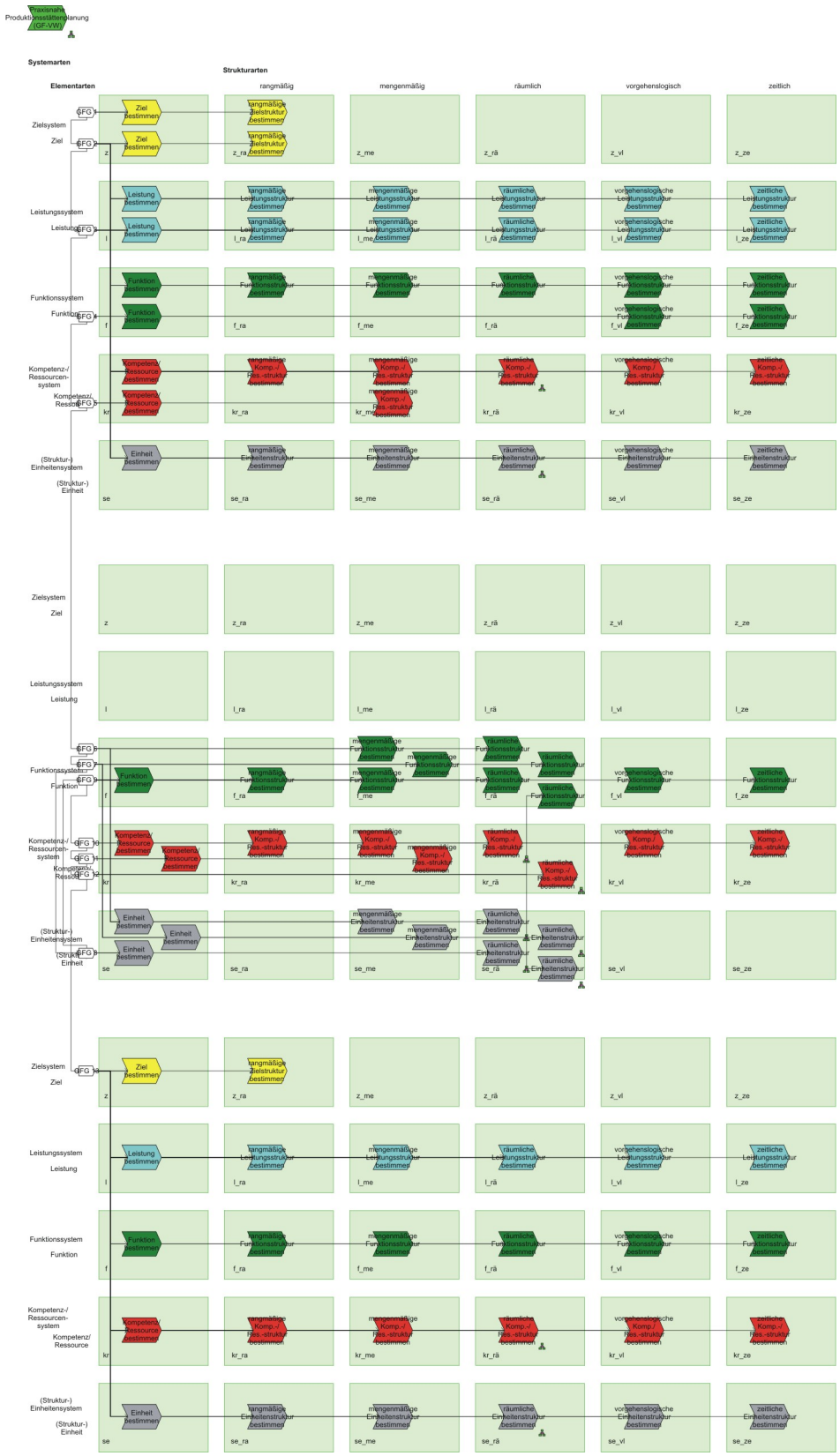


Abbildung A65: Vorgehensweise der Praxisnahen Produktionsstättenplanung aufgebaut als Pfad über die GFM_{30}

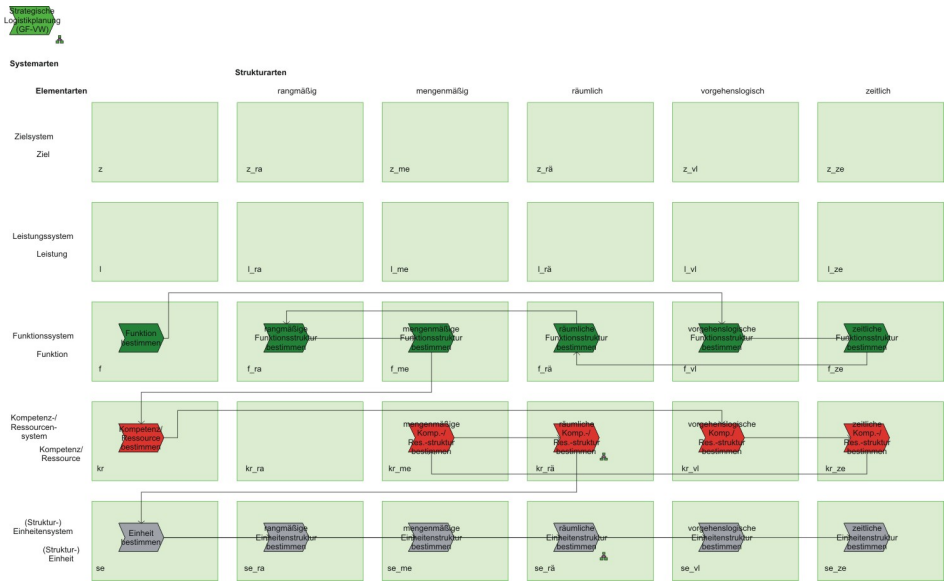


Abbildung A66: Vorgehensweise der Strategischen Logistikplanung aufgebaut als Pfad über die GFM_{30}

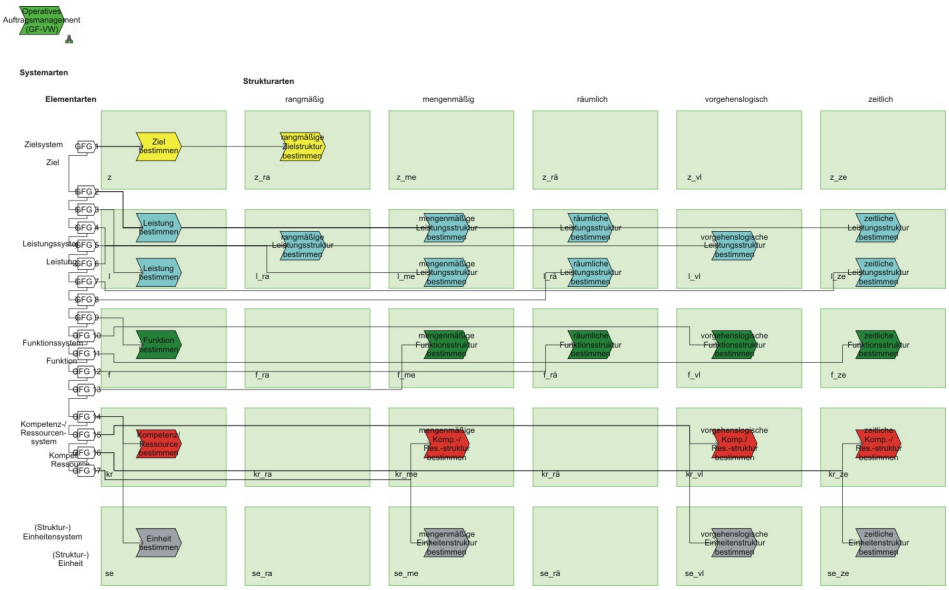


Abbildung A67: Vorgehensweise des Operativen Auftragsmanagements aufgebaut als Pfad über die GFM_{30}

A5.2.2 Peripherie und Peripherie ⇨ Kern

Strukturierungsprinzipien

Abbildung A68: Strukturierungsprinzipien

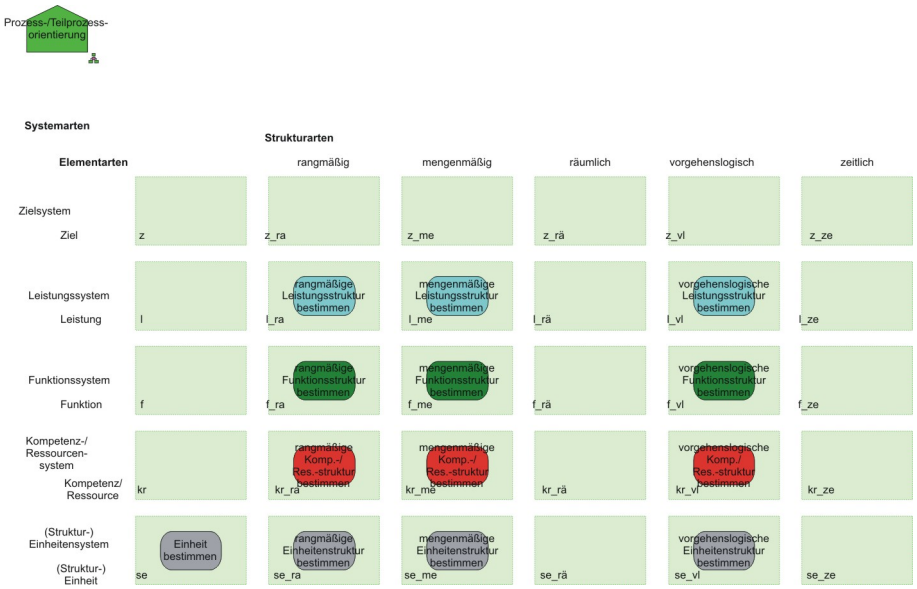


Abbildung A69: Strukturierungsprinzip Prozess-/Teilprozessorientierung projiziert auf die GFM_{30}

Strukturierungsrelevante Modelle

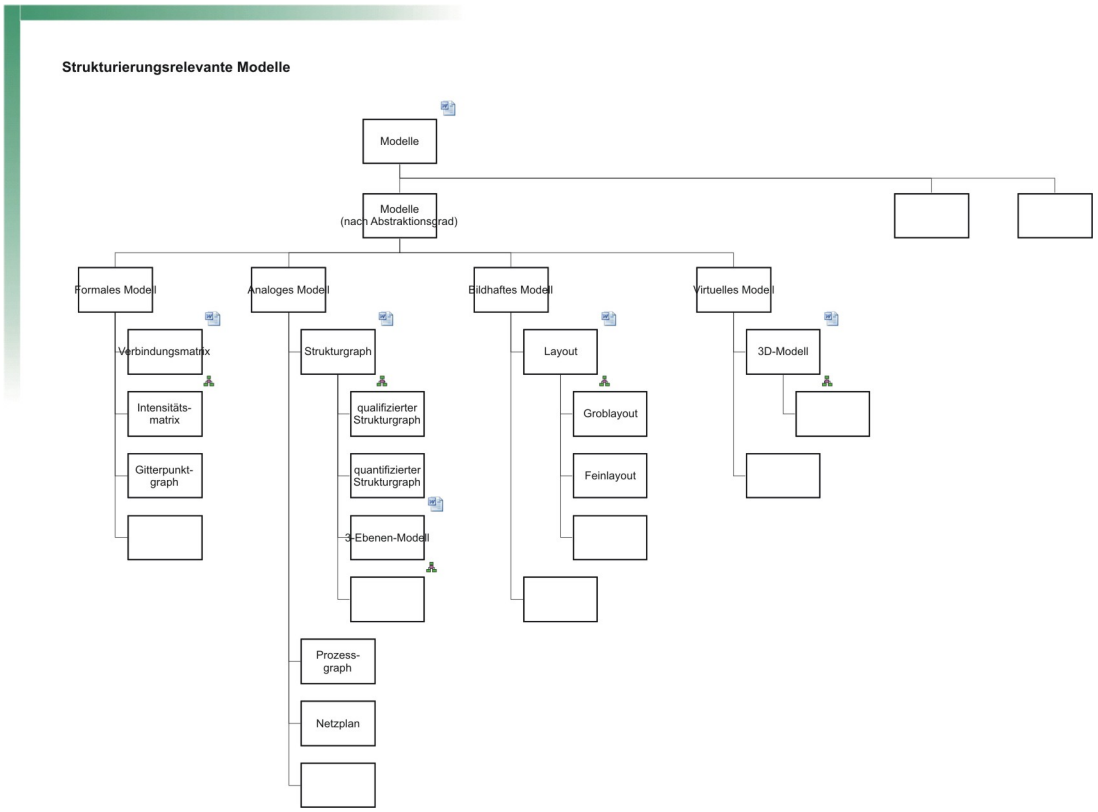


Abbildung A70: Strukturierungsrelevante Modelle

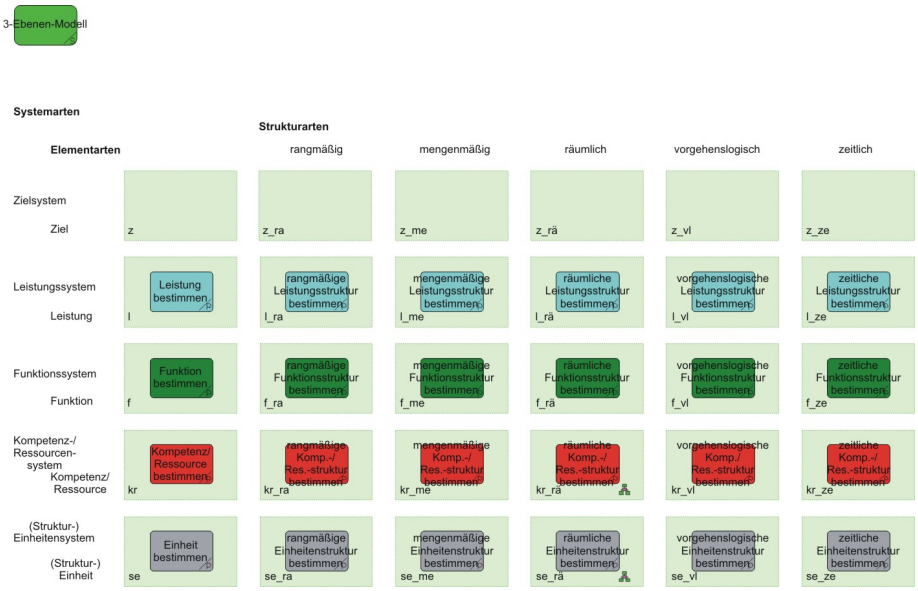


Abbildung A71: Strukturierungsrelevantes Modell 3-Ebenen-Modell projiziert auf die GFM_{30}

Strukturierungsrelevante Repräsentanten

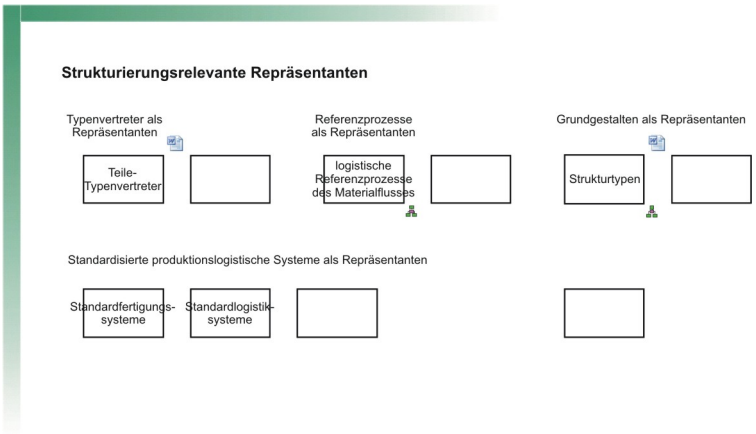


Abbildung A72: Strukturierungsrelevante Repräsentanten

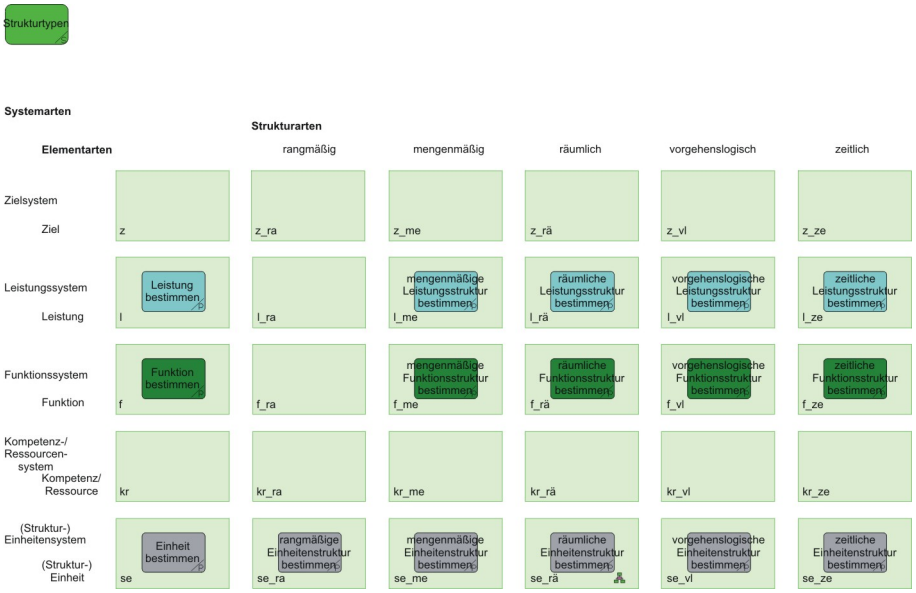


Abbildung A73: Strukturierungsrelevanter Repräsentant Strukturtypen projiziert auf die GFM_{30}

Strukturierungsrelevante Daten

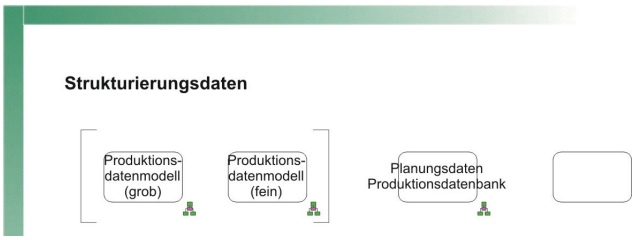


Abbildung A74: Strukturierungsrelevante Datenmodelle und Daten

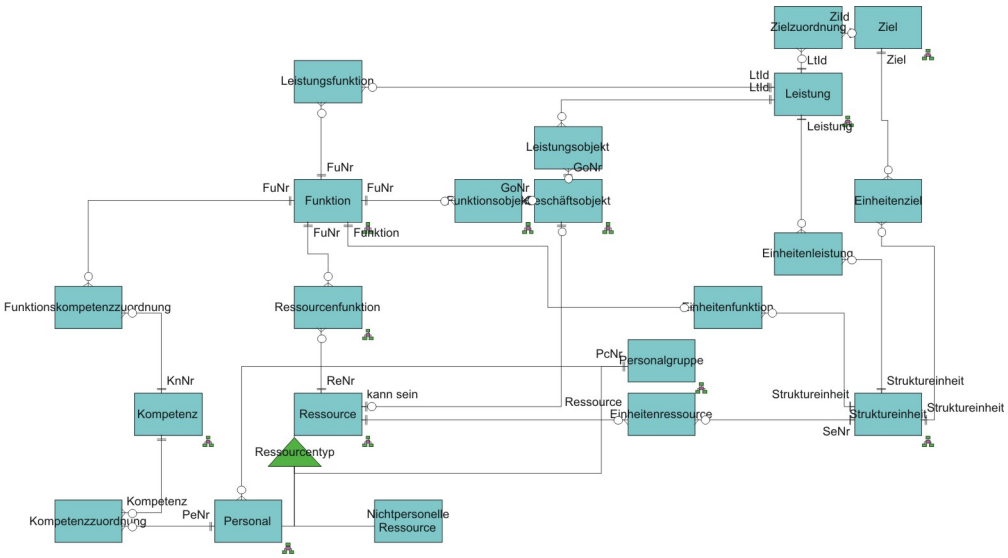


Abbildung A75: Strukturierungsrelevantes Datenmodell – Produktionsdatenmodell (grob)

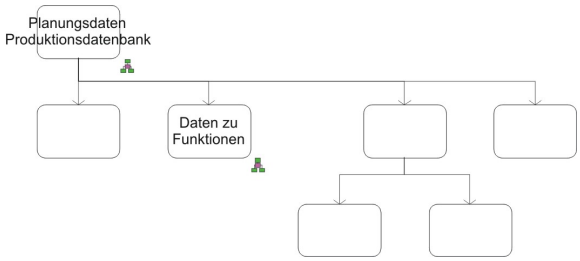


Abbildung A76: Strukturierungsrelevante Daten

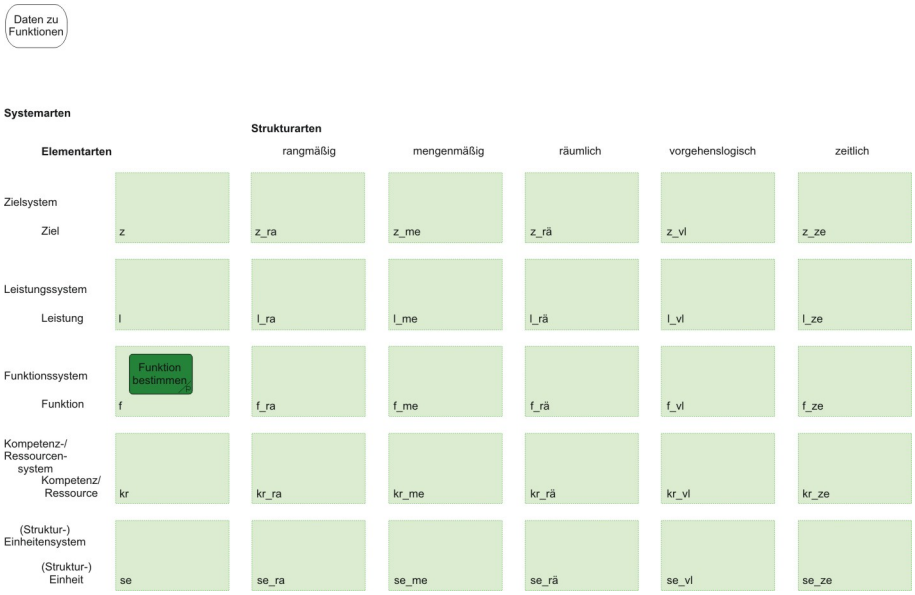


Abbildung A77: Strukturierungsrelevante Daten zu Funktionen projiziert auf die GFM_{30}

Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösungen

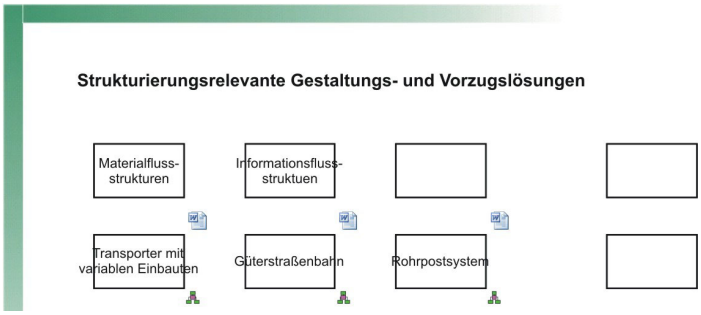


Abbildung A78: Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösungen

Abbildung A79: Strukturierungsrelevante Gestaltungs- und Vorzugslösung Güterstraßenbahn projizierte auf die GFM_{30}

Strukturierungsvorgehensweisen, -funktionen und -methoden

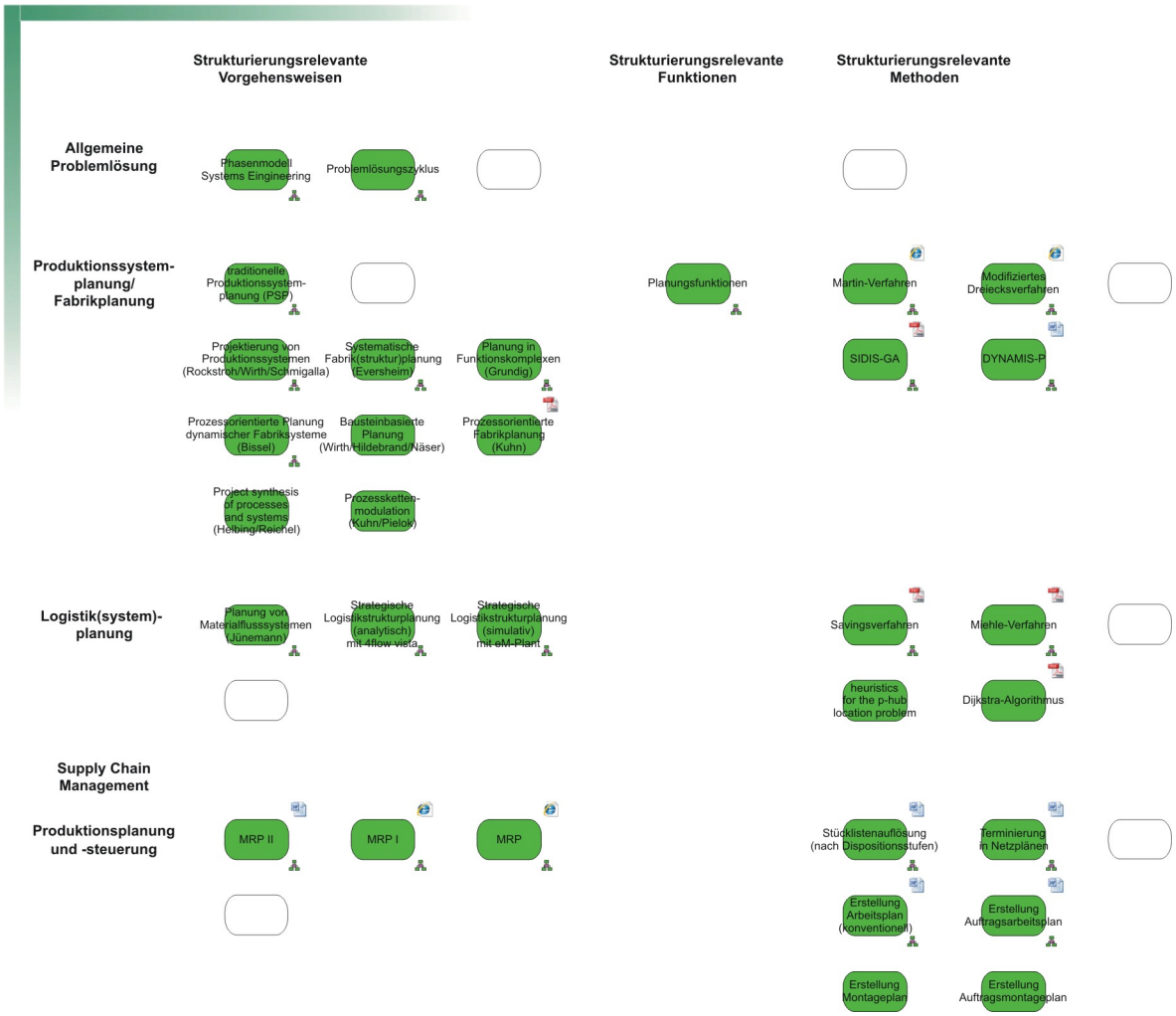


Abbildung A80: Strukturierungsrelevante Vorgehensweisen, -funktionen und -methoden

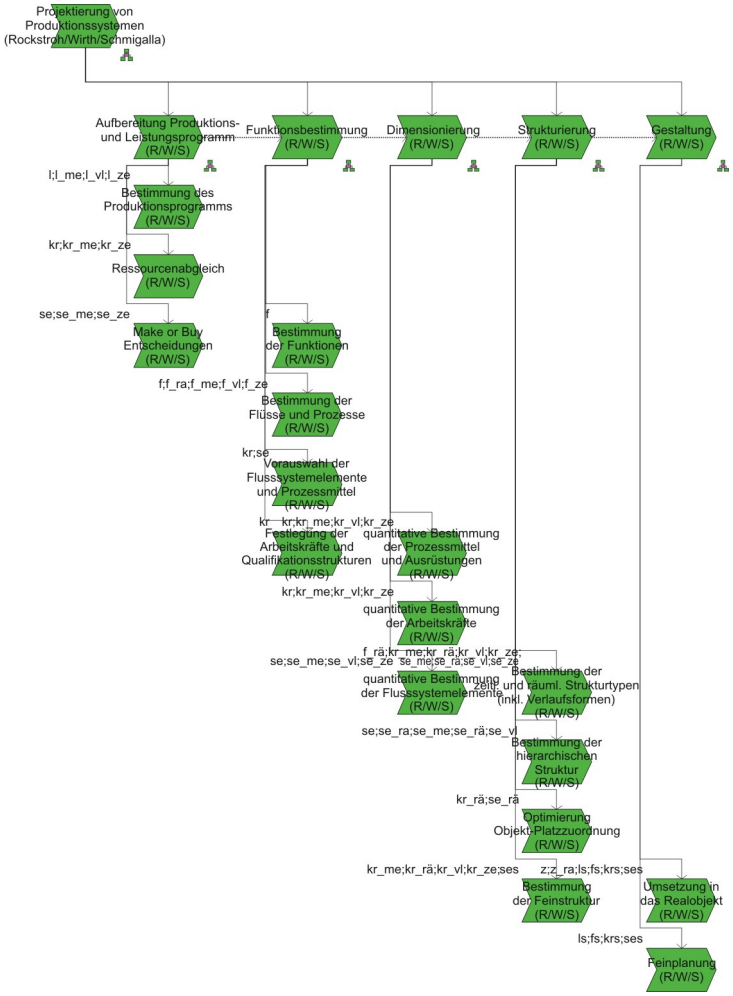


Abbildung A81: Vorgehensweise der Projektierung von Produktionssystemen (Original)

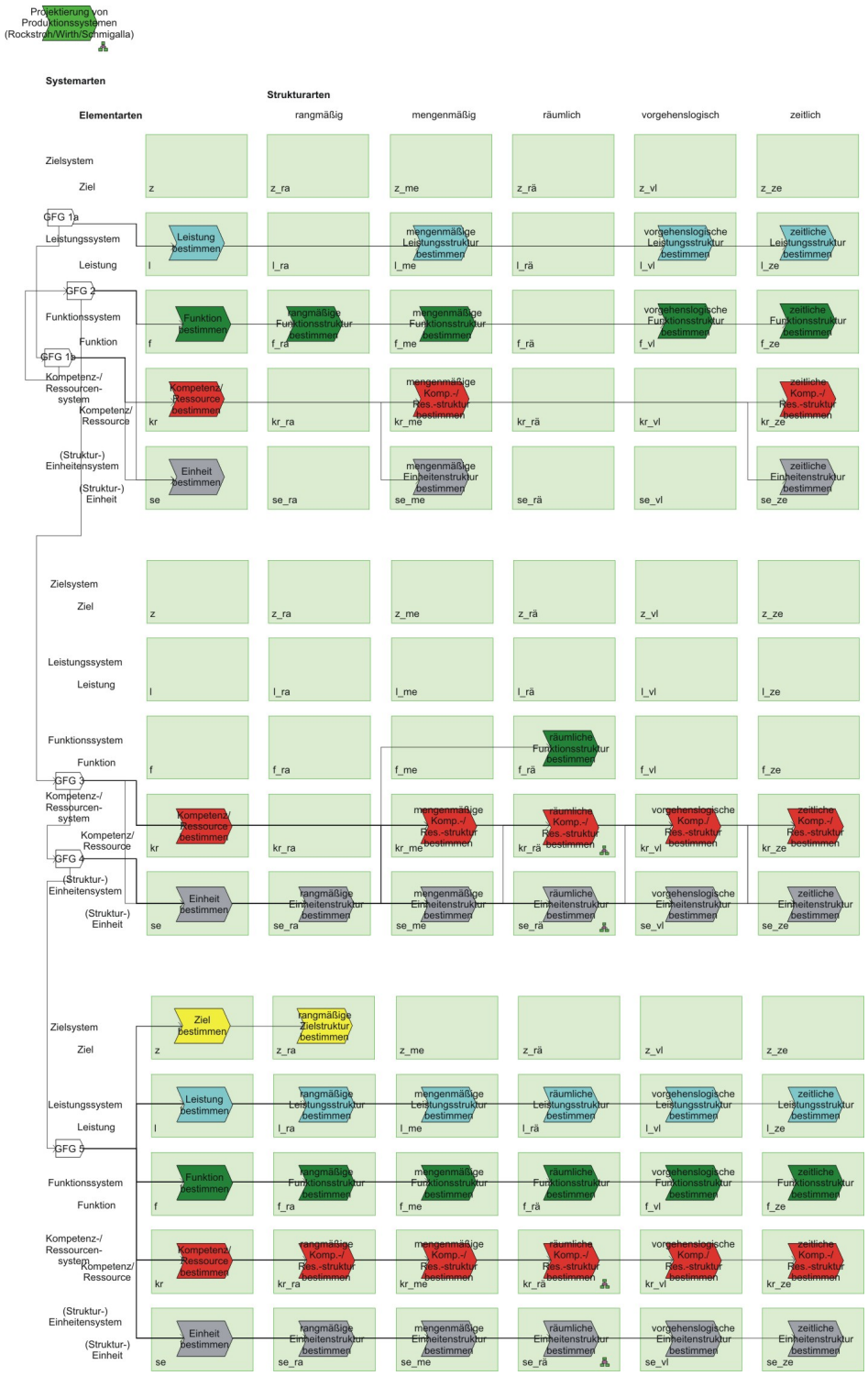


Abbildung A82: Vorgehensweise der Projektierung von Produktionssystemen projiziert als Pfad über die GFM_{30}

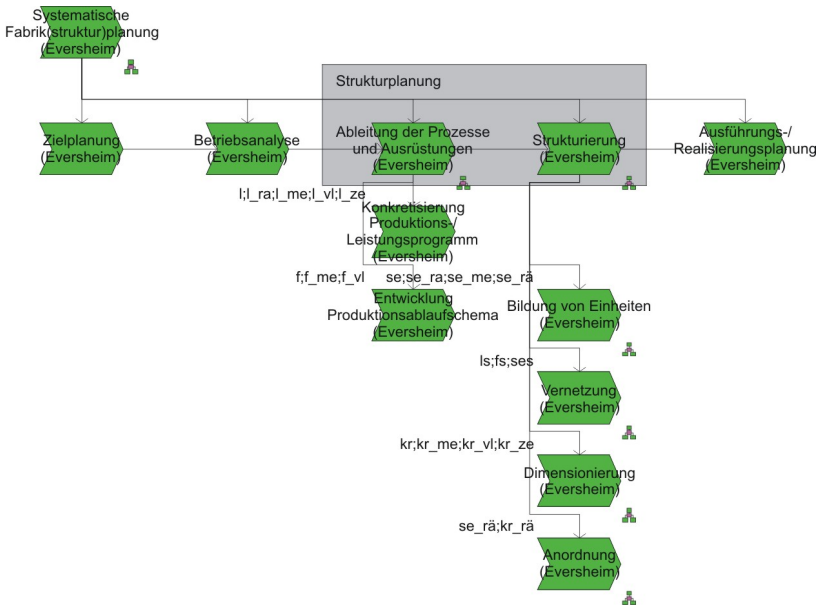


Abbildung A83: Vorgehensweise der Systematischen Fabrik(struktur)planung (Original)

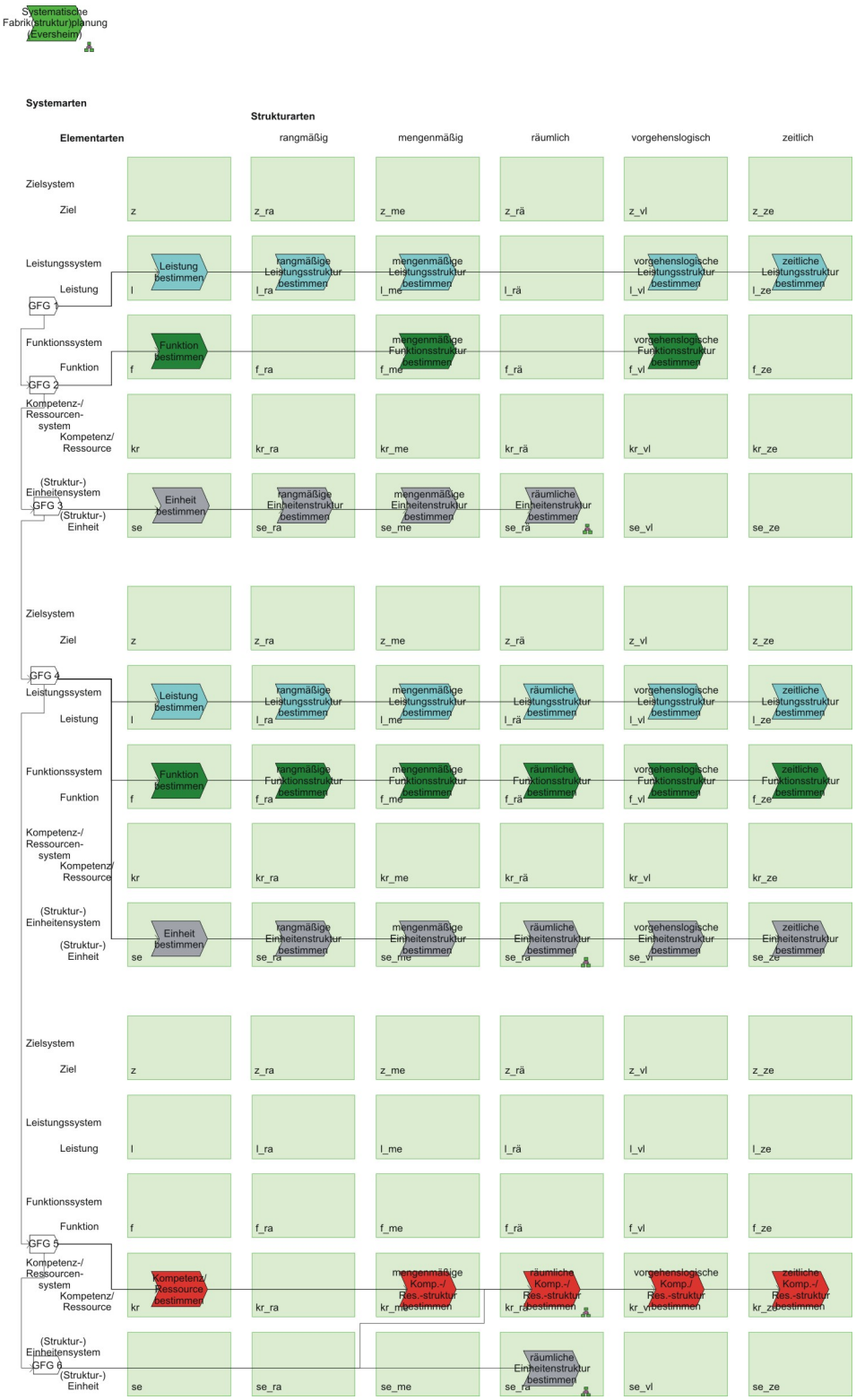


Abbildung A84: Vorgehensweise der Systematischen Fabrik(struktur)planung projiziert als Pfad über die GFM_{30}

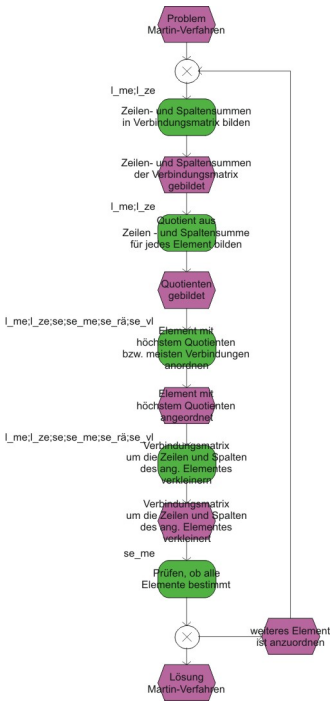


Abbildung A85: Martin-Verfahren (Original)

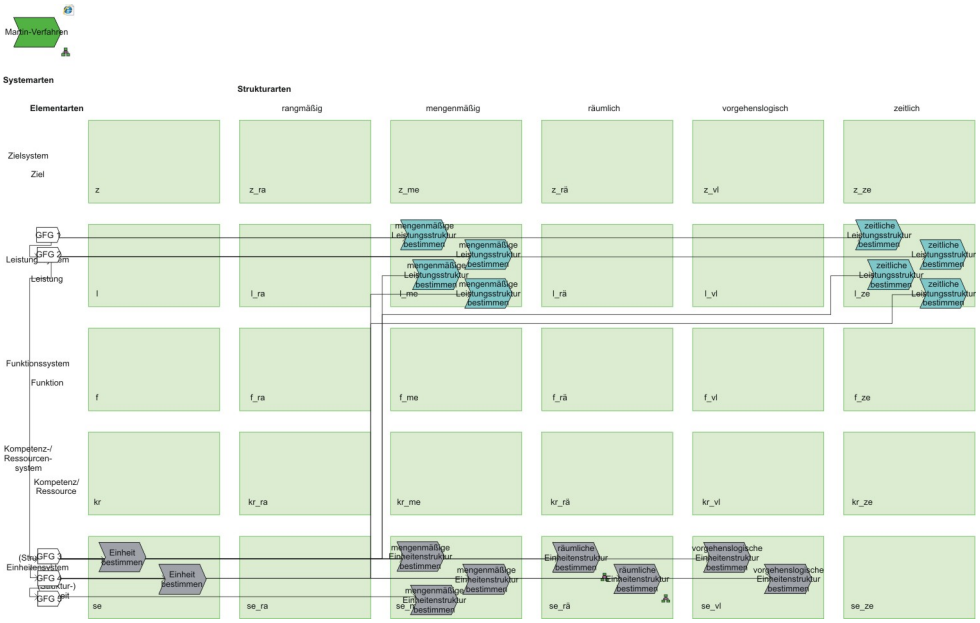


Abbildung A86: Martin-Verfahren projiziert als Pfad über die GFM_{30}

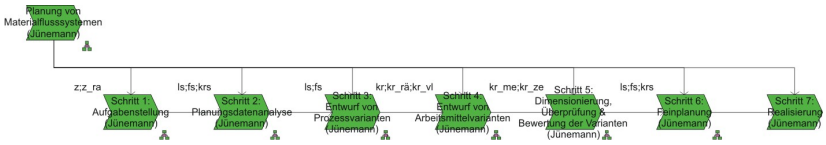


Abbildung A87: Vorgehensweise der Planung von Materialflusssystemen (Original)

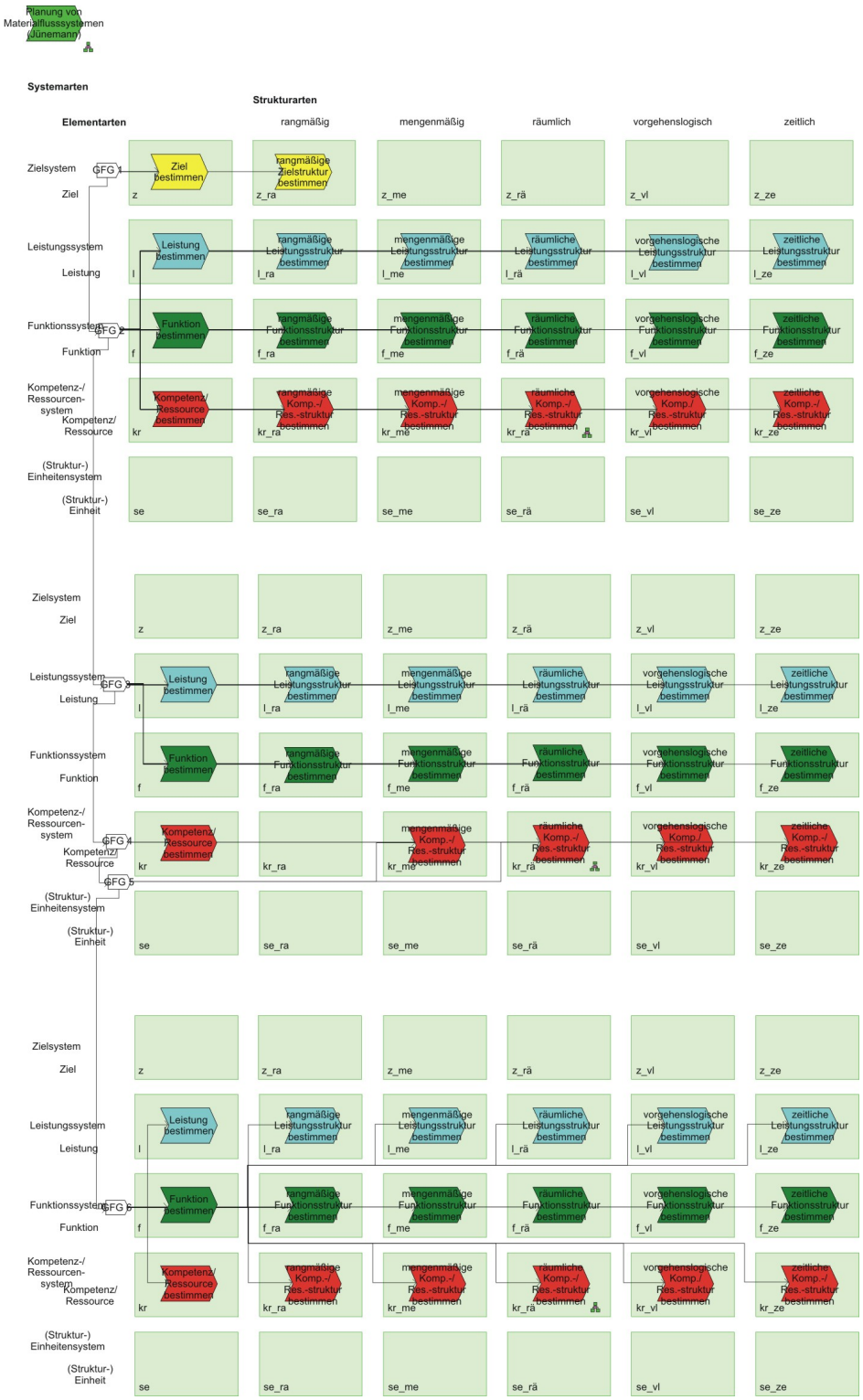


Abbildung A88: Vorgehensweise der Planung von Materialflusssystemen projiziert als Pfad über die GFM_{30}

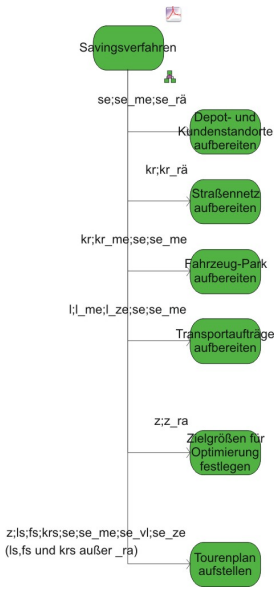


Abbildung A89: Savingsverfahren (Original)

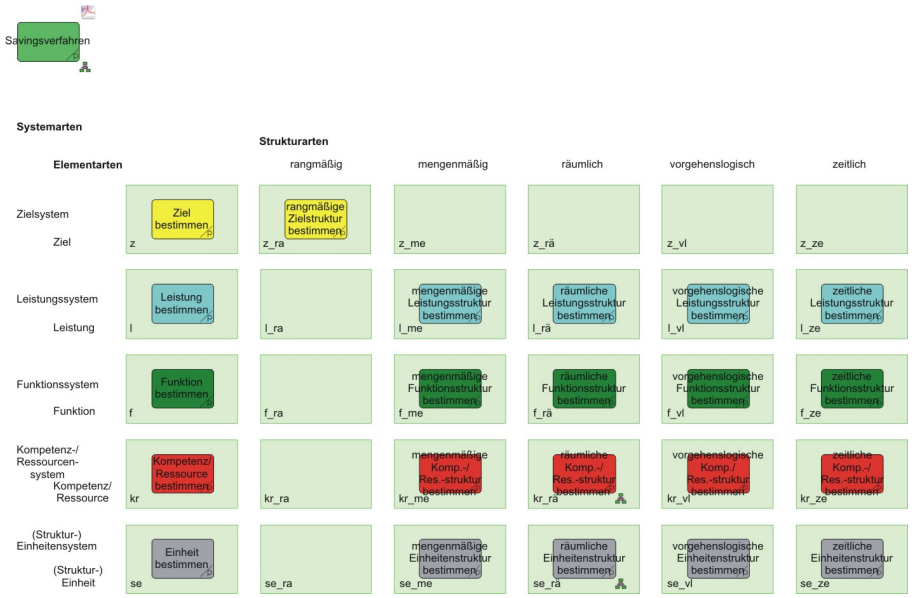


Abbildung A90: Savingsverfahren projiziert auf die GFM_{30}

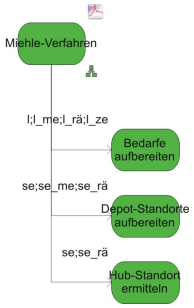


Abbildung A91: Miehle-Verfahren (Original)

Abbildung A92: Miehle-Verfahren projiziert auf die GFM_{30}

Abbildung A93: Vorgehensweise des MRP II-Konzeptes mit MRP I- und MRP-Konzept (Original)

Abbildung A94: Vorgehensweise des MRP II-Konzeptes mit MRP I- und MRP-Konzept projiziert als Pfad über die GFM_{30}

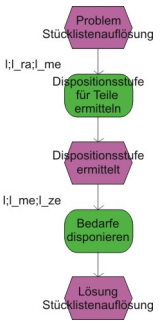


Abbildung A95: Methode der Stücklistenauflösung (Original)

Abbildung A96: Methode der Stücklistenauflösung projiziert als Pfad über die GFM_{30}

Strukturierungsoptionen

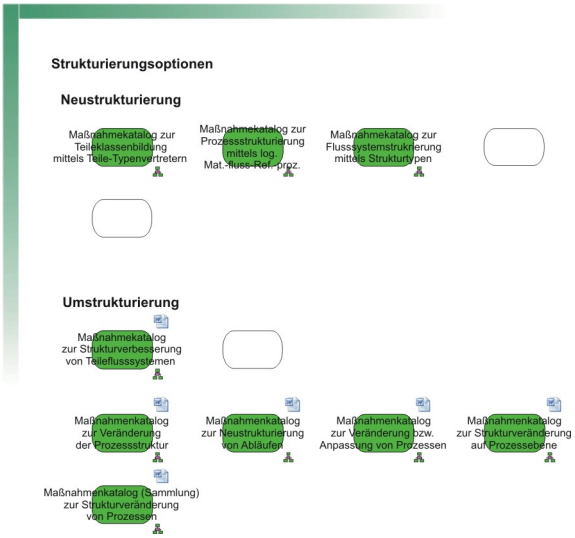


Abbildung A97: Strukturierungsoptionen

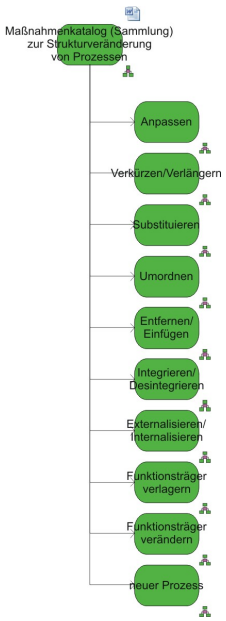


Abbildung A98: Maßnahmekatalog (Sammlung) zur Strukturveränderung von Prozessen

Abbildung A99: Strukturveränderungsmaßnahme Umordnen projiziert auf die GFM_{30}

Strukturierungsrelevante Rollen/Akteure

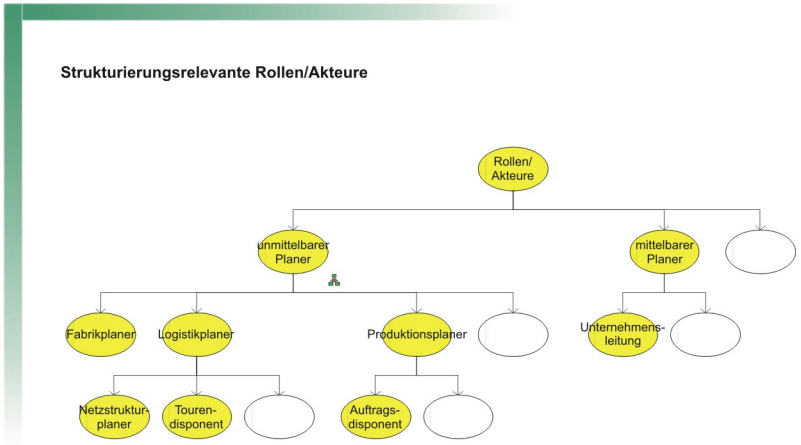


Abbildung A100: Strukturierungsrelevante Rollen/Akteure

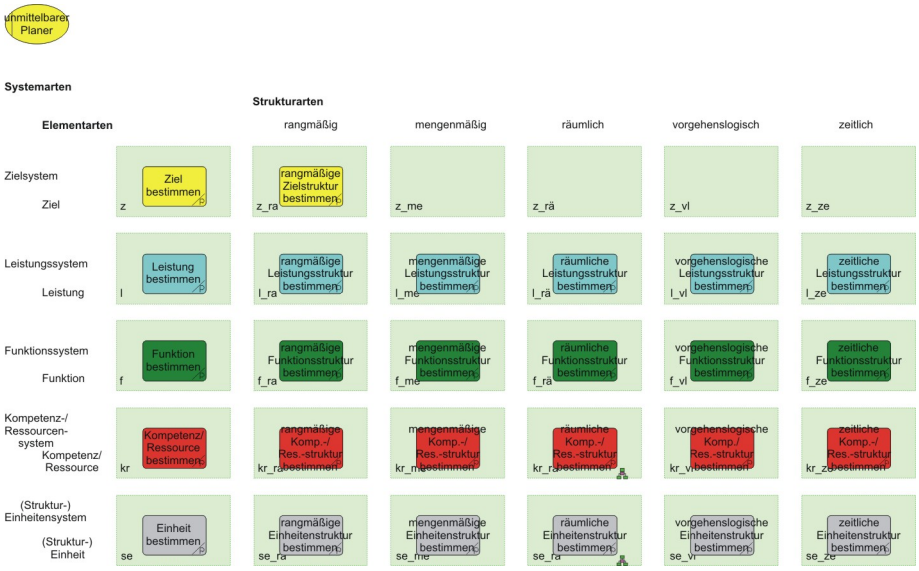


Abbildung A101: Strukturierungsrelevante Rolle/Akteure unmittelbare(r) Planer projiziert auf die GFM_{30}

Strukturierungsunterstützende Instrumentarien

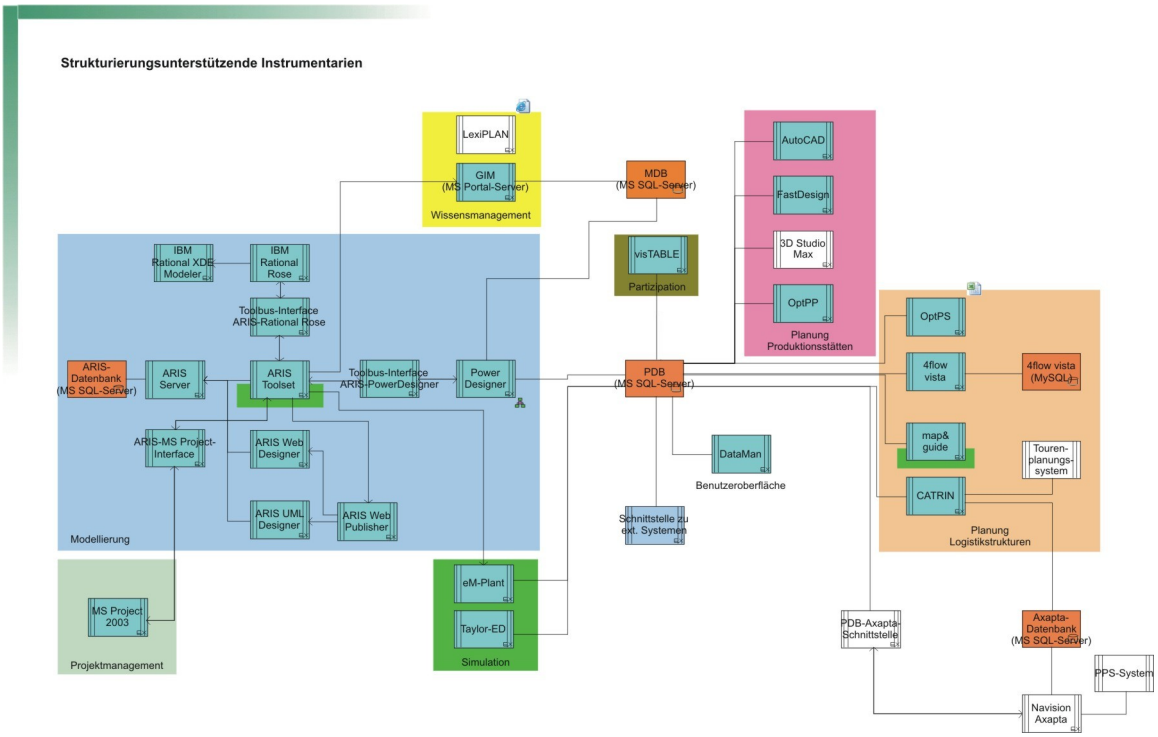


Abbildung A102: Strukturierungsunterstützende Instrumentarien

Abbildung A103: Strukturierungsunterstützendes Instrumentarium OptPS projiziert auf die GFM_{30}

A6 MATERIALFLUSSSTRUKTUREN – VERSUCHSERGEBNISSE

Nachfolgend sollen auszugsweise Versuchsergebnisse zu den experimentellen Untersuchungen von Szenarien wiedergegeben werden.

Versuchsergebnisse 4flow vista

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Bedarfsintensität, Transportstruktur, Anzahl Struktureinheiten und Kosten

Abbildung A104 und Abbildung A105 zeigen Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen.

Transportstrukturkosten in €/h in Abhängigkeit von den Bedarfsstrukturen		Transportstruktur		
		(zyklische) Punktstruktur	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur
Bedarfsstruktur	Punktstruktur	360,00	1170,00	360,00
	gerichtete Linienstruktur	630,33	1170,00	450,25
	ungerichtete Linienstruktur	630,33	1710,00	450,25
	gerichtete Netzstruktur	629,83	1170,00	450,67
	ungerichtete Netzstruktur	629,92	1709,00	450,00

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
TM_{Kap}=1LE, SE_{Anz}=10, Netzdurchsatz=2160LE/24h, Weg_l=1km ($Weg_{RA->RE}$=0km), TM_{Kosten}=1€/Transport

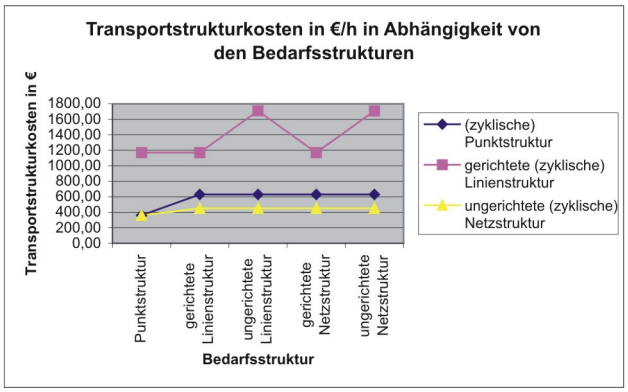


Abbildung A104: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen I

Bei konstantem Netzdurchsatz und unkonsolidierenden Transportstrukturen sind für die (zyklische) Punkt- und ungerichtete (zyklische) Netzstruktur die Kosten unabhängig von der Gerichtetheit der Bedarfsstrukturen Linien- und Netzstruktur. Die Transportstruktur gerichtete (zyklische) Linienstruktur ist hingegen hiervon stark abhängig. Gerichtete Bedarfsstrukturen wirken sich positiv aus, sodass bei 3 Struktureinheiten und transportspielabhängigen Kosten sogar Vorteile gegenüber der Transportstruktur (zyklische) Punktstruktur erzielt werden.

Bei konstantem Netzdurchsatz und unkonsolidierenden Transportstrukturen sind für die (zyklische) Punkt- und ungerichtete (zyklische) Netzstruktur die Kosten unabhängig von der Anzahl Struktureinheiten, falls die Netze mit geringeren Anzahlen Struktureinheiten exakte Vielfache der Bedarfsintensität des Netzes mit den meisten Struktureinheiten haben. Für die Transportstruktur gerichtete (zyklische)

Linienstruktur sind hingegen die Kosten stark abhängig von der Anzahl Struktureinheiten. Mit der Anzahl Struktureinheiten steigen die Kosten.

Transportstrukturkosten in €/h in Abhängigkeit von den Bedarfsstrukturen		Transportstruktur		
		(zyklische) Punktstruktur	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur
Bedarfs-struktur	Punktstruktur	360,17	540,00	360,00
	gerichtete Linienstruktur	630,00	540,00	450,00
	ungerichtete Linienstruktur	630,08	765,21	450,21
	gerichtete Netzstruktur	630,00	540,00	450,00
	ungerichtete Netzstruktur	630,08	765,21	450,25

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
TM_{Kap}=1LE, SE_{Anz}=3,
Netzdurchsatz=2160LE/24h,
Weg_l=1km ($Weg_{RA->RE}$=0km),
TM_{Kosten}=1€/Transport

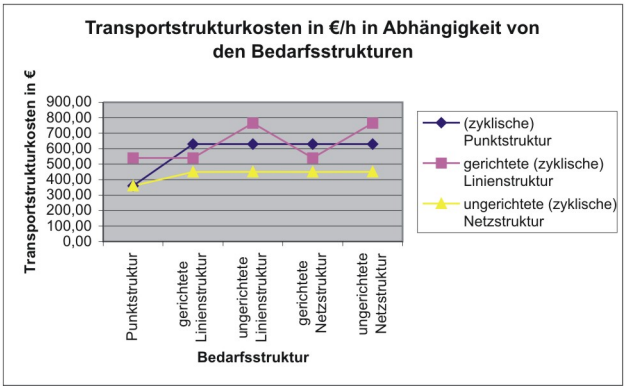


Abbildung A105: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen II

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur und Kosten

Abbildung A106 zeigt Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen.

Transportstrukturkosten in €/h in Abhängigkeit von den Bedarfsstrukturen		Transportstruktur		
		(zyklische) Punktstruktur	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur
Bedarfs-struktur	Punktstruktur	360,00	1170,00	360,00
	gerichtete Linienstruktur	540,33	1170,00	450,25
	ungerichtete Linienstruktur	540,33	1665,00	450,25
	gerichtete Netzstruktur	539,92	1170,00	450,67
	ungerichtete Netzstruktur	539,96	1664,29	450,00

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
TM_{Kap}=1LE, SE_{Anz}=10,
Netzdurchsatz=2160LE/24h,
Weg_l=1km ($Weg_{RA->RE}$=0km),
TM_{Kosten}=1€/km

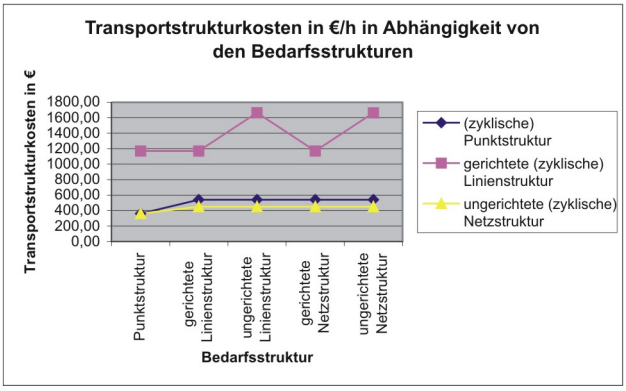


Abbildung A106: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen III

Gerichtete Bedarfsstrukturen (Punktstruktur, gerichtete Linienstruktur, gerichtete Netzstruktur) sowie ungerichtete Bedarfsstrukturen (ungerichtete Linienstruktur, ungerichtete Netzstruktur) weisen bei sonst gleichen situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen für die Transportstruktur gerichtete (zyklische) Linienstruktur jeweils die gleichen Kosten auf.

Da die Transportstruktur (zyklische) Punktstruktur bei der Bedarfsstruktur Punktstruktur ohne den Zyklus auskommt, sind die weg- und transportspielabhängigen Kosten bei sonst gleichen relationsbezogenen Kosten und gleichen situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen gleich (siehe auch Abbildung A104).

Da die Transportstruktur gerichtete (zyklische) Linienstruktur bei gerichteten Bedarfsstrukturen ohne den Zyklus auskommt, sind die weg- und transportspielabhängigen Kosten bei sonst gleichen relationsbezogenen Kosten und gleichen situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen gleich (siehe auch Abbildung A104).

Da die Transportstruktur ungerichtete (zyklische) Netzstruktur bei allen Bedarfsstrukturen ohne den Zyklus auskommt, sind die weg- und transportspielabhängigen Kosten bei sonst gleichen relationsbezogenen Kosten und gleichen situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen gleich (siehe auch Abbildung A104).

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, Weglänge und Kosten

Abbildung A107 zeigt Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen.

Transportstrukturkosten in €/h in Abhängigkeit von der Weglänge		Transportstruktur		
		(zyklische) Punktstruktur	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur
Weglänge	0,1km	54,00	166,43	45,00
	1km	539,96	1664,29	450,00
	10km	5399,58	16642,92	4500,00
	25km	13498,96	41607,29	11250,00
	50km	26997,92	83214,59	22500,00

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
Bedarfsstruktur: ungerichtete Netzstruktur,
TM_{Kap}=1LE, SE_{Anz}=10,
Netzdurchsatz=2160LE/24h,
($Weg_{RA->RE}$=0km),
TM_{Kosten}=1€/km

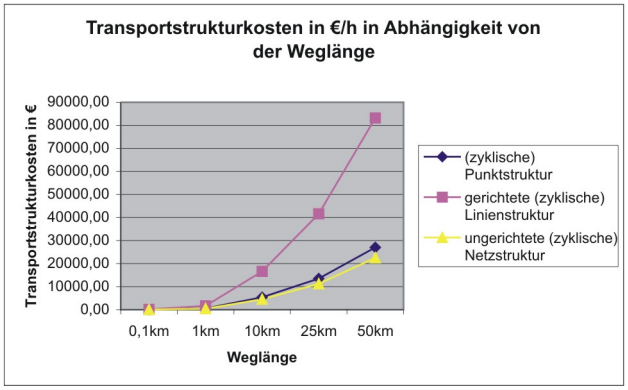


Abbildung A107: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen

Mit zunehmender Weglänge steigen bei wegabhängigen Kosten die Kosten unabhängig von den Bedarfs- und Transportstrukturen.

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, Transportmittelkapazität und Kosten

Abbildung A108, Abbildung A109 und Abbildung A110 zeigen Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Transportmittelkapazität und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen.

Transportstrukturkosten in €/h in Abhängigkeit von der Kapazität des Transportmittels		Transportstruktur		
		(zyklische) Punktstruktur	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur
Bedarfs-struktur	Punktstruktur	40,00	130,00	40,00
	gerichtete Linienstruktur	70,50	130,00	50,38
	ungerichtete Linienstruktur	70,50	190,00	50,83
	gerichtete Netzstruktur	70,17	130,00	51,54
	ungerichtete Netzstruktur	70,00	190,00	51,25

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
TM_{Kap}=9LE, SE_{Anz}=10,
Netzdurchsatz=2160LE/24h,
Weg_l=1km ($Weg_{RA->RE}$=0km),
TM_{Kosten}=1€/Transport

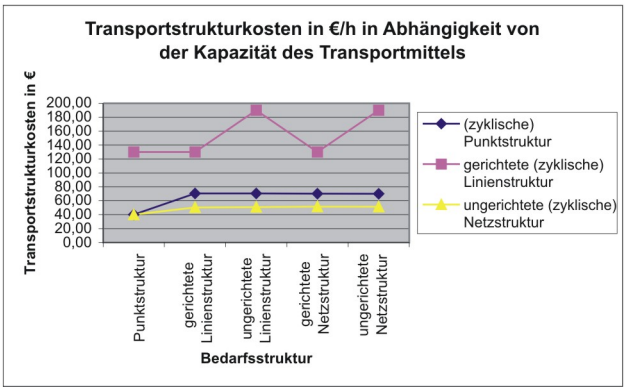


Abbildung A108: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Transportmittelkapazität und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen I

Transportstrukturkosten in €/h in Abhängigkeit von der Kapazität des Transportmittels		Transportstruktur		
		(zyklische) Punktstruktur	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur
Bedarfs-struktur	Punktstruktur	1,67	5,42	1,67
	gerichtete Linienstruktur	3,58	5,42	3,08
	ungerichtete Linienstruktur	3,58	7,92	3,08
	gerichtete Netzstruktur	3,08	5,42	3,88
	ungerichtete Netzstruktur	2,92	7,92	5,42

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
TM_{Kap}=216LE, SE_{Anz}=10,
Netzdurchsatz=2160LE/24h,
Weg_l=1km ($Weg_{RA->RE}$=0km),
TM_{Kosten}=1€/Transport

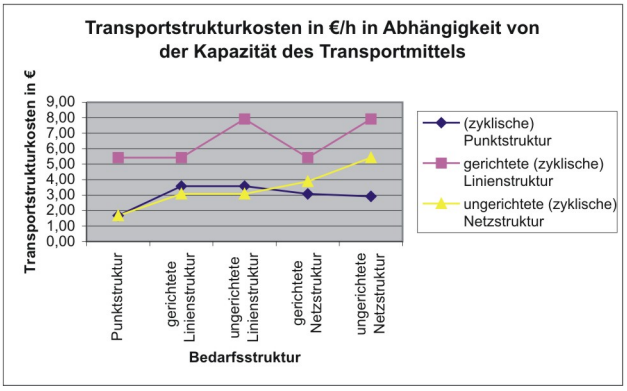


Abbildung A109: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Transportmittelkapazität und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen II

Transportstrukturkosten in €/h in Abhängigkeit von der Kapazität des Transportmittels		Transportstruktur		
		(zyklische) Punktstruktur	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	ungerichtete (zyklische) Netzstruktur
Bedarfs-struktur	Punktstruktur	0,92	0,54	0,92
	gerichtete Linienstruktur	0,96	0,54	1,21
	ungerichtete Linienstruktur	0,96	1,04	1,67
	gerichtete Netzstruktur	0,96	0,54	2,71
	ungerichtete Netzstruktur	0,96	1,04	4,67

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
TM_{Kap}=2160LE, SE_{Anz}=10, Netzdurchsatz=2160LE/24h, Weg_l=1km ($Weg_{RA->RE}$=0km), TM_{Kosten}=1€/Transport

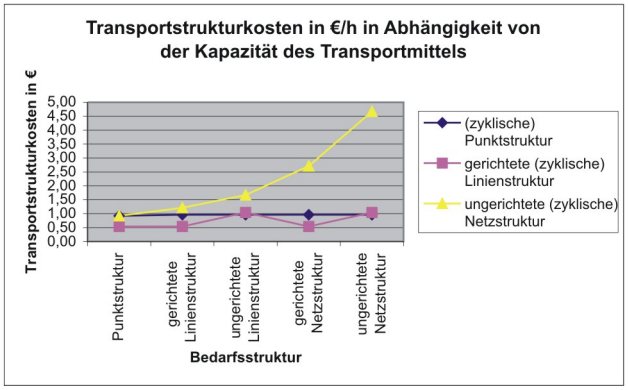


Abbildung A110: Abhängigkeiten der Transportstrukturkosten von der Transportmittelkapazität und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen III

Mit zunehmender Transportmittelkapazität sinken unabhängig von den Bedarfs- und Transportstrukturen tendenziell die Kosten bis die Transportmittelkapazität größer gleich der Bedarfsmenge (je Relation) für den BZR ist (siehe auch Abbildung A104).

Versuchsergebnisse eM-Plant

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Bedarfsintensität, Transportstruktur, Transportmittelkapazität, (Gesamt-)Zeit, Gesamtweg und Transportspielanzahl

Transportspielanzahl, Gesamtweg und (Gesamt-)Zeit sind aufgrund der nicht restriktiv wirkenden Transportmittelkapazität unabhängig von der Bedarfsintensität (keine Auswirkungen veränderter Bedarfsintensitäten je Bedarfsstruktur, Netzdurchsatz=90 LE/BZR für 10 Struktureinheiten). Demzufolge hängen bei der Einzelabwicklung der Transportaufträge (keine Konsolidierung über die Auftragsanzahl je Tour) die Zielgrößen entscheidend von den Bedarfsstrukturen mit den sie vorgebenden Auftragsanzahlen ab.

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, (Gesamt-)Zeit, Gesamtweg und Transportspielanzahl

Abbildung A111 zeigt Abhängigkeiten der Transportspiele von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen.

Die Betrachtung der Zielgrößen Transportspielanzahl, Gesamtweg und (Gesamt-)Zeit führt hier zu nahezu identischen Aussagen, da die Größen über die Konstanten: Weg_l=1 km und TM_v=36 km/h näherungsweise proportional zusammenwirken. Einzige Ausnahme bildet der Zyklus ($Weg_{RA->RE}$=0 km), wodurch Gesamtweg und (Gesamt-)Zeit verhältnismäßig zu leicht besseren Ergebnissen führen.

Transportspiele in Abhängigkeit von den Bedarfsstrukturen		Transportstruktur		
		zyklische Punktstruktur	gerichtete zyklische Linienstruktur	ungerichtete zyklische Netzstruktur
Bedarfs-struktur	konsolidierte uNS	30,00	24,00	
	gerichtete Linienstruktur	54,00	108,00	36,00
	ungerichtete Linienstruktur	108,00	324,00	72,00
	gerichtete Netzstruktur	270,00	540,00	180,00
	ungerichtete Netzstruktur	540,00	1620,00	360,00

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
TM_{Kap}=100LE, SE_{Anz}=10, Netzdurchsatz=90LE/BZR, Weg_i=1km ($Weg_{RA->RE}$=0km)

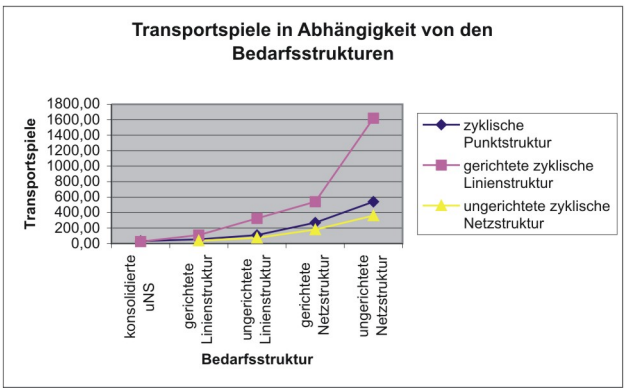


Abbildung A111: Abhängigkeiten der Transportspiele von den Bedarfsstrukturen und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen

Transportspielanzahl, Gesamtweg und (Gesamt-)Zeit nehmen aufgrund der Einzelabwicklung – je Auftrag eine Tour, hieraus resultierend mit der Zunahme der Aufträge eine Zunahme der Touren – in der Reihenfolge der Bedarfsstrukturen: konsolidierte ungerichtete Netzstruktur, gerichtete Linienstruktur, ungerichtete Linienstruktur, gerichtete Netzstruktur, ungerichtete Netzstruktur zu.

Gerichtete Bedarfsstrukturen (gerichtete Linienstruktur, gerichtete Netzstruktur) weisen bei sonst gleichen situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen für die Transportstruktur gerichtete zyklische Linienstruktur ungleiche Transportspielanzahlen, Gesamtwege oder (Gesamt-)Zeiten auf (siehe Abbildung A111 im Vergleich zu Abbildung A104 und Abbildung A106). In eM-Plant fallen durch das nicht-kapazitätsrestriktive Transportmittel über die Bedarfsstrukturen hinweg keine ausgleichenden Zusatztransporte wie in 4flow vista an.

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, Steuerstrategie, (Gesamt-)Zeit, Gesamtweg und Transportspielanzahl

Für die Einzelabwicklung ergeben sich bis auf wenige Ausnahmen bei sehr kleinen Anzahlen Struktureinheiten (z.B. 3 Struktureinheiten) über die Zielgrößen und Bedarfsstrukturen hinweg in den Transportstrukturen die Rangfolgen: ungerichtete zyklische Netzstruktur, zyklische Punktstruktur und gerichtete zyklische Linienstruktur. Wird von einer Einzelabwicklung abgewichen und eine Konsolidierung über die Transportaufträge je Tour, wie in Abbildung A111 für die Transportstrukturen Punkt- und Linienstruktur vorgenommen, zugelassen, so sind über die Zielgrößen und Bedarfsstrukturen hinweg die Transportstrukturen: zyklische Punkt- und gerichtete zyklische Linienstruktur „wettbewerbsfähig“ gegenüber der ungerichteten zyklischen Netzstruktur.

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, Weglänge, (Gesamt-)Zeit und Gesamtweg

Abbildung A112 und Abbildung A113 zeigen Abhängigkeiten der Gesamtwege (und damit (Gesamt-)Zeiten) von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen.

Gesamtweg in km in Abhängigkeit von der Weglänge		Transportstruktur		
		zyklische Punktstruktur	gerichtete zyklische Linienstruktur	ungerichtete zyklische Netzstruktur
Weglänge	1km	360,00	1485,00	270,00
	10km	3600,00	14850,00	2700,00
	25km	9000,00	37125,00	6750,00
	50km	18000,00	74250,00	13500,00

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
Bedarfsstruktur: ungerichtete Netzstruktur,
TM_{Kap}=100LE, SE_{Anz}=10,
Netzdurchsatz=90LE/BZR,
($Weg_{RA->RE}$=0km)

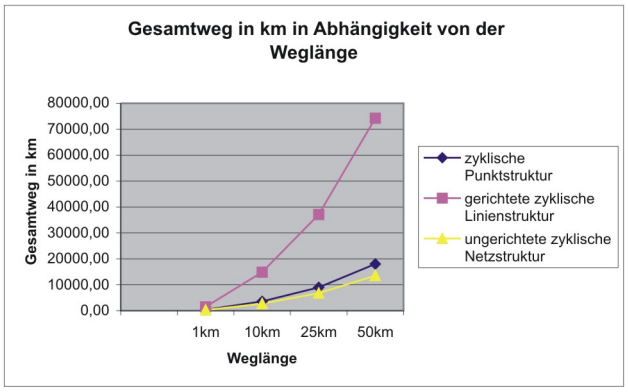


Abbildung A112: Abhängigkeiten der Gesamtwege von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen I

Gesamtweg in km in Abhängigkeit von der Weglänge		Transportstruktur		
		zyklische Punktstruktur	gerichtete zyklische Linienstruktur	ungerichtete zyklische Netzstruktur
Weglänge	1km	36,00	99,00	27,00
	10km	360,00	990,00	270,00
	25km	900,00	2475,00	675,00
	50km	1800,00	4950,00	1350,00

situationsbeschreibende Merkmale und Ausprägungen:
Bedarfsstruktur: gerichtete Linienstruktur,
TM_{Kap}=100LE, SE_{Anz}=10,
Netzdurchsatz=90LE/BZR,
($Weg_{RA->RE}$=0km)

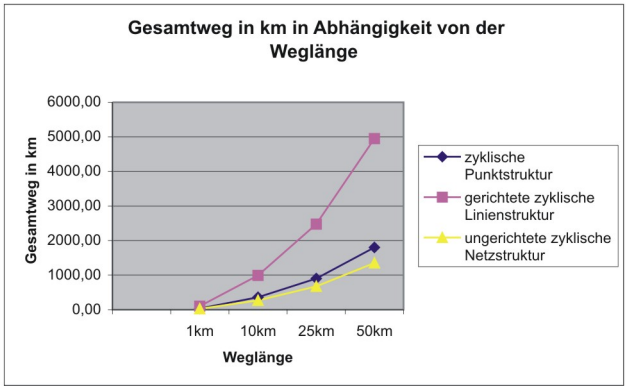


Abbildung A113: Abhängigkeiten der Gesamtwege von der Weglänge und weiteren situationsbeschreibenden Merkmalsausprägungen II

Mit zunehmender Weglänge steigen Gesamtwege (und damit (Gesamt-)Zeiten) unabhängig von den Bedarfs- und Transportstrukturen.

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, Anzahl Struktureinheiten, (Gesamt-)Zeit, Gesamtweg und Transportspielanzahl

Mit zunehmender Anzahl Struktureinheiten steigen tendenziell Transportspielanzahlen, Gesamtwege und (Gesamt-)Zeiten.

Versuchsergebnisse CATRIN

Eine Liste ausgewählter, in CATRIN untersuchter Szenarien mit Versuchsergebnissen enthält Tabelle A37.

Szenario-Nr.	Auftrag				Bedarfs-struktur	Transportmittel			Randbedingungen	Tour		Transportstruktur	Kosten in Euro	Gesamt-weg-länge in km	Zeit (Fahrzeit+ Standzeit) in h
	Anzahl		Bedarf je Auftrag in LE	Bedarf gesamt in LE		Anzahl verfüg-barer TM	TM_{Kap} in LE	Start- und Zielstandort		Anzahl Touren	Anzahl genutz-ter TM				
	Tour	Re-tour													
Szenario 11	10	10	1	20	Punktstruktur	4	10	Hauptdepot	Hauptdepot als zentraler Standort	1	1	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	130,1	442,8	7,4+1,2
Szenario 12	10	10	1	20		4	4		Hauptdepot als zentraler Standort; max. 2 Touren pro TM pro Tag	3	2	(zyklische) Punkt- & gerichtete (zyklische) Linienstruktur	157,1	517,0	8,7+1,8
Szenario 13	10	10	1	20		4	2			5	3		218,0	726,0	12,0+2,5
Szenario 14	10	10	1	20		4	1x2; 3x1			8	4	(zyklische) Punkt- & gerichtete (zyklische) Linien-/(zyklische) Punktstruktur	257,0	837,5	13,8+3,5
Szenario 15	10	10	1	20		4	1		Hauptdepot als zentraler Standort	10	1	(zyklische) Punktstruktur	313,7	1038,0	16,8+4,2
Szenario 16	11	0	1	11	gerichtete Linienstruktur	11	1	jeweiliges Depot am zugeord-neten Standort	Zeitfenster für die Aufträge; jeder Standort mit 1 TM; keine Rückkehr TM	11	11	gerichtete Linienstruktur	164,5	441,8	7,4+4,6
Szenario 17	11	9	1	20	ungerichtete Linienstruktur	11	1		Zeitfenster für die Aufträge; jeder Standort mit 1 TM; keine Rückkehr TM bei Hauptdepot	11	11	ungerichtete Linienstruktur	269,7	837,6	14,0+4,6
Szenario 18	45	0	1	45	gerichtete Netzstruktur	10	10		Hauptdepot nicht betrachtet; alle 10 Standorte mit 1 TM; max. 1 Tour pro TM pro Tag	9	9	gerichtete (zyklische) Linienstrukturen	647,7	2198,8	36,0+6,8
Szenario 19	45	0	1	45		10	1		Hauptdepot nicht betrachtet; alle 10 Standorte mit 1 TM; max. 9 Touren pro TM pro Tag	45	9	ungerichtete Netzstruktur	1067,4	3408,7	53,9+18,8
Szenario 20	90	0	1	90	ungerichtete Netzstruktur	10	10		Hauptdepot nicht betrachtet; alle 10 Standorte mit 1 TM; max. 1 Tour pro TM pro Tag	10	10	gerichtete (zyklische) Linienstrukturen	1070,6	3620,6	60,0+10,8
Szenario 21	90	0	1	90		10	1		Hauptdepot nicht betrachtet; alle 10 Standorte mit 1 TM; max. 9 Touren pro TM pro Tag	90	10	ungerichtete Netzstruktur	2134,9	6820,8	107,8+37,5
Szenario 22	90	90	1	180	Punktstruktur (nach-gebildete ungerichtete Netzstruktur (Vollaus-tausch))	10	10		Hauptdepot als zentraler Standort; andere 10 Standorte mit je 1 TM; Auftragskomplexe mit unterschiedlichen Zeitfenstern	10	10	(zyklische) Punktstruktur	315,4	1038,0	16,8+4,2
Szenario 23	90	90	1	180		2	100	Hauptdepot	Hauptdepot als integrierter Standort; Hauptdepot mit 2 TM; Auftragskomplexe mit unterschiedlichen Zeitfenstern	2	2	gerichtete (zyklische) Linienstruktur	260,5	889,6	14,8+2,3
Szenario 24	16	10	22x9; 4x12	246	Netz- & Punktstruktur (nach-gebildete ungerichtete Netzstruktur (Vollaus-tausch))	3	12	Hauptdepot und 2 Neben-depots	Hauptdepot und 2 Nebendepots mit je 1 TM	16	3	ungerichtete Netz- & (zyklische) Punktstruktur	389,2	1242,3	19,8+6,7
Szenario 25	26	0	22x9; 4x12	246		3	36		Hauptdepot und 2 Nebendepots mit je 1 TM; Auftragskomplexe mit unterschiedlichen Zeitfenstern	9	3	gerichtete (zyklische) Linien- & gerichtete (zyklische) Linienstruktur	373,0	1208,5	20,1+5,2

Tabelle A37: Szenarien und Versuchsergebnisse in CATRIN (Auswahl)

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, Transportmittelkapazität, Kosten, Zeiten und Gesamtweg

Mit abnehmender Transportmittelkapazität gehen bei der Bedarfsstruktur Punktstruktur die Transportstrukturen von der gerichteten (zyklischen) Linienstruktur über die (zyklische) Punktstruktur & gerichtete (zyklische) Linienstruktur, weiter über die Überlagerung von (zyklischer) Punktstruktur & gerichteter (zyklischer) Linienstruktur mit (zyklischer) Punktstruktur hin zur (zyklischen) Punktstruktur über

(Abbildung A114). Dabei steigen sowohl Kosten, Zeiten, Gesamtweg, Transportspielanzahl (abgeleitet aus Standzeit) als auch Tourenanzahl an. (vgl. Szenarien 11-15)

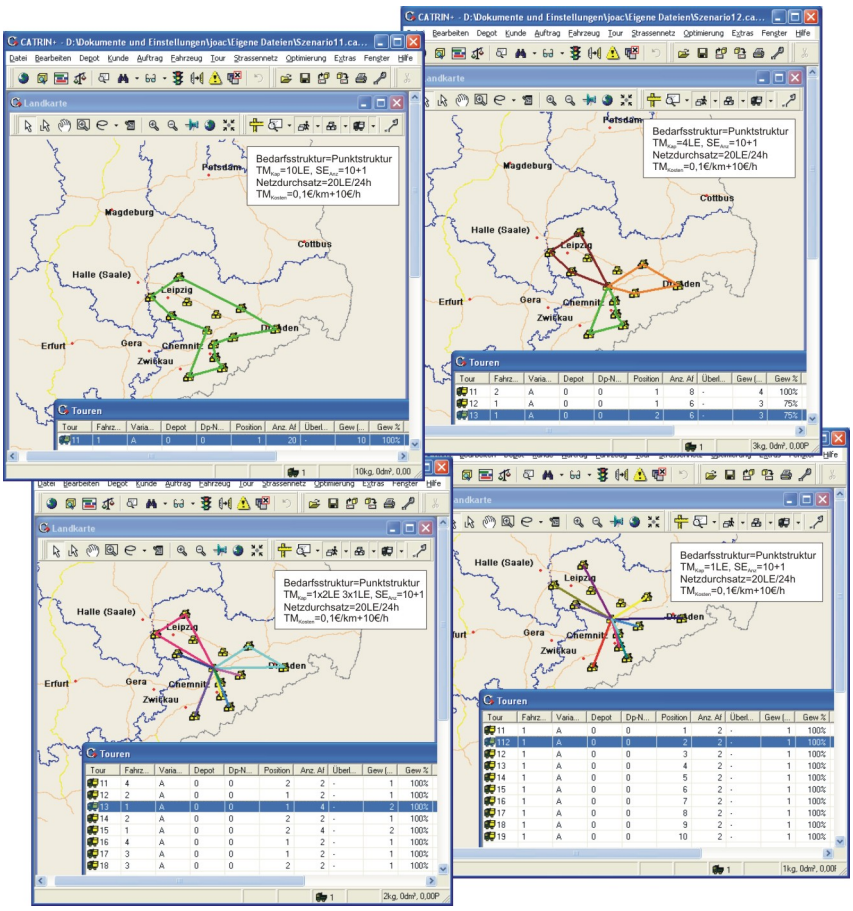


Abbildung A114: Abhängigkeiten der Transportstruktur von der Transportmittelkapazität (Szenarien 11-15)

Linienstrukturen als Bedarfsstrukturen ergeben analoge Linienstrukturen als Transportstrukturen. (vgl. Szenarien 16-17)

Bei gerichteten oder ungerichteten Netzstrukturen als Bedarfsstrukturen entstehen bei ausreichender Transportmittelkapazität TM_{Kap}=10 LE mehrere sich überlagernde gerichtete (zyklische) Linienstrukturen. Bei gerichteten oder ungerichteten Netzstrukturen als Bedarfsstrukturen entstehen bei geringster Transportmittelkapazität TM_{Kap}=1 LE ungerichtete Netzstrukturen. Bei gleicher Bedarfsstruktur sind Kosten, Zeiten und Gesamtweg bei ausreichender Transportmittelkapazität TM_{Kap}=10 LE geringer als bei geringster Transportmittelkapazität TM_{Kap}=1 LE. Bei gleicher Transportmittelkapazität sind Kosten, Zeiten und Gesamtweg bei gerichteten Netzstrukturen als Bedarfsstrukturen geringer als bei ungerichteten Netzstrukturen. (vgl. Szenarien 18-21)

Wirkmechanismen zwischen Bedarfsstruktur, Transportstruktur, Transportmittelkapazität, Steuerstrategie, Kosten, Zeiten und Gesamtweg

Bei nachgebildeter Konsolidierung über Punkt und Linie einer ungerichteten Netzstruktur (Vollaustausch) als Bedarfsstruktur weisen sowohl die (zyklische) Punktstruktur als auch die gerichtete (zyklische) Linienstruktur als Transportstrukturen geringere Kosten, Zeiten und Gesamtwege auf als die unkonsolidierte Netzstruktur. Die konsolidierende Linienstruktur weist gegenüber der konsolidierenden Punktstruktur geringere Kosten, Zeiten und Gesamtwege auf. (vgl. Szenarien 21-23)

Bei nachgebildeter Konsolidierung über Netz & Punkt und Linie & Linie einer ungerichteten Netzstruktur (Vollaustausch) als Bedarfsstruktur weisen sowohl die ungerichtete Netzstruktur & (zyklische) Punktstruktur als auch die gerichtete (zyklische) Linienstruktur & gerichtete (zyklische) Linienstruktur als Transportstrukturen geringere Kosten, Zeiten und Gesamtwege auf als die unkonsolidierte Netzstruktur. Die konsolidierende Linien- & Linienstruktur weist geringere Kosten, Zeiten und Gesamtwege gegenüber der konsolidierenden Netz- & Punktstruktur auf. (vgl. Szenarien 21, 24, 25)

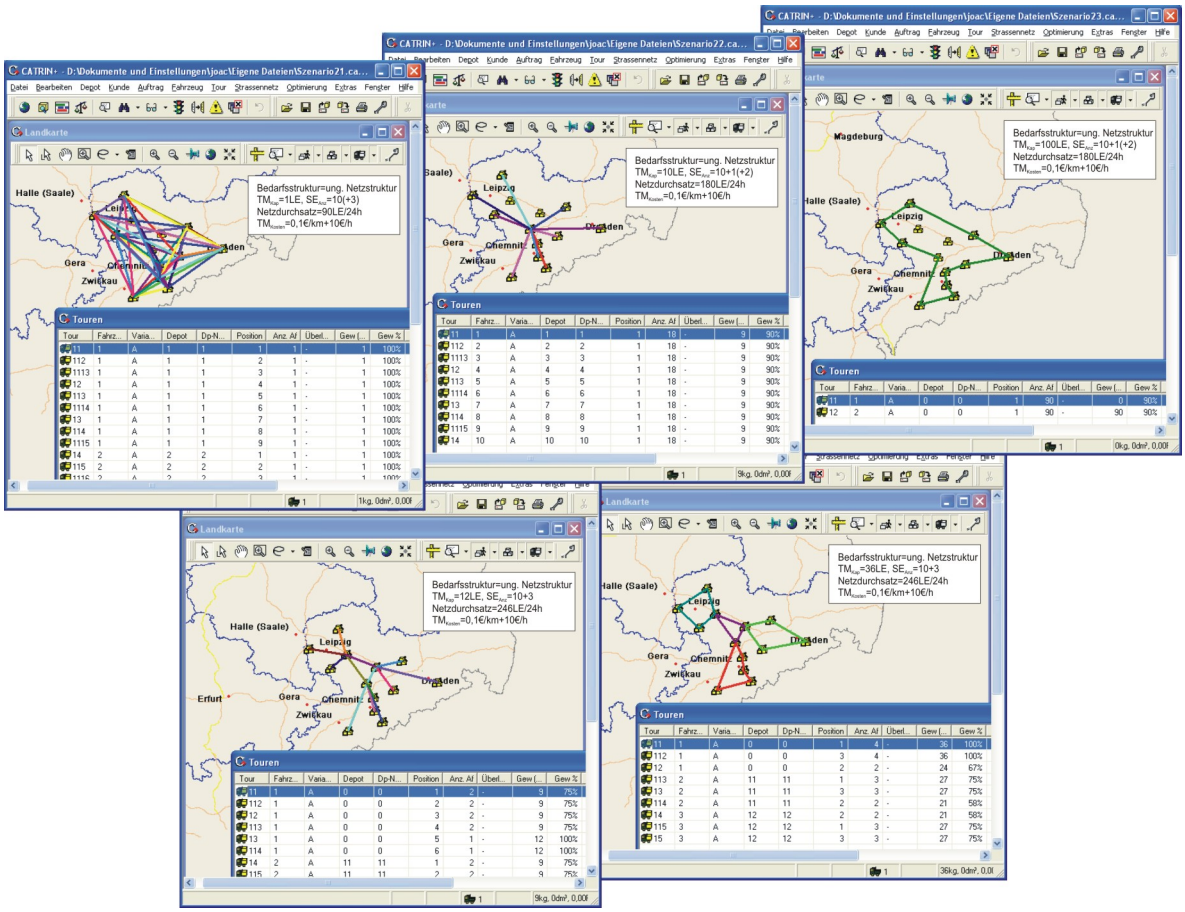


Abbildung A115: Abhängigkeiten der Transportstruktur von der Transportmittelkapazität und der Steuerstrategie (Szenarien 21-25)

Bei einer ungerichteten Netzstruktur (Vollaustausch) als Bedarfsstruktur ergibt sich insgesamt bezüglich der vier untersuchten konsolidierenden Transportstrukturen vergleichend mit der unkonsolidierten Netzstruktur (Abbildung A115) folgende Rangfolge beginnend mit den geringsten bis hin zu den höchsten Kosten, Zeiten und Gesamtwegen (vgl. Szenarien 21-25):

1. gerichtete (zyklische) Linienstruktur
2. (zyklische) Punktstruktur
3. gerichtete (zyklische) Linienstruktur & gerichtete (zyklische) Linienstruktur
4. ungerichtete Netzstruktur & (zyklische) Punktstruktur
5. ungerichtete Netzstruktur

Über die Steuerstrategie können die Zielgrößenerreichungen bewusst beeinflusst werden. So sind neben Konsolidierungsoptionen u.a. Zeitrestriktionen seitens der Aufträge und Transportmittel von erheblichem Einfluss auf die Transportstrukturen. Die Wahl des Optimierungskriteriums (Gesamt-)Kosten, (Gesamt-)Weg oder (Gesamt-)Zeit als Parameter des Savingsverfahrens wirkt sich hier weniger auf die Transportstrukturen aus, da über Transportmittelkostenfunktion und -durchschnitts-geschwindigkeit die proportionalen Abhängigkeiten zwischen den Größen dominieren.

Aufgrund des praxisnahen Versuchsaufbaus können generelle Aussagen zu Wirk-mechanismen kaum gemacht werden. Allerdings bestätigt sich, dass bezüglich gleicher Einfluss- und Zielgrößen mehrere Transportstrukturen gleichwertig sein können.

Lebenslauf

Persönliches

Name, Vorname:	Ackermann, Jörg
Anschrift:	August-Bebel-Straße 20 09337 Hohenstein-Ernstthal
Geburtsdatum:	08.09.1969
Geburtsort:	Lichtenstein (Sachs)
Familienstand:	ledig
Nationalität:	deutsch

Bildungsweg und beruflicher Werdegang

Bildungsweg

1976-1986	Schulausbildung (zehnklassig) Polytechnische Oberschule Oberlungwitz Abschluss: 10. Klasse
1986-1989	Berufsausbildung mit Abitur VEB Vorrichtungsbau Hohenstein-Ernstthal Abschluss: Abitur, Facharbeiter Elektromonteur
1990-1995	Studium TU Chemnitz-Zwickau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Studiengang Elektrotechnik Abschluss: Diplomingenieur für Automatisierungstechnik

Beruflicher Werdegang

1995-2000	Angestellter der IBB GmbH Offenbach Arbeitsaufgabe: Projektierung und Inbetriebsetzung von Kraftwerks-Leittechnik der SIEMENS AG/KWU
seit 2000	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme (IBF), Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb
	Projekte: u.a. Sonderforschungsbereich 457 „Hierarchielose regionale Produktionsnetze“, Themengebiet Logistikstrukturen

Chemnitz, 18. April 2007

Wissenschaftliche Schriftenreihe

des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme

Bisher erschienen:

Heft 1: Informationsflußsysteme im Bereich Materialfluß und Logistik (1994)

Heft 2: Bewertung arbeitsorganisatorischer Voraussetzungen für Gruppenarbeit im Fertigungsprozeß (1996)

Heft 3: Ersatzteillogistische Unterstützung des Instandhaltungsprozesses durch Methoden der bedarfsgerechten Planung und kostenoptimalen Bereitstellung von Instandhaltungsmaterialien (1996)

Heft 4: Arbeitsschutz im Rahmen des Projektes Innovation durch moderne Produktionskonzepte und Lernstrategien in Kleinbetrieben - IMPULS-K (1996)

Heft 5: Robuste Produktionsprozesse im Fokus der Betriebswirtschaft (1996)

Heft 6: Lösung von Planungs- und Steuerungsproblemen für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) (1996)

Heft 7: Betriebliche Folgen veränderter Altersstrukturen in der Montage (1996)

Heft 8: Innovative Unternehmens- und Produktionsnetze (1996)

Heft 9: KAIZEN in robusten Produktionsprozessen mit komplexer Anlagenstruktur (1996)

Heft 10: Prozeßorientierte Organisationsgestaltung - Voraussetzung für Gruppenarbeit (1997)

Heft 11: Die prozeßorientierte Platzkostenrechnung als Basis des Gemeinkostenmanagements in robusten Unternehmen (1997)

Heft 12: Grundtypen für die Instandhaltung in Produktionsbetriebsnetzen (1997)

Heft 13: Beitrag zur adaptiven Kopplung von statischer und dynamischer Fabrikplanungssoftware (1997)

Heft 14: Leitfaden zur alter(n)sgerechten physiologischen Arbeitsgestaltung in der Montage (1997)

Heft 15: Untersuchungen zur komplexen Optimierung des Arbeitssystems „motormanuelle Waldarbeit“ (1997)

Heft 16: Entwicklung einer Software zur Gestaltung soziotechnischer Systeme in der Serienmontage (1998)

Heft 17: INVAS Innovationsfähigkeit im Bereich Montage bei veränderten Altersstrukturen (Dokumentation 1. Chemnitzer Workshop) (1998)

Heft 18: INVAS Innovationsfähigkeit im Bereich Montage bei veränderten Altersstrukturen (Dokumentation 2. Chemnitzer Workshop) (1998)

Heft 19: Entwicklung und Nachweisführung einer Methodik zur Einführung und Stabilisierung von veränderten Prozessen in der Produktentwicklung (1999)

Heft 20: Transaktionskostenbasierte Modellierung und Simulation von Personalressourcen in virtuellen Unternehmen (1999)

Heft 21: Arbeitswissenschaftliche Untersuchungen zu ausgewählten Varianten der Computernutzungsart und –form am Beispiel der Werkstattlayoutplanung (1999)

Heft 22: Untersuchung zu den Wirkmechanismen bei Implementierung teilautonomer Gruppenarbeit in der Produktion unter Berücksichtigung von arbeits-, sozialpsychologischen und ökonomischen Kenngrößen (1999)

Heft 23: Verfahren zur simulationsgestützten Regelung der Kanban-Steuerung bei dynamischen Bedarfen (2000)

Heft 24: Simulationsbasierte Dimensionierung von Produktionssystemen mit definiertem Potential an Leistungsflexibilität (2000)

Heft 25: Layoutplanung betrieblicher Funktionseinheiten –Leitfaden- (2000)

Heft 26: Kompetenzzellenbasierte regionale Produktionsnetze (2000)

Heft 27: Gestaltung des arbeitsteiligen Prozesses zwischen zentraler Arbeitsplanung und Werkstattpersonal (2000)

Heft 28: Arbeitswissenschaftliche Gestaltung und Nachweisführung eines integrierten Managementsystems in kleinen und mittleren Unternehmen (2000)

Heft 29: Untersuchungen zur Flexibilisierung der Arbeitszeit einer auftragsbezogenen Fertigung am Beispiel einer Maschinenfabrik (2000)

Heft 30: Methodik einer integrativen partizipativen Softwareentwicklung dargestellt am Beispiel eines Softwarewerkzeuges zur werkstattnahen Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung (2001)

Heft 31: Organisationsentwicklung teilautomatisierter Montagesysteme durch soziotechnische Analyse, Gestaltung und Bewertung sowie iterative Umsetzung entlang der Prozesskette (2001)

Heft 32: Optimierung bestehender teilautomatisierter Montagesysteme unter besonderer Berücksichtigung soziotechnischer Analyse- und Gestaltungsmaßnahmen (2001)

Heft 33: Beitrag zur Effizienzsteigerung während Produktionsanläufen in der Automobilindustrie (2001)

Heft 34: Entwicklung einer Methodik zur Unterstützung der sozioökonomischen Balance in Werkstätten für Behinderte (2002)

Heft 35: Integrative modulare Produktionssystemplanung (2003)

Heft 36: Modellierung und Simulation von Tätigkeitsstrukturen in der Teilefertigung des Maschinenbaues (2003)

Heft 37: Integrierter Umweltschutz bei der Produktionsstättenplanung (2003)

Heft 38: Integration der Transpondertechnologie zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der operativen Produktionssteuerung (2004)

Heft 39: Untersuchung zur Übertragbarkeit der Kompetenzzellenbasierten Vernetzungstheorie auf die variantenreiche Serienproduktion (2004)

Heft 40: Bedienbarkeit von Fertigungseinrichtungen (2005)

Heft 41: Methode zur Revitalisierung, Modernisierung und Umnutzung von Industriebrachen (2005)

Heft 42: Entwicklung einer Methodik zur Gestaltung von flexiblen Arbeitszeitsystemen (2005)

Heft 43: Entwicklung einer Methode für die Planung von Projekten unter Anwendung des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes (2005)

Heft 44: Simulationsintegrierte Grobplanung von Montagesystemen für die Serienmontage am Beispiel der Automobilzulieferindustrie (2005)

Heft 45: Theoretische Grundlagen der bausteinbasierten, technischen Gestaltung wandlungsfähiger Fabrikstrukturen nach dem PLUG+PRODUCE Prinzip (2005)

Heft 46: Methode zur Gestaltung von Flexibilitätsstufenbasierten Fabrikplattformen (2005)

Heft 47: Gestaltung und Evaluation eines Mitarbeiter-Management-Informations-Systems in der Montage eines Automobilwerkes (2005)

Heft 48: Erfolgsfaktoren unternehmensübergreifender Kooperation am Beispiel der mittelständischen Automobilzulieferindustrie in Sachsen (2005)

Heft 49: Heuristik zur Gestaltung ganzheitlicher Anreizsysteme aus soziotechnischer Sicht (2005)

Heft 50: Methodik zur Struktur- und Layoutplanung wandlungsfähiger Produktionssysteme (2005)

Heft 51: Entwicklung der Zeitdaten-Backend-Methode für die mathematische Verarbeitung betrieblicher Prozessdaten zu Planzeiten (2005)

Heft 52: Gestaltungslösung für die Dienstleistungsfabrik Montage (2006)

Heft 53: Entwicklung und Evaluation eines Beurteilungsverfahrens für handgehaltene, motorisch angetriebene Schlagwerkzeuge (2006)

Heft 54: Optimierung der technischen Unternehmensführung mittels gewichteter Kennzahlen für KMU der Lackindustrie (2006)

Heft 55: Anwendung des Systems Engineering zur Verbesserung des Betriebes von planetaren Missionen (2006)

Heft 56: Methode zur Entwicklung und kontinuierlichen Verbesserung des Anlaufmanagements komplexer Montagesysteme (2007)

Heft 57: Beitrag zur organisationsorganisatorischen Gestaltung in Niedriglohnländern dargelegt am Fallbeispiel einer Elektronikproduktion in China (2007)

Heft 58: Entwicklung von standardisierten Prozessbausteinen für seilunterstützte Rettungs- und Bergeprozesse (2007)

S-Heft 1: Zur Entwicklung einer führungsorientierten Kosten- und Leistungsrechnung mit dem Schwerpunkt der Marktsegmentierung für klein- und mittelständische Unternehmen (1997)

S-Heft 2: Verbundprojekt: Robuste Produktionsprozesse - Teilvorhaben: Forschung und Transfer (1998)

S-Heft 3: Gesundheitsfördernde Interventionen zur Senkung von Fehlzeiten in Unternehmen – ein integrativer gesundheitswissenschaftlicher Ansatz von Betriebswirtschaft, Arbeits- und Sozialwissenschaften (2000)

S-Heft 4: Vernetzt planen und produzieren – VPP2001 (Tagungsband) (2001)

S-Heft 5: Kompetenznetze der Produktion und mobile Produktionsstätten – TBI'02 (Tagungsband) (2002)

S-Heft 6: Stadtumbau und Revitalisierung – Besondere Probleme der Industrie-, Gewerbe- und Infrastrukturbrachen (Tagungsband) (2002)

S-Heft 7: Vernetzt planen und produzieren – VPP2003 (Tagungsband) (2003)

S-Heft 8: Vernetzt planen und produzieren – VPP2004 (Tagungsband) (2004)

S-Heft 9: Strukturwandel in Wirtschaftsstandorten (Tagungsband) (2004)

S-Heft 10: Zukunftsweisende Konzepte für Produktions- und Logistiksysteme (Begleitband) (2005)

S-Heft 11: Strategien für ganzheitliche Produktion in Clustern und Netzen – TBI'05 (Tagungsband) (2005)

S-Heft 12: Vernetzt planen und produzieren – VPP2006 (Tagungsband) (2006)

Bestellung (Preis pro Heft 10,-- EUR) über:

Dipl.-Ing. G. Kobylka
TU Chemnitz
Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme
09107 Chemnitz