

Ein globaler Wettbewerb sowie ein rasanter technologischer Fortschritt zwingen die Unternehmen, sich ständig zu verändern und anzupassen. Aufgabe der Fabrikplanung ist es in diesem Zusammenhang, Fabriken zu planen und zu realisieren, die kurzfristig profitabel arbeiten, gleichzeitig aber in einem dynamischen Umfeld strategische Handlungsspielräume eröffnen. Außerdem erhöht sich die Frequenz, mit der Fabriken neu- bzw. umgeplant werden müssen. Dies hat zur Folge, dass Fabrikplanung, neben dem klassischen Projekt-, zunehmend einen strategischen Charakter entwickelt. Diese Entwicklung bietet Potenziale und Herausforderungen zugleich. Potenziale, da vermehrt Synergien im Kontext von Prozessen, Know-how und verwendeten Werkzeugen gehoben werden können. Herausforderungen ergeben sich aus der Tatsache, dass die Fabrikplanung ein komplexes sozio-technisches System darstellt.

Um die angesprochenen Herausforderungen zu adressieren und effektive und effiziente Fabrikplanung zu ermöglichen, wird in dieser Arbeit unter Nutzung der Lehren und Instrumente des systemischen Managements, insb. des Modells lebensfähiger Systeme (VSM), ein Management-Modell für die Fabrikplanung entworfen. Die Struktur des Modells umfasst zwei Ebenen. In der Projektebene erfolgt die Vorbereitung und Durchführung operativer Fabrikplanungsprojekte. In Ergänzung zur Projektebene wird eine übergeordnete Management-Ebene eingeführt, die sich an das systemische Management anlehnt und normative, strategische und operative Elemente umfasst. Auf normativer Ebene wird die Vision der Fabrikplanung entwickelt, es werden kulturelle Leitplanken gesetzt und die grundlegende Organisation wird festgelegt. Auf strategischer Ebene werden strategische Erfolgspotenziale für die Fabrikplanung definiert und in der Folge besetzt. Die operative Managementebene verantwortet das übergeordnete (Multi-)Projektmanagement, sie koordiniert die einzelnen Projekte mit dem Ziel der Maximierung von Synergien. Verbunden sind die Projekt- und die Management-Ebene über ein Wissensmanagement. Dieses versorgt die Projektverantwortlichen mit dem notwendigen Wissen und den richtigen Instrumenten. Während des Projekts und zu Projektende spielen die Projekte ihre Erfahrungen in das Wissensmanagement zurück. Im Projektverlauf nutzt das operative Management diese Informationen zur Koordination. Auf strategischer Ebene werden die rückgemeldeten Informationen ausgewertet und für die langfristige Weiterentwicklung der Fabrikplanung genutzt.

ISBN 978-3-86359-770-2



9 783863 597702

Heinrich Matthias Dannapfel Ein systemisches Management-Modell für die Fabrikplanung



Heinrich Matthias Dannapfel

## Ein systemisches Management-Modell für die Fabrikplanung



# Ein systemisches Management-Modell für die Fabrikplanung

## A Systemic Management Model for Factory Planning

Von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Ingenieurwissenschaften  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Heinrich Matthias Dannapfel  
(geb. Backs)

### **Berichter:**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Burggräf, MBA

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Juli 2019



# ERGEBNISSE AUS DER PRODUKTIONSTECHNIK

**Heinrich Matthias Dannapfel**

Ein systemisches Management-Modell  
für die Fabrikplanung

**Herausgeber:**

Prof. Dr.-Ing. T. Bergs  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh  
Prof. Dr.-Ing. C. Brecher  
Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt

Band 40/2019



**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Heinrich Matthias Dannapfel:

Ein systemisches Management-Modell für die Fabrikplanung

1. Auflage, 2020

Gedruckt auf holz- und säurefreiem Papier, 100% chlorfrei gebleicht.

Apprimus Verlag, Aachen, 2020

Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien  
an der RWTH Aachen

Steinbachstr. 25, 52074 Aachen

Internet: [www.apprimus-verlag.de](http://www.apprimus-verlag.de), E-Mail: [info@apprimus-verlag.de](mailto:info@apprimus-verlag.de)

Printed in Germany

ISBN 978-3-86359-770-2

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2019)

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei einigen Personen bedanken, die mich in den letzten Jahren begleitet haben. Professor Günther Schuh möchte ich für die Chance danken, diese Dissertation im Rahmen meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen anfertigen zu dürfen. Ferner möchte ich mich für das Vertrauen und die zahlreichen Ratschläge, insbesondere während meiner Zeit als Oberingenieur, bedanken. Professor Achim Kampker möchte ich für die Begleitung und das Feedback während der ersten Jahre am WZL danken. Sie beide haben den Weg für diese Arbeit geebnet. Ein besonderer Dank gilt Professor Peter Burggräf, den ich stets als wichtigen Mentor wahrgenommen habe und der mir während der gesamten Zeit am WZL mit Rat und Tat sowie nahezu unendlichem Optimismus zur Seite stand.

Ebenso möchte ich mich bei meinen Kollegen bedanken. Stellvertretend seien Dr. Alexander Meckelnborg und Dr. Moritz Krunke genannt, unter deren Leitung ich in der Gruppe Werksstrukturplanung im Jahr 2012 begonnen habe. Ferner danke ich Sebastian Kamp, der mir als erster Bürokollege das Leben sehr viel leichter gemacht hat. Dr. Hanno Voet möchte ich für die unzähligen herausragenden Dienstreisen und Momente danken, an die ich mich immer gerne zurückerinnern werde. Dr. Johannes Wagner, Dr. Alexander Marks und Jan-Philip Ganser danke ich für die jahrelange Zusammenarbeit, auch über die Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter hinaus.

Außerdem möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Abteilung Fabrikplanung des Lehrstuhls für Produktionssystematik bedanken, die ich seit Ende 2016 als Oberingenieur leiten darf. Ihr seid der Hauptgrund, dass ich jeden Tag mit Freude zur Arbeit komme und ich hoffe, euch etwas von dem geben zu können, was ich selber in den letzten Jahren erfahren durfte. Auch den zahlreichen studentischen Hilfskräften und Abschlussarbeitern gilt mein Dank.

Meinen Eltern Rita und Helmut danke ich für Ihre Liebe und Unterstützung sowie für das Vertrauen, das sie in mich gesetzt haben. Ihr habt mich im Wesentlichen zu dem Menschen gemacht, der ich heute bin und es mir ermöglicht, meinen Weg zu gehen. Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Brüdern Thomas und Andreas bedanken. Bleibt wie ihr seid und ich hoffe, dass wir auch in Zukunft so ein enges Verhältnis zueinander haben.

Mein letzter und größter Dank gilt meiner Frau Verena. Du bereicherst mein Leben, motivierst und unterstützt mich wie niemand sonst. Mit dir kann ich meine innersten Gedanken teilen, denn ich weiß, dass du mich verstehst und ich immer auf einen wertvollen Rat, einen humorvollen Kommentar, aber auch ehrliche Worte zählen kann. Du bist der wichtigste Mensch in meinem Leben und ich freue mich auf unsere gemeinsame Zukunft mit Julia.

Aachen, im August 2019

Matthias Dannapfel



## Zusammenfassung

Ein globaler Wettbewerb sowie ein rasanter technologischer Fortschritt zwingen die Unternehmen, sich ständig zu verändern und anzupassen. Aufgabe der Fabrikplanung ist es in diesem Zusammenhang, Fabriken zu planen und zu realisieren, die kurzfristig profitabel arbeiten, gleichzeitig aber in einem dynamischen Umfeld strategische Handlungsspielräume eröffnen. Außerdem erhöht sich die Frequenz, mit der Fabriken neu- bzw. umgeplant werden müssen. Dies hat zur Folge, dass Fabrikplanung, neben dem klassischen Projekt-, zunehmend einen strategischen Charakter entwickelt. Diese Entwicklung bietet Potenziale und Herausforderungen zugleich. Potenziale, da vermehrt Synergien im Kontext von Prozessen, Know-how und verwendeten Werkzeugen gehoben werden können. Herausforderungen ergeben sich aus der Tatsache, dass die Fabrikplanung ein komplexes sozio-technisches System darstellt.

Um die angesprochenen Herausforderungen zu adressieren und effektive wie effiziente Fabrikplanung zu ermöglichen, wird in dieser Arbeit unter Nutzung der Lehren und Instrumente des systemischen Managements, insb. des Modells lebensfähiger Systeme (VSM), ein Management-Modell für die Fabrikplanung entworfen. Die Struktur des Modells umfasst zwei Ebenen. In der Projektebene erfolgt die Vorbereitung und Durchführung operativer Fabrikplanungsprojekte. In Ergänzung zur Projektebene wird eine übergeordnete Management-Ebene eingeführt, die sich an das systemische Management anlehnt und normative, strategische und operative Elemente umfasst. Auf normativer Ebene wird die Vision der Fabrikplanung entwickelt, es werden kulturelle Leitplanken gesetzt und die grundlegende Organisation wird festgelegt. Auf strategischer Ebene werden strategische Erfolgspotenziale für die Fabrikplanung definiert und in der Folge besetzt. Die operative Managementebene verantwortet das übergeordnete (Multi-)Projektmanagement, sie koordiniert die einzelnen Projekte mit dem Ziel der Maximierung von Synergien. Verbunden sind die Projekt- und die Management-Ebene über ein Wissensmanagement. Dieses versorgt die Projektverantwortlichen mit dem notwendigen Wissen und den richtigen Instrumenten. Während des Projekts und zu Projektende spielen die Projekte ihre Erfahrungen in das Wissensmanagement zurück. Im Projektverlauf nutzt das operative Management diese Informationen zur Koordination. Auf strategischer Ebene werden die rückgemeldeten Informationen ausgewertet und für die langfristige Weiterentwicklung der Fabrikplanung genutzt.





## Summary

A global competition as well as technological advances force companies to reinvent themselves on a permanent basis. This is also true for the central place of value creation, the factory. The task of factory planning in this context is planning and realizing factories that are profitable in the short term and at the same time open up strategic freedom in the long term. Furthermore, the frequency in having to conduct factory planning projects is also increasing. Against this background, factory planning, in addition to its classical project character, does gain more features of a strategic process. This development does provide both opportunities and challenges. Opportunities derive from potential synergies regarding processes, know-how and tools. Challenges stem from the complex socio-technical nature of factory planning that needs to be taken into account.

To tackle the described challenges and tap the full potential of strategic factory planning, a systemic management model built on the principles of viable systems for factory planning is developed within this thesis. The basic structure consists of two layers. On the project layer, the preparation and conduction of factory planning projects is addressed. In addition to that project layer, an overarching management layer is introduced which contains, in accordance with systemic management, normative, strategic and operative characteristics. On a normative level, the vision for factory planning is developed, cultural guidelines are established and the basic organizational features are defined. The strategic level covers success potentials for factory planning. The operative level is responsible for an effective and efficient multi-project management, aiming for a maximum level of synergy and optimal contribution to the overarching targets of the company. The project and management layers are connected through a system managing the factory planning knowledge bilaterally. Throughout the projects, project staff is supplied with state-of-the-art knowledge, methods and tools in order to fulfill the tasks in the desired way. At the same time, experience with this knowledge items is feededback into the management layer in addition to actual project data. These data sets are used by the operative level to steer the projects in the right direction. On the strategic level, the feededback information is processed and used for long-term strategic development.



# Inhaltsübersicht

|                                                                                             |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Inhaltsübersicht.....</b>                                                                | <b>I</b>    |
| <b>Inhaltsverzeichnis.....</b>                                                              | <b>III</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>                                                           | <b>IX</b>   |
| <b>Tabellenverzeichnis.....</b>                                                             | <b>XIII</b> |
| <b>Abkürzungen .....</b>                                                                    | <b>XV</b>   |
| <b>1 Einleitung .....</b>                                                                   | <b>1</b>    |
| 1.1 Motivation und Zielsetzung der Arbeit .....                                             | 1           |
| 1.2 Forschungskonzeption.....                                                               | 3           |
| 1.3 Aufbau der Arbeit.....                                                                  | 6           |
| <b>2 Das Forschungsfeld Fabrikplanung.....</b>                                              | <b>9</b>    |
| 2.1 Grundlagen der Fabrikplanung.....                                                       | 9           |
| 2.2 Herausforderungen der modernen Fabrikplanung.....                                       | 28          |
| 2.3 Empirische Beobachtungen.....                                                           | 31          |
| 2.4 Erfolgsfaktoren einer systemischen Fabrikplanung .....                                  | 38          |
| 2.5 Herleitung des Bedarfs eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung..... | 42          |
| <b>3 Theorie des systemischen Managements .....</b>                                         | <b>45</b>   |
| 3.1 Grundlagen des systemischen Managements .....                                           | 45          |
| 3.2 Untersuchung der Elemente des systemischen Managements in der Fabrikplanung .....       | 85          |
| 3.3 Handlungsbedarf aus Sicht der Theorie .....                                             | 91          |
| <b>4 Konzeption eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung .....</b>       | <b>95</b>   |
| 4.1 Anforderungen an das Management-Modell.....                                             | 95          |
| 4.2 Konzeption des Management-Modells.....                                                  | 97          |
| <b>5 Detaillierung des Management-Modells.....</b>                                          | <b>113</b>  |
| 5.1 Ebene des normativen Managements in der Fabrikplanung.....                              | 113         |
| 5.2 Ebene des strategischen Managements in der Fabrikplanung .....                          | 133         |
| 5.3 Ebene des operativen Managements in der Fabrikplanung .....                             | 162         |
| 5.4 Rekapitulation des Management-Modells.....                                              | 170         |
| <b>6 Demonstration und kritische Reflexion .....</b>                                        | <b>173</b>  |
| 6.1 Ansatz der Demonstration .....                                                          | 173         |

---

|          |                                                                                     |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2      | Kritische Reflexion.....                                                            | 193        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>                                            | <b>199</b> |
| <b>8</b> | <b>Anhang.....</b>                                                                  | <b>201</b> |
| 8.1      | Ergänzende Informationen zum VSM.....                                               | 201        |
| 8.2      | Emotionale Dimension der normativen Ebene.....                                      | 214        |
| 8.3      | Ergänzende Informationen zur wertorientierten Fabrikplanung.....                    | 215        |
| 8.4      | Ergänzende Informationen zur strategischen Auslegung von Produktionsnetzwerken..... | 216        |
| 8.5      | Ergänzende Informationen zum Kompetenzaufbau .....                                  | 228        |
| 8.6      | Ergänzende Informationen zu Fabrikstandards .....                                   | 230        |
| 8.7      | Ergänzende Informationen zur modularen Fabrikplanung .....                          | 232        |
| 8.8      | Ergänzende Informationen zum Reifegradmanagement .....                              | 233        |
| 8.9      | Ergänzende Informationen zum Lösungsraummanagement.....                             | 235        |
| 8.10     | Ergänzende Informationen zu den Kompetenzen der Subjekte.....                       | 236        |
| 8.11     | Ergänzende Prozessmodelle der Fabrikplanung zu Kapitel 5.3 .....                    | 248        |
| <b>9</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                                                   | <b>259</b> |

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Inhaltsübersicht.....</b>                                                                   | <b>I</b>    |
| <b>Inhaltsverzeichnis.....</b>                                                                 | <b>III</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>                                                              | <b>IX</b>   |
| <b>Tabellenverzeichnis.....</b>                                                                | <b>XIII</b> |
| <b>Abkürzungen .....</b>                                                                       | <b>XV</b>   |
| <b>1 Einleitung .....</b>                                                                      | <b>1</b>    |
| 1.1 Motivation und Zielsetzung der Arbeit .....                                                | 1           |
| 1.2 Forschungskonzeption.....                                                                  | 3           |
| 1.3 Aufbau der Arbeit.....                                                                     | 6           |
| <b>2 Das Forschungsfeld Fabrikplanung.....</b>                                                 | <b>9</b>    |
| 2.1 Grundlagen der Fabrikplanung.....                                                          | 9           |
| 2.1.1 Der Begriff der Fabrikplanung und seine Entwicklung.....                                 | 9           |
| 2.1.2 Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung .....                                     | 10          |
| 2.1.3 Anlass, Ziele und Grundfälle der Fabrikplanung.....                                      | 13          |
| 2.1.4 Die Fabrik als Objekt der Planung.....                                                   | 16          |
| 2.1.5 Der Mensch als Subjekt der Planung.....                                                  | 21          |
| 2.1.6 Vorgehen in der Planung .....                                                            | 24          |
| 2.2 Herausforderungen der modernen Fabrikplanung.....                                          | 28          |
| 2.2.1 Turbulentes Umfeld als Treiber neuer Herausforderungen .....                             | 28          |
| 2.2.2 Anforderungen an die Fabrik.....                                                         | 29          |
| 2.2.3 Resultierende Anforderungen an die Fabrikplanung .....                                   | 30          |
| 2.3 Empirische Beobachtungen.....                                                              | 31          |
| 2.3.1 Entwicklung einer Planungs-Blaupause in der Konsumgüterindustrie.....                    | 32          |
| 2.3.2 Fabrikplanung bei einem Tier-2-Automobilzulieferer.....                                  | 33          |
| 2.3.3 Fabrikerweiterung bei einem Tier-2-Automobilzulieferer in Osteuropa .....                | 34          |
| 2.3.4 Greenfield Planung für einen außereuropäischen Standort in der Konsumgüterindustrie..... | 35          |
| 2.3.5 Review der Fabrikplanung bei einem Tier-1-Zulieferer .....                               | 36          |
| 2.3.6 Fabrikplanung bei einem Tier-1-Automobilzulieferer in Deutschland/ Osteuropa .....       | 36          |
| 2.3.7 Erkenntnisse aus den empirischen Beobachtungen .....                                     | 37          |
| 2.4 Erfolgsfaktoren einer systemischen Fabrikplanung .....                                     | 38          |
| 2.4.1 Statische Perspektive auf die Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung .....                    | 39          |

|          |                                                                                          |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.2    | Vernetzte Perspektive auf die Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung .....                    | 40        |
| 2.5      | Herleitung des Bedarfs eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung ..... | 42        |
| <b>3</b> | <b>Theorie des systemischen Managements .....</b>                                        | <b>45</b> |
| 3.1      | Grundlagen des systemischen Managements .....                                            | 45        |
| 3.1.1    | Herkunft und Entwicklung des Managements .....                                           | 45        |
| 3.1.2    | Kerngedanken des systemischen Managements.....                                           | 47        |
| 3.1.2.1  | Das systemische Management-Paradigma .....                                               | 47        |
| 3.1.2.2  | Funktionen des Managements .....                                                         | 49        |
| 3.1.2.3  | Aufgabenbereiche des Managements .....                                                   | 50        |
| 3.1.2.4  | Hierarchische Integration von Funktionen und Aufgabenbereichen .....                     | 51        |
| 3.1.2.5  | Bedeutung für die Fabrikplanung.....                                                     | 52        |
| 3.1.3    | Systeme als Objekte des systemischen Managements .....                                   | 52        |
| 3.1.3.1  | Systeme und Systemtheorie .....                                                          | 52        |
| 3.1.3.2  | Sozio-technische Systeme .....                                                           | 55        |
| 3.1.3.3  | Bedeutung für die Fabrikplanung.....                                                     | 56        |
| 3.1.4    | Komplexität als zentrale management-relevante Systemeigenschaft.....                     | 56        |
| 3.1.4.1  | Grundzüge komplexer Systeme .....                                                        | 57        |
| 3.1.4.2  | Weiterführende Charakteristika komplexer Systeme .....                                   | 58        |
| 3.1.4.3  | Bedeutung für die Fabrikplanung.....                                                     | 60        |
| 3.1.5    | Kybernetik als grundlegende Lehre des Managements komplexer Systeme .....                | 60        |
| 3.1.5.1  | Ursprung der Kybernetik.....                                                             | 60        |
| 3.1.5.2  | Das Viable System Model als zentrales Modell der Kybernetik.....                         | 61        |
| 3.1.5.3  | Weiterführende kybernetische Management-Prinzipien .....                                 | 71        |
| 3.1.5.4  | Bedeutung für die Fabrikplanung.....                                                     | 73        |
| 3.1.6    | Aktuelle Entwicklungen im Management.....                                                | 74        |
| 3.1.6.1  | Ambidextrisches Management.....                                                          | 74        |
| 3.1.6.2  | Agiles Management .....                                                                  | 76        |
| 3.1.6.3  | Management mittels agentenbasierter Modelle.....                                         | 77        |
| 3.1.6.4  | Holokratie.....                                                                          | 78        |
| 3.1.6.5  | Moderne Anwendungen des systemischen Managements .....                                   | 81        |
| 3.1.7    | Zusammenfassende Erkenntnisse aus der Analyse des systemischen Managements .....         | 84        |
| 3.2      | Untersuchung der Elemente des systemischen Managements in der Fabrikplanung .....        | 85        |
| 3.3      | Handlungsbedarf aus Sicht der Theorie.....                                               | 91        |
| <b>4</b> | <b>Konzeption eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung.....</b>       | <b>95</b> |
| 4.1      | Anforderungen an das Management-Modell .....                                             | 95        |
| 4.1.1    | Formale Anforderungen an das Management-Modell .....                                     | 95        |
| 4.1.2    | Konsolidierte Anforderungen an das Management-Modell .....                               | 96        |

|           |                                                                                                        |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2       | Konzeption des Management-Modells.....                                                                 | 97         |
| 4.2.1     | Die Fabrikplanung als lebensfähiges System.....                                                        | 97         |
| 4.2.1.1   | Normatives Leitwerk .....                                                                              | 101        |
| 4.2.1.2   | Strategie- und Technologieentwicklung .....                                                            | 104        |
| 4.2.1.3   | Operatives Multiprojektmanagement.....                                                                 | 106        |
| 4.2.1.4   | Wissensmanagement.....                                                                                 | 108        |
| 4.2.1.5   | Die Projektebene.....                                                                                  | 109        |
| 4.2.2     | Reflexion des Management-Modells.....                                                                  | 110        |
| <b>5</b>  | <b>Detaillierung des Management-Modells.....</b>                                                       | <b>113</b> |
| 5.1       | Ebene des normativen Managements in der Fabrikplanung.....                                             | 113        |
| 5.1.1     | Initiierung des normativen Managements.....                                                            | 113        |
| 5.1.1.1   | Situationsanalyse .....                                                                                | 114        |
| 5.1.1.2   | Organisationsanalyse .....                                                                             | 117        |
| 5.1.1.3   | Organisationsdiagnose .....                                                                            | 118        |
| 5.1.1.4   | Zielformulierung.....                                                                                  | 119        |
| 5.1.2     | Definition der Organisationsverfassung .....                                                           | 120        |
| 5.1.2.1   | Zuordnung der Verantwortlichkeiten.....                                                                | 120        |
| 5.1.2.1.1 | Ausgestaltung des Zielsystems für die Fabrikplanung.....                                               | 121        |
| 5.1.2.1.2 | Ausgestaltung des Objektsystems für die Fabrikplanung .....                                            | 124        |
| 5.1.2.1.3 | Ausgestaltung des Prozesssystems für die Fabrikplanung .....                                           | 125        |
| 5.1.2.1.4 | Ausgestaltung des Subjektsystems für die Fabrikplanung .....                                           | 129        |
| 5.1.2.2   | Rollenmodell der Fabrikplanung .....                                                                   | 131        |
| 5.2       | Ebene des strategischen Managements in der Fabrikplanung.....                                          | 133        |
| 5.2.1     | Wertorientierte Fabrikplanung als Leitfaden des unternehmerischen Handelns .....                       | 134        |
| 5.2.1.1   | Vorgehen.....                                                                                          | 134        |
| 5.2.1.2   | Verortung im Management-Modell .....                                                                   | 136        |
| 5.2.2     | Strategische Produktionsnetzwerkplanung als Grundlage der langfristigen<br>Werkeentwicklung.....       | 136        |
| 5.2.2.1   | Vorgehen.....                                                                                          | 137        |
| 5.2.2.2   | Verortung im Management-Modell .....                                                                   | 141        |
| 5.2.3     | Strategische Plan-or-Buy Entscheidung zur Fokussierung eigener Kernkompetenzen in<br>der Planung ..... | 142        |
| 5.2.3.1   | Vorgehen.....                                                                                          | 142        |
| 5.2.3.2   | Verortung im Management-Modell .....                                                                   | 144        |
| 5.2.4     | Fabrikstandards als Basis effektiver Ergebnisse und effizienter Prozesse.....                          | 145        |
| 5.2.4.1   | Vorgehen.....                                                                                          | 145        |
| 5.2.4.2   | Verortung im Management-Modell .....                                                                   | 148        |



|          |                                                                                            |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.5    | Modulare Fabrikplanung als Grundlage einer komplexitätsgerechten Projektorganisation ..... | 149        |
| 5.2.5.1  | Vorgehen .....                                                                             | 149        |
| 5.2.5.2  | Verortung im Management-Modell .....                                                       | 151        |
| 5.2.6    | Reifegradmanagement als Grundlage einer effizienten Projektdurchführung .....              | 151        |
| 5.2.6.1  | Vorgehen .....                                                                             | 152        |
| 5.2.6.2  | Verortung im Management-Modell .....                                                       | 154        |
| 5.2.7    | Agiles Projektmanagement als Grundlage einer effizienten Projektkoordination .....         | 154        |
| 5.2.7.1  | Vorgehen .....                                                                             | 154        |
| 5.2.7.2  | Verortung im Management-Modell .....                                                       | 156        |
| 5.2.8    | Lösungsraummanagement zur effizienten Bearbeitung der Planungsmodule .....                 | 156        |
| 5.2.8.1  | Vorgehen .....                                                                             | 156        |
| 5.2.8.2  | Verortung im Management-Modell .....                                                       | 158        |
| 5.2.9    | Personalqualifikation in der Aachener Fabrikplanungsschule .....                           | 158        |
| 5.2.9.1  | Vorgehen .....                                                                             | 158        |
| 5.2.9.2  | Verortung im Management-Modell .....                                                       | 161        |
| 5.3      | Ebene des operativen Managements in der Fabrikplanung .....                                | 162        |
| 5.4      | Rekapitulation des Management-Modells .....                                                | 170        |
| <b>6</b> | <b>Demonstration und kritische Reflexion .....</b>                                         | <b>173</b> |
| 6.1      | Ansatz der Demonstration .....                                                             | 173        |
| 6.1.1    | Aufbau der Studie .....                                                                    | 173        |
| 6.1.2    | Ergebnisse der Validierung .....                                                           | 175        |
| 6.2      | Kritische Reflexion .....                                                                  | 193        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>                                                  | <b>199</b> |
| <b>8</b> | <b>Anhang .....</b>                                                                        | <b>201</b> |
| 8.1      | Ergänzende Informationen zum VSM .....                                                     | 201        |
| 8.2      | Emotionale Dimension der normativen Ebene .....                                            | 214        |
| 8.3      | Ergänzende Informationen zur wertorientierten Fabrikplanung .....                          | 215        |
| 8.4      | Ergänzende Informationen zur strategischen Auslegung von Produktionsnetzwerken .....       | 216        |
| 8.5      | Ergänzende Informationen zum Kompetenzaufbau .....                                         | 228        |
| 8.6      | Ergänzende Informationen zu Fabrikstandards .....                                          | 230        |
| 8.6.1    | Prozessvariantenbaum .....                                                                 | 230        |
| 8.6.2    | Bildung der Prozesskettenvarianten .....                                                   | 231        |
| 8.7      | Ergänzende Informationen zur modularen Fabrikplanung .....                                 | 232        |
| 8.8      | Ergänzende Informationen zum Reifegradmanagement .....                                     | 233        |
| 8.8.1    | Auszug aus dem reifegradbasierten Referenzprozess .....                                    | 233        |

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.8.2 Reifegrad-Controllingkarte .....                                | 234        |
| 8.9 Ergänzende Informationen zum Lösungsraummanagement .....          | 235        |
| 8.10 Ergänzende Informationen zu den Kompetenzen der Subjekte .....   | 236        |
| 8.11 Ergänzende Prozessmodelle der Fabrikplanung zu Kapitel 5.3 ..... | 248        |
| 8.11.1 Prozessmodell zu Prozess 1 .....                               | 248        |
| 8.11.2 Prozessmodell zu Prozess 2 .....                               | 249        |
| 8.11.3 Prozessmodell zu Prozess 3 .....                               | 250        |
| 8.11.4 Prozessmodell zu Prozess 4 .....                               | 251        |
| 8.11.5 Prozessmodell zu Prozess 5 .....                               | 252        |
| 8.11.6 Prozessmodell zu Prozess 6 .....                               | 253        |
| 8.11.7 Prozessmodell zu Prozess 7 .....                               | 254        |
| 8.11.8 Prozessmodell zu Prozess 8 .....                               | 255        |
| 8.11.9 Prozessmodell zu Prozess 9 .....                               | 256        |
| 8.11.10 Prozessmodell zu Prozess 10 .....                             | 257        |
| 8.11.11 Prozessmodell zu Prozess 11 .....                             | 258        |
| <b>9 Literaturverzeichnis .....</b>                                   | <b>259</b> |



## Abbildungsverzeichnis

|                |                                                                                              |     |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 1-1: | Zielverfehlung in der Fabrikplanung.....                                                     | 2   |
| Abbildung 1-2: | Systematik der Wissenschaften .....                                                          | 4   |
| Abbildung 1-3: | Explorativer Forschungszyklus .....                                                          | 5   |
| Abbildung 1-4: | Aufbau der Arbeit.....                                                                       | 7   |
| Abbildung 2-1: | Fabrikplanung als Bestandteil der Unternehmensplanung.....                                   | 11  |
| Abbildung 2-2: | Zielgrößen und Planungsnutzen der Fabrikplanung.....                                         | 15  |
| Abbildung 2-3: | Kategorisierung der Fabrikelemente nach BERGHOLZ.....                                        | 17  |
| Abbildung 2-4: | Marktorientierte Fabriktypen nach WIENDAHL ET AL.....                                        | 19  |
| Abbildung 2-5: | Fabriktypen nach HILCHNER .....                                                              | 20  |
| Abbildung 2-6: | Einordnung verschiedener Strömungen der Fabrikplanung nach NÖCKER.....                       | 24  |
| Abbildung 2-7: | Grundprinzip der zustandsbasierten Planung .....                                             | 27  |
| Abbildung 2-8: | Die Domänen der Fabrikplanung als Glieder einer Kette .....                                  | 38  |
| Abbildung 2-9: | Abhängigkeiten zwischen den Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung .....                          | 42  |
| Abbildung 3-1: | Paradigmenwechsel im Management.....                                                         | 48  |
| Abbildung 3-2: | Führungsstufen, -funktionen und -aufgaben.....                                               | 51  |
| Abbildung 3-3: | Einordnung komplexer Systeme.....                                                            | 57  |
| Abbildung 3-4: | Das Modell lebensfähiger Systeme .....                                                       | 63  |
| Abbildung 3-5: | Das Rekursionsprinzip .....                                                                  | 68  |
| Abbildung 3-6: | Das neue St. Galler Management-Modell .....                                                  | 81  |
| Abbildung 3-7: | Landkarte der Durchdringung des systemischen Managements in der<br>Fabrikplanung.....        | 93  |
| Abbildung 4-1: | Konsolidierte Anforderungen an das Management-Modell .....                                   | 97  |
| Abbildung 4-2: | Operation und Management-Einheit der Fabrikplanung.....                                      | 98  |
| Abbildung 4-3: | Management-Modell für die Fabrikplanung .....                                                | 101 |
| Abbildung 5-1: | Pyramidenmodell als Grundlage der Visionsentwicklung .....                                   | 115 |
| Abbildung 5-2: | Typische Schwachstellen der Fabrikplanung anhand eines VSM-Modells .....                     | 119 |
| Abbildung 5-3: | Auszug eines beispielhaften Zielsystems für die Fabrikplanung innerhalb eines<br>Jahres..... | 120 |
| Abbildung 5-4: | Zielsystem der Fabrikplanung.....                                                            | 123 |
| Abbildung 5-5: | Objektsystem der Fabrikplanung.....                                                          | 125 |
| Abbildung 5-6: | Prozesssystem der Fabrikplanung .....                                                        | 128 |
| Abbildung 5-7: | Handlungssystem der Fabrikplanung .....                                                      | 130 |
| Abbildung 5-8: | Rollenmodell in der Fabrikplanung.....                                                       | 133 |
| Abbildung 5-9: | Return on Planning in der Fabrikplanung .....                                                | 135 |

|                 |                                                                                 |     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 5-10: | Nutzenpotenziale in der Fabrikplanung.....                                      | 135 |
| Abbildung 5-11: | Vorgehen in der wertorientierten Fabrikplanung.....                             | 136 |
| Abbildung 5-12: | Abgleich von Position und Bedeutung der Gestaltungsfaktoren .....               | 138 |
| Abbildung 5-13: | Netzwerktypologien nach HARRE.....                                              | 139 |
| Abbildung 5-14: | Fabriktypen nach HILCHNER .....                                                 | 140 |
| Abbildung 5-15: | Standortsteckbriefe als Grundlage der langfristigen Werkeentwicklung .....      | 141 |
| Abbildung 5-16: | Vorgehen zur Auslegung des Produktionsnetzwerks .....                           | 142 |
| Abbildung 5-17: | Bestimmung von Strategien im Kontext der PoB-Entscheidung.....                  | 144 |
| Abbildung 5-18: | Vorgehen in der PoB-Entscheidung .....                                          | 145 |
| Abbildung 5-19: | Berechnungsvorschrift für Flexibilitätsbedarf und Standardisierungspotenzial... | 147 |
| Abbildung 5-20: | Vorgehen zur Einführung von Fabrikstandards.....                                | 149 |
| Abbildung 5-21: | Methodik der zustandsbasierten Fabrikplanung .....                              | 150 |
| Abbildung 5-22: | Vorgehen der modularen Fabrikplanung .....                                      | 151 |
| Abbildung 5-23: | Reifegradmodell der Fabrikplanung .....                                         | 152 |
| Abbildung 5-24: | Beispielhafte Planungsinformation inkl. Planungsattributen.....                 | 153 |
| Abbildung 5-25: | Vorgehen im Reifegradmanagement .....                                           | 154 |
| Abbildung 5-26: | Projektdurchführung und -steuerung mittels agilem Planungsansatz.....           | 155 |
| Abbildung 5-27: | Vorgehen in der agilen Fabrikplanung .....                                      | 156 |
| Abbildung 5-28: | Matrix zur Definition des initialen Lösungsraumes .....                         | 157 |
| Abbildung 5-29: | Vorgehen im Lösungsraummanagement .....                                         | 158 |
| Abbildung 5-30: | Priorisierung der Kompetenzen .....                                             | 160 |
| Abbildung 5-31: | Kompetenzprofil der Planer.....                                                 | 161 |
| Abbildung 5-32: | Vorgehen in der Kompetenzentwicklung .....                                      | 162 |
| Abbildung 5-33: | Symbole und Erläuterungen des BPMN 2.0.....                                     | 164 |
| Abbildung 5-34: | Kybernetisches Regelungsmodell der Fabrikplanung .....                          | 165 |
| Abbildung 6-1:  | Charakterisierung der befragten Unternehmen.....                                | 174 |
| Abbildung 6-2:  | Erläuterungen zu den Auswertungsdiagrammen .....                                | 176 |
| Abbildung 6-3:  | Strategische Bedeutung der Fabrikplanung .....                                  | 177 |
| Abbildung 6-4:  | Kenntnis und explizite Anwendung des VSM in der Fabrikplanung .....             | 177 |
| Abbildung 6-5:  | Explizite und implizite Erfüllung der VSM-Systemfunktionen .....                | 179 |
| Abbildung 6-6:  | Erfüllung der Funktionen des normativen Leitwerks .....                         | 180 |
| Abbildung 6-7:  | Potenzial der Funktionen des normativen Leitwerks.....                          | 181 |
| Abbildung 6-8:  | Verbreitung der SEP in der Fabrikplanung.....                                   | 182 |
| Abbildung 6-9:  | Potenzial der SEP in der Fabrikplanung.....                                     | 183 |
| Abbildung 6-10: | Verbreitung von Systematik im Vorgehen der SEP-Definition.....                  | 184 |
| Abbildung 6-11: | Potenzial eines systematischen Vorgehens in der SEP-Definition.....             | 185 |
| Abbildung 6-12: | Bevorzugte Mittel im Multiprojektmanagement .....                               | 186 |

|                 |                                                                                                                     |     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 6-13: | Verbreitung und Potenzial der Abstimmung strategischer und operativer Leitungsfunktionen in der Fabrikplanung ..... | 187 |
| Abbildung 6-14: | Strategische Initiierung von Fabrikplanungsprojekten .....                                                          | 188 |
| Abbildung 6-15: | Erfüllung der Koordinationsfunktionen .....                                                                         | 189 |
| Abbildung 6-16: | Potenzial der Koordinationsfunktionen .....                                                                         | 190 |
| Abbildung 6-17: | Verbreitung und Potenzial des agilen Projektmanagements in der Fabrikplanungspraxis .....                           | 191 |
| Abbildung 6-18: | Verbreitung und Nutzung des Wissensmanagements in der Fabrikplanung .....                                           | 192 |
| Abbildung 8-1:  | Lenkungsmodell der Systeme 1 .....                                                                                  | 202 |
| Abbildung 8-2:  | Lenkungsmodell des Systems 2 .....                                                                                  | 205 |
| Abbildung 8-3:  | Lenkungsmodell des Systems 3 .....                                                                                  | 207 |
| Abbildung 8-4:  | Lenkungsmodell des Systems 4 .....                                                                                  | 210 |
| Abbildung 8-5:  | Lenkungsmodell des Systems 5 .....                                                                                  | 212 |
| Abbildung 8-6:  | Integration der Systeme 3, 4 und 5 .....                                                                            | 213 |
| Abbildung 8-7:  | Übersicht funktionaler Wirkbeziehungen .....                                                                        | 215 |
| Abbildung 8-8:  | Gewichtung der Gestaltungsfaktoren mittels AHP-Verfahren .....                                                      | 217 |
| Abbildung 8-9:  | Abgleich von Position und Bedeutung der Gestaltungsfaktoren .....                                                   | 218 |
| Abbildung 8-10: | Netzwerktypologien nach HARRE .....                                                                                 | 219 |
| Abbildung 8-11: | Bewertung der Netzwerktypologien mittels AHP-Verfahren .....                                                        | 222 |
| Abbildung 8-12: | Fabriktypen nach HILCHNER .....                                                                                     | 223 |
| Abbildung 8-13: | Verknüpfung der Netzwerktypologien mit den Fabriktypen .....                                                        | 225 |
| Abbildung 8-14: | Standortsteckbriefe als Grundlage der langfristigen Werkeentwicklung .....                                          | 226 |
| Abbildung 8-15: | Roadmap für die langfristige Werkeentwicklung .....                                                                 | 227 |
| Abbildung 8-16: | Aufbau eines Prozessvariantenbaums .....                                                                            | 230 |
| Abbildung 8-17: | Aufbau von Baukästen für die Produktion .....                                                                       | 231 |
| Abbildung 8-18: | Bestimmung der logischen Reihenfolge der Planungsmodule .....                                                       | 232 |
| Abbildung 8-19: | Beispielhafte Planungsinhalte der Reifestufe Planungsfreigabe .....                                                 | 233 |
| Abbildung 8-20: | Beispiel einer Reifegrad-Controllingkarte .....                                                                     | 234 |
| Abbildung 8-21: | Abstraktionsstufen der Lösungsräume .....                                                                           | 235 |
| Abbildung 8-22: | Analyse der intermodularen Informationsflüsse .....                                                                 | 237 |
| Abbildung 8-23: | Kompetenzprofil der Teamleitung .....                                                                               | 239 |
| Abbildung 8-24: | Kompetenzprofil der Projektlotsen .....                                                                             | 241 |
| Abbildung 8-25: | Kompetenzprofil der Projektleitung .....                                                                            | 243 |
| Abbildung 8-26: | Kompetenzprofil des Steuerkreises .....                                                                             | 244 |
| Abbildung 8-27: | Kompetenzprofil von FP-MPM .....                                                                                    | 245 |
| Abbildung 8-28: | Kompetenzprofil von FP-ST .....                                                                                     | 246 |
| Abbildung 8-29: | Kompetenzprofil des normativen Leitwerks .....                                                                      | 247 |
| Abbildung 8-30: | Prozesse der normativen und strategischen Initiierung .....                                                         | 248 |

---

|                 |                                                                   |     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 8-31: | Prozesse der organisatorischen Gestaltung.....                    | 249 |
| Abbildung 8-32: | Prozesse der Produktionsnetzwerkplanung .....                     | 250 |
| Abbildung 8-33: | Prozesse der strategischen PoB-Entscheidung .....                 | 251 |
| Abbildung 8-34: | Prozesse der SEP-Gestaltung .....                                 | 252 |
| Abbildung 8-35: | Prozesse der Projektinitiierung .....                             | 253 |
| Abbildung 8-36: | Prozesse der Projektplanung.....                                  | 254 |
| Abbildung 8-37: | Prozesse der Projektdurchführung – Projektkonkretisierung .....   | 255 |
| Abbildung 8-38: | Prozesse der Projektdurchführung – Projektcontrolling .....       | 256 |
| Abbildung 8-39: | Prozesse des Projektabschlusses.....                              | 257 |
| Abbildung 8-40: | Prozesse der kybernetischen Regelung auf strategischer Ebene..... | 258 |

## Tabellenverzeichnis

|              |                                                                             |     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 2-1: | Beispielhafte Zuordnung von Fabrikplanungsaufgaben zu den Planungsebenen .. | 12  |
| Tabelle 2-2: | Vergleich phasenorientierter Ansätze in der Fabrikplanung .....             | 26  |
| Tabelle 8-1: | Funktionsweise von System 1 .....                                           | 204 |
| Tabelle 8-2: | Funktionsweise von System 2 .....                                           | 206 |
| Tabelle 8-3: | Funktionsweise von System 3 .....                                           | 209 |
| Tabelle 8-4: | Funktionsweise von System 4 .....                                           | 211 |
| Tabelle 8-5: | Funktionsweise von System 5 .....                                           | 213 |
| Tabelle 8-6: | Modulwichtigkeit nach BURGGRÄF und HILCHNER.....                            | 228 |
| Tabelle 8-7: | Übersicht der Informations- und Modulinteraktionen.....                     | 236 |





## Abkürzungen

|          |                                              |
|----------|----------------------------------------------|
| AHP      | Analytical Hierarchy Process                 |
| Aufl.    | Auflage                                      |
| AVG      | Arbeitsvorgang                               |
| Bd.      | Band                                         |
| BWL      | Betriebswirtschaftslehre                     |
| bzw.     | beziehungsweise                              |
| bspw.    | beispielsweise                               |
| bzgl.    | bezüglich                                    |
| ca.      | circa                                        |
| d. h.    | das heißt                                    |
| DFG      | Deutsche Forschungsgemeinschaft              |
| DIN      | Deutsches Institut für Normung e. V.         |
| EDV      | Elektronische Datenverarbeitung              |
| EME      | Externe motorische Einheit                   |
| ESE      | Externe sensorische Einheit                  |
| et al.   | et alii                                      |
| etc.     | et cetera                                    |
| e. V.    | eingetragener Verein                         |
| f.       | folgende                                     |
| ff.      | fortfolgende                                 |
| ggf.     | gegebenenfalls                               |
| GmbH     | Gesellschaft mit beschränkter Haftung        |
| Hrsg.    | Herausgeber                                  |
| I. A. a. | In Anlehnung an                              |
| i. d. R. | in der Regel                                 |
| IME      | Interne motorische Einheit                   |
| insb.    | insbesondere                                 |
| ISE      | Interne sensorische Einheit                  |
| IT       | Informationstechnologie                      |
| Jg.      | Jahrgang                                     |
| Kap.     | Kapitel                                      |
| KPI      | Key Performance Indicator                    |
| MAE      | Maschinen, Anlagen, Einrichtungen            |
| MES      | Manufacturing Execution System               |
| MPA      | Management-Prozess-Architektur               |
| N        | Anzahl                                       |
| Nr., #   | Nummer                                       |
| OEM      | Original Equipment Manufacturer              |
| PEP      | Produktentwicklungsprozess                   |
| PVBM     | Prozessvariantenbaum                         |
| RWTH     | Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule |
| S.       | Seite(n)                                     |

---

|       |                                                   |
|-------|---------------------------------------------------|
| sog.  | sogenannt(e)                                      |
| Stk.  | Stück                                             |
| TM    | Technologiemerkmal(e)                             |
| TT    | Technologie-Typ                                   |
| u. a. | unter anderem                                     |
| usw.  | und so weiter                                     |
| VBM   | Variantenbaum                                     |
| VDI   | Verein Deutscher Ingenieure e. V.                 |
| VDMA  | Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. |
| vgl.  | vergleiche                                        |
| VMES  | Viable Manufacturing Execution System             |
| VSM   | Viable System Model/Modell lebensfähiger Systeme  |
| WZL   | Werkzeugmaschinenlabor                            |
| z. B. | zum Beispiel                                      |
| ZZ    | Zykluszeit                                        |
| %     | Prozent                                           |

# 1 Einleitung

In der Fabrikplanung vollzieht sich ein Paradigmenwechsel. Aufgrund einer zunehmenden Dynamik im Unternehmensumfeld steigt die Frequenz von Fabrikplanung und nimmt so immer mehr den Charakter eines kontinuierlichen Prozesses an.<sup>1</sup> Die wissenschaftliche Theorie der Fabrikplanung hat in der Vergangenheit vor allem die Projektebene fokussiert. Jüngere Arbeiten der letzten Jahre erkennen den kontinuierlichen Charakter der Fabrikplanung und entwickeln erste Lösungsansätze. An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an und verfolgt das Ziel, ein ganzheitliches, systemisches Management-Modell für die Fabrikplanung im Kontext einer kontinuierlichen Aufgabe zu entwickeln. Im Folgenden wird zunächst die Motivation und Zielsetzung dieser Arbeit dargestellt (Kapitel 1.1), bevor auf den gewählten forschungsmethodologischen Ansatz eingegangen wird (Kapitel 1.2). Zur Vorbereitung des Lesers wird schließlich die Hauptgliederung der Arbeit vorgestellt (Kapitel 1.3)

## 1.1 Motivation und Zielsetzung der Arbeit

Im Jahr 2016 war das verarbeitende Gewerbe für 22,6% der Bruttowertschöpfung in Deutschland verantwortlich und beschäftigte 6,1 Millionen Mitarbeiter.<sup>2</sup> Das Investitionsvolumen in Sachanlagen belief sich in 2016 auf 57,3 Milliarden €.<sup>3</sup> Das verarbeitende Gewerbe nahm und nimmt im Kontext der deutschen Wirtschaft somit eine „Schlüsselrolle“<sup>4</sup> ein. Die Industrie sieht sich jedoch Entwicklungen ausgesetzt, die diese Rolle bedrohen. Im Zuge der fortschreitenden Globalisierung drängen neue Wettbewerber auf den Markt, Kundenwünsche werden individueller und kürzere Technologielebenszyklen erfordern erhöhte Agilität.<sup>5</sup> In diesem Kontext kommt der Fabrik, als zentralem Ort der Wertschöpfung, eine besondere Bedeutung zu. Sie determiniert zu einem wesentlichen Teil die Kosten, zu denen ein Produkt am Markt angeboten werden kann, beeinflusst in einem hohen Maße die Produktqualität und ist Wandlungsbefähiger bzw. -hemmer in einem dynamischen Umfeld, welches kurzfristige Reaktionen erfordert.

Die treibende Kraft hinter leistungsfähigen Fabriken ist die Fabrikplanung. Sie definiert den Rahmen, in dem ein Unternehmen aus produktionstechnischer und logistischer Sicht handeln oder auch nicht handeln kann.<sup>6</sup> Im unternehmerischen Kontext nimmt sie somit eine zentrale Rolle ein. Fabrikplanung

---

<sup>1</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 2; Beller, M. (2009) Prozessorientiertes Vorgehensmodell, S. 64; Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 2; Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 14.

<sup>2</sup> Vgl. N.N. (2017) Statistisches Jahrbuch Deutschland 2017, S. 330, 547. In der Folge wird für Berufsbilder aus Gründen der Lesbarkeit die männliche Form verwendet. Dies schließt jedoch ausdrücklich jedes Geschlecht mit ein.

<sup>3</sup> Vgl. N.N. (2017) Statistisches Jahrbuch Deutschland 2017, S. 547.

<sup>4</sup> Vgl. Brecher, C. (2011) Integrative Produktionstechnik, S. 19.

<sup>5</sup> Vgl. Bertling, M. et al. (2018) The Minimum Viable Production System, S. 25.

<sup>6</sup> Vgl. Sule, D. (2008) Manufacturing Facilities, S. 1 ff.; Helbing, K. (2010) Handbuch Fabrikprojektierung, S. 17.

ist dabei als sozio-technisches System aufzufassen. Sie besteht aus einer Vielzahl an Disziplinen, Aufgaben und Beteiligten, die dynamisch interagieren und erfüllt somit die Anforderungen an ein komplexes System.<sup>7</sup> Obwohl das System Fabrikplanung in der jüngeren Vergangenheit stark an Komplexität gewonnen hat, agiert die Fabrikplanung häufig auf Basis von Konzepten, die teils aus den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts stammen. In der Praxis führt dies dazu, dass eine Vielzahl an Projekten die ihnen gesetzten Ziele verfehlen (vgl. Abbildung 1-1).

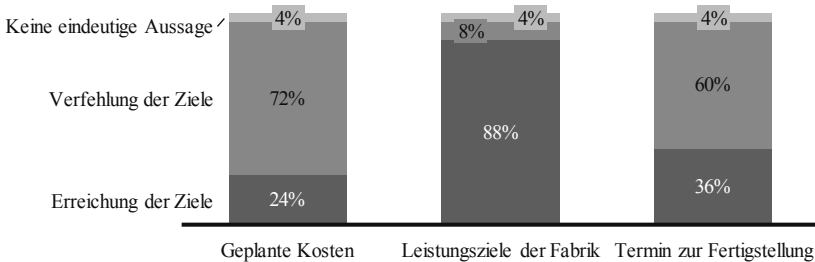


Abbildung 1-1: Zielverfehlung in der Fabrikplanung<sup>8</sup>

Gleichzeitig bieten die aktuellen Entwicklungen auch Chancen für die Fabrikplanung. Eine gestiegene Dynamik infolge kürzerer Technologielebenszyklen führt zu einer erhöhten Frequenz fabrikplanerischer Tätigkeiten, um Fabriken stets an den aktuellen Anforderungen auszurichten. Die Fabrikplanung, klassischerweise als prototypisches Großprojekt verstanden, gewinnt hierdurch vermehrt den Charakter eines strategischen Prozesses. Großprojekte sind gekennzeichnet durch ihre Einmaligkeit und einen hohen Neuheitsgrad. Im Fokus steht, das Projekt überhaupt zum Erfolg zu führen. Prozesse hingegen sind geprägt von einem höheren Grad an Wiederholbarkeit und Routine. Dies ermöglicht die Fokussierung von Effektivität und Effizienz. Es geht weniger darum, den Prozess zum Erfolg zu führen, sondern dies besonders gut im Hinblick auf Ergebnis und Ressourceneinsatz zu tun. In der Produktentwicklung hat bereits in den 90er-Jahren des letzten Jahrhunderts ein Wandel im Verständnis hin zu einer Prozessorientierung stattgefunden.<sup>9</sup> Die prinzipielle Prozessorientierung hat auch in die Fabrikplanung Einzug gehalten. Jedoch liegt der Fokus in der prozessorientierten Bearbeitung von Projekten.<sup>10</sup> Die höhere Frequenz ermöglicht jedoch, Fabrikplanung strategisch zu denken und auf strategischer Ebene Ansätze zu entwickeln, die den operativen Fabrikplanungsprozess unterstützen. Lohnte sich der Initialaufwand der Entwicklung dieser Ansätze in der Vergangenheit nicht, lassen sich durch die erhöhte Nutzung infolge häufigerer Projekte Skaleneffekte realisieren, die den initialen Aufwand rechtfertigen. Diese strategische Ebene wird in der Literatur zur Fabrikplanung jedoch kaum betrachtet, im Fokus steht vielmehr die Projektebene.

An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an. Sie unternimmt den Versuch, ein Management-Modell zu entwerfen, welches es ermöglicht, Fabrikplanung in einem komplexen Umfeld erfolgreich zu

<sup>7</sup> Vgl. Schuh, G. et al. (2009) Frei konfigurierbare Planungsprozesse, S. 194.

<sup>8</sup> I. A. a. Reinema, C. et al. (2013) Agiles Projektmanagement, S. 115.

<sup>9</sup> Vgl. Adler, P. et al. (1995) From Project to Process Management.

<sup>10</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung, S. 3.

betreiben. Dabei wird nicht nur die Projektebene fokussiert. Fabrikplanung wird vielmehr als kontinuierlicher Prozess angesehen, der strategisch interpretiert werden muss. Management wird in dieser Arbeit angelehnt an die St. Galler Schule als Gestalten, Lenken und Entwickeln komplexer sozio-technischer Systeme verstanden. Im Mittelpunkt steht die Umwandlung von Ressourcen in Nutzen mit dem Ziel der Maximierung von Effektivität, im Sinne einer strategischen Zielerreichung, und Effizienz, im Sinne einer bestmöglichen Ressourcennutzung.<sup>11</sup>

Vor diesem Hintergrund kann die zentrale Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit definiert werden, die zum Ende dieser Arbeit bearbeitet werden soll:

*Wie muss ein Management-Modell gestaltet sein, um ein systemisches Management der Fabrikplanung zu ermöglichen?*

Um den Forschungsprozess in der Folge zielgerichtet zu lenken, werden folgende Unterforschungsfragen definiert:

- a) *Wie muss das Management-Modell strukturell und prozessual aufgebaut sein, um die theoretischen Anforderungen des systemischen Managements zu erfüllen?*
- b) *Welche inhaltlichen Elemente muss das Modell umfassen, um praxisorientierte Probleme der Fabrikplanung zu lösen und so die Effektivität und Effizienz zu erhöhen?*

## 1.2 Forschungskonzeption

Die Kernaufgabe des Wissenschaftlers ist es, Wissen zu schaffen. Um jedoch sicherzustellen, dass neben der reinen Mehrung von Wissen auch nützliches Wissen entsteht, muss zunächst eine Einordnung des Wissenschaftsgebiets Fabrikplanung vorgenommen werden. Nach ULRICH UND HILL lassen sich die Wissenschaften prinzipiell in Formal- und Realwissenschaften unterteilen (vgl. Abbildung 1-2).<sup>12</sup> Formalwissenschaften befassen sich mit der „Konstruktion von Sprachen“<sup>13</sup> sowie der Art, Weise und Verwendung der darin enthaltenen Zeichen. Die Realwissenschaften stellen hingegen die wahrnehmbare Realität in den Mittelpunkt und lassen sich ferner unterteilen in Grundlagen- und Handlungswissenschaften. Die Beschreibung und Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene im Hier und Jetzt bildet den Kern der Grundlagenwissenschaften, bspw. der Physik oder der Chemie. Die Handlungswissenschaften hingegen fokussieren zukunftsorientierte Handlungsmöglichkeiten des Menschen zur Gestaltung sozialer oder technischer Systeme.<sup>14</sup> Spiegelt man vor diesem Hintergrund die Aufgabe der Fabrikplanung, nämlich die Planung des zukünftig realen sozio-technischen Objekts Fabrik, lässt sich eine Zuordnung zu den Handlungswissenschaften vornehmen.

---

<sup>11</sup> Vgl. Malik, F. (2007) Management, S. 35.

<sup>12</sup> Vgl. Hill, W. et al. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen I, S. 305.

<sup>13</sup> Vgl. Hill, W. et al. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen I, S. 305.

<sup>14</sup> Vgl. Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 6.

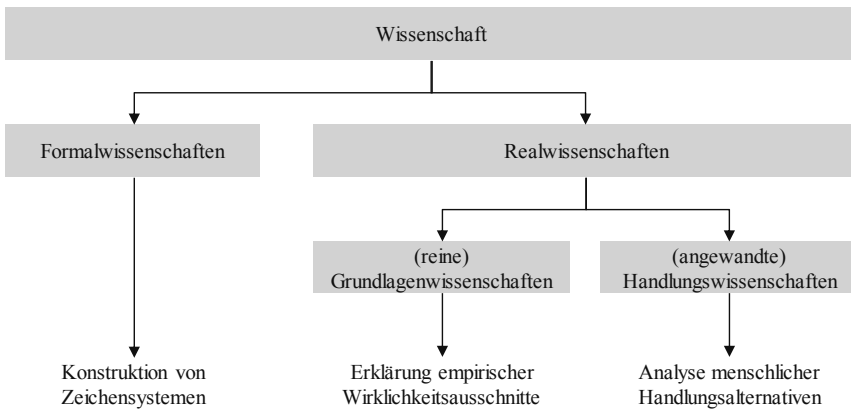


Abbildung 1-2: Systematik der Wissenschaften<sup>15</sup>

In Abhängigkeit der Zielsetzung dieser Arbeit ist der erkenntnistheoretische Ansatz offenzulegen, dem der Forscher folgt. Bis heute herrscht in der wissenschaftlichen Community kein Konsens darüber, wie in den Handlungswissenschaften systematisch Erkenntnisse zu gewinnen sind. Der Autor dieser Arbeit spricht sich ausdrücklich gegen eine dogmatische Verfolgung eines singulären Ansatzes aus, sondern plädiert vielmehr für einen gesunden Methodenpluralismus zum Zweck einer optimalen Erkenntnisgewinnung.<sup>16</sup> Im Fokus sollte die Erkenntnis stehen, nicht die wissenschaftliche Methode, wobei ein radikaler Ansatz im Sinne des „anything goes“<sup>17</sup> nach FEYERABEND ebenfalls nicht als zielführend angesehen wird.

Den erkenntnistheoretischen Kern dieser Arbeit bildet daher KUBICEKS Konstruktionsstrategie empirischer Forschung, bei der die „Lösung von Entscheidungsproblemen in der betrieblichen Praxis“<sup>18</sup> im Mittelpunkt steht. Dazu werden auf Basis des Vorwissens, des heuristischen Bezugsrahmens, des Wissenschaftlers systematisch Fragen an die Praxis formuliert, diese werden in Zusammenarbeit mit der Praxis eruiert, beantwortet, in neue Theorien übersetzt und dienen als Ausgangspunkt neuer Fragen (vgl. Abbildung 1-3). Forschung gestaltet sich somit im Verständnis der Konstruktionsstrategie empirischer Forschung als kontinuierlicher Lernprozess.<sup>19</sup> Den heuristischen Bezugsrahmen dieser Arbeit bildet die mehrjährige Tätigkeit des Autors als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Fabrikplanung des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen. Diese Tätigkeit ermöglichte es ihm, in zahlreichen Projekten, Arbeitskreisen und auf verschiedenen Veranstaltungen sowohl mit der Praxis als auch anderen Wissenschaftlern in Kontakt zu treten, Erfahrungen zu sammeln, Fragen zu stellen und Diskussionen zu führen. Dieser iterative Lernprozess im Sinne von KUBICEKS Konstruktionsstrategie hat zu einer Sichtweise auf die Fabrikplanung geführt, welche sich in dieser Arbeit manifestiert: Im Gegensatz

<sup>15</sup> I. A. a. Hill, W. et al. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen I, S. 305.

<sup>16</sup> Vgl. Tomczak, T. (1992) Forschungsmethoden in der Marketingwissenschaft, S. 81; Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 21.

<sup>17</sup> Vgl. Feyerabend, P. (2016) Erkenntnis für freie Menschen, S. 97.

<sup>18</sup> Vgl. Kubicek, H. (1977) Heuristische Bezugsrahmen, S. 5.

<sup>19</sup> Vgl. Kubicek, H. (1977) Heuristische Bezugsrahmen, S. 14.

zur bestehenden Literatur wird Fabrikplanung eher als strategischer Prozess denn als operatives Projekt verstanden.

Dem Autor ist es ein wichtiges Anliegen, dass nicht das Verständnis entsteht, der aktuelle Stand der Forschung solle dadurch für gegenstandslos erklärt werden. In Anlehnung an LAKATOS Interpretation von Wissenschaft in Forschungsprogrammen geht es vielmehr darum, die den „harten Kern“<sup>20</sup> der Fabrikplanung umschließenden aktuell geltenden Thesen zu hinterfragen, neue Theorien und Thesen aufzustellen, die ggf. Bestehendes ablösen und so einen Beitrag zur Wissensmehrung im Forschungsfeld Fabrikplanung zu leisten.<sup>21</sup> Die Ergebnisse dieser Arbeit erheben dabei keinen Anspruch auf universelle Gültigkeit, sondern unterliegen selbst der Prüfung und Widerlegung und somit letztlich der Falsifizierbarkeit nach POPPER.<sup>22</sup> Ob die Ergebnisse dieser Arbeit letztlich die Qualität besitzen, sogar einen Paradigmenwechsel im Sinne KUHNS wissenschaftlicher Revolution<sup>23</sup> in der Fabrikplanung auszulösen und die Fabrikplanung durchweg als strategischen Prozess zu begreifen, obliegt letztlich der wissenschaftlichen Community und den Ergebnissen des wissenschaftlichen Austauschs.<sup>24</sup> Diese Diskussion anzustoßen, ist eine der wesentlichen Intentionen des Autors.

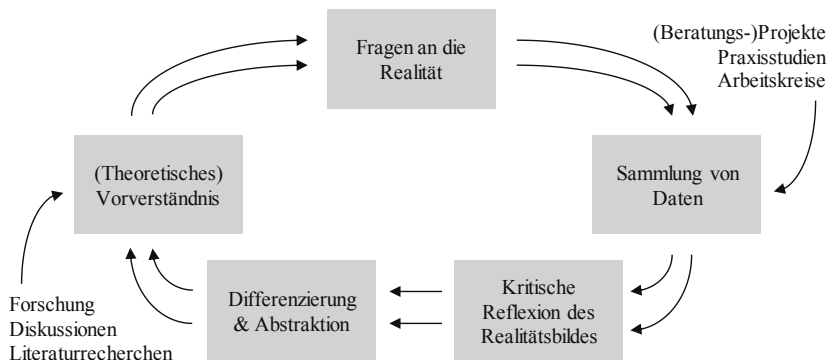


Abbildung 1-3: Explorativer Forschungszyklus<sup>25</sup>

Nach ULRICH UND HILL gilt es wissenschaftliche Fragestellungen im Kontext dreier Aspekte zu behandeln, des Entdeckungs-, Begründungs- und Verwendungszusammenhangs.<sup>26</sup> Im Zentrum des *Entdeckungszusammenhangs* steht die Frage, wie der Wissenschaftler zu neuer Erkenntnis gelangt. Den Ausgangspunkt handlungswissenschaftlicher Forschung bilden praktische Probleme.<sup>27</sup> Dies trifft ebenso auf diese Arbeit zu. In seiner mehrjährigen Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter konnte der Autor umfangreiche Einblicke in die fabrikplanerische Praxis und die damit verbundenen Probleme erlangen.

<sup>20</sup> Vgl. Lakatos, I. et al. (1970) Criticism and the Growth of Knowledge, S. 132.

<sup>21</sup> Vgl. Lakatos, I. et al. (1970) Criticism and the Growth of Knowledge, S. 132 ff.

<sup>22</sup> Vgl. Popper, K. R. (1935) Logik der Forschung, S. 6 f.

<sup>23</sup> Vgl. Kuhn, T. S. (2009) The structure of scientific revolutions.

<sup>24</sup> Vgl. Bleicher, K. (2011) Integriertes Management, S. 42 ff.

<sup>25</sup> I. A. a. Tomeczak, T. (1992) Forschungsmethoden in der Marketingwissenschaft, S. 84.

<sup>26</sup> Vgl. Hill, W. et al. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen I, S. 306.

<sup>27</sup> Vgl. Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 5.



Ferner haben der Austausch mit Kollegen und die Auseinandersetzung mit wissenschaftlicher Literatur das Problemverständnis des Autors geprägt. Diese Vorerfahrungen, die letztlich wesentlich zur Erkenntnis beigetragen haben, werden vor allem im zweiten Kapitel offengelegt, um die spätere Lösungsentwicklung für den Leser nachvollziehbar zu gestalten. Der *Begründungszusammenhang* stellt die Rechtfertigung der entwickelten Lösungen in den Mittelpunkt.<sup>28</sup> Die Lösungsentwicklung und -begründung erfolgt in der vorliegenden Arbeit in den Kapiteln vier und fünf. Der praktische Nutzen der Lösung steht im Fokus des *Verwendungszusammenhangs*.<sup>29</sup> Der Autor zielt auf zwei Ebenen der Verwertung ab. Zuvorderst soll das Modell Nutzen für die fabrikplanerische Praxis stiften. Inwieweit dies gelingt wird im sechsten Kapitel untersucht. Darüber hinaus ist es das Ziel des Autors, mit der entwickelten Lösung die Diskussion und vertiefende Forschung zur Fabrikplanung im Verständnis eines strategischen Prozesses anzustoßen.

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit folgt dem Ansatz von ULRICH zur „Strategie angewandter Forschung“<sup>30</sup>, die die Praxisorientierung als zentrales Element der Forschung begreift (vgl. Abbildung 1-4). Nach der Einführung im vorliegenden ersten Kapitel wird im zweiten Kapitel die Fabrikplanung als Anwendungszusammenhang dieser Arbeit beleuchtet. Nach einer Vorstellung der zentralen Begriffe und der Offenlegung des Verständnisses des Autors von Fabrikplanung erfolgt die Beschreibung der Problemstellung. Dies geschieht einerseits anhand einer Auswertung der theoretisch beschriebenen Herausforderungen, andererseits werden diese theoretischen Erkenntnisse um praktische Beobachtungen des Autors ergänzt, woraus Thesen zu den zukünftigen Erfolgsfaktoren sowie der Bedarf für das zu entwickelnde Management-Modell abgeleitet werden. Die theoretischen Grundlagen problemrelevanter Theorien sind Gegenstand des dritten Kapitels. Einen zentralen Gegenstand bilden hier, wie von ULRICH angeregt, systemorientierte und kybernetische Elemente.<sup>31</sup> Weiterhin erfolgt die Untersuchung bestehender Fabrikplanungsansätze hinsichtlich der Integration ebendieser Elemente, um Defizite und Anknüpfungspunkte zu identifizieren. Die praktischen sowie theoretischen Untersuchungen bilden die Grundlage für die Lösungsentwicklung im vierten sowie fünften Kapitel. Im vierten Kapitel erfolgt zunächst die Konzeptionierung des Lösungsmodells. Im Mittelpunkt steht dabei ein Struktur-Modell auf Basis des Viable System Model (VSM), eines der zentralen Modelle der Kybernetik, welches auf die Fabrikplanung übertragen wird. Weiterhin wird ein Vorgehen entwickelt, wie ein derartiges Management-Modell für die Fabrikplanung implementiert werden kann. Beide Modelle werden im fünften Kapitel ausgestaltet, wobei verschiedene Modelle, die in den vergangenen Jahren im Rahmen der Aachener Fabrikplanungsschule entwickelt wurden, sowohl in das Struktur- als auch das Vorgehensmodell integriert werden. Das sechste Kapitel dient der „Prüfung der Modelle im Anwendungszusammenhang“<sup>32</sup>. Hierfür wird das Modell im Rahmen einer Studie in einem Kreis von erfahrenen Fabrikplanern auf seine Praxistauglichkeit getestet und es werden daraus Ansätze für den Teilnehmerkreis als Denkanstöße für die jeweiligen Unternehmen

---

<sup>28</sup> Vgl. Hill, W. et al. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen I, S. 306.

<sup>29</sup> Vgl. Hill, W. et al. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen I, S. 307.

<sup>30</sup> Vgl. Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 9 f.

<sup>31</sup> Vgl. Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 19.

<sup>32</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) Management, S. 193.

definiert. Auf Basis einer kritischen Reflexion der Ergebnisse der Arbeit, vor allem vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Praxis-Studie, erfolgt ein Ausblick für Theorie und Praxis.

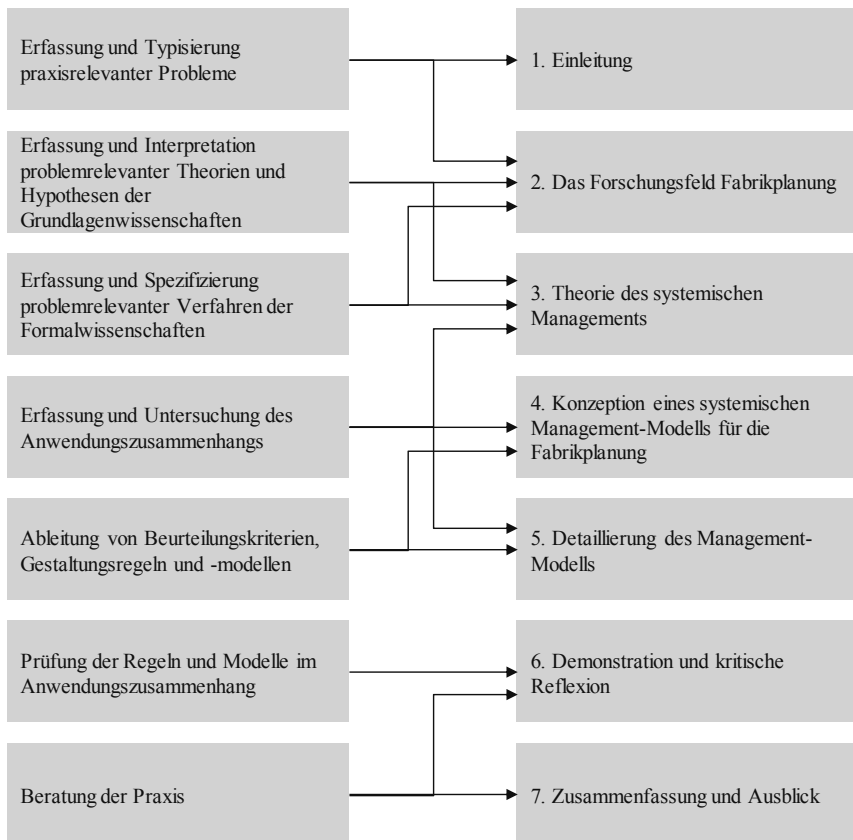


Abbildung 1-4: Aufbau der Arbeit<sup>33</sup>

<sup>33</sup> I. A. a. Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 20.



## 2 Das Forschungsfeld Fabrikplanung

Ziel dieses Kapitels ist die Darstellung des Forschungsfeldes Fabrikplanung mit seinen relevanten Elementen, Verflechtungen im Unternehmenskontext und seinen aktuellen Herausforderungen. Nach der Vorstellung der Fabrikplanung als solche (Kapitel 2.1) wird auf aktuelle Entwicklungen im Unternehmensumfeld eingegangen, die die Anforderungen an die Fabrikplanung grundlegend verändert haben und weiter verändern werden (Kapitel 2.2). In der Folge werden diese theoretischen Ergebnisse durch praktische Erfahrungen bzw. Beobachtungen des Autors ergänzt (Kapitel 2.3), woraus die Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung (Kapitel 2.4) sowie der praktische Handlungsbedarf für die folgende Arbeit abgeleitet werden (Kapitel 2.5).

### 2.1 Grundlagen der Fabrikplanung

In den folgenden Kapiteln werden die Grundlagen der Fabrikplanung dargestellt. Kapitel 2.1.1 erklärt die grundlegenden Begriffe, Kapitel 2.1.2 beschreibt die Eingliederung der Fabrikplanung in den Unternehmenskontext. In Kapitel 2.1.3 werden die Ziele, Anlässe und Grundfälle der Planung eingeführt, während die Kapitel 2.1.4, 2.1.5, und 2.1.6 die Objekte, Subjekte und Vorgehensweise der Fabrikplanung zum Gegenstand haben.

#### 2.1.1 Der Begriff der Fabrikplanung und seine Entwicklung

Die wissenschaftliche Geschichte der Fabrikplanung reicht zurück bis ins 19. Jahrhundert als BABBAGE seine Arbeit „On the Economy of Machinery and Manufactures“<sup>34</sup> veröffentlichte. Seit diesen Anfängen haben sich zahlreiche Forscher und Praktiker mit der Entwicklung und Weiterentwicklung von Ansätzen und Methoden im Bereich der Fabrikplanung beschäftigt. Bis heute existiert in der Literatur jedoch kein Konsens über die Definition von Fabrikplanung.<sup>35</sup> Synonym zum Begriff der Fabrikplanung werden in der Literatur bspw. die Begriffe „Betriebsprojektierung“<sup>36</sup>, „Werksplanung“<sup>37</sup> oder „Betriebsstättenplanung“<sup>38</sup> verwendet. Daher soll sich der für diese Arbeit zu verwendenden Definition von einer theoretischen Seite genähert werden.

STAUDT definiert Planung als zukunftsorientierten „Handlungsentwurf“<sup>39</sup>, der zum Ziel hat, Unsicherheit und Risiko zu eliminieren oder zu verringern.<sup>40</sup> Den Ausgangspunkt einer Planung bildet nach KLEIN UND SCHOLL ein Zustand eines Betrachtungsobjekts, der von einem Betrachter als überholt, nicht ausreichend bzw. nicht zufriedenstellend, im Vergleich zu einem Zielzustand, empfunden wird.<sup>41</sup>

---

<sup>34</sup> Vgl. Babbage, C. (2009) On the economy of machinery and manufactures.

<sup>35</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management; S. 15, Palluck, M. (2011) Unternehmenszielorientierte Fabrikplanung, S. 28f.

<sup>36</sup> Vgl. Rockstroh, W. (1980) Die technologische Betriebsprojektierung, S. 14f.

<sup>37</sup> Vgl. Schmigalla, H. (1995) Fabrikplanung, S. 13.

<sup>38</sup> Vgl. REFA (1985) Methodenlehre der Planung und Steuerung, S. 146.

<sup>39</sup> Vgl. Staudt, E. (1979) Planung als "Stückwerktechnologie", S. 50.

<sup>40</sup> Vgl. Staudt, E. (1979) Planung als "Stückwerktechnologie", S. 35.

<sup>41</sup> Vgl. Klein, R. et al. (2012) Planung und Entscheidung, S. 1.

WIENDAHL greift diese Gedanken auf, indem er Planen als „das gedankliche Durchdringen eines zukünftigen Geschehens mit dem Ziel, diejenigen Entscheidungen vorzubereiten und zu treffen, die zur Erreichung des gewünschten Zustands notwendig sind“<sup>42</sup> beschreibt. Der VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) erweitert diese Definition dahin gehend, dass bei der Planung Kosten- und Zeitrestriktionen unter Einbeziehung aller wesentlichen Einflussgrößen einzuhalten sind.<sup>43</sup> SCHMIGALLA wendet dieses Planungsverständnis auf die Fabrik an, indem er Fabrikplanung als „vorausbestimmende Gestaltung von Fabriken“<sup>44</sup> beschreibt. Ähnlich verstehen KETTNER ET AL. die Aufgabe der Fabrikplanung, „unter Berücksichtigung zahlreicher Rahmenbedingungen [...] eine Fabrik zu schaffen“<sup>45</sup>. Legen die eben zitierten Ansätze den Fokus auf die Gestalt der Fabrik, rücken jüngere Ansätze den Planungsprozess als solchen in den Fokus. Ein Beispiel liefert die VDI-Richtlinie 5200, nach der Fabrikplanung als „systematischer, zielorientierter [...] Prozess“<sup>46</sup> zu verstehen ist. Diese Interpretation wird in der Literatur von diversen Autoren geteilt, wonach das Prozessverständnis als wesentliches Merkmal der Fabrikplanung angesehen werden kann.<sup>47</sup> Diese prozessorientierte Auslegung des Begriffs soll für die weitere Arbeit zugrunde gelegt werden.

Doch wie lässt sich die Fabrikplanung näher charakterisieren? Vorherrschend ist hierbei heute die sozio-technische Sichtweise auf die Fabrikplanung.<sup>48</sup> Der Begriff des sozio-technischen Systems beschreibt eine zusammenhängende Gesamtheit aus technischen und menschlichen Elementen, die arbeits- teilig auf ein gemeinsames *Ziel* hinwirken.<sup>49</sup> Ein wesentliches Charakteristikum stellt in diesem Zusammenhang die Fabrik als *Objekt* der Planung dar. Die Planung erfolgt systematisch unter Verwendung eines fabrikplanungsspezifischen *Vorgehens*, welches u. a. spezifische Methoden und Werkzeuge enthält. Diese beiden Elemente bilden den technischen Teil der Fabrikplanung ab. Die soziale Komponente des sozio-technischen Systems bildet der Mensch bzw. Planer als *Subjekt* der Planung. BURGGRAF definiert diese Elemente als „Domänen der Fabrikplanungsontologie“<sup>50</sup>.

### 2.1.2 Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung

Fabrikplanung ist nicht als Selbstzweck zu betrachten, sondern findet immer in einem übergeordneten Kontext der Unternehmensplanung statt.<sup>51</sup> Aufgabe der Unternehmensplanung ist die Koordination

---

<sup>42</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. (2014) Betriebsorganisation für Ingenieure, S. 26.

<sup>43</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung, S. 4.

<sup>44</sup> Vgl. Schmigalla, H. (1995) Fabrikplanung, S. 71.

<sup>45</sup> Vgl. Kettner, H. et al. (1984) Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, S. 3.

<sup>46</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung, S. 3.

<sup>47</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung; Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung; Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung.

<sup>48</sup> Vgl. Hildebrand, T. et al. (2005) Plug+Produce, S. 9.

<sup>49</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 140 ff.

<sup>50</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 12; diese Ansicht, wird von verschiedenen Autoren geteilt, vgl. u. a., Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management; Wesch-Potente, C. (2015) Strukturelle Synchronisationsmechanismen. Hering, E. (2015) Unternehmensplanung für Ingenieure, verwendet eine ähnliche Einordnung zur Beschreibung von Planungssystemen.

<sup>51</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 19.

aller Unternehmensbereiche zur Erreichung gesamtunternehmerischer Ziele.<sup>52</sup> Notwendig ist diese Koordination, da die Planung einzelner Bereiche im heutigen, dynamischen Umfeld (vgl. Kapitel 2.2.1) zu lokalen Optima, nicht aber notwendigerweise zu einem Gesamtoptimum führt.<sup>53</sup> Die Benennung der Handlungsfelder der Unternehmensplanung variiert bei der Analyse verschiedener Autoren, weist inhaltlich jedoch eine hohe Überdeckung auf.<sup>54</sup> Neben dieser inhaltlichen Ebene lässt sich die Unternehmensplanung anhand der zeitlichen Ebene charakterisieren. In zeitlicher Hinsicht werden im Rahmen der Unternehmensplanung die langfristige bzw. strategische, die mittelfristige bzw. taktische sowie kurzfristige bzw. operative Planung unterschieden. Im Folgenden wird die Einordnung der Fabrik- in die Unternehmensplanung innerhalb der beiden Dimensionen beschrieben. Die Fabrikplanung findet in der Literatur zur Unternehmensplanung keine explizite Erwähnung, dennoch kann sie inhaltlich innerhalb dieser verortet werden.<sup>55</sup> Abbildung 2-1 gibt hierzu einen Überblick über die Teilaufgaben, die nach HERNÁNDEZ-MORALES Berührungspunkte zur Unternehmensplanung aufweisen.

| Unternehmensgrundsätze | Unternehmensplanung         |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
|                        | Planungsebene<br>(Horizont) | Strategische<br>Planung<br>(langfristig)                                                                                                | Taktische<br>Planung<br>(mittelfristig) | Operative<br>Planung<br>(kurzfristig) |
|                        | Aufgaben                    |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
| • Vision /<br>Leitbild | ↔ Entwicklungsplanung       | <div>• Standort • Flächen • Grundstück</div> <div>• Gebäude • Betriebsmittel • Material</div> <div>• Technologie</div>                  |                                         |                                       |
|                        | Investitionsplanung         |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
| • Strategien           | ↔ Absatzplanung             |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
|                        | Produktionsprogrammplanung  |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
| • Ziele                | ↔ Produktionsplanung        | <div>• Stückzahlen • Kapazitäten</div> <div>• Produktionskonzept • Organisationsstrukturen</div> <div>• Lay out • Arbeitsumgebung</div> |                                         |                                       |
|                        | Personalplanung             |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
| • Geschäftsfelder      | ↔ Erfolgsplanung            |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
|                        | Finanzplanung               |                                                                                                                                         |                                         |                                       |
| • Marktleistung        | ↔                           |                                                                                                                                         |                                         |                                       |

Wirkungsbereich der Fabrikplanung

 Wirkungsbereich der Fabrikplanung

Abbildung 2-1: Fabrikplanung als Bestandteil der Unternehmensplanung<sup>56</sup>

<sup>52</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. (2014) Betriebsorganisation für Ingenieure, S. 63.

<sup>53</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. (2014) Betriebsorganisation für Ingenieure, S. 63.

<sup>54</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. (2014) Betriebsorganisation für Ingenieure, S. 63.

<sup>55</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 23 f.

<sup>56</sup> I. A. a. Hernández-Morales, R. (2003) Systematik der Wandlungsfähigkeit, S. 13.

Aufgabe der *strategischen* Unternehmensplanung ist die Definition langfristiger Unternehmensziele, typischerweise mit einem zeitlichen Horizont von mehr als fünf Jahren.<sup>57</sup> Sie ist Aufgabe des Top-Managements, besitzt globalen Charakter, ist verantwortlich für die gesamtheitliche Entwicklung des Unternehmens und lässt sich anhand einer sachlichen (was?), zeitlichen (wann?) und organisatorischen Komponente (wer?) beschreiben.<sup>58</sup> Typische Aktivitäten im Rahmen der strategischen Unternehmensplanung sind bspw. die Festlegung globaler Absatz- und Beschaffungsstrategien.<sup>59</sup> Die *taktische* Unternehmensplanung fokussiert einen Planungshorizont von ca. zwei bis drei Jahren.<sup>60</sup> Sie dient zur Konkretisierung der strategischen Planung und kann auf einzelne Unternehmensbereiche heruntergebrochen werden.<sup>61</sup> Sie gliedert den Gesamtplan der strategischen Planung in Teilpläne auf Basis von Ist- und Solldiskrepanzen.<sup>62</sup> Die *operative* Unternehmensplanung zuletzt befasst sich mit der Umsetzung der strategischen und taktischen Planung. Sie umfasst in der Regel einen Zeitraum von einem Jahr.<sup>63</sup> Sie gliedert die in der taktischen Planung identifizierten Diskrepanzen in Einzelprobleme und legt entsprechende Maßnahmen und Aktivitäten fest.<sup>64</sup>

*Tabelle 2-1: Beispielhafte Zuordnung von Fabrikplanungsaufgaben zu den Planungsebenen*

| Planungsebene (Horizont) | Aufgaben der Fabrikplanung        |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Strategische Planung     | Standortplanung                   |
| Taktische Planung        | Kapazitätsaufbau/-abbau           |
| Operative Planung        | Anpassen der Produktionssteuerung |

Stellt man dieser Definition typische Aktivitäten der Fabrikplanung gegenüber, so zeigt sich, dass diese auf allen Ebenen verortet werden können (vgl. Tabelle 2-1). So schafft die Standortplanung globale Strukturen, die maßgeblichen Einfluss auf die Marktversorgung haben. Es ist besonders wichtig, diese Entscheidungen mit der sonstigen strategischen Unternehmensplanung abzustimmen, da sie nicht bzw. nur unter hohem finanziellen Aufwand rückgängig gemacht werden können.<sup>65</sup> Der Auf- oder Abbau von Maschinen- und Anlagenkapazitäten kann der taktischen Planung zugeordnet werden. Die Aktivitäten sind ebenfalls mit Anpassungen der Strukturen verbunden, betreffen aber nicht die Fabrik als Ganzes,

<sup>57</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 24.

<sup>58</sup> Vgl. Koch, H. (1977) Aufbau der Unternehmensplanung, S. 68; Voigt, K.-I. (1993) Strategische Unternehmensplanung, S. 30.

<sup>59</sup> Vgl. Koch, H. (1977) Aufbau der Unternehmensplanung, S. 69.

<sup>60</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 24.

<sup>61</sup> Vgl. Rollberg, R. (2001) Integrierte Unternehmensplanung, S. 23.

<sup>62</sup> Vgl. Götze, U. (1993) Szenario-Technik, S. 12.

<sup>63</sup> Vgl. Götze, U. (1993) Szenario-Technik, S. 12.

<sup>64</sup> Vgl. Voigt, K.-I. (1993) Strategische Unternehmensplanung, S. 32; Götze, U. (1993) Szenario-Technik, S. 12.

<sup>65</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 29.

sondern Teilbereiche.<sup>66</sup> Kurzfristige Aufgaben entstehen im Rahmen der operativen Planung, bspw. durch die Anpassung der logistischen Prozesse oder der Produktionssteuerung.<sup>67</sup>

### 2.1.3 Anlass, Ziele und Grundfälle der Fabrikplanung

Die operative Planung von Fabriken besitzt Projektcharakter, welcher sich durch die Einzigartigkeit der Rahmenbedingungen manifestiert.<sup>68</sup> Die Rahmenbedingungen umfassen bspw. das beteiligte Team, den Zeithorizont oder das Budget.<sup>69</sup> Eine weitere wichtige Rahmenbedingung stellt der Ausgangspunkt des Projektes, der Status Quo als Ergebnis vergangener Aktivitäten und Projekte, dar.<sup>70</sup> Dieser unterscheidet sich in der Praxis sehr stark und daraus abgeleitet variieren auch Ziele und Anlässe der Planung. Dennoch lassen sich Anlässe und Ziele innerhalb der Fabrikplanung systematisieren.

#### Anlässe der Planung

BAUMEISTER identifiziert in Anlehnung an SCHREYÖGG<sup>71</sup> externe und interne Einflüsse des Unternehmens als Treiber der Fabrikplanung.<sup>72</sup> Der VDI greift diese Systematisierung auf, unterteilt die internen Einflüsse jedoch gemäß ihrer Bilanzhülle auf Unternehmens- und Fabrikebene.<sup>73</sup> Diese Einflusskategorien bilden den Anlass der Fabrikplanung. *Unternehmensexterne* Anlässe liegen außerhalb des Handlungsbereichs des betrachteten Unternehmens. Sie sind meist auf Veränderungen des Marktes, z. B. durch den Eintritt neuer Wettbewerber, geänderte Kundenanforderungen, das Aufkommen von Konkurrenz- oder Substitutionsprodukten sowie neue gesetzliche Rahmenbedingungen zurückzuführen und zwingen das betrachtete Unternehmen zum Handeln.<sup>74</sup> *Unternehmensinterne* Anlässe leiten sich aus den Zielen und der Strategie des Unternehmens ab.<sup>75</sup> WIENDAHL ET AL. unterscheiden in dieser Kategorie weiter reaktive und proaktive Faktoren.<sup>76</sup> *Reaktiv* bezeichnet in diesem Kontext die Reaktion auf die Identifikation einer Schwachstelle innerhalb des Unternehmens, bspw. auf einen Mangel in der (internen) Supply Chain. *Proaktiv* hingegen bezeichnet das „bewusste [...] Erzeugen von Turbulenz am Markt“<sup>77</sup>, bspw. durch eine kundenseitig (noch) nicht geforderte Produkttechnologie mittels Technology-Push, um Konkurrenten unter Druck zu setzen oder Marktanteile zu gewinnen. In Ergänzung dazu bilden identifizierte Schwachstellen innerhalb einer Fabrik die *fabrikinternen* Anlässe. Die Erneuerung veralteter Maschinen oder die Einführung einer neuen Technologie zur Effizienzsteigerung eines Prozesses bilden beispielhafte Gründe für fabrikinterne Planungsanlässe.

---

<sup>66</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 29.

<sup>67</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 25.

<sup>68</sup> Vgl. Felix, H. (1998) Unternehmens- und Fabrikplanung, S. 100 ff.

<sup>69</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 26.

<sup>70</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 45.

<sup>71</sup> Vgl. Baumeister, M. (2002) Fabrikplanung im turbulenten Umfeld, S. 55.

<sup>72</sup> Vgl. Baumeister, M. (2002) Fabrikplanung im turbulenten Umfeld, S. 55.

<sup>73</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung, S. 4.

<sup>74</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 22.

<sup>75</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 22.

<sup>76</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2005) S. 9.

<sup>77</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2005) S. 12.



## Ziele der Planung

Der Anlass bildet den Start des Planungsprojekts, mit dem ein bestimmtes Ziel verfolgt wird. Einig ist sich die Literatur, dass die Ziele der Fabrikplanung aus den Unternehmenszielen abgeleitet werden sollen, sodass durch deren Erfüllung ein Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens geleistet wird.<sup>78</sup> Bei detaillierterer Analyse erweisen sich die Ziele der Fabrikplanung jedoch als vielfältig und werden von verschiedenen Autoren in unterschiedlicher Weise systematisiert. PAWELLEK ordnet die Ziele der Fabrikplanung anhand ihrer zeitlichen Frist und unterscheidet lang-, mittel- und kurzfristige Ziele.<sup>79</sup> Langfristige Ziele bilden hier bspw. die Verbesserung von Finanzkennzahlen wie der Rentabilität. Mittelfristig ist es Ziel und Aufgabe der Fabrikplanung, die geforderte Leistung bereitzustellen und gleichzeitig die dafür notwendigen Investitionen zu minimieren, wohingegen kurzfristig auf einen optimalen Einsatz vorhandener Betriebsmittel abgezielt wird.<sup>80</sup>

HERNÁNDEZ MORALES stellt die Merkmale der zu planenden Fabrik in den Mittelpunkt seiner Zieldefinition. Demgemäß leitet er vier Zielfelder ab: Wirtschaftlichkeit, Attraktivität, Flexibilität und Wandlungsfähigkeit.<sup>81</sup> Wirtschaftlichkeit ist notwendig, damit die Fabrik im Kampf gegen den Wettbewerb auf lange Frist bestehen kann. Die Attraktivität zielt auf das Wohlbefinden der Mitarbeiter ab. Durch eine positive Arbeitsumgebung sollen Mitarbeiter motiviert und gefördert werden. Flexibilität ermöglicht der Fabrik, kurzfristig und ohne Veränderungen der Struktur auf geänderte Marktbedingungen zu reagieren. Wandlungsfähigkeit hingegen verleiht der Fabrik die Möglichkeit, Strukturänderungen bei minimalem Aufwand vorzunehmen, sollte der Handlungsspielraum der Flexibilität ausgeschöpft sein. Dieser Punkt gewinnt vor allem in einem diskontinuierlichen Umfeld vermehrt an Bedeutung.<sup>82</sup> Der Ansatz wird vom VDI aufgegriffen, indem er folgende Ziele für die Fabrik und deren Planung definiert: Flexibilität und Wandlungsfähigkeit, Produkt- und Prozessqualität, Planungsgeschwindigkeit, Wirtschaftlichkeit, Mitarbeiterorientierung, Nachhaltigkeit sowie Transparenz.<sup>83</sup>

BURGGRÄF legt infolge eines wertorientierten Ansatzes eine lebenszyklus- und zahlungsstromorientierte Zielbeschreibung für die Fabrikplanung zugrunde.<sup>84</sup> Das übergeordnete Ziel ist die Maximierung des Nutzens in Form von Zahlungsströmen. Hierzu beschreibt er vier Unterziele: Maximierung der Anlaufgeschwindigkeit, Minimierung der Investitionskosten, Maximierung der Produktivität und Maximierung der Wandlungsfähigkeit (vgl. Abbildung 2-2).<sup>85</sup> Ziel der beiden erstgenannten Größen ist die Minimierung der negativen Zahlungsströme. Dies lässt sich einerseits durch die Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit und somit Reduktion der Anlaufdauer oder die Senkung der Investitionskosten erreichen. Die Optimierung dieser beiden Größen muss in Einklang gebracht werden mit der Maximierung

---

<sup>78</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung, S. 5; Palluck, M. (2011) Unternehmenszielorientierte Fabrikplanung, S. 37.

<sup>79</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 10.

<sup>80</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 10.

<sup>81</sup> Vgl. Hernández Morales, R. (2003) Systematik der Wandlungsfähigkeit, S. 14.

<sup>82</sup> Vgl. Hernández Morales, R. (2003) Systematik der Wandlungsfähigkeit, S. 14.

<sup>83</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung, S. 5.

<sup>84</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 135.

<sup>85</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 136.

der positiven Zahlungsströme, ausgedrückt durch Produktivität und Wandlungsfähigkeit. Da sich die vier Größen gegenseitig bedingen, ist eine integrierte Betrachtung unerlässlich.<sup>86</sup>

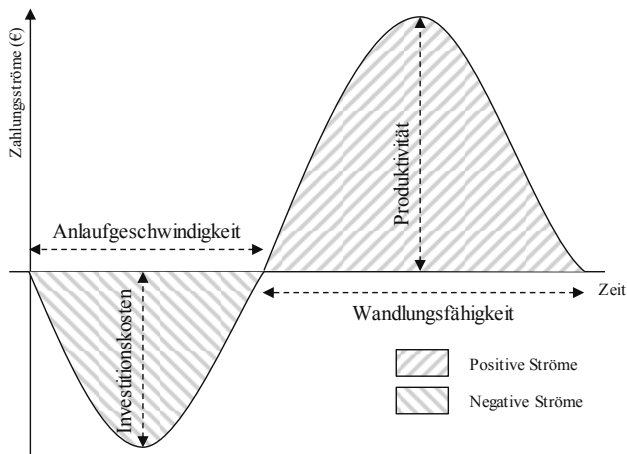


Abbildung 2-2: Zielgrößen und Planungsnutzen der Fabrikplanung<sup>87</sup>

### Grundtypen der Planung

Unterscheiden sich Anlässe und Ziele der Planung in der Praxis häufig, lassen sich die daraus resultierenden Aktivitäten dennoch fünf Planungsgrundfällen zuordnen.<sup>88</sup>

1. Neubau.
2. Um- und Neugestaltung bestehender Strukturen.
3. Erweiterung bestehender Strukturen.
4. Rückbau bestehender Strukturen.
5. Revitalisierung stillgelegter Fabriken.

Der Neubau einer Fabrik beschreibt die Planung und Realisierung eines Werkes auf der grünen Wiese. Kennzeichnend für den Planungsfall ist der hohe Freiheitsgrad des Planers.<sup>89</sup> Im Gegensatz zum ersten Planungsfall beziehen sich die Planungsfälle zwei bis vier auf bestehende Strukturen. Der zweite Planungsfall, die Umgestaltung, verfolgt häufig ein Rationalisierungsziel.<sup>90</sup> Gewachsene Strukturen führen zu Ineffizienzen in den Prozessen, sodass eine Umgestaltung notwendig wird. Treiber einer Erweiterung im dritten Planungsfall, z. B. durch einen gestiegenen Auftragseingang, ist eine Aufstockung der

<sup>86</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 166.

<sup>87</sup> I. A. a. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 136.

<sup>88</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 18.

<sup>89</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 24.

<sup>90</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 18.

Kapazitäten, um den Marktbedarf zu decken.<sup>91</sup> Die Erweiterung kann dabei sowohl Maschinen als auch Gebäude umfassen.<sup>92</sup> Im Gegensatz zum dritten Planungsgrundfall bedeutet der Rückbau einen Abbau vorhandener Kapazitäten.<sup>93</sup> Gründe bilden hier bspw. der Verlust von Marktanteilen oder eine strategische Entscheidung zur Aufgabe eines Standorts. Zuletzt ergibt sich der Fall, in dem bestehende Strukturen, die einmal eine Produktion beherbergten, erneut industriell genutzt werden.<sup>94</sup>

Auch wenn prinzipiell die fünf skizzierten Grundfälle unterschieden werden können, sind in der Praxis häufig Mischformen zu finden.<sup>95</sup> Wird bspw. eine Fabrik erweitert, bietet es sich an, die bestehenden Strukturen ebenfalls anzupassen, um ein Gesamtoptimum zu erzielen. Ebenfalls kann die Schaffung einer optimalen Struktur den Neubau einer Halle bedeuten, was nach dem Umzug der Maschinen und Anlagen die Außerbetriebnahme und den Rückbau eines veralteten Gebäudes nach sich zieht.

#### 2.1.4 Die Fabrik als Objekt der Planung

Etymologisch leitet sich der Begriff Fabrik vom lateinischen Wort ‚fabrica‘ ab, welcher mit ‚Werkstatt‘ übersetzt werden kann.<sup>96</sup> Heutzutage wird unter dem Wort Fabrik weniger eine Werkstatt verstanden, sondern es steht vielmehr die industrielle Wertschöpfung im Vordergrund. Dieses Verständnis liegt auch der Definition der Fabrik in der VDI-Richtlinie 5200 zur Fabrikplanung zugrunde, welche die Fabrik als einen „Ort, an dem Wertschöpfung durch arbeitsteilige Produktion industrieller Güter unter Einsatz von Produktionsfaktoren stattfindet“<sup>97</sup> beschreibt und die die Grundlage für die weitere Arbeit bildet. Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu betonen, dass diese Arbeit nicht einzelne Elemente der Fabrik fokussiert, sondern eine ganzheitliche Sichtweise der Fabrik unter Einschluss aller Elemente vertritt.<sup>98</sup>

In der Literatur wurde sich dem Begriff Fabrik in der Vergangenheit aus verschiedenen Richtungen genähert, wobei viele Autoren die Fabrik als System auffassen.<sup>99</sup> Einen dieser systemorientierten Ansätze liefert BERGHOLZ.<sup>100</sup> Er entwirft ein objektorientiertes Klassifizierungsmodell, welches die Beschreibung sämtlicher (Produktions-)Elemente der Fabrik anhand ihrer Kategorie, ihrer Funktion und ihrer hierarchischen Einordnung beschreibt (vgl. Abbildung 2-3).

---

<sup>91</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 22.

<sup>92</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 22.

<sup>93</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 18.

<sup>94</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 19.

<sup>95</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 25.

<sup>96</sup> Vgl. Kettner, H. et al. (1984) Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, S. 1.

<sup>97</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung, S. 3.

<sup>98</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 2 f.

<sup>99</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 13; Eriksson, A. et al. (2018) Virtual factory layouts, S. 37; Juraschek, M. et al. (2018) Urban factories, S. 74; der Systembegriff wird ausführlich in Kapitel 3.1.3 diskutiert, hierauf sei an dieser Stelle verwiesen.

<sup>100</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 123 ff.

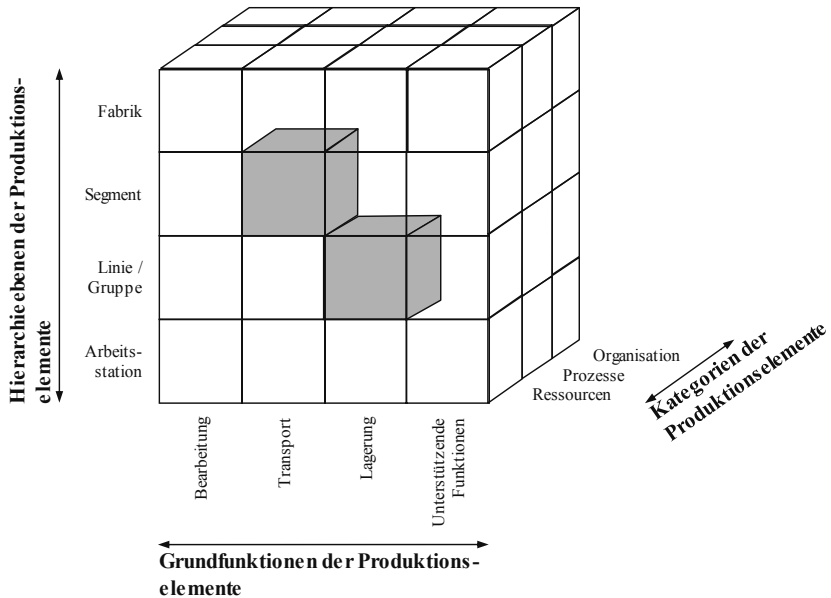


Abbildung 2-3: Kategorisierung der Fabrikelemente nach BERGHOLZ<sup>101</sup>

Als Kategorien definiert Bergholz Ressourcen, Prozesse und die Organisation. Ziel dieser Einordnung ist eine Beschreibung der einzelnen Elemente (Ressource) sowie ihrer (temporären) Vernetzung (Organisation) mit dem Ziel, einen bestimmten Zweck zu erfüllen (Prozess). Daneben lassen sich die Elemente auch anhand ihrer Funktion beschreiben. Im Fabrik- bzw. Produktionskontext unterscheidet der Autor die direkten Funktionen Bearbeitung, Transport und Lagerung. Zusätzlich definiert BERGHOLZ die Kategorie der unterstützenden Funktionen.<sup>102</sup> Zuletzt erfolgt eine hierarchische Unterscheidung. Hier differenziert der Autor die Ebenen Fabrik, Segment, Linie bzw. Gruppe und Arbeitsstation.<sup>103</sup> Arbeitsstationen bilden dabei die unterste Betrachtungsebene und umfassen das direkte Personal sowie die benötigten Betriebsmittel (z. B. Werkzeuge, Maschinen). Mehrere Arbeitsstationen können durch eine Linie bzw. Gruppe beschrieben werden. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht hier die logistische Anbindung. Segmente umfassen mehrere Linien bzw. Gruppen und schließen neben den Produktivbereichen auch die produktionsnahen, indirekten Bereiche (z. B. Qualitätssicherung, Instandhaltung) ein. Die Fabrikebene betrachtet zuletzt die Fabrik als Ganzes auf Werksstruktur- bzw. Gebäudeebene und schließt neben den Segmenten auch die indirekten Bereiche (Verwaltung etc.) der Fabrik mit ein.<sup>104</sup>

<sup>101</sup> I. A. a. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 139.

<sup>102</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 136.

<sup>103</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 128.

<sup>104</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 129 f.

Einen komplementären Ansatz zur systemischen Sichtweise bildet die Charakterisierung der Fabrik anhand ihres Typus. WIENDAHL ET AL. empfehlen eine Typisierung der Fabrik anhand von vier Dimensionen.<sup>105</sup>

- Lieferkettenposition.
- Organisatorische Ausrichtung.
- Besitzverhältnisse der Produktionsmittel.
- Markt- bzw. Kundenwahrnehmung.

Die Typisierung besitzt dabei keine universelle Gültigkeit, sie unterstützt vielmehr die strategische Diskussion bzgl. der Ausrichtung der Fabrik zu Beginn eines Planungsprojekts.<sup>106</sup> So unterscheiden die Autoren bspw. in der Dimension Markt- bzw. Kundenwahrnehmung sechs Ausprägungen und somit Typen, vgl. Abbildung 2-4.<sup>107</sup> *Hightechfabriken* stellen Produkte höchster Qualität und Performance her, für die der Markt bereit ist, einen hohen Preis zu zahlen. Dementsprechend ist auch die Fabrik mit fortschrittlichsten Technologien und einer hohen Prozessgüte ausgestattet. *Reaktionsschnelle Fabriken* sind gekennzeichnet durch kurze Lieferzeiten, um den Kundenwunsch zeitnah bedienen zu können. In der *atmenden Fabrik* liegt der Fokus auf der Stückzahlflexibilität, um sich saisonalen Schwankungen anpassen zu können. Ähnlich wie der letztgenannte Typus ist die *variantenflexible Fabrik* ebenfalls auf Flexibilität ausgelegt, adressiert anstelle der Produktionsmenge jedoch die Herausforderung der Variantenvielfalt. Einen Schritt weiter geht die *kundenindividuelle Fabrik*, in der sich jeder Auftrag vom vorherigen z. B. nach Art, Menge und Technologie unterscheidet. Hierdurch lassen sich hohe Preise erzielen. Steht das zu fertigende Produkt unter hohem Preisdruck, ist die *Low-Cost-Fabrik* der zu verwendende Typus, um diese kostengünstig zu fertigen. Dies wird erreicht durch eine Fokussierung auf wenige Varianten, um die Komplexität zu reduzieren sowie Skaleneffekte bei einer hohen Stückzahl auszunutzen.

---

<sup>105</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 37 f.

<sup>106</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 39.

<sup>107</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 37 ff.

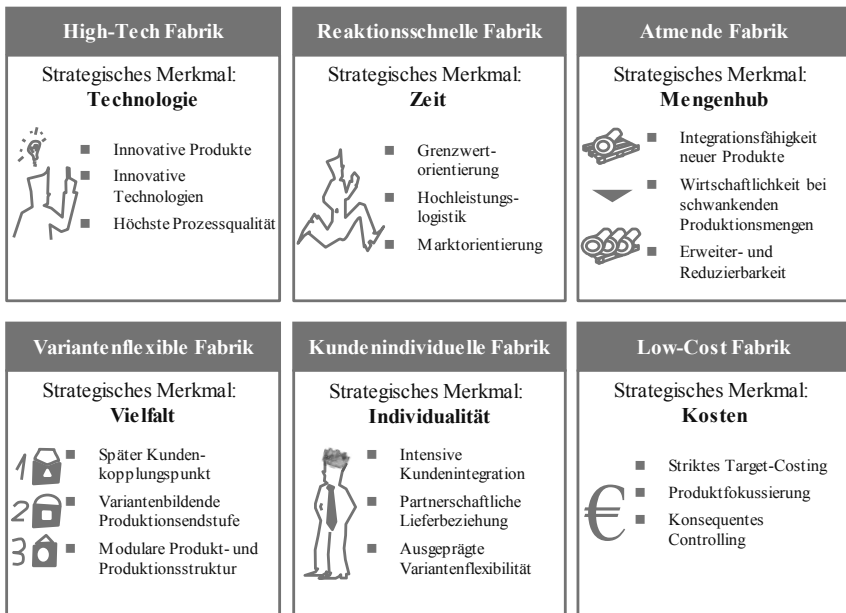


Abbildung 2-4: Marktorientierte Fabriktypen nach WIENDAHL ET AL.<sup>108</sup>

Einen alternativen Typisierungsansatz stellt HILCHNER in seiner Arbeit vor. Er leitet den Bedarf einer Typisierung aus der These ab, dass, je nach Fabriktyp, verschiedene Planungsaufgaben unterschiedliche Relevanz besitzen und sich durch eine typenorientierte Planung Kosten und Zeit einsparen lassen.<sup>109</sup> Vor diesem Hintergrund entwickelt er drei Merkmalgruppen:<sup>110</sup>

- Einordnung des zu fertigenden Produkts (Produktmerkmale).
- Auslegung der Produktion (Produktionsmerkmale).
- Auslegung der Prozesse (Prozessmerkmale).

Durch die Definition verschiedener Ausprägungen je Merkmalgruppe entwickelt er eine Matrix, die zur Typisierung von Fabriken herangezogen werden kann.<sup>111</sup> Durch eine Clusteranalyse von 60 in der Praxis durchgeführten Fabrikplanungsprojekten leitet HILCHNER schließlich vier repräsentative Fabriktypen her (vgl. Abbildung 2-5).

<sup>108</sup> I. A. a. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 35.

<sup>109</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 2 ff.

<sup>110</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 96 ff.

<sup>111</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 106 ff.

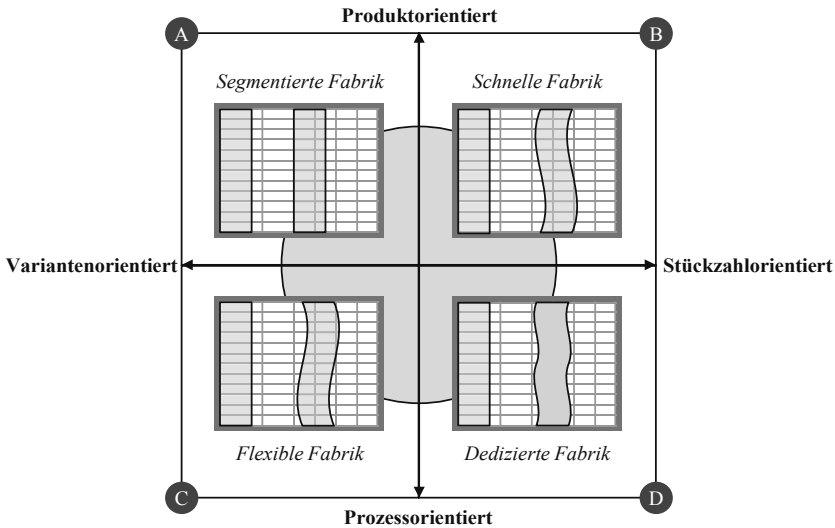


Abbildung 2-5: Fabriktypen nach HILCHNER<sup>112</sup>

In der ersten Dimension unterscheidet er die Produkt- und Prozessorientierung. Die zweite Dimension bildet die Orientierung an Stückzahlen bzw. Varianten. Stückzahlorientierte Fabriken verfügen über ein hohes Level an Standardisierung und ermöglichen so einen hohen Output weniger Varianten, wohingegen die Variantenorientierung „flexible und schnell anpassungsfähige Fabrikstrukturen“<sup>113</sup> verlangt, um verschiedene Varianten gemäß Kundenanforderung produzieren zu können. Spannt man in diesen beiden Dimensionen ein Koordinatensystem auf, repräsentieren die vier Quadranten je einen Fabriktyp.<sup>114</sup>

- Segmentierte Fabriken sind produkt- und variantenorientiert.
- Schnelle Fabriken sind produkt- und stückzahlorientiert.
- Dedizierte Fabriken sind prozess- und stückzahlorientiert.
- Flexible Fabriken sind prozess- und variantenorientiert.

<sup>112</sup> I. A. a. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 117.

<sup>113</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 116.

<sup>114</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 117.

### 2.1.5 Der Mensch als Subjekt der Planung

Die Vielfalt und Komplexität einer Fabrikplanung erfordert die Aufstellung eines interdisziplinären Teams, um die Planungsaufgabe zu bewältigen.<sup>115</sup> So ist es möglich, dass mehr als 100 Personen aus verschiedenen Fachrichtungen direkt an einem Projekt arbeiten.<sup>116</sup> Hierbei existieren verschiedene Perspektiven auf die planungsbeteiligten Subjekte: den Planer als Individuum, das Planungsteam sowie das betroffene Umfeld.<sup>117</sup>

Der Begriff des Fabrikplaners ist bisher weder in der Praxis noch in der Wissenschaft eindeutig definiert.<sup>118</sup> AGGTELEKY definiert die Hauptaufgabe des Fabrikplaners als Durchführung und Koordination der Planungsaktivitäten.<sup>119</sup> Um den Planer organisatorisch dazu in die Lage zu versetzen, muss er über Kompetenzen im Bereich des Projektmanagements verfügen. Weiterhin muss er in allen zu planenden Gewerken (Materialflussplanung, Technologieplanung, Gebäudeplanung etc.) zumindest Grundkenntnisse aufweisen, um diese inhaltlich koordinieren und effektive Entscheidungen treffen zu können. LANDWEHR verwendet in diesem Zusammenhang den Begriff des „Generalplaners“ zur Beschreibung des Fabrikplaners.<sup>120</sup> Neben diesen eher technischen Fähigkeiten sind ausgeprägte soziale Fähigkeiten eine wichtige Voraussetzung für den Fabrikplaner, da er das Planungsteam dauerhaft motivieren und Konflikte auflösen muss, um so eine reibungslose Zusammenarbeit zu gewährleisten.<sup>121</sup> BURGGRAF ergänzt, dass der Fabrikplaner zudem unternehmerische Kompetenz benötigt, da im Planungsverlauf Entscheidungen getroffen werden müssen, bei denen unternehmerisches Handeln unerlässlich ist.<sup>122</sup> BURGGRAF erweitert die kompetenzorientierte Sicht um die Dimension der Handlungsbereitschaft.<sup>123</sup> Diese drückt sich in der Motivation des Planers aus, seine Fähigkeiten einzubringen und so einen Beitrag zum Gelingen des Projekts zu leisten.<sup>124</sup> Zuletzt muss neben der Handlungsfähigkeit und der Handlungsbereitschaft des Planers noch eine „Legitimation“<sup>125</sup> vorliegen, um das Verhalten des Planers zu steuern. Für BURGGRAF bedeutet dies vor allem, dass der Mitarbeiter über genügend Ressourcen (Zeit, Budget) verfügt, um die von ihm erwarteten Planungsergebnisse zu erarbeiten. Diese Elemente entsprechen den Anforderungen des Modells des motivierenden Führens, welches nach KRÄMER ET AL. drei Grundvoraussetzungen definiert:<sup>126</sup>

- Können: hier adressiert durch die Kompetenzen des Planers.
- Wollen: hier adressiert durch die Motivation.
- Dürfen: hier adressiert über die Forderung nach ausreichenden Ressourcen.

---

<sup>115</sup> Vgl. Mardberg, P. et al. (2018) A novel tool in digital factories, S. 545.

<sup>116</sup> Vgl. Felix, H. (1998) Unternehmens- und Fabrikplanung, S. 100 ff.

<sup>117</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 23.

<sup>118</sup> Vgl. Landwehr, R. (2007) Berufsbild Fabrikplaner, S. 175.

<sup>119</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 69 ff.

<sup>120</sup> Vgl. Landwehr, R. (2007) Berufsbild Fabrikplaner, S. 176.

<sup>121</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 70.

<sup>122</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 32.

<sup>123</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 32.

<sup>124</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 32.

<sup>125</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 32.

<sup>126</sup> Vgl. Krämer, D. (2015) Führen ohne Vorgesetztenfunktion, S. 91 f.



Wie bereits in der Einführung zu diesem Kapitel beschrieben, können an einem Fabrikplanungsprojekt 100 oder mehr Planer mit unterschiedlichen Hintergründen parallel arbeiten. Um die Planung unter diesen Umständen effektiv und effizient durchzuführen, bedarf es einer teamorientierten Zusammenarbeit.<sup>127</sup> In der Praxis hat sich eine Unterteilung in ein Kernteam und ein erweitertes Team bewährt.<sup>128</sup> Das Kernteam besteht in der Regel aus einem kleinen Personenkreis.<sup>129</sup> Bei diesem laufen die Fäden der Planung zusammen und es koordiniert die Planungsaktivitäten. Unterstützt wird das Kernteam vom erweiterten Planungsteam. Dieses besteht i. d. R. aus verschiedenen Spezialisten, die ihr Fachwissen zu einem bestimmten Thema in die Planung einbringen.<sup>130</sup> Dabei kann es sich sowohl um unternehmensinterne als auch -externe Planer handeln. Sie sind nicht zwingendermaßen dauerhaft Teil des Teams, sondern werden fallspezifisch hinzugezogen. Ist die Planungsaufgabe bearbeitet, kehren sie in ihre ursprüngliche Funktion zurück.<sup>131</sup>

Aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des Planungsteams herrscht im Planungsprozess keine Zielhomogenität. Es kann vorkommen, dass einzelne Planer sowohl ihr Teilgewerk als auch sich selbst optimieren, dabei aber den Gesamtzusammenhang aus den Augen verlieren.<sup>132</sup> WIENDAHL ET AL. definieren aus diesem Grund Regeln für das Projektteam, um eine erfolgreiche Zusammenarbeit im Planungsprozess zu gestalten.<sup>133</sup> Die Autoren unterscheiden Verhaltensregeln, methodische Regeln, Vorgehensregeln und Dokumentationsregeln. Zu den Verhaltensregeln zählt bspw., dass jeder Planer die Verantwortung für die ihm übertragene Planungsaufgabe übernimmt. Dies setzt jedoch eine transparente Verteilung der Aufgaben voraus. Der Prozess der Problemlösung soll methodischen Regeln folgen, um Objektivität zu bewahren. Vorgehensregeln bestimmen die Kommunikation bzw. das Vorgehen bei Kostenüberschreitungen. Dokumentationsregeln strukturieren die Art und Weise der Dokumentation, z. B. um eine anforderungsgerechte Übergabe von Informationen oder eine reibungslose Urlaubsvertretung sicherzustellen.<sup>134</sup>

Aufgrund der weitreichenden Konsequenzen sind Fabrikplanungsprojekte nicht nur von Interesse für das Planungsteam, sondern sind darüber hinaus auch für das direkt und indirekt betroffene Umfeld von hoher Relevanz. BURGGRAF definiert den Auftraggeber als wichtigste Person des betroffenen Umfelds. Der Auftraggeber stellt das notwendige Kapital für die Planung zur Verfügung und trägt somit das höchste Risiko.<sup>135</sup> Eine wichtige Aufgabe des Auftraggebers ist somit, zu Beginn des Projekts seine Erwartungen und Ziele zu definieren. Häufig sind Auftraggeber jedoch mit der Komplexität eines Fabrikplanungsprojekts nicht vertraut, sodass unrealistische Ziele gesetzt werden.<sup>136</sup> Diese gilt es im Dialog

---

<sup>127</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 20.

<sup>128</sup> Vgl. Brecher, C. (2011) Integrative Produktionstechnik S. 334.

<sup>129</sup> Vgl. Schuh, G. et al. (2009) Mitarbeiterwissen systematisch genutzt, S. 15; Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 77.

<sup>130</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 543 f.

<sup>131</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 83.

<sup>132</sup> Vgl. Brecher, C. (2011) Integrative Produktionstechnik, S. 332.

<sup>133</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 543 f.

<sup>134</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 544.

<sup>135</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 35.

<sup>136</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 539.

auszuräumen. Um die Interessen des Auftraggebers zu wahren, wird i. d. R. ein Steuerkreis (engl. Steering Committee) eingesetzt, der den Fortschritt sowie die Zielerreichung überwacht und bei Abweichungen korrektive Maßnahmen verordnet.<sup>137</sup>

Fabrikplanungsprojekte bedeuten immer Veränderung.<sup>138</sup> Bei Greenfield-Projekten meist im Unternehmensverbund, bei Brownfield-Projekten vor allem eines Standorts. Im zweiten Falle sind im besonderen Maße die Mitarbeiter des Standorts betroffen, da Veränderung zunächst mit Unsicherheit einhergeht.<sup>139</sup> Vor diesem Hintergrund ist in Fabrikplanungsprojekten eine transparente Informationspolitik der Ziele und des Planungsfortschritts wichtig. Darüber hinaus verfügen Mitarbeiter oft über wichtiges Detailwissen, welches der Fabrikplaner nicht besitzt. Der nächste Schritt nach der passiven Information ist daher die aktive Einbeziehung, um dieses Wissen zu nutzen, gleichzeitig aber auch Akzeptanz der entwickelten Lösungen unter den betroffenen Mitarbeitern zu erzeugen und sie so für das Projekt und die bevorstehenden Veränderungen zu gewinnen.<sup>140</sup> Diverse Autoren schlagen hierzu partizipative Methoden vor.<sup>141</sup> Da das System Fabrik bzw. Fabrikplanung diverse Schnittstellen mit verschiedenen Stakeholdern außerhalb des Unternehmens (Kommunen, Anwohnern etc.) aufweist, ließe sich der Betrachtungsbereich beliebig erweitern. Darauf soll an dieser Stelle verzichtet werden. An gegebener Stelle wird im weiteren Verlauf auf einzelne Verflechtungen eingegangen.

---

<sup>137</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 26.

<sup>138</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 22.

<sup>139</sup> Vgl. Sukowski, N. (2013) Führen unter Unsicherheit, S. 73.

<sup>140</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 133.

<sup>141</sup> Vgl. Dombrowski, U. et al. (2011) Enforcing employees participation.

### 2.1.6 Vorgehen in der Planung

Das komplexe Umfeld macht ein methodisches Vorgehen in der Fabrikplanung unumgänglich. Vor diesem Hintergrund haben sich in der Literatur zahlreiche Ansätze für die systematische Planung von Fabriken herausgebildet. NÖCKER unterscheidet in seiner Arbeit sieben verschiedene Strömungen, denen sich die unterschiedlichen Vorgehen zuordnen lassen (vgl. Abbildung 2-6).

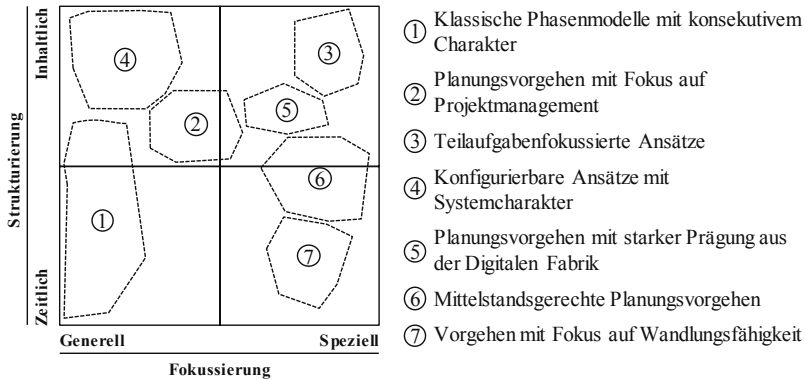


Abbildung 2-6: Einordnung verschiedener Strömungen der Fabrikplanung nach NÖCKER<sup>142</sup>

In der Folge wird kurz die historische Entwicklung der Fabrikplanung dargestellt, um daran anschließend auf die phasenorientierten Vorgehen der Fabrikplanung einzugehen, welche lange Zeit die dominierende Strömung in der Fabrikplanung bildeten. Mit den systemorientierten Vorgehen wird eine Alternative zu den phasenorientierten Ansätzen präsentiert, die speziell vor dem Hintergrund der aktuellen Herausforderungen in Fabrikplanungsprojekten entwickelt wurde. Herausgestellt wird dabei die zustandsbasierte Fabrikplanung nach NÖCKER<sup>143</sup>, welche später durch MECKELNBORG<sup>144</sup> zur integrativen Fabrikplanung erweitert wurde, da diese besondere Bedeutung für den weiteren Verlauf dieser Arbeit besitzt.

#### Entwicklung der Fabrikplanung

Einen wesentlichen Meilenstein in der Produktion und somit auch in deren Planung stellte die industrielle Revolution dar. Diese läutete den Übergang von der handwerklich orientierten hin zur maschinenbasierten, industriellen Produktion ein, die völlig neue Überlegungen und Konzepte erforderte. Aus dieser Zeit stammt das Werk „On the economy of machinery and manufactures“<sup>145</sup> von CHARLES BABBAGE, welches als erste wissenschaftliche Veröffentlichung im Bereich des Industrial Engineering bzw. der Fabrikplanung angesehen werden kann.<sup>146</sup> Durch die beginnende Massenproduktion Anfang

<sup>142</sup> I. A. a. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 35.

<sup>143</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung.

<sup>144</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung.

<sup>145</sup> Vgl. Babbage, C. (2009) On the economy of machinery and manufactures.

<sup>146</sup> Vgl. Badiru, A. B. et al. (2011) Handbook of industrial engineering, S. 1-8.

des 20. Jahrhunderts verstärkte sich der Bedarf alternativer Produktionskonzepte. Ein entscheidender Akteur in dieser Zeit war FREDERICK WINSLOW TAYLOR. Er kritisierte die Ineffizienzen im Arbeitsablauf und entwickelte auf dieser Basis eine neue Art der Arbeitsorganisation.<sup>147</sup> Praktische Anwendung fand dieser Ansatz u. a. in der Produktion der Ford Motor Company durch die Einführung des Fließbandes, wodurch erstmals eine dokumentierte Auslegung der Produktion anhand des Materialflusses erfolgte.<sup>148</sup> Durch die Einführung und konsequente Weiterentwicklung dieses Ansatzes war es Ford möglich, die Arbeitsproduktivität um ca. 400% zu steigern.<sup>149</sup> In der Zeit ab 1930 vollzog sich jedoch ein Wandel im Markt. Anstelle eines Produkts wurden nun verschiedene Varianten nachgefragt, wodurch auch die Komplexität stieg. Um diese Komplexität innerhalb der Fabrik beherrschen zu können, ergab sich ein erhöhter Bedarf an Planung. MEIßNER präsentiert 1956 einen phasenorientierten Ansatz in vier Stufen, in dem die Fabrik vom Groben zum Feinen ausgeplant wird. Der Grundsatz der phasenorientierten Fabrikplanung war geboren.<sup>150</sup>

### Phasenorientierte Planungsvorgehen

In der Literatur existieren zahlreiche Arbeiten, die den phasenorientierten Ansätzen zugerechnet werden können. Allen Ansätzen ist gemein, dass sie den Planungsprozess in zeitlich aufeinanderfolgende Phasen aufteilen, die nacheinander durchlaufen werden.<sup>151</sup> Innerhalb dieses Prozesses wird die Fabrik vom Groben ins Feine detailliert.<sup>152</sup> Worin sich die Ansätze verschiedener Autoren unterscheiden, sind Anzahl, Benennung und Reihenfolge der einzelnen Phasen. Tabelle 2-2 gibt eine Übersicht über eine Auswahl phasenorientierter Ansätze und deren Ausprägungen. Klassische, phasenorientierte Ansätze werden jedoch zunehmend kritisch betrachtet. Die Ansätze folgen der Grundannahme, dass die Festlegung der Planungsprämissen und Projektziele zu Beginn des Projekts erfolgt und über den Projektverlauf stabil bleiben.<sup>153</sup> Im aktuellen Umfeld muss diese Annahme jedoch zunehmend infrage gestellt werden.<sup>154</sup> Vielmehr ändern sich die Prämissen fortlaufend, was eine Anpassung der Planung nach sich ziehen kann. Um diesen Umstand abzubilden, sind phasenorientierte Ansätze nur bedingt geeignet.<sup>155</sup>

---

<sup>147</sup> Vgl. Taylor, F. W. (1977) Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung, S. 2.

<sup>148</sup> Vgl. Staehle, W. et al. (1999) Management, S. 26.

<sup>149</sup> Vgl. N.N. (2006) Die Chronik, S. 97.

<sup>150</sup> Vgl. Meißner, F. (1956) Fabrikplanung.

<sup>151</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 35 ff.

<sup>152</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 48.

<sup>153</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 44.

<sup>154</sup> Vgl. Schuh, G. et al (2006) Komplexitätswissenschaften in der Fabrikplanung, S. 167; Schuh, G. et al. (2009) Frei konfigurierbare Planungsprozesse, S. 193.

<sup>155</sup> Vgl. Hernández Morales, R. (2003) Systematik der Wandlungsfähigkeit, S. 33.

Tabelle 2-2: Vergleich phasenorientierter Ansätze in der Fabrikplanung

| Anzahl Phasen | Autor bzw. Arbeit | Benennung der Phasen                                                                                                                        |
|---------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-phasig      | Aggteleky         | Vorarbeiten; Projektstudie; Ausführungsplanung                                                                                              |
| 4-phasig      | Wiendahl          | Vorbereitung; Strukturierung; Gestaltung; Umsetzung                                                                                         |
| 5-phasig      | REFA              | Zielkonzeption; Standort- & Umweltstudie; Betriebsanalyse; technisch-wirtschaftliche Konzeption; Ausführungsplanung                         |
| 6-phasig      | Kettner           | Zielplanung; Vorarbeiten; Grobplanung; Feinplanung; Ausführungsplanung; Ausführung                                                          |
|               | Grundig           | Zielplanung; Vorplanung; Grobplanung; Feinplanung; Ausführungsplanung; Ausführung                                                           |
| 7-phasig      | VDI 5200          | Zielfestlegung; Grundlagenermittlung; Konzeptplanung; Detailplanung; Realisierungsvorbereitung; Realisierungsüberwachung; Hochlaufbetreuung |

### Systemorientierte Planungsvorgehen

Eine Alternative zu den phasenorientierten bilden die systemorientierten Ansätze in der Fabrikplanung. Sie basieren auf dem Verständnis der Fabrik als System und übernehmen dieses ebenfalls für die Planung.<sup>156</sup> Im Gegensatz zu den phasenorientierten Ansätzen steht hier weniger die zeitliche, sondern die inhaltliche Komponente und die gegenseitige Abhängigkeit der Teilaufgaben im Mittelpunkt.<sup>157</sup> Hierdurch wird der skizzierten Dynamik im Planungsprojekt Rechnung getragen und eine hohe Anpassungsfähigkeit gewährleistet. NÖCKER beschreibt und untersucht in seiner Arbeit verschiedene Verfahren, die einen systemorientierten Ansatz verfolgen.<sup>158</sup> Für eine detaillierte Beschreibung sei auf seine Arbeit und die dort erwähnte Literatur verwiesen.

### Zustandsbasierte bzw. Integrative Fabrikplanung

Ein systemorientiertes Planungsvorgehen – die zustandsbasierte Fabrikplanung nach NÖCKER – wird an dieser Stelle herausgehoben, da es für den weiteren Verlauf dieser Arbeit besondere Bedeutung besitzt. Die Grundüberlegung der zustandsbasierten Fabrikplanung ist die Verwendung von Planungsmodulen anstelle einer Phasenorientierung. Zusammengehörige Planungsaufgaben werden in Planungsmodulen zusammengefasst.<sup>159</sup> Die Grundidee der zustandsbasierten Fabrikplanung ist in Abbildung 2-7 dargestellt.

<sup>156</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 54.

<sup>157</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 126.

<sup>158</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 54 ff.

<sup>159</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 133.

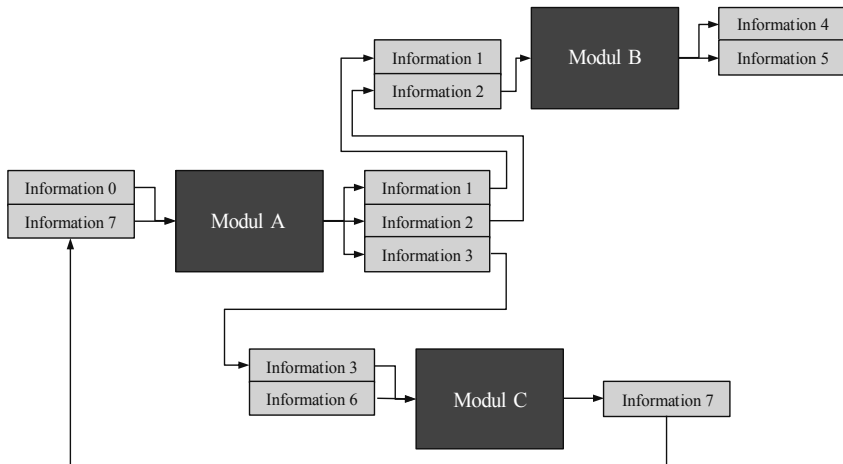


Abbildung 2-7: Grundprinzip der zustandsbasierten Planung<sup>160</sup>

Aufgabe innerhalb eines Planungsmoduls ist es, Eingangs- in Ausgangsinformationen zu transferieren.<sup>161</sup> Über die Ein- und Ausgangsinformationen sind die einzelnen Module miteinander vernetzt.<sup>162</sup> Die Ausgangsinformationen eines Moduls A können Eingangsinformation für ein oder mehrere Module, z. B. B und C, darstellen. Die Bearbeitung erfolgt dabei nicht sequenziell, sondern iterativ, da die Ausgangsinformation von Modul C auch wieder als Eingangsinformation in Modul A einfließen kann. NÖCKER entwirft das Vorgehen dabei zunächst nur für die Planung des Produktionssystems. MECKELNBORG erweitert den Ansatz in seiner Arbeit um die Module der Industrieabplanung, welche er mit den bestehenden Modulen zu einer gesamtheitlichen Modullandkarte für die Fabrikplanung vernetzt.<sup>163</sup> Weiterhin entwickelt er eine dazu passende Projektmanagementlogik, welche die Regeln des agilen Projektmanagements auf die Fabrikplanung überträgt.<sup>164</sup> Der modulare Aufbau dieses Planungsvorgehens erlaubt eine individuell auf das jeweilige Vorhaben angepasste Projektkonfiguration, aufgrund der transparenten Informationsflüsse eine hohe Reaktionsfähigkeit im dynamischen Umfeld und gleichzeitig eine parallele Bearbeitung einzelner Teilaufgaben.<sup>165</sup>

<sup>160</sup> I. A. a. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 136.

<sup>161</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 133.

<sup>162</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 136.

<sup>163</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 109 ff.

<sup>164</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 146 ff.; vgl. auch Kapitel 5.2.7.

<sup>165</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 140; Schuh, G. et al. (2009) Frei konfigurierbare Planungsprozesse, S. 195.

## 2.2 Herausforderungen der modernen Fabrikplanung

Nachdem in die Grundlagen der Fabrikplanung eingeführt wurde, soll der Blick nun auf die aktuellen Herausforderungen der Fabrikplanung gerichtet werden, um den späteren Lösungsansatz dieser Arbeit zu motivieren. Dies geschieht aus zwei Blickwinkeln. Zunächst wird sich den Herausforderungen auf Basis einer Literaturanalyse genähert. Dabei wird ein dreischrittiger Ansatz abgebildet, der die Wirkkette Unternehmen (Kapitel 2.2.1), Fabrik/Produktion (Kapitel 2.2.2) und Fabrikplanung (Kapitel 2.2.3) abbildet. Diese theoretische Perspektive wird in der Folge durch die Beobachtungen des Autors dieser Arbeit ergänzt, die er im Laufe seiner Arbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen sammeln konnte.

### 2.2.1 Turbulentes Umfeld als Treiber neuer Herausforderungen

Produzierende Unternehmen operieren heute weitgehend in einem dynamischen Umfeld.<sup>166</sup> Dynamik bedeutet in diesem Kontext, dass sich die Herausforderungen, denen sich die Unternehmen gegenüber sehen, ständig ändern. BUCHHOLZ unterscheidet in Anlehnung an HINTERHUBER<sup>167</sup> vier Dimensionen der Unternehmensumwelt: wirtschaftlich, technisch, politisch und gesellschaftlich.<sup>168</sup> Im wirtschaftlichen Umfeld spielt die fortschreitende Globalisierung auch heute noch eine dominierende Rolle. Wesentliche Folge der Globalisierung ist eine steigende Verflechtung wirtschaftlicher Beziehungen. Die Folgen dieser Verflechtungen sind vielfältig. Ein wichtiger Effekt in derartig verflochtenen Systemen ist der Schmetterlingseffekt.<sup>169</sup> Dieser besagt im Wesentlichen, dass Handlungen, die an einer Stelle ausgeführt werden, an anderer Stelle zu unvorhersehbaren Auswirkungen führen können.<sup>170</sup> Ein Beispiel aus der jüngeren Vergangenheit bildet die Immobilienkrise aus dem Jahr 2007, bei der das Platzen einer Spekulationsblase auf dem US-amerikanischen Immobilienmarkt zu einer Kreditklemme auch für deutsche Unternehmen des Industriesektors führte. Auch wenn man solche makro-ökonomischen Effekte außer Acht lässt, hat die Globalisierung einen wesentlichen Einfluss. Es eröffnen sich neue Märkte, welche Chancen und Herausforderungen gleichermaßen mit sich bringen.<sup>171</sup> Chancen, da Potenzial für zusätzlichen Absatz besteht. Herausforderungen, da bspw. Anforderungen lokaler Wertschöpfung erfüllt werden müssen.<sup>172</sup> Gleichzeitig drängen neue Wettbewerber auf den Markt, wodurch der Konkurrenzdruck, u. a. in Form von Zeit- und Kostendruck, auf die etablierten Unternehmen erhöht wird.<sup>173</sup> Ein weiterer Effekt hieraus ergibt sich in Kombination mit dem zunehmenden Wegfall von Transaktionsbarrieren bzw. -kosten. Transaktionsbarrieren beschreiben Hemmnisse der Interaktion zwischen Marktpartnern. Hierzu zählen bspw. räumliche Distanz, Kosten der Informationsgewinnung, aber auch

---

<sup>166</sup> Vgl. Wildemann, H. (1998) Komplexitätsmanagement, S. 48-51; Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 39-41; Thomas, K. et al. (2018) Proactive complexity steering, S. 198.

<sup>167</sup> Vgl. Buchholz, L. (2013) Strategisches Controlling, S. 201.

<sup>168</sup> Vgl. Hinterhuber, H. H. (2004) Strategisches Denken.

<sup>169</sup> Vgl. Lorenz, E. N. (1995) The essence of chaos.

<sup>170</sup> Vgl. Lorenz, E. N. (1995) The essence of chaos.

<sup>171</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 1; Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 2.

<sup>172</sup> Vgl. Petersen, J. (2004) Local Content-Auflagen, S. 3.

<sup>173</sup> Vgl. Brecher, C. (2011) Integrative Produktionstechnik, S. 1.

Zölle.<sup>174</sup> Infolge einer globalen Gütermobilität sowie der vermehrten Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien werden diese Barrieren abgebaut. Für Unternehmen hat dies zur Folge, dass sich die Marktmacht in Richtung des Kunden verschiebt. Was früher als Verkäufermarkt galt, ist heute ein Käufermarkt.<sup>175</sup> Ist ein Kunde mit dem Produkt unzufrieden, hat er mehr denn je die Möglichkeit, sich dieses anderswo zu beschaffen. Dieser Umstand verschärft den Zeit- und Kostendruck weiter.<sup>176</sup> Produzierende Unternehmen sind zudem gezwungen, auf die individuellen Wünsche einzelner Kunden(-gruppen) einzugehen, wodurch die anzubietende Variantenvielfalt ansteigt.<sup>177</sup> Das technologische Umfeld produzierender Unternehmen ist heutzutage vor allem durch beschleunigte Innovationszyklen geprägt.<sup>178</sup> Dies betrifft Materialien, Produkte, Prozesse und Technologien, sowohl in der Produktionstechnik wie auch in Querschnittstechnologien der Informations- und Kommunikationstechnik.<sup>179</sup> Für die Unternehmen resultiert hieraus, dass sie in immer kürzeren Zyklen den Stand der Technik, sowohl produkt- als auch produktionsseitig, hinterfragen müssen, um technologisch wettbewerbsfähig zu bleiben.<sup>180</sup> Auch aus dem gesellschaftlich-politischen Umfeld wirken Kräfte auf produzierende Unternehmen ein.<sup>181</sup> Ein bedeutendes Beispiel für die Einflussfaktoren in dieser Dimension ist die Forderung nach Energie- und Ressourceneffizienz. Eine globale Verknappung an Ressourcen sowie das Phänomen des Klimawandels haben dazu geführt, dass die ökologische Nachhaltigkeit eine verstärkte Bedeutung für das Image eines Unternehmens besitzt, was die Kaufentscheidung des Kunden beeinflusst.

### 2.2.2 Anforderungen an die Fabrik

In der Vergangenheit ließen sich die Anforderungen an die Fabrik weitgehend den klassischen Zielkategorien Kosten, Qualität und Zeit zuordnen. Da Fabriken aber als Teil des Unternehmens zu betrachten sind, wirken die Entwicklungen im Unternehmensumfeld auch auf die Fabrik ein. Sie muss ihren Teil dazu beitragen, diesen Herausforderungen begegnen zu können.<sup>182</sup> In diesem Zusammenhang verlieren die klassischen Anforderungen keinesfalls ihre Bedeutung, sie werden vielmehr um neue Herausforderungen ergänzt.<sup>183</sup> Der Markt zeigt sich als Haupttreiber für neuartige Anforderungen an die Fabrik

---

<sup>174</sup> Vgl. Danz, B. (2001) *Entrepreneurship*, S. 173.

<sup>175</sup> Vgl. Piller, F. (2006) *Mass Customization*, S. 170; Adam, D. et al. (1998) *Die Komplexitätsfalle*, S. 5.

<sup>176</sup> Vgl. Dombrowski, U. et al. (2007) *Tuning- und Anpassungsmaßnahmen*, S. 839.

<sup>177</sup> Vgl. Palluck, M. (2011) *Unternehmenszielorientierte Fabrikplanung*, S. 14 f.; Dombrowski, U. et al. (2001) *Visionen für die Digitale Fabrik*, S. 96.

<sup>178</sup> Vgl. Reger, G. (1997) *Koordination und strategisches Management*, S. 6.

<sup>179</sup> Vgl. Schuh, G. et al (2006) *Komplexitätswissenschaften in der Fabrikplanung*, S. 167; Schenk, M. et al. (2014) *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb*, S. 15; Wiendahl, H.-P. et al. (2014) *Handbuch Fabrikplanung*, S. 10.

<sup>180</sup> Vgl. Feldhusen, J. et al. (2008) *Product Lifecycle Management*, S. 1 f.; Schuh, G. et al. (2013) *High Resolution Production Management*, S. 96.

<sup>181</sup> Die Dimensionen der gesellschaftlichen und politischen Umwelt werden an dieser Stelle aufgrund ihres engen Zusammenhangs integriert betrachtet.

<sup>182</sup> Vgl. Burggräf, P. et al. (2019) *Urban Factories*, S. 84.

<sup>183</sup> Wie zuvor beschrieben besteht ein hoher Kosten- und Zeitdruck, z. B. durch das Auftreten neuer Wettbewerber, zudem führt die gesteigerte Marktmacht der Kunden zu einer erhöhten Erwartung an die Qualität.



verantwortlich. Wie bereits skizziert, verlangt die Erschließung neuer Märkte den Aufbau globaler Produktionsnetzwerke. Für die Fabrik ergibt sich daraus die Anforderung nach Vernetzungsfähigkeit, um eine reibungslose Integration in das Netzwerk sicherstellen zu können.<sup>184</sup> Die Turbulenzen bzw. Diskontinuitäten in globalen Märkten bilden auch die Ursache für die Forderung nach erhöhter Flexibilität und Wandlungsfähigkeit.<sup>185</sup> Bspw. können Absatzvolumina nur mit bedingter Genauigkeit vorhergesagt werden, wodurch die Forderung nach Flexibilität bzgl. des Produktionsvolumens entsteht. Um der Forderung nach dem Angebot unterschiedlicher Varianten nachzukommen, muss die Fabrik zudem ein hohes Maß an Variantenflexibilität aufweisen. Auch die Entwicklungen im Technologiebereich, manifestiert durch kürzere Innovationszyklen auf verschiedenen Ebenen, unterstreichen die Forderung nach Wandlungsfähigkeit.<sup>186</sup> Es muss gewährleistet werden, dass neue Technologien jederzeit und ohne größere Probleme in das bestehende Produktionssystem integriert werden können.<sup>187</sup> Um der Forderung nach Flexibilität und Wandlungsfähigkeit nachzukommen, sind anpassungsfähige Prozesse und Fabrikstrukturen unerlässlich.<sup>188</sup> SCHENK UND WIRTH unterstreichen in diesem Zusammenhang, dass zudem Organisation und Mitarbeiter wesentliche Wandlungsbefähiger darstellen.<sup>189</sup> Die Forderung nach Nachhaltigkeit stellt die wesentliche Anforderung aus dem politisch-gesellschaftlichen Umfeld dar. Einerseits in Form ökologischer Nachhaltigkeit, um einen Beitrag zur Energie- und Ressourcenschonung zu leisten.<sup>190</sup> Andererseits auf sozialer Ebene, um den Herausforderungen des demografischen Wandels gerecht zu werden.<sup>191</sup> Im Kontext des Fachkräftemangels gewinnt zudem das Thema Attraktivität an Bedeutung im Kampf um die besten Mitarbeiter.<sup>192</sup>

### 2.2.3 Resultierende Anforderungen an die Fabrikplanung

Die Dynamik im Unternehmensumfeld wirkt sich dahingehend aus, dass die Fabrikplanung, früher als Einmalaufgabe betrachtet, die im Turnus mehrerer Jahre ansteht, heute als kontinuierlicher Prozess verstanden werden muss.<sup>193</sup> Dies bedeutet, dass sich die Frequenz in der Fabrikplanung deutlich erhöht. Die Definition und Beherrschung der notwendigen Prozesse und Systematiken, also des Vorgehens,

---

<sup>184</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 13; Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 3; Vereecke, A. et al. (2002) The strategic role of the plant, S. 492 f.; Wirth, S. et al. (2000) Flexible, temporäre Fabrik, S. 12.

<sup>185</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 43.

<sup>186</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 43 f.

<sup>187</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 43 f.

<sup>188</sup> Vgl. Bartuschat, M. (1995) Beherrschung der Variantenvielfalt, S. 1; Menge, M. (2001) Beherrschung der Variantenvielfalt, S. 16 ff.; Wurst, K.-H. et al. (2006) (Re)konfigurierbare Werkzeugmaschinen, S. 257.

<sup>189</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 44.

<sup>190</sup> Vgl. Schuh, G. et al. (2012) Ressourceneffiziente Fabrik- und Produktionsplanung, S. 33.

<sup>191</sup> Vgl. Abele, E. et al. (2011) Zukunft der Produktion, 195 ff.; Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 5; Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 66–67; Dombrowski, U. et al. (2013) Demografiefeste Arbeitssystemgestaltung, S. 674.

<sup>192</sup> Vgl. Hernández Morales, R. (2003) Systematik der Wandlungsfähigkeit, S. 14.

<sup>193</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 41.

gewinnt in diesem Zusammenhang stark an Bedeutung und wird zu einem zentralen Erfolgsfaktor der Fabrikplanung.<sup>194</sup>

Zeit- und Kostendruck wirken auf Fabrikplanungs- ebenso wie auf Fabrik- und Unternehmensebene.<sup>195</sup> Kostendruck entsteht, da auch in der Fabrikplanung hohe Summen aufgewendet werden müssen. BERGHOLZ konstatiert, dass die Planung einer Fabrik im Schnitt ca. 10-15% des gesamten Investitionsvolumens umfasst, wodurch bei Investitionen in Millionen- und Milliardenhöhe hohe Summen entstehen.<sup>196</sup> Der Zeitdruck rührt daher, dass die Time-to-Market im globalen Wettbewerb einen entscheidenden Erfolgsfaktor darstellt und maßgeblich von der Fabrikplanung beeinflusst wird.<sup>197</sup> Als Antwort auf den Zeitdruck muss vermehrt parallel geplant werden. Diesen Prozess zu lenken, stellt an sich schon eine Herausforderung dar. Zusätzlich sorgt die Dynamik im Unternehmensumfeld dafür, dass sich Planungsprämissen (bspw. Stückzahlen oder Fertigungstiefe) im Projektverlauf hochfrequent ändern. Hieraus resultiert, dass bereits erzielte Planungsergebnisse infrage gestellt werden und verschiedene Planungsaufgaben erneut durchgeführt werden müssen. Für den Fabrikplaner bedeutet dies, fast durchgängig unter Unsicherheit mit unscharfen Daten arbeiten zu müssen.<sup>198</sup>

Durch die gesteigerten Anforderungen an die Fabrik müssen vermehrt Experten verschiedener Fachrichtungen in den Planungsprozess integriert werden. Zusätzlich ergibt sich daher die Interdisziplinarität als Herausforderung in der Fabrikplanung. Interdisziplinarität erschwert die Planung dahingehend, dass verschiedene Disziplinen über unterschiedliche Denk- und Herangehensweisen sowie Zielsysteme verfügen. Dies kann in der Planung zu Konflikten führen, die im Sinne eines gesamtheitlichen Optimums aufzulösen sind.<sup>199</sup> Verstärkt werden die Zielkonflikte in der Planung dadurch, dass die Fabrik inhärent bereits über ein multiples Zielsystem verfügt (vgl. Kapitel 2.1.3 & 2.2.2). Einzelne Ziele können jedoch im Widerspruch zueinanderstehen. So bedeutet bspw. eine Erhöhung der Wandlungsfähigkeit i. d. R. höhere Investitionen, z. B. in die Infrastruktur, um auf verschiedene Entwicklungen reagieren zu können. Diesen Zielkonflikt aufzulösen stellt eine zentrale Herausforderung für die Fabrikplanung dar.

## 2.3 Empirische Beobachtungen

Die bisherigen Ausführungen basieren auf der Fachliteratur zur Fabrikplanung. Diese sollen im Folgenden um eine praxisorientierte Perspektive auf Basis empirischer Beobachtungen erweitert werden. Die Beobachtungen stammen aus verschiedenen Beratungsprojekten, die vom Autor im Zeitraum von 2012 bis 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen durchgeführt wurden.<sup>200</sup> In Abbildung 1-1 wurde aufgezeigt, dass eine Vielzahl von Fabrikplanungsprojekten in der Praxis die definierten Ziele verfehlt. Die Herausforderungen, denen die Fabrik-

---

<sup>194</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 453.

<sup>195</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 21; Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 452; Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 18-20; Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 45.

<sup>196</sup> Vgl. Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung, S. 32.

<sup>197</sup> Vgl. Kinkel, S. (2009) Erfolgsfaktor Standortplanung, S. 67.

<sup>198</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 10.

<sup>199</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 5.

<sup>200</sup> Jedes dieser Projekte wurde in einem anderen Unternehmen durchgeführt.

planung ausgesetzt ist und die die Zielerreichung beeinflussen, wurden in den letzten Kapiteln dargestellt. Ziel dieses Kapitels ist es, die theoretischen Erkenntnisse in der Praxis zu spiegeln, weitere praktische Herausforderungen zu identifizieren und konkrete Gründe zu benennen, warum Fabrikplanungsprojekte ihre Ziele verfehlen. Forschungsmethodologisch sind die folgenden Ausführungen somit im Entdeckungs- sowie Begründungszusammenhang dieser Arbeit verortet.

### 2.3.1 Entwicklung einer Planungs-Blaupause in der Konsumgüterindustrie

Das erste Fallbeispiel behandelt die Entwicklung einer Planungs-Blaupause anhand eines Neuplanungsprojekts für einen internationalen Hersteller von Konsumgütern. Im Vorfeld der Planung wurden Best-Practices aus unterschiedlichen Werken gesammelt und verglichen. Dabei fiel auf, dass fabrikplanerische Fragestellungen in den Werken aufgrund regionaler Verantwortlichkeiten unterschiedlich beantwortet wurden. Die jeweils gewählte Variante wurde von den verantwortlichen Planern als Optimum charakterisiert, häufig nicht nur für den vorliegenden Fall, sondern im Allgemeinen. Auch war der Prozess, der zur Lösungsfindung angewandt wurde, unterschiedlich, sodass hier ebenfalls divergierende Ansätze für eine ähnliche Aufgabe existierten.

Aufgrund dieser Historie und des Anlaufs eines Greenfield-Projekts wurde ein internationales Planungsteam zusammengestellt, welches methodisch von einem Berater-Team des WZL unterstützt wurde. Ziel war neben der Konzeptplanung des neuen Standorts die Entwicklung eines Planungsleitfadens und Planungsstandards für diese Art von Fabriken. In einem systematischen Prozess wurden...

- ... Handlungsfelder und Bewertungskriterien definiert.
- ... in den Handlungsfeldern existierende Lösungen analysiert.
- ... in Kreativworkshops weitere/alternative Lösungsideen entwickelt.
- ... die erarbeiteten Ideen anhand der Bewertungskriterien bewertet.
- ... die ausgewählten Ideen zu konsistenten Konzepten verdichtet.
- ... die im Team als optimal identifizierten Lösungen sowie der Prozess der Lösungsfindung und -auswahl dokumentiert.

Anhand dieses Vorgehens konnte das neue Werk binnen weniger Monate konzipiert werden. Sowohl Planungsvorgehen als auch Planungsergebnis wurden in der Folge als Standards festgeschrieben, die bei künftigen Projekten genutzt werden sollten. Der Standard kam in mehreren darauffolgenden Projekten zur Anwendung. Die Planungs- und Realisierungszeit konnte von ursprünglich 24 Monaten für das hier vorgestellte Projekt schrittweise auf unter 18 Monate im dritten Folgeprojekt gesenkt werden. Zudem wurde die Qualität des Planungsergebnisses verbessert. Es muss hinterfragt werden, ob allein der Planungsstandard hierfür verantwortlich ist, es ist jedoch eine positive Korrelation zu erkennen.

#### **Zentrale Beobachtungen**

Durch mangelnde Koordination hatten sich in den Fabriken und der Planung verschiedene Ansätze etabliert, die in vielen Fällen jedoch ein Suboptimum darstellten. Durch die zentrale strategische Vorgabe und Integration der beiden Domänen Objekt und Vorgehen konnten Zeit- und Kosteneinsparungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Qualität des Planungsergebnisses realisiert werden. Eine notwendige Voraussetzung für den Erfolg war die Involvierung verantwortlicher Planer aus verschiedenen Regionen der Welt. Das Verständnis und die eigene Mitarbeit im Projekt motivierten die Verantwortlichen, den Standard in ihrer jeweiligen Region zu etablieren und Akzeptanz zu schaffen, auch wenn der Standard bisherigen Erkenntnissen widersprach.

### 2.3.2 Fabrikplanung bei einem Tier-2-Automobilzulieferer

Das folgende Beispiel behandelt die Planung einer ‚idealen Fabrik‘ für einen Tier-2-Automobilzulieferer, zielt aber vor allem auf die Projekthintergründe ab. Der Hauptsitz des Unternehmens liegt in Deutschland, es verfügt jedoch weltweit über ca. 40 Werke, die durch Business Units und darunter organisierte Regionalgesellschaften verantwortet werden. In der Unternehmenszentrale existiert ein Team, welches sich unter anderem mit dem Thema Fabrikplanung befasst, in dem aber nur ein Mitarbeiter für operative Fabrikplanungsaufgaben existiert. Wie in der theoretischen Analyse beschrieben, führt das dynamische Umfeld dazu, dass Fabrikplanung vermehrt Charakteristika eines kontinuierlichen Prozesses aufweist und kontinuierlicher Handlungen bedarf. Dass eine Person bei 40 Werken diesen Ansprüchen nicht gerecht wird, ist selbsterklärend. Aus diesem Grund liegt ein hoher Anteil der fabrikplanerischen Verantwortung in den Regionalgesellschaften. Aufgrund der Marktentwicklung sollte ein neuer Standort in Zentralasien entstehen, die Planung hierfür oblag der Regionalgesellschaft, eine Unterstützung durch die Zentrale war nicht geplant. Die Regionalgesellschaft wollte sich nicht einschränken lassen, während die kapazitive Situation der Zentrale eine Unterstützung ohnehin nur sporadisch erlaubt hätte. Zur Eröffnung des Werkes war der technische Leiter des Gesamtunternehmens zu Gast. Folge dieses Besuchs war ein kurzfristiges Projekt zwischen Planern der Zentrale und den verantwortlichen Planern der Regionalgesellschaft zur Optimierung des Werkes. Aufgrund von Unwissenheit und mangelnder Qualifikation des regionalen Planungsteams musste das Ergebnis der Planung als ungenügend bewertet werden. Die verwendete Technologie entsprach nicht dem technischen Standard, Materialflüsse waren suboptimal organisiert und zentrale bauliche Vorgaben bzgl. Wegbreiten sowie Bodenlasten, die in einem mit dem WZL in der Vergangenheit entwickelten Fabrikplanungsstandard festgeschrieben waren, wurden nicht eingehalten. Ergebnis des zweiwöchigen Projekts war ein Masterlayout, welches den Transportaufwand um ca. 25% und den Platzbedarf um ca. 30% reduzierte. Zudem wurde eine Roadmap für die Werksentwicklung definiert, mit welchen Maßnahmen sich das Werk in den nächsten drei Jahren hin zum Masterlayout entwickeln sollte. Eine sofortige Umsetzung war wegen des notwendigen Produktionshochlaufs nicht möglich. In der Folge wurde eine erneute Zusammenarbeit mit dem WZL aufgesetzt, um neben dem baulichen Standard eine für die Business Unit ideale Fabrik zu entwickeln, die die Grundlage für die Planung jedes Greenfield-Projekts und langfristig auch die Entwicklung der bestehenden Werke darstellen soll.

#### **Zentrale Beobachtungen**

Im Gegensatz zum Fallbeispiel in Kapitel 2.3.1 existierten bereits zentrale bauliche Vorgaben sowie das notwendige Know-How zur Umsetzung in der Zentrale. Durch mangelnde Strukturen und Überlastung der zentralen Fabrikplanungsmitarbeiter konnte dieses Know-How jedoch nicht im Projekt nutzbar gemacht werden, wodurch das Planungsergebnis als ungenügend bewertet werden musste. Im Nachgang stellte sich heraus, dass der Standard, der ausschließlich in der Zentrale entwickelt worden war, bei den lokalen Planern teils unbekannt war. Diejenigen Planer, die den Standard jedoch kannten, lehnten diesen ab, da sie ihn nicht verstanden bzw. der Meinung waren, eine bessere Lösung entwickeln zu können. Wären, wie im vorherigen Fall, internationale Planer in den Erstellungsprozess der Standards eingebunden gewesen oder hätten über Kenntnis und Verständnis für den Standard verfügt, hätten die Probleme ggf. vermieden werden können.

### 2.3.3 Fabrikerweiterung bei einem Tier-2-Automobilzulieferer in Osteuropa

Das dritte Fallbeispiel behandelt ein Erweiterungsprojekt für ein Werk eines deutschen Tier-2-Automobilzulieferers in Osteuropa. Aufgrund technischer Probleme eines Konkurrenten, die zu Problemen in der Lieferfähigkeit und einem Vertrauensbruch bei den Kunden geführt hatten, waren die Auftragsvolumina des betrachteten Unternehmens im betroffenen Segment sprunghaft angestiegen. Das im Fallbeispiel betrachtete Werk war für das neue Auftragsvolumen nicht ausgelegt, sodass es binnen kurzer Zeit erweitert werden musste. Zunächst war unternehmensintern eine Vorplanung zur Abschätzung der Kapazitäten durchgeführt worden. Diese Vorplanung war von einem Mitarbeiter aus dem zentralen Operational Excellence (OpEx) Team des Unternehmens auf Basis von Daten, die vom lokalen Team aufbereitet worden waren, durchgeführt worden. Für die aufwendigere Ausplanung wurde ein Team aus lokalen Planern, dem Mitarbeiter der zentralen OpEx Abteilung in Teilzeit sowie der zentralen Bauabteilung zusammengestellt, welches von einem Team des WZL unterstützt wurde.<sup>201</sup> Da der Auftraggeber wünschte, dass das Planungsergebnis aufgrund erhöhter Akzeptanz vor allem als Verdienst des lokalen Teams aufgefasst wurde, wurde die Gesamtprojektleitung vom lokalen Werksleiter übernommen.

Zu Beginn der Planung für das Produktions- und Logistiksystem wurde der bisherige Planungsstand überprüft, um die weiteren Schritte zu detaillieren. Dabei stellte sich heraus, dass für einige Produktgruppen komplette Prozessabschnitte der Vorfertigung nicht betrachtet worden waren. Hieraus resultierte, dass die Ergebnisse der Vorplanung obsolet waren und diese erneut durchgeführt werden musste. Der Grund lag darin, dass die Kommunikation zwischen dem lokalen Planungsteam, welches die Daten aufbereitet hatte und dem zentralen OpEx Mitarbeiter, der die Grobplanung durchgeführt hatte, nur per digitalen Medien stattfand, um Reisekosten einzusparen. In diesem Prozess kam es zu Absprachen, die unterschiedlich aufgefasst wurden und so zum beschriebenen Ergebnis führten. Tatsächlich stellten sich in der Überprüfung Abweichungen in der Kapazitätsplanung heraus. So wurde ein Tauchbecken zur Oberflächenveredelung bereits zehn Monate früher benötigt und stellte somit, aufgrund der langen Lieferzeit, nun den kritischen Pfad dar.

Das Gesamtprojekt bestand aus mehreren Teilprojekten, die jedoch kontinuierlich Ergebnisse austauschen mussten. Die Koordination des Austausches sollte der Gesamtprojektleiter übernehmen. Zu Projektbeginn wurde entschieden, dass im Zuge der Erweiterung auch die Prozesse im Bestand optimiert werden sollten, was Veränderungen des bestehenden Layouts beinhalten konnte. Da einige Prozesse konstante raumklimatische Bedingungen benötigten, während die Oberflächenbehandlung den Säuregehalt der Luft erhöhte, waren infolge der Optimierung bauliche Maßnahmen, zumindest hinsichtlich Klima- und Raumluftechnik, abzusehen. Dieser Umstand hätte auf (Teil-)Projektleiterebene weitergegeben werden sollen. Da der Gesamtprojektleiter den zeitlichen Umfang, den das Projekt mit sich brachte, deutlich unterschätzt hatte, fanden geplante Austauschrunden zu selten statt. So kam es, dass innerhalb des Teilprojekts Bau ein Planungsbüro ausschließlich auf Basis des Vorschlags für die Erweiterung beauftragt wurde. Dies zog im Umbau Nachträge nach sich, die durch eine verbesserte Kommunikation hätten verhindert werden können.

Neben einem mangelhaften Vorgehen spielte auch das Planungssubjekt, der Mensch, in diesem Projekt eine wesentliche Rolle. Während des Kreativprozesses zur möglichen Auslegung des Produktions-

---

<sup>201</sup> Das WZL war für die Unterstützung des Teilprojekts ‚Produktions- und Logistiksystem‘ engagiert worden.

Daneben existierten die Teilprojekte Bauplanung, Finanzen, Genehmigungen.

und Logistiklayouts arbeitete der lokale Facility Manager aktiv gegen Vorschläge, die größere Umbauten bedeutet hätten. Die verschiedenen Optionen wären zu einem späteren Zeitpunkt qualitativ als auch kostenmäßig bewertet worden, sodass Optionen, die unwirtschaftliche Umbaumaßnahmen nach sich gezogen hätten, ausgeschlossen wären. Durch das Verhalten wurde der Kreativprozess gestört und einzelne Mitarbeiter verloren die Motivation, sodass die Ergebnisse nicht wie erhofft ausfielen. Das Projekt konnte trotz dieser Widerstände termingerecht fertiggestellt werden. Allerdings bedeuteten die dargestellten Ereignisse Zeitverluste und Mehrkosten, die an anderer Stelle wieder ausgeglichen werden mussten.

### **Zentrale Beobachtungen**

Die Organisation stellte die zentrale Herausforderung des Projekts dar. Die Kommunikation zwischen zentralen und lokalen Planungsteams war suboptimal organisiert und der Aufwand der Koordination wurde unterschätzt. Zudem störten persönliche Befindlichkeiten der involvierten Planer den Planungsprozess, da bei einzelnen Planern kein Verständnis für den vorgesehenen Prozess herrschte und sie diesen abkürzen wollten, woraus Unmut und Demotivation im gesamten Team resultierten.

### **2.3.4 Greenfield Planung für einen außereuropäischen Standort in der Konsumgüterindustrie**

Im vierten Fallbeispiel geht es um ein Projekt zur Konzeptplanung für einen neuen Standort eines Konsumgüterherstellers außerhalb Europas. Die Ausgangssituation war, dass das antizipierte Wachstum aus dem bestehenden Werk im selben Land nicht bedient werden konnte, sodass die Entscheidung für einen neuen Standort getroffen wurde. Das Team war zusammengesetzt aus Technologieexperten und Logistikern des Unternehmens, wiederum unterstützt durch ein Team des WZL.<sup>202</sup> Die bereits zuvor festgelegte Projektorganisation sah vor, dass verschiedene Teams für die Logistikplanung im Produktionsbereich und Fertigwarenlager zuständig waren. Dennoch existierte ein logistischer Kopplungspunkt zwischen den beiden Bereichen, für den weder Ort (Produktionsbereich oder Fertigwarenlager) noch Zuständigkeit geklärt waren. Aus diesem Grund planten beide Teams separat und auf ein lokales Optimum hin. Als die beiden Planungen zusammengefügt wurden, kamen Diskussionen auf, in welchem Bereich der Übergabepunkt zu liegen habe. Das Lager benötigte den Platz, um genügend Palettenstellplätze vorzuhalten, während die Produktion Fläche benötigte, um zunächst manuelle Linien in einem späteren Stadium vollautomatisch ausbauen zu können. Diesen Zielkonflikt aufzulösen nahm ca. zwei Wochen in Anspruch, die durch eine vorab geregelte Zuständigkeit hätten eingespart werden können.

### **Zentrale Beobachtungen**

Durch eine eindeutige Regelung der Zuständigkeiten sowie der entsprechenden Schnittstellen können Konflikte in der Planung vermieden werden. Zudem gewährleistet ein frühzeitiger Austausch von Planungsständen, und seien sie nur vorläufig, eine zeitnahe Reaktionsfähigkeit durch das Einbringen des notwendigen Fachwissens.

---

<sup>202</sup> Der Auftrag des WZL lag in der Unterstützung der Logistik des Produktionsbereichs.

### 2.3.5 Review der Fabrikplanung bei einem Tier-1-Zulieferer

In diesem Fallbeispiel war das WZL für ein Review des Fabrikplanungsstandes für zwei Werke (Osteuropa und Zentralamerika) beauftragt worden. In einem eintägigen Workshop sollte der aktuelle Projektstand für beide Werke analysiert, diskutiert und auf etwaige Schwachstellen geprüft werden. Für jedes der Werke, für die die Geschäftsführung jeweils den Anspruch einer „Worldclass Factory“ definiert hatte, stand in ca. vier Wochen die Freigabe des Grobkonzepts bevor.

Auf die Frage, was eine „Worldclass Factory“ ausmache, kamen von den involvierten Planern und Projektleitern entweder keine oder divergierende Antworten. In der folgenden Diskussion stellte sich heraus, dass der Begriff der „Worldclass Factory“ nie detailliert worden war, um daraus Ziele für die Standorte und die Projekte abzuleiten. Dementsprechend war es auch nicht möglich, den Stand der Planung zu bewerten oder auf Schwächen zu prüfen, da kein Maß existierte, gegen welches hätte gemessen werden können. Stattdessen wurde der Workshop von einem Review-Workshop zu einem Strategie-Workshop abgewandelt, um zumindest im Planungsteam den Begriff „Worldclass Factory“ und daraus abgeleitet Projektziele und Bewertungskriterien zu definieren. Ergebnis des Workshops war der Auftrag, dieses Verständnis kurzfristig mit der Geschäftsführung abzustimmen, um auf dieser Basis eine Bewertung der bisherigen Planungsergebnisse und Optionen vorzunehmen.

#### **Zentrale Beobachtung**

Zentrale Erkenntnis dieses Fallbeispiels ist die Wichtigkeit der frühzeitigen Ausrichtung der Fabriken und dahinterliegenden Projekte mit der Gesamtstrategie des Unternehmens. Die unklare Definition der Zielstellung machte es unmöglich, die Planungsergebnisse, die durchaus von hoher Qualität waren, einer objektiven Bewertung zu unterziehen.

### 2.3.6 Fabrikplanung bei einem Tier-1-Automobilzulieferer in Deutschland/ Osteuropa

Im letzten Fallbeispiel wird ein Projekt analysiert, welches die Konzeptplanung eines Standorts in Osteuropa zum Ziel hatte. Durch die Einführung einer neuen Technologie war das Unternehmen in der engeren Auswahl eines Automobil-OEM für die Lieferung von A- und B-Säulen eines neuen Fahrzeugmodells. Aus Budgetgründen war das Team des WZL nur in einem geringen Umfang beauftragt worden, um das Projekt zu strukturieren und vor dem Erreichen wichtiger Meilensteine die Qualität der Planung zu überprüfen. Der interne Projektleiter des Unternehmens war gleichzeitig Leiter der internen Logistik am Heimatstandort in Deutschland. Neben dem Tagesgeschäft oblag ihm somit die Verantwortung für das Projekt. Zudem besaß er keine Erfahrungen und wenig methodische Kenntnisse in der Fabrikplanung. Dies führte dazu, dass die Planung zu Beginn chaotisch anließ, notwendige Schritte übersprungen wurden und Informationen somit nicht vorlagen. Durch eine methodische Schulung durch das Team des WZL konnten die Kenntnisse auf das erforderliche Maß erweitert werden. Infolge der Marktentwicklung auf dem nordamerikanischen Markt entstand während der Laufzeit des bisher beschriebenen Projekts die Notwendigkeit einer kurzfristigen Kapazitätserweiterung am US-amerikanischen Standort. Aufgrund seiner Erfahrung, die er im bisherigen Projekt gesammelt hatte, wurde dem Projektleiter auch die Leitung der Erweiterung in den USA übertragen. Hieraus resultierte eine Überlastung, da der Mitarbeiter nun die Leitung der beiden Projekte sowie des Tagesgeschäfts am Heimatstandort verantwortete. Die Zeit, die die inhaltliche Abarbeitung der Projekte beanspruchte sowie der Reiseaufwand innerhalb Europas und in die USA führten dazu, dass die beiden Projekte binnen kurzer Zeit hinter dem Zeitplan

lagen. Durch ein größeres Engagement des WZL für das europäische Projekt konnte die Situation entspannt, der Verzug im Vergleich zum ursprünglichen Zeitplan jedoch nicht vollständig eliminiert werden.

Eine weitere Herausforderung erwuchs im Projektverlauf aus unerwarteten Entwicklungen im Projektumfeld. Geplant war, das Werk in Osteuropa an einem neuen Standort aufzubauen. Nach Verhandlungen mit dem potenziellen Kunden ergab sich, dass die Fertigung unter Umständen in Deutschland aufgebaut werden muss, da der Kunde das Risiko, welches mit dem Aufbau einer neuen Technologie an einem neuen Standort verbunden war, als zu hoch einstufte. Da die Entscheidung noch nicht final getroffen war, in Osteuropa mehrere Grundstücke in der engeren Auswahl waren und am deutschen Standort nur begrenzt Fläche zur Verfügung stand, musste die Planung flexibel durchgeführt werden. Die Anwendung des zustandsbasierten Vorgehens nach NÖCKER ermöglichte es, die Auswirkungen eines geänderten Grundstücks transparent nachzuverfolgen.<sup>203</sup> Auf dieser Basis wurden die nicht betroffenen Bereiche ausgeplant, für die betroffenen Bereiche wurden Alternativen entwickelt. Zudem wurde das Fabrikkonzept, also das Planungsergebnis, modular ausgelegt, sodass eine Anpassung an verschiedene Grundstücksflächen möglich wurde.

### **Zentrale Beobachtungen**

Fabrikplanung ist heute kein Alltagsgeschäft, vor allem in mittelständischen Unternehmen. Trotzdem führen unvorhergesehene Entwicklungen, im vorgestellten Beispiel durch Markt und Technologie, zu der Notwendigkeit, kurzfristig Fabrikplanungsprojekte durchführen und auch im Projektverlauf flexibel zu reagieren. Um die Projekte erfolgreich zu gestalten, benötigen die Mitarbeiter die notwendigen Kenntnisse und Kapazitäten. Nach der methodischen Schulung war der Projektleiter auf die anstehenden Aufgaben vorbereitet, die kapazitive Überlastung durch das Projekt in den USA ließen die Probleme jedoch zurückkehren. Mitarbeiterqualifikation und die Ausstattung mit den notwendigen Ressourcen stellen daher wichtige Faktoren erfolgreicher Fabrikplanung dar.

### **2.3.7 Erkenntnisse aus den empirischen Beobachtungen**

Die Ergebnisse der Analyse der Praxisprojekte zeigen, dass auch heute vielfältige Probleme in der praktischen Fabrikplanung vorherrschen.<sup>204</sup> Ziele sind häufig nicht klar definiert oder sinnvoll in den Unternehmenskontext integriert (Beispiele 2 und 5), das Objekt Fabrik wird nach wie vor als Unikat angesehen, obwohl Standardisierungspotenzial herrscht (Beispiele 1 und 2). Das Vorgehen, Verantwortlichkeiten und Schnittstellen sind nicht bzw. nur mangelhaft beschrieben (Beispiele 3, 4 und 6) und der Mensch als zentrale Ressource der Planung verfügt nicht über die Kenntnisse oder Kapazitäten, die er besitzen muss, um effektiv und effizient zu agieren (Beispiele 2, 3 und 6). Diese Probleme bewegen sich jeweils innerhalb einer Domäne der Fabrikplanung und sind auf den ersten Blick leicht zu beheben. Die Beispiele zeigen jedoch auch, dass die Optimierung einer Domäne nicht ausreichend ist, sondern vielmehr alle Domänen gleichermaßen betrachtet werden müssen. Fabrik- und Vorgehensstandards stiften nur Nutzen, wenn die Planer diese verstehen sowie gewillt und in der Lage sind, diese anzuwenden.

---

<sup>203</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung.

<sup>204</sup> Es ist anzumerken, dass die beschriebenen Projekte nur einen kleinen Erfahrungs-Ausschnitt der Realität darstellen und auf der subjektiven Erfahrung des Autors beruhen. Die Diskussion mit unterschiedlichen Experten im Rahmen verschiedener weiterer Projekte sowie Arbeitskreise stützen jedoch diese Wahrnehmung.



Andersherum können die Fähigkeiten der Planer nur anforderungsgerecht entwickelt werden, wenn die Anforderungen systematisch aus dem Objekt sowie dem Vorgehen abgeleitet werden können. Die Güte der Fabrik als Objekt der Planung kann nur bewertet werden, wenn Ziele eindeutig definiert sind.

Fabrikplanung lässt sich hiernach sinngemäß als eine Kette interpretieren (vgl. Abbildung 2-8), die nur so stark ist wie ihr schwächstes Glied. Hochleistungsfähige Einzellösungen können ihre Wirkung nicht entfalten, wenn die anderen Glieder nicht eine entsprechende Stabilität aufweisen, da die Kette an der Schwachstelle brechen würde. Für die Fabrikplanung gilt es daher, die schwächsten Stellen im System, ähnlich einem Engpass, zu suchen, zu analysieren und zu optimieren, um die Gesamtleistungsfähigkeit zu steigern. Hieraus kann abgeleitet werden, dass alle Domänen der Fabrikplanung Gegenstand optimierender Untersuchungen sein müssen bzw. die Domäne zuerst zu adressieren ist, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Schwachstelle bildet.

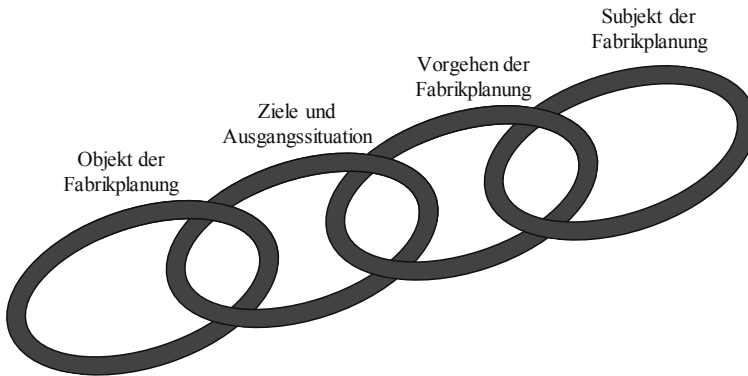


Abbildung 2-8: Die Domänen der Fabrikplanung als Glieder einer Kette

## 2.4 Erfolgsfaktoren einer systemischen Fabrikplanung

Die vorherigen Ausführungen haben gezeigt, dass auch heute noch zahlreiche Probleme und Herausforderungen in der Fabrikplanung bestehen. Diese Probleme werden nicht hingegenommen, sondern es wurden in Theorie und Praxis Lösungsansätze entwickelt, die diese Probleme adressieren. Damit diese an der richtigen Stelle ansetzen, ist, wie im vorherigen Kapitel dargestellt, der Engpass zu identifizieren. Zusätzlich zur Identifikation des Engpasses stellt sich jedoch die Frage der zielgerichteten Lösungsentwicklung im Gesamtkontext des Systems Fabrikplanung. Hierzu werden nun die Lösungsbausteine einer erfolgreichen fabrikplanerischen Praxis auf Basis der bisherigen Ausführungen abgeleitet (Kapitel 2.4.1). Um das Problem einer isolierten Betrachtung bzw. Optimierung zu vermeiden, werden sie in einem zweiten Schritt auf ihre Abhängigkeiten untersucht mit dem Ziel, diese zu explizieren und in der späteren Lösungsentwicklung zu berücksichtigen (Kapitel 2.4.2).

### 2.4.1 Statische Perspektive auf die Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung

Die folgenden Ausführungen zielen nicht auf die Mikroebene der Fabrikplanung<sup>205</sup> ab, da diese Fragestellungen bereits in zahlreichen Arbeiten adressiert wurden, sondern adressieren die Makroebene, also die Einbindung der Fabrikplanung in den Unternehmenskontext sowie die Realisierung erfolgreicher Projekte. Als erfolgskritisch lassen sich vor dem Hintergrund der theoretisch identifizierten Herausforderungen und der praktischen Beobachtungen die folgenden sechs Faktoren definieren.

*Strategieorientierte Fabrikplanung:* Fabriken weisen ein multiples Zielsystem auf (vgl. Kapitel 2.1.3 & 2.2.2). Die Ziele sind nicht zwingend komplementär, sondern stehen teils in negativer Korrelation zueinander.<sup>206</sup> Die Verfolgung der einzelnen Ziele ist nicht verkehrt, jedoch verlangen bestimmte Situationen die Priorisierung eines oder mehrerer Ziele. Für die Fabrikplanung ist es daher von hoher Bedeutung, kontinuierlich im Sinne der Unternehmensstrategie zu handeln, um so einen maximalen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit zu leisten.<sup>207</sup> Der Erfolgsfaktor der Strategieorientierung zielt auf die Effektivität der Planung ab.

*Wertorientierte Fabrikplanung:* Eng verbunden mit der Strategieorientierung und dennoch als eigener Erfolgsfaktor zu beschreiben ist die Wertorientierung. Im Allgemeinen ebenso wie im Fabrikplanungskontext zielt Wertorientierung auf die Optimierung des Verhältnisses von Nutzen und Aufwand ab. Wie im letzten Absatz beschrieben, können Ziele und somit der Nutzen in unterschiedlichen Situationen unterschiedlich bewertet werden. Gleichzeitig sind Kapital und Zeit knappe Güter. In der Fabrikplanung besteht eine Korrelation zwischen dem Nutzen, basierend auf den priorisierten Zielen, und den Aktivitäten der Planung.<sup>208</sup> Erfolgreiche Fabrikplanung bedeutet daher, die limitierten Ressourcen auf die Aktivitäten zu verwenden, die einen maximalen Wertbeitrag für das Ergebnis leisten.<sup>209</sup> Die mit der Strategieorientierung erreichte Effektivität wird somit um den Faktor Effizienz ergänzt.

*Vorgehenssystematik in der Fabrikplanung:* Die erhöhte Planungsfrequenz bietet neben der Herausforderung einer permanenten Planungsbereitschaft die Möglichkeit, Skaleneffekte in der Planung zu nutzen. Auch wenn einzelne Planungsprojekte per Definition als Einzelfall anzusehen sind, sind die dahinterliegenden Prozesse doch als repetitiv zu betrachten.<sup>210</sup> So kann bspw. der Anlernprozess neuer Mitarbeiter in der Planung verkürzt und bestehende Methoden und Vorgehensweisen können kontinuierlich verbessert werden.<sup>211</sup> GRUNDIG bezeichnet ein systematisches Vorgehen sogar als „zwingend notwendig“<sup>212</sup>.

*Agile Fabrikplanung:* Auch wenn die Prozesse für sich genommen systematisiert und standardisiert werden können, werden sie jedoch immer projektindividuell angepasst werden müssen, bspw. bzgl. des zu planenden Objektbereichs oder der Detailtiefe. Einen wesentlichen Erfolgsfaktor stellt daher Agilität im Planungsprozess dar, um die notwendige Adaption schnell und aufwandsarm vornehmen zu können.

---

<sup>205</sup> Bspw.: „Wie plane ich ein erfolgreiches Layout“?

<sup>206</sup> Vgl. Brecher, C. (2011) Integrative Produktionstechnik, S. 315.

<sup>207</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 29.

<sup>208</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 178.

<sup>209</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 50.

<sup>210</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 453.

<sup>211</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 423.

<sup>212</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 37.

Im Planungsverlauf selber gilt es, agil auf unerwartete Änderungen reagieren zu können. Dies ist notwendig, da Planungsprämissen und Annahmen aufgrund des turbulenten Umfelds nicht zwingend bindenden Charakter besitzen, sondern Änderungen unterworfen sein können.

*Humanzentrierte Fabrikplanung:* Menschen planen Fabriken. Trotz aller technischen Hilfsmittel, die sich in den letzten Jahren entwickelt haben und sich noch (weiter-)entwickeln werden, wird der Mensch auch in Zukunft eine zentrale Rolle in der Fabrikplanung einnehmen.<sup>213</sup> LANG charakterisiert menschliche Fähigkeiten als „DIE Dreh- und Angelpunkte bei der Bewältigung von Komplexität [...]“<sup>214</sup>, da der Mensch bspw. in der Lage ist, unvollständige Informationen zu verarbeiten und in einen Gesamtzusammenhang zu setzen, eine der Kernherausforderungen in der modernen Fabrikplanung.<sup>215</sup> Gleichzeitig kann der Mensch durch sein Verhalten Probleme induzieren (vgl. Kapitel 2.3.3). Diese Aussage gilt auch für die Fabrikplanung. Vor dem Hintergrund der geschilderten Herausforderungen stellt der Mensch eine zentrale Ressource zur Lösung der Fabrikplanungsaufgabe dar.<sup>216</sup> Durch sein Verhalten kann er jedoch auch den Erfolg des Planungsprojekts bedrohen. Deswegen gilt für die Fabrikplanung, dass nicht nur „sachlogische Faktoren“<sup>217</sup> zu beherrschen sind, sondern vor allem der Mensch mit seinen positiven wie negativen Eigenschaften in den Mittelpunkt der Fabrikplanung zu stellen ist.

*Lern- und Entwicklungsfähigkeit der Fabrikplanung:* Die Dynamik, die bereits heute prägend für das Umfeld der Fabrikplanung ist, wird in Zukunft weiter zunehmen. Eine wesentliche Voraussetzung, in einem derartigen Umfeld auf Dauer erfolgreich agieren zu können, stellt die Lern- bzw. Entwicklungsfähigkeit dar. Die Fabrikplanung muss aus ihren eigenen Erfahrungen lernen und ihre angewandten Methoden und Hilfsmittel optimieren. Gleichzeitig ist das Umfeld stets auf relevante Entwicklungen zu überprüfen, um sich schnell neuen Herausforderungen anpassen zu können.

## 2.4.2 Vernetzte Perspektive auf die Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung

Eine isolierte Betrachtung und Implementierung der Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung scheint vor dem Hintergrund der zuvor beschriebenen praktischen Probleme sowie der Verkettung der Domänen der Fabrikplanung alleine nicht zielführend. Daher wird an dieser Stelle die These aufgestellt, dass nur eine Integration der Erfolgsfaktoren letztlich zum Erfolg führt. Aus diesem Grund wurde eine Untersuchung der Abhängigkeiten der einzelnen Erfolgsfaktoren untereinander durchgeführt. Die Ergebnisse der Analyse sind in Abbildung 2-9 dargestellt. Die Abhängigkeiten sind vielfach. Jeder Erfolgsfaktor weist mindestens eine Verbindung zu einem anderen Erfolgsfaktor auf. Beispielhaft wird an dieser Stelle die Verknüpfung der Vorgehenssystematik mit den weiteren Faktoren dargestellt. Die Systematik zielt darauf ab, Planungsprojekte und -aufgaben nach dem gleichen Schema durchzuführen, um Skalen- und Lerneffekte zu realisieren. Damit dies zielgerichtet erfolgen kann, ist die Strategieorientierung ein wesentlicher Ausgangspunkt für die Systematik. Gleichzeitig müssen agile Elemente integriert werden, um der Forderung nach einer anpassungsfähigen Vorgehensweise zu genügen. Die Wertorientierung gibt, im Zusammenhang mit der Strategieorientierung, vor, was Wert in der Fabrikplanung bedeutet und wie

---

<sup>213</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 45.

<sup>214</sup> Vgl. Lang, D. (2016) Gefangen im Komplexitätsdilemma, S. 57.

<sup>215</sup> Vgl. Lang, D. (2016) Gefangen im Komplexitätsdilemma, S. 57.

<sup>216</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 22.

<sup>217</sup> Vgl. Lang, D. (2016) Gefangen im Komplexitätsdilemma, S. 57.

dieser gemessen werden kann. Dies dient als Leitfaden für die Systematik der Fabrikplanung, die letztlich das operative Handeln des Fabrikplaners leitet. Ebendiese Fabrikplaner müssen in die Planungssystematik integriert werden. Zunächst muss sich die Planungssystematik daran orientieren, was der Fabrikplaner zu leisten imstande ist, kognitiv wie kapazitiv. Die Planungsaufgaben, v. a. diejenigen, die das Unternehmen selbst übernimmt, dürfen die Fähigkeiten des Planers nicht übersteigen. Zweitens muss sich der Umfang der eigenen Planungsleistungen an den vorhandenen Kapazitäten orientieren, entsprechende Partner sind auszuwählen und Koordinationsprozesse zu definieren. Existiert eine Diskrepanz zwischen Ist und Soll bzgl. kognitiver und kapazitiver Fähigkeiten in der Fabrikplanung, abgeleitet aus der strategischen Ausrichtung der Fabrikplanung, muss diese mittelfristig durch Qualifikationsprogramme oder Kapazitätsaufbau beseitigt werden. Diese (Re-)Aktionen sind der Teil der Lern- und Entwicklungsfähigkeit der Fabrikplanung, die alle Domänen der Fabrikplanung umfasst. So ist auch die Planungssystematik, welche sich dynamischen Entwicklungen und Trends im Fabrikplanungsumfeld anpassen muss, Gegenstand einer ständigen Entwicklung und Optimierung, um einen möglichst reibungslosen Ablauf der operativen Planungstätigkeiten zu gewährleisten. In ähnlicher Form lassen sich auch zwischen allen anderen Erfolgsfaktoren gegenseitige Abhängigkeiten identifizieren, weshalb diese im Rahmen einer ganzheitlichen Lösung integriert betrachtet werden müssen.

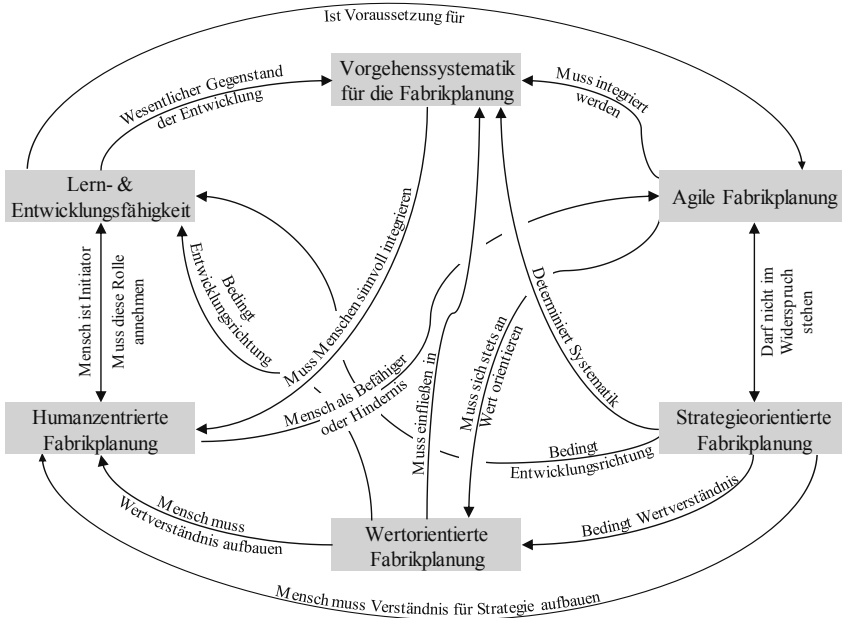


Abbildung 2-9: Abhängigkeiten zwischen den Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung

## 2.5 Herleitung des Bedarfs eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung

Fabrikplanung erfolgreich zu gestalten ist im heutigen Umfeld eine in höchstem Maße herausfordernde Aufgabe. Es gilt, ständig den Engpass im System Fabrikplanung zu identifizieren, um an diesem Punkt Optimierungsmaßnahmen vorzunehmen. Um dies zielgerichtet zu tun, wurden im vorherigen Kapitel Erfolgsfaktoren definiert. Die Erfolgsfaktoren sind jedoch nicht unabhängig voneinander zu betrachten, sie weisen vielmehr gegenseitige Abhängigkeiten auf. Wird ein Faktor verändert, hat dies automatisch Einfluss auf die anderen Faktoren. Erfolgt eine Optimierung isoliert, wird dadurch ggf. ein lokales Optimum geschaffen, welches jedoch nicht in einem globalen Optimum für die Fabrikplanung mündet. Werden bspw. neue agile Elemente definiert, ohne dass diese auf ihre Kompatibilität mit der Planungssystematik geprüft wurden oder Planer in diesen Elementen geschult wurden, besteht die Gefahr, dass diese Elemente im praktischen Projekt genau das Gegenteil bewirken, sie bringen ein etabliertes Vorgehen durcheinander und überfordern die Planer, was letztlich in Zeitverlusten und Kostensteigerungen resultiert. Aus diesem Grund sind die Erfolgsfaktoren vielmehr in ihrem Zusammenspiel zu betrachten, um unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden, die nicht antizipiert wurden. Die Ganzheitlichkeit wird somit als zusätzlicher, übergreifender Erfolgsfaktor definiert.

Nun stellt sich die Frage nach einer Sinnhaftigkeit eines ganzheitlich optimierten Ansatzes im Kontext der Fabrikplanung. Die Optimierung der Fabrikplanung als Teil des Unternehmens ist kein Selbstzweck, sondern muss ökonomischen Gesichtspunkten genügen, d. h. der Nutzen muss den zu tätigenenden

Aufwand überwiegen. Wie bei einer Investition ist ein derartiges Vorhaben zunächst mit einem sicheren Aufwand verbunden, welcher im Falle einer ganzheitlichen Optimierung der Fabrikplanung als nicht gering einzuschätzen ist. Der Nutzen hingegen ist als unsicher zu betrachten im Hinblick auf Eintretenswahrscheinlichkeit, Höhe und Zeitpunkt. Folgt man der klassischen Interpretation von Fabrikplanung als reinem Projekt, so muss diese Frage der ökonomischen Sinnhaftigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit verneint werden. Die zu erwartenden Skaleneffekte reichen nicht aus, den initialen sowie kontinuierlichen Pflegeaufwand zu rechtfertigen. Im Verlauf dieser Arbeit wurde jedoch herausgestellt, dass sich der Charakter der Fabrikplanung wandelt. Aufgrund einer immer dynamischeren Umwelt sind fabrikplanerische Tätigkeiten in immer höherer Frequenz notwendig. Der immer noch vorhandene Projektcharakter in der operativen Durchführung wird so um einen übergeordneten, strategischen Prozesscharakter ergänzt.<sup>218</sup> Dieser Interpretation folgend besteht aus Sicht des Autors die Chance, dass der Nutzen einer ganzheitlichen Optimierung den Aufwand überwiegt und die weitere Untersuchung rechtfertigt.

Einen geeigneten Ansatz zur ganzheitlichen Optimierung bietet das systemische Management.<sup>219</sup> Charakteristisch für diesen Ansatz ist nicht der Fokus auf einzelne Aspekte oder Teilprobleme, sondern die ganzheitliche, integrierte Optimierung eines Systems.<sup>220</sup> In der Fabrikplanung wurden in den letzten Jahren zahlreiche Methoden und Ansätze erarbeitet, die spezifische Herausforderungen adressieren. Die Richtigkeit dieser Ansätze soll an dieser Stelle nicht infrage gestellt, sie soll vielmehr unterstrichen werden. Durch die Konzentration auf bestimmte Herausforderungen fokussieren sie allerdings Teilprobleme unter Vernachlässigung relevanter Zusammenhänge der Fabrikplanung und stellen lediglich eine partielle Lösung des Gesamtproblems dar.<sup>221</sup> Dies birgt die Gefahr, lokal betrachtet ein Optimum zu erzeugen, im Gesamtsystem an anderer Stelle jedoch zu Nebenwirkungen zu führen, die in einer isolierten Betrachtung nicht zu erkennen waren. An dieser Stelle setzt die vorliegende Arbeit an, den aktuellen Stand der Forschung um ein ganzheitliches Modell für das systemische Management einer strategischen Fabrikplanung zu erweitern. Es zielt darauf ab, im Rahmen einer ganzheitlichen Optimierung die identifizierten Erfolgsfaktoren zu vereinen, domänenübergreifende Schnittstellenprobleme zu beseitigen und somit die Effektivität und Effizienz der Fabrikplanung nachhaltig zu verbessern.

---

<sup>218</sup> Vgl. Beller, M. (2009) Prozessorientiertes Vorgehensmodell, S. 4.

<sup>219</sup> Äquivalent zum *ganzheitlichen* Management verwendet Bleicher den Term des *integrierten* Managements, vgl. Bleicher, K. (2011) Integriertes Management; der Begriff systemisch ist vom Begriff systematisch, wie er vorab verwendet wurde, zu unterscheiden. Systematisch könnte als ‚einem vorab definierten Plan folgen‘ übersetzt werden. Systemisch hingegen zielt auf die Betrachtung des Systems selber ab.

<sup>220</sup> Vgl. Bleicher, K. (2011) Integriertes Management, S. 65.

<sup>221</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 46.



### 3 Theorie des systemischen Managements

Im dritten Kapitel dieser Arbeit werden die theoretischen Hintergründe untersucht, die zur Entwicklung der Lösung notwendig sind. Gemäß der Zielsetzung der Arbeit, dem Entwurf eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung, werden die Untersuchungsfelder definiert. Im Zentrum der Untersuchung steht das systemische Management selbst (Kapitel 3.1). Hierin werden seine Entwicklung sowie seine zentralen Elemente eingeführt. Nachdem dies erfolgt ist, wird die Durchdringung bestehender Fabrikplanungsansätze mit den Lehren des systemischen Managements untersucht (Kapitel 3.2). Hieraus werden letztlich die Anknüpfungspunkte abgeleitet, die es dem Autor ermöglichen sollen, mit der Entwicklung der Lösung in den folgenden Kapiteln einen zielgerichteten Beitrag für Theorie und Praxis zu leisten (vgl. Kapitel 3.3).

#### 3.1 Grundlagen des systemischen Managements

Das Wort Management bestimmt unseren Alltag wie kaum ein anderes, wobei dieses nicht einheitlich verwendet wird. Um den Begriff und das Verständnis des Autors für die weitere Arbeit zu erläutern, erfolgt daher zunächst eine Analyse der Herkunft und Entwicklung des Managements (Kapitel 3.1.1). Orientiert an den Herausforderungen einer dynamischeren Umwelt und basierend auf der Kritik an bestehenden Management-Ansätzen, mit dieser umzugehen, wurde an der Hochschule St. Gallen der systemische Management-Ansatz entwickelt, der auf die ganzheitliche Gestaltung, Lenkung und Entwicklung von Organisationen bzw. Systemen abzielt und daher in der Folge genauer untersucht wird (Kapitel 3.1.2). Die zentralen Objekte des systemischen Managements bilden Systeme. Der Systembegriff sowie die Systemtheorie als zugehörige Wissenschaft werden in Kapitel 3.1.3 vorgestellt. Der Grund, warum Systeme überhaupt des Managements bedürfen, ist Komplexität (Kapitel 3.1.4). Die theoretische Wissenschaft des Managements komplexer Systeme bildet die Kybernetik (Kapitel 3.1.5). Sie stellt, vor allem in Form des Viable System Models, zentrale Ansätze zur Lösung der im vorherigen Kapitel aufgezeigten Herausforderungen und Probleme dar. Zuletzt wird untersucht, inwiefern das systemische Management in moderne Management-Theorien einfließt (Kapitel 3.1.6). Ziel des gesamten Kapitels ist es, ein Verständnis der Grundlagen zu erlangen sowie die theoretischen Stellhebel des systemischen Managements zu identifizieren. Aus diesem Grund werden die wesentlichen Erkenntnisse in Kapitel 3.1.7 zur Orientierung der weiteren Arbeit zusammengefasst.

##### 3.1.1 Herkunft und Entwicklung des Managements

Aus dem Lateinischen übersetzt bedeutet Management so viel wie „an der Hand führen“<sup>222</sup>, zusammengesetzt aus den lateinischen Wörtern *manus* (Hand) und *agere* (führen). Die inhaltlichen Ursprünge des Managements sind hingegen nicht klar zu verorten. SCHUH bspw. argumentiert, dass bereits die Ägypter Managementpraktiken angewandt haben müssen, um den Bau der Pyramiden zu realisieren.<sup>223</sup> Wesentliche Erkenntnisse für das Management, die teils auch heute noch Anwendung finden, stammen

---

<sup>222</sup> Vgl. Hofmann, M. et al. (1988) Funktionale Managementlehre, S. 8.

<sup>223</sup> Vgl. Boos, W. et al. (2011) Grundlagen des Managements, S. 2.



aus dem militärischen Bereich.<sup>224</sup> Die Wiege des modernen Managements bildete die industrielle Revolution, beginnend im 18. Jahrhundert, die die Form der Arbeit maßgeblich veränderte.<sup>225</sup> In der Folge bildeten sich erste Forschungsansätze zum Management aus.<sup>226</sup>

Den wohl bekanntesten dieser frühen Ansätze stellt das *Scientific Management* nach TAYLOR dar.<sup>227</sup> Ziel des Ansatzes war die Steigerung der Produktivität, vor allem des Faktors der menschlichen Arbeit.<sup>228</sup> Die Arbeitsteilung ist als zentrales Element anzusehen, sowohl im produktiven Bereich als auch durch die Aufteilung planender und ausführender Tätigkeiten, wie sie heute noch umgesetzt wird. Parallel entwickelte sich in Frankreich ein *administrativer Ansatz*, der im Wesentlichen durch FAYOL getrieben wurde.<sup>229</sup> Er nahm eine wissenschaftliche Analyse der Leitung von Unternehmen vor, unterteilte diese in wesentliche Funktionen und leitete für das Management fünf wesentliche Aufgaben ab (Vorausschau und Planung, Organisation, Anweisung, Koordination und Kontrolle), die auch heute noch vielfach das Grundverständnis von Management prägen.<sup>230</sup> Das *Bürokratiemodell* ist ebenfalls als eigenständiger Ansatz zu sehen. Er baut auf der Arbeitsteilung auf, erweitert diese aber um eine streng hierarchische Ordnung, um so die Effizienz der Organisation zu steigern.<sup>231</sup> Aufgenommen wird der Bürokratie-Gedanke im *Harzburger Modell*. Dieses Modell erweitert das Verständnis um die Entscheidungsfähigkeit des Mitarbeiters und die positiven Effekte, die daraus erwachsen.<sup>232</sup> Dem Mitarbeiter werden daher nicht einzelne Aufgaben im Sinne der Arbeitsteilung, sondern ein Aufgabenbereich zugewiesen, innerhalb dessen dieser frei agieren darf.<sup>233</sup> Noch weiter in den Mittelpunkt stellen den Mitarbeiter *verhaltenswissenschaftliche Ansätze*. Im Kontext von Rationalisierungsuntersuchungen um das Jahr 1930 entdeckten Wissenschaftler, dass die Produktivität von Menschen nicht rein von den äußeren bzw. physischen Umständen (z. B. weniger oder mehr Licht) abhängt, sondern auch soziale Umstände wichtigen Einfluss ausüben.<sup>234</sup> Diese Erkenntnisse rückten die Zufriedenheit und Motivation des Mitarbeiters in den Mittelpunkt der Forschung.

Neben den hier vorgestellten Ansätzen existieren zahlreiche weitere Ansätze in Theorie und Praxis (z. B. quantitative Entscheidungsmodelle, ‚Management-by‘-Konzepte), deren Vorstellung den Rahmen dieser Arbeit jedoch übersteigen würden. All den Ansätzen ist gemein, dass sie Management weitestgehend singular und als lineares Handeln begreifen. In einem komplexen Umfeld, in dem sich auch die Fabrikplanung bewegt, greifen singuläre Ansätze jedoch zu kurz. Aus diesem Grunde wird in dieser Arbeit dem Ansatz des systemischen Managements gefolgt, welches eine Organisation oder ein Unternehmen als sozio-technisches System versteht, das es ganzheitlich zu managen gilt (vgl. Kapitel 3.1.3.2).

---

<sup>224</sup> Vgl. Clausewitz, C. v. et al. (2007) On war.

<sup>225</sup> Vgl. Staehle, W. et al. (1999) Management, S. 22.

<sup>226</sup> Vgl. Boos, W. et al. (2011) Grundlagen des Managements, S. 2; Staehle, W. et al. (1999) Management, S. 22.

<sup>227</sup> Vgl. Taylor, F. W. (1977) Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung.

<sup>228</sup> Vgl. Boos, W. et al. (2011) Grundlagen des Managements, S. 19.

<sup>229</sup> Vgl. Fayol, H. (1999) Administration industrielle et générale.

<sup>230</sup> Vgl. Staehle, W. et al. (1999) Management, S. 27.

<sup>231</sup> Vgl. Boos, W. et al. (2011) Grundlagen des Managements, S. 22.

<sup>232</sup> Vgl. Guserl, R. (1976) Das Harzburger Modell, S. 39.

<sup>233</sup> Vgl. Guserl, R. (1976) Das Harzburger Modell, S. 39.

<sup>234</sup> Vgl. Boos, W. et al. (2011) Grundlagen des Managements, S. 26.

### 3.1.2 Kerngedanken des systemischen Managements

Das systemische Management beruht auf einem Paradigmenwechsel in der Management-Theorie, welcher in Kapitel 3.1.2.1 vorgestellt wird. Aus diesem geänderten Grundverständnis von Management ergeben sich neue Funktionen (Kapitel 3.1.2.2) und Aufgabenbereiche des Managements (Kapitel 3.1.2.3). Management ist nicht mehr nur Aufgabe der obersten Ebene, sondern die Aufgaben und Funktionen sind auf mehrere Ebenen zu verteilen (vgl. Kapitel 3.1.2.4). Nachdem das Grundverständnis für das systemische Management geschaffen wurde, sollen in Kapitel 3.1.2.5 die wesentlichen Erkenntnisse im Kontext der Fabrikplanung herausgestellt werden.

#### 3.1.2.1 Das systemische Management-Paradigma

Das systemische Management hat seinen Ursprung an der Hochschule St. Gallen, genauer gesagt an deren Institut für Betriebswirtschaftslehre.<sup>235</sup> Es begründete sich auf der Kritik, dass bestehende Management-Konzepte meist nur „Teillehren“<sup>236</sup> behandelten, die isoliert nebeneinander standen. Ferner beobachteten die dort ansässigen Wissenschaftler eine zunehmende Kluft zwischen den Problemen der Praxis und den durch bestehende Ansätze gebotenen Instrumenten bzw. Werkzeugen.<sup>237</sup> Diese Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis führen sie zurück auf ein konstruktivistisch-technokratisches Paradigma in der Management-Forschung, welches in Zeiten einer rasant steigenden Umweltkomplexität nicht mehr gilt, und entwerfen in der Folge ein systemisch-evolutionäres Paradigma (vgl. Abbildung 3-1), das dem systemischen Management zugrunde liegt und ein Unternehmen<sup>238</sup> als sozio-technisches System begreift (vgl. 3.1.3.2).

---

<sup>235</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) Management, S. 93.

<sup>236</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) Management, S. 93.

<sup>237</sup> Die darauffolgenden Arbeiten manifestieren sich in zahlreichen Büchern sowie evolutionär weiterentwickelten Management-Modellen, die zu den bedeutendsten im deutschsprachigen Raum, wenn nicht gar weltweit zählen.

<sup>238</sup> Ebenso dessen Bestandteile.

| konstruktivistisch-technomorph                                                                                                                                                                                                                                                                        | systemisch-evolutionär                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Management...<br>1. ... ist Menschenführung.<br>2. ... ist Führung weniger.<br>3. ... ist Aufgabe weniger.<br>4. ... ist direktes Einwirken.<br>5. ... ist auf Optimierung ausgerichtet.<br>6. ... hat im Großen und Ganzen ausreichende Informationen.<br>7. ... hat das Ziel der Gewinnmaximierung. | Management...<br>1. ... ist Gestaltung und Lenkung ganzer Institutionen in ihrer Umwelt.<br>2. ... ist Führung vieler.<br>3. ... ist Aufgabe vieler.<br>4. ... ist indirektes Einwirken.<br>5. ... ist auf Steuerbarkeit ausgerichtet.<br>6. ... hat nie ausreichende Informationen.<br>7. ... hat das Ziel der Maximierung der Lebensfähigkeit. |

Abbildung 3-1: Paradigmenwechsel im Management<sup>239</sup>

(1) In der konstruktivistisch-technomorphen Sichtweise wird Management vielfach mit der Führung von Menschen gleichgesetzt. Diese singuläre Sichtweise ist in komplexen sozio-technischen Systemen nicht zielführend, weshalb die Gestaltung und Lenkung der Organisation in den Mittelpunkt gestellt wird.<sup>240</sup> (2) Dennoch ist die Personalführung weiterhin ein wichtiges Handlungsfeld, für das eine Veränderung in der Führungsaufgabe zu beobachten ist. Anzahl und Distribution des Personals lassen eine gezielte Führung einzelner Personen jedoch nicht mehr zu, sodass neue Führungsinstrumente zur Führung einer großen Anzahl an Personen benötigt werden. (3) Im klassischen Verständnis obliegt die Management-Aufgabe einem kleinen Kreis an Personen. Die Komplexität der Umwelt erlaubt es aber nicht, zentral all jene Informationen bereitzustellen, die für das Management notwendig sind. Zwangsläufig ergibt sich daraus also eine Verteilung der Management-Aufgabe. (4) Auch die Art und Weise des Managements verändert sich. Kann bei Problemen in linearen Zusammenhängen direkt an der Wurzel angesetzt werden, ist dies in komplexen Organisationen aufgrund multipler Interdependenzen häufig nicht der Fall. Daher erfolgt im systemisch-evolutionären Ansatz ein Einwirken auf der Meta-Ebene, um die zugrundeliegenden Strukturen anzupassen. (5) Komplexe Umwelten wandeln ihre Anforderungen, sodass eine Optimierung auf einen Punkt nicht mehr möglich ist. Dadurch rückt die Steuerbarkeit<sup>241</sup>, also die Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen in den Fokus einer systemisch-evolutionären Sichtweise. (6) Nicht nur zentral, sondern auch dezentral liegt zunehmend unvollständige Information vor.

<sup>239</sup> I. A. a. Malik, F. (2000) Systemisches Management, S. 119.

<sup>240</sup> Vgl. Malik, F. (2000) Systemisches Management, S. 120 ff.

<sup>241</sup> Wie sich später zeigen wird, hat sich auch die Verwendung der Begriffe in der Literatur zum systemischen Management entwickelt. Steuern ist hier im Sinne des später eingeführten „Lenkens“ zu verstehen.

(7) Die Optimierung einer singulären Zielgröße in einer komplexen Welt stellt eine gefährliche Vereinfachung dar.<sup>242</sup> Aus diesem Grund wird die Gewinnoptimierung in die Optimierung der Lebensfähigkeit überführt, die das erfolgreiche Fortbestehen des Systems in seiner Umgebung zum Ziel hat.<sup>243</sup>

### 3.1.2.2 Funktionen des Managements

Vor diesem Hintergrund stellt MALIK die Frage, „was Management ist“<sup>244</sup>. Er beantwortet die Frage wie folgt: „Management ist die Transformation von Ressourcen in Nutzen“<sup>245</sup>. Er zielt dabei auf den Nutzen aus Systemumweltsicht ab. An anderer Stelle definiert er Management als Fähigkeit, „ein System unter Kontrolle zu bringen und unter Kontrolle zu halten“<sup>246</sup>. ULRICH konkretisiert diese Aussage und beschreibt die Aufgabe von Management als „Gestalten, Lenken und Entwickeln von zweckorientierten [...] Systemen“<sup>247</sup>. Diese Definition soll für die weitere Arbeit zugrunde gelegt werden. Die Aufgaben Gestalten, Lenken und Entwickeln werden in der Folge erläutert.

Unter *Gestalten* wird im systemischen Management das Schaffen und kontinuierliche Umgestalten des Systems beschrieben. Kern ist dabei die Auswahl bestimmter Elemente aus der Umwelt und die Kombination dieser zu einem System, welches über die gewünschten Fähigkeiten, im Sinne der Lebensfähigkeit, verfügt. In diesem Kontext kommt dem „gedanklichen Entwerfen eines Modells“<sup>248</sup> eine besondere Bedeutung zu, da hier die gewünschten Fähigkeiten definiert werden. Das Gestalten ist dabei nicht im ingenieurwissenschaftlichen Sinne zu verstehen, wobei ein (technisches) System bis ins Detail detailliert wird. Vielmehr bedürfen soziale bzw. sozio-technische Systeme eines gewissen Maßes an Unbestimmtheit, um sich der Komplexität ihrer Umwelt anpassen zu können (vgl. Kapitel 3.1.4). Es sind daher vielmehr Mechanismen zu entwickeln, die ein gewünschtes Verhalten des Systems fördern.<sup>249</sup> Die Gestaltungsaufgabe umfasst im Sinne einer Dezentralisierung des Managements auch die Frage, wer Gestaltungsberechtigung besitzt. Eine rein zentrale Gestaltung scheint vor dem Komplexitätshintergrund ungeeignet, sodass Elemente der Selbstgestaltung in den Gestaltungsprozess einfließen müssen.<sup>250</sup>

*Lenken* beschreibt die Beeinflussung eines Systems vor dem Hintergrund der Zielerreichung. Auch hier ist weniger eine Anweisung, sondern ein passiver Einfluss gemeint, der ein gewisses Verhalten im

---

<sup>242</sup> Diese Ansicht wird ebenfalls von Drucker geteilt, einem der einflussreichsten Management-Wissenschaftler unserer Zeit, vgl. Drucker, P. F. (2011) *The changing world of the executive*, S. 52.

<sup>243</sup> Vgl. Malik, F. (2000) *Systemisches Management*, S. 120 ff.

<sup>244</sup> Vgl. Malik, F. (2007) *Management*, S. 33.

<sup>245</sup> Vgl. Malik, F. (2007) *Management*, S. 33.

<sup>246</sup> Vgl. Malik, F. (2007) *Management*, S. 40; Kontrolle ist dabei im Sinne des englischen Verbums *control* zu verstehen, was nicht einer restriktiven Kontrolle entspricht, sondern eher im Sinne von Steuern, Lenken oder Regeln aufzufassen ist.

<sup>247</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) *Management*, S. 11; Bleicher, K. (2011) *Integriertes Management*, S. 73; Rüeegg-Stürm, J. (2014) *The new St. Gallen management model*, S. 11; die Zweckorientierung kann dabei der Nutzenstiftung nach Malik gleichgesetzt werden.

<sup>248</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln*, S. 66.

<sup>249</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln*, S. 255.

<sup>250</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) *Management*, S. 100.

System bewirkt. Wird Lenken im kybernetischen Sinne (vgl. Kapitel 3.1.5) als Steuern und Regeln verstanden, rückt die Installation von Selbstlenkungsmechanismen in den Mittelpunkt.<sup>251</sup> Dies kann bspw. durch den Entwurf von Verhaltensmustern geschehen, die dem individuellen Element zur Orientierung seines Verhaltens dienen und aus Managementsicht zu einem gewünschten Verhalten führen.<sup>252</sup>

*Entwickeln* des Systems ist notwendig, da soziale bzw. sozio-technische Systeme nicht wie ein technisches Produkt konstruiert werden.<sup>253</sup> Sie sind vielmehr ein Produkt ihres eigenen Handelns sowie der gezielten Beeinflussung durch das Management mit dem Ziel, einem Idealzustand möglichst nahezu-kommen.<sup>254</sup> Dieser Prozess wird als Entwicklung definiert. Weiterhin agieren komplexe Systeme in einer komplexen Umwelt, die selbst ständigen Veränderungen unterworfen ist und so eine evolutionäre oder revolutionäre Entwicklung des Systems nach sich ziehen muss, damit dieses seine Lebensfähigkeit erhalten kann.<sup>255</sup>

### 3.1.2.3 Aufgabenbereiche des Managements

Neben den zuvor vorgestellten Funktionen werden im systemischen Management Aufgabenbereiche unterschieden. Diese gliedern sich in das operative, strategische und normative Management. Zu den einzelnen Aufgabenbereichen existieren umfangreiche Ausführungen, auf die an dieser Stelle verwiesen sei.<sup>256</sup> Im weiteren Verlauf werden die für diese Arbeit relevanten Elemente aufgegriffen und vorgestellt. Das *operative* Management verantwortet das Funktionieren des Systems im Hier und Jetzt.<sup>257</sup> Seine Aufgabe ist in erster Linie das Lenken aktueller Handlungen, konkreter gesprochen verantwortet es das Tagesgeschäft. Dabei gilt es, den erforderlichen Output mit möglichst wenig Input zu generieren, wodurch die Effizienz die wesentliche Zielgröße darstellt.<sup>258</sup> Das operative Management hat kurzfristigen Charakter. Dem *strategischen* Management obliegt die Bestimmung des Zielsystems, welches den Rahmen für die Handlungen des operativen Managements darstellt sowie die Bereitstellung der Ressourcen, um diese Ziele erreichen zu können.<sup>259</sup> Der Betrachtungshorizont des strategischen Managements ist längerfristig angelegt. BLEICHER beschreibt die Aufgabe des strategischen Managements als „den Aufbau, die Pflege und die Ausbeutung von Erfolgspotenzialen“<sup>260</sup>. Wesentlich ist dabei auch der Blick in die Zukunft, um die zukünftige Lebensfähigkeit des Systems sicherzustellen. Das *normative* Management schließlich begründet den Sinn der Organisation bzw. des Systems. Es beschreibt die Werte, nach welchen das strategische Management das Zielsystem bestimmt. Diese Werte beschreiben den Sinn in der und für die Systemumwelt und begründen so seinen Zweck. Da Werte und Erwartungen

---

<sup>251</sup> An dieser Stelle verschwimmt die Trennung zwischen Gestaltung und Lenkung.

<sup>252</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) Management, S. 115 ff.

<sup>253</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) Management, S. 100.

<sup>254</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) Management, S. 120.

<sup>255</sup> Vgl. Ulrich, H. (1984) Management, S. 120.

<sup>256</sup> Vgl. Schuh, G et al. (2011) Strategie und Management; Bleicher, K. (2009) Normatives und strategisches Management; Rüegg-Stürm, J. (2014) The new St. Gallen management model.

<sup>257</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 260.

<sup>258</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 260.

<sup>259</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 261.

<sup>260</sup> Vgl. Bleicher, K. (2011) Integriertes Management, S. 88.

der Umwelt selten eindeutig sind, muss das System determinieren, welche dieser Werte besonders erstrebenswert sind und welchen Beitrag das System dazu leisten soll. Wichtig ist dabei, neben der Entsprechung der Werte nach außen, auch eine Entsprechung der Werte im Systeminnern herzustellen, damit das System einheitlich seinen Zweck verfolgen kann. Dadurch schafft das normative Management die Rahmenbedingungen der zukünftigen Lebensfähigkeit.<sup>261</sup>

### 3.1.2.4 Hierarchische Integration von Funktionen und Aufgabenbereichen

Zum Abschluss soll die Integration der Funktionen und Aufgabenbereiche in die Hierarchie dargestellt werden. Dem liegt zugrunde, dass Management nach dem systemisch-evolutionären Paradigma als Aufgabe vieler zu verstehen ist. Um von etwaigen Besonderheiten zu abstrahieren, wird dazu eine vereinfachte Einteilung in obere, mittlere und untere Management-Ebene vorgenommen. Eine Übersicht bietet Abbildung 3-2.

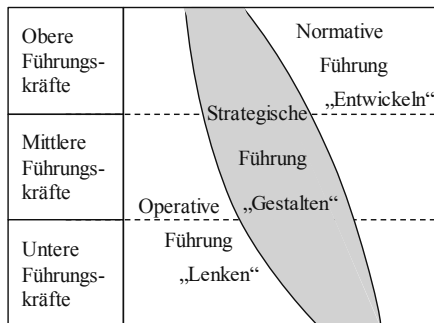


Abbildung 3-2: Führungsstufen, -funktionen und -aufgaben<sup>262</sup>

Es ist zu erkennen, dass keine eindeutige Zuordnung der Funktionen und Aufgabenbereiche zu den Ebenen vorgenommen werden kann, dennoch sind klare Tendenzen erkennbar. Das untere Management übernimmt vor allem das operative Management in Form von Lenkungsaufgaben. Da sich Lenkung immer mehr zur Installation selbstlenkender Teilsysteme entwickelt, werden auch gestalterische Aufgaben übernommen. Schließlich sind zu einem geringen Teil normativ-entwickelnde Aspekte Teil der Arbeit der unteren Führungskräfte. Das strategische Management sowie gestaltende Funktionen werden vor allem von der mittleren Management-Ebene übernommen. Dies leitet sich aus der notwendigen Abstimmung mit der über- bzw. untergeordneten Ebene ab. Die obere Management-Ebene schließlich übt in ihrer vorwiegend entwickelnden Funktion normative Aufgaben aus. Nichtsdestotrotz erfolgt eine enge Abstimmung bzgl. der Gestaltung strategischer Rahmenbedingungen sowie des operativen Geschäfts.

<sup>261</sup> Vgl. Bleicher, K. (2011) Integriertes Management, S. 88; Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 262.

<sup>262</sup> I. A. a. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 259, 265.

### 3.1.2.5 Bedeutung für die Fabrikplanung

Das systemische Management-Verständnis bildet die Grundlage für das zu entwickelnde Management-Modell. Die beschriebenen Funktionen und Aufgabenfelder sind im Management-Modell zu verorten, um so die Grundlagen für die Lebensfähigkeit zu schaffen. Das systemische Management zielt weniger auf die Optimierung einzelner Aspekte ab, sondern stellt das System als Ganzes in den Mittelpunkt der Untersuchung und Optimierung. Dieser Ansatz weist eine hohe Deckung mit den in Kapitel 2.4 definierten Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung auf. Gestalten, Lenken und Entwickeln werden als wesentliche Führungsfunktionen definiert. Übertragen auf die Fabrikplanung bedeutet dies, zunächst eine management-fähige Organisation aufzubauen. Diese muss in der Folge im Alltag, bspw. in Planungsprojekten, gelenkt werden. Einerseits sind Pläne für die Projekte zu entwickeln. In der Projektbearbeitung treten jedoch stets unvorhersehbare Entwicklungen ein, die eine (regelnde) Reaktion auf die neuen Umstände verlangen. Was für ein Projekt im Hier und Jetzt funktioniert, muss jedoch nicht zwangsläufig für die Zukunft gelten, bspw. aufgrund eines Strategiewechsels im Unternehmen. Aus diesem Grund ist die Fabrikplanung kontinuierlich weiterzuentwickeln, um stets den bestmöglichen Beitrag zum Unternehmenserfolg leisten zu können.

### 3.1.3 Systeme als Objekte des systemischen Managements

Im Zentrum des systemischen Managements steht das System. Doch was ist ein System? Dieser Frage widmet sich Kapitel 3.1.3.1. Im Fokus stehen dabei die theoretischen Aspekte, welche ein System als solches definieren. Die zugehörige Wissenschaft bildet die Systemtheorie, die Hilfsmittel bereitstellt, Systeme unabhängig von ihrer praktischen Ausgestaltung und Anwendung untersuchbar und vergleichbar zu machen. Eine Sonderform von Systemen bilden die sozio-technischen Systeme (Kapitel 3.1.3.2). Diese spielen, aufgrund der Integration des Faktors Mensch als Subjekt, eine besondere Rolle im Kontext des systemischen Managements. Zuletzt werden die wesentlichen Erkenntnisse im Kontext der Fabrikplanung extrahiert (Kapitel 3.1.3.3).

#### 3.1.3.1 Systeme und Systemtheorie

Der Begriff des Systems reicht zurück bis in die antike griechische Philosophie und wurde in der Folge von verschiedenen Philosophen und Wissenschaftlern aufgenommen und weiterentwickelt.<sup>263</sup> ARISTOTELES verwendete bereits die Begriffe *pan* (Ganzheit, bei der „die Lage keinen Unterschied macht“<sup>264</sup>) und *holon* (Ganzheit, bei der „die Lage einen Unterschied macht“<sup>265</sup>), welche, wenn auch in abgewandelter Form, im heutigen Systemverständnis eine wichtige Rolle spielen. In der wissenschaftlichen Literatur findet sich keine durchgängige, einheitliche Definition des Systembegriffs und häufig erfolgt diese nur implizit.<sup>266</sup> Analysiert man die Beschreibungen von Systemen verschiedener Autoren, lassen sich als kleinster gemeinsamer Nenner die Elemente sowie die Relationen zwischen diesen identifizieren.<sup>267</sup> Die Elemente bilden die einzelnen Bestandteile eines Systems. Die Relationen stellen die

---

<sup>263</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 71.

<sup>264</sup> Vgl. Aristoteles (1966) Metaphysik; Ropohl spricht in diesem Fall auch von einer „Menge“, vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 71.

<sup>265</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 71.

<sup>266</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 81.

<sup>267</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 75.

Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen dar. In einem statischen System sind diese Relationen konstant, in den meisten, vor allem natürlichen und sozialen Systemen, ändern sich diese jedoch im Zeitablauf.<sup>268</sup> Einzelne Elemente ändern die Art ihrer Verbindung, lösen sich voneinander und bauen Verbindungen zu neuen Elementen auf. Nach ROPohl lassen sich Systeme anhand von vier Kriterien definieren, die für die weitere Arbeit von Bedeutung sind:<sup>269</sup>

- Die *Struktur* eines Systems wird bestimmt von den Elementen sowie den Relationen zwischen diesen (wie eben ausgeführt).
- Innerhalb dieser Strukturen lassen sich *Hierarchien* erkennen.
- Das System lässt sich von seiner Umwelt *abgrenzen*.
- Ein System erfüllt eine bestimmte *Funktion*.

Zunächst ist ein System definiert über seine *Struktur*. Die Struktur umfasst dabei die Elemente des Systems sowie die Relationen bzw. Verbindungen zwischen den Elementen.<sup>270</sup> Den Relationen kommt im Zusammenhang mit Systemen eine besondere Bedeutung zu.<sup>271</sup> Im Sinne ARISTOTELES machen sie den Unterschied zwischen *pan* und *holon* aus. Strukturen, verstanden als Kombination aus Elementen und Relationen, sind maßgeblich verantwortlich für die Fähigkeiten eines Systems.<sup>272</sup> Innerhalb dieser Strukturen lässt sich in der Regel eine *Hierarchie* erkennen. Das hierarchische Systemkonzept besagt, dass Elemente eines Systems selbst Systeme (sog. Sub-Systeme) darstellen, das Gesamtsystem selbst aber ebenfalls in ein übergeordnetes System (sog. Super-System) eingebettet ist. KIRCHHOF unterteilt die Hierarchie in „horizontale [...] und vertikale [...] Beziehungsformen“<sup>273</sup>, wobei vertikale Beziehungsformen die Zusammenhänge unterschiedlicher Hierarchieebenen beschreiben. Die Schwelle zwischen System und Supersystem stellt die Systemgrenze dar. Hieraus ergibt sich die Systemeigenschaft, dass es sich von seiner Umwelt *abgrenzen* lässt.<sup>274</sup> Neben der strukturalen verfügt ein System auch über eine *funktionale* Komponente. Diese beschreibt nicht den Aufbau des Systems, sondern sein Verhalten. Das System selbst kann dabei als Black-Box betrachtet werden. In der funktionalen Sichtweise ist vielmehr von Interesse, wie das System Inputs in Outputs transformiert.<sup>275</sup> Zusammenfassend soll für die Arbeit die folgende Definition eines Systems zugrunde gelegt werden: „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.“<sup>276</sup>

Systeme treten in Natur, Gesellschaft oder Technik in unterschiedlichsten Formen auf. Dennoch lassen sich zwischen diesen Gemeinsamkeiten erkennen. Auf diesem Umstand baut die Systemtheorie auf,

<sup>268</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 11.

<sup>269</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 75; eine vergleichbare Beschreibung nimmt auch Bliss vor, vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 81 ff.

<sup>270</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 70.

<sup>271</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 82.

<sup>272</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 83.

<sup>273</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 10.

<sup>274</sup> Vgl. Ludwig, B. (op. 2001) Management komplexer Systeme, S. 12; Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 77.

<sup>275</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 75 ff.

<sup>276</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 34.



eine interdisziplinäre Wissenschaft zur Untersuchung und Beschreibung von Systemen.<sup>277</sup> Sie folgt dem Verständnis, dass jede Problemstellung kontextunabhängig systemisch interpretiert werden kann.<sup>278</sup> Ziel und Aufgabe der Systemtheorie lassen sich als „Bereitstellung formaler Ordnungsmittel“<sup>279</sup> zur Beschreibung, Analyse und Gestaltung von Systemen formulieren. VON BERTALANFFY, Begründer der allgemeinen Systemtheorie, beschreibt den Hintergrund sowie den Ansatz der Systemtheorie wie folgt: „[...] there exist models, principles, and laws that apply to generalized systems or their subclasses, irrespective of their particular kind, the nature or their component elements, and the relations or ‘forces’ between them. It seems legitimate to ask for a theory, not of systems of a more or less special kind, but of universal principles applying to systems in general. In this way we postulate a new discipline called General System Theory”.<sup>280</sup> BOULDING hebt in diesem Kontext hervor, dass die allgemeine Systemtheorie zwar nach Gemeinsamkeiten sucht, der Kontext des Beobachtungsobjekts jedoch nicht völlig außer Acht gelassen werden darf. Es ist ebenso Aufgabe der Systemtheorie, das richtige Maß zwischen Generalität und Spezifität zu finden, um nicht eine Theorie um der Theorie willen zu entwerfen, sondern um die Lösung realer Probleme zu unterstützen.<sup>281</sup>

Vor diesem Hintergrund konnten im Rahmen der Systemtheorie verschiedene Dimensionen zur Beschreibung von Systemen identifiziert werden. In der Folge werden die für die weitere Arbeit relevanten Systemeigenschaften erläutert:

### **Statische vs. dynamische Systeme**

Die Begriffe Statik und Dynamik beziehen sich im Zusammenhang mit Systemen auf deren Struktur, genauer gesagt auf deren Wandel im zeitlichen Ablauf. Ein statisches System verfügt über eine zeitlich konstante Struktur.<sup>282</sup> Dynamische Systeme hingegen sind in der Lage, ihre Struktur zu wandeln, was sich vor allem auf die Verknüpfungen zwischen den Elementen bezieht.<sup>283</sup>

### **Trivialität vs. Nicht-Trivialität**

Das Kriterium der (Nicht-)Trivialität zielt auf die Berechenbarkeit bzw. Vorhersagbarkeit eines Systems ab. Triviale Systeme verfügen über interne lineare Zusammenhänge und produzieren vorhersagbare Ergebnisse.<sup>284</sup> Nicht-triviale Systeme hingegen verfügen über nicht-konstante innere Zustände, die zu einem einheitlichen Input nicht zwangsläufig einen einheitlichen Output produzieren.<sup>285</sup> Hieraus ergeben sich Konsequenzen bzgl. der Kontrollstrategie für das System. Triviale Systeme können gesteuert werden, während es für nicht-triviale Systeme einer Regelung bedarf, die sich am derzeitigen Zustand des Systems orientiert (vgl. Kapitel 3.1.5).<sup>286</sup>

<sup>277</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 71; Boulding, K. (1956) General Systems Theory, S. 197.

<sup>278</sup> Vgl. Daenzer, W. et al. (1997) Systems Engineering, S. IX.

<sup>279</sup> Vgl. Ahrens, V. (1998) Dezentrale Produktionsplanung, S. 12.

<sup>280</sup> Vgl. Bertalanffy, L. von (1968) General Systems Theory, S. 32.

<sup>281</sup> Vgl. Boulding, K. (1956) General Systems Theory, S. 197.

<sup>282</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 10.

<sup>283</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 10.

<sup>284</sup> Vgl. Simon, F. (2007) Systemtheorie und Konstruktivismus, S. 36.

<sup>285</sup> Vgl. Müller, U. et al. (1977) Allgemeine Volkswirtschaftslehre, S. 72.

<sup>286</sup> Vgl. Simon, F. (2007) Systemtheorie und Konstruktivismus, S. 40.

### Offene vs. geschlossene Systeme

Die Interaktion mit der Umwelt determiniert, ob es sich um ein offenes oder ein geschlossenes System handelt. Geschlossene Systeme agieren für sich, es erfolgt keinerlei Interaktion.<sup>287</sup> Offene Systeme sind mit ihrer Umwelt verbunden, bspw. über Material-, Energie- oder Informationsflüsse.<sup>288</sup>

### Zweck- vs. Zielorientierung

Auf funktionaler Ebene kann nach BLISS zwischen Zweck- und Zielorientierung eines Systems unterschieden werden.<sup>289</sup> Ein zweckorientiertes System, teils „Selbsterhaltungssystem“<sup>290</sup> genannt, würde die Erhaltung seines Zweckes anstreben. Ein zielorientiertes System hingegen wäre bestrebt, seinen Zweck „besonders gut“<sup>291</sup> zu erfüllen, sich also neben Sach- auch an Formalzielen, entsprechend einer zu optimierenden Zielfunktion, zu orientieren.<sup>292</sup>

#### 3.1.3.2 Sozio-technische Systeme

Eine Sonderform von Systemen, mit besonderer Bedeutung für diese Arbeit, stellen sozio-technische Systeme dar. Die Besonderheit sozio-technischer Systeme liegt darin begründet, dass Menschen und Technik die zentralen Teile der Elemente im System bilden und miteinander interagieren, um arbeits- teilig, aber dennoch gemeinsam, Leistungen zu erbringen oder Ziele zu erreichen.<sup>293</sup> Die Zielerreichung definiert ULICH als Primäraufgabe des sozio-technischen Systems, welche gleichzeitig die beiden Teilsysteme verknüpft. Die Sekundäraufgabe besteht in der Erhaltung und Entwicklung des Systems selbst.<sup>294</sup> Inwiefern Primär- und Sekundäraufgabe erfüllt werden können, hängt in besonderem Maße für sozio-technische Systeme von der Systemgestaltung ab. Aufgabe der Systemgestaltung muss es daher sein, einen „best match“<sup>295</sup> sozialer und technischer Elemente sowie deren organisatorischer Verknüpfung zu finden, um eine bestimmte Aufgabe zu lösen.<sup>296</sup> Dieser Ansatz soll vermeiden, dass es zu einer Über- oder Untertechnisierung des Systems kommt, was zu einer nicht-optimalen Systemleistung führt. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Übertechnisierung, die zur Ablehnung durch den Menschen führen kann. Ursachen hierfür können bspw. ein wahrgenommener Mangel an Verständnis oder Kontrolle durch den Menschen sein. Neben dem Zusammenspiel aus Mensch und Technik ist jedoch das Verhältnis des Menschen zur Aufgabe ein entscheidender Faktor für die Systemleistung.<sup>297</sup>

---

<sup>287</sup> Vgl. Gartzten, T. (2012) Diskrete Migration, S. 48 f.

<sup>288</sup> Vgl. Ludwig, B. (2001) Management komplexer Systeme, S. 12.

<sup>289</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 85.

<sup>290</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 85.

<sup>291</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 85.

<sup>292</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 85.

<sup>293</sup> Vgl. Häusler, J. (1969) Planung als Zukunftsgestaltung, S. 69; er spricht in diesem Zusammenhang auch von „Mensch-Maschine-Systemen“.

<sup>294</sup> Vgl. Ulich, E. (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme, S. 6.

<sup>295</sup> Vgl. Ulich, E. (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme, S. 5.

<sup>296</sup> Vgl. Ulich, E. (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme, S. 5.

<sup>297</sup> Vgl. Ulich, E. (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme, S. 6.

Aus diesem Grund werden in der Literatur folgende Gestaltungshinweise bzgl. sozio-technischer Systeme gegeben:<sup>298</sup>

- Bildung autonomer Organisationseinheiten: Zur Aufgabenbearbeitung werden kleine Einheiten gebildet, mit der Befugnis, in einem gewissen Bereich autonom zu agieren.
- Ganzheitlichkeit und Zuordnung der Aufgaben/Ergebnisse: Ganzheitlichkeit erzeugt Verantwortungsgefühl für die Aufgabe und das Ergebnis in der Gruppe oder dem Individuum, welche(s) die Aufgabe ausführen soll.
- Verknüpfung der Aufgaben einer Organisationseinheit: Ein inhaltlicher Zusammenhang der Aufgaben schafft Bewusstsein für das gemeinsame Ziel und führt zu gegenseitiger Unterstützung.
- *Best Match* zwischen sozialer und technischer Komponente des Systems: Mensch und Technik müssen unter Berücksichtigung der Aufgabe aufeinander abgestimmt werden, um eine maximale Leistung zu erreichen.

### 3.1.3.3 Bedeutung für die Fabrikplanung

Aus den Ergebnissen der Systemtheorie lassen sich Rückschlüsse für die Gestaltung des Management-Modells ziehen. Die Fabrikplanung ist ein dynamisches System. Sie ist zudem als nicht-triviales System zu verstehen, für das innerhalb eines systemischen Management-Modells Regelungsmechanismen zu installieren sind. Weiterhin ist die Fabrikplanung den offenen Systemen zuzurechnen, da sie ständig mit ihrer Umwelt interagiert. Die Fabrikplanung, falls sie einem systemischen Management-Ansatz folgt, vereint die Zweck- und Zielorientierung. Zweck der Fabrikplanung ist die Planung von Fabriken. Wie spätere Kapitel zeigen werden, ist es aber der Anspruch dieser Arbeit, sie in die Lage zu versetzen, dies besonders gut zu tun und sich fortwährend weiterzuentwickeln. Aufgrund des Faktors Mensch handelt es sich bei der Fabrikplanung um ein sozio-technisches System. Für eine optimale Systemleistung sind daher die Gestaltungshinweise sozio-technischer Systeme zu beachten, um insbesondere den Menschen in optimaler Form in die Systemgestaltung zu integrieren.

## 3.1.4 Komplexität als zentrale management-relevante Systemeigenschaft

Dieses Kapitel dient der Einführung in die Komplexitätslehre, da Komplexität eine zentrale Systemeigenschaft darstellt.<sup>299</sup> Daher widmet sich Kapitel 3.1.4.1 der grundlegenden Komplexität in und von Systemen. In der Literatur finden sich zahlreiche, teils qualitative, teils quantitative Interpretationen von Komplexität. Eine vollständige Beschreibung würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten. Aus diesem Grund sind die Charakteristika komplexer Systeme, die einen spezifischen Bezug zu dieser Arbeit aufweisen und die Basis der weiteren Ausführungen bilden, in Kapitel 3.1.4.2 dargestellt. Wie zuvor erfolgt zum Ende die Analyse der Bedeutung der Erkenntnisse für die Fabrikplanung (Kapitel 3.1.4.3)

---

<sup>298</sup> Vgl. Trist, E. (1981) The evolution of socio-technical systems, S. 9; Ulich, E. (2013) Arbeitssysteme als Sozio-technische Systeme, S. 5.

<sup>299</sup> Vgl. Schlange, L. (1994) Komplexitätsmanagement, S. 3; Lammers, T. (2012) Komplexitätsmanagement, S. 43.

### 3.1.4.1 Grundzüge komplexer Systeme

Die Komplexität eines Systems definiert sich aus zwei Größen. Die erste Größe beschreibt die Vielfalt, also die Anzahl unterschiedlicher Zustände oder Konfigurationen, die ein System annehmen kann. Die zweite Größe beschreibt mit der Dynamik die Frequenz bzw. Häufigkeit, mit der eine Veränderung auftritt. Durch Kombination dieser beiden Größen ergibt sich eine Matrix mit vier Feldern und dementsprechend vier Systemtypen (vgl. Abbildung 3-3):

- Ein *einfaches System* ist geprägt von einer geringen Vielfalt und Dynamik.
- Ein *kompliziertes System* verfügt über eine hohe Vielfalt und eine geringe Dynamik.
- Ein *dynamisches System* weist eine geringe Vielfalt, jedoch eine hohe Dynamik auf.
- Ein *komplexes System* verfügt sowohl über eine hohe Vielfalt als auch Dynamik.

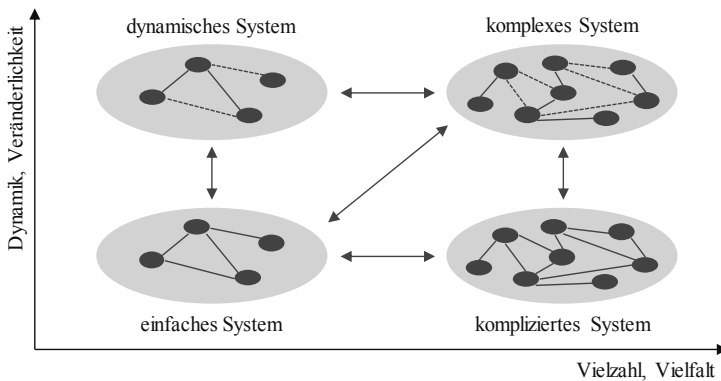


Abbildung 3-3: Einordnung komplexer Systeme<sup>300</sup>

Die gewählte Definition folgt der Interpretation eines komplexen Systems nach GOMEZ UND PROBST.<sup>301</sup> Daneben existieren jedoch weitere Interpretationen des Begriffs, welche nicht von der gewählten Definition abweichen, den Komplexitätsbegriff aber durch verschiedene Perspektiven erweitern. Einen hohen Deckungsgrad zum bisher verwendeten Komplexitätsbegriff weist die Varietät nach ASHBY auf, welche er über die Anzahl möglicher Zustände eines Systems definiert. Dieser Ansicht folgen auch ESPEJO UND REYES, die Varietät als „possible states“<sup>302</sup> oder Verhaltensmöglichkeiten eines Systems beschreiben.<sup>303</sup> Eine Übersicht verschiedener Interpretationen findet sich bspw. bei MECKELNBORG.<sup>304</sup>

<sup>300</sup> I. A. a. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 61.

<sup>301</sup> Vgl. Gomez, P. et al. (1999) Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens.

<sup>302</sup> Vgl. Espejo, R. et al. (2011) Organizational Systems, S. 36.

<sup>303</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1956) An Introduction to Cybernetics, S. 84.

<sup>304</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 68.

### 3.1.4.2 Weiterführende Charakteristika komplexer Systeme

Neben diesen allgemeinen Definitionen werden in der Literatur verschiedene Charakteristika komplexer Systeme beschrieben, von denen einige eine Rolle für die weitere Arbeit spielen. Diese werden in der Folge vorgestellt.

#### Komplexität als positive Eigenschaft von Systemen

Die bisherigen Definitionen von Komplexität sind eher beschreibender Natur. Eine funktionale Interpretation hingegen betrachtet Komplexität aus einem anderen Blickwinkel. Gemeinhin werden mit Komplexität negative Assoziationen verbunden.<sup>305</sup> Komplexität kann jedoch auch als positive Eigenschaft verstanden werden und ist in manchen Situationen sogar notwendig.<sup>306</sup> Gemäß ASHBYS Gesetz der *requisite variety* („only variety can destroy variety“<sup>307</sup>) sind nur komplexe Systeme in der Lage, komplexe Situationen zu beherrschen, da nur sie in der Lage sind, sich dem jeweiligen Status des zu beherrschenden Systems anzupassen.<sup>308</sup> Komplexität kann somit als notwendiges Kriterium definiert werden, komplexe Situationen zu bewältigen. FLOOD ET AL. definieren Komplexität in diesem Zusammenhang sogar als Voraussetzung der Lebensfähigkeit eines Systems in einer komplexen Umwelt.<sup>309</sup>

#### Strukturelle vs. funktionale Komplexität

ASHBYS Gesetz der *requisite variety* stellt zwar einen der zentralen Sätze der Komplexitätstheorie dar, wird jedoch nicht kritiklos angenommen. Verschiedene Autoren bemerken, dass demnach ein System jeden möglichen Zustand seiner Umwelt vordenken und entsprechende Strukturen ausbilden müsste.<sup>310</sup> Dies würde jedoch im komplexen (Unternehmens-)Umfeld zu einer unangemessenen Überhöhung der Systemkomplexität führen, die das eigene Handeln behindert. KIRCHHOFF bezeichnet diesen Zustand als „stuck in complexity“<sup>311</sup> und BLISS stellt vor diesem Hintergrund die Frage nach einer „guten Komplexität“<sup>312</sup>. LUHMANN formuliert als Gegenpol zur *requisite variety* die Aussage: „Nur Komplexität kann Komplexität reduzieren“.<sup>313</sup> Er postuliert ein Komplexitätsgefälle zwischen Umwelt und System. Der höheren Umweltkomplexität muss das System durch einen hohen Grad an *unbestimmter* Komplexität begegnen, welche situationsspezifisch durch Selektion und Verknüpfung der Elemente in *bestimmte* Komplexität überführt wird. Durch die Selektion erfolgt eine Reduktion der Komplexität, wodurch diese beherrschbar wird. Die Ansätze von ASHBY und LUHMANN stehen sich somit auf den ersten Blick diametral gegenüber, obwohl beide Ansätze die Notwendigkeit komplexer Strukturen zur Beherrschung einer komplexen Umwelt vertreten.<sup>314</sup> ASHBY vertritt die Forderung einer maximalen Systemkomplexität unter Vorhaltung aller möglichen Umweltzustände, LUHMANN hingegen eine geringe Systemkomplexität, die der Umweltkomplexität durch Selektion begegnet. Eine Auflösung erfolgt

---

<sup>305</sup> Vgl. Malik, F. (2007) Management, S. 40.

<sup>306</sup> Vgl. Schuh, G. et al. (2013) Chefsache Komplexität, S. 69.

<sup>307</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1956) An Introduction to Cybernetics, S. 207.

<sup>308</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 102.

<sup>309</sup> Vgl. Flood, R. et al. (1993) Dealing with Complexity, S. 83.

<sup>310</sup> Vgl. u. a. Luhmann, N. (2009) Einführung in die Systemtheorie, S. 168.

<sup>311</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 60.

<sup>312</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 134.

<sup>313</sup> Vgl. Luhmann, N. (1987) Soziale Systeme, S. 49.

<sup>314</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 156.

durch die Unterscheidung von *struktureller* sowie *funktionaler* Komplexität eines Systems.<sup>315</sup> Strukturelle Komplexität beschreibt den Komplexitätsvorhalt zur Abdeckung wahrscheinlicher Umweltzustände nach ASHBY, während die funktionale Komplexität die Möglichkeit zur Selektion als Reaktion unvorhergesehener Umweltzustände im Sinne LUHMANNs beschreibt.<sup>316</sup> Die beiden Größen sind dabei voneinander abhängig zu betrachten. Steigt die strukturelle Komplexität infolge einer Komplexitätserhöhung in der Umwelt, muss auch die funktionale Komplexität, im Sinne der Selektionsfähigkeit, ansteigen.<sup>317</sup>

### Subjektivität von Komplexität

Komplexität ist, nach Ansicht verschiedener Autoren, keine objektiv messbare Größe, sondern „entsteht im Auge des Betrachters“<sup>318</sup>. Dies liegt darin begründet, dass die Betrachtung eines Systems oder eines Objekts nie losgelöst vom Betrachter erfolgen kann. Eine entscheidende Größe ist in diesem Zusammenhang die Perspektive des Betrachters auf das Betrachtungsobjekt. So mag bspw. eine Amöbe aufgrund ihrer Biochemie für einen Biochemiker ein komplexes Objekt darstellen, wohingegen die Amöbe aus einer funktional orientierten Perspektive aufgrund ihres vorhersagbaren Verhaltens als einfach bezeichnet werden könnte.<sup>319</sup> Diese Erkenntnis lässt sich auf verschiedene Sachverhalte übertragen. Neben der Perspektive haben weitere Faktoren Einfluss auf die Wahrnehmung von Komplexität. GOTTSCHALK bemerkt in diesem Zusammenhang, dass die Wahrnehmung stets von „Erfahrungen und Erwartungen“<sup>320</sup> des Beobachters geprägt sei. In diesem Kontext kommt der Kompetenz des Beobachters eine entscheidende Rolle zu.<sup>321</sup> Kompetenz kann als Kapazität des Beobachters interpretiert werden, die gebotene Vielfalt an Informationen in kurzer Zeit zu verarbeiten.<sup>322</sup> In diese Richtung zielt der Ansatz nach REIß, der mit dem Begriff der *Fülle* Schwierigkeiten bei der Verarbeitung einer großen Informationsmenge beschreibt.<sup>323</sup> Die *Lücke* hingegen beschreibt das Missverhältnis aus Potenzial und Bedarf an Problemlösung in einer gegebenen Situation.<sup>324</sup> Übersteigt die Fülle die Kapazität der Informationsverarbeitung oder existiert eine Lücke hinsichtlich der Problemlösekompetenz, besteht die Gefahr eines falschen Umgangs mit dem betrachteten (komplexen) System. Aus diesem Grund organisieren sich komplexe Systeme (selbst) anhand der Ausbildung von *Rollen*, die eine Überforderung vermeiden und Individuen in der Varietät ihres Handelns leiten.<sup>325</sup> Rollen erfüllen somit den Zweck eines Komplexitätsabgleichs zwischen Umwelt und Individuum.

---

<sup>315</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 157 ff.

<sup>316</sup> Vgl. Kirchhoff, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 60.

<sup>317</sup> Vgl. Bliss, C. (2000) Management von Komplexität, S. 172.

<sup>318</sup> Vgl. Gottschalk, S. (2006) Dedicated Flexibility, S. 74.

<sup>319</sup> Vgl. Beishon, J. (1980) Systems Organization, S. 16.

<sup>320</sup> Vgl. Gottschalk, S. (2006) Dedicated Flexibility, S. 74.

<sup>321</sup> Vgl. Berendes, K. (2002) Lenkungscompetenz, S. 10.

<sup>322</sup> Vgl. Berendes, K. (2002) Lenkungscompetenz, S. 10.

<sup>323</sup> Vgl. Reiß, M. (1993) Komplexitätsmanagement (I), S. 55.

<sup>324</sup> Vgl. Reiß, M. (1993) Komplexitätsmanagement (I), S. 55.

<sup>325</sup> Vgl. Geller, H. (1994) Position -- Rolle -- Situation, S. 143.

### 3.1.4.3 Bedeutung für die Fabrikplanung

Gemäß den obigen Ausführungen muss Komplexität als notwendige Eigenschaft eines Management-Modells für die Fabrikplanung aufgefasst werden. Strukturell sind wahrscheinliche Anforderungen der Umwelt vorzudenken. Gleichzeitig muss im Sinne der funktionalen Komplexität Flexibilität geschaffen werden, um durch Selektion auf individuelle Entwicklungen einer komplexen Systemumwelt reagieren zu können. Dies kann bspw. in Standards für die Fabrikplanung abgebildet werden. Ein Beispiel bilden hier die Fabriktypen aus Kapitel 2.1.4. Gleichzeitig muss den Projektteams die notwendige Flexibilität eingeräumt werden, bei höchst individuellen Anforderungen begründet von diesen Standards abweichen zu können. Komplexität ist darüber hinaus nicht objektiv, sondern eine Frage der Perspektive.<sup>326</sup> Um Füllen oder Lücken im Umgang mit Komplexität zu vermeiden, sind Rollen zu definieren, deren Anforderungen auf die erwartete Komplexität der jeweiligen Umwelt abgestimmt sind und so effektive und effiziente Abläufe gewährleisten. Spiegelt man diesen Ansatz im Kontext der vorgestellten praktischen Fabrikplanungsprojekte in Kapitel 2.3, kann festgestellt werden, dass in der Praxis teils eine Überforderung der Mitarbeiter im Projekt vorliegt bzw. Rollen und Zuständigkeiten nicht eindeutig definiert sind, woraus Probleme in der Abwicklung der Projekte entstehen, bspw. Verzögerungen oder Abstimmungsprobleme. Für die Gestaltung des Management-Modells wird abgeleitet, Rollen mit entsprechenden Qualifikationsprofilen sowie die Schnittstellen zwischen diesen Rollen zu definieren.

### 3.1.5 Kybernetik als grundlegende Lehre des Managements komplexer Systeme

Die Kybernetik wird in der Literatur als zentrale Wissenschaft zur Beherrschung von Komplexität beschrieben. Daher werden in Kapitel 3.1.5.1 die wesentlichen Inhalte der Kybernetik eingeführt. Ein zentrales Ergebnis der Kybernetik stellt das Viable System Model (VSM) dar, welches Inhalt von Kapitel 3.1.5.2 ist. Ergänzend zum VSM werden in Kapitel 3.1.5.3 weiterführende kybernetische Managementprinzipien vorgestellt. Zuletzt werden in Kapitel 3.1.5.4 die wesentlichen Erkenntnisse extrahiert, die eine besondere Bedeutung für das zu entwickelnde Management-Modell aufweisen.

#### 3.1.5.1 Ursprung der Kybernetik

Das Wort Kybernetik stammt aus dem Griechischen und kann mit ‚steuermännisch‘ oder ‚lenkend‘ übersetzt werden.<sup>327</sup> Die Kybernetik ist die Wissenschaft der Lenkung von Systemen, und zwar unabhängig von der Art des Systems, da sich für deren Lenkung universelle Mechanismen definieren lassen.<sup>328</sup> Die Kybernetik geht zurück auf die Arbeiten von WIENER, der sich gegen Ende des Zweiten Weltkriegs im militärischen Kontext mit der Vorhersage des Verhaltens hochvarianter technischer Systeme auseinandersetzte.<sup>329</sup> Die kybernetischen Grundlagen wurden in der Folge von interdisziplinären Teams im Rahmen der Macy Meetings entwickelt.<sup>330</sup> Heute bildet die Kybernetik die Grundlage vieler

<sup>326</sup> Vgl. Gottschalk, S. (2006) Dedicated Flexibility, S. 74.

<sup>327</sup> Vgl. Wiener, N. (1973) Cybernetics, S. 11; Beer, S. (1973) Kybernetische Führungslehre, S. 18.

<sup>328</sup> Vgl. Wiener, N. (1973) Cybernetics, S. XX; im Englischen wird der Begriff *control* verwendet, für den im Deutschen beide Übersetzungen zulässig sind. Im Folgenden wird nur noch das Wort Lenkung verwendet.

<sup>329</sup> Vgl. Wiener, N. (1973) Cybernetics, S. 3 f.

<sup>330</sup> Vgl. Heims, S. J. (1991) The cybernetics group, S. VII.

technischer Systeme sowie verschiedener Management-Ansätze. Im wissenschaftlichen Bereich gilt sie als Teil der Systemtheorie.<sup>331</sup>

Lenkungsmechanismen lassen sich im kybernetischen Sinne in Steuerung und Regelung unterteilen.<sup>332</sup> *Steuerung* beschreibt dabei „eine informelle Anweisung an ein System [...], damit es sich in einer bestimmten Art verhält und ein Ziel erreicht“<sup>333</sup>. Es handelt sich somit um eine äußere Beeinflussung des Systems. Steuerung erfolgt proaktiv und erfordert eine umfassende Informationsbasis, um effektive Resultate zu erzielen.<sup>334</sup> Häufig, vor allem im Kontext komplexer Systeme, liegen jedoch nicht alle Informationen vor, die benötigt werden, um ein System effektiv zu steuern bzw. ändern sich diese Informationen im Zeitablauf. Für komplexe Systeme gewinnt daher die *Regelung*, als zweiter Aspekt der Lenkung, an Bedeutung.<sup>335</sup> Regelung basiert auf Rückkopplung, bzw. wie WIENER es nannte, Feedback.<sup>336</sup> Das aktuelle Systemverhalten wird mit dem erwarteten Systemverhalten abgeglichen, Abweichungen werden ermittelt und entsprechende Anpassungsmaßnahmen eingeleitet.<sup>337</sup> Die Kybernetik bildet somit die Grundlage der Regelkreise. Die frühe Kybernetik zielte auf technische Systeme ab und ist heute als Kybernetik 1. Ordnung bekannt. Grundlage der Kybernetik 1. Ordnung sind objektiv beobachtbare bzw. messbare Wahrheiten, auf Basis derer entsprechende Regelmechanismen ausgelöst werden, sowie eine Trennung von System und Beobachter bzw. Beeinflusser.<sup>338</sup> Die Wissenschaftler der Macy Meetings vermuteten jedoch früh ein Potenzial der Übertragung der wesentlichen kybernetischen Mechanismen auch auf soziale Systeme.<sup>339</sup>

### 3.1.5.2 Das Viable System Model als zentrales Modell der Kybernetik

Das Paradigma objektiv beobachtbarer Wahrheiten muss im sozialen Kontext infrage gestellt werden. Menschen sind Individuen, die Sachverhalte aufgrund ihrer eigenen Vorprägung und Ansichten interpretieren und so individuelle Wahrheiten konstruieren.<sup>340</sup> VON FOERSTER geht sogar so weit zu sagen, dass es Objektivität nicht geben könne.<sup>341</sup> System und Beobachter agieren nicht getrennt, sondern beeinflussen sich gegenseitig und bilden so ein neues Interaktionssystem.<sup>342</sup> Der Beobachter bzw. Beeinflusser wird selber Teil des Systems. Der Zweig der Kybernetik, welcher System und Beobachter als

---

<sup>331</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 77; Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 31.

<sup>332</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 78.

<sup>333</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 78.

<sup>334</sup> Vgl. Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen, S. 58.

<sup>335</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 80.

<sup>336</sup> Vgl. Wiener, N. (1973) Cybernetics, S. 6.

<sup>337</sup> Vgl. Ulrich, H. et al. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, S. 78.

<sup>338</sup> Vgl. Simon, F. (2007) Systemtheorie und Konstruktivismus, S. 18 f.

<sup>339</sup> Vgl. Wiener, N. (1973) Cybernetics, S. 24.

<sup>340</sup> Vgl. Simon, F. (2007) Systemtheorie und Konstruktivismus, S. 42; er betont in diesem Zusammenhang die Nähe der Kybernetik 2. Ordnung zur philosophischen Strömung des Konstruktivismus.

<sup>341</sup> Vgl. Foerster, H. von (2003) Cybernetics of Cybernetics, S. 285.

<sup>342</sup> Vgl. Simon, F. (2007) Systemtheorie und Konstruktivismus, S. 41.



neues System interpretiert, wird Kybernetik 2. Ordnung bzw. im Englischen „Cybernetics of Cybernetics“<sup>343</sup> genannt. Die Kybernetik 2. Ordnung bildet die Grundlage verschiedener kybernetischer Konzepte der jüngeren Zeit, im Rahmen dieser Arbeit ist dabei die Management-Kybernetik von höchster Relevanz.<sup>344</sup> Sie wendet die kybernetischen Ansätze auf das Management sozialer bzw. sozio-technischer Organisationen an. Vater der Management-Kybernetik ist der Brite STAFFORD BEER, der seit den 1950er-Jahren auf diesem Feld aktiv war. Kernergebnis seiner Arbeit ist das Modell lebensfähiger Systeme (Viable System Model, VSM). Die Grundidee des Modells lebensfähiger Systeme ist die Übertragung von Erkenntnissen über biologisch lebensfähige Systeme auf soziale Systeme.<sup>345</sup> Als Vorbild dienten dabei das menschliche Gehirn sowie das zentrale Nervensystem, was nach MALIK als die „evolutionsgeschichtlich am höchsten entwickelte Lenkungsstruktur“<sup>346</sup> bezeichnet werden kann. Das Modell lebensfähiger Systeme nach BEER bildet heute die Grundlage zahlreicher Management-Modelle, u. a. stellt es ein zentrales Element des wohl bekanntesten Management-Modells im deutschsprachigen Raum dar: des St. Galler Management-Modells.<sup>347</sup> Das Modell wird in der Folge anhand eines *struktur-orientierten Grundmodells* sowie der *Prinzipien*, auf denen das Grundmodell aufgebaut ist, beschrieben.<sup>348</sup>

---

<sup>343</sup> Vgl. Foerster, H. von (2003) *Cybernetics of Cybernetics*, S. 283.

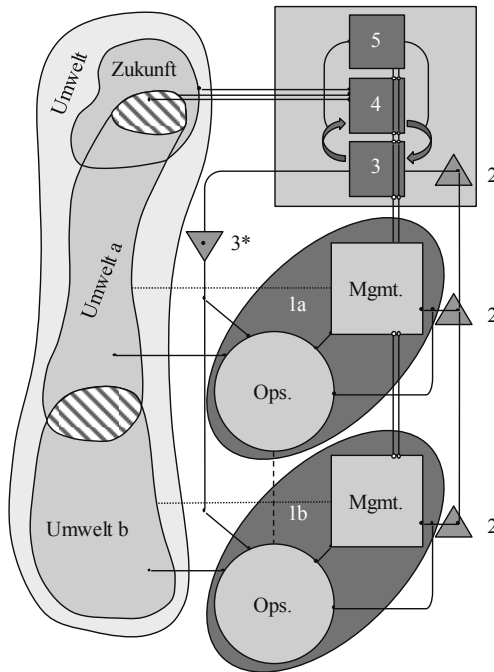
<sup>344</sup> In der Literatur wird teils von *organizational cybernetics* gesprochen, vgl. Jackson, M. C. (2013) *Systems methodology*, S. 103 f. Im deutschen Sprachraum ist der Begriff Management-Kybernetik verbreiteter, dem soll für die weitere Arbeit gefolgt werden.

<sup>345</sup> Vgl. Flood, R. et al. (1993) *Dealing with Complexity*, S. 80; die praktische Anwendbarkeit bewies Beer mit der Nutzung des Modells in einer schweren Krise in Chile, vgl. Beer, S. (1995) *Brain of the firm*, S. 245 ff.

<sup>346</sup> Vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 78.

<sup>347</sup> Vgl. Fricker, A. R. (1996) *Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen*, S. 78; an dieser Stelle wird nicht zwischen den unterschiedlichen Ausführungen des St. Galler Modells unterschieden, da diese jeweils evolutionäre Weiterentwicklungen darstellen.

<sup>348</sup> Zusätzlich sind in Anhang 8.1 die Lenkungsmodelle der einzelnen Systeme erläutert, welche die folgenden Ausführungen stützen hinsichtlich der genaueren Funktionsweise ergänzen.



Legende: Mgmt. = Management; Ops. = Operation

Abbildung 3-4: Das Modell lebensfähiger Systeme<sup>349</sup>

### Strukturmodell lebensfähiger Systeme

Das VSM besteht aus einer fünfstufigen Grundstruktur (vgl. Abbildung 3-4).<sup>350</sup>

- System 1: Operation.
- System 2: Koordination.
- System 3: Operative Leitung.
- System 4: Strategische Leitung.
- System 5: Normative Leitung.

System 1 bzw. die *Systeme I*, da mehrere existieren können, stellen die ausführenden Elemente des Systems dar. MALIK vergleicht die Systeme 1 bspw. mit unabhängigen Geschäftseinheiten eines Unternehmens oder den spezialisierten Abteilungen eines Krankenhauses.<sup>351</sup> Gemäß dem Rekursionsprinzip, welches später eingeführt wird, sind die Systeme ebenfalls als VSM mit den fünf zugehörigen Ebenen

<sup>349</sup> I. A. a. Beer, S. (1995) The heart of enterprise, S. 253.

<sup>350</sup> Vgl. Beer, S. (1995) The heart of enterprise, S. 141-262; eine ausführliche Beleuchtung erfolgt in den folgenden Kapiteln mit Blick auf die Zielsetzung dieser Arbeit, weshalb auf eine umfangreiche Darstellung an dieser Stelle verzichtet wird.

<sup>351</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 86.

ausgeführt. Würde man also System 1a oder 1b detaillierter darstellen, würde jedes der fünf hier beschriebenen Systeme erneut zum Vorschein kommen. Vereinfacht dargestellt besteht System 1 aus einer Operation und einer Management-Einheit.<sup>352</sup> Die Systeme 1 besitzen jeweils eine lokale Umwelt, in der sie weitestgehend eigenständig agieren.<sup>353</sup> Zwischen den drei genannten Einheiten Umwelt, Operation und Management besteht ein Komplexitätsgefälle. BEER verwendet zu dessen Beschreibung das Maß der Varietät.<sup>354</sup> Die Umwelt verfügt über eine höhere Varietät als die Operation, welche selbst über eine höhere Varietät verfügt als das Management. Damit sowohl die Operation als auch das Management arbeitsfähig bleiben, werden Varietätsdämpfer installiert, sodass bestimmte Elemente oder Zusammenhänge ausgeblendet werden.<sup>355</sup> Gleichzeitig kann es nötig sein, die Varietät gezielt zu erhöhen (Amplifikation), um einer erhöhten Varietät auf der Gegenseite Rechnung zu tragen. Dies kann bspw. durch die Qualifizierung von Personal oder die Einführung einer neuen Produktvariante geschehen.<sup>356</sup> Es ist daher die Aufgabe, auf allen Ebenen Mechanismen zu etablieren, die durch Dämpfung oder Amplifikation für einen Varietätsausgleich mit dem jeweils gekoppelten System sorgen. Dies wird vor allem durch einen hohen Grad an Selbstorganisation erreicht.<sup>357</sup> Ziel ist die Befähigung jedes einzelnen Systems, die Komplexität seiner Umwelt bewältigen zu können.

Obwohl die Systeme eigenständig agieren (sollen), bedarf es einer koordinierenden Instanz. Die Funktion von System 2 ist es daher, für ein harmonisches Verhalten der einzelnen Systeme 1 zu sorgen und Synergien zwischen diesen auszuschöpfen.<sup>358</sup> Dies rührt daher, dass die einzelnen Systeme 1 auf Selbstoptimierung programmiert sind, jedoch nicht losgelöst voneinander agieren. So kann es vorkommen, dass sich die Umwelt der jeweiligen Systeme überschneidet (vgl. Abbildung 3-4) und eine Aktion von System 1a negative Folgen für System 1b nach sich zieht. Die Varietät, die durch dererlei Sachverhalte entsteht, kann die Varietät von System 3 als weisungsbefugtem, übergeordnetem System übersteigen und so die Funktionalität des Gesamtsystems gefährden.<sup>359</sup> An diesem Punkt setzt System 2 an und dient als Bindeglied zwischen den Systemen 1 und System 3. Hierzu führt es Informationen der einzelnen Systeme 1 zusammen, filtert diese und stellt sie System 3 bereit.<sup>360</sup> Gleichzeitig koordiniert es die Systeme 1, ohne diesen direkte Anweisungen zu erteilen, sondern tut dies in passiver Form. BEER verwendet bspw. das Sinnbild eines Stundenplans, der für eine passive Koordination der einzelnen Lehrer oder Klassen einer Schule sorgt.<sup>361</sup> HEROLD definiert für System 2 im Unternehmenskontext drei Koordinationsmechanismen: die Verbreitung gemeinsamer Auffassungen, die Entwicklung und Bereitstellung von Standards sowie die Ermöglichung direkter, dezentraler Kommunikation der Systeme 1.<sup>362</sup>

<sup>352</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 90.

<sup>353</sup> Vgl. Flood, R. et al. (1993) Dealing with Complexity, S. 83.

<sup>354</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 21 ff.

<sup>355</sup> Die Kunst liegt darin, die für die Systemfunktionen relevantesten Elemente oder Zusammenhänge zu identifizieren und diese zu fokussieren.

<sup>356</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 28, 33.

<sup>357</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 30.

<sup>358</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 89.

<sup>359</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 116.

<sup>360</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 117.

<sup>361</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 69.

<sup>362</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 121 ff.

Die aktive Realisierung und Hebung der Synergien zwischen den Systemen 1 liegt in der Verantwortung von System 3. Es hat zur Aufgabe, das Gesamtsystem in ein Optimum zu führen, auch wenn dies einem lokalen Optimum eines Systems 1 widerspricht.<sup>363</sup> BEER betitelt System 3 mit „inside and now“<sup>364</sup>. Seine Aktivitäten sind nach innen gerichtet und es operiert im Hier und Jetzt. Um seiner Aufgabe nachzukommen, verfügt System 3 über drei Zugriffsmöglichkeiten auf die Systeme 1: die Allokation von Ressourcen, die Definition von Verhaltensregeln sowie den direkten Eingriff in die Aktivitäten von System 1.<sup>365</sup> Die initialen Ressourcen werden zwischen System 1 und System 3 verhandelt und an eine Verhaltenszusage von System 1 gebunden, wobei System 3 die optimale Verteilung von Ressourcen im Kontext der Zielerreichung des Gesamtsystems verfolgt.<sup>366</sup> Weicht das tatsächliche Verhalten vom geplanten Verhalten ab, kann System 3 Ressourcen entziehen oder nachträglich gewähren, um Soll- und Ist-Zustand anzunähern. Ferner kann System 3 das Verhalten der Systeme 1 durch die Definition von Verhaltensregeln lenken. Diese gelten für ein System als Ganzes, können für jedes System 1 jedoch voneinander abweichen.<sup>367</sup> Entsprechen die beiden bisherigen Möglichkeiten der passiven Einflussnahme, hat System 3 darüber hinaus die Möglichkeit, direkt in die Operation von System 1 einzugreifen. MALIK beschreibt dieses Vorgehen jedoch als „bedenklich“<sup>368</sup>. Einerseits widerspricht der Eingriff dem Autonomiegedanken. Andererseits, und dieser Punkt birgt eine große Gefahr, verfügt System 3 eventuell nicht über die notwendigen Informationen, um die richtige Entscheidung zu treffen. Der direkte Eingriff sollte daher möglichst vermieden werden. Die notwendigen Informationen für seine Aufgabe erhält System 3 über zwei Kanäle. Die erste Option bietet das bereits vorgestellte System 2, welches gefilterte Informationen der Systeme 1 übermittelt. Es drängt sich jedoch die Frage auf, ob System 3 durch diesen standardisierten und gefilterten Informationskanal alle relevanten Informationen erhält, um richtig zu entscheiden.<sup>369</sup> Aus diesem Grund existiert neben System 2 ein weiterer Informationskanal, System 3\*. Über diesen ist es System 3 möglich, ergänzende, ungefilterte Informationen zu erhalten. BEER spricht in diesem Zusammenhang von Audits, deren Interpretation reicht bei verschiedenen Autoren aber sehr weit, bspw. können auch Betriebsausflüge der System 3\* Funktion zugerechnet werden.<sup>370</sup> Mittels dieser Informationen ist es System 3 möglich, seine Funktion, das Management der Systeme 1 mit dem Ziel der Synergiemaximierung, zielgerichtet auszuführen.

Im Gegensatz zu System 3, welches den Blick nach innen auf das eigene System richtet, fokussiert System 4 die Systemumwelt und die Positionierung des Systems in dieser. BEER titulierte System 4 mit „outside and then“.<sup>371</sup> Die Systemumwelt ist dabei nicht bloß die Summe der jeweiligen Umwelt der Systeme 1, sondern geht darüber hinaus und bildet ein übergeordnetes Ganzes.<sup>372</sup> Die Systemumwelt

---

<sup>363</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 89.

<sup>364</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 136.

<sup>365</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 109.

<sup>366</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 142.

<sup>367</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 107.

<sup>368</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 108.

<sup>369</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 82.

<sup>370</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 82; Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 145.

<sup>371</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 111.

<sup>372</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 108.

wird dabei noch einmal unterteilt.<sup>373</sup> Die akzeptierte oder bekannte Umwelt beschreibt das aktuelle Umfeld des Unternehmens, bspw. den Wettbewerb. Hierbei gilt es, Erfolgspositionen zu besetzen oder zu erhalten.<sup>374</sup> Die problematische Umwelt hingegen betrifft die Zukunft und mögliche (disruptive) Entwicklungen, die das System vor unvorhergesehene Herausforderungen stellen können. Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe von System 4, das Gesamtsystem erfolgreich in seiner Umwelt zu positionieren und Maßnahmen abzuleiten, wie diese Positionierung erfolgen kann. Innerhalb dieses Prozesses ist eine enge Abstimmung mit System 3 notwendig, um die externe und interne Sichtweise abzugleichen. System 3 bezieht die Beobachtungen von System 4 in die Abstimmung mit den einzelnen Systemen 1 ein, System 4 hingegen verwendet die Informationen, die es von System 3 erhält, um die Systemumwelt zielgerichtet beobachten zu können.<sup>375</sup> Auf diese Weise erfolgt eine optimale Positionierung nach innen und außen.

System 5 stellt die oberste Entscheidungseinheit im Modell lebensfähiger Systeme dar. Auch wenn das VSM hohen Wert auf Autonomie und Selbstorganisation der Teilsysteme legt, bedarf es einer übergeordneten Einheit, die die Verantwortung für das Gesamtsystem trägt.<sup>376</sup> Eine wesentliche Aufgabe von System 5 ist in diesem Kontext die Entscheidung bei Konflikten zwischen System 3 und System 4.<sup>377</sup> Sollten sich die beiden Systeme nicht auf einen kurz- oder langfristig orientierten Kurs einigen können, muss System 5 diesen Konflikt auflösen. Dafür ist es wichtig, dass die Kommunikationskanäle zu System 3 und System 4 in gleichem Maße etabliert sind, um auf Basis ausgewogener Informationen entscheiden zu können.<sup>378</sup> Optimalerweise kommt es jedoch nicht zu Konflikten und die Systeme verhalten sich im Sinne des Systems 5. Ein wesentliches Instrument, dieses herbeizuführen, ist der „ethos“<sup>379</sup>, der von System 5 vermittelt wird. Dieser zielt vor allem auf das Verhalten und die Kommunikation von System 5 ab, welche die weiteren Teilsysteme in ihrem Handeln beeinflussen und ein zentrales Element für die Unternehmenskultur bilden.<sup>380</sup> Gemäß dem zuvor benannten Varietätsgleichgewicht bringt System 5 durch die beschriebenen Inhalte die Varietät in das System ein, die von den anderen Teilsystemen nicht abgebildet werden kann und ist somit ein zentrales Element für den Systemerfolg.<sup>381</sup> Ferner obliegt System 5 die Sinngebung des Gesamtsystems sowie der Entwurf und die Pflege einer Systemverfassung, die die grundlegende Zusammenarbeit der einzelnen Systeme regelt.<sup>382</sup>

### Prinzipien des Modells lebensfähiger Systeme

BEER beschreibt für die Struktur lebensfähiger Systeme drei grundlegende Prinzipien: Lebensfähigkeit, Rekursion und relative Autonomie.<sup>383</sup> Wie der Name besagt, ist die Lebensfähigkeit das zentrale

<sup>373</sup> Vgl. Beer, S. (1995) *The heart of enterprise*, S. 229.

<sup>374</sup> Vgl. Herold, C. (1991) *Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung*, S. 149 f.

<sup>375</sup> Vgl. Herold, C. (1991) *Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung*, S. 157.

<sup>376</sup> Vgl. Beer, S. (2007) *Diagnosing the system*, S. 125.

<sup>377</sup> Vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 91.

<sup>378</sup> Zusätzlich existiert ein Alarmkanal, über den Informationen binnen kürzester Zeit von System 1 bis zu System 5 gelangen, sollte eine plötzliche und bedrohliche Situation dies erfordern.

<sup>379</sup> Vgl. Beer, S. (2007) *Diagnosing the system*, S. 125.

<sup>380</sup> Vgl. Herold, C. (1991) *Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung*, S. 172.

<sup>381</sup> Vgl. Beer, S. (2007) *Diagnosing the system*, S. 125.

<sup>382</sup> Vgl. Herold, C. (1991) *Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung*, S. 167 ff.

<sup>383</sup> Vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 98 f.

Merkmal lebensfähiger Systeme. Doch was bedeutet Lebensfähigkeit? Fälschlicherweise wird sie häufig mit Überleben gleichgesetzt. Im Englischen wird das Wort ‚viable‘ oder ‚viability‘ genutzt, welches eine schärfere Trennung im Gegensatz zu ‚survival‘ zulässt. Nach BEER beschreibt Lebensfähigkeit die Fähigkeit eines Systems, eine eigenständige Existenz und Identität in seiner Umwelt aufzubauen und zu erhalten.<sup>384</sup> Die Struktur bestimmt, ob ein System in seiner gegenwärtigen Umwelt lebensfähig ist.<sup>385</sup> Lebensfähigkeit ist jedoch keine Fähigkeit, die ein System einmalig hat oder nicht hat, sondern in hohem Maße abhängig von dessen Umwelt. Verändert sich diese Umwelt, das System behält aber seine bisherige Struktur bei, kann es passieren, dass es seine Lebensfähigkeit verliert. Das System muss daher seine Umwelt beobachten und ggf. strukturelle Anpassungen vornehmen. Grundvoraussetzung der Lebensfähigkeit ist nach BEER eine explizite oder implizite Systemgestaltung anhand des VSM. Gleichzeitig ist eine derartige Systemgestaltung jedoch kein Garant der Lebensfähigkeit, sondern es werden lediglich optimale Voraussetzungen für Lebensfähigkeit geschaffen.<sup>386</sup> Um in seiner Umwelt zu bestehen, muss das System als Ganzes lebensfähig sein. Da jedes seiner Subsysteme jedoch in seiner eigenen Umwelt agiert, ist die Forderung nach Lebensfähigkeit ebenso an jedes einzelne Subsystem zu stellen. Dies leitet über zum Prinzip der Rekursion.<sup>387</sup>

Das *Rekursionsprinzip* besagt, dass lebensfähige Systeme sowie alle ihre Subsysteme<sup>388</sup> prinzipiell dieselbe fünfstufige Struktur aufweisen.<sup>389</sup> BEER beschreibt diesen Sachverhalt wie folgt: „In a recursive organizational structure, any viable system contains, and is contained in, a viable system.“<sup>390</sup> Das Rekursionsprinzip gilt somit nicht nur für die Subsysteme, sondern ebenso für das Supersystem. Analysiert man ein lebensfähiges System, ergibt sich hieraus das Bild ineinander verschachtelter Systeme, das den russischen Matrjoschka-Puppen ähnelt (vgl. Abbildung 3-5).<sup>391</sup>

---

<sup>384</sup> Vgl. Beer, S. (1995) *The heart of enterprise*, S. 113 f.

<sup>385</sup> Vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 112.

<sup>386</sup> Vgl. Herold, C. (1991) *Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung*, S. 73; hieraus leitet sich generell die Frage ab, inwiefern ein System die richtige Konfiguration gewählt hat bzw. ob man dies mit Sicherheit sagen kann. Dem Verständnis nach Popper folgend, kann der Beweis dafür nicht bzw. nur vorläufig erbracht werden. Hingegen lässt sich ein Negativbeweis erbringen, der aufzeigt, dass sich das System nicht in einem lebensfähigen Zustand befindet, vgl. Popper, K. R. (1935) *Logik der Forschung*, S. 6 f. Dementsprechend beschreibt Malik die Konfiguration als einen „permanent im Gang befindlichen Such- und Beurteilungsprozess“, dessen Grundvoraussetzung für Erfolg eine grundlegende Systemgestaltung anhand des VSM ist, vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 113.

<sup>387</sup> Vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 114.

<sup>388</sup> Anmerkung: gemeint sind die Systeme 1 der obigen Beschreibung.

<sup>389</sup> Vgl. Beer, S. (1995) *The heart of enterprise*, S. 118.

<sup>390</sup> Vgl. Beer, S. (1995) *The heart of enterprise*, S. 118.

<sup>391</sup> Vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 99; Bleicher leitet aus dem Rekursionsprinzip für soziale Systeme das Prinzip der Selbstähnlichkeit ab. Im Gegensatz zum Prinzip der Rekursion, welches Gleichheit proklamiert, beschreibt Selbstähnlichkeit eine hohe Überdeckung, lässt jedoch Abweichungen in den Nuancen zu. Bleicher spricht dabei von „kontextueller Differenzierung“, vgl. Bleicher, K. (2011) *Integriertes Management*, S. 70. Diese Interpretation wird im weiteren Verlauf der Arbeit aufgegriffen. Die Systeme üben auf unterschiedlichen Ebenen dieselbe Funktion aus, sind jedoch je nach Bedarf unterschiedlich ausgestaltet.

Der Zusammenhang lässt sich folgendermaßen erklären: Die zunächst betrachtete Rekursionsebene sei mit  $n$  bezeichnet. Sie besteht aus den fünf Systemen, die zuvor beschrieben wurden. Gemäß dem Rekursionsprinzip sind die Systeme 1 selbst lebensfähige Systeme, die ebenfalls die fünfstufige Struktur aufweisen. Der Fokus liegt nun auf dem lebensfähigen System der Rekursionsebene  $n+1$ , also eine Ebene tiefer als zuvor. Die Systeme zwei bis fünf bilden dabei die Management-Einheit, welche zuvor im Zusammenhang von System 1 beschrieben wurde. Das System 1 der Rekursionsebene  $n+1$  bildet die Operation (vgl. Abbildung 3-5). Eine genauere Analyse des Systems 1 würde wiederum eine fünfstufige Struktur für die Rekursionsebene  $n+2$  offenbaren. Würde es sich bei dem betrachteten System um ein Unternehmen handeln, würde auf der untersten Ebene der individuelle Mitarbeiter als lebensfähiges System stehen.<sup>392</sup> Ähnlich verhält es sich in die andere Richtung, bis die Ebene des Gesamtunternehmens erreicht wird. Die Frage nach der Anzahl der Rekursionsebenen ist für jedes System in Abhängigkeit der Komplexität zu beantworten.<sup>393</sup> Übersteigt die Umweltkomplexität die Fähigkeit der Komplexitätsbewältigung, ist eine vertikale (zusätzliche Rekursionsebene) oder horizontale (zusätzliches System 1) Erweiterung vorzunehmen.<sup>394</sup>

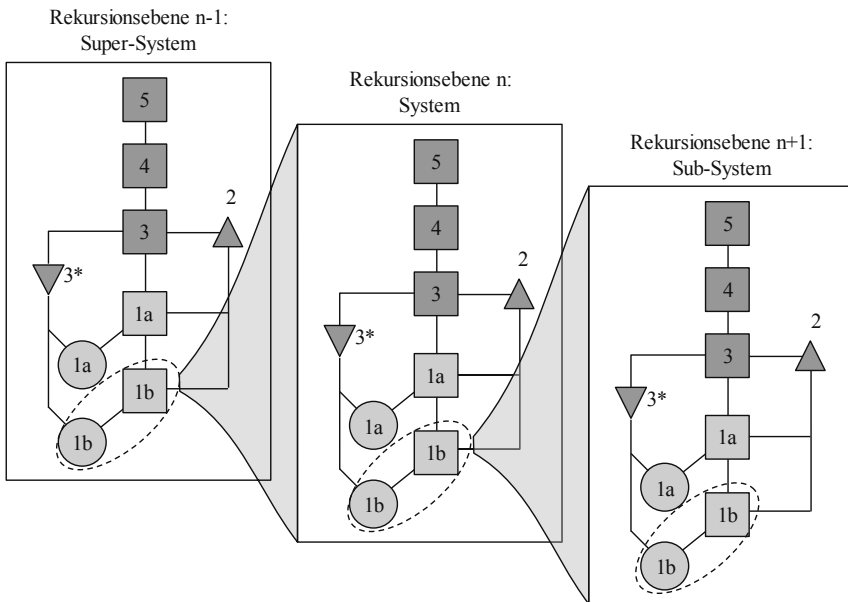


Abbildung 3-5: Das Rekursionsprinzip<sup>395</sup>

<sup>392</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 103.

<sup>393</sup> Vgl. Espejo, R. (1983) Management and Information, S. 92.

<sup>394</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 78.

<sup>395</sup> Eigene Darstellung.

Die Rekursionsebenen sind nicht strikt hierarchisch zu verstehen. BEER spricht in diesem Zusammenhang von Meta-Beziehungen zwischen den Systemen, sowohl innerhalb einer Rekursionsebene als auch zwischen diesen. Diese Meta-Beziehung besagt, dass kein System wichtiger ist als ein anderes, vielmehr sind alle Systeme für die Lebensfähigkeit notwendig. Sie sind für unterschiedliche Aspekte zuständig bzw. betrachten die Dinge aus einem anderen Blickwinkel.<sup>396</sup> Der rekursive Systemaufbau ist kein Selbstzweck, sondern bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Jede Rekursionsebene bildet für sich ein lebensfähiges System, d. h. sie ist in der Lage, ihre eigene Umweltkomplexität zu bewältigen. Hierdurch wird bereits viel Komplexität bzw. Varietät absorbiert, wodurch die übergeordneten Systemebenen entlastet werden.<sup>397</sup> BEER schreibt einem VSM die Fähigkeit einer unabhängigen Existenz<sup>398</sup> zu. Übertragen auf die Praxis bedeutet dies, dass die übergeordnete Rekursionsebene sich im Tagesgeschäft nicht um die Systeme 1 der untergeordneten Rekursionsebene kümmern muss, sondern sich auf die Koordination der einzelnen Systeme 1 beschränken kann. Ferner fördert die Struktur „dieselbe Denkweise“<sup>399</sup> auf den unterschiedlichen Systemebenen und schafft Verständnis für Entscheidungen der übergeordneten Rekursionsebene in der untergeordneten Rekursionsebene, da die Systeme 1 mit den ihnen untergeordneten Rekursionsebenen ebenso verfahren müssen.

Gemäß dem Modell lebensfähiger Systeme sollte jedes System 1 in die Lage versetzt werden, seine eigene Umweltkomplexität bewältigen zu können. Dies hat zwei Gründe. Einerseits entlastet dies, wie zuvor beschrieben, die übergeordnete Rekursionsebene, andererseits sollten die Aufgaben von dem System bearbeitet werden, welches über die höchste Informationsdichte der entsprechenden Situation verfügt<sup>400</sup>. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, sollte auf jeder Rekursionsebene maximale Autonomie des eigenen Handelns gewährt werden.<sup>401</sup> Da jedes System 1 jedoch in einer (größtenteils) autarken Umwelt agiert, entwickelt sich hieraus eine Eigendynamik, die aus Sicht des Gesamtsystems suboptimal, teils sogar bedrohlich werden kann.<sup>402</sup> In diesem Fall obliegt es System 3, mittels seiner drei zuvor eingeführten Zugriffsmöglichkeiten die Freiheiten des Systems oder der Systeme 1 zu beschneiden.<sup>403</sup> Vor diesem Hintergrund ist das Prinzip der *relativen Autonomie* zu sehen. Dies besagt, dass den Systemen 1 maximale Handlungsfreiheit eingeräumt werden soll, solange dies nicht der Zielerreichung<sup>404</sup> aus Sicht des Gesamtsystems zuwiderläuft. Das Prinzip der relativen Autonomie berührt somit die Frage

---

<sup>396</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 31.

<sup>397</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 102.

<sup>398</sup> Im Original „independent existence“, vgl. Beer, S. (1995) The heart of enterprise, S. 118.

<sup>399</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 79.

<sup>400</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 85.

<sup>401</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 80.

<sup>402</sup> Der Aspekt der Synergien wurde in den bisherigen Ausführungen bereits vorgestellt.

<sup>403</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 105.

<sup>404</sup> Beer verwendet in diesem Zusammenhang das Wort Kohäsion, vgl. Beer, S. (1995) The heart of enterprise, S. 173.



nach Zentralisierung bzw. Dezentralisierung der Handlungskompetenz. Auf diese Frage kann keine universelle Antwort gegeben werden.<sup>405</sup> Der Grad der Dezentralisierung hängt nach BEER vom Systemzweck bzw. dessen Strategie ab.<sup>406</sup> HEROLD konkretisiert diese Aussage auf die Überdeckung des Systemzwecks des Gesamtsystems und der Systeme 1.<sup>407</sup> Je weiter diese voneinander abweichen, desto mehr Autonomie sollte den jeweiligen Systemen 1 gewährt werden, um maximale Kapazität zur Komplexitätsbewältigung zu besitzen.<sup>408</sup> In jedem Fall ist ein detaillierter und individueller Untersuchungsprozess notwendig, um den optimalen Dezentalisierungsgrad zu bestimmen.

Die zuvor beschriebenen Ergebnisse führt BEER in einem *Invarianztheorem* zusammen. Dieses besagt, dass alle lebensfähigen, das heißt ihre jeweilige Umweltkomplexität bewältigenden, Systeme die oben genannten Strukturen und Eigenschaften aufweisen.<sup>409</sup> Dabei geht es nicht darum, „dass alle lebensfähigen Systeme entsprechend dem Modell strukturiert sein sollten, sondern dass sie tatsächlich so strukturiert sind“<sup>410</sup>. Auch wenn Systeme oder Organisationen nicht explizit, z. B. in einem Organigramm, nach dem VSM aufgebaut sind, funktionieren sie im Falle der Lebensfähigkeit auf Basis der vorgestellten Prämissen, bspw. durch das implizite Handeln der Führungskräfte und Mitarbeiter, auch wenn sie sich des Zwecks dieser Handlungen nicht bewusst sind.<sup>411</sup>

---

<sup>405</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 109.

<sup>406</sup> Vgl. Beer, S. (1995) The heart of enterprise, S. 158.

<sup>407</sup> Gemäß der Identität, über die die nach Beer jedes System 1 verfügen sollte, benötigt es einen Zweck, da die beiden Begriffe eng miteinander verwandt sind.

<sup>408</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 86.

<sup>409</sup> Vgl. Beer, S. (1995) The heart of enterprise, S. 324.

<sup>410</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 92.

<sup>411</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 93.

### 3.1.5.3 Weiterführende kybernetische Management-Prinzipien

In der Literatur zur Kybernetik existieren zahlreiche Arbeiten, die, teils mit unterschiedlichen Nuancen, Ansätze für das kybernetische Management komplexer Systeme entwickeln. Das folgende Kapitel gibt eine Übersicht relevanter Elemente, die später zur Entwicklung des Management-Modells herangezogen werden. Diese Elemente stehen den vorherigen Ausführungen nicht entgegen. Sie ergänzen und detaillieren vielmehr die zuvor vorgestellten Ergebnisse der Kybernetik. KIRCHHOFF hat eine umfassende Aufarbeitung der Literatur vorgenommen, auf der die folgenden Ausführungen aufbauen und folgende Eigenschaften umfassen:<sup>412</sup>

- Nicht-lineare Dynamik
- Rückkopplungsschleifen
- Gleichgewicht und Ungleichgewicht
- Selbstorganisation und Selbstreferenz
- Autopoiese
- Evolution, dissipative Strukturen und Anomalien
- Emergenz
- Ko-Evolution
- Existenz am Rand des Chaos und selbstorganisierte Kritizität
- Adaption und Musterbildung

Komplexe Systeme sind geprägt durch vernetzte, sich dynamisch ändernde Strukturen. Dies macht eine Vorhersage von Ursache-Wirkung-Beziehungen unmöglich, da parallele, teils gekoppelte Prozesse ablaufen. Für das Management ergibt sich aus dieser *nicht-linearen Dynamik*, dass es mit Unsicherheit umgehen und entsprechende Fähigkeiten im Umgang mit Unsicherheit ausbilden muss.<sup>413</sup> Ein wichtiges Hilfsmittel im Umgang mit Unsicherheit bilden *Rückkopplungsschleifen*, die eine zustandsabhängige Reaktion auslösen.<sup>414</sup> Diese sind elementarer Bestandteil jedes komplexen Systems. In den bisherigen Modellen wurden vor allem negative Rückkopplungsschleifen adressiert, die ein System im Gleichgewicht halten. Eine sich dynamisch wandelnde Umwelt macht jedoch auch positive Rückkopplungsschleifen notwendig, die ein System situationsbedingt bewusst aus dem Gleichgewicht bringen, um eine notwendige Evolution auszulösen.<sup>415</sup> Ebendiese negativen und positiven Rückkopplungsschleifen sind durch das Management zu installieren, um die Fähigkeit der Stabilität und der Evolution im System auszubilden. Eng mit der Rückkopplung ist die Frage nach *Gleichgewicht und Ungleichgewicht* verbunden. Aufgabe des Managements ist es, Gleichgewicht bzw. Ungleichgewicht zum richtigen Zeitpunkt herbeizuführen bzw. dem System die Fähigkeit dazu zu verleihen.<sup>416</sup> Solange (relativ) stabile Umweltbedingungen herrschen, ist ein Gleichgewicht zu schaffen bzw. zu halten. Verändern sich diese jedoch, ist ein temporäres Ungleichgewicht notwendig, bevor das System in ein neues Gleichgewicht überführt werden kann.<sup>417</sup> Damit ein System auf ein Ungleichgewicht reagieren kann, benötigt es den notwendigen Freiraum. Im VSM äußert sich dies im Prinzip der relativen Autonomie. Dies befähigt die Teilsysteme

---

<sup>412</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 21 ff.

<sup>413</sup> Vgl. Wiener, N. (1973) Cybernetics, S. 4.

<sup>414</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 80.

<sup>415</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 22.

<sup>416</sup> Vgl. Staehle, W. et al. (1999) Management, S. 62.

<sup>417</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 22 f.

(und somit auch das System), durch *selbstorganisierte* (Inter-)Aktionen Lösungen zu finden.<sup>418</sup> Notwendige Voraussetzung dafür ist die *Selbstreferenzierung*, also die Kenntnis von sich selbst, seiner Umwelt sowie seines Handlungsspielraums.<sup>419</sup> Dadurch wird das (Teil-)System befähigt, die notwendigen Entscheidungen, bspw. bzgl. Gleichgewicht oder Ungleichgewicht, effektiv zu treffen.

*Autopoiese* beschreibt die Fähigkeit eines komplexen Systems, sich permanent selbst zu reproduzieren. Anders ausgedrückt: Ergebnis des Handelns des Systems ist immer auch das System selbst.<sup>420</sup> Verantwortlich dafür ist die Kopplung der Elemente des Systems mit seinem Verhalten. Die Reproduktion ist dabei ein interner Vorgang. Dieser kann zwar von außen angeregt werden, die Reaktion erfolgt aber im Systeminneren auf Basis negativer Rückkopplungsschleifen.<sup>421</sup> Ziel ist die Erhaltung der Lebensfähigkeit im aktuellen Gleichgewicht.<sup>422</sup> Verwandt mit der Autopoiese ist die *Evolution*.<sup>423</sup> Im Gegensatz zur Erhaltung der Lebensfähigkeit erfolgt sie aber auf Basis positiver Rückkopplung. Die Evolution ermöglicht den Übergang eines Systems zu einer Stufe höherer Komplexität. Dies ist nötig, um sich geänderten Umweltbedingungen anzupassen. Grundlage der Evolution sind *dissipative Strukturen*. Diese ermöglichen es dem System, bei Auftreten sprunghafter Veränderungen (Anomalien) neue Strukturen zu entwickeln und so eine höhere Form zu erreichen.<sup>424</sup> Werden infolge der Evolution neue Fähigkeiten des Systems ausgebildet, spricht man von *Emergenz*.<sup>425</sup> Die Emergenz kann dabei nicht auf einzelne Elemente des Systems zurückgeführt werden, sondern ist ein Phänomen, das auf „der Gesamtheit aller Elemente, Beziehungen und Wechselwirkungen“<sup>426</sup> beruht.

Komplexe, offene Systeme stehen im Austausch mit ihrer Umwelt. Bisher wurde nur der Fall der Beeinflussung des Systems durch die Umwelt betrachtet. Dem Systemgedanken folgend ist aber auch die Umwelt als (Super-)System zu interpretieren.<sup>427</sup> Durch eine Veränderung des Systems verändert sich somit auch das Supersystem, es entsteht eine *Ko-Evolution*.<sup>428</sup> Ziel einer Ko-Evolution ist das Herbeiführen eines für System und Supersystem positiveren Zustandes. Komplexe Systeme arbeiten am effizientesten, wenn sie sich am *Rand des Chaos* bewegen. Dieser beschreibt einen Zustand, in dem das System gerade noch die notwendige Stabilität aufweist, um lebensfähig zu sein, gleichzeitig jedoch so instabil, oder positiv ausgedrückt flexibel ist, um notwendige Änderungen vornehmen zu können. Um genau über diese Fähigkeiten zu verfügen, bringen sich Systeme durch eine *selbstorganisierte Kritizität* in diesen Status.<sup>429</sup> Auf Basis der vorgenannten Eigenschaften verfügen komplexe Systeme über die Fähigkeit zur *Adaption und Musterbildung*. Sie sind in der Lage, sich selbst, ihr Handeln sowie die

<sup>418</sup> Vgl. Ludwig, B. (2001) Management komplexer Systeme, S. 28.

<sup>419</sup> Vgl. Fricker, A. R. (1996) Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen, S. 14.

<sup>420</sup> Vgl. Maturana, H. R. et al. (1980) Autopoiesis and cognition, S. 78 ff.

<sup>421</sup> Vgl. Maturana, H. R. et al. (1980) Autopoiesis and cognition, S. 78 ff.

<sup>422</sup> Kirchhof benennt das Beispiel von Geburten zum Erhalt der Gesellschaft, vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 23.

<sup>423</sup> Vgl. Gottschalk, S. (2006) Dedicated Flexibility, S. 73.

<sup>424</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 24.

<sup>425</sup> Vgl. Ludwig, B. (2001) Management komplexer Systeme, S. 27.

<sup>426</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 25.

<sup>427</sup> Vgl. Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie, S. 77.

<sup>428</sup> Vgl. Claussen, P. (2012) Die Fabrik als soziales System, S. 75.

<sup>429</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 26 f.

Umwelt zu beobachten, Muster bzw. Regelmäßigkeiten und erkennen und ihr Verhalten zu adaptieren. Auswirkungen daraus werden wiederum beobachtet usw. Es entsteht ein lernendes System.<sup>430</sup>

#### 3.1.5.4 Bedeutung für die Fabrikplanung

Die Kybernetik liefert als Wissenschaft der Lenkung komplexer Systeme grundlegende Begriffe und Ansätze, die auf die Fabrikplanung übertragbar sind. Besonderes Potenzial verspricht die Anwendung des Modells lebensfähiger Systeme, welches im Rahmen der Management-Kybernetik zentrale Grundlagen für die Lenkung sozio-technischer Systeme bietet. Das Modell verfügt aufgrund seiner Generik über die Möglichkeit, es auf den individuellen Anwendungsfall anzupassen. Ferner ist das VSM auf jede Art von Organisation anwendbar. Hieraus ergibt sich ein Vorteil gegenüber anderen, konkreteren Management-Modellen, da es sich bei der Fabrikplanung um ein Forschungsfeld bzw. den Teil eines Unternehmens handelt. Zunächst soll die Übertragbarkeit auf ein Fabrikplanungsprojekt beleuchtet werden. Innerhalb eines Projekts agieren im Kontext der integrativen Fabrikplanung nach MECKELNBORG einzelne Planungsteams, die sich selbst koordinieren, gleichzeitig aber durch eine Projektleitung geführt werden und an ein strategisches Gremium berichten.<sup>431</sup> Wenn auch nicht explizit genannt, kann ferner davon ausgegangen werden, dass eine Systempolitik vorherrscht, die das Handeln der einzelnen Systeme lenkt. FRAHM wendet das VSM im Kontext des Bauprojektmanagements an, um lebensfähige Strukturen in der Abwicklung von Bauprojekten zu schaffen. Wenn auch nicht explizit auf die Fabrikplanung bezogen, schließt der Autor dieser Arbeit daraus, dass dies auf Fabrikplanungsprojekte übertragbar ist. Darüber hinaus wurde im zweiten Kapitel der Bedarf nach einer strategischen Perspektive auf die Fabrikplanung abgeleitet. Dem Rekursionsprinzip folgend müsste auch diese Ebene als lebensfähiges System ausgebildet werden können. Der Versuch hierzu wird im Mittelpunkt des vierten Kapitels stehen. Ferner bietet das Rekursionsprinzip die Möglichkeit, das Management-Modell für die Fabrikplanung einfach in übergeordnete Unternehmens-Strukturen zu integrieren.

Für die weitere Arbeit liefern die Struktur des VSM sowie die Prinzipien der Rekursion, der relativen Autonomie sowie der Lebensfähigkeit wichtige Richtlinien zur Entwicklung des Management-Modells. Darüber hinaus definieren jüngere Arbeiten zusätzliche Gestaltungshinweise für das kybernetische Management komplexer Systeme, die in das Management-Modell einfließen sollen:

- Die Akzeptanz von Ungewissheit ist Teil des Managements.
- Die Installation von Rückkopplungsschleifen (negativ und positiv) als Grundlage der Anpassungs- und Entwicklungsfähigkeit.
- Die Balance zwischen Gleichgewicht (Lebensfähigkeit) und Ungleichgewicht (Entwicklungsfähigkeit).
- Verleihung der Fähigkeit zur Selbstreferenz und Schaffung von Räumen von selbstorganisiertem Handeln.
- Autopoiese, als die Reproduktion von sich selbst, ist eine wesentliche System- und Managementaufgabe.
- Die Schaffung dissipativer Strukturen, um bei Anomalien den Evolutionsprozess einleiten zu können.

---

<sup>430</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement, S. 27.

<sup>431</sup> Vgl. Kapitel 5.2.7.

- Das bewusste Herbeiführen neuer Konfigurationen im Evolutionsprozess zur Ausbildung neuer Fähigkeiten.
- Bewusste Interaktion mit der Umwelt, um gegenseitig vorteilhafte Zustände herbeizuführen.
- Operation am Rand des Chaos zur Maximierung der Systemeffizienz.
- Ausbildung der Fähigkeit zur Mustererkennung (intern und extern) und Adaption.

### 3.1.6 Aktuelle Entwicklungen im Management

Die Anfänge des systemischen Managements liegen mittlerweile ca. fünfzig Jahre zurück und wurden in der Folge stetig weiterentwickelt. Die aktuellste Iteration des systemischen Managements bildet das neue St. Galler Management-Modell.<sup>432</sup> Daneben soll in diesem Kapitel überprüft werden, inwieweit die Gedanken des systemischen Managements Eingang in andere Management-Ansätze gefunden haben. Dazu werden unterschiedliche Strömungen der modernen Management-Forschung analysiert, um zu identifizieren, ob und welche Parallelen bestehen. Die dominierenden Ansätze der Management-Forschung der letzten Jahre bilden das ambidextrische (Kapitel 3.1.6.1) sowie das agile (Kapitel 3.1.6.2) Management. Daneben stellen simulationsbasierte Ansätze eine neue Strömung in der Management-Forschung dar. Besondere Aufmerksamkeit erhält hierbei die agentenbasierte Modellierung (Kapitel 3.1.6.3). Diese drei Ansätze werden in der Folge untersucht, inwieweit sie auf Elementen des systemischen Managements aufbauen. Darüber hinaus wird untersucht, ob das systemische Management in einem eher anwendungsbezogenen Kontext auch heute Anwendung findet, um so letztlich die Eignung für die weitere Arbeit zu bewerten (Kapitel 3.1.6.5).

#### 3.1.6.1 Ambidextrisches Management

In der Literatur aus den Jahren 2005 bis 2010 wird der Ansatz der Ambidextrie als neues Forschungsparadigma beschrieben.<sup>433</sup> Gleichzeitig reichen die Ursprünge dieses Ansatzes zurück bis in die 70er-Jahre des 20. Jahrhunderts. Ambidextrie beschreibt die Fähigkeit eines Unternehmens, eine Balance zwischen kurzfristiger und langfristiger Lebensfähigkeit herzustellen.<sup>434</sup> Diese Notwendigkeit ergibt sich aus den Anforderungen eines immer dynamischeren Umfeldes, welches von Unternehmen verlangt, sich zwischen einer kurzfristig oder langfristig orientierten Fokussierung seiner Ressourcen zu entscheiden. Der kurzfristige Fokus wird in der Literatur als Exploitation, der langfristige als Exploration beschrieben.<sup>435</sup> Auf Exploitation ausgerichtete Unternehmen stellen Effizienz und Produktivität in den Mittelpunkt, wenden konsequent bestehendes Wissen an und entwickeln dieses inkrementell weiter. Exploration hingegen bedeutet die Kreation neuen Wissens, die Entwicklung neuer Technologien, Produkte und Geschäftsmodelle und somit radikale Innovation.<sup>436</sup> Beide Stoßrichtungen bedürfen unterschiedlicher Strukturen, Strategien und Kulturen, um die volle Wirksamkeit zu entfalten, was neben dem Kampf um Ressourcen zu weiteren internen Spannungen führt.<sup>437</sup> Die ambidextrische Forschung

<sup>432</sup> Vgl. Rüegg-Stürm, J. (2014) The new St. Gallen management model.

<sup>433</sup> Vgl. Raisch, S. et al. (2008) Organizational Ambidexterity, S. 376.

<sup>434</sup> Vgl. O'Reilly, C. et al. (2013) Organizational Ambidexterity, S. 4.

<sup>435</sup> Vgl. Raisch, S. et al. (2008) Organizational Ambidexterity, S. 376.

<sup>436</sup> Vgl. Blarr, W. H. et al. (2012) Organizational ambidexterity, S. 58 f.

<sup>437</sup> Vgl. Raisch, S. et al. (2008) Organizational Ambidexterity, S. 376.

propagiert, dass eine einseitige Fokussierung die Gefahr von Misserfolg erhöht.<sup>438</sup> Ambidextrische Unternehmen hingegen begreifen die beiden Stoßrichtungen nicht als exklusiv, sondern komplementär und besitzen die Fähigkeit, entstehende Spannungen aufzulösen und parallel erfolgreich exploitativ und explorativ zu agieren.<sup>439</sup> Zur Erlangung ambidextrischer Fähigkeiten beschreibt O'REILLY fünf Voraussetzungen:<sup>440</sup>

- Strategischer Wille zur Ambidextrie.
- Eine gemeinsame Vision und gemeinsame Werte.
- Eine auf Ambidextrie ausgerichtete Inzentivierung des Managements.
- Spezifische, auf Exploitation oder Exploration ausgerichtete Architekturen und Strukturen, die jedoch aufeinander abgestimmt sind.
- Das Wissen und den Willen des Managements, sich den aufkommenden Herausforderungen zu stellen.

Trotz dieser Erkenntnisse ist sich die Wissenschaft bisher nicht einig, wie Ambidextrie zu operationalisieren ist, bspw. dahingehend, ob Exploration und Exploitation innerhalb einer Organisationseinheit umsetzbar sind oder ob zur vollen Entfaltung explorativer Fähigkeiten eine organisationale Trennung von exploitativen Einheiten notwendig ist.<sup>441</sup> Weiterhin existieren unterschiedliche Ergebnisse, ob und wie Ambidextrie einen positiven Einfluss auf den Unternehmenserfolg hat. Während einige Studien ambidextrischen Organisationen Wettbewerbsvorteile zuschreiben, identifizieren andere Studien kurzfristige Nach-, jedoch langfristige Vorteile oder können keine eindeutige Aussage treffen.<sup>442</sup> Aus diesem Grund beschäftigen sich auch heute zahlreiche Wissenschaftler mit dem Forschungsfeld der Ambidextrie und untersuchen Befähiger, Voraussetzungen und empirische Evidenz zu deren Wirksamkeit.<sup>443</sup>

Die Parallelen des ambidextrischen zum systemischen Management sind vielfältig. In beiden Philosophien stehen das Gestalten und Lenken ganzer Organisationen im Mittelpunkt und beide verfolgen die Lebensfähigkeit als oberstes Ziel. Interessante Anknüpfungspunkte bestehen zum Modell lebensfähiger Systeme von STAFFORD BEER. Lebensfähigkeit wird in beiden Fällen in einem kurzfristigen sowie einem langfristigen Kontext interpretiert, zwischen denen es ein situationsabhängiges Optimum zu identifizieren gilt. Im Modell lebensfähiger Systeme ist die Sicherstellung der kurzfristigen Lebensfähigkeit Aufgabe von System 3. Dies tut es vor allem auf Basis bestehender Ressourcen und Fähigkeiten, es agiert im ambidextrischen Sprachgebrauch exploitativ. System 4 hingegen verantwortet die langfristige Überlebensfähigkeit. Es stellt sicher, dass neue Fähigkeiten aufgebaut werden, die es dem System ermöglichen, seine zukünftige Umwelt zu bewältigen. System 4 agiert somit explorativ. System 5 obliegt die Balance zwischen kurzfristiger und langfristiger Optimierung. Trotz dieser Ähnlichkeit konnte der

<sup>438</sup> Vgl. Raisch, S. et al. (2008) *Organizational Ambidexterity*, S. 379.

<sup>439</sup> Vgl. Blarr, W. H. et al. (2012) *Organizational ambidexterity*, S. 62; O'Reilly, C. et al. (2013) *Organizational Ambidexterity*, S. 4.

<sup>440</sup> Vgl. O'Reilly, C. et al. (2011) *How Managers Explore and Exploit*, S. 9.

<sup>441</sup> Vgl. Blarr, W. H. et al. (2012) *Organizational ambidexterity*, S. 65 ff.; O'Reilly, C. et al. (2013) *Organizational Ambidexterity*, S. 7 ff.; Raisch, S. et al. (2009) *Organizational Ambidexterity*, S. 687.

<sup>442</sup> Vgl. Raisch, S. et al. (2008) *Organizational Ambidexterity*, S. 392 f.

<sup>443</sup> Vgl. u. a. Diaz-Fernandez, M. et al. (2017) *Human capital and human resource management*; Du, J. et al. (2018) *Applying Organizational Ambidexterity*; Koryak, O. et al. (2018) *Disentangling the antecedents of ambidexterity*; Pertusa-Ortega, E. M. et al. (2018) *A joint analysis*.

Autor keine wissenschaftliche Arbeit identifizieren, die diesen Sachverhalt tiefer untersucht und versucht, ambidextrische Organisationen mittels des Modells lebensfähiger Systeme zu gestalten.

### 3.1.6.2 Agiles Management

Agiles Management, ob in Projekten oder auf strategischer Ebene, ist die zentrale Strömung der aktuellen Management-Diskussion. Ähnlich wie für die Ambidextrie sind die Grundlagen dessen, was heute als agiles Management verstanden wird, jedoch 20 Jahre alt. Das agile Management versteht eine Organisation als komplexes System, welches in einer komplexen Umwelt agiert und sich dementsprechend adaptiv verhalten muss.<sup>444</sup> Die Komplexität der Umwelt muss dabei als Herausforderung angesehen werden, die es der Organisation erlaubt, sich kontinuierlich weiterzuentwickeln und zu verbessern.<sup>445</sup> Agile Organisationen basieren auf Feedback und emergentem Strategie-Design.<sup>446</sup> Zwar existieren stabile, übergeordnete Ziele, die die Organisation erreichen möchte, der Weg dorthin hängt jedoch von der Entwicklung der Umwelt sowie der damit verbundenen eigenen Entwicklung ab.<sup>447</sup> In der Sprache des systemischen Managements agieren agile Organisationen eher durch Regeln als durch Steuern. Es wird eine minimale Planung vorgenommen, die einfach und flexibel auf neue Rahmenbedingungen angepasst werden kann.<sup>448</sup> Damit dies gelingt, bedarf es einer übergeordneten Vision, die den Organisationsmitgliedern den Sinn ihrer Aktivitäten erklärt sowie eine Kultur, die offen für Veränderungen und geänderte Herangehensweisen ist.<sup>449</sup> Agile Unternehmen arbeiten dezentral. Basierend auf der Annahme, dass Komplexität am besten dort bewältigt werden sollte, wo sie entsteht, wird einzelnen Einheiten der Organisation die notwendige Verantwortung übertragen. Diese Richtlinie gilt auch für die Individuen innerhalb des Teams. Vorgesetzte sind in einem agilen System keine Mikro-Manager, sondern dienen den Mitarbeitern als Mentor und helfen ihnen, sich kontinuierlich zu verbessern.<sup>450</sup> Trotz dieser Autonomie bedarf es übergeordneter Strukturen, die die Aktivitäten der einzelnen Einheiten koordinieren und auf ein gemeinsames Ziel ausrichten. Diese Form der Stabilität ist notwendig, um die Organisation nicht zu überfordern. Vor allem in der Transformation hin zu einer agilen Organisation bedarf es stabilisierender Elemente, um den Prozess zum Erfolg zu führen.<sup>451</sup> Zusammenfassend können agile Organisationen derart beschrieben werden, dass sie in einer volatilen Umwelt gemeinsam auf ein Ziel hinarbeiten, dessen Zweck alle Einheiten der Organisation verinnerlicht haben. Sie arbeiten als Netzwerk befähigter Teams, die auf Augenhöhe kollaborieren, um das gemeinsame Ziel zu erreichen. Die Volatilität der Umwelt erfordert das Experimentieren mit neuen Lösungen und ein iteratives Lernen aus den Ergebnissen, woraufhin Strategien und Vorgehensweisen angepasst werden.

Auch der Vergleich des agilen mit dem systemischen Management offenbart zahlreiche Ähnlichkeiten. Zunächst versteht sich eine agile Organisation als komplexes System, welches in einem komplexen System, seiner Umwelt als Supersystem, agiert. Wie auch im ambidextrischen Management ist es die

---

<sup>444</sup> Vgl. Moran, A. (2016) Managing agile, S. 26 ff.

<sup>445</sup> Vgl. Moran, A. (2016) Managing agile, S. 54.

<sup>446</sup> Vgl. Appelo, J. (2011) Management 3.0, S. 23.

<sup>447</sup> Vgl. Appelo, J. (2011) Management 3.0, S. 24.

<sup>448</sup> Vgl. Appelo, J. (2011) Management 3.0, S. 24.

<sup>449</sup> Vgl. Appelo, J. (2011) Management 3.0, S. 92 f.

<sup>450</sup> Vgl. Moreira, M. E. (2017) The agile enterprise, S. 1; Moran, A. (2016) Managing agile, S. 196.

<sup>451</sup> Vgl. McCann, J. E. et al. (2012) Mastering turbulence, S. 37, 195.

gemeinsame Vision und Kultur, die die einzelnen Einheiten in ihrer Arbeit leitet. Der Ansatz der dezentral arbeitenden Teams, welche über alle Befugnisse verfügen, die sich ihnen bietende Komplexität zu adressieren, entspricht dem Autonomiegedanken des systemischen Managements bzw. im besonderen des Modells lebensfähiger Systeme. Management ist somit in beiden Ansätzen nicht Aufgabe einer einzelnen Funktionseinheit oder Person, sondern Aufgabe vieler. Lernen und Feedback, aufgrund der Komplexität der Umwelt ein essenzieller Bestandteil des agilen Managements, entsprechen den Rückkopplungen der Kybernetik, durch die ein System sein Handeln kontinuierlich an seine Umwelt anpasst. Die Nähe der Disziplinen wird auch in der wissenschaftlichen Literatur benannt, so bspw. durch APPELO, der eine explizite Fortbildung agiler Experten in Systemtheorie, Kybernetik und Komplexitätstheorie vorschlägt.<sup>452</sup>

### 3.1.6.3 Management mittels agentenbasierter Modelle

Agentenbasierte Modelle bilden eine neue Strömung in der Management-Forschung, die versucht, die eher qualitativ orientierten Ansätze um simulationsorientierte Modelle zu erweitern. Dabei werden komplexe Systeme in einer komplexen Umwelt modelliert, um deren Verhalten vorherzusagen und daraus Entscheidungen für das Management abzuleiten.<sup>453</sup> Einige Vertreter dieser Strömung sprechen von der agentenbasierten Modellierung als einem neuen Forschungsparadigma, welches eine Brücke zwischen Vision und Umsetzung baut und letztlich sogar neben der Induktion und Deduktion einen dritten prinzipiellen Weg der Erkenntnis in der Management-Forschung ermöglicht: die Abduktion, in der auf Basis von Hypothesen mittels deduktiver Methoden Simulationsmodelle aufgebaut, getestet und die gewonnenen Daten mittels induktiver Verfahren analysiert und zur Erkenntnisgewinnung genutzt werden können.<sup>454</sup> Agentenbasierte Modelle sind Systeme bestehend aus einzelnen Agenten, die gemeinsam in einer Umwelt agieren und dabei unterschiedliche Aufgaben oder Probleme kollaborativ in iterativen Zyklen lösen.<sup>455</sup> Jeder Agent verfügt über ein Zielsystem, welches er durch seine Handlungen zu maximieren sucht. Die Zielsysteme der Agenten können divergieren und so ggf. unterschiedliche Systemzustände priorisieren.<sup>456</sup> Die Agenten handeln autonom, aktiv oder reaktiv, und passen ihr Verhalten adaptiv an den aktuellen Systemzustand an.<sup>457</sup> Dies tun sie auf Basis derjenigen Informationen, die sie aus der Umwelt oder durch das Handeln anderer Agenten erhalten, verfügen jedoch nur über einen Ausschnitt der gesamten Information im System.<sup>458</sup> Die Agenten lernen entweder durch das Feedback auf ihre eigenen Aktionen sowie das Handeln und letztlich die Folgen dessen der anderen Agenten.<sup>459</sup> Ferner können im System nicht nur Individuen, sondern auch deren Beziehungen untereinander (bspw. Freundschaft) sowie Strukturen durch das Zusammenfassen einer bestimmten Anzahl von Agenten zu Gruppen

---

<sup>452</sup> Vgl. Appelo, J. (2011) Management 3.0, S. 35 f.

<sup>453</sup> Vgl. Nelson, A. G.-C. et al. (2017) Agent-based simulation in management, S. 313.

<sup>454</sup> Vgl. Boero, R. (2015) Agent-based models of the economy, S. 15; Serova, E. (2013) The Role of Agent Based Modeling, S. 71.

<sup>455</sup> Vgl. Akbas, A. S. (2015) Agent-Based and System Dynamics Modeling, S. 10; Nelson, A. G.-C. et al. (2017) Agent-based simulation in management, S. 314; Wall, F. (2016) Agent-based modeling in managerial science, S. 137.

<sup>456</sup> Vgl. Wall, F. (2016) Agent-based modeling in managerial science, S. 138.

<sup>457</sup> Vgl. Serova, E. (2013) The Role of Agent Based Modeling, S. 75.

<sup>458</sup> Vgl. Wall, F. (2016) Agent-based modeling in managerial science, S. 139.

<sup>459</sup> Vgl. Gilbert, G. N. (2010) Agent-based models, S. 16.



abgebildet werden, denen wiederum eigene Zielsysteme zugeordnet werden.<sup>460</sup> Hierarchien können dadurch abgebildet werden, dass weisungsbefugte Agenten (bspw. Manager) den Handlungsspielraum der ihnen untergeordneten Agenten beschränken.<sup>461</sup> Durch diese komplexe Interaktion der Agenten ergibt sich emergent das Verhalten des gesamten Systems.<sup>462</sup> In der Management-Forschung wird die agentenbasierte Modellierung vor allem zum Aufstellen und Testen neuer Theorien genutzt.<sup>463</sup> Anwendungsfelder bilden bspw. das strategische Management, Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von Teams sowie die Organisationsforschung.<sup>464</sup> Die Grenzen der agentenbasierten Modellierung zur Untersuchung komplexer Systeme ergeben sich aus der Abbildbarkeit des individuellen Verhaltens der Agenten, da nicht immer genügend Wissen vorliegt, um deren Verhaltenspräferenzen ganzheitlich abzubilden.<sup>465</sup>

Noch deutlicher als in den vorherigen Kapiteln sind die Einflüsse des systemischen Managements auf die agentenbasierte Modellierung erkennbar. Diese bedient sich explizit der Grundzüge der Systemtheorie.<sup>466</sup> Ferner basiert das Lernen der Agenten zu großen Teilen auf Feedback zu ihren Handlungen, die durch Erfahrung rückgekoppelt werden und so in das zukünftige Verhalten einfließen. Dieser Feedback-Mechanismus ist notwendig, da der Agent, wie der Manager im systemischen Management, nie vollständige Informationen besitzt und daher nur begrenzt planen kann. Jeder Agent agiert autonom, solange dadurch nicht die Zielerreichung des Gesamtsystems gefährdet ist und er durch einen vorgesetzten Agenten beschränkt wird. Dieser Ansatz entspricht dem Grundsatz der relativen Autonomie des Modells lebensfähiger Systeme.

### 3.1.6.4 Holokratie

Holokratie ist ein Management-Ansatz, der Anfang der 2000er-Jahre im Kontext der digitalen Ökonomie im Silicon Valley entstanden ist.<sup>467</sup> Der Begründer, BRIAN J. ROBERTSON, beschreibt seine Motivation zur Entwicklung des Ansatzes darin, einen Weg zu finden, der es ermöglicht, besser gemeinsam zu leben und zu arbeiten.<sup>468</sup> Auf praktischer Ebene ergab sich der Bedarf nach einem neuen Ansatz aufgrund der hohen Adaptionsfähigkeit, die junge, schnell wachsende Unternehmen der digitalen Ökonomie benötigen. Heute bezeichnet der Begründer Holokratie nicht als Theorie oder Konzept, sondern als Praktik, die es Unternehmen ermöglicht, effektiver und effizienter zu wirken.<sup>469</sup> Andere Autoren nutzen die Metapher eines Betriebssystems der Organisation, welches die grundlegenden Abläufe und Entscheidungen regelt.<sup>470</sup>

---

<sup>460</sup> Vgl. Boero, R. (2015) Agent-based models of the economy, S. 15; Wall, F. (2016) Agent-based modeling in managerial science, S. 140.

<sup>461</sup> Vgl. Stacey, R. D. (2011) Strategic management and organisational dynamics, S. 491.

<sup>462</sup> Vgl. Wall, F. (2016) Agent-based modeling in managerial science, S. 136.

<sup>463</sup> Vgl. Nelson, A. G.-C. et al. (2017) Agent-based simulation in management, S. 321.

<sup>464</sup> Vgl. Akbas, A. S. (2015) Agent-Based and System Dynamics Modeling, S. 11.

<sup>465</sup> Vgl. Akbas, A. S. (2015) Agent-Based and System Dynamics Modeling, S. 5.

<sup>466</sup> Vgl. Akbas, A. S. (2015) Agent-Based and System Dynamics Modeling, S. 11.

<sup>467</sup> Vgl. Mitterer, G. (2015) Holacracy, S. 427.

<sup>468</sup> Vgl. Robertson (2007) Introducing Holacracy, S. 3.

<sup>469</sup> Vgl. Robertson (2007) Introducing Holacracy, S. 6.

<sup>470</sup> Vgl. Mitterer, G. (2015) Holacracy, S. 427.

Als zentrales Hemmnis einer erhöhten Leistungsfähigkeit traditioneller Management-Ansätze sieht ROBERTSON die strukturbedingte, mangelnde Möglichkeit der unteren Organisationsebenen, sich in Entscheidungsprozessen einzubringen.<sup>471</sup> Dies würde ein (zu) langes Verharren der Organisation im Hier und Jetzt nach sich ziehen und notwendige Entwicklungen hemmen, gemäß dem französischen Sprichwort: Revolutionen werden nur selten von den Königen gestartet. Aus diesem Grund wird in der Holokratie ein alternatives Entscheidungsgremium eingeführt: der Kreis. Ein Kreis verfolgt einen definierten Zweck im Kontext der Organisation, ist verantwortlich für einen definierten Arbeitsbereich und definiert Rollen, die zur Erfüllung des Zwecks notwendig sind und von Mitarbeitern der Organisation ausgefüllt werden.<sup>472</sup> Die Kreise agieren dabei nicht unabhängig voneinander, sondern sind hierarchisch organisiert. Ein Kreis kann über Subkreise verfügen oder aber in einen übergeordneten Superkreis integriert sein. Die Mitarbeiter sind nicht auf eine Rolle oder die Mitwirkung in nur einem Kreis beschränkt, sondern können unterschiedliche Rollen in unterschiedlichen Kreisen auf unterschiedlichen Hierarchieebenen ausüben.<sup>473</sup> Durch diesen Ansatz wird die Hierarchie der Personen, die in klassischen Organisationen vorherrscht, in eine Hierarchie der Kreise überführt, die es ermöglicht, die Machtkonzentration auf einige wenige Personen zu vermeiden und so über die Partizipation aller Mitarbeiter bessere Ergebnisse zu erzielen.<sup>474</sup>

Ein Kreis verfügt über jedwede Entscheidungskompetenzen in dem ihm zugewiesenen Arbeitsbereich und organisiert sich selbst. Dies wird vor allem durch zwei zentrale Instrumente erreicht.<sup>475</sup> In regelmäßigen operationalen Treffen synchronisieren die Rollen ihre Zusammenarbeit. Es werden Zwischenstände ausgetauscht und nächste Schritte diskutiert. Neben dem operativen Geschäft obliegt dem Kreis auch seine eigene Weiterentwicklung. Dies passiert in Form regelmäßiger Governance-Treffen. In diesen Treffen werden neue Rollen definiert, die der Kreis für notwendig erachtet, Verantwortlichkeiten von Rollen (neu) verteilt und Besetzungen von Rollen diskutiert. Diese strategischen Entscheidungen folgen einem strengen Prozess, der alle Mitglieder integriert und am Ende eine Entscheidung herbeiführt. Die Maxime, nach der diese Entscheidungen getroffen werden, heißt „gut genug“<sup>476</sup>. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass jede Entscheidung zu einem späteren Zeitpunkt neu diskutiert werden kann, falls notwendig, und eine schnelle, ggf. nicht perfekte Entscheidung besser ist als keine Entscheidung.<sup>477</sup> Dies verleiht der Organisation einen Vorteil in Sachen Geschwindigkeit und Agilität.<sup>478</sup>

Die Entscheidungen der Kreise können jedoch nicht vollkommen autark gefällt werden, sondern müssen im Kontext der anderen Kreise bewertet werden. Die Autonomie eines Kreises endet dort, wo die Möglichkeiten eines anderen Kreises eingeschränkt würden, sowohl auf gleicher als auch auf übergeordneter Ebene.<sup>479</sup> Um Entscheidungen zu synchronisieren, sind über- und untergeordnete Kreise

---

<sup>471</sup> Vgl. Robertson (2007) *Introducing Holacracy*, S. 4.

<sup>472</sup> Vgl. Bernstein, E. et al. (2016) *Beyond the Holacracy Hype*, S. 41.

<sup>473</sup> Vgl. Grote, S. et al. (2017) *Führungsinstrumente*, S. 84.

<sup>474</sup> Vgl. Petry, T. et al. (2018) *Holacracy als agiler Organisationsansatz*, S. 419.

<sup>475</sup> Vgl. Robertson, B. J. (2016) *Holacracy*, S. 65 ff.

<sup>476</sup> Vgl. Mitterer, G. (2015) *Holacracy*, S. 431.

<sup>477</sup> Vgl. Robertson (2007) *Introducing Holacracy*, S. 15.

<sup>478</sup> Vgl. Mitterer, G. (2015) *Holacracy*, S. 427.

<sup>479</sup> Vgl. Robertson (2007) *Introducing Holacracy*, S. 15.

durch einen Doppelverbinder verbunden. Dem Lead Link obliegt die Leitung eines Kreises.<sup>480</sup> Im klassischen Sinne erfüllt dieser am ehesten die Rolle eines Vorgesetzten. Allerdings verfügt er über keine Weisungsbefugnis gegenüber anderen Kreismitgliedern. Vielmehr wird er vom übergeordneten Kreis eingesetzt, um die Umsetzung dessen Anforderungen an den untergeordneten Kreis zu definieren. Andersherum bestimmt der untergeordnete einen Vertreter im übergeordneten Kreis, den Rep Link, der dafür sorgen soll, dass der übergeordnete Kreis Rahmenbedingungen schafft, die dem untergeordneten Kreis optimale Handlungsfähigkeit ermöglichen.<sup>481</sup>

Das Ziel der Holokratie liegt, wie beschrieben, in einer erhöhten Geschwindigkeit und Agilität sowie einer erhöhten Leistungsfähigkeit aufgrund der gesteigerten Integration aller Mitarbeiter. Obwohl der Ansatz zahlreich erfolgreich implementiert wurde, ist er nicht frei von Kritik. Die Zuweisung mehrerer Rollen auf einen Mitarbeiter birgt die Gefahr einer Fragmentierung und mangelnder Fokussierung bis hin zur Überlastung. Ferner muss die Personalakquise angepasst werden, da klassische Jobprofile nicht mehr zur Bewertung der Eignung eines potenziellen Mitarbeiters herangezogen werden können.<sup>482</sup> Wird der Ansatz in eine bestehende Organisation eingeführt, ergeben sich Herausforderungen im Sinne eines Change-Managements, da ehemalige Vorgesetzte lernen müssen, Entscheidungen abzugeben, die Mitarbeiter hingegen die Fähigkeit entwickeln müssen, aktiv mitzugestalten. Zuletzt muss sich jede Organisation fragen, inwieweit Holokratie der richtige Ansatz für sie ist. Besteht eine hohe Dynamik im Umfeld und können Entscheidungen im Zweifel aufwandsarm angepasst werden, verspricht Holokratie viele Vorteile. Sind Entscheidungen jedoch von hoher Tragweite und langfristig irreversibel, stößt der holokratische Ansatz an seine Grenzen.<sup>483</sup>

Vergleicht man die Elemente der Holokratie mit den zuvor beschriebenen Ideen des systemischen Managements, ergeben sich zahlreiche Parallelen. Die Forderung nach der Beteiligung vieler Personen an der Management-Aufgabe wird in der Holokratie auf die Spitze getrieben, da die Macht des Individuums durch die Kreise stark eingegrenzt wird. Ferner wird durch die Übertragung der Entscheidungshoheit an den Kreis sichergestellt, dass Entscheidungen dort getroffen werden, wo die höchste Informationsdichte herrscht. Ferner ist das Handeln einer holokratischen Organisation stark durch das Feedback geprägt, das sie aus ihrer Umwelt erhält und Entscheidungen dementsprechend anpasst oder revidiert gemäß dem Kriterium, dass eine Entscheidung für den Moment gut genug sein muss, um die Handlungsfähigkeit des Kreises zu erhalten. Die Struktur einer holokratischen Organisation ähnelt im prinzipiellen Aufbau der Struktur lebensfähiger Systeme. Ähnlich dem Rekursionsprinzip erstreckt sich die Kreisstruktur durch die gesamte Organisation von der untersten bis zur obersten Ebene. Auch das Prinzip der relativen Autonomie findet sich wieder. Die Kreise agieren so lange autonom, wie sie nicht einen anderen Kreis behindern. Ist dies der Fall, wird dies unter Einbezug des übergeordneten Kreises geklärt, ähnlich dem System 3 des VSM, welches letztlich für die Synergie der untergeordneten Systeme 1 zuständig ist.

---

<sup>480</sup> Vgl. Robertson, B. J. (2016) *Holacracy*, S. 49 ff.

<sup>481</sup> Vgl. Robertson, B. J. (2016) *Holacracy*, S. 49 ff.

<sup>482</sup> Vgl. Bernstein, E. et al. (2016) *Beyond the Holacracy Hype*, S. 44 f.

<sup>483</sup> Vgl. Bernstein, E. et al. (2016) *Beyond the Holacracy Hype*, S. 47 f.

### 3.1.6.5 Moderne Anwendungen des systemischen Managements

Nachdem der Einfluss des systemischen Managements und der ihm verwandten bzw. zugrundeliegenden Ansätze auf neuere Strömungen in der Management-Wissenschaft untersucht wurde, erfolgt an dieser Stelle ein Blick auf die Entwicklungen und Anwendungen der Ansätze selbst. Die wohl bekannteste Konkretisierung des systemischen Managements ist das neue St. Galler Management-Modell, dessen aktuellste Version RÜEGG-STÜRM im Jahre 2014 veröffentlichte.<sup>484</sup> Es handelt sich dabei um eine organische Weiterentwicklung des St. Galler-Management-Modells aus den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts.

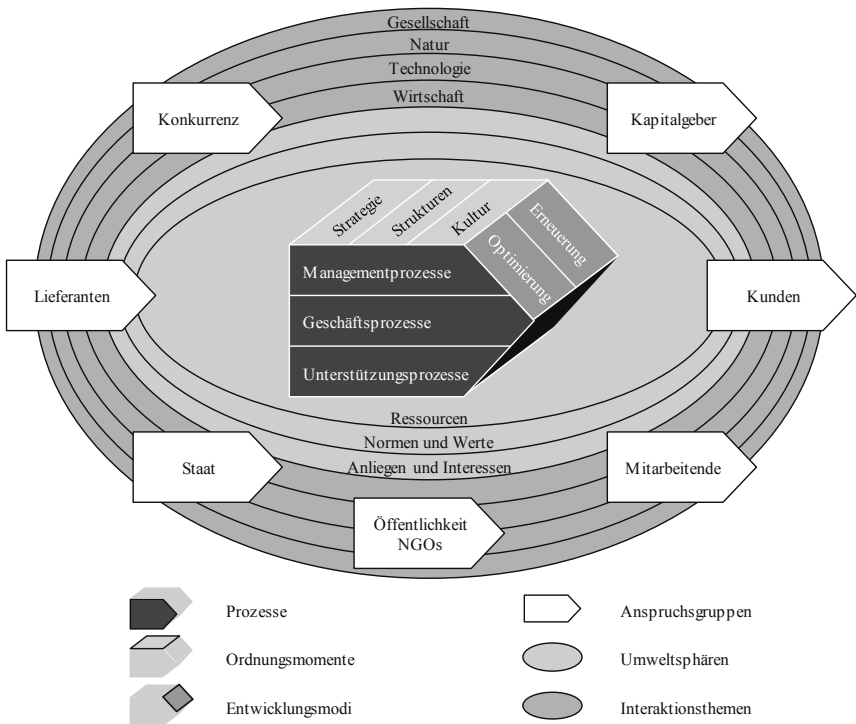


Abbildung 3-6: Das neue St. Galler Management-Modell<sup>485</sup>

Werte und Normen besitzen in einer Zeit des ständigen Wandels eine höhere Bedeutung als je zuvor. Die Berücksichtigung der Stakeholder der eigenen Organisation gewinnt zunehmend an Wichtigkeit, da unsere Gesellschaft vernetzter und Handlungen aufgrund des Internets und der sozialen Medien transparenter und schneller wahrnehmbar sind. Außerdem ist eine Prozessorientierung ergänzt worden, um den internen und externen Verflechtungen sowie dem immer kritischeren Erfolgsfaktor Zeit Rechnung zu tragen. Gleichzeitig legen die St. Galler Forscher Wert darauf, dass die grundlegenden Gedanken des

<sup>484</sup> Vgl. Rüegg-Stürm, J. (2014) The new St. Gallen management model.

<sup>485</sup> I. A. a. Rüegg-Stürm, J. (2014) The new St. Gallen management model, S. 12.

ursprünglichen Modells nach wie vor gelten, verschiedene Entwicklungen aber eine Erweiterung erforderlich gemacht haben.<sup>486</sup> MALIK, eine der bedeutendsten Personen aus dem St. Galler Kreis, greift die Grundzüge des systemischen Managements in seinem Buch „Führen, Leisten, Leben“<sup>487</sup> auf und übersetzt sie praxistauglich in einfache Regeln für effektives Management. Hierzu zählen das Denken in Systemen, Selbstorganisation und Selbstregulierung.<sup>488</sup> Er beschreibt Management nicht als Aufgabe der Geschäftsführung, sondern als Aufgabe vieler und stellt das Management von Organisationen und nicht bloß der Mitarbeiter in den Mittelpunkt. Diese ganzheitliche Sichtweise findet sich bereits in den Anfängen des systemischen Managements. Auch einzelne Schüler MALIKS haben das Modell aufgegriffen und in ihren Arbeiten weiterentwickelt. So entwirft bspw. KLAUSER eine Management-Prozess-Architektur (MPA), welche er im Untertitel des zugehörigen Buches als „Quantensprung in der Unternehmens- und Mitarbeiterführung“ bezeichnet.<sup>489</sup> Für ihn bedeutet Management indirekte Führung durch die Gestaltung der notwendigen Rahmenbedingungen.<sup>490</sup> Dies erfolgt durch Management-Prozesse, für die es einer MPA bedarf, um das reibungslose Ineinandergreifen der einzelnen Prozesse sicherzustellen. Um die MPA organisatorisch zu verankern, nutzt er das Modell lebensfähiger Systeme und integriert auf diese Weise in unterschiedlichen Ebenen eines Unternehmens normative, strategische und operative Management-Prozesse.<sup>491</sup>

Ein Schwerpunkt in der anwendungsorientierten und kontextbezogenen Management-Literatur liegt auf dem Modell lebensfähiger Systeme (VSM), der sich in zahlreichen Veröffentlichungen niederschlägt. HUTCHINSON UND WARREN bspw. verwenden die Struktur des VSM, um eine effektive Informationskriegsführung im digitalen Zeitalter bzw. eine Verteidigung gegen diese zu entwickeln.<sup>492</sup> Sie beschreiben mögliche Angriffe auf die unterschiedlichen Systeme des VSM. Durch diese gezielten Angriffe kann effektiv Schaden auf operativer, taktischer oder strategischer Ebene zugefügt werden. Das VSM kann jedoch auch in völlig anderen Zusammenhängen genutzt werden. So wendet ERBSEN das VSM an, um effektive Strukturen für „krankheitsorientierte Zentren“<sup>493</sup> in Universitäts-Krankenhäusern zu entwickeln. Sie beschreibt ein VSM mit mehreren Rekursionsebenen von der Krankenhausleitung über einzelne Zentren bis hin zu den individuellen Handlungsträgern. Dabei weist sie jedem System individuelle Rechte und Pflichten zu, die in Summe die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems sicherstellen. Besonderen Fokus legt sie dabei auf das Zentrum selbst, dessen Systeme 1 „alle medizinischen Fachdisziplinen und nicht-ärztlichen Funktionen“ vereinen, eine bestimmte Erkrankung zu behandeln.<sup>494</sup> Die Systeme 1 werden relativ autonom durch die Chefarzte geführt, stimmen ihre Ziele und Ressourcen jedoch mit der Zentrumsleitung als System 3 ab. Die nicht-hierarchische Koordination der Systeme 1 basiert auf Standards für diagnostische und therapeutische Prozesse, Forschung und Lehre sowie einem elektronischen Datenbank-System. Die langfristige Entwicklung eines Zentrums erfolgt

---

<sup>486</sup> Vgl. Rüegg-Stürm, J. (2014) The new St. Gallen management model, S. 73 f.

<sup>487</sup> Vgl. Malik, F. (2014) Führen, Leisten, Leben.

<sup>488</sup> Vgl. Malik, F. (2014) Führen, Leisten, Leben, S. 27.

<sup>489</sup> Vgl. Klauser, M. (2010) Lenke, was dein Unternehmen lenkt.

<sup>490</sup> Vgl. Klauser, M. (2010) Lenke, was dein Unternehmen lenkt, S. 15.

<sup>491</sup> Vgl. Klauser, M. (2010) Lenke, was dein Unternehmen lenkt S. 52 f.

<sup>492</sup> Vgl. Hutchinson, W. K. et al. (2017) Information Warfare, S. 162 ff.

<sup>493</sup> Vgl. Erbsen, A. (2012) Krankheit im Zentrum, S. IX.

<sup>494</sup> Vgl. Erbsen, A. (2012) Krankheit im Zentrum, S. 416.

durch die Beobachtung neuer Technologien bzw. der Konkurrenz. System 5, die oberste Leitung des Zentrums, legt den Zweck des Zentrums fest und definiert die „Rahmenbedingungen der Zweckerreichung“<sup>495</sup>. SCHWANINGER, emeritierter Professor der Universität St. Gallen, lobt das Buch als einen „grundlegenden Beitrag zur Verbesserung des Gesundheitssystems“<sup>496</sup> und führt dies, neben der Fachkenntnis der Autorin, auf die Fundiertheit des VSM als grundlegendes Modell der Lösung zurück.

Auch im Kontext produzierender Unternehmen findet das VSM Anwendung in der jüngeren Literatur. SCHUH ET AL. entwickeln bspw. einen Ansatz für ein hochauflösendes Supply-Chain-Management auf Basis des VSM. System 5 beschreibt dabei die normative Leitungsebene des Unternehmens. System 4 verantwortet die externe Strategie zur Erfüllung des Marktbedarfs sowie der internen Kapazitäten, die dazu notwendig sind. System 3 überprüft die Machbarkeit dieser strategischen Stoßrichtungen. System 2 koordiniert die Prozesse der Systeme 1, die sich um die Planung, Durchführung und Kontrolle einzelner Handlungen kümmern.<sup>497</sup> Diese Prozesse umfassen die Bedarfsplanung, die Bestandsplanung sowie die Nachversorgungsstrategie.<sup>498</sup> Da das VSM lediglich ein Strukturmodell bildet, implementieren die Autoren für die Systeme 1 einen zusätzlichen Kontrollzyklus, der eine hochauflösende Nachverfolgbarkeit der einzelnen Prozesse sowie regelnde Eingriffe ermöglicht.<sup>499</sup> Im Vergleich zu konventionellen Modellen des Supply-Chain-Managements konnte durch diesen Ansatz das Service Level um bis zu 46% bei nur 12% höheren Beständen gesteigert werden.<sup>500</sup> BRECHER ET AL. nutzen das VSM, um die Architektur für ein lebensfähiges Manufacturing Execution System (VMES) zu entwerfen.<sup>501</sup> Das VMES erweitert das konventionelle MES durch zwei weitere Rekursionsebenen, die Shopfloor- und Zellebene. Die Funktionsweise des VMES wird anhand eines Beispiels erläutert.<sup>502</sup> System 5 auf der Shopfloorebene definiert die Kriterien zur Optimierung des Shopfloors. Anhand dieser Kriterien nimmt System 4 die Planung zur Optimierung der Durchlaufzeiten vor. System 3 nutzt diesen Input, um die Konfiguration der einzelnen Zellen durchzuführen. System 2 stellt die erfolgreiche Koordination zwischen den Zellen, die die Systeme 1 darstellen, sicher. System 5 der Zelle, die ein VSM auf der Zellebene darstellt, definiert Zielvorgaben sowie die Richtlinien einer Mensch-Roboter-Kollaboration. Basierend auf diesen Vorgaben ordnet System 4 die Aufträge einzelnen Montage-Bereichen zu. System 3 übernimmt das operative Management auf Basis der Statusinformationen einzelner Aufträge, die es u. a. von System 2 erhält. Die Systeme 1 schließlich stellen die soziotechnischen Komponenten des Montagesystems dar. Im Ergebnis schaffen es die Autoren, ein multidimensionales Zielsystem auf Basis von dezentraler Selbstorganisation mit verringertem Planungs- und Koordinationsaufwand zu erfüllen.<sup>503</sup>

---

<sup>495</sup> Vgl. Erbsen, A. (2012) Krankheit im Zentrum, S. 439.

<sup>496</sup> Vgl. Erbsen, A. (2012) Krankheit im Zentrum, S. I.

<sup>497</sup> Vgl. Schuh, G. e. a. (2011) High resolution supply chain management, S. 435.

<sup>498</sup> Vgl. Schuh, G. e. a. (2011) High resolution supply chain management, S. 437.

<sup>499</sup> Vgl. Schuh, G. e. a. (2011) High resolution supply chain management, S. 436 f.

<sup>500</sup> Vgl. Schuh, G. e. a. (2011) High resolution supply chain management, S. 438.

<sup>501</sup> Vgl. Brecher, C. et al. (2013) Viable System Model for Manufacturing Execution Systems, S. 461, 466.

<sup>502</sup> Vgl. Brecher, C. et al. (2013) Viable System Model for Manufacturing Execution Systems, S. 463 ff.

<sup>503</sup> Vgl. Brecher, C. et al. (2013) Viable System Model for Manufacturing Execution Systems, S. 466.

### 3.1.7 Zusammenfassende Erkenntnisse aus der Analyse des systemischen Managements

Vor dem Hintergrund des Ziels dieser Arbeit, der Entwicklung eines komplexitätsorientierten Management-Modells für die Fabrikplanung, wurden in diesem Kapitel die notwendigen Grundlagen analysiert und erläutert. Zunächst wurden der System-Begriff eingeführt und die Fabrikplanung als komplexes sozio-technisches System charakterisiert. In der Folge wurde die geschichtliche Entwicklung des Managements auf Schnittstellen mit der Thematik dieser Arbeit untersucht. Fokussiert wurde dabei das systemische Management. Innerhalb dessen lassen sich Funktionen (Gestalten, Lenken, Entwickeln) und Aufgaben (normativer, strategischer und operativer Natur) des Managements identifizieren, die für diese Arbeit eine besondere Relevanz aufweisen. Die Grundlage des systemischen Managements bildet die Kybernetik als Wissenschaft der Lenkung komplexer Systeme.<sup>504</sup> Im Zentrum der Untersuchung stand dabei das Modell lebensfähiger Systeme nach STAFFORD BEER, welches die Grundstrukturen und -prinzipien natürlicher, lebensfähiger Organismen auf sozio-technische Systeme überträgt. In der Folge konnten wesentliche Regeln des kybernetischen Managements komplexer Systeme abgeleitet werden. Zusammenfassend lassen sich aus der Theorie folgende Anforderungen extrahieren, die die Entwicklung des Management-Modells leiten sollen:

#### *Aus dem systemischen Management*

- Das Management-Modell muss die Funktionen des Gestaltens, Lenkens und Entwickelns vereinen.
- Normative, strategische und operative Aspekte müssen in das Management-Modell einfließen, um ganzheitlich alle Aufgaben des Managements abzudecken.

#### *Aus der Systemtheorie*

- Das Management-Modell muss über eine gewisse strukturelle Komplexität verfügen, im Sinne der funktionalen Komplexität jedoch eine situationsabhängige Erhöhung oder Reduzierung zulassen.

#### *Aus dem VSM*

- Das VSM definiert den grundlegenden strukturellen Aufbau des Management-Modells.
- Das Management-Modell muss die Prinzipien der Rekursion, relativen Autonomie sowie der Lebensfähigkeit in sich vereinen.
- Auf Basis des Rekursionsprinzips beschreibt das Management-Modell die Einbindung in den Gesamtunternehmenskontext.

#### *Aus der jüngeren kybernetischen Forschung*

- Rückkopplungsschleifen (negativ und positiv) sind elementarer Bestandteil des Management-Modells.
- Die Balance zwischen Gleichgewicht und Ungleichgewicht stellt die Lebens- sowie Entwicklungsfähigkeit des Systems sicher, am Rande des Chaos operiert das System optimal.
- Das Management-Modell muss den Teilsystemen Raum für selbstorganisiertes und selbstverantwortliches Handeln ermöglichen.

---

<sup>504</sup> Die Lenkung wurde im systemischen Management um die Funktionen Gestalten und Entwickeln erweitert.

- Zweck des Management-Modells ist es nicht nur, Leistung zu erbringen, sondern sich im Sinne der Autopoiese ständig neu zu erschaffen.
- Das Management-Modell muss eine offene Interaktion mit der Umwelt ermöglichen, um beiderseits vorteilhafte Zustände herbeizuführen.
- Lernen ist elementarer Bestandteil des Management-Modells, Struktur und Verhalten der Zukunft orientieren sich an den Erfahrungen des Systems.

### 3.2 Untersuchung der Elemente des systemischen Managements in der Fabrikplanung

Ziel dieses Kapitels ist die Reflexion des Durchdringungsgrades der zuvor definierten Anforderungen in bewährten Fabrikplanungsansätzen. Die Analyse wird geleitet davon, inwieweit die Anforderungen des systemischen Managements und somit der Systemtheorie, des VSM sowie der jüngeren Kybernetik Eingang in die verschiedenen Theorien der Fabrikplanung finden.

Eine nahezu ausschließlich technische Darstellung, ohne Bezug zum Management komplexer Systeme, nimmt die VDI Richtlinie 5200 vor.<sup>505</sup> Sie beschreibt, wie aus Unternehmens- Projektziele hergeleitet und dann Schritt für Schritt in einem systematischen, aufeinander folgenden Prozess vom Groben zum Feinen zunächst in einen Plan und später in ein physisches Objekt überführt werden. Den Prozess der inhaltlichen Erarbeitung der Planungsergebnisse begleitet ein Projektmanagement, welches die Einhaltung von Kosten-, Zeit- und Qualitätsvorgaben sicherstellt. Elemente des Managements komplexer Systeme bleiben unberücksichtigt, lediglich das Wissensmanagement zum Projektabschluss weist eine gewisse Nähe zur Managementfunktion entwickeln auf. Es wird aber lediglich die Notwendigkeit des Wissensmanagements betont, weder die Inhalte noch das Vorgehen werden weiter definiert.

AGGTELEKY fasst in drei Bänden seine Arbeiten zur Fabrikplanung zusammen.<sup>506</sup> In diesen entwirft er eine phasenorientierte Methodik, deren Einhaltung den Projekterfolg sicherstellt.<sup>507</sup> Er bewegt sich somit durchgängig auf der Ebene eines Projekts, dessen Idee aus dem Unternehmen geboren wird und dessen Umsetzung dem Fabrikplaner obliegt.<sup>508</sup> Sowohl die Fabrik als auch deren Planung interpretiert er dabei als Systeme, innerhalb derer zahlreiche Abhängigkeiten bestehen.<sup>509</sup> Den Menschen sieht er als wesentlichen Problemlöser an, gleichzeitig jedoch auch als Quelle von Turbulenzen aufgrund psychologischer Faktoren, wofür er eine Reihe von Instrumenten zur Verfügung stellt, die dieses Element beherrschbar machen sollen.<sup>510</sup> Auch auf den Faktor unsicherer Information geht AGGTELEKY ein und schlägt heuristische Vorgehensweisen sowie Regelkreise vor, um diesem Problem zu begegnen, geht in der Folge jedoch nicht tiefer darauf ein.<sup>511</sup> Trotz der Nennung zahlreicher komplexitätsbezogener Heraus- und Anforderungen in der Fabrikplanung wird diese letztlich als eher technische Disziplin betrach-

---

<sup>505</sup> Vgl. Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung.

<sup>506</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung; Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung a; Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung b.

<sup>507</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 1.

<sup>508</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung b, S. 2.

<sup>509</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung b, S. 225 ff.

<sup>510</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung, S. 74 ff.

<sup>511</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung b, S. 233 ff.



tet, deren Bearbeitung mithilfe der skizzierten Methodik inkl. des zugehörigen Projektmanagements erfolgreich zu realisieren ist.<sup>512</sup> Wesentliche Aspekte, die in den vorherigen Kapiteln erarbeitet wurden, bleiben dabei unberücksichtigt.

Ein ebenfalls phasenorientiertes Vorgehen präsentiert GRUNDIG.<sup>513</sup> Fabrikplanung beginnt für ihn mit der Zielplanung, in welcher die Projektziele systematisch aus den strategischen Unternehmenszielen abgeleitet werden.<sup>514</sup> Die folgende Projektarbeit charakterisiert er als komplex und untersucht verschiedene Hilfsmittel, die zur Komplexitätsbewältigung beitragen. Ein zentrales Ergebnis ist dabei die Dezentralisierung von Verantwortung für Planungsergebnisse sowie der Einbezug der betroffenen Mitarbeiter. Weiterhin beleuchtet er den Ansatz der fraktalen Fabrik<sup>515</sup>, überträgt die Erkenntnisse jedoch nur auf die Gestaltung der Planungsergebnisse. Weitere Elemente des Managements komplexer Systeme, wie bspw. Rückkopplungen im Planungsprozess, werden nicht adressiert.

Ansatz der synergetischen Fabrikplanung nach WIENDAHL ET AL. ist die integrierte Betrachtung aus Prozess- und Raumsicht mit dem Ziel der Hebung von Synergiepotenzialen im Planungsprozess.<sup>516</sup> Dazu wird ein Prozessmodell entwickelt, welches den Planungsprozess von Produktionssystem und Gebäude vereint, synchronisiert und in sechs aufeinander aufbauenden Phasen durchlaufen wird, die jeweils mit einem Meilenstein abgeschlossen werden.<sup>517</sup> Fabrik und Fabrikplanung können dabei als Systeme verstanden werden, in denen ständig Informationen ausgetauscht werden. Die Synchronisation stellt den parallelen Fortschritt der beteiligten Planer sicher. Rückkopplungsschleifen sind in dem Modell implizit erkennbar, eine explizite Darstellung erfolgt nicht. Komplexität durch den Faktor Mensch adressieren WIENDAHL ET AL. durch eine Prozessbegleitung, die „eher weiche Faktoren“<sup>518</sup> adressiert. Auch WIENDAHL ET AL. denken Fabrikplanung als Projekt, das mit der Hochlaufbetreuung endet.<sup>519</sup> Ein systematischer Lernprozess und autopoietische Prozesse bleiben unberücksichtigt.

Ein ebenfalls sechs-phasiges Planungsvorgehen präsentiert KETTNER. Diese Phasen überlagern sich und es sind vor dem Leitsatz „vom Idealen zum Realen“<sup>520</sup> explizite Rückkopplungsschleifen vorgesehen.<sup>521</sup> Hintergrund ist die vielfache Verknüpfung einzelner Teilaufgaben der Fabrikplanung, wodurch man auch bei ihm den Systemgedanken wiederfinden kann. Als Ausgangspunkt der Fabrikplanung identifiziert KETTNER eine Initiative der Unternehmensleitung, wodurch eine Einbettung in den Unternehmenskontext geschieht.<sup>522</sup> Dennoch interpretiert er Fabrikplanung als einmaliges Projekt, welches unter

<sup>512</sup> Vgl. Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung a, S. 95 f.

<sup>513</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung.

<sup>514</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 39 f.

<sup>515</sup> Vgl. Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung, S. 35 f.; vgl. hierzu die Ausführungen zur fraktalen Fabrik nach Warnecke später in diesem Kapitel.

<sup>516</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 449 ff.

<sup>517</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 454.

<sup>518</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 460.

<sup>519</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung, S. 529.

<sup>520</sup> Vgl. Kettner, H. et al. (1984) Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, S. 5.

<sup>521</sup> Vgl. Kettner, H. et al. (1984) Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, S. 5.

<sup>522</sup> Vgl. Kettner, H. et al. (1984) Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, S. 11.

Einbezug einzelner Rückkopplungsschleifen stringent durchgeführt werden kann und zahlreiche komplexitätsorientierte Elemente außer Acht lässt.

TOMPKINS präsentiert mit seinem Werk „Facilities Planning“<sup>523</sup> eine internationale Arbeit im betrachteten Themenfeld. Im Gegensatz zu vielen deutschen Autoren betont er explizit die strategische Dimension von Fabrikplanung.<sup>524</sup> Weiterhin versteht er Fabrikplanung eher als kontinuierlichen Prozess denn als Projekt.<sup>525</sup> Diese beiden Erkenntnisse führt er zusammen im „Winning Facilities Process“<sup>526</sup>. Aufgrund der Komplexität sowie strategischen Bedeutung ist für ihn die gezielte Einbindung des Menschen im Fabrikplanungsprozess von zentraler Bedeutung.<sup>527</sup> Auch die Idee der Koevolution findet sich bei TOMPKINS wieder, da er die Fabrik nicht isoliert, sondern als Teil einer übergeordneten Supply Chain betrachtet.<sup>528</sup> Trotz dieser positiven Ansätze fokussiert auch TOMPKINS in der Folge die technischen Aspekte der Fabrikplanung.

Der Ansatz der ganzheitlichen Fabrikplanung nach PAWELLEK ermöglicht eine individuelle Konfiguration der Planungsaktivitäten und adressiert so die Notwendigkeit einer situationsspezifischen Anpassung der Komplexität.<sup>529</sup> Der Fabrik und Fabrikplanung liegt ein Systemansatz zugrunde.<sup>530</sup> Er verortet Fabrikplanung im Spannungsfeld interner und externer Einflussfaktoren, was den Anforderungen an ein offenes System entspricht.<sup>531</sup> In einem Pyramidenmodell verortet er Ressourcen, Vorgehen, Fabrikelemente sowie Ziele, wodurch alle Domänen der Fabrikplanung abgedeckt werden.<sup>532</sup> Durch den Einbezug von Innovatoren und KVP-Teams werden autopoietische Aspekte berührt<sup>533</sup>. Den ersten Schritt seines mehrstufigen Vorgehens bildet die Strategieplanung, bei der auch Elemente des Produktionsnetzwerks als Supersystem berührt werden. Allerdings fokussiert PAWELLEK in der Folge die Projektebene innerhalb eines Werkes und schließt vorgelagerte Aspekte, die die detaillierte Einbindung der Fabriken im Unternehmenskontext umfassen, aus der Fabrikplanung aus.<sup>534</sup> An die Strategieplanung schließen sich drei weitere Planungsphasen an, die sequenziell durchlaufen und für die verschiedene EDV-basierte Systeme eingeführt werden.<sup>535</sup> Auch bei PAWELLEK wird somit die technische Sicht auf Projektebene in den Mittelpunkt gestellt. Viele der zuvor herausgearbeiteten Aspekte werden angesprochen, jedoch nicht weiterverfolgt.

SCHENK ET AL. stellen in ihrem Ansatz die Verknüpfung von Fabrikplanung und Fabrikbetrieb in den Mittelpunkt, besonderes Gewicht kommt dabei dem Faktor Wandlungsfähigkeit zu.<sup>536</sup> Die Autoren

---

<sup>523</sup> Vgl. Tompkins, J. et al. (2003) Facilities Planning

<sup>524</sup> Vgl. Tompkins, J. et al. (2003) Facilities Planning, S. 15.

<sup>525</sup> Vgl. Tompkins, J. et al. (2003) Facilities Planning, S. 6, 22.

<sup>526</sup> Vgl. Tompkins, J. et al. (2003) Facilities Planning, S. 14.

<sup>527</sup> Vgl. Tompkins, J. et al. (2003) Facilities Planning, S. 21, 23.

<sup>528</sup> Vgl. Tompkins, J. et al. (2003) Facilities Planning, S. 26 f.

<sup>529</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 61.

<sup>530</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 18 f.

<sup>531</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 18.

<sup>532</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 25.

<sup>533</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 17, 73.

<sup>534</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 112, 118 ff.

<sup>535</sup> Vgl. Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung, S. 149 ff.

<sup>536</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 29.

beschreiben verschiedene Typen von Fabriken, versäumen es jedoch, diese, und somit auch die Fabrikplanung, methodisch in den Unternehmenskontext zu integrieren.<sup>537</sup> Systemtheoretische Betrachtungen finden auf Fabrikebene statt, die Planung hingegen wird nicht systemtheoretisch analysiert bzw. beschrieben.<sup>538</sup> Sie wird vielmehr als stringentes Projekt betrachtet, das in fünf aufeinander folgenden Phasen bearbeitet werden kann.<sup>539</sup> Komplexität stellt für die Autoren eine externe Herausforderung dar und wird nicht weiter zur Auslegung der Fabrikplanung genutzt.

Einen Ansatz mit einem alternativen Schwerpunkt bietet PALLUCK mit der unternehmenszielorientierten Fabrikplanung. Diese zielt darauf ab, Unternehmens- und Fabrikplanungsziele im Kontext eines ganzheitlichen Produktionssystems zu synchronisieren, um so Iterationsschleifen zu vermeiden.<sup>540</sup> Dadurch wird ein Abgleich der Fabrikplanung mit den grundlegenden Richtlinien des Produktionssystems erzielt, was dem Aspekt der Koevolution genügt. Weitere Anforderungen an ein komplexitätsorientiertes Management-Modell für die Fabrikplanung werden nicht untersucht.

Einen interessanten Ansatz vor dem zuvor beschriebenen Theoriehintergrund liefert WARNECKE mit der fraktalen Fabrik. Diese ist aufgrund des turbulenten Unternehmensumfelds auf maximale Wandlungsfähigkeit ausgerichtet, um unterschiedlichen Umweltzuständen gerecht zu werden. Dies erfolgt mittels Fraktalen, die eigenständig agierende Organisationseinheiten darstellen.<sup>541</sup> Sie sind in der Lage, sich selbst und untereinander zu organisieren, um zur Erreichung des übergeordneten Unternehmensziels beizutragen.<sup>542</sup> Die Fraktale verfügen über die Charakteristika Selbstähnlichkeit, Selbstorganisation sowie Dynamik und Vitalität, was eine gewisse Deckung mit den zuvor definierten Charakteristika komplexer Systeme aufweist.<sup>543</sup> WARNECKE greift somit viele Punkte, die in der Theorieanalyse dieser Arbeit herausgestellt wurden, auf. Er adressiert jedoch die Unternehmens- und in Teilen die Fabrikebene, die Planung hingegen ist nicht Betrachtungsgegenstand seiner Arbeit. Dennoch lassen sich die zentralen Erkenntnisse für die Ausgestaltung eines Management-Modells für die Fabrikplanung nutzen.

In eine ähnliche Richtung arbeitet CLAUSSEN, der die Fabrik als soziales System betrachtet. Auf Basis einer umfangreichen Theorieanalyse zu komplexen Systemen leitet er eine Reihe von Grundannahmen ab, die eine hohe Deckung mit den Ergebnissen der Theorieanalyse dieser Arbeit aufweisen.<sup>544</sup> Im weiteren Verlauf richtet CLAUSSEN seine Arbeit jedoch auf die Überführung dieser Grundannahmen

---

<sup>537</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 51 ff.

<sup>538</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 121 ff.

<sup>539</sup> Vgl. Schenk, M. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, S. 294 ff.

<sup>540</sup> Vgl. Palluck, M. (2011) Unternehmenszielorientierte Fabrikplanung, S. 111; ganzheitliche Produktionssysteme sind dabei im Sinne des Toyota Produktionssystems zu verstehen und betreffen nicht die Produktionsstrategie auf Unternehmensebene, vgl. Palluck, M. (2011) Unternehmenszielorientierte Fabrikplanung, S. 53 ff.

<sup>541</sup> Vgl. Warnecke, H.-J. (1996) Die fraktale Fabrik, S. 141.

<sup>542</sup> Vgl. Warnecke, H.-J. (1996) Die fraktale Fabrik, S. 142.

<sup>543</sup> Vgl. Warnecke, H.-J. (1996) Die fraktale Fabrik, S. 143.

<sup>544</sup> Vgl. Claussen, P. (2012) Die Fabrik als soziales System, S. 109 ff.

auf die physische Fabrikgestalt aus.<sup>545</sup> Wie auch in den zuvor analysierten Arbeiten wird die Fabrikplanung als solche als technische Disziplin betrachtet, lediglich deren Ergebnisse werden an den zuvor definierten Grundannahmen ausgerichtet.

Die bisher umfangreichste Arbeit im Kontext eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung liefert RIEDEL.<sup>546</sup> Er entwirft ein Modell, welches die Fabrik, die zugehörige Planung sowie die Gestaltung des Planungssystems umfasst. Dazu wählt er einen systemischen Ansatz<sup>547</sup>, der jedem Teilsystem gemäß dem *law of requisite variety* die notwendige Komplexität zugesteht, um die Komplexität der lokalen Umwelt zu bewältigen. Die Gestaltung der einzelnen Ebenen ist inspiriert durch die Vorgaben des VSM.<sup>548</sup> Die Lenkung sowohl der Fabrik als auch der Planung geschieht über kaskadierte Regelkreise. Die Gestaltung dieser Regelkreise ist vor allem darauf ausgelegt, das System im Gleichgewicht zu halten.<sup>549</sup> Positive Rückkopplungen, die für die Weiterentwicklung des Systems notwendig sind, werden angerissen, jedoch nicht tiefer behandelt. Bzgl. des Funktionsumfangs der Fabrikplanung fokussiert RIEDEL weitestgehend das Gestalten und Lenken, die Entwicklung als dritte grundlegende Funktion wird benannt, aber nicht weiter ausgeführt.<sup>550</sup> Das Aufgabengebiet der Fabrikplanung umfasst für ihn vor allem das operative Management, strategische und normative Aufgaben werden identifiziert, jedoch nicht weiter vertieft. Die Einbindung des VSM ist vorhanden, bewegt sich jedoch auf einer generischen Ebene, die viele Fragen unbeantwortet lässt. Auch wenn er das System Fabrikplanung als offen beschreibt, wird die Interaktion mit der Umwelt nicht thematisiert, diese wird eher als restriktionssetzend betrachtet.<sup>551</sup> Mit der Einführung der Systemgestaltung 2. Ordnung unternimmt er, soweit dies die ausführliche Literaturrecherche ergeben hat, erstmalig explizit den Versuch, Fabrikplanung über ein einzelnes Projekt hinaus zu denken und so ein Management zu installieren, welches über das klassische Projektmanagement hinausgeht.<sup>552</sup> Zusammenfassend kann RIEDELS Modell attestiert werden, dass es viele Anforderungen erfüllt und wesentliche Vorarbeiten geleistet hat, die in dieser Arbeit aufgegriffen und weiterentwickelt werden, vor allem die Systemgestaltung 2. Ordnung betreffend.

Die Aachener Fabrikplanungsschule ist eine neue Strömung, die sich in den letzten zehn Jahren am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen ausgebildet hat. Grundlage dieser Schule ist die Beobachtung, dass sich das Umfeld produzierender Unternehmen zunehmend dynamisiert und auch die Fabrikplanung dem Rechnung tragen muss. Diese Denkweise hat sich in unterschiedlichen Arbeiten und Lösungsansätzen niedergeschlagen, die in der Folge vorgestellt werden. BURGGRAF hat mit dem Return-on-Planning ein Instrument entwickelt, das die Fabrikplanung anstelle einer planungsorientierten durch eine wertorientierte Brille betrachtet.<sup>553</sup> Hierdurch steht nicht mehr die Frage ‚Was soll ich tun?‘ im Mittelpunkt, sondern die Frage wird erweitert zu ‚Was muss ich tun, um mit meiner Planungstätigkeit

---

<sup>545</sup> Vgl. Claussen, P. (2012) Die Fabrik als soziales System, S. 202 ff.

<sup>546</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung.

<sup>547</sup> Er charakterisiert das System als zielorientiert, dynamisch und offen, vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 129.

<sup>548</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 108 f.

<sup>549</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 101.

<sup>550</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 97.

<sup>551</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 92.

<sup>552</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 100, 127.

<sup>553</sup> Vgl. Kapitel 5.2.1.

einen möglichst hohen Wert für mein Unternehmen zu schaffen?“. Die inhaltliche wird also um eine wertorientierte Dimension ergänzt, die es dem Fabrikplaner ermöglicht, eine Priorisierung seiner Aufgaben oder ganzer Fabrikplanungsprojekte anhand des Wertbeitrags für das Unternehmen vorzunehmen. Hieran lehnt sich HILCHNER an.<sup>554</sup> Er definiert die These, dass für unterschiedliche Fabriken unterschiedliche Planungsaufgaben den höchsten Mehrwert aufweisen. Basierend auf dieser Annahme definiert er vier Fabriktypen und priorisiert typenorientiert unterschiedliche Planungsaufgaben. Dies tut er auf Basis des modularen Fabrikplanungsansatzes nach NÖCKER.<sup>555</sup> Dieser strukturiert das Fabrikplanungsvorgehen anhand einer systemischen, modularen Logik, die ähnliche Fabrikplanungsaufgaben in Planungsmodulen zusammenfasst und diese auf Basis der Informationsflüsse miteinander vernetzt. Ziel dieses Ansatzes ist eine parallele Bearbeitung mit einem erhöhten Informationsaustausch zwischen den beteiligten Planern, um an Geschwindigkeit zu gewinnen und über eine erhöhte Reaktionsfähigkeit zu verfügen. MECKELNBORG erweitert diesen Ansatz, indem er den modularen Gedanken von den Planungsaufgaben des Produktionssystems, welche von NÖCKER modularisiert wurden, auf das Gebäudesystem überträgt.<sup>556</sup> Zur Operationalisierung des Ansatzes entwickelt er ferner eine agile Projektmanagement-Logik, übertragen aus der Software-Entwicklung, die es dem Planungsteam ermöglicht, in kurzzyklischen Abständen zu agieren, Feedback aufzunehmen (z. B. neue Rahmenbedingungen, Verzögerung in anderen Planungsmodulen) und die anstehenden Arbeiten anhand dieses Feedbacks neu zu strukturieren. KRUNKE definiert mit dem Reifegradmanagement einen ergänzenden Ansatz, der es ermöglicht, den Zustand einer Fabrikplanungsaufgabe zu bewerten, und zwar in den Dimensionen Sicherheit und Genauigkeit.<sup>557</sup> Anhand eines generischen Referenzprozesses kann der Fabrikplaner identifizieren, welche Information zu welchem Zeitpunkt in welchem Reifegrad vorliegen muss, um einen synchronen Projektfortschritt zu gewährleisten. In Kombination mit der Wertorientierung nach BURGGRAF kann der Fabrikplaner somit jederzeit eine effektive Priorisierung seiner Arbeiten vornehmen. Ergänzend zu diesen prozessualen Elementen definiert WESCH-POTENTE ein Strukturmodell für die Projektorganisation basierend auf dem Viable System Model.<sup>558</sup>

In der Aachener Fabrikplanungsschule sind unterschiedliche Elemente des systemischen Managements verankert. Normative Elemente werden durch die wertorientierte Fabrikplanung nach BURGGRAF adressiert. Dieser Ansatz gibt der Fabrikplanung einen neuen Sinn, da sie nicht mehr nur ein notwendiges Übel ist, sondern der Fabrikplaner durch seine Arbeit und seine Entscheidungen aktiv zur Wertgenerierung für das Unternehmen beitragen kann. Das strategische Management wird durch die Typenorientierung nach HILCHNER berührt. Die Fabriktypen ermöglichen es in Kombination mit der Wertorientierung, Projekte von vornherein strategisch auszurichten. Auch die Ansätze von NÖCKER, KRUNKE und MECKELNBORG weisen strategische Elemente auf, da sie dazu genutzt werden können, die Fabrikplanung, unabhängig von einem konkreten Projekt, vorzudenken und strategisch zu konfigurieren. Das operative Management erfolgt in der Projektbearbeitung. Das Management des Fabrikplanungsprojekts ist in der Aachener Fabrikplanungsschule angelehnt an das Management komplexer Systeme. In der agilen Logik wird davon ausgegangen, dass nicht alle Informationen a priori vorhanden sein können,

---

<sup>554</sup> Vgl. Kapitel 5.2.2.

<sup>555</sup> Vgl. Kapitel 5.2.5.

<sup>556</sup> Vgl. Kapitel 5.2.5.

<sup>557</sup> Vgl. Kapitel 5.2.6.

<sup>558</sup> Vgl. Wesch-Potente, C. (2015) Strukturelle Synchronisationsmechanismen.

um das Projekt in seiner Gänze vor auszuplanen. Die Planungsteams agieren vielmehr auf Basis von Feedback aus dem Umfeld und von anderen Planern. Anhand des aktuellen Projektstandes wird gemeinsam entschieden, wie am sinnvollsten weitergearbeitet wird. Durch diesen Ansatz wird das Projektmanagement eine Aufgabe vieler und nicht mehr nur der Projektleitung. Ferner werden im Ansatz nach MECKELNBORG viele Entscheidungen in die einzelnen Planungsteams delegiert. Dies führt dazu, dass, wie es das systemische Management lehrt, Entscheidungen dort getroffen werden, wo die höchste Informationsdichte vorherrscht. Diese Ansätze manifestieren sich letztlich in der von WESCH-POTENTE entworfenen Struktur des Fabrikplanungsprojekts, welche auf dem VSM basiert.

### 3.3 Handlungsbedarf aus Sicht der Theorie

Die Ergebnisse der Analyse verschiedener Arbeiten offenbaren, dass das Management komplexer Systeme bisher nur bedingt Einzug in die Fabrikplanung erhalten hat, jedoch diverse Anknüpfungspunkte bestehen. Erkennen nahezu alle Arbeiten die Fabrikplanung implizit oder explizit als komplexes System an, fokussiert die bestehende Fabrikplanungsliteratur vor allem die operativen Planungstätigkeiten. Aus dem Blickwinkel des systemischen Managements sind jedoch ebenfalls strategische und normative Aspekte zu berücksichtigen. Auf der Projektebene geschieht dies in der Aachener Fabrikplanungsschule explizit durch die Projektstrukturierung nach WESCH-POTENTE. Den einzelnen Rollen werden neben der operativen Planungstätigkeit zusätzliche Verantwortlichkeiten übertragen, die den Systemen des VSM entsprechen.

Im Verlauf dieser Arbeit wurde der zunehmende Bedarf nach einer strategisch orientierten Fabrikplanung hergeleitet, die über eine reine und isolierte Projektbetrachtung hinausgeht, in die die Projekte jedoch eingebettet sind. Dem Prinzip der Rekursion folgend kann die These aufgestellt werden, dass ein derartig übergeordnetes System sich ebenfalls als lebensfähiges System darstellen lässt. Eine ähnliche Vermutung wurde bereits von RIEDEL mit der Systemgestaltung 2. Ordnung aufgestellt.<sup>559</sup> Er bezeichnet die Systemgestaltung 2. Ordnung zwar nicht als lebensfähiges System, beschreibt ihre Aufgabe jedoch als „Gewährleistung der (Über-) Lebensfähigkeit“<sup>560</sup> des Planungssystems, woraus die implizite Annahme eines VSM abgeleitet werden kann. Verfolgt man diesen Gedankenstrang, gilt es nun zu erörtern, inwiefern die Systeme 2 bis 5 dieser übergeordneten Ebene beschrieben werden können.

Fokussiert man im Kontext der Aachener Fabrikplanungsschule das System 5, so kann die Wertorientierung nach BURGGRAF als Teil des Ethos eingeordnet werden. Sie lenkt als normative Richtlinie alle Aktivitäten in der Fabrikplanung mit dem Ziel der Wertmaximierung aus Sicht des Unternehmens. Dem System 4 können verschiedene Arbeiten der Aachener Fabrikplanungsschule zugeordnet werden. Die Typisierung von Fabriken nach HILCHNER zielt darauf ab, auf einem strategischen Level Lösungen zu definieren, die im Kontext Produkt- und Prozessportfolio optimal auf Unternehmen zugeschnitten sind. Die Modullandkarte nach NÖCKER, MECKELNBORGS agile Projektmanagementlogik und KRUNKES Reifegrade zielen darauf ab, optimale Prozesse bereitzustellen, die die operative Projektarbeit vereinfachen. Da diese Ansätze unternehmensspezifisch eingeführt werden müssen, handelt es sich um eine strategische Entscheidung, die sich erst mittel- bis langfristig amortisiert. System 3 und System 2 hingegen

---

<sup>559</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 100.

<sup>560</sup> Vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 100.

werden im derzeitigen Stadium der Aachener Fabrikplanungsschule nicht direkt adressiert, da keine Mittel zur direkten oder indirekten Hebung von Synergien zwischen einzelnen Projekten bestehen.

Außerhalb der Aachener Fabrikplanungsschule lassen sich vereinzelt Arbeiten finden, die Teilaspekte der durch RIEDEL skizzierten Systemgestaltung 2. Ordnung abdecken. So entwirft TIEDEMANN ein Modell für das Wissensmanagement in der Fabrikplanung, welches durch die organisierte Bereitstellung ungewollte Oszillationen der einzelnen Projekte verhindern kann.<sup>561</sup> Hierin können unterschiedliche Methoden oder Werkzeuge hinterlegt und so jedem Fabrikplaner zugänglich gemacht werden, wodurch eine einheitliche Basis über alle Projekte geschaffen wird. DOMBROWSKI ET AL. entwickeln mit dem Multiprojektmanagement für die Fabrikplanung einen Ansatz, der System 3 zugeordnet werden kann. In diesem Ansatz geht es darum, durch aktives Multiprojektmanagement Synergien zwischen einzelnen Projekten zu heben, (Ressourcen-)Engpässe zu vermeiden und konkurrierendes Verhalten zwischen einzelnen Projekten zu vermeiden.<sup>562</sup> Bezogen auf System 4 lassen sich ebenfalls vereinzelt Arbeiten identifizieren. So entwickelt LÜBKEMANN eine Methode zur Ermittlung des Restrukturierungsbedarfs von Fabriken im strategischen Kontext und ermöglicht so eine strategische Projektinitiierung.<sup>563</sup> RICHTER entwirft ein Modell, welches eine Standortauswahl auf regionaler Ebene erlaubt und so ebenfalls dem strategischen Management im Kontext der Fabrikplanung zugeordnet werden kann.<sup>564</sup>

Visualisiert man die zuvor beschriebenen Ergebnisse, ergibt sich das in Abbildung 3-7 dargestellte Bild. Die Projektebene kann in der Aachener Fabrikplanungsschule sehr gut innerhalb eines VSM abgebildet werden. Auf einer übergeordneten Ebene existieren Ansätze, die Teile der Funktionen von System 4 und 5 abdecken. System 2 und 3 sind hingegen noch weitestgehend unberührt. Zusätzlich muss angemerkt werden, dass kein Rahmen besteht, die einzelnen Ansätze zu integrieren und in einen gesamtheitlichen Ansatz zu überführen. Außerhalb der Aachener Fabrikplanungsschule existiert mit RIEDELS Systemgestaltung 2. Ordnung ein Ansatz, der dieses prinzipiell ermöglicht, bisher aber nur auf einer generischen Ebene existiert. Weiterhin bestehen vereinzelt Ansätze und Ideen, die in der Lage sind, die Lücken in der Aachener Fabrikplanungsschule zu füllen.

Vor diesem Hintergrund lässt sich der Handlungsbedarf und somit die Zielstellung der vorliegenden Arbeit ableiten. Dem praktischen Bedarf nach einer übergeordneten Einheit zum strategischen Management der Fabrikplanung und RIEDELS Idee der Systemgestaltung 2. Ordnung folgend, soll ein Management-Modell für die Aachener Fabrikplanungsschule entwickelt werden, welches die bestehenden Ansätze berücksichtigt, integriert und die Lücken schließt. Im Sinne des systemischen Managements sollen dabei normative, strategische und operative Aspekte berücksichtigt werden, die es in Summe erlauben, die Effektivität und Effizienz der Fabrikplanung maßgeblich zu erhöhen.

---

<sup>561</sup> Vgl. Tiedemann, H. (2005) Wissensmanagement.

<sup>562</sup> Vgl. Dombrowski, U. et al. (2015) Multiprojektmanagement.

<sup>563</sup> Vgl. Lübke, J. (2016) Restrukturierungsbedarf von Fabriken.

<sup>564</sup> Vgl. Richter, L. (2017) Standortplanung.

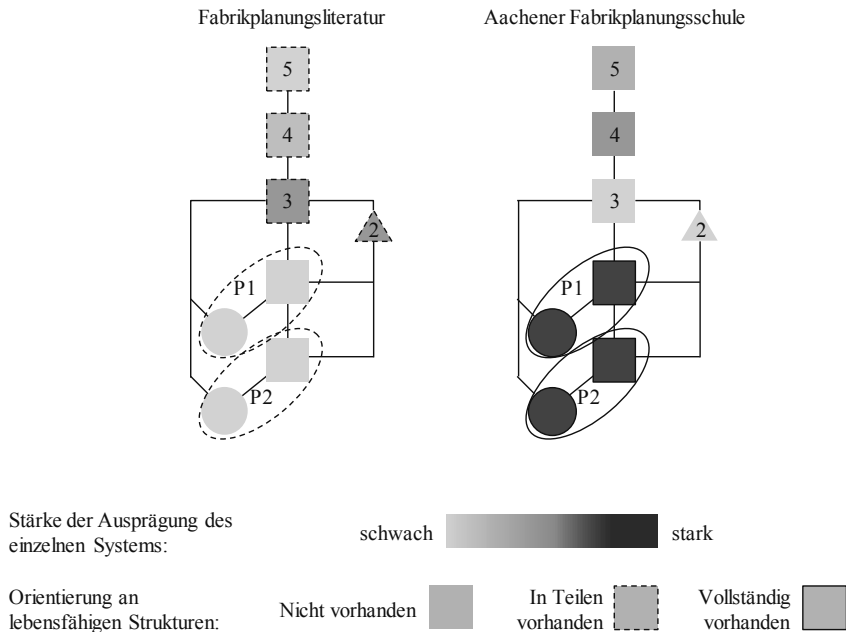


Abbildung 3-7: Landkarte der Durchdringung des systemischen Managements in der Fabrikplanung

Welche Anforderungen aus theoretischer Sicht des systemischen Managements zu erfüllen sind, wurde in diesem Kapitel erarbeitet. Aus der Synthese der Charakteristika des systemischen Managements sowie deren Umsetzung in der aktuellen Fabrikplanungstheorie wird vor dem Hintergrund der praktischen Herausforderungen die Hauptforschungsfrage definiert, die die Erarbeitung des Management-Modells lenken soll:

*Wie muss ein Management-Modell gestaltet sein, um ein systemisches Management der Fabrikplanung zu ermöglichen?*

Diese Forschungsfrage lässt sich in zwei Teilforschungsfragen untergliedern:

- Wie muss das Management-Modell strukturell und prozessual aufgebaut sein, um die theoretischen Anforderungen zum systemischen Management komplexer Systeme zu erfüllen?*
- Welche inhaltlichen Elemente muss das Modell umfassen, um praxisorientierte Probleme der Fabrikplanung zu lösen und so die Effektivität und Effizienz zu erhöhen?*





## 4 Konzeption eines systemischen Management-Modells für die Fabrikplanung

Ziel dieses Kapitels ist der Entwurf eines Management-Modells für die Fabrikplanung vor dem Hintergrund der in Kapitel 2.2 und 2.3 skizzierten Herausforderungen unter Einbezug der theoretischen Analysen in Kapitel 3. Um dies zielgerichtet durchzuführen, werden zunächst in Kapitel 4.1 Anforderungen an das Modell definiert. In Kapitel 4.2 erfolgt der Entwurf des Management-Modells.

### 4.1 Anforderungen an das Management-Modell

Bevor auf das Management-Modell selbst eingegangen wird, sollen zunächst Anforderungen definiert werden, denen das Modell zu genügen hat. Diese sollen den Autor bei der Entwicklung leiten und die Qualität der Ergebnisse sicherstellen. Die Anforderungen setzen sich zusammen aus formalen (Kapitel 4.1.1) sowie den im zweiten und dritten Kapitel definierten praktischen und theoretischen Anforderungen, welche in Kapitel 4.1.2 konsolidiert werden.

#### 4.1.1 Formale Anforderungen an das Management-Modell

In der vorliegenden Arbeit wird ein Lösungsmodell für das kybernetische Management der Fabrikplanung entworfen. Modelle stellen Vereinfachungen der Realität dar und bilden immer nur einen Ausschnitt der Wirklichkeit ab.<sup>565</sup> Dies gilt im Besonderen für komplexe sozio-technische Systeme. Um dennoch eine hohe Güte der Abbildung und Nähe zur Realität herzustellen, formuliert PATZAK fünf Charakteristika „eines guten Modells“<sup>566</sup>:

- Empirische Richtigkeit: Das Modell und sein Verhalten sollen die Realität möglichst gut widerspiegeln.
- Formale Richtigkeit: Widersprüche innerhalb des Modells sind nicht zulässig. Ergebnisse, die mittels des Modells erzielt werden, müssen reproduzierbar sein.
- Hohe Produktivität: Die Ausgestaltung des Modells orientiert sich an seinem Zweck. Die erzielten Ergebnisse müssen für den Anwender von Nutzen sein.
- Gute Handhabbarkeit: Das Modell muss für den Anwender leicht verständlich und handhabbar sein. Andernfalls findet das Modell keine Anwendung.
- Geringer Aufwand: Neben der Verständlichkeit ist der vom Anwender aufzubringende Aufwand ein entscheidendes Kriterium für die Anwendung des Modells.

PATZAK hebt weiterhin hervor, dass die ersten drei Kriterien in Konkurrenz zum vierten und fünften Kriterium stehen. Es obliegt somit dem Autor dieser Arbeit, ein ausgewogenes Maß bei der Erstellung des Management-Modells zu wählen, um den Ansprüchen eines guten Modells gerecht zu werden. Der Erfüllungsgrad dieser Kriterien wird nach Erstellung des Management-Modells in einer Selbstbewertung gemessen, um die Qualität der Lösung sicherzustellen. Um eine Priorisierung der Charakteristika bzw. Anforderungen vornehmen zu können, müssen zunächst der Zweck bzw. die Funktion des Modells

---

<sup>565</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 31.

<sup>566</sup> Vgl. Patzak, G. (1982) Systemtechnik, S. 309.

definiert werden. In der Wissenschaft werden nach KINDLER sechs verschiedene Arten von Modellfunktionen unterschieden<sup>567</sup>:

- Beschreibungsfunktion
- Ermittlungsfunktion
- Erklärungsfunktion
- Prognosefunktion
- Entscheidungsfunktion
- Gestaltungsfunktion

Ziel der Arbeit ist die Erstellung eines Management-Modells zur Gestaltung, Lenkung und Entwicklung der Fabrikplanung in einem komplexen Umfeld, um dauerhaft effektiv und effizient agieren zu können. In einem ersten Schritt sind dazu die notwendigen Elemente zu beschreiben. Weiterhin ist ihre individuelle Funktionsweise zu erklären, um beim Anwender das notwendige Verständnis zu erzeugen und eine unreflektierte Anwendung zu vermeiden. Noch wichtiger als die Erklärung der einzelnen Elemente ist die ihrer Interaktion. Im zweiten Kapitel dieser Arbeit wurde dargestellt, dass alle Domänen der Fabrikplanung integriert betrachtet werden müssen und die Erfolgsfaktoren der Fabrikplanung einen hohen Grad an gegenseitiger Abhängigkeit aufweisen. Um das volle Potenzial zu heben sowie ungewünschte Nebenwirkungen einer einseitigen Optimierung der Fabrikplanung zu vermeiden, ist daher ein Verständnis der Wirkmechanismen essenziell. Zuletzt soll die praxisorientierte Fabrikplanung in die Lage versetzt werden, das Modell anzuwenden und die Fabrikplanung entsprechend zu gestalten. Hieraus ergibt sich der Anspruch dieser Arbeit, anwendungsorientierte Gestaltungshilfen für die Praxis zu entwerfen, die den Anwender Schritt für Schritt durch den notwendigen Prozess leiten. Das zu entwerfende Management-Modell vereint Beschreibungs-, Erklärungs- und Gestaltungsfunktionen.

#### 4.1.2 Konsolidierte Anforderungen an das Management-Modell

Neben den formalen Anforderungen hat das Management-Modell inhaltliche Anforderungen zu erfüllen. Hierzu wird der Kontext der Arbeit herangezogen. Eine detaillierte Analyse des Forschungsfeldes Fabrikplanung wurde in Kapitel 2 vorgenommen, woraus die praktischen Anforderungen an das Management-Modell abgeleitet wurden. Diese praktischen Anforderungen wurden im dritten Kapitel durch eine tiefe Analyse des systemischen Managements und der ihm zugrundeliegenden Wissenschaften um theoretische Anforderungen ergänzt. Zuletzt wurden in Kapitel 4.1.1 die formalen Anforderungen aus der Modelltheorie dargestellt. Auf dieser Grundlage lassen sich die Anforderungen an das Management-Modell konsolidieren. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4-1 dargestellt

---

<sup>567</sup> Vgl. Kindler, A. (1995) Wirtschaftlichkeit von Software-Entwicklungsprojekten, S. 6.

| Anforderungen aus dem fabrikplanerischen Kontext der Arbeit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Umsetzung der Strategieorientierung in der Fabrikplanung.</li> <li>■ Umsetzung der Wertorientierung in der Fabrikplanung.</li> <li>■ Umsetzung der durchgängigen Vorgehenssystematik orientiert an agilen Prinzipien.</li> <li>■ Systematische Integration des Faktors Mensch in die Fabrikplanung.</li> <li>■ Umsetzung der Lern- und Entwicklungsfähigkeit in der Fabrikplanung.</li> </ul>                                         |
| Anforderungen aus der Theorie zum systemischen Management komplexer Systeme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Integration struktureller und funktionaler Komplexität.</li> <li>■ Integration der Funktionen Gestalten, Lenken und Entwickeln.</li> <li>■ Integration normativer, strategischer und operativer Aspekte im Sinne der Ganzheitlichkeit.</li> <li>■ Orientierung am Modell lebensfähiger Systeme.</li> <li>■ Integration der Anforderungen aus der Management-Kybernetik sowie der Regeln des Managements komplexer Systeme.</li> </ul> |
| Anforderungen aus der Modelltheorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Empirische Richtigkeit – Abbildung der Realität.</li> <li>■ Formale Richtigkeit – Widerspruchsfreiheit und Reproduzierbarkeit.</li> <li>■ Hohe Produktivität – Ergebnisse müssen dem Anwender Nutzen stiften.</li> <li>■ Gute Handhabbarkeit – Verständlichkeit und Anwendbarkeit.</li> <li>■ Geringer Aufwand – Geringer Aufwand in der Anwendung.</li> </ul>                                                                        |

Abbildung 4-1: Konsolidierte Anforderungen an das Management-Modell

## 4.2 Konzeption des Management-Modells

Im Folgenden wird das Management-Modell für die Fabrikplanung entwickelt. Dieses basiert auf der Struktur lebensfähiger Systeme und wird in Kapitel 4.2.1 vorgestellt. Anschließend erfolgt eine erste Reflexion des Modells anhand der zuvor definierten Anforderungen in Kapitel 4.2.2

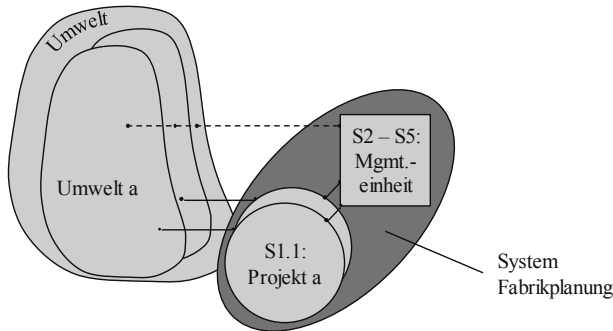
### 4.2.1 Die Fabrikplanung als lebensfähiges System

Die Grundlage des Management-Modells bildet das Modell lebensfähiger Systeme (VSM). Die folgenden Gründe haben zur Wahl des VSM geführt. Dem VSM liegt ein explizit systemisches Verständnis zugrunde, welches einen hohen Deckungsgrad mit dem Verständnis des Autors für die Fabrikplanung aufweist. Dies ermöglicht eine gründliche Überprüfung der Lehren und Prinzipien des VSM mit speziellem Blick auf die Übertragbarkeit auf die Fabrikplanung. Ferner verfügt das Modell über einen generischen Charakter. Dies gestattet die Anwendung auf eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle. Andere Management-Modelle, wie bspw. das (neue) St. Galler Management-Modell, weisen einen konkreten Bezug zu ganzen Unternehmen auf<sup>568</sup>, die es erschweren, die Modelle nur auf einen Teil eines Unternehmens, die Fabrikplanung, zu übertragen. Das VSM hingegen spezifiziert seinen Anwendungsgegenstand nicht und ermöglicht so eine Anwendung in unterschiedlichen Kontexten, ohne das Modell

<sup>568</sup> Vgl. Rüegg-Stürm (2014) The new St. Gallen management model, S. 1.

zu entfremden.<sup>569</sup> Vielmehr ermutigt BEER die Anwender des Modells, individuelle Anpassungen vorzunehmen, die dem jeweiligen Anwendungszweck entsprechen.<sup>570</sup> Diese Freiheitsgrade, gepaart mit kontextverwandten Anwendungen des Modells in anderen Arbeiten<sup>571</sup>, lassen das VSM als eine Erfolg versprechende Wahl als Grundlage für das zu entwickelnde Management-Modell erscheinen.

Das in dieser Arbeit betrachtete System, nach BEER das „system in focus“<sup>572</sup>, ist die Fabrikplanung. Wie in Kapitel 3.1.5.2 aufgezeigt, besteht ein System immer aus einer Operation (System 1) sowie einer zugehörigen Management-Einheit (Systeme 2 bis 5). Die Operation erfüllt den primären Zweck des Systems.<sup>573</sup> Im Falle der Fabrikplanung ist das die Planung von Fabriken. Die bewährte Form zur Durchführung von Fabrikplanung ist das Projekt. Aus diesem Grund werden die Projekte als Systeme 1 des Management-Modells der Fabrikplanung definiert (vgl. Abbildung 4-2).



Legende: Mgmt. = Management; S1.x = Systeme 1.x; S2 – S5: Systeme 2 bis 5

Abbildung 4-2: Operation und Management-Einheit der Fabrikplanung

Diese Projekte agieren gemäß dem Gesetz der relativen Autonomie weitestgehend unabhängig in ihrer jeweiligen Umwelt, bspw. des Werkes, für das geplant wird, sowie die im jeweiligen Umfeld geltenden Rahmenbedingungen. Dennoch kann es vorkommen, dass sich die Umwelten der jeweiligen Projekte überschneiden, bspw. bei der Nutzung bestimmter Ressourcen, die in beiden Projekten benötigt werden. Aus diesem Grund wird im Management-Modell ein *Wissensmanagement (FP-WM)* als System 2 eingeführt, die die (Selbst-)Koordination der Projekte ermöglichen soll. Über diese haben die Projekte

<sup>569</sup> So hat Beer das Modell bspw. in der Strukturierung der Wirtschaftspolitik in Chile in den 1970er-Jahren eingesetzt, vgl. Ramage, M. et al. (2009) Systems thinkers, S. 191. Das Modell wurde und wird aber auch in völlig anderen Zusammenhängen genutzt, bspw. in der Strukturierung von Krankenhäusern, vgl. Erbsen, A. (2012) Krankheit im Zentrum.

<sup>570</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 59.

<sup>571</sup> Vgl. Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen; Thiem, I. (1998) Strukturmodell des Fertigungsmanagements; Beckmann, H. (1996) Theorie einer evolutionären Logistik-Planung; Kahlert, D. (2006) Wissenskoordination; Frahm, M. (2013) Kybernetisches Bauprojektmanagement.

<sup>572</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 19.

<sup>573</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 99; Aufgabe des Gesamtsystems (Systeme 1 bis 5) ist es, die Lebensfähigkeit sicherzustellen. Dies umfasst einerseits die Schaffung eines Gleichgewichts unter den aktuellen Bedingungen, gleichzeitig aber auch die (Weiter-)Entwicklung, sollte sich der Umweltzustand ändern.

Zugriff auf gemeinsame Ansätze und Methoden der Fabrikplanung, zudem wird die Möglichkeit einer direkten, aber dokumentierten Kommunikation integriert. Diese Art der passiven Koordination ist jedoch nicht immer ausreichend, um die Synergien des Gesamtsystems zu heben bzw. dessen Stabilität zu gewährleisten. Aus diesem Grund wird das *operative Multiprojektmanagement* (FP-MPM) als den Projekten übergeordnete Einheit installiert. Es erfüllt im Sinne eines Multiprojekt-Managements die Funktion des Systems 3 im VSM. FP-MPM ist für die operative Initiierung sowie den Erfolg der laufenden operativen Fabrikplanungstätigkeiten im Hier und Jetzt verantwortlich. Fabrikplanung ist aufgrund ihrer weitreichenden Bedeutung jedoch auch aus einer langfristigen, strategischen Perspektive zu betrachten. Diese Aufgabe des Systems 4 übernimmt die *Strategie- und Technologieentwicklung* (FP-ST). FP-ST sorgt dafür, dass sich die Fabrikplanung in ihrem Umfeld (im internen Unternehmenskontext sowie im externen Umfeld, bspw. mit Kooperationspartnern) optimal positioniert und langfristig ihre Lebensfähigkeit erhält, d. h. effektiv und effizient Fabriken planen zu können. Stehen kurzfristige und langfristige Orientierung im Widerspruch, bedarf es eines Systems, welches die oberste Entscheidungsgewalt innehat. Hierzu wird das *normative Leitwerk* (FP-LW) als System 5 des Management-Modells definiert. Seine wichtigste Funktion übt das normative Leitwerk durch die Sinngebung aus. Es definiert den Sinn und Zweck, den die Fabrikplanung im Unternehmenskontext einnimmt und vermittelt den Mitarbeitern so das Ziel und die Bedeutung ihres Handelns. Zusammenfassend besteht das „system-in-focus“<sup>574</sup> aus den folgenden Teilsystemen:

- Systeme 1: Fabrikplanungsprojekte – Durchführung der operativen Projekte.
- System 2: Wissensmanagement (FP-WM) – Koordination der einzelnen Projekte mittels Standards und gesteuerter Kommunikation.
- System 3: Operatives Multiprojektmanagement (FP-MPM) – übergreifende Verantwortung der operativen Fabrikplanungsprojekte.
- System 4: Strategie- und Technologieentwicklung (FP-ST) – strategische Entwicklung der Fabrikplanung innerhalb des Unternehmens und der Fabrikplanungsumwelt.
- System 5: Normatives Leitwerk (PS-LW) – oberste Entscheidungsinstanz der Fabrikplanung sowie verantwortlich für normative Sinnstiftung.

Um die Systeme der Management-Einheit in der Folge zielgerichtet auszulegen, ist ein vertieftes Verständnis der Struktur der Systeme 1 (System 1.1, System 1.2, vgl. Abbildung 4-2) notwendig, weshalb diese an dieser Stelle genauer untersucht werden. Gemäß dem Rekursionsprinzip muss die fünfstufige Struktur auch auf dieser Ebene vorhanden sein. Die Systeme 1 auf der Projektebene werden repräsentiert von den einzelnen Planungsteams.<sup>575</sup> Für die Aufgabe des Systems 2 auf Projektebene wird im vorliegenden Management-Modell eine Koordinationsfunktion eingeführt, die sich an den teamübergreifenden Planer nach WESCH-POTENTE anlehnt.<sup>576</sup> System 3 verantwortet das operative Management des Projekts. System 4 auf Projektebene ist verantwortlich für die strategische Ausrichtung des Projekts, d. h. es prüft das Projektumfeld, stimmt sich mit der übergeordneten Fabrikplanungsebene ab und sorgt so dafür, dass das Projekt einen strategischen Beitrag für das Unternehmen leistet. System 5 letztlich definiert die normativen Leitplanken für das Projekt. Es definiert die impliziten und expliziten Regeln

---

<sup>574</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 19.

<sup>575</sup> Vgl. Wesch-Potente, C. (2015) Strukturelle Synchronisationsmechanismen, S. 96

<sup>576</sup> Die Rolle des Projektlotsen wird ausführlich in Kapitel 5.1.2.2 dargestellt.

der Zusammenarbeit und ist im Zweifel die letzte Entscheidungsinstanz für das Projekt betreffende Fragen.

Da die Projektebene in der Wissenschaft bereits sehr gut erforscht ist, soll sie an dieser Stelle nicht tiefer betrachtet werden. Es werden vielmehr die Funktionen der einzelnen Systeme den gängigen Rollen und Organen der operativen Projektabwicklung zugewiesen. System 1 wird durch die Planungsteams abgebildet, die die operativen Planungsaufgaben verrichten. System 2 wird abgebildet durch teamübergreifende Experten, die in Anlehnung an RAUHUT im Folgenden als Projektlotsen bezeichnet werden sollen.<sup>577</sup> Das operative Management des Projekts, also die Aufgabe des Systems 3, obliegt der Projektleitung. Die strategischen und normativen Aufgaben werden in der fabrikplanerischen Praxis in der Regel durch den Steuerkreis übernommen. Hieran soll auch in der vorliegenden Arbeit festgehalten werden.<sup>578</sup> Rein formell ergibt sich hier eine Abweichung der prototypischen Struktur des VSM, da System 4 und 5 in einer Einheit zusammengefasst sind. Nach BEER ist dies jedoch nicht nur möglich, sondern vielmehr wünschenswert, da nur durch eine Individualisierung des Modells seine komplette Leistung ausgeschöpft werden kann.<sup>579</sup> Zusammenfassend ergibt sich für das Management-Modell der Fabrikplanung eine Struktur bestehend aus zwei Rekursionsebenen (vgl. Abbildung 4-3), dessen zuvor eingeführte Systeme in der Folge in den Kapiteln 4.2.1.1 bis 4.2.1.5 detailliert vorgestellt werden.<sup>580</sup> Zunächst werden dabei die Funktionen der einzelnen Systeme dargestellt. Dabei wird auf die Funktionen gemäß dem VSM zurückgegriffen und diese werden auf die Fabrikplanung übertragen bzw. im Fabrikplanungskontext detailliert. Es wird somit die Frage nach dem ‚Was?‘ beantwortet. Im Anschluss wird dargestellt, wie diese Systeme operativ ausgeprägt bzw. umgesetzt werden können, was die Frage nach dem ‚Wer?‘ beantworten soll.

---

<sup>577</sup> Vgl. Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen, S. 125.

<sup>578</sup> Diese Darstellung weicht leicht von der Wesch-Potentes ab, die die Funktionen der Systeme 3 und 4 der Projektleitung zuordnet, die des Systems 5 dem Steuerkreis. Hieraus ergibt sich aus Sicht des Autors dieser Arbeit jedoch kein Widerspruch, da die Projektleitung in der Regel im Steuerkreis vertreten und dies lediglich eine Frage der Definition ist, die dem einzelnen Unternehmen jedoch offengehalten werden soll.

<sup>579</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 59.

<sup>580</sup> Das Management-Modell orientiert sich somit an der Empfehlung von Herold, beim Aufbau eines VSM zwei Rekursionsebenen einzubeziehen, vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 190 und weist Parallelen zur Arbeit von Riedel auf, der mit der „Systemgestaltung zweiter Ordnung“ im Ansatz ein übergeordnetes Management für die Fabrikplanung skizziert, vgl. Riedel, R. (2012) Systemische Fabrikbetriebsplanung, S. 100, 127.

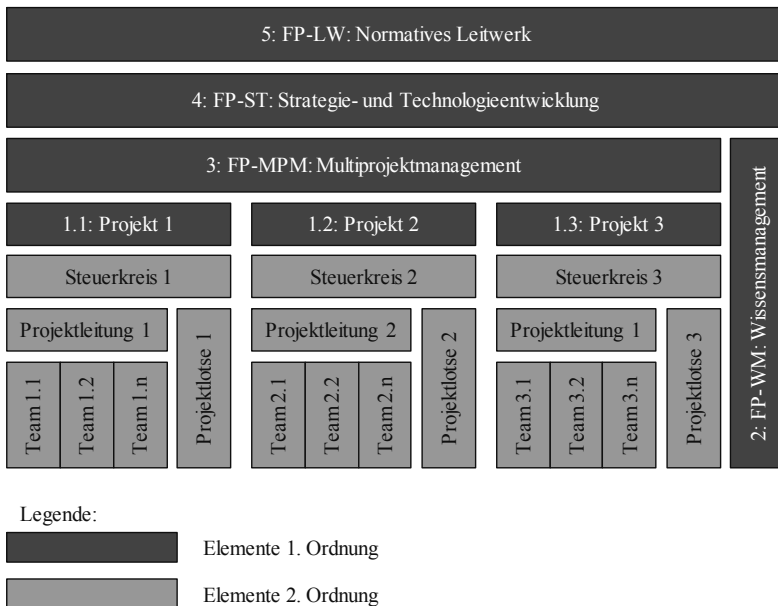


Abbildung 4-3: Management-Modell für die Fabrikplanung

#### 4.2.1.1 Normatives Leitwerk

Das normative Leitwerk stellt die oberste Ebene des Management-Modells für die Fabrikplanung dar. Es übernimmt gemäß dem VSM eine sinnstiftende Funktion und beantwortet die Frage nach dem ‚warum?‘. Das normative Leitwerk (FP-LW) ist dabei eingebettet in das normative und strategische Management auf Unternehmensebene. Vorgaben, die auf Unternehmensebene gemacht werden, müssen in die Rekursionsebene der Fabrikplanung einfließen, um ein ganzheitliches Funktionieren des Systems Unternehmen zu gewährleisten. Nach BLEICHER beschäftigt sich das „normative Management [...] mit den generellen Zielen [...] mit Prinzipien, Normen und Spielregeln, die darauf ausgelegt sind, die Lebens- und Entwicklungsfähigkeit [...] sicherzustellen“<sup>581</sup>. Für das normative Management lassen sich daraus drei wesentliche Aufgabenfelder definieren:<sup>582</sup>

- Definition von Vision, Mission und langfristigen Zielen.
- Aufbau einer (Organisations-)Verfassung.
- Schaffung der Grundlage für die (Organisations-)Kultur.

Den generellen Zielen liegen die Vision sowie Mission zugrunde.<sup>583</sup> Die *Vision* beschreibt die Leitidee und ein erstrebenswertes Zukunftsbild eines Systems, in diesem Falle der Fabrikplanung. Sie stiftet Sinn und beantwortet den Mitarbeitern die Fragen nach dem ‚warum?‘ ihres Handelns und motiviert sie,

<sup>581</sup> Vgl. Bleicher, K. (2009) Normatives und strategisches Management, S. 111.

<sup>582</sup> Vgl. Bleicher, K. (2009) Normatives und strategisches Management, S. 111.

<sup>583</sup> Vgl. Hungenberg, H. (2014) Strategisches Management, S. 26.



ihr Handeln an einem gemeinsamen Ziel auszurichten. Ausdruck und eine Projektion der Zukunft in das Hier und Jetzt findet die Vision in der *Mission* als deren schriftlicher Umsetzung. Für die Fabrikplanung ergibt sich in diesem Kontext eine besondere Bedeutung, da sie als solches nur indirekt am Leistungserstellungsprozess und damit den primären Aktivitäten des Unternehmens beteiligt ist. Häufig wird sie eher als notwendiges Übel denn als aktives Element zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit gesehen. BURGGRAF hat jedoch aufgezeigt, dass und wie Fabrikplanung aktiv dazu beitragen kann, die Wettbewerbsfähigkeit und somit den Wert eines Unternehmens zu steigern.<sup>584</sup> Diesem Verständnis folgend ist es Aufgabe des normativen Managements, Vision und Mission zu definieren, wie die Fabrikplanung in Zukunft Wert für das Unternehmen, dessen Mitarbeiter und weitere Stakeholder im Umfeld der Fabrikplanung generieren kann. Dabei ist darauf zu achten, dass sich die Vision in die übergeordnete Unternehmensvision integriert, gleichzeitig aber so eigenständig ist, um der Fabrikplanung einen eigenen Sinn zu stiften. Sinn entsteht vor allem dadurch, dass Menschen etwas für andere tun.<sup>585</sup> Da das Management-Modell sowohl nach außen als auch nach innen gerichtet ist, umfasst die Gruppe der Adressaten sowohl die Kunden<sup>586</sup> und Partner der Fabrikplanung, aber auch die eigenen Mitarbeiter. Aus diesem Grund wird empfohlen, eine ganzheitliche Vision zu entwickeln, die alle Domänen der Fabrikplanung abdeckt. Um den Prozess der Visionsentwicklung zu unterstützen, wurde am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen ein Pyramidenmodell entwickelt, welches alle Domänen der Fabrikplanung abbildet (vgl. Kapitel 5.1). Diesem Modell folgend kann auf jeder Ebene ein übergeordnetes Zielsystem definiert werden, welches in der Folge auf der strategischen und operativen Ebene zu konkretisieren ist.<sup>587</sup>

Der zweite große Aufgabenbereich des normativen Managements betrifft die Regelung der Befugnisse und Beziehungen unterschiedlicher Einheiten innerhalb einer Organisation im Rahmen einer *Organisationsverfassung*. Auf Unternehmensebene kann dies bspw. das Zusammenspiel von Aufsichtsrat, Geschäftsführung, Betriebsrat sowie weiterer Einheiten umfassen.<sup>588</sup> Übertragen auf die Fabrikplanung<sup>589</sup> bedeutet das die Regelung von Zuständigkeiten sowie der Beziehungen der einzelnen Systeme innerhalb der Fabrikplanung sowie über die Grenzen der Fabrikplanung hinaus.<sup>590</sup> Dies umfasst einerseits die Aufgaben und Verantwortlichkeiten, die jedes System übernimmt. Hierzu zählt bspw. die Verantwortung des operativen Projektbetriebs durch das operative Multiprojektmanagement (vgl. Kapitel 4.2.1.3). Andererseits regelt die Organisationsverfassung die Rechte und Pflichten, die die einzelnen Systeme besitzen. Insbesondere zielt dieser Punkt im Sinne der Operationalisierung der Schnittstellen des VSM auf den systemübergreifenden Informationsaustausch ab, da bspw. FP-MPM für seine Arbeit Informationen von FP-ST benötigt und umgekehrt. Die Organisationsverfassung regelt in diesem Fall, welche Informationen in welcher Form und Frequenz fließen und welche Eingriffsrechte in die Arbeit anderer Systeme bestehen (z. B. Veto-Recht, Weisungsbefugnis).<sup>591</sup>

---

<sup>584</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung.

<sup>585</sup> Vgl. Bleicher, K. (2011) Integriertes Management, S. 100 f.

<sup>586</sup> Als Kunde kann bspw. die Business Unit gesehen werden, die nach Fertigstellung in die Fabrik einzieht.

<sup>587</sup> Vgl. Vgl. Bleicher, K. (2011) Integriertes Management, S. 109.

<sup>588</sup> Vgl. Bleicher, K. (2009) Normatives und strategisches Management, S. 55.

<sup>589</sup> Im Folgenden soll im Rahmen der Fabrikplanung von einer Organisationsverfassung gesprochen werden

<sup>590</sup> Auf die Gestaltung der internen Zusammenhänge wird vertieft in Kapitel 5.1.2.1.4 eingegangen, sodass an dieser Stelle nur externe Verflechtungen beleuchtet werden.

<sup>591</sup> Dieser Aspekt wird in Kapitel 5.1.2 vertieft.

Die dritte wesentliche Aufgabe des normativen Leitwerks besteht im Aufbau und in der Pflege der Grundlagen der Kultur. Inwiefern eine Kultur aktiv aufgebaut werden kann, ist in der Literatur umstritten.<sup>592</sup> In jedem Fall übt die oberste Leitung jedoch in Form eines Vorlebens der gewünschten Werte und Normen, durch seinen *Ethos*<sup>593</sup> einen entscheidenden Einfluss aus. Die Kultur prägt das Verhalten der Mitarbeiter. Im Gegensatz zur Organisationsverfassung, die das Verhalten explizit regelt, wirkt die Kultur implizit durch Überzeugungen, Werte und Normen.<sup>594</sup> Im Kontext der Fabrikplanung sind dabei einige Besonderheiten zu beachten. Aufgrund des Projektcharakters der operativen Fabrikplanung ergeben sich temporäre Projektteams, die teils unterschiedlichen Kulturen entstammen und räumlich verteilt agieren, was den Aufbau und die Pflege einer gemeinsamen Kultur erschwert. Nach SCHEIN lassen sich drei Ebenen einer Kultur unterscheiden. Dies sind Artefakte als explizite Ausprägungen einer Kultur, explizite Werte als Ausdruck des erwarteten Verhaltens sowie tieferliegende Grundannahmen, die implizit das Verhalten und Handeln beeinflussen.<sup>595</sup> Die Artefakte sind entsprechend dem gewünschten Zustand einzurichten. Dies kann im Fabrikplanungskontext bspw. eine Infrastruktur darstellen, die eine agile Kollaboration auf mehreren Levels erlaubt durch entsprechende Kollaborationssoftware<sup>596</sup> oder ein Open Office Konzept, in dem die Mitarbeiter sich entsprechend den aktuellen Aufgaben in unterschiedlichen Teams zusammenfinden können. Die handlungsleitenden Werte müssen in einem ersten Schritt niedergeschrieben werden. Die Werte müssen kulturübergreifend konsensfähig sein, sollten jedoch von der zentral verantwortlichen Stelle vorgegeben werden, um die Erwartungshaltung zu definieren. Im zweiten Schritt muss eine regelmäßige Kommunikation der Werte erfolgen. Es empfiehlt sich eine initiale Vermittlung der Werte in persönlicher Form zu Projektbeginn durch eine Autoritätsperson bzw. Identifikationsfigur vor dem gesamten Projektteam, um die Werte und deren Wichtigkeit zu vermitteln. Zudem können Projekträume mit den entsprechenden Werten ausgestattet werden, damit sie den Mitarbeitern stetig präsent sind. Entscheidend ist jedoch das Handeln der einzelnen Personen nach diesen Werten, in den übergeordneten Systemen, aber auch in den Projektteams. Um dies in den Projekten zu gewährleisten, kann die Rolle eines Culture Agents eingeführt werden, dessen Aufgabe es ist, die Werte regelmäßig zu kommunizieren und auf deren Einhaltung zu achten.<sup>597</sup> Die unterschwelligen Werte sind am schwersten zu beeinflussen, vor allem im Kontext temporärer und interkultureller Teams. Einen Weg, dies zu bewerkstelligen, stellt die Methode des Story Telling dar.<sup>598</sup> Durch die Beschwörung von Mythen, Heldenfiguren und -taten oder Erfolgsgeschichten, die in Verbindung mit der Vision und den gewünschten Werten stehen, wird den Mitarbeitern der Sinn dieser vermittelt und durch die psy-

---

<sup>592</sup> Vgl. Hungenberg, H. (2014) Strategisches Management, S. 41 f.

<sup>593</sup> Vgl. Kapitel 3.1.5.2.

<sup>594</sup> Vgl. Hungenberg, H. (2014) Strategisches Management, S. 39.

<sup>595</sup> Vgl. Schein, E. H. (2010) Organizational culture and leadership, S. 24; Lindinger, C. (2013) Spitzenleistung durch Leadership, S. 119 f.

<sup>596</sup> Neuere technische Lösungen wie bspw. ‚Slack‘, die aus dem Software-Bereich stammen, lassen eine deutlich offenere und informellere Kommunikation zu als dies klassisch per E-Mail möglich wäre.

<sup>597</sup> Im Folgenden wird die Rolle des Projektlotsen eingeführt, dessen Rollenprofil sich ideal zur Integration dieser Aufgabe empfiehlt.

<sup>598</sup> Vgl. Lindinger, C. (2013) Spitzenleistung durch Leadership, S. 125.

chologischen Effekte des Story Telling verinnerlicht. Im Fabrikplanungskontext können dies bspw. erfolgreiche Projekte oder Geschichten über Mitarbeiter, die sich über ein bestimmtes Projekt für höhere Aufgaben empfohlen haben, sein.

Die Ausprägung des normativen Leitwerks kann durch eine einzelne Person oder durch einen Zirkel von Personen erfolgen. Wichtig ist, dass das System handlungs- und entscheidungsfähig gestaltet ist, da es die höchste Entscheidungsinstanz bildet. Dies ist im Falle einer einzelnen Person gegeben. Sollte ein Zirkel gewählt werden, kann dies entweder durch eine ungerade Anzahl an Personen gewährleistet werden oder, falls der Zirkel in Form eines holokratischen Ansatzes (vgl. Kapitel 3.1.6.4) agiert, durch die Anwendung einer Lösung, die den Anspruch *gut genug* erfüllt und zu einem späteren Zeitpunkt revidiert werden kann. Zusätzlich ist hervorzuheben, dass insbesondere das Pflegen der Kultur Aufgabe aller Mitglieder des Systems ist.

#### 4.2.1.2 Strategie- und Technologieentwicklung

Ziel der Strategie- und Technologieentwicklung<sup>599</sup> (FP-ST) ist es, Informationen aus der Umwelt vor dem Hintergrund von Chancen und Risiken für die Fabrikplanung aufzunehmen.<sup>600</sup> Sie stellt somit die Entwicklungsfähigkeit des Systems Fabrikplanung sicher und übernimmt im Wesentlichen die Funktion des strategischen Managements, dessen Aufgabe es ist, Wettbewerbsvorteile zu erlangen mit dem Ziel, die Lebensfähigkeit des Systems Fabrikplanung zu erhalten und erfolgreich zu agieren.<sup>601</sup> Hierfür müssen der Markt und der Wettbewerb der Fabrikplanung analysiert werden. Als Markt oder Kunde kann das Unternehmen bzw. dessen Produktionsabteilung oder, je nach Unternehmensstruktur, eine Business Unit betrachtet werden, für den es Nutzen zu erzielen gilt. Dabei befindet sich die Fabrikplanung aber im Wettbewerb. Einerseits mit externen Anbietern im Bereich Fabrikplanung, jedoch auch intern mit anderen Abteilungen, die ebenfalls um Budgets werben, bspw. die Entwicklung, das Marketing oder der Personalbereich. Gegenüber diesen muss die Fabrikplanung ein überlegenes Kosten-Nutzen-Angebot vorweisen, um entsprechende Budgets für Projekte oder die interne Weiterentwicklung genehmigt zu bekommen. Vor diesem Hintergrund kann die Kernaufgabe von FP-ST beschrieben werden:

*Erzeuge einen überlegenen Kundennutzen (effektive Planungsergebnisse), der schnell, günstig und in stabiler Qualität geliefert werden kann (effiziente Planungsprozesse).*

Mit Bezug auf die Effektivität der Planungsergebnisse ist sicherzustellen, dass diese sich an der strategischen Ausrichtung des Unternehmens orientieren und somit die Wettbewerbsfähigkeit auf übergeordneter Ebene erhöhen. Hierfür müssen die Ziele eines jeden Projekts kongruent zu denen des Unternehmens ausgerichtet werden. Dafür benötigt es einen Ansatz, der auf der obersten Ebene der Fabrikplanung (vgl. Kapitel 2.1.2) ansetzt und die Ziele systematisch auf die unteren Ebenen herunterbricht. Für FP-ST ergibt sich hieraus die strategische Aufgabe, Optimierungspotenziale bereits im Produktionsnetzwerk zu identifizieren und diese in konkrete Projekte zu überführen. Weiterhin muss sichergestellt werden, dass das Wissen über *gute und somit effektive* Planungsergebnisse (Best Practices) erhalten, zugänglich gemacht und an zukünftigen Anforderungen gespiegelt wird, wodurch weniger gute Planungsergebnisse, sowohl kurz- als auch langfristig, vermieden werden.

<sup>599</sup> Technologie umfasst im Kontext dieser Arbeit auch explizit das Methodenwissen der Fabrikplanung.

<sup>600</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 149.

<sup>601</sup> Vgl. Teece, D. J. et al. (1997) Dynamic Capabilities, S. 509.

Im Kontext der Effizienz des Planungsprozesses muss das strategische Management an verschiedenen Stellen ansetzen. Es müssen Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, die es ermöglichen, ein Projekt zügig, kostengünstig und in hoher Qualität zu bearbeiten. In diesem Kontext stellt die optimale Eigenplanungstiefe<sup>602</sup> in Kombination mit dem Partnermanagement eine Kernfrage in der Planung dar, sodass hier ebenfalls Handlungsbedarf seitens der strategischen Ebene der Fabrikplanung besteht. Projekte sind geprägt von hohem Zeitdruck und daraus resultierend Parallelität der Planungsaktivitäten, sodass durch FP-ST Möglichkeiten zur effizienten Koordination geschaffen werden müssen. Zuletzt stellt die Planungskompetenz der Mitarbeiter einen Ansatzpunkt dar. Kompetente Mitarbeiter, die auf ihre Aufgaben vorbereitet sind, können diese effizienter bearbeiten. Ebenso wie für die Planungsergebnisse ist es auch für die Planungseffizienz entscheidend, Wissen zu systematisieren, zu kanalisieren und zu hinterfragen, um auch für die Zukunft gerüstet zu sein. Konkret kann hieraus für FP-ST die Bearbeitung der folgenden Handlungsfelder zum Aufbau strategischer Erfolgspositionen<sup>603</sup> (SEP) abgeleitet werden:

- Entwicklung langfristiger Roadmaps für die Netzwerk- und Werkeentwicklung.
- Definition einer optimalen Eigenplanungstiefe.
- Entwicklung von Fabrikstandards als Basis effektiver Planungsergebnisse (Best Practices).
- Entwicklung von Vorgehensstandards für eine effiziente Planung.
- Entwicklung von Projektmanagement- und -koordinationsmethoden zur effizienten Projektdurchführung.
- Entwicklung von Qualifikationsprogrammen für Mitarbeiter, um die Effektivität der Lösungen sowie die Effizienz der Lösungserstellung zu verbessern.
- Befähigung zum systemischen Lernen, wobei dies als Aufgabe des gesamten Systems verstanden werden muss.

Aufgrund der Vielzahl und Fülle der Aufgaben von FP-ST empfiehlt sich die Einrichtung einer Gruppe von Personen. Die zuvor genannten Aufgaben können auf die einzelnen Mitglieder aufgeteilt werden, um Kapazitätsengpässe zu vermeiden. Gleichzeitig ist ein regelmäßiger Austausch zwischen den beteiligten Personen wichtig, da die einzelnen Aufgaben bzw. deren Ergebnisse eine hohe Interdependenz aufweisen, wie die Analyse in Kapitel 2.4.2 gezeigt hat. Von der Qualifikation sollte es sich um erfahrene Fabrikplaner handeln, die jedoch gleichzeitig ein strategisches Verständnis an den Tag legen, da die Entscheidungen, die von FP-ST getroffen werden, langfristiger Natur sind und die Fabrikplanung über Monate oder Jahre prägen.

---

<sup>602</sup> Analog einer Eigenfertigungstiefe bezogen auf die Produktion.

<sup>603</sup> Vgl. Pümpin, C. et al. (2005) SEP –Strategische Erfolgspositionen, S. 30; Hamel, G. et al. (2000) Competence-based competition, S. 13, vgl. hierzu auch Prahalad, C. K. et al. (1990) The Core Competence, S. 81.

#### 4.2.1.3 Operatives Multiprojektmanagement

Primäres Ziel des operativen Multiprojektmanagements (FP-MPM) ist es, einzelne Projekte zu initiieren, den Erfolg der operativen Fabrikplanung sicherzustellen, Synergien zwischen den unterschiedlichen Projekten zu heben und so das Gesamtsystem Fabrikplanung auf ein globales Optimum hinzubewegen, auch wenn dies negative Effekte auf die lokalen Optima einzelner Projekte hat.<sup>604</sup> Den Grundlagen des VSM folgend kann es dazu notwendig sein, die Autonomie der Projekte einzuschränken. Hierzu verfügt FP-MPM über drei wesentliche Hebel:<sup>605</sup>

- Definition von Verhaltensregeln.
- Zuteilung bzw. Entziehung von Ressourcen.
- Direktes Eingreifen in die operative Arbeit der Projekte.

Verhaltensregeln, bspw. in Form von Vorgehensstandards oder standardisierten Reportings, verhindern indirekt das unkontrollierte bzw. ungewollte Verhalten der Projekte. Auch durch die Zuteilung bzw. Entziehung von Ressourcen ist FP-MPM in der Lage, das Verhalten der Projekte zu steuern. Eng damit verbunden ist die Definition von verbindlichen Zielen für die Aktivitäten der Projekte sowie die Kontrolle der Erreichung dieser Ziele. Verhält sich ein Projekt derart, dass dadurch die Stabilität des Gesamtsystems gefährdet ist, kann FP-MPM zudem direkt in die Aktivitäten der Projekte eingreifen. MALIK beschreibt diese Art des Eingriffs aber als ultima ratio und weist darauf hin, dass vermehrte Eingriffe auf strukturelle Mängel in der Systemgestaltung hinweisen.<sup>606</sup> Im Kontext der Fabrikplanung verantwortet FP-MPM die unterschiedlichen Projekte in Form eines Multiprojektmanagements. Es definiert gemeinsam mit den Projektverantwortlichen<sup>607</sup> verbindliche Ziele, teilt den Projekten Ressourcen zu und überwacht kontinuierlich den Projektfortschritt, um im Zweifel Gegenmaßnahmen in Form der oben beschriebenen Mechanismen vornehmen zu können. Die notwendigen Informationen, um diesen Aufgaben nachzukommen, bezieht FP-MPM über drei verschiedene Kanäle:

1. Die vertikale Befehlsachse, die direkt mit den Projekten verbunden ist und über die ein direkter Kanal zur Management-Einheit (Systeme 3, 4 und 5) auf Projektebene besteht.
2. Das Wissensmanagement, über das standardisierte Informationen aus der Koordination zu FP-MPM dringen.<sup>608</sup>
3. Ein Kanal, der direkt mit den Projekten verbunden ist und FP-MPM Zugang zu ungefilterten Informationen ermöglicht.

Der dritte Kanal entspricht dem System 3\* des VSM. Über diesen gelangt FP-MPM an Informationen über den Zustand der Projekte, die ihm über die ersten beiden Kanäle verwehrt blieben. Diese, in der Regel ungefilterten, Informationen können jedoch von großer Bedeutung für FP-MPM sein, da eine richtige Entscheidung eine möglichst vollständige Informationsbasis voraussetzt. Dies kann im Rahmen

<sup>604</sup> Vgl. Beer, S. (1995) *The heart of enterprise*, S. 203.

<sup>605</sup> Vgl. Herold, C. (1991) *Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung*, S. 131 ff.

<sup>606</sup> Vgl. Malik, F. (2003) *Strategie des Managements komplexer Systeme*, S. 108.

<sup>607</sup> Im Wesentlichen dem Steuerkreis und der Projektleitung. Der Lesbarkeit halber wird an dieser Stelle jedoch von Projektverantwortlichen gesprochen.

<sup>608</sup> Dieser Punkt wird näher ausgeführt in Kapitel 4.2.1.4.

der Fabrikplanung bspw. durch ein Projekt-Audit oder spontane Interviews mit den in das Projekt involvierten Mitarbeitern erfolgen. Ferner wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit die Rolle des Projektlotsen eingeführt (vgl. Kapitel 5.1.2.2), der ebenfalls Informationen direkt an FP-MPM übermittelt.

Neben dem operativen Management der Fabrikplanung kommt FP-MPM auch eine abstimmende Funktion mit der Strategie- und Technologieentwicklung (FP-ST) zu. Während FP-ST strategisch die Systemumwelt fokussiert, richtet FP-MPM den Blick auf das operative Geschäft. Diese beiden Sichten gilt es zu synchronisieren, damit beide Systeme ihren Zweck optimal erfüllen können. So muss der Anstoß strategischer Planungsprojekte durch FP-ST eng mit FP-MPM abgestimmt werden, um z. B. Ressourcenengpässe zu vermeiden. Andersherum liefert FP-MPM Informationen für FP-ST, damit es auf Basis von internen und externen Informationen die SEP optimieren kann. Sind sich FP-MPM und FP-ST über den Nutzen und die Machbarkeit eines strategischen Projekts einig, übernimmt FP-MPM den Prozess der Projektinitiierung (vgl. Kapitel 5.3). In einem Aushandlungsprozess mit dem jeweiligen Projektverantwortlichen werden die Projektziele detailliert, Zeitpläne aufgestellt und Ressourcen zugewiesen.<sup>609</sup> Die Projektverantwortlichen übernehmen in diesem Prozess die Detaillierung (bottom-up) des Projekts, um eine möglichst hohe Identifikation des Projektteams mit den definierten Zielen sowie dem anzuwendenden Vorgehen zu gewährleisten. FP-MPM sorgt (top-down) dafür, dass die detaillierten Projektziele konform mit den übergeordneten Zielen sind, Strategien der Fabrikplanung und das gewählte Vorgehen den zu verwendenden Standards entsprechen (vgl. Kapitel 5.2) sowie die zur Zielerreichung erforderlichen Ressourcen vorhanden sind. Dieser Prozess verläuft in mehreren Iterations Schleifen, bis eine für FP-MPM und die Projekte akzeptable Lösung gefunden wird. Konkret lassen sich die Aufgaben von FP-MPM wie folgt zusammenfassen:

- Strategische Projektdefinition gemeinsam mit FP-ST durch Abgleich der internen sowie externen Sicht.
- Initiierung der definierten Planungsaktivitäten in Abstimmung mit den jeweiligen Projektverantwortlichen.
- Lenkung der Projekte mittels Verhaltensregeln, Ressourcenallokation oder direkter Eingriffe im Projektverlauf.
- Rückmeldung bzgl. der von FP-ST entwickelten Strategien, Technologien und Methoden, damit dieses auf dieser Basis Optimierungen vornehmen kann.

Für FP-MPM bietet sich analog zu FP-ST die Ausgestaltung durch eine einzelne Person oder ein Gremium an, wobei die Fülle an Aufgaben oder Projekten eine Besetzung mit mehreren Personen als sinnvoll erscheinen lässt, die dann für einzelne Projekte zuständig sind. Um mit einer Stimme in Richtung von FP-ST sprechen zu können, bspw. zu Anpassungsbedarfen der SEP, sollten sich die Mitglieder regelmäßig austauschen.

---

<sup>609</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 240.

#### 4.2.1.4 Wissensmanagement

Das Wissensmanagement (FP-WM) innerhalb des Management-Modells dient dem Zweck der (Selbst-)Koordination der operativen Einheiten, der Projekte. Es handelt sich bei FP-WM eher um ein passives System, welches dazu dient, unkontrolliertes Verhalten der Projekte zu vermeiden, ohne dass das Eingreifen von FP-MPM erforderlich ist. Ferner erfüllt es einen Informationszweck für FP-MPM, welches auf Basis dieser Informationen Eingriffe vornehmen kann. Die operative Umsetzung des Wissensmanagements erfolgt im vorliegenden Management-Modell durch drei Mechanismen:

- Verhaltenssteuerung auf Basis normativer Werte.
- Verhaltenssteuerung auf Basis standardisierter Zielbilder und Vorgehensweisen.
- Selbstkoordination durch Kommunikation.

Der erste Mechanismus wirkt auf Basis normativer Werte, in diesem Zusammenhang spielt die Kultur eine entscheidende Rolle. ANDERTON bemerkt hierzu: „[...] it was useful to see how a company culture [...] was important as a variety reducer: it made people's reaction more predictable“<sup>610</sup>. Die im normativen Leitwerk definierten Werte helfen, das Verhalten der Projekte ohne weiteren Eingriff im Sinne der gesamten Fabrikplanung zu steuern. Der zweite Mechanismus steuert das Verhalten durch die Bereitstellung und bindende Nutzung von Standards auf verschiedenen Ebenen. Standards, z. B. in Form von Fabrikbaukästen (vgl. Kapitel 5.2.4), verhindern ein unkontrolliertes Planungsergebnis, Vorgehensstandards verhindern ineffizientes Verhalten in der Lösungsfindung. Daneben unterstützen weitere Hilfsmittel, wie ein standardisiertes Projektreporting, das gewünschte Verhalten der Projekte.<sup>611</sup> Der Mechanismus der Kommunikation sorgt für einen dezentralen Informationsaustausch zwischen den einzelnen Projekten. Durch die direkte Kommunikation werden aufwendige hierarchische Wege vermieden und die Informationen gelangen schnell an den Ort bzw. zu der Person, wo sie benötigt werden. Gleichzeitig ist auf eine bestmögliche Dokumentation der Informationen zu achten, damit das ausgetauschte Wissen FP-MPM zugänglich gemacht wird. Zusammengefasst erfüllt FP-WM im Kontext des zu entwickelnden Management-Modells folgende Aufgaben:

- Vermittlung der Kultur zur Verhaltenssteuerung.
- Vermittlung der SEP für eine erfolgreiche Projektdurchführung.
- Aufnahme und Aufbereitung standardisierter Projektkennzahlen in Vorbereitung der Aktivitäten von FP-MPM.
- Schaffung von Möglichkeiten zur dezentralen Kommunikation der verschiedenen Projekte bei gleichzeitiger Dokumentation der Inhalte.

Aufgrund der passiven Funktionsweise dieses Systems ist die Ausgestaltung durch eine Person oder einen Personenkreis nicht empfehlenswert. Die Kultur der Organisation wird optimalerweise durch das Handeln der der Organisation zugehörigen Personen vermittelt. Dies fängt an der Spitze der Organisation an, umfasst aber ebenso die Mitarbeiter, die die anderen Systeme verkörpern. Somit wird dieser Teil von FP-WM von jedem einzelnen Mitarbeiter ausgeübt. Die eher technischen Aspekte, also die Vermittlung von Standards, die Aufnahme und Aufbereitung von Kennzahlen sowie die Bereitstellung

---

<sup>610</sup> Vgl. Anderton, R. (1996) The need for formal development of the VSM, S. 45.

<sup>611</sup> Standardinhalte des Projektmanagements, der Buchführung o. Ä., werden in dieser Arbeit nicht vertieft. Dazu sei auf die jeweilige Fachliteratur verwiesen, die diese Themen erschöpfend behandelt.

von Kommunikationskanälen, können über eine rechnergestützte Plattform realisiert werden. Die Vermittlung von Standards kann durch die Bereitstellung in Form eines Wiki-Systems erfolgen, welches die anzuwendenden Standards sowie erklärende Informationen enthält. Ebenso sollte das Projektreporting IT-technisch integriert erfolgen. Projektrelevante Kennzahlen werden eingegeben und automatisch verarbeitet für FP-MPM bereitgestellt. Kommunikation spielt sich auf unterschiedlichen Ebenen ab. Die wichtigste Komponente stellt die persönliche Kommunikation dar. Diese kann jedoch durch elektronische Kommunikation in Form von Diskussionsforen oder Enterprise Social Networks integriert werden<sup>612</sup>, die die Kommunikation elektronisch dokumentieren und somit zugänglich für systematisches Lernen machen.

#### 4.2.1.5 Die Projektebene

Die Projekte sind diejenigen Bestandteile, die den Grundzweck des Gesamtsystems erfüllen. Im Falle eines Gesamtsystems Fabrikplanung bedeutet dies: Fabriken planen. Dem Gesetz der Rekursion lebensfähiger Systeme folgend ist jedes Projekt selbst wieder als lebensfähiges System konzipiert. Dementsprechend besteht es aus operativen Systemen sowie einer übergeordneten Management-Einheit. Die operativen Systeme dieser zweiten Rekursionsebene repräsentieren die verschiedenen Planungsteams, die operativ die einzelnen Aufgaben bzw. Module bearbeiten.<sup>613</sup> Die Koordinationsaufgabe erfüllt auf Projektebene der Projektlotse. Hierbei handelt es sich um erfahrene, teamübergreifende Planer, die die Teams methodisch unterstützen, den notwendigen Informationsfluss zwischen den Teams sicherstellen und dafür sorgen, dass die Projektleitung mit den Informationen versorgt wird, die sie benötigt. Das System 3 repräsentiert die Projektleitung.<sup>614</sup> Sie ist für das operative Management der Teams zuständig und steuert die Teams mit ähnlichen Hilfsmitteln wie es FP-MPM auf der übergeordneten Rekursionsebene tut (Aufstellen von Verhaltensregeln, Ressourcenallokation, direkter Eingriff). Im Gegensatz zum Projektlotsen ist die Projektleitung den Teams gegenüber weisungsbefugt. Die Projektleitung agiert in enger Abstimmung mit dem Steuerkreis, der das strategische Management auf Projekt-Ebene repräsentiert. Das normative Element ist auf Projektebene nicht unmittelbar einer Person bzw. einem Gremium zuzuweisen, sondern wird im Management-Modell dieser Arbeit ebenfalls durch den Steuerkreis abgedeckt.

Innerhalb der Planungsteams kommen die Fabrik- und Vorgehensstandards, die von FP-ST erarbeitet wurden, zur Anwendung. Die Teams wenden die Methoden und Fabrikbaukästen im Projektumfeld an und schaffen so ein individuell zugeschnittenes Ergebnis unter Verwendung standardisierter Elemente, wodurch die Effektivität und Effizienz der Planung gewährleistet wird (vgl. Kapitel 5.2.4).<sup>615</sup> Der Projektlotse leitet die Teams methodisch an und koordiniert die Arbeiten, ohne den Teams gegenüber wei-

---

<sup>612</sup> Vgl. DiMicco, J. et al. (2009) People Sensemaking.

<sup>613</sup> Diese können im nächsten Schritt in ihre Individuen heruntergebrochen werden; dies ist für die vorliegende Arbeit allerdings nicht zielführend, sodass darauf verzichtet wird.

<sup>614</sup> Dies kann ein einzelner Projektleiter sein, ebenso aber auch ein Leitungsteam, vgl. Wesch-Potente, C. (2015) Strukturelle Synchronisationsmechanismen, S. 96.

<sup>615</sup> Dieser Ansatz folgt der Logik der Mass Customization, die es erlaubt, dem Kunden ein individuell auf ihn zugeschnittenes Produkt bei Verwendung standardisierter Elemente zu liefern. Somit wird eine hohe externe Varianz bei gleichzeitig handhabbarer interner Varianz gewährleistet.



sungsbefugt zu sein. Die Rolle des Projektlotsen wird im Laufe der Arbeit genauer erläutert (vgl. Kapitel 5.1.2.2). Die Projektleitung setzt vor allem die auf der höheren Rekursionsebene entwickelten Methoden zur Strukturierung und zum Management von Fabrikplanungsprojekten ein, um Synergien zwischen den Planungsteams zu heben, eine möglichst stabile Projektbearbeitung zu ermöglichen und so letztlich die definierten Projektziele zu erreichen. Diese Instrumente bieten der Projektleitung eine Sammlung an Ansätzen, um auch im turbulenten Umfeld die Zielerreichung sicherzustellen. Ziel ist es, den Teams größtmögliche Autonomie zuzugestehen, dabei aber nicht die Kohäsion des Projekts zu gefährden. Der Steuerkreis unterstützt die Projektleitung in der Konzeptionsphase des Projekts und stellt eine kontinuierliche Ausrichtung an den strategischen Zielen sicher. Er wird im Projektverlauf durch die Projektleitung informiert bzw. informiert diese, sollte es im Projektumfeld relevante Entwicklungen geben. Unter gegenseitiger Abstimmung entwickeln Steuerkreis und Projektleitung Maßnahmen, die durch die Projektleitung implementiert werden. Zusätzlich stimmt der Steuerkreis in Abstimmung mit der Projektleitung die Informationen ab, die über das standardisierte Projektreporting über FP-WM an FP-MPM in die übergeordnete Rekursionsebene gemeldet werden.

#### 4.2.2 Reflexion des Management-Modells

Das entwickelte Management-Modell für die Fabrikplanung besteht aus zwei Ebenen, einer operativen Projektebene sowie einer übergeordneten Management-Ebene, die die langfristige Lebensfähigkeit des Gesamtsystems Fabrikplanung sicherstellt. Vor diesem Hintergrund soll an dieser Stelle eine Reflexion des Management-Modells vorgenommen werden, in der der Abgleich des Modells mit den zuvor definierten Anforderungen aus Abbildung 4-1 erfolgt.<sup>616</sup> Da bestimmte Ausprägungen bzw. Eigenschaften des Management-Modells sowohl Anforderungen aus der Praxis als auch der Theorie adressieren, erfolgt eine parallele Prüfung der Kriterien.

Eine grundlegende Anforderung aus der Praxis, die einen Paradigmenwechsel in der Fabrikplanung darstellt, ist die Strategieorientierung, die Fabrikplanung als mehr als nur reines Projektgeschäft begreift. Dies ist im Management durch die übergeordnete Rekursionsebene erfolgt, die an die Systemgestaltung 2. Ordnung nach RIEDEL angelehnt ist, diese aber detailliert.<sup>617</sup> Der grundlegende Aufbau des Management-Modells ist am Modell lebensfähiger Systeme ausgerichtet und vereint dementsprechend die Funktionen des operativen, strategischen und normativen Managements in der Fabrikplanung. Diese Systeme übernehmen gemeinsam die Funktionen des Gestaltens, Lenkens und Entwickelns der Fabrikplanung. Ihr gemeinsames Ziel ist es, die Lebensfähigkeit der Fabrikplanung auf Dauer sicherzustellen. Dies erfolgt durch die sinnstiftende Arbeit des normativen Leitwerks in Form von Vision und Mission, welches gleichzeitig die grundlegende Struktur des Systems Fabrikplanung definiert. FP-ST richtet den Blick nach außen, beobachtet die Umwelt im Unternehmen und darüberhinausgehend und leitet strategische Handlungsbedarfe für die Fabrikplanung ab, bspw. die Initiierung neuer Projekte, die Entwicklung von Fabrik- oder Methodenstandards sowie die Einführung neuer Technologien in die Fabrikplanung. Das operative Multiprojektmanagement lenkt das Tagesgeschäft, die Projektabwicklung, in Form eines Multiprojektmanagements und verantwortet so den Erfolg der laufenden Projekte. Gleichzeitig ist es dafür

---

<sup>616</sup> An dieser Stelle erfolgt der Abgleich mit den praktischen und theoretischen Herausforderungen. Die Erfüllung der Anforderungen der Modelltheorie erfolgt an späterer Stelle, nachdem das Modell konkretisiert und mit der Praxis diskutiert wurde.

<sup>617</sup> Vgl. Kapitel 3.2.

verantwortlich, strategisch initiierte Projekte zu operationalisieren sowie Erfahrungen aus dem Projektgeschäft an FP-ST zurückzugeben, damit diese in die strategische Entwicklung der Fabrikplanung einfließen können. Gemeinsam mit den Schlüssen, die FP-ST aus der Beobachtung der Umwelt zieht, wird so die langfristige Lern- und Entwicklungsfähigkeit des Systems Fabrikplanung sichergestellt. Diese Eigenschaft erfüllt auch die Anforderung agiler Prinzipien. Das Management-Modell kann durch die Implementierung von negativer und positiver Rückkopplung kontinuierlich auf unterschiedlichen Ebenen an neue Bedarfe angepasst werden. Werden neue Fähigkeiten oder Instrumente in der Fabrikplanung benötigt, werden diese durch FP-ST entwickelt und bereitgestellt. Ergeben sich Bedarfe bzgl. neuer Projekte, werden diese durch FP-ST in enger Abstimmung mit FP-MPM initiiert und vorbereitet, wodurch das Management-Modell keine feste Struktur aufweist, sondern einem kontinuierlichen Wandel ausgerichtet an den Anforderungen der Umwelt unterliegt. Ein wesentlicher Befähiger in diesem Kontext ist der Mensch. Den Faktor Mensch systematisch und strategisch in die Fabrikplanung zu integrieren ist Aufgabe von FP-ST. Auf normativer Ebene erfolgt durch die Formulierung von Vision und Kultur die Sinngebung, die für die Grundmotivation des Menschen verantwortlich ist. FP-ST ist in der Folge verantwortlich, den Menschen mit seinen Stärken und Schwächen optimal in den Fabrikplanungsprozess einzubinden und ihn mit den notwendigen Fähigkeiten auszustatten, die die Rolle im operativen Projektgeschäft oder in einer strategischen Funktion von ihm verlangt. Durch sein Handeln, unterstützt durch die Strukturen des Management-Modells, sollen der Mensch und somit die Fabrikplanung als Ganzes letztlich in die Lage versetzt werden, Wert im Sinne des Unternehmens zu erzeugen und so nachhaltig zur Entwicklung der Fabrikplanung und der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens beizutragen.



## 5 Detaillierung des Management-Modells

Um das Management-Modell in der Praxis anwenden zu können, müssen die unterschiedlichen Ebenen mit Leben gefüllt werden. Die Grundlage dafür bildet die in Kapitel 4.2.1 dargestellte Struktur mit den Ebenen des normativen, strategischen und operativen Managements. Zunächst wird die Arbeit des normativen Leitwerks beleuchtet (vgl. Kapitel 5.1). Auf Basis der normativen Grundlagen kann FP-ST seine Aufgaben aufnehmen, die Strategie der Fabrikplanung definieren und die benötigten Lösungsansätze entwickeln. Dies wird in Kapitel 5.2 dargestellt. Die Arbeit von FP-MPM sowie der Projektebene sind nur in Kombination mit den Aktivitäten des normativen Leitwerks und FP-ST sinnvoll darstellbar. Daher erfolgt in Kapitel 5.3 die Operationalisierung der Aktivitäten in Form einer Prozessbeschreibung, in die die Arbeit von FP-MPM und der Projektebene eingebettet ist, bevor die Ergebnisse in Kapitel 5.4 rekapituliert werden.

### 5.1 Ebene des normativen Managements in der Fabrikplanung

Die normative Ebene des Management-Modells fußt auf zwei wesentlichen Elementen. Die erste Ebene adressiert die inhaltliche bzw. Sachdimension und orientiert sich im Wesentlichen an der Arbeit von VAHS zur Organisationsgestaltung mit Fokus auf die Visions- und Kulturgestaltung und die Definition der übergeordneten Ziele (Kapitel 5.1.1).<sup>618</sup> Im Anschluss erfolgt in Kapitel 5.1.2 die Definition der grundlegenden Organisationsverfassung, die Rechte und Pflichten sowie das Agieren untereinander der einzelnen Systeme regelt.

#### 5.1.1 Initiierung des normativen Managements

Die in dieser Arbeit verwendeten Elemente der normativen Ebene basieren auf der Arbeit von VAHS und umfassen vier Schritte: Situationsanalyse, Organisationsanalyse, Organisationsdiagnose und Zielformulierung.<sup>619</sup> Die Schritte sind dabei nicht konsekutiv, sondern iterativ zu durchlaufen. Ziel ist es, eine möglichst vollständige Informationsbasis zu schaffen, auf Basis derer in den Folgeschritten die (Um-)Gestaltung der Fabrikplanung erfolgt.<sup>620</sup> Hier sei hervorgehoben, dass es nicht darum geht, alles Bestehende in einem Unternehmen zu ersetzen. Vielmehr sollen bestehende Ansätze in die Ist-Analyse einfließen, um insbesondere die Stärken und das, was gut funktioniert, in der Folge miteinzubeziehen.

---

<sup>618</sup> Vgl. Vahs, D. (2007) Organisation.

<sup>619</sup> Vgl. Vahs, D. (2007) Organisation, S. 349. Es existiert zudem eine emotionale Dimension, die an dieser Stelle aber nicht weiter ausgeführt wird, da sie keine fabrikplanungsspezifischen Elemente adressiert, sondern vielmehr den Menschen als solchen in den Mittelpunkt stellt.

<sup>620</sup> Es wird an dieser Stelle vom einer *möglichst* vollständigen Informationsbasis gesprochen, da eine *vollkommen* vollständige Informationsbasis nicht erreicht werden kann. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Fabrikplanung in einem dynamischen Umfeld agiert, sodass Informationen, die gesammelt und mit Zeitverzug ausgewertet wurden, ggf. schon wieder überholt sind. Es obliegt daher dem Anwender zu entscheiden, wann die Qualität der Informationsbasis genügt, um die Gestaltung der Organisation in Angriff zu nehmen.

#### 5.1.1.1 Situationsanalyse

Im ersten Schritt gilt es, die normativen Leitplanken für die weitere Entwicklung der Fabrikplanung zu definieren. Dabei sind im Wesentlichen die folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche Vision soll verfolgt und welche Kultur soll in der Fabrikplanung gelebt werden?
- Wie kann die Fabrikplanung mit ihren Ergebnissen effektiv zur Wettbewerbsfähigkeit des gesamten Unternehmens beitragen und welche Strukturen und Prozesse helfen dabei dies möglichst effizient zu tun?

Im ersten Schritt ist es das Ziel, die grundlegenden Pfeiler des Handelns zu definieren, die in der Folge konkretisiert werden können. Jede Organisation benötigt eine Vision, um ihren Mitarbeitern die Sinnhaftigkeit ihrer Arbeit vermitteln zu können. Aus diesem Grund ist zunächst die Vision der Fabrikplanung aus der Gesamtunternehmensvision abzuleiten. Durch die Einbindung einer Gruppe in den Visionentwicklungsprozess wird die Vision von Anfang an von mehreren Personen mitgetragen, dies erleichtert die spätere Kommunikation und Akzeptanz. Methoden zur Entwicklung einer Vision finden sich in der Arbeit von HAGEMANN.<sup>621</sup> Neben dem *was* ist außerdem das *wie* der Arbeit der Fabrikplanung zu entwickeln. Die Kultur steuert das Verhalten der Mitarbeiter und wirkt sich somit positiv auf die Varietät des Systems aus. Daher ist es wichtig, ein gemeinsames Verständnis des Denkens und Handelns in der Organisation zu entwickeln. Ob und inwiefern eine Kultur bzw. deren Wandel konkret definiert werden kann, ist in der Literatur umstritten. Unbestritten ist jedoch der Einfluss der Führungskräfte durch ihr Verhalten (vgl. Kapitel 3.1.6).<sup>622</sup>

---

<sup>621</sup> Vgl. Hagemann, G. (2009) Methodenhandbuch Unternehmensentwicklung, S. 72 ff.

<sup>622</sup> Hinweise zum Vorgehen der Kulturentwicklung oder des Wandels finden sich bei Homma und Bauschke, vgl. Homma, N. et al. (2015) Unternehmenskultur und Führung, S. 11 ff.

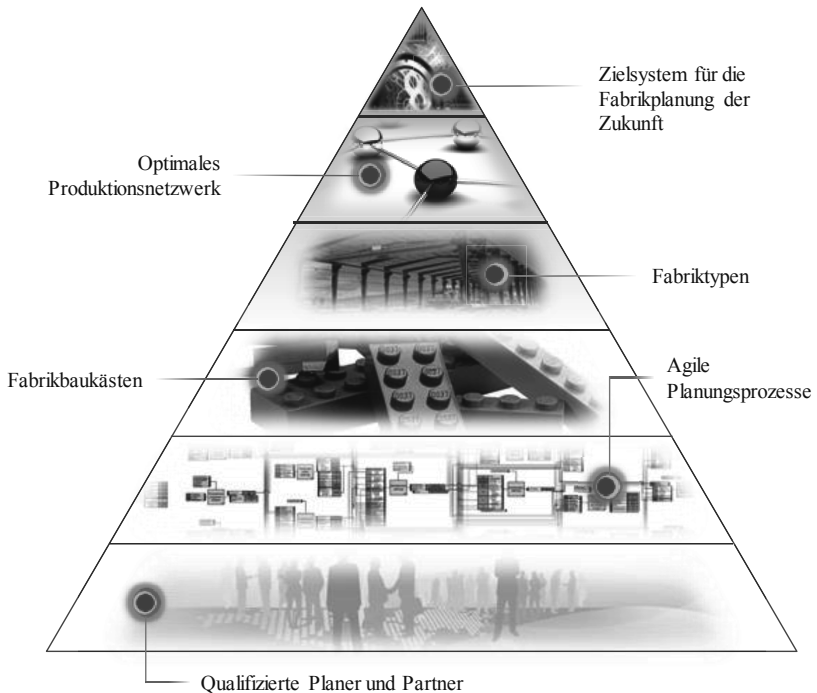


Abbildung 5-1: Pyramidenmodell als Grundlage der Visionsentwicklung<sup>623</sup>

Die Frage des Beitrags zur Wettbewerbsfähigkeit muss in enger Abstimmung mit der Unternehmensstrategie beantwortet werden. Dazu muss zunächst, falls diese noch nicht vorliegt, eine Produktionsstrategie entwickelt werden, die die Anforderungen an eine zukunftsorientierte Produktion aus Gesamtunternehmenssicht definiert.<sup>624</sup> Ein Vergleich der Literatur offenbart, dass keine einheitliche Definition einer Produktionsstrategie existiert. Einig, wenn auch unterschiedlich im Wortlaut, sind sich verschiedene Autoren jedoch bezüglich der Inhalte. Demnach umfasst eine Produktionsstrategie grundlegende Entscheidungen bzgl. Fertigungstiefe, Technologie, Standort, Kapazität sowie Organisation (auch mit Zulieferern).<sup>625</sup> Auf dieser Basis gilt es für die Fabrikplanung aufzusetzen. Um den Prozess zu strukturieren und handhabbar zu machen, empfiehlt es sich nach der Erfahrung des Autors dieser Arbeit, nach den vier Domänen der Fabrikplanung nach BURGGRÄF vorzugehen, die in einer Pyramide für die Fabrikplanung aufgegliedert werden können (vgl. Abbildung 5-1).<sup>626</sup> Im ersten Schritt sind Vision und Ziele, wohl auf einem groben Level, zu definieren, die das Handeln der Fabrikplanung lenken sollen,

<sup>623</sup> I. A. a. Burggräf, P. (2015) Quo vadis Industrial Production?, S. 13.

<sup>624</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 112.

<sup>625</sup> Vgl. Wildemann, H. (1997) Fertigungsstrategien, S. 8; Zahn, E. (2012) Produktion als Wettbewerbsfaktor, S. 241-258; Henrich, P. (2002) Strategische Gestaltung, S. 37 ff.

<sup>626</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 13.

sowohl bezogen auf den Beitrag zum Unternehmenserfolg als auch auf die eigene Entwicklung des Systems Fabrikplanung.

Diese groben Ziele sind in der Folge zu konkretisieren. Zunächst wird die Objektebene adressiert. Aus der Produktionsstrategie abgeleitet steht das Produktionsnetzwerk im Fokus. Hier gilt es ein übergeordnetes Zielsystem zu definieren, mit welchem die Ziele des Unternehmens bestmöglich erfüllt werden können, bspw. niedrige Kosten, kurze Lieferzeiten oder eine hohe Zuverlässigkeit. Um dies zu ermöglichen, werden unterschiedliche Fabriktypen benötigt. Auf dieser Ebene geht es zunächst um grobe Anforderungsprofile an die Fabriken, die sich aus der Zielsetzung des Produktionsnetzwerks ableiten. Hierfür werden, ähnlich wie in einem erfolgreichen Sportteam, unterschiedliche Fähigkeiten in den Fabriken benötigt, die in Summe den Bedarf erfüllen. Trotz der Unterschiedlichkeit der Fabriken lassen sich verschiedene Elemente in mehreren Fabriktypen verwenden, seien sie organisatorischer, digitaler oder physischer Natur. Durch diesen Ansatz kann ein Baukasten erzeugt werden, der eine gleichbleibende Qualität im Planungsergebnis bei niedrigen Planungskosten sicherstellt. Ob ein derartiger Baukasten lohnenswert ist und welche Ziele mit diesem erreicht werden sollen, ist auf dieser Ebene zu diskutieren. Ein weiteres wichtiges Element in der Pyramide stellt der Planungsprozess dar. Die Prozesse bzw. das Vorgehen haben einen wesentlichen Einfluss auf Dauer und Kosten eines Fabrikplanungsprojekts. Zudem ermöglichen oder behindern sie eine flexible Reaktion auf unvorhergesehene Änderungen der Rahmenbedingungen im Projektablauf. Innerhalb dieses Themenblocks gilt es daher, die Anforderungen an das Vorgehen und die dazugehörigen Prozesse der Fabrikplanung festzulegen. In diesem Kontext sind daher Ziele zu definieren, welche Anforderungen an den Prozess und ggf. die IT-Unterstützung gestellt werden sollen, welche Rolle der Planer einnehmen soll oder wie Schnittstellen zu externen Partnern ausgebildet werden. Ebendiese Planer und Partner bilden das Fundament der Pyramide. Sie sind es, die den Fabrikplanungsprozess abwickeln und letztendlich für die Realisierung des Planungsergebnisses sorgen. Aus diesem Grund muss auf dieser Ebene ein Zielbild entworfen werden, welche Anforderungen an interne Planer gestellt werden (z. B. Generalist vs. Experte), was die Zielsetzung der Einbindung externer Partner ist und wie die Zusammenarbeit gestaltet werden soll. Dieses Idealbild der Fabrikplanung bildet die Grundlage der späteren Identifikation der Schwachstellen bzw. Entwicklungspotenziale im Produktionsnetzwerk sowie bei einzelnen Fabriken, aber ebenso in der Fabrikplanung selbst, wenn bspw. Prozesse oder Ausbildungsprogramme zu optimieren sind.

Neben dem Entwurf der Vision sind auf der normativen Ebene ebenso die Grundzüge der Kultur zu entwickeln. Inwiefern eine Kultur aktiv aufgebaut werden kann, ist in der Literatur umstritten.<sup>627</sup> In jedem Fall übt die oberste Leitung jedoch in Form eines Vorlebens der gewünschten Werte und Normen durch ihren Ethos<sup>628</sup> einen entscheidenden Einfluss aus. Die Kultur prägt das Verhalten der Mitarbeiter. Im Gegensatz zur Unternehmensverfassung, die das Verhalten explizit regelt, wirkt die Unternehmenskultur implizit durch Überzeugungen, Werte und Normen.<sup>629</sup> Im Kontext der Fabrikplanung kommt dem Verhalten der Mitarbeiter und somit auch der dahinterstehenden Kultur eine hohe Bedeutung zu, da die operativen Teams verteilt und in temporären Konstellationen arbeiten, was die zentrale Pflege bzw. Entwicklung einer Kultur erschwert. In einem Beispiel sollen drei Faktoren einer erfolgsstützenden Kultur in der Fabrikplanung erläutert werden:

---

<sup>627</sup> Vgl. Hungenberg, H. (2014) Strategisches Management, S. 41 f.

<sup>628</sup> Vgl. Kapitel 3.1.5.2.

<sup>629</sup> Vgl. Hungenberg, H. (2014) Strategisches Management, S. 39.

- Offenheit
- Spontanität
- Wertorientierung

Fabrikplanung bedeutet Teamarbeit, häufig über Unternehmensgrenzen hinweg. Dies bedingt eine Kultur der Offenheit, in der die Planer offen und teamorientiert miteinander umgehen, um eine effektive und effiziente Zusammenarbeit zu ermöglichen. Aufgrund der hohen Dynamik im Projektumfeld ist zudem Spontanität ein wesentlicher Erfolgsfaktor einer erfolgreichen Kultur in der Fabrikplanung. Die Mitarbeiter müssen gewillt und in der Lage sein, kurzfristig auf unvorhergesehene Entwicklungen zu reagieren und ihre Arbeit anzupassen, anstatt an einem zuvor formulierten Plan festzuhalten. Zuletzt kommt der Wertorientierung eine hohe Bedeutung zu. Die Planung einer Fabrik ist eine Aufgabe, die sich theoretisch unendlich lange fortsetzen lässt, da stets eine weitere Detaillierung vorgenommen werden kann. Der Mitarbeiter muss sich daher bei allem, was er tut, die Frage stellen: „*Erzeuge ich mit meinem Tun zusätzlichen Wert?*“ Tun Mitarbeiter dies nicht, besteht die Gefahr der Erzeugung von Blindleistung und somit der Verschwendung wertvoller Ressourcen.<sup>630</sup>

#### 5.1.1.2 Organisationsanalyse

Im Gegensatz zur Situationsanalyse, die einen Soll-Zustand der Fabrikplanung beschreibt, fokussiert die Organisationsanalyse die Innensicht und erörtert den Status Quo. Dabei empfiehlt es sich, innerhalb derselben Kategorien vorzugehen, die zuvor in der Situationsanalyse zugrunde gelegt wurden. Folgende Fragen können helfen, die Analyse durchzuführen:

##### **Vision/Kultur**

- Existiert eine explizite Vision für die Fabrikplanung bzw. welche impliziten Elemente einer Vision existieren?
- Existiert eine fabrikplanungsspezifische Kultur bzw. welche impliziten Elemente einer Kultur sind erkennbar?

##### **Ziele**

- Sind explizite Ziele für die Fabrikplanung definiert? Welche impliziten Ziele wurden in den letzten Jahren verfolgt? (Wie) Tragen diese zur Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens bei?
- Existiert eine Produktionsnetzwerkstrategie bzw. wurden das Produktionsnetzwerk sowie die Fabriken mit explizitem Ziel und Zweck entwickelt?

##### **Objekt**

- Existieren explizite oder implizite Rollen für die Fabriken im Produktionsnetzwerk? Sind die Fabriken gemäß diesen Rollen geplant und entwickelt worden?

---

<sup>630</sup> Der Entwurf eines allgemeinen Modells und die Entwicklung konkreter Handlungsempfehlungen stehen prinzipiell in Konkurrenz zueinander. Der Autor dieser Arbeit versucht, in seinen Ausführungen so konkret wie möglich zu werden, ist aber an verschiedenen Stellen gezwungen, der Universalität den Vorzug zu geben; vgl. hierzu die Ausführungen von Malik: „Jede [...] Darstellung muss zwangsläufig abstrahieren und idealisieren“, vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 95.



- Welche Stakeholder wurden und werden in die Anforderungs- und Zieldefinition der Fabrikplanung einbezogen?
- Existieren explizite oder implizite Standards für die Fabrik? Falls ja, vor welchem Hintergrund und auf welche Weise wurden diese entwickelt?

### **Vorgehen/Prozess**

- Existiert ein systematisches oder implizites Vorgehen in der Fabrikplanung? Wie lässt sich dieses beschreiben? Ist es einfach kommunizierbar bzw. können neue Mitarbeiter in diesem geschult werden?
- Existieren Anforderungen und daraus abgeleitet Ziele, denen das Vorgehen in der Fabrikplanung und die damit verbundenen Prozesse zu genügen haben? Inwieweit erfüllt das Vorgehen, soweit vorhanden, diese Anforderungen?

### **Subjekt**

- (Wie) Findet der Mensch Beachtung im Rahmen der Fabrikplanung?
- Existieren Rollenverständnisse in der Planung und sind die Anforderungen bzw. Kompetenzen der eigenen Rollen explizit formuliert?
- Existieren Kompetenzprofile der Mitarbeiter und werden diese systematisch weiterentwickelt?

Vor dem Hintergrund des VSM wird zudem empfohlen, eine VSM-orientierte Analyse der internen Organisation durchzuführen.<sup>631</sup> Hierfür stellt HEROLD ein passendes Vorgehen bereit, in dem die aktuelle Organisation in einem VSM mit zwei Rekursionsebenen dargestellt wird. Im Kontext dieser Arbeit umfasst dies die Projekt- sowie Fabrikplanungsmanagement-Ebene.<sup>632</sup> Alle Aktivitäten und Verantwortlichkeiten werden dazu der Struktur mit zwei Rekursionsebenen zugeordnet. Im ersten Durchlauf werden dabei naturgemäß verschiedene Fragen unbeantwortet bleiben bzw. nur schwer zuzuordnen sein, falls bisher nicht in einer VSM-Struktur gedacht und gearbeitet wurde. Trotzdem ist dieser Schritt sinnvoll und dient dazu, eine Vorstellung zu gewinnen, wie die Organisation derzeit funktioniert, was sie tut, was sie nicht tut und dadurch explizit die Grenzen des Betrachtungsbereichs für die folgenden Schritte zu definieren.<sup>633</sup>

#### **5.1.1.3 Organisationsdiagnose**

Im Rahmen der Organisationsdiagnose erfolgt die Zusammenführung der Situations- sowie Organisationsanalyse. Soll- und Ist-Stand werden gegenübergestellt, um gezielt Schwachstellen und Potenziale der Fabrikplanung aufzuzeigen.<sup>634</sup> Den Leitfaden für die Diagnose bilden die Kategorien, die bereits in den vorherigen Schritten definiert wurden. Innerhalb dieser werden die Erhebungen aus Soll- und Ist-Analyse bewertet. Die Bewertung kann dabei in den Kategorien Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken erfolgen. Stärken und Schwächen beschreiben die Lücke, die derzeit zwischen Soll- und Ist-Zustand existiert. Durch die Analyse von Chancen und Risiken wird der Blick in die Zukunft gerichtet, was durch das Schließen der Lücke erreicht werden kann (Chancen) bzw. welche Risiken entstehen,

<sup>631</sup> Vgl. Beer, S. (2007) Diagnosing the system, S. 59.

<sup>632</sup> Vgl. Kapitel 4.2.1.

<sup>633</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 195.

<sup>634</sup> Vgl. Vahs, D. (2007) Organisation, S. 352.

sollte die Lücke nicht geschlossen werden bzw. welche Risiken durch die Implementierung neuer Elemente entstehen. Für die Analyse der heutigen Organisation bzw. Strukturen in Bezug auf das VSM bietet HEROLD eine Reihe von Fragen, die innerhalb der Diagnose herangezogen werden können.<sup>635</sup> Ein Beispiel mit typischen Schwachstellen in der Fabrikplanung ist in Abbildung 5-2 dargestellt.

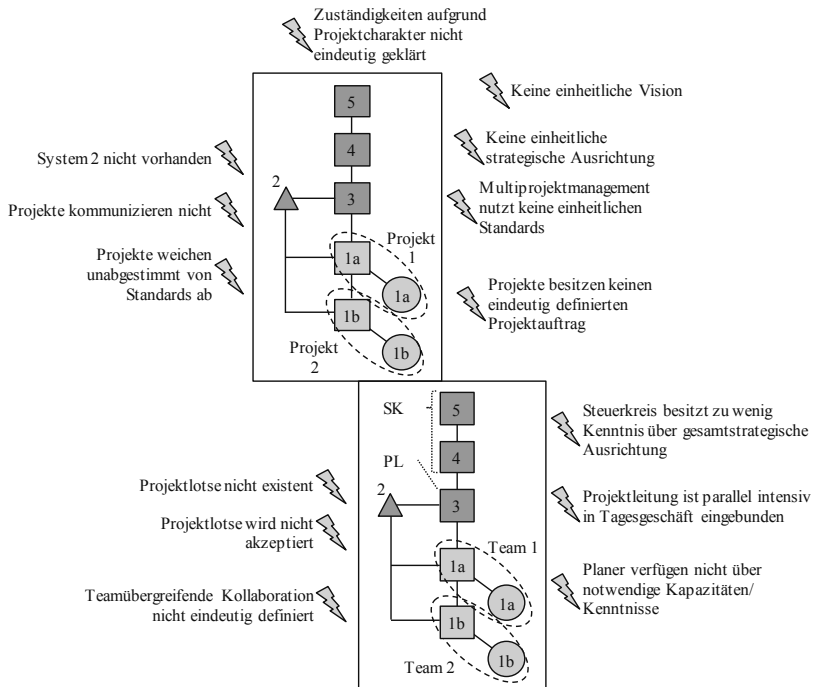


Abbildung 5-2: Typische Schwachstellen der Fabrikplanung anhand eines VSM-Modells

#### 5.1.1.4 Zielformulierung

Auf Basis der bisher durchgeführten Arbeiten werden im Rahmen der Zielformulierung konkrete Ziele für den (Um-)Gestaltungsprozess definiert. Aufgrund des iterativen Charakters der Initiierungsphase ist es nicht notwendig, die Ziele im ersten Durchlauf detailliert zu definieren, sondern als Grundlage weiterer Iterationen zu nutzen, um zielgerichtet Informationen sammeln und auswerten zu können. Über mehrere Durchläufe wird so ein Zielsystem definiert, welches den Kriterien der Vollständigkeit sowie Widerspruchsfreiheit genügen muss.<sup>636</sup> Die Ziele können dabei zwei Dimensionen adressieren: extern oder intern. Externe Ziele adressieren eine gewünschte Positionierung der Fabrikplanung in ihrer Umwelt. Interne Ziele hingegen adressieren identifizierte Schwachstellen innerhalb der Organisation. Für die Ausarbeitung einzelner Ziele bzw. eines Zielsystems existieren in der Literatur Hinweise, die

<sup>635</sup> Vgl. Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung, S. 201 ff.

<sup>636</sup> Vgl. Vahs, D. (2007) Organisation, S. 349 ff.

die Güte der Ergebnisse erhöhen. Auf der Ebene der Ziele macht der SMART-Ansatz Vorgaben, welchen Kriterien die einzelnen Ziele und Unterziele zu genügen haben: *S* steht für dabei für spezifisch, *M* für messbar, *A* für erreichbar<sup>637</sup>, *R* für realistisch und *T* für terminiert.<sup>638</sup> Auf diese Weise wird sichergestellt, dass alle involvierten Personen das gleiche Verständnis der Ziele haben und die Ziele als Basis für eine zielgerichtete Analyse und die Ableitung konkreter Maßnahmenpläne herangezogen werden können. Zudem kann es sinnvoll sein, die Ziele in eine Zielhierarchie zu überführen (vgl. Abbildung 5-3). Einerseits, um die wirklichen Ansatzpunkte und Handlungsoptionen zu identifizieren, andererseits, um deren Einfluss auf die übergeordneten Ziele zu quantifizieren. Auf dieser Basis ist es möglich zu priorisieren, sollten im weiteren (Um-)Gestaltungsverlauf bspw. Ressourcenengpässe auftreten, die eine Erfüllung aller zuvor definierten Ziele unmöglich machen.

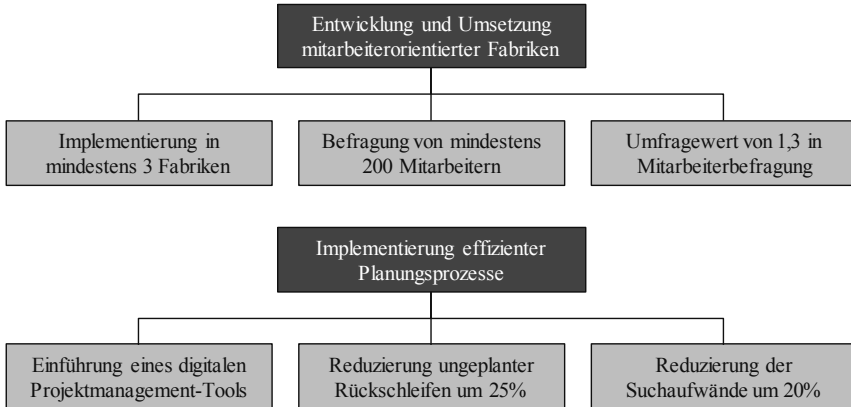


Abbildung 5-3: Auszug eines beispielhaften Zielsystems für die Fabrikplanung innerhalb eines Jahres

### 5.1.2 Definition der Organisationsverfassung

Im folgenden Kapitel wird die organisatorische Strukturierung der Fabrikplanung behandelt. Die wesentlichen Elemente dieses Schrittes stellen die Detaillierung des Strukturmodells und ein Rollenmodell dar. Diesem Ansatz folgend wird zunächst die Beschreibung der Aktivitäten der einzelnen Systeme des VSM mit seinen zwei Rekursionsebenen vorgenommen (Kapitel 5.1.2.1). Im Anschluss erfolgt eine Beschreibung der Rollen und Akteure der Fabrikplanung sowie deren Beziehungen untereinander (Kapitel 5.1.2.2).

#### 5.1.2.1 Zuordnung der Verantwortlichkeiten

In diesem Kapitel erfolgt eine systematische Detaillierung der Aufgaben, Aktivitäten und Zuständigkeiten der einzelnen Systeme der beiden Rekursionsebenen. Um die Verständlichkeit zu erleichtern, wird wie zuvor in die Domänen der Fabrikplanung unterschieden. Zunächst wird das Zielsystem der

<sup>637</sup> *A* repräsentiert hierbei die englische Übersetzung von erreichbar: *attainable*.

<sup>638</sup> Vgl. Camerin, M. (2017) Mit Dienstleistungen wachsen, S. 29.

Fabrikplanung fokussiert. Hierbei steht im Fokus, welches System welche Zielebene im Fabrikplanungskontext definiert (Kapitel 5.1.2.1.1). Danach erfolgt eine Betrachtung der Objektdomäne. Diese umfasst sowohl die Ebene des Produktionsnetzwerks als auch der individuellen Fabrik (Kapitel 5.1.2.1.2). Das Vorgehen bzw. das Prozesssystem der Fabrikplanung steht im Mittelpunkt von Kapitel 5.1.2.1.3. Zuletzt wird die Ebene des Subjekts untersucht. Für diese wird hier ein erweitertes Verständnis angesetzt, welches neben dem Menschen weitere Planungsressourcen und deren Zusammenspiel umfasst (Kapitel 5.1.2.1.4).<sup>639</sup>

#### 5.1.2.1.1 Ausgestaltung des Zielsystems für die Fabrikplanung

Das Zielsystem beschreibt nach NEGELE „angestrebte Handlungsergebnisse“<sup>640</sup>. Wie bereits beschrieben, muss die Fabrikplanung, und somit auch ihre Ergebnisse, stets im Unternehmenskontext betrachtet werden. Oberstes Ziel des Unternehmens im systemischen Verständnis ist die Lebensfähigkeit. Dieses Oberziel kann mittels einer Zielhierarchisierung in verschiedene Unterziele aufgegliedert werden, welche sich bspw. in Kosten- oder Qualitätsvorteilen im Vergleich zum Wettbewerb äußern.<sup>641</sup> Ziel der Fabrikplanung muss es sein, mittels ihrer Aktivitäten optimale Voraussetzungen zur Erreichung der zuvor definierten Unternehmensziele zu schaffen.<sup>642</sup> Daher sind auf strategischer Ebene der Fabrikplanung Ziele zu definieren, die das Unternehmen langfristig in die Lage versetzen, Vorteile gegenüber dem Wettbewerb aufzubauen.

Die Realisierung dieser strategischen Ziele geschieht in der Fabrikplanung in Projekten. Für jedes Projekt sind individuelle Ziele zu definieren, die sich aus den strategischen Fabrikplanungszielen ableiten, gleichzeitig aber auch individuelle Restriktionen berücksichtigen, bspw. wenn Budgetrestriktionen eine optimale Lösung nicht erlauben. Als Leitlinie der Handlungen und somit als wesentliches Ziel auf Projektebene dient der Return on Planning (ROP), der auf eine Maximierung des Wertes aus Unternehmenssicht abzielt.<sup>643</sup> Einzelne Planungsmodule haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die Projektziele und bilden somit die nächstniedrigere Hierarchieebene. Die sich ergebende Zielhierarchie sowie eine Zuordnung der Ziele zu verschiedenen Rekursionsebenen sind in Abbildung 5-4 dargestellt.<sup>644</sup> Die Definition der Unternehmensziele obliegt den Systemen 4 und 5 der Unternehmensebene. Während auf

<sup>639</sup> Dieses Vorgehen wird von Rauhut in Anlehnung an Negele im Kontext der Produktentwicklung betrachtet, vgl. Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen, S. 68 ff. und Negele, H. (1998) Systemtechnische Methodik, S. 53. Hilchner weist in seiner Arbeit eine hohe Ähnlichkeit zwischen Produktentwicklung und Fabrikplanung nach, weshalb dieses Vorgehen an dieser Stelle als geeignet erachtet wird, die Grundlage der organisatorischen Gestaltung in der Fabrikplanung zu bilden, vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 77 ff.

<sup>640</sup> Vgl. Negele, H. (1998) Systemtechnische Methodik, S. 54.

<sup>641</sup> Vgl. Fischer, R. (2005) Unternehmensplanung, S. 34; Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 22; Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 23.

<sup>642</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 25; Kettner, H. et al. (1984) Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, S. 3.

<sup>643</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, 96 ff.

<sup>644</sup> Die folgenden Darstellungen orientieren sich an Rauhut, vgl. Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen, S. 71 f. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in Abbildung 5-4 bis Abbildung 5-7 auf die Darstellung von System 3\* verzichtet.

der Unternehmensebene System 5 die normativen Ziele in Form einer Vision definiert, entwickelt System 4 hieraus strategische Unternehmensziele. Ähnlich verhält es sich auf der oberen Rekursionsebene des Management-Modells für die Fabrikplanung, indem das normative Leitwerk die Vision entwirft, die durch FP-ST in strategische Ziele für die Fabrikplanung transformiert wird. Konkrete Projektziele werden in einem zweistufigen Prozess zwischen FP-ST und FP-MPM sowie dem Steuerkreis abgestimmt. Zunächst erfolgt im Rahmen der Projektinitiierung ein Abgleich der groben Projektziele mit der operativen Machbarkeit zwischen FP-ST und FP-MPM. Im Anschluss werden die Projektziele zwischen FP-MPM und dem Steuerkreis ausgehandelt, um ein gemeinsames Verständnis sowie das Bekenntnis der Projektebene zu den Zielen sicherzustellen. Dieser Prozess wiederholt sich für die Definition der Ziele auf den darunterliegenden Rekursionsebenen.

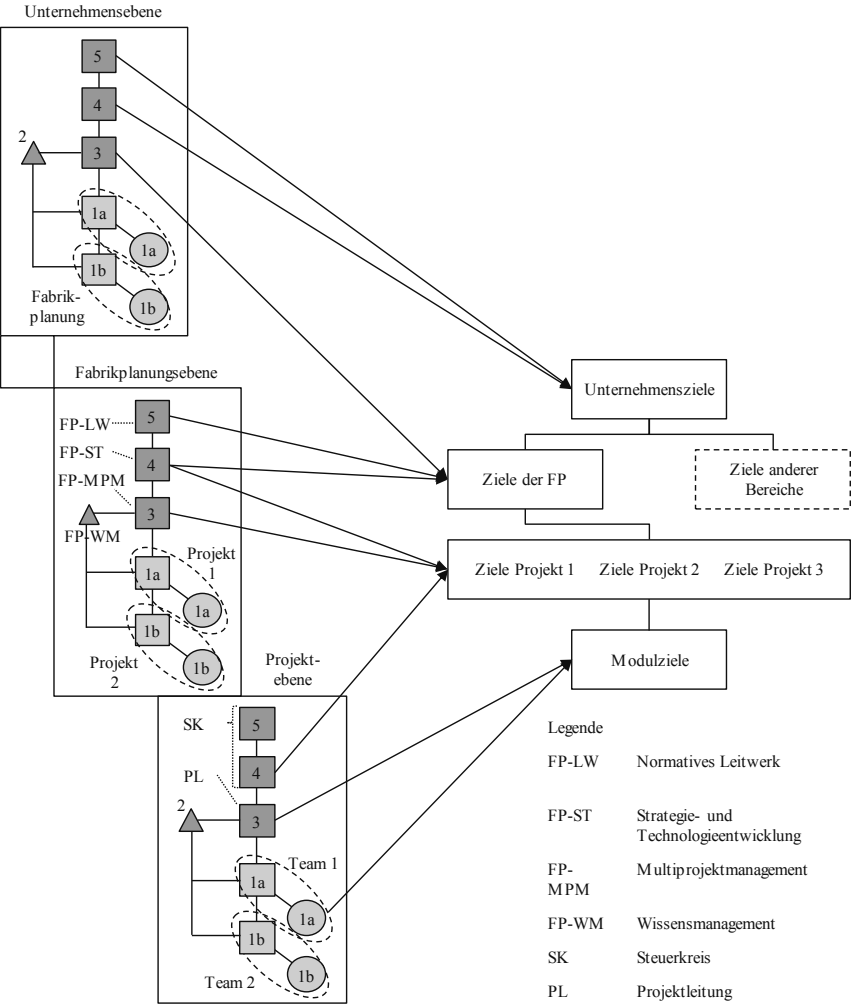


Abbildung 5-4: Zielsystem der Fabrikplanung

### 5.1.2.1.2 Ausgestaltung des Objektsystems für die Fabrikplanung

Das Objektsystem beschreibt Ergebnisse des Handelns der Fabrikplanung, die der Erreichung der Ziele dienen. Betrachtet werden dabei sowohl Endergebnisse als auch Zwischenergebnisse, die notwendig sind, um die Endergebnisse zu erreichen.<sup>645</sup> Auf Projektebene deckt sich dieses Verständnis mit dem der integrativen Fabrikplanung nach MECKELNBORG.<sup>646</sup> Innerhalb eines Planungsteams werden Informationen empfangen, weiterverarbeitet, zu Zwischenergebnissen transformiert, ausgetauscht und letztlich in finale Ergebnisse überführt. Ist der Fabrikplanungsprozess abgeschlossen, stellt der finale Output eines jeden Planungsmoduls ein Endergebnis der Planung dar, welches im Folgenden als Fabrikobjekt definiert wird. Dabei muss es sich nicht zwangsläufig um ein physisches Objekt handeln, sondern *Fabrikobjekte* können unterschiedlicher Ausprägung sein und umfassen z. B.:<sup>647</sup>

- Informationen (Layouts, Maschinenbedarfe etc.).
- Organisation (Aufbauorganisation etc.).
- Software (ERP- und MES-Systeme etc.).

Im Projektverlauf werden weiterhin zahlreiche Zwischenergebnisse erarbeitet, die letztlich in den Fabrikobjekten aufgehen und die im Folgenden als *Prozessobjekte* definiert werden.<sup>648</sup> Dazu gehören unter anderem:

- Analysen (Kundenanalysen, Materialflussanalysen etc.).
- Dokumentationen (Zielkataloge, Konzepte etc.).
- Berechnungen und Simulationen (Arbeitsplatzsimulation etc.).

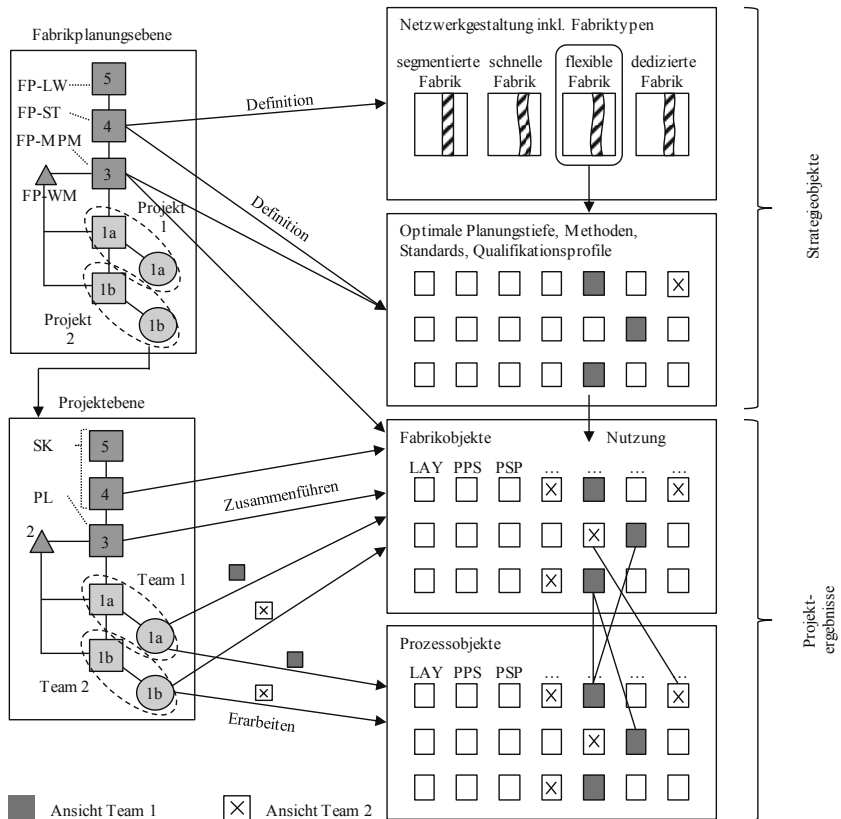
Zudem ist noch die übergeordnete Management-Ebene zu untersuchen. Auf dieser werden Ergebnisse erzeugt, die die zielgerichtete Erarbeitung der Fabrikobjekte in den Projekten lenken und leiten. Die Objekte auf dieser Ebene manifestieren sich primär in einem Masterplan für das Produktionsnetzwerk, welcher die Basis aller weiteren Fabrikplanungsaktivitäten bildet. Einzelne Fabriken nehmen innerhalb dieses Netzwerks individuelle Rollen ein, die ebenfalls ein zentrales Ergebnis der Arbeit von FP-ST darstellen. In Kombination mit der Erarbeitung einer optimalen Eigenplanungstiefe werden im nächsten Schritt Fabrik- und Vorgehensstandards erarbeitet, die die Projektdurchführung unterstützen. Zudem werden Personalentwicklungsstrategien entworfen. Diese Ergebnisse werden unter dem Begriff *Strategieobjekte* der Fabrikplanung subsumiert. Abbildung 5-5 zeigt zusammenfassend die Zuordnung der Prozess-, Fabrik- und Strategieobjekte zu den jeweiligen Systemen des Management-Modells für die Fabrikplanung. FP-ST obliegt die Erarbeitung der Strategieobjekte der Fabrikplanung. Unterstützt wird es dabei von FP-MPM, das die Verträglichkeit der Strategieobjekte mit der internen Stabilität prüft. Die Zuständigkeit für die operative Erarbeitung der Fabrikobjekte liegt bei den Planungsteams. Die Projektleitung ist für die Zusammenführung und Kompatibilität der Ergebnisse im Gesamtzusammenhang des Projekts zuständig. Dass die Aggregation der Fabrikobjekte, die Fabrik, letztlich einen Mehrwert für das Unternehmen schafft, fällt in den Verantwortungsbereich des Steuerkreises sowie FP-MPM. Die Prozessobjekte liegen vollständig im Verantwortungsbereich der Planungsteams.

<sup>645</sup> Vgl. Negele, H. (1998) Systemtechnische Methodik, S. 54.

<sup>646</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, vgl. Kapitel 5.2.5.

<sup>647</sup> Die folgende Liste stellt lediglich eine Auswahl dar und ist nicht als vollständig zu verstehen.

<sup>648</sup> Vgl. Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen, S. 72.



Bei ausgewählten Planungsmodulen bestehen direkte Verbindungen

Legende:

FP-LW = Normatives Leitwerk; FP-ST = Strategie- und Technologieentwicklung;

FP-MPM = Multiprojektmanagement; FP-WM = Wissensmanagement; SK = Steuerkreis; PL = Projektleitung

LAY = Layoutplanung; PPS = Produktionsplanung und -steuerung; PSP = Produktionsstrukturplanung

Abbildung 5-5: Objektsystem der Fabrikplanung

### 5.1.2.1.3 Ausgestaltung des Prozesssystems für die Fabrikplanung

Die durchzuführenden Aktivitäten bzw. Handlungen und deren Verknüpfungen, die zur Erreichung der Ziele bzw. zum Lösen der Aufgabenstellung notwendig sind, sind Teile des Prozesssystems. Ähnlich wie zuvor sind dabei direkt lösungsrelevante wie auch unterstützende Aktivitäten zu berücksichtigen.<sup>649</sup> Die detaillierte Gestaltung der Prozesse stellt ein Kernelement dieser Arbeit dar. Aus diesem Grund werden an dieser Stelle nur die groben Abläufe erläutert, die Detaillierung erfolgt in Kapitel 5.3.

<sup>649</sup> Vgl. Negele, H. (1998) Systemtechnische Methodik, S. 54.



Die Planung einzelner Fabriken weist aufgrund der Einmaligkeit der Rahmenbedingungen auch im Rahmen des in dieser Arbeit zu entwickelnden Management-Modells Projektcharakter auf. Das notwendige Vorgehen umfasst dabei im Wesentlichen zwei Bestandteile, die inhaltliche Bearbeitung der einzelnen Aufgaben sowie ein übergeordnetes Projektmanagement, welches die inhaltliche Bearbeitung koordiniert. Für die vorliegende Arbeit wird das von NÖCKER entwickelte und von MECKELNBORG verfeinerte Modell der integrativen Fabrikplanung zugrunde gelegt.<sup>650</sup> NÖCKER unterteilt das Projektmanagement in sechs wesentliche Bausteine: Projektstart, Projektdefinition, Auswahl der Planungsmodule, Projektstrukturierung, Projektdurchführung und -controlling sowie den Projektabschluss.<sup>651</sup> Zusätzlich zur Projektebene muss auch die Ebene des übergeordneten Fabrikplanungsmanagements in das Prozessmodell integriert werden. Zunächst müssen die normativen Richtlinien des Unternehmens auf die Fabrikplanung übertragen werden (Vision, Mission, Organisationsverfassung, vgl. Kapitel 5.1). Im strategischen Management werden aus diesen SEP abgeleitet.<sup>652</sup> Konkret adressiert werden dabei die Entwicklung des Produktionsnetzwerks sowie Rollen und Typen der einzelnen Fabriken. Auf Basis der Ziele und Typen der Fabrikplanung lassen sich Fabrikobjekte und Planungsaktivitäten gemäß ihrer Wichtigkeit priorisieren und so die notwendigen Kernkompetenzen der Fabrikplanung identifizieren. Diese Analyse bildet die Basis einer prinzipiellen Plan-or-Buy-Strategie<sup>653</sup> (PoB) auf Modulebene, da kein Unternehmen alle notwendigen Kompetenzen besitzt, um eigenständig und vollständig Fabrikplanung zu betreiben. Sind diese Entscheidungen getroffen, werden auf Modulebene Fabrikstandards, Methodenstandards und Kompetenzprofile für die Planer definiert, um eine möglichst hohe Effektivität und Effizienz in der Projektbearbeitung zu gewährleisten. (Teil-)Parallel dazu erfolgt die Definition einer standortspezifischen Roadmap, die die notwendigen Schritte für jedes Werk basierend auf dem Status Quo und der angestrebten Rolle gemäß Netzwerkstrategie beschreibt. Hieraus erfolgt der Anstoß einzelner Projektinitiierungen, welche im nächsten Schritt den Start eines konkreten Projekts darstellen und so die Schnittstelle zur Projektebene beschreiben. Die skizzierten Prozesse sind in Abbildung 5-6 unter dem Punkt *Gestaltung und Entwicklung übergeordneter SEP* zusammengefasst. Die Detaillierung erfolgt in Kapitel 5.2.

Die Zuständigkeiten der einzelnen Teilsysteme der Rekursionsebenen sind in Abbildung 5-6 dargestellt. Die Schaffung der normativen Ebene der Fabrikplanung obliegt dem normativen Leitwerk. Aufgabe von FP-ST ist es, diese normativen Vorgaben im Rahmen strategischer Management-Prozesse in SEP umzusetzen. FP-MPM hat in diesem Zusammenhang ein Mitbestimmungsrecht, auf das an späterer Stelle noch eingegangen wird. Dies dient vor allem der Sicherstellung der Kompatibilität zwischen den Strategien von FP-ST und der inneren Stabilität des Gesamtsystems Fabrikplanung, für das FP-MPM die Verantwortung trägt (vgl. auch Kapitel 4.2.1.3). Eine konkrete Schnittstelle zwischen FP-MPM und FP-ST ergibt sich im Projektanstoß. Ob und wie das Projekt durchgeführt wird, wird zwischen diesen beiden Systemen ausgehandelt (z. B. um bestehenden Kapazitäts- oder Budgetrestriktionen zu genügen). Ist dieser Schritt vollzogen, starten FP-MPM und der Steuerkreis das Projekt. In einem erneuten Aushandlungsprozess wird dabei der Projektauftrag erzeugt. Die folgenden Schritte der Projektdefinition

---

<sup>650</sup> Vgl. Kapitel 5.2.5.

<sup>651</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 138; eine vertiefende Vorstellung der Inhalte erfolgt in Kapitel 5.2.5.

<sup>652</sup> Eine detaillierte Darstellung der folgenden Ausführungen erfolgt in Kapitel 5.2.

<sup>653</sup> In Anlehnung an eine Make-or-Buy-Strategie.

und Auswahl der Planungsmodule gestalten der Steuerkreis und die Projektleitung. In der Folge übernimmt die Projektleitung die Projektstrukturierung. Die Planungsteams bearbeiten daraufhin die operativen Planungsaufgaben. Die Projektleitung und der Steuerkreis nehmen in dieser Phase die operative und strategische Controlling-Aufgabe wahr, um bei Planabweichungen entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Der Projektabschluss ist letztlich Aufgabe aller Systeme der Projektebene (vgl. Kapitel 5.3).

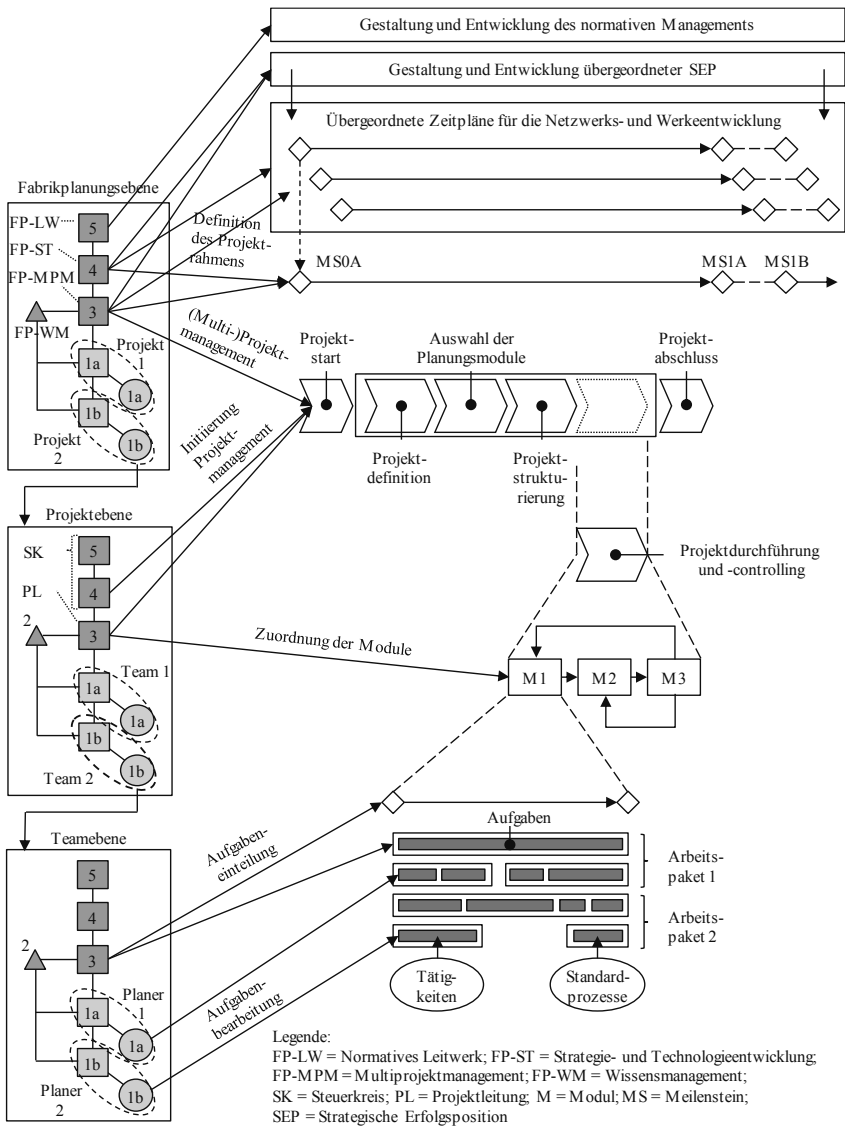


Abbildung 5-6: Prozesssystem der Fabrikplanung

#### 5.1.2.1.4 Ausgestaltung des Subjektsystems für die Fabrikplanung

Das Subjektsystem umfasst Strukturen, Organisationsbestandteile sowie Personen, die die Aktivitäten des Systems durchführen. Außerdem beinhaltet das Subjektsystem Ressourcen (Maschinen, Anlagen, Wissen, Methoden, Software etc.), mit denen die Mitarbeiter arbeiten und die für die Durchführung der Aktivitäten notwendig sind.<sup>654</sup> Struktur und Organisation des Management-Modells wurden in den vergangenen Kapiteln bereits ausführlich behandelt. Da diese Arbeit nicht einzelne Personen, sondern deren Funktion fokussiert, welche in der Organisation aufgehen bzw. als personelle Ressourcen angesehen werden (siehe weiterer Verlauf dieses Kapitels), stehen die Ressourcen und deren Management im Zentrum des Subjektsystems der Fabrikplanung. Um handlungsfähig zu sein, muss die Fabrikplanung als Ganzes zunächst mit Ressourcen ausgestattet werden. Im Kontext dieser Arbeit sollen dabei personelle, sachliche und Kapitalressourcen unterschieden werden. Personal wird benötigt, um sowohl strategische als auch operative Handlungen ausführen zu können. Die sachlichen Ressourcen bilden die notwendige Infrastruktur ab (bspw. Büros und Rechner), innerhalb derer die Handlungen vollzogen werden können. Zuletzt wird Kapital benötigt, da die Durchführung von Fabrikplanungsprojekten eine hohe Kapitalintensität aufweist. Die Bereitstellung bzw. das Einwerben der notwendigen Ressourcen erfolgt durch FP-ST auf Basis der langfristigen Planung. Diese gilt es im nächsten Schritt für die Fabrikplanung nutzbar zu machen. Dazu werden die Ressourcen *für die* Fabrikplanung in die Ressourcen *der* Fabrikplanung überführt. Die sachlichen Ressourcen der Fabrikplanung stellen spezifische Methoden und Fabrikstandards dar, die auf Basis strategischer Entscheidungen zur eigenen Wertschöpfungstiefe in der Planung definiert wurden. Ebenso werden personelle Ressourcen in einem Personalpool aufgebaut und entwickelt. Wie im letzten Kapitel beschrieben, ist Fabrikplanung nicht isoliert durchzuführen, sondern bedarf Partnerunternehmen. Für bestimmte Aufgaben kann es Sinn machen, strategische Partner aufzubauen (vgl. Kapitel 5.2.3), die in einem Partnerpool verortet werden. Außerdem werden die Kapitalressourcen in Projektbudgets transferiert und als Ressourcen zur Verfügung gestellt. Projektspezifisch werden Ressourcen abgerufen. Auf personeller Ebene kann dies die Projektleitung, Projektlotsen oder einzelne Planer umfassen (vgl. Kapitel 5.2.9). Sachlich umfassen die Projektressourcen vor allem die zu verwendenden Standards und Methoden sowie allgemeine Ressourcen (z. B. Rechner), mit denen die Teams ausgestattet werden müssen. Ebenso sind Partner und Kapital projektspezifisch bereitzustellen. Dabei ist zu beachten, dass das Verhältnis der unterschiedlichen Ressourcen zwischen den Projekten variieren kann, sich jedoch stets im Gleichgewicht befinden muss, damit das Projekt handlungsfähig ist. Stehen bspw. weniger eigene personelle Ressourcen bereit, müssen diese über Kapital kompensiert werden.

---

<sup>654</sup> Vgl. Negele, H. (1998) Systemtechnische Methodik, S. 54.

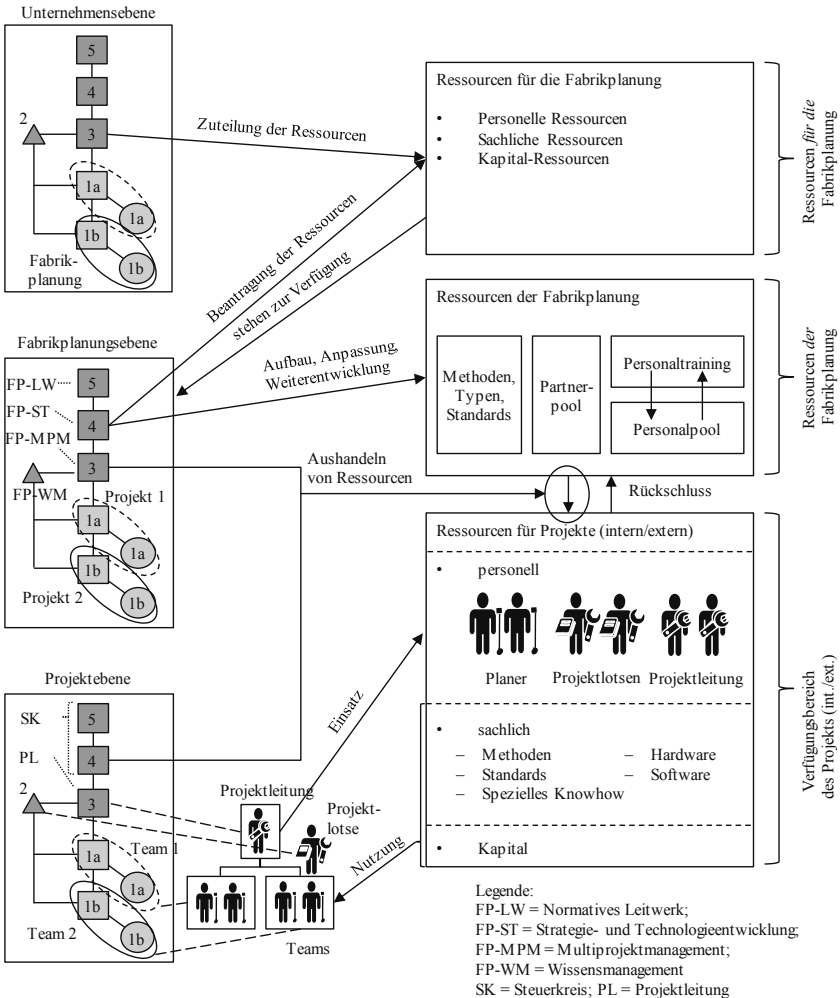


Abbildung 5-7: Handlungssystem der Fabrikplanung

Für die Zuteilung der Ressourcen für die Fabrikplanung ist System 3 der übergeordneten Rekursions-ebene zuständig. In Abbildung 5-7 ist diese vereinfachend durch die Unternehmensebene gekennzeichnet. FP-ST muss diese Ressourcen auf Basis der strategischen Vorhaben für die kommende Periode beantragen und erhält diese nach einem Aushandlungsprozess. FP-ST hat die Verantwortung, diese Ressourcen in die Ressourcen der Fabrikplanung zu überführen. Dies erfolgt wie zuvor in Abstimmung mit FP-MPM, um die innere Stabilität des Gesamtsystems zu gewährleisten. FP-MPM obliegt die Zuständigkeit der Allokation dieser Ressourcen gemäß der Rolle des Multiprojektmanagements. Vor allem bei

personellen sowie Kapitalressourcen kann es dabei zu Engpässen kommen. Aus diesem Grunde verhandelt der jeweilige Steuerkreis eines jeden Projekts die zur Verfügung zu stellenden Ressourcen auf Basis der zu erreichenden Projektziele mit FP-MPM. Nach Beendigung dieses Aushandlungsprozesses sind die Ressourcen für das jeweilige Projekt definiert und das Projekt kann begonnen werden. Die Projektleitung verantwortet das operative Ressourcenmanagement auf Projektebene, indem es einzelnen Planungsteams bzw. Modulen Ressourcen zuweist. Die Planungsteams verwenden diese Ressourcen zur Bearbeitung der Planungsaufgaben.

#### 5.1.2.2 Rollenmodell der Fabrikplanung

Basierend auf den Aufgaben, dem kybernetischen Lenkungsmodell sowie den im vorherigen Kapitel beschriebenen Zusammenhängen kann ein Beziehungsgeflecht zwischen den einzelnen Systemen bzw. den Rollen, die diese Systeme repräsentieren, abgeleitet werden. Nach RAUHUT werden dabei vier Arten von Beziehungen unterschieden:<sup>655</sup>

- Informationsbeziehung: In dieser Beziehung werden Informationen ausgetauscht. Dies kann bspw. die Übergabe von Dokumenten oder Kennzahlen zum Projektstatus umfassen.
- Weisungsbefugnis: Bestimmte Systeme stehen in einem Vorgesetztenverhältnis zu anderen Systemen. In diesem Verhältnis haben sie die Befugnis, Weisungen zu erteilen, die für das empfangende System verbindlich sind.
- Problemmeldung: Es ist nicht auszuschließen, dass Probleme auftreten, die eine unmittelbare Aktion eines übergeordneten Systems erfordern. In diesem Fall ist das Problem über eine direkte Problemmeldung zu eskalieren.
- Empfehlung: Auf unterschiedlichen Ebenen werden Inhalte im Diskurs zwischen verschiedenen Systemen entwickelt. Im Gegensatz zur Information hat die Empfehlung einen Feedback-Charakter zur übermittelten Information.

Das normative Leitwerk ist das höchstgestellte System im Management-Modell dieser Arbeit. Gemäß dem Lenkungsmodell des VSM (vgl. Kapitel 3.1.5.2) weist es eine direkte Verbindung zu FP-ST und FP-MPM derselben Rekursionsebene auf. Von diesen erhält es Informationen und wird über Probleme informiert, bspw. falls ein Problem zwischen den beiden Systemen auftritt. In diesem Fall muss das normative Leitwerk eine Entscheidung treffen und FP-ST und/oder FP-MPM anweisen. Gleichzeitig übermittelt es diesen Informationen, bspw. in Form der Vision, die die beiden Systeme in ihrer Arbeit leiten. FP-ST weist neben der bereits beschriebenen Informationsbeziehung mit FP-MPM auf. Über diesen Kanal übermittelt es Informationen, bspw. neu entwickelte Methoden oder Werkzeuge, damit FP-MPM diese prüfen kann. Sieht es Anpassungsbedarf, übermittelt es diesen in Form einer Empfehlung. So treten die beiden Systeme in einen iterativen Prozess ein. Nach einer Einigung stellt FP-MPM die Informationen über FP-WM bereit. Ebenso erhält es über diese Informationen, bspw. zum aktuellen Status in den Projekten, um darauf basierend handeln zu können. Weiterhin besitzt FP-MPM mannigfaltige Beziehungen zu den Projekten bzw. präzisiert zu deren Steuerkreisen. Diesen übermittelt es einerseits Informationen, bspw. in Form initialer Projektziele, ist ihnen gegenüber andererseits weisungsbefugt, wenn dies für die Lebensfähigkeit des Gesamtsystems notwendig ist. Zu Projektbeginn werden in einem iterativen Prozess Ziele und Budgets verhandelt. Der Steuerkreis spricht in diesem Prozess Empfehlungen in Richtung FP-MPM aus.

---

<sup>655</sup> Vgl. Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen, S. 133.

Weiterhin ist es der Steuerkreis, welcher FP-WM Informationen über den aktuellen Projektstatus meldet. Gegenüber der Projektleitung ist er weisungsbefugt, übermittelt dieser aber auch Informationen. Andersherum empfängt es von dieser Informationen sowie Empfehlungen und wird über Probleme informiert. Die Projektleitung stellt das zentrale Kommunikationselement der Projektebene dar. Neben der Verbindung zum Steuerkreis verfügt sie über Beziehungen zu den Projektlotsen sowie Projektteams. Gegenüber dem Projektlotsen besteht eine Informations- und Weisungsbeziehung, bspw. werden Entscheidungen des Steuerkreises zur Verfügung gestellt, damit der Projektlote diese in seiner Arbeit berücksichtigen kann. Ebenfalls können Weisungen erlassen werden, wenn die Situation es erfordert. Dieselben Beziehungen bestehen zu den Projektteams. Auch zu anderen Projektleitungen besteht über die Kommunikationsfunktion von FP-WM ein direkter Informations- bzw. Empfehlungskanal, über den sich die verschiedenen Projektleitungen dezentral austauschen können, wenn kurzfristiger Bedarf besteht.

Die Projektlotsen verfügen über ein tiefes Methodenwissen und haben das Recht, Empfehlungen in Richtung der Projektleitung auszusprechen, die diese aber nicht befolgen muss. Ebenso melden sie Probleme an die Projektleitung. Ähnlich wie sich die Projektleitungen austauschen, geschieht der Austausch auch zwischen den Projektlotsen über die Kommunikationsfunktion von FP-WM. Die Projektteams versorgen die Projektlotsen und die Projektleitung mit Informationen über ihren Arbeitsfortschritt, sodass sie diese in ihre Entscheidungsfindung einbeziehen können. Treten für ein Projektteam unerwartete und nicht eigenständig lösbare Probleme auf, sind diese unmittelbar an die Projektleitung zu melden. Weiterhin haben die Projektteams das Recht, Empfehlungen gegenüber der Projektleitung auszusprechen, die für diese aber keine Verbindlichkeit besitzen. Zusätzlich besteht eine Informationsbeziehung zwischen den einzelnen Projektteams. Das Teilen des jeweiligen Wissens erhöht die Effektivität und Effizienz in der Planung. Die resultierenden Beziehungen sind in Abbildung 5-8 zusammengefasst.

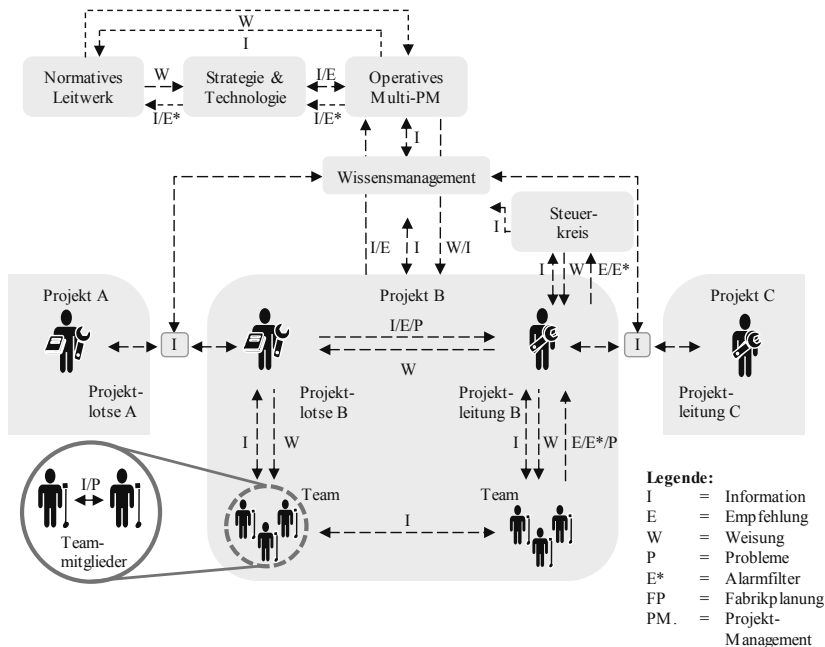


Abbildung 5-8: Rollenmodell in der Fabrikplanung

## 5.2 Ebene des strategischen Managements in der Fabrikplanung

In den vergangenen Jahren wurden in der Aachener Fabrikplanungsschule verschiedene Ansätze entwickelt, die die Fabrikplanung aus strategischer, technischer oder organisatorischer Projektpraxis beleuchten. Die einzelnen Ansätze werden im Folgenden mit ihren relevanten Inhalten vorgestellt, um danach in das Management-Modell überführt zu werden. Die Ansätze lassen sich dabei den Domänen der Fabrikplanung nach BURGGRAF zuordnen. Kapitel 5.2.1 bis 5.2.3 zur wertorientierten Fabrikplanung, der langfristigen Werksentwicklung sowie der strategischen Festlegung der eigenen Planungskompetenzen sind der Domäne Planungsziele zuzuordnen. Dem Objekt der Fabrikplanung widmet sich die Entwicklung von Fabrikstandards in Kapitel 5.2.4. Das Vorgehen der Fabrikplanung umfasst einen modularen Planungsansatz, das Reifegrad- sowie Lösungsraummanagement und einen agilen Projektmanagementansatz (Kapitel 5.2.5 bis 5.2.8). Der Faktor Mensch als Subjekt der Fabrikplanung wird durch ein rollenbezogenes Qualifikationsmodell berücksichtigt (Kapitel 5.2.9). Jeden der Ansätze im Detail zu beleuchten würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, weshalb für die Details auf den Anhang bzw. die jeweiligen Arbeiten verwiesen sei.



### 5.2.1 Wertorientierte Fabrikplanung als Leitfaden des unternehmerischen Handelns

Die Wertorientierung kann als Teil der Kultur einer komplexitätsorientierten Fabrikplanung angesehen werden und ist somit in der vorliegenden Arbeit im normativen Management verankert. Trotzdem nimmt sie eine Sonderrolle ein, da sie einen grundlegenden Paradigmenwechsel in der Fabrikplanung darstellt. Anstelle einer analytischen Zerlegung des Problems Fabrikplanung in technische Teilprobleme erfolgt die Zerlegung „anhand des jeweiligen Wertbeitrags der Teillösungen“<sup>656</sup>. Die Teilprobleme müssen dabei nach wie vor gelöst werden, die Priorisierung der Bearbeitung ändert sich jedoch grundlegend.<sup>657</sup> BURGGRAF hat mit seiner Dissertation die Wertorientierung in die Fabrikplanung eingeführt und so die notwendigen Grundlagen geschaffen. Das Ziel der wertorientierten Fabrikplanung ist Nutzen und Nutzenfunktionen als Entscheidungsgröße in die Fabrikplanung einzuführen, diese gegen den resultierenden Aufwand abzuwägen und Entscheidungen, wie bspw. Ressourcenallokationen oder die Wahl zwischen Alternativen, vor dem Hintergrund der Wertgenerierung zu treffen. Der Planungsprozess selbst ist bereits als wertschöpfend zu verstehen, da durch das Handeln und die Entscheidungen die Leitplanken für die spätere Wertschöpfung gelegt werden. Jedes Mitglied des Planungsteams muss sich selbst vor diesem Hintergrund konstant hinterfragen, ob es mit dem, was es tut, Wert generiert oder ob der Wert durch alternative Handlungen weiter gesteigert werden könnte. Die Wertorientierung ist somit ein zentraler Hebel zur Erhöhung der Zielerreichung in der Fabrikplanung.

#### 5.2.1.1 Vorgehen

Um dies zu erreichen, überträgt BURGGRAF die Lehren des wertorientierten Managements auf die Fabrikplanung.<sup>658</sup> Als zentrale Messgröße der Wertgenerierung entwickelt er, in Anlehnung an den Return on Investment, den Return on Planning (RoP). Dieser erlaubt es, den Planungsmehrwert quantitativ zu messen und somit jede Entscheidung objektiv zu bewerten (vgl. Abbildung 5-9).

---

<sup>656</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 90.

<sup>657</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 90.

<sup>658</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 89 ff.

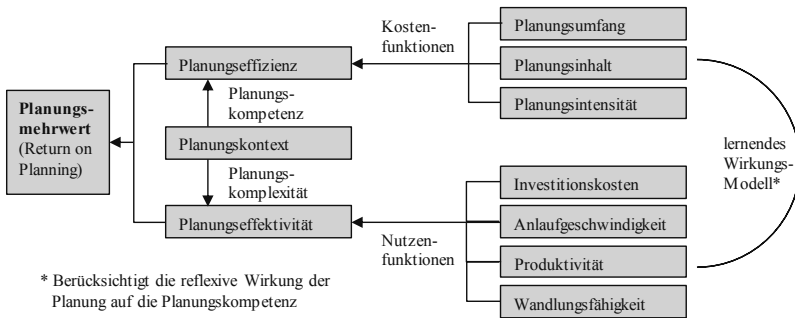


Abbildung 5-9: Return on Planning in der Fabrikplanung<sup>659</sup>

Die Nutzenfunktion bzw. die Planungseffektivität beschreibt BURGGRAF über die vier Größen Investitionskosten, Anlaufgeschwindigkeit, Produktivität und Wandlungsfähigkeit. Bildlich repräsentieren diese die Zahlungsströme über den Fabriklebenszyklus (vgl. Abbildung 5-10). Für jede dieser Nutzenkategorien definiert er detaillierte Nutzenpotenziale, die eine monetäre Bewertung des Planungsnutzens erlauben.<sup>660</sup>

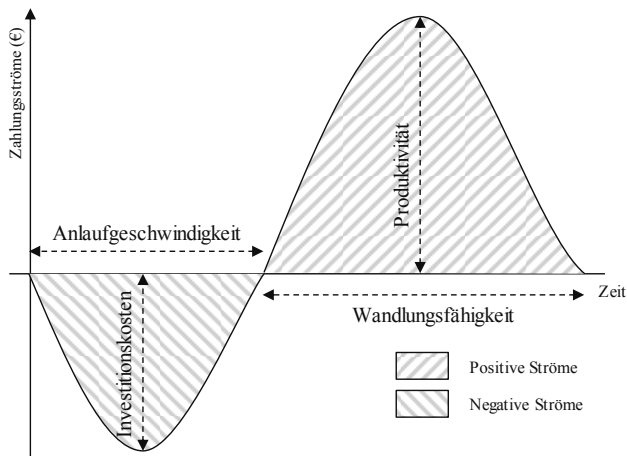


Abbildung 5-10: Nutzenpotenziale in der Fabrikplanung<sup>661</sup>

Die Planungskosten werden durch eine Kostenfunktion in Abhängigkeit der drei Größen Planungsumfang, Planungsinhalt und Planungsintensität dargestellt. Der Planungsinhalt beschreibt, welche Aufgaben in Form von Planungsmodulen<sup>662</sup> innerhalb des Projekts bearbeitet werden. Der Planungsumfang

<sup>659</sup> I. A. a. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 103.

<sup>660</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 140 ff.

<sup>661</sup> I. A. a. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 99.

<sup>662</sup> Vgl. Kapitel 5.2.5.

setzt sich aus Planungsbreite (zu berücksichtigender Objektbereich), Planungstiefe (Detailgrad der Planung) und der Anzahl der zu planenden Lösungsalternativen zusammen. Die Planungsintensität beschreibt die eingesetzte Kapazität pro Zeiteinheit, für die eine positive Korrelation zum Koordinationsaufwand besteht. Zur Berechnung der einzelnen Größen und Zusammenhänge leitet BURGGRAF Berechnungsformeln her.<sup>663</sup> Weiterhin werden Planungseffektivität und -effizienz vom Planungskontext, in Form der Planungskomplexität und der Planungskompetenzen, beeinflusst, die BURGGRAF außerhalb des Einflussbereichs des Fabrikplaners sieht.<sup>664</sup>

#### 5.2.1.2 Verortung im Management-Modell

Im Management-Modell ist die Wertorientierung initial als Teil der Kultur im normativen Leitwerk verortet. Sie leitet somit die Entscheidungen und Handlungen jedes einzelnen Systems, sowohl auf strategischer als auch auf operativer Ebene, sodass sie letztlich auf allen Ebenen Einzug erhält. Das Konzept der Wertorientierung kann verschieden genutzt werden, bspw. zur Bewertung ganzer Projekte, für die Priorisierung von Planungsmodulen oder zur Fokussierung einzelner Planungsaktivitäten bei knappen Planungsressourcen.<sup>665</sup> Zunächst ist der Nutzen auf den verschiedenen Betrachtungsebenen zu quantifizieren, als Anhaltspunkte dienen die Nutzenkategorien nach BURGGRAF. Auf strategischer Ebene sind die zu betrachtenden Einflussfaktoren zu definieren, operativ erfolgt die Bewertung. Im nächsten Schritt erfolgt die Quantifizierung der Planungsaufwände. Auch hier liefert BURGGRAF die zu betrachtenden Einflussgrößen und Vorgaben. Sind Nutzen und Aufwand gegenübergestellt, können die Handlungsalternativen anhand ihres Wertbeitrags verglichen werden.

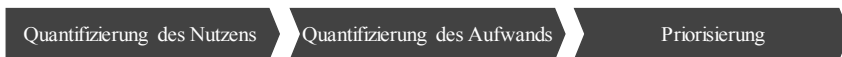


Abbildung 5-11: Vorgehen in der wertorientierten Fabrikplanung

### 5.2.2 Strategische Produktionsnetzwerkplanung als Grundlage der langfristigen Werkeentwicklung

Fabrikplanung, die sich an den Zielen und Strategien der Gesamtunternehmung orientiert, muss auf der höchstmöglichen Ebene ansetzen. Für die Fabrikplanung ist dies das Produktionsnetzwerk. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Aachener Fabrikplanungsschule ein Vorgehen zur ziel- und strategieorientierten Auslegung von Produktionsnetzwerken entwickelt. Ziel der strategischen Produktionsnetzwerkplanung ist die Entwicklung eines Vorgehens zur langfristigen Auslegung des Produktionsnetzwerkes sowie der zugehörigen Produktionsstandorte.<sup>666</sup> In diesem Kontext werden die grundlegenden Strukturen des Netzwerks sowie die Rollen einzelner Werke definiert.

<sup>663</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 115. Weitere Informationen bietet Anhang 8.3.

<sup>664</sup> Die Planungskompetenz wird im Rahmen des Management-Modells dieser Arbeit nicht mehr als gegeben gesehen, sondern als aktiv zu beeinflussender Stellhebel angesehen, der im Verantwortungsbereich von FP-ST verortet ist.

<sup>665</sup> Das Konzept kann in evolutionärer Form auch dazu genutzt werden, die Wirksamkeit digitaler Technologien in der Fabrik und in der Planung zu bewerten, vgl. Burggräf, P. et al. (2018) Return on CPS, S. 1806.

<sup>666</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell.

### 5.2.2.1 Vorgehen

Das Vorgehen in diesem Kapitel basiert auf den drei Arbeiten nach STOFFEL, HARRE und HILCHNER.<sup>667</sup> STOFFEL entwirft in seiner Arbeit ein Vorgehen zur strategiegerechten Auslegung großer Produktionsnetzwerke und greift dabei auf HARRES Ergebnisse zur komplexitätsgerechten Strukturierung von Produktionsnetzwerken zurück. HILCHNER liefert einen Ansatz zur typenorientierten Charakterisierung von Fabriken, der das spätere Bindeglied zwischen Objekt- und Vorgehensdomäne der Fabrikplanung bildet.

Zunächst erfolgt eine Analyse der Unternehmensziele, bei der auf die Ergebnisse aus Kapitel 5.1.1 zurückgegriffen werden kann. Im nächsten Schritt erfolgt eine Untersuchung der Märkte und der eigenen Werke. Für die Marktanalyse greift STOFFEL auf das 5-Forces Modell nach PORTER zurück.<sup>668</sup> Die Analyse der Werke erfolgt mittels Key-Performance-Indicators (KPIs) sowie einer Beschreibung in den Kategorien Mengen-, Arten- und Prozessteilung, um einen Überblick über die aktuelle Konfiguration des Produktionsnetzwerks zu erhalten.<sup>669</sup> Basierend auf diesen Informationen leitet STOFFEL im nächsten Schritt produktionsrelevante Erfolgsfaktoren ab, um die Werke und das Unternehmen erfolgreich im Markt zu positionieren, bspw. Kosten oder Lieferzeiten, welche in ein konsistentes, gewichtetes Zielsystem überführt werden. Parallel dazu erfolgt die Definition von Gestaltungsfaktoren für das Netzwerk, mit denen die Ziele erreicht werden sollen.<sup>670</sup> Mittels des AHP-Verfahrens verknüpft er in der Folge Zielgrößen und Gestaltungsfaktoren, woraus im Ergebnis die quantitative Bedeutung der Gestaltungsfaktoren für die Zielerreichung hervorgeht.<sup>671</sup> Sind diese Vorarbeiten geleistet, kann eine Bewertung der Standorte innerhalb der Gestaltungsfaktoren vorgenommen werden, woraus sich erste Handlungstendenzen ableiten lassen (vgl. Abbildung 5-12).

---

<sup>667</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell; Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung; Hilchner (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management. In Anhang 8.4 findet sich eine detailliertere Prozessbeschreibung.

<sup>668</sup> Vgl. Porter, M. E (1998) Competitive Advantage, S. 5.

<sup>669</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 115.

<sup>670</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 117.

<sup>671</sup> AHP steht für Analytical Hierarchy Process, vgl. Saaty, T. L. (2014) Models, methods, concepts.

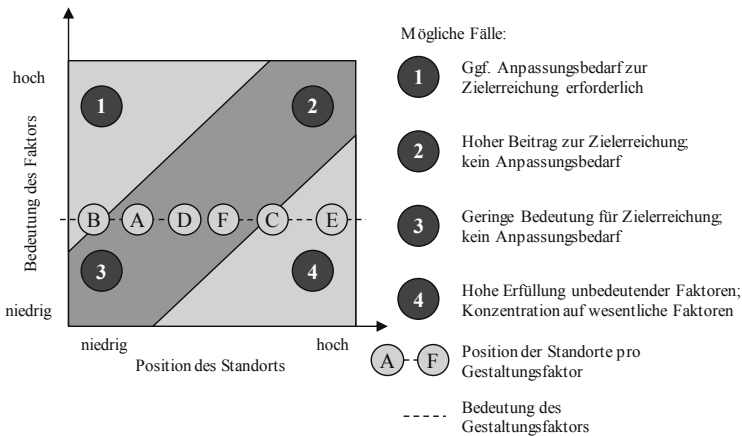


Abbildung 5-12: Abgleich von Position und Bedeutung der Gestaltungsfaktoren<sup>672</sup>

Nach dieser Einordnung muss eine Zielstruktur für das Netzwerk definiert werden. Hierfür wird auf die Typisierung nach HARRE zurückgegriffen.<sup>673</sup> Nach HARRE ist es das Ziel der Netzwerkstruktur, einen komplexitätsorientierten Fit zwischen Zulieferer- und Abnehmerseite herzustellen.<sup>674</sup> Die Komplexität dieser vor- bzw. nachgelagerten Stufen nimmt er anhand einer räumlichen und sachlichen Dimension (er spricht in diesem Kontext auch von Differenzierung) vor. Die *räumliche Differenzierung* adressiert dabei die Anzahl räumlich separierter Märkte und verfügt über die Extremwerte global-unbeschränkte (niedrige Komplexität) und lokal-beschränkte Märkte (hohe Komplexität).<sup>675</sup> Verantwortlich für diese Abgrenzung können sowohl natürliche als auch künstliche Transferbeschränkungen sein. *Sachliche Differenzierung* bezieht sich hingegen auf die Heterogenität beschaffungsmarktseitig angebotener bzw. marktseitig nachgefragter Güter. Für den Beschaffungsmarkt betrifft dies die Vielfalt benötigter Inputfaktoren, bspw. in qualitativer oder funktionaler Hinsicht, wohingegen für den Absatzmarkt die notwendige Variantenvielfalt im Mittelpunkt steht. In der sachlichen Dimension gelten die Extremwerte homogen-standardisiert (niedrige Komplexität) und heterogen-spezifisch (hohe Komplexität).<sup>676</sup> Anhand dieser Einordnung entwickelt HARRE acht prinzipielle Netzwerkstrukturen (vgl. Abbildung 5-13). Durch erneute Anwendung des AHP-Verfahrens wird ein Abgleich der Netzwerktypen mit den Gestaltungsfaktoren vorgenommen, woraus eine Empfehlung der optimalen Netzwerkstruktur vorgenommen werden kann.<sup>677</sup>

<sup>672</sup> I. A. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 124.

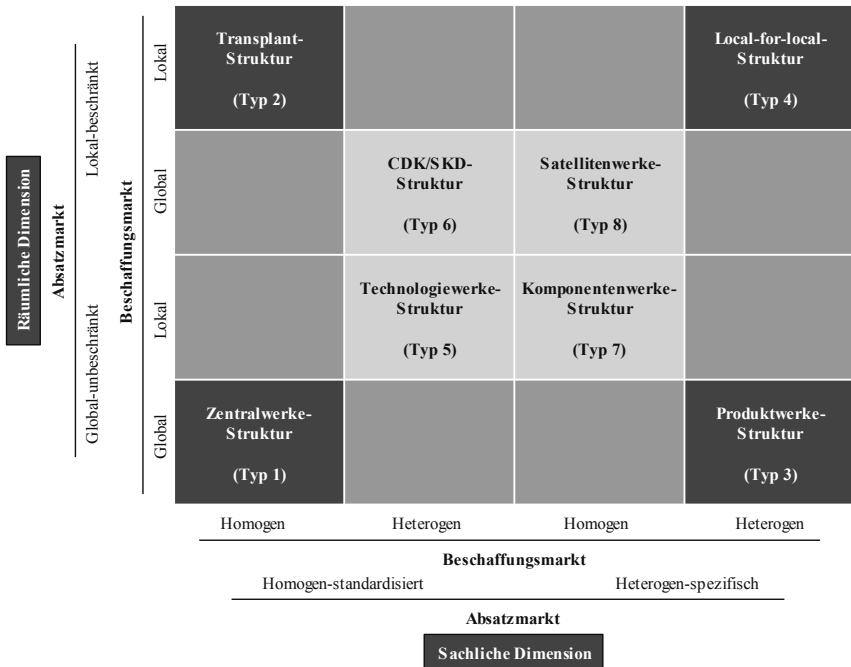
<sup>673</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung.

<sup>674</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 183.

<sup>675</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 192 ff.

<sup>676</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 192 ff.

<sup>677</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 130.


 Abbildung 5-13: Netzwerktypologien nach HARRE<sup>678</sup>

Ist die Soll-Struktur des Netzwerks definiert, rücken die einzelnen Werke bzw. deren Rollen in den Fokus, da nur durch eine Rollenverteilung eine effektive und gleichzeitig effiziente Wertschöpfung entstehen kann. Einen prinzipiellen Ansatz zur Definition von Rollen bzw. Typen von Fabriken liefert HILCHNER. Diese Typisierung unterstützt nicht nur die Kollaboration im Netzwerk, sondern ermöglicht auch eine zielorientierte Fabrikplanung, da unterschiedliche Fabriktypen unterschiedlicher Schwerpunkte in der Planung bedürfen.<sup>679</sup> Durch die Auswertung zahlreicher am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen durchgeführter Fabrikplanungsprojekte gelingt es ihm, vier prinzipielle Fabriktypen zu identifizieren, die anhand der Dimensionen *Produkt-* vs. *Prozessorientierung* und *Stückzahl-* vs. *Variantenorientierung* eingeordnet werden können (vgl. Abbildung 5-14).<sup>680</sup> Die *segmentierte* Fabrik verfolgt einen Varianten- und Produktfokus bei eher geringeren Stückzahlen. Die *schnelle* Fabrik ist geprägt von der Fertigung hoher Stückzahlen bei gleichzeitig geringer Varianz. Ebenso wie zuvor ist die Fabrikstruktur stark am Produkt orientiert. Anders ist dies in der *flexiblen* Fabrik. Diese ist vor allem auf die Fertigung einer hohen Variantenvielfalt ausgerichtet, gleichzeitig herrscht eine prozessorientierte

<sup>678</sup> I. A. a. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 205.

<sup>679</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 4.

<sup>680</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 115; eine Übersicht über die Cluster kann der Arbeit an der genannten Stelle entnommen werden.

Grundstruktur vor. Die Prozessorientierung ist ebenso ein Merkmal der *dedizierten* Fabrik. Diese produziert jedoch vorwiegend hohe Stückzahlen.

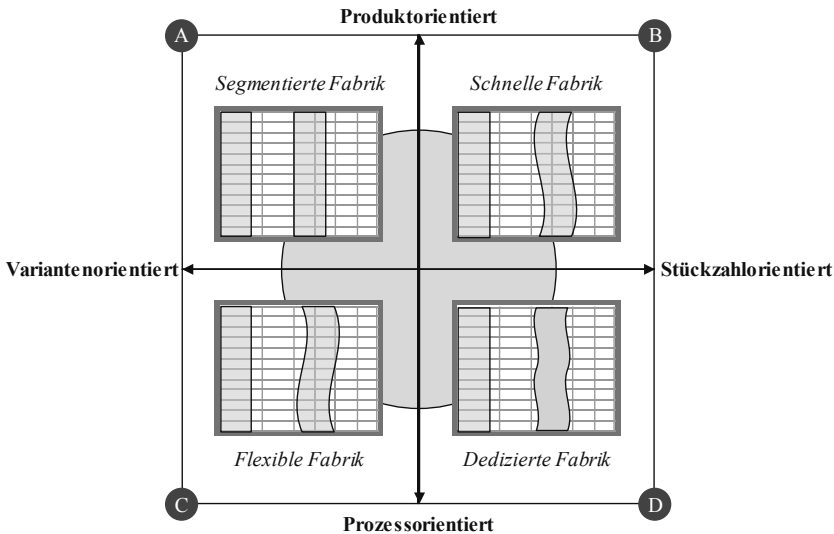


Abbildung 5-14: Fabriktypen nach HILCHNER<sup>681</sup>

Neben der Zuordnung eines Fabriktyps ist außerdem die fabrikplanungsstrategische Nutzung des Standortes zu bestimmen. Nach SKINNER führt die gleichzeitige Verfolgung zahlreicher Ziele jedoch dazu, dass Kompromisse eingegangen werden müssen, die in Summe die Wettbewerbsfähigkeit schmälern.<sup>682</sup> Aus diesem Grund soll jeder Standort strategisch ausgerichtet werden. Hierzu können die vier Nutzenpotenziale der Fabrikplanung nach BURGGRÄF herangezogen werden: Anlaufgeschwindigkeit, Investitionskosten, Produktivität und Wandlungsfähigkeit. Aus den Arbeiten von TSVERSKY UND SHAFIR zur kognitionswissenschaftlichen Forschung geht hervor, dass bis zu zwei Wahlmöglichkeiten ein effektives Entscheiden ermöglichen, darüber hinausgehende Wahlmöglichkeiten jedoch zu ineffektiven Entscheidungen führen, weshalb eine Beschränkung auf zwei Nutzenpotenziale empfohlen wird.<sup>683</sup> Liegen alle zuvor beschriebenen Informationen vor, können diese in einem Standortsteckbrief zusammengeführt werden. Zusätzlich umfasst der Steckbrief die werksspezifischen Anpassungsbedarfe, die sich aus der Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Zustand ergeben (vgl. Abbildung 5-15). Aus der Aggregation der einzelnen Entwicklungsbedarfe lässt sich in einem letzten Schritt die Roadmap für die langfristige Werkeentwicklung ableiten, die als priorisierter Projektspeicher für die Fabrikplanung dient.

<sup>681</sup> I. A. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 117.

<sup>682</sup> Vgl. Skinner, W. (1974) The focused factory, S. 113.

<sup>683</sup> Vgl. Tsversky, A. et al. (1992) Choice Under Conflict, S. 358 ff.

| Steckbrief zur strategischen Grundausrichtung (Zielstruktur)                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |                                                   |                                |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Standort:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Standort A                                                                                                                                                                                       | Netzwerktyp:                                                                                                                                                                        | Satellitenwerke                                   | Fabriktyp:                     | Schnelle Fabrik    |
| Präferierte Nutzenpotenziale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Investitionskosten                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                     | Anlaufgeschwindigkeit                             | Produktivität                  | Wandlungsfähigkeit |
| Erläuterung der strategischen Grundausrichtung (Ziel und Randbedingungen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |                                                   | Schwerpunkte der Ausrichtung   |                    |
| Artenteilung (Produktbreite/-flexibilität) <ul style="list-style-type: none"><li>• Produktgruppe A</li><li>• Baugruppen 1.1, 1.2, 1.3</li><li>• Merkmal X nur in den Ausprägungen:<ul style="list-style-type: none"><li>• 1</li><li>• 3</li></ul></li></ul>                                                                                                               | Prozessteilung (Technologien) <ul style="list-style-type: none"><li>• Großpressen X t (Laufzeit: 3 Jahre)</li><li>• Blanking Line</li><li>• Outsourcing KTL-Beschichtung</li><li>• ...</li></ul> | Mengenteilung (Produktionsvolumen) <ul style="list-style-type: none"><li>• 250.000 +/- 15 %</li><li>• Limitierende Logistikkapazitäten (Behälterversorgung)</li><li>• ...</li></ul> | Produkt-/Prozessqualität                          |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Spezifikationsstreuung                            |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Produktprogrammflexibilität                       |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Design-/Änderungsflexibilität                     |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Mengenflexibilität                                |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Zugang zu Wissen                                  |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Zugang zu Fach-/Arbeitskräften                    |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Nähe zu Lieferanten                               |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Nähe zu Kunden                                    |                                |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     | Anpassungsbedarfe ausgehend von der Ist-Struktur: |                                |                    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Umbau zu zentralem Hub zur Fertigung vorproduzierbarer Baugruppen</li><li>• Nutzung niedriger Faktorkosten</li><li>• Fokussierung auf Größendegression und hohe Skaleneffekte</li><li>• Verlagerung von Presskapazitäten &lt; Y t</li><li>• Prüfung Verlagerung und Outsourcing nicht strategischer Produktionsbereiche</li></ul> |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |                                                   | Effizienz durch Verbundeffekte |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |                                                   | Effizienz durch Skaleneffekte  |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |                                                   | Günstige Arbeitskräfte         |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |                                                   | Innovationsgrad                |                    |

Abbildung 5-15: Standortsteckbriefe als Grundlage der langfristigen Werkeentwicklung<sup>684</sup>

### 5.2.2.2 Verortung im Management-Modell

Das Vorgehen zur strategischen Produktionsnetzwerkplanung ist, wie der Name sagt, FP-ST zugeordnet. Wie die folgenden Ausführungen zeigen werden, ist dies ein zentraler Schritt, da auf diesem wesentliche strategische Entscheidungen aufbauen. Dementsprechend ist er logisch wie auch zeitlich einer frühen Phase zugeordnet. Den obigen Ausführungen folgend können für die strategische Produktionsnetzwerkplanung zusammenfassend vier wesentliche Schritte unterschieden werden (vgl. Abbildung 5-16). Zunächst muss das Zielsystem für das zukünftige Produktionsnetzwerk bestimmt werden. Auf Basis dieses Zielsystems ist im nächsten Schritt der geeignete Netzwerktyp auszuwählen. Innerhalb dieses Netzwerks müssen nun die Typen und Rollen der bestehenden sowie neu aufzubauenden Werke verortet werden. Sind Typen und Rollen definiert, kann individuell für jedes Werk eine Roadmap für die langfristige Werksentwicklung entworfen werden, die gemeinsam die übergeordnete Projekt-Roadmap bilden.

<sup>684</sup> I. A. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 131.





Abbildung 5-16: Vorgehen zur Auslegung des Produktionsnetzwerks

### 5.2.3 Strategische Plan-or-Buy Entscheidung zur Fokussierung eigener Kernkompetenzen in der Planung

Fabrikplanung ist eine hochkomplexe Aufgabe, die eine Einbindung verschiedener Kompetenzen erfordert. Die Anforderungen sind teils so speziell, dass es für kein Unternehmen rentabel ist, alle notwendigen Kompetenzen selber vorzuhalten. Vielmehr müssen sich die Unternehmen, wie auch in der eigenen Wertschöpfung, die Frage stellen, welche Kompetenzen im Bereich der Fabrikplanung Kernkompetenzen darstellen.<sup>685</sup> Inhalt der Plan-or-Buy Entscheidung ist, welche Planungskompetenzen im eigenen Unternehmen aufgebaut und entwickelt bzw. welche Kompetenzen ausgelagert werden sollen.

#### 5.2.3.1 Vorgehen

Zur Identifikation von Kernkompetenzen wird für diese Arbeit das Vorgehen nach KRÜGER UND HOMP angewendet. Dieses besteht aus einer Kopplung von Outside-In- und Inside-Out-Perspektive. Die Outside-In-Perspektive beschreibt die Marktsicht, also diejenigen Kompetenzen, die benötigt werden, um ein (Kunden-)Bedürfnis zu befriedigen. Die Inside-Out-Perspektive stellt hingegen die vorhandenen Kompetenzen der Fabrikplanung sowie deren Entwicklungsmöglichkeiten in den Mittelpunkt.<sup>686</sup>

Im Kontext der Outside-In-Perspektive ist in der Fabrikplanung zu untersuchen, welche Ergebnisse der Fabrikplanung bzw. der dahinterstehenden Aktivitäten Nutzenwahrnehmung beim Kunden, der Produktion als Nutzer der Fabrik, erzeugen. Zur Strukturierung dieser Frage wird das modulare Fabrikplanungsvorgehen der Aachener Fabrikplanungsschule (vgl. Kapitel 5.2.5) herangezogen. Dieses gliedert alle Aktivitäten der Fabrikplanung in logisch zusammengehörige Einheiten, die Planungsmodule, auf. Auf dieser Basis wird in der Folge zunächst eine Priorisierung der Planungsmodule vorgenommen, in die auch die Vorarbeiten des letzten Kapitels einfließen. Zwei wesentliche Charakteristika einer Fabrik sind der Fabriktyp und die strategische Zielorientierung (vgl. Standortsteckbriefe, Kapitel 5.2.2). Isoliert für eine Perspektive, die Typen- oder die Zielorientierung, bieten HILCHNER und BURGGRÄF Ansätze, die die Bedeutung der jeweiligen Module hervorheben.<sup>687</sup> Da eine Fabrik nur in den seltensten Fällen exakt einer Ausprägung entspricht, bedarf es einer Methode, um die beiden Perspektiven zu verbinden. Die Arbeiten der beiden Autoren bauen auf unterschiedlichen Ständen der Modullandkarte auf, sodass zunächst eine Überführung der dort beschriebenen Module auf den aktuellsten Stand nach

<sup>685</sup> Zum Begriff und Charakterisierung von Kernkompetenzen vgl. Krüger, W. (1997) Kernkompetenz-Management, S. 26 ff.

<sup>686</sup> Vgl. Krüger, W. (1997) Kernkompetenz-Management, S. 67, 101.

<sup>687</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 123; Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 184.

MECKELNBORG notwendig ist.<sup>688</sup> Dadurch kann eine vergleichbare Bewertung der Module für unterschiedliche Fabriktypen bzw. Fabrikplanungsziele realisiert werden (vgl. Anhang 8.5).<sup>689</sup>

Mittels der Berechnung nach Formel (1) ist es möglich, die Wichtigkeit jedes einzelnen Moduls für die individuelle Fabrik zu bestimmen. Dabei soll dem Entscheider ermöglicht werden, eine Gewichtung zwischen Typen- oder Zielorientierung vorzunehmen, um der individuellen Ausrichtung der einzelnen Werke gerecht zu werden. Die Berechnungsvorschrift ist in der folgenden Gleichung abgebildet:

$$v(a) = w_T * v_T(a_T) + w_Z * v_Z(a_Z) \tag{1}$$

|            |                                         |       |                                  |
|------------|-----------------------------------------|-------|----------------------------------|
| $v(a)$     | Wertigkeit des Moduls a                 | $w_T$ | Gewichtung der Typenorientierung |
| $v_T(a_T)$ | Typenorientierte Bewertung des Moduls a | $w_Z$ | Gewichtung der Zielorientierung  |
| $v_Z(a_Z)$ | Zielorientierte Bewertung des Moduls a  |       |                                  |

Es gelten folgende Nebenbedingungen:

$$w_T + w_Z = 2 \tag{2}$$

Sollen zwei Ziele priorisiert werden, gilt:

$$v_Z(a_Z) = 0,5 * v_{Z1}(a_{Z1}) + 0,5 * v_{Z2}(a_{Z2}) \tag{3}$$

Soll lediglich ein Ziel priorisiert werden, gilt:

$$v_Z(a_Z) = v_{Z1}(a_{Z1}) \tag{4}$$

|                  |                                                   |                  |                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|
| $w_T$            | Gewichtung der Typenorientierung                  | $w_Z$            | Gewichtung der Zielorientierung                   |
| $v_Z(a_Z)$       | Zielorientierte Bewertung des Moduls a            | $v_{Z2}(a_{Z2})$ | Zielorientierte Bewertung des Moduls a für Ziel 2 |
| $v_{Z1}(a_{Z1})$ | Zielorientierte Bewertung des Moduls a für Ziel 1 |                  |                                                   |

Anhand dieses Vorgehens lässt sich für jede Fabrik im Netzwerk die Wichtigkeit der einzelnen Planungsmodule ermitteln. Die Aggregation der Berechnungen für jede Fabrik im Netzwerk, bspw. über Mittelwertbildung oder die Gewichtung auf Basis der Umsatzbedeutung, ermöglicht eine Aussage über die Wichtigkeit eines jeden Planungsmoduls und bildet das Ergebnis der Outside-In-Analyse. Wird dieses Verfahren auf die aktuelle und zukünftige Konfiguration der Fabriken angewendet, ist automatisch

<sup>688</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 109 ff.; der Transfer wurde mittels Analysen der drei Arbeiten sowie unter Einbeziehung weiterer Experten, v. a. hinsichtlich der gebäudeorientierten Planungsmodule bewerkstelligt.

<sup>689</sup> Wo eine Übertragbarkeit nicht möglich war, wurde eine Einschätzung durch den Autor vorgenommen.

der Zukunftsbezug der notwendigen Kompetenzen gegeben. Die Inside-Out-Perspektive beruht auf qualitativen Methoden, um die eigene Kompetenz innerhalb der Planungsmodule zu bestimmen. Hierzu bieten sich Methoden der Stärken-Schwächen-Analyse oder des Benchmarkings an, ebenso eine Selbsteinschätzung der Mitarbeiter oder eine Bewertung des eigenen Vorgehens bzw. der eigenen Kompetenzen durch eine externe Organisation. Neben der Bewertung des Status Quo ist zudem eine Abschätzung des Aufwandes vorzunehmen, der nötig ist, um eine eventuell bestehende Kompetenzlücke zu schließen.<sup>690</sup> Im Anschluss werden beide Perspektiven zusammengeführt, um die richtigen Strategien im Kontext Plan-or-Buy (PoB) für den Umgang mit den einzelnen Kompetenzen abzuleiten (vgl. Abbildung 5-17). Aus der Zusammenführung ergeben sich vier prinzipielle Strategien, die in Anhang 8.5 beschrieben sind.

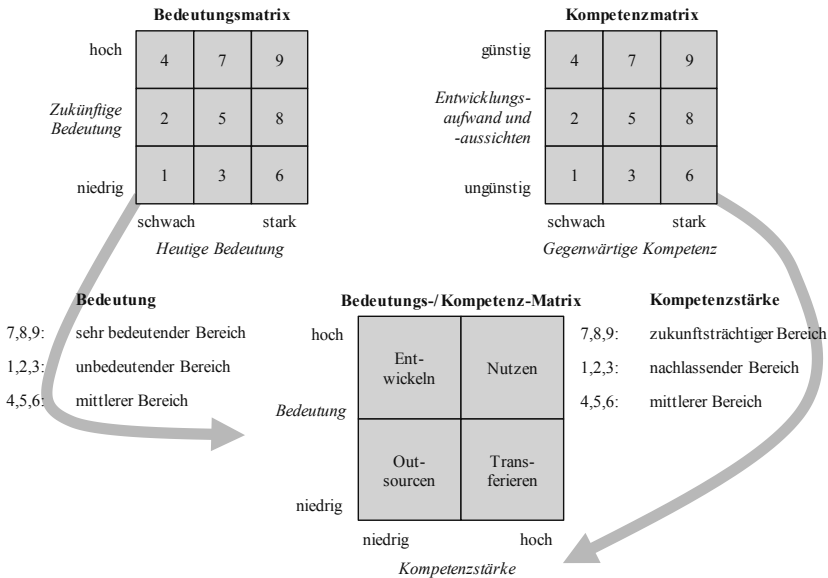


Abbildung 5-17: Bestimmung von Strategien im Kontext der PoB-Entscheidung<sup>691</sup>

### 5.2.3.2 Verortung im Management-Modell

Die Identifikation, Bewertung und das Management von Kompetenzen obliegt FP-ST, da es sich um eine langfristige, strategische Aufgabe handelt. Da auf dieser Aufgabe verschiedene folgende Aktivitäten aufbauen, ist sie in einem frühen Stadium durchzuführen und in regelmäßigen Abständen von ca. ein bis zwei Jahren zu kontrollieren. Ein deutlich kürzerer Zyklus birgt die Gefahr, unnötigen Aufwand zu betreiben, wohingegen durch deutlich längere Zyklen das Risiko besteht, bei Veränderungen nicht (pro-)aktiv handeln zu können. Für eine fundierte PoB-Entscheidung müssen folgende Schritte durchlaufen werden (vgl. Abbildung 5-18). Zunächst ist auf Basis der Typen und Rollen der einzelnen Werke

<sup>690</sup> Vgl. Krüger, W. (1997) Kernkompetenz-Management, S. 101 ff.

<sup>691</sup> I. A. a. Krüger, W. (1997) Kernkompetenz-Management, S. 105.

die Bedeutung der einzelnen Module zu determinieren. Anhand der Matrix aus Abbildung 5-17 ist die jeweils passende Strategie auszuwählen. Für die Module des Outsourcings ist zudem zu prüfen, ob strategische Partnerschaften gebildet oder Umfänge projektspezifisch vergeben werden sollen.

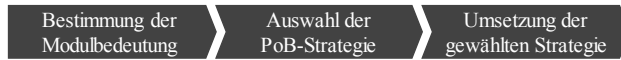


Abbildung 5-18: Vorgehen in der PoB-Entscheidung

## 5.2.4 Fabrikstandards als Basis effektiver Ergebnisse und effizienter Prozesse

Ähnlich der Produktentwicklung können Standards und Baukästen auch in der Fabrikplanung die Effektivität und Effizienz der Planung erhöhen. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Aachener Fabrikplanungsschule ein Vorgehen zur Standardisierung in der Fabrikplanung entwickelt. Ziel der Entwicklung von Fabrikstandards ist zum einen die Vereinheitlichung von Fabriken und deren Elementen, um Skaleneffekte, bspw. im Einkauf, realisieren zu können.<sup>692</sup> Gleichzeitig kann die Effizienz in der Planung erhöht werden, da die Elemente nicht in jedem Projekt neu geplant werden müssen, sondern bewährte Lösungen „aus der Schublade“ genutzt werden können.

### 5.2.4.1 Vorgehen

Die Entwicklung von Fabrikstandards beruht auf den Arbeiten von STOFFEL und RUDOLF auf Basis der Zusammenführung von Produktstruktur, Produktprogramm und Produktionsstruktur.<sup>693</sup> Im ersten Schritt wird ein Prozessvariantenbaum entworfen, der Prozessketten, einzelne Prozesse, die in den Prozessen verwendeten Ressourcen sowie ergänzende Charakteristika zu Prozess und Ressourcen enthält (vgl. Anhang 8.6.1). Dazu wird mittels der Netzplantechnik in Kombination mit einer Swimlane-Logik die gesamte interne Fertigungsprozesskette abgebildet. Je nach Anwendung kann der Entwurf der Prozessketten für alle gefertigten Produkte zu umfangreich sein, sodass dieser Schritt lediglich für definierte Referenzprodukte durchgeführt wird, die einen Großteil des Produktprogramms repräsentieren. Um die Angaben zu den verwendeten Technologietypen (TT), einer „Variante der betrachteten Prozess-Ressourcen-Kombination“<sup>694</sup> (vgl. Anhang 8.6.1), aufzunehmen, erfolgt eine tiefere Analyse der derzeitigen verwendeten Ressourcen, bspw. hinsichtlich Fertigungsverfahren, Maschinenhersteller, Automatisierungsgrad. Die zu untersuchenden Charakteristika sind im Vorhinein zu definieren. Daneben sind für jeden Technologietyp die spezifischen Kosten je Produkt zu erfassen.<sup>695</sup>

Im nächsten Schritt folgt die Kopplung von Produkt und Prozess mittels einer Verknüpfungsmatrix. Dabei werden der Produktstruktur die einzelnen Prozesse gegenübergestellt und durch eine einfache Zuordnung die relevanten Verknüpfungen identifiziert (vgl. Abbildung 5-19, oberes Drittel). So lässt sich ermitteln, welche Prozesse bzw. dahinterstehende Technologietypen von etwaigen Produktänderungen betroffen sind.<sup>696</sup> Diese Schnittstellen sind nun auf ihre notwendige Flexibilität zu untersuchen. Dazu wird die Produktstruktur um ihre wesentlichen Änderungstreiber erweitert und jeder Treiber wird

<sup>692</sup> Vgl. Burggräf, P. et al. (2016) Potential of Factory Standards, S. 138.

<sup>693</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell; Rudolf, S. (2014) Produktionsgerechte Baukastengestaltung.

<sup>694</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 143.

<sup>695</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 143.

<sup>696</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 145 ff.

hinsichtlich seines Einflusses auf die einzelnen Produktionsprozesse bewertet (vgl. Abbildung 5-19, mittleres Drittel).<sup>697</sup> Mittels der dort angegebenen Formeln lassen sich die einzelnen Prozesse auf einer normierten Skala hinsichtlich ihres Flexibilitätsbedarfs einordnen. Zusätzlich ist der Grad der Standardisierung der Produktionsressourcen zu untersuchen. Dazu wird die Anzahl der Technologietypen, die in einem Prozess zur Anwendung kommen, durch die Summe der in diesem Prozesstyp verwendeten Ressourcen dividiert und auf einer Skala verortet. Der Wert ,1' gibt dabei die niedrigste Form der Standardisierung an, da in diesem Fall jede Ressource genau einmal zum Einsatz kommt (vgl. Abbildung 5-19, unteres Drittel). Durch Zusammenführen von Flexibilitätsbedarfen und Standardisierung entsteht so ein Schalenmodell der Produktion, in dem alle Prozesse verortet werden können. Von einem stabilen Status der Prozesse wird gesprochen, wenn Flexibilität und Standardisierung ein ähnliches Level aufweisen. Besteht eine Diskrepanz, müssen Anpassungsmaßnahmen an Produkt oder Prozess vorgenommen werden.<sup>698</sup>

Ausgehend von den bisherigen Ergebnissen können nun zwei Prozesse angestoßen werden, die weitergehende Standardisierung der Ressourcen und in der Folge die detaillierende Auslegung der Netzwerkstruktur. Zur weiteren komplexitätsorientierten Standardisierung der Ressourcen ist die Flexibilitätsmatrix nun auch spaltenweise um die Technologietypen sowie deren wesentliche Charakteristika zu ergänzen. Auf diese Weise kann der Flexibilitätsbedarf einer jeden Ressource in Abhängigkeit des zu fertigenden Produkts ermittelt werden.<sup>699</sup> Ebenso wird in Anlehnung an die Berechnung in Abbildung 5-19 (unteres Drittel) der Standardisierungsgrad einer jeden Ressource und deren Charakteristika berechnet. Danach werden Flexibilitätsbedarf und Standardisierungsgrad in einem Portfolio aufbereitet, um die Entsprechung der beiden Größen zu prüfen. Je nach gewünschter Detaillierungsstufe liegen nun alle Informationen vor, um einen Standardisierungskatalog<sup>700</sup> der Ressourcen zu definieren. Das vorgestellte Verfahren kann nach demselben Muster fortgeführt werden, um weitere Elemente der Fabrik, bspw. die Gebäudehülle oder die Haustechnik, zu standardisieren. Dabei nehmen die Ressourcen mit ihren Varianten die Position des Produkts im ursprünglichen Prozess ein.

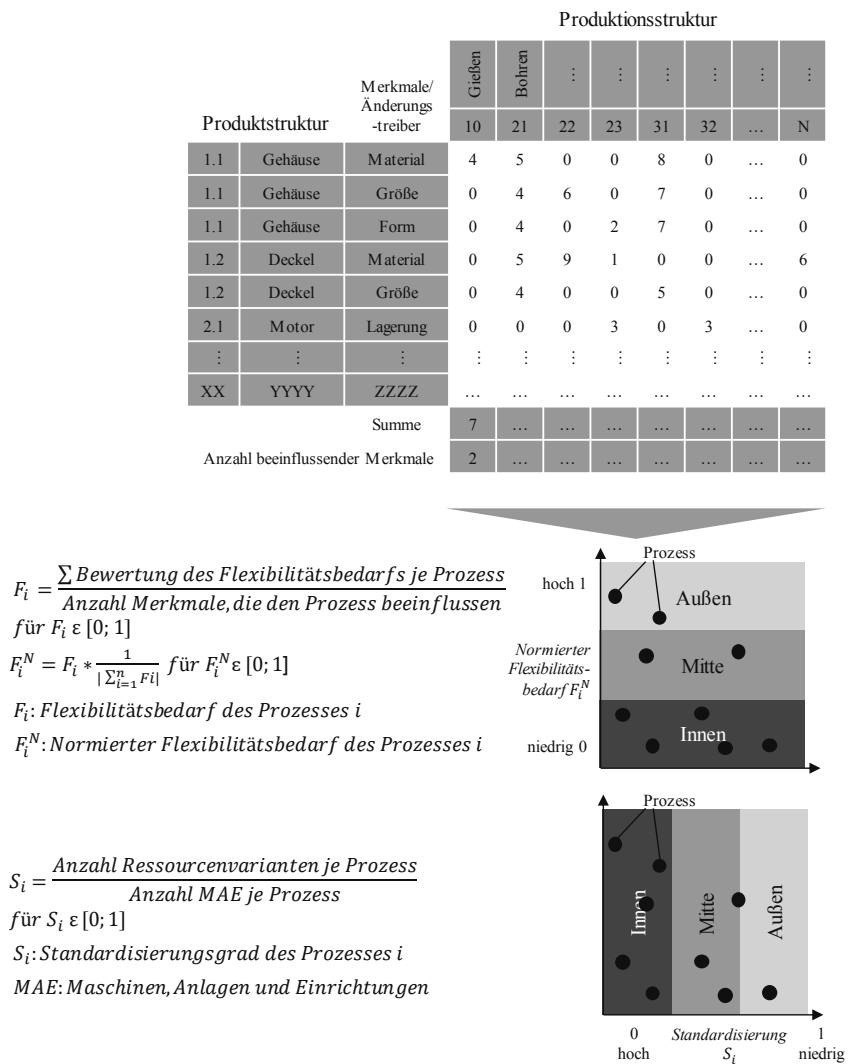
---

<sup>697</sup> Die Änderungstreiber sollten dabei einen produktionsrelevanten Bezug haben. Neben der Ist-Situation sollten auch vorhersehbare Änderungen in die Bewertung mit einfließen.

<sup>698</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 153.

<sup>699</sup> Dieses Wissen kann ebenfalls später bei der operativen Allokation von Ressourcen und Produkten unterstützen.

<sup>700</sup> Inklusive der gewünschten Varianten je Maschine bzw. Charakteristikum.



lässt sich dem Prozessvariantenbaum durch Ausschnitte entnehmen, die von einer hohen Anzahl betrachteter Produkte durchlaufen werden. Liegt gleichzeitig ein geringer Flexibilitätsbedarf vor, ist dies ein idealer Kandidat eines konstituierenden Merkmals und somit als zentraler Pfeiler der Standardisierung und Netzwerkauslegung geeignet. Für diese wird im nächsten Schritt mittels einer ABC-Analyse untersucht, wie hoch der Kostenbeitrag des Prozesses zu den Gesamtkosten eines Produktes ist. Die als A kategorisierten Prozesse sollten besondere Beachtung in der Definition im Standardisierungskatalog erfahren.<sup>702</sup>

Sind die einzelnen Technologietypen definiert, können sie zu Prozesskettenvarianten (PKV) verknüpft werden. Dazu werden in einer Matrix die jeweiligen Technologietypen je Prozessschritt abgetragen und mittels einer Konsistenzanalyse zu sinnvollen Varianten in Produktionsbereichen zusammengefügt (vgl. Anhang 8.6.2).<sup>703</sup> Im nächsten Schritt sind die Prozesskettenvarianten den Fabriktypen zuzuordnen, methodisch wieder durch die Konsistenzanalyse unterstützt. Mit Bezug auf die Netzwerkstruktur müssen nun die einzelnen Standorte konfiguriert werden. STOFFEL schlägt dabei die Bildung unterschiedlicher Szenarien vor, die je Standort zumindest eine Beschreibung der Arten-, Mengen- und Prozessteilung umfassen muss, aber auch um weitere Merkmale ergänzt werden kann. Nach Erstellung der Szenarien wird zunächst eine qualitative Bewertung der Ergebnisse vorgenommen, um die Konformität mit der zuvor definierten idealen Netzwerkstruktur abzugleichen und so den Lösungsraum auf eine handhabbare Anzahl an Varianten zu begrenzen. Grundlage für diesen Abgleich sind die Standortsteckbriefe, die in Kapitel 5.2.2 vorgestellt wurden. Die verbleibenden Szenarien sowie die zugehörigen Migrationen im Netzwerk werden mittels verschiedener quantitativer Verfahren, je nach Datenlage, bewertet und die Ergebnisse fließen zurück in die erstellte Roadmap, aus der einzelne Projekte ausgeleitet werden.<sup>704</sup>

#### 5.2.4.2 Verortung im Management-Modell

Die Entwicklung der Fabrikstandards obliegt FP-ST. Der Prozess weist eine hohe Verknüpfung zur Auslegung der Produktionsnetzwerkstruktur auf, sodass diese Schritte ggf. iterativ durchlaufen werden müssen. Zur Anwendung kommen die Standards bzw. Varianten aus dem Standardisierungskatalog in der Bearbeitung konkreter Fabrikplanungsaufgaben durch die Planungsteams. Für die Definition der Standards sind zusammenfassend folgende Schritte durchzuführen (vgl. Abbildung 5-20). Zunächst ist der Prozessvariantenbaum zu erstellen, der alle wesentlichen Informationen für die nächsten Schritte beinhaltet. Für jeden Prozessschritt sind auf dieser Basis die Flexibilitätsbedarfe sowie Standardisierungspotenziale zu bewerten. Sind die Optionen für einzelne Prozessschritte definiert, sind diese zu sinnvollen Prozesskettenvarianten zu konfigurieren. Im letzten Schritt sind die Prozesskettenvarianten den Fabriktypen zuzuordnen.

---

<sup>702</sup> I. A.a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 157.

<sup>703</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 161.

<sup>704</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 174 ff.



\* Flex. = Flexibilisierungsbedarf; \*\* Stand. = Standardisierungspotenzial

Abbildung 5-20: Vorgehen zur Einführung von Fabrikstandards

## 5.2.5 Modulare Fabrikplanung als Grundlage einer komplexitätsgerechten Projektorganisation

Die modulare Fabrikplanung ist eine Antwort auf die steigende Komplexität im Fabrikplanungsumfeld. Klassische Planungsansätze operieren in einem zeitlich orientierten Phasenmodell, welches den heutigen Gegebenheiten hinsichtlich Vernetzung und Dynamik des Fabrikplanungsprozesses nicht mehr gerecht wird. Aus diesem Grund wurde in der Aachener Fabrikplanungsschule ein modulares Vorgehen entwickelt, welches sich vor allem in den Arbeiten von NÖCKER und MECKELNBORG manifestiert.<sup>705</sup> Ziel des modularen Fabrikplanungsansatzes ist es, Fabrikplanungsprojekte auch in einem komplexen Umfeld erfolgreich durchführen zu können. Der modulare Aufbau schafft Transparenz in einem zuvor undurchsichtigen Prozess. Zusätzlich ermöglicht er es, Projekte individuell zu konfigurieren und trägt so zu einer effektiven Projektorganisation und einer effizienten Projektabwicklung bei. Weiterhin bildet er die Grundlage, durch eine Standardisierung der Aufgaben einfache, digitale Abläufe zu definieren, passende Werkzeuge zu entwickeln und sogar Untersuchungen zur Automatisierung der Aufgabenbearbeitung vorzunehmen.<sup>706</sup>

### 5.2.5.1 Vorgehen

Im Zentrum des modularen Fabrikplanungsansatzes stehen die einzelnen Module, in denen ähnliche Fabrikplanungsaktivitäten zusammengefasst sind. Verknüpft sind die Module über Informationsflüsse, eine Output-Information eines Moduls stellt eine Input-Information für ein weiteres Modul dar.<sup>707</sup> Durch die informatorische Verknüpfung auf Basis der Output-Input-Beziehungen wird so die Modullandkarte der Aachener Fabrikplanungsschule erzeugt, welche nach aktuellem Stand aus 34 Modulen besteht. Diese teilen sich in Module der Produktionssystemplanung, der Industriebauplanung sowie der strategischen Planung auf.<sup>708</sup> Ferner entwirft NÖCKER einen Prozess, der die Projektorganisation und -abwicklung unterstützt. Dieser besteht aus sechs wesentlichen Schritten, welche in ihren Grundzügen bereits in Kapitel 5.1.2.1.3 vorgestellt wurden (vgl. Abbildung 5-21). An dieser Stelle erfolgt eine Vertiefung einiger Schritte, um den Ablauf und die Verwendung im Rahmen des Management-Modells zu verdeutlichen.

<sup>705</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung; Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung.

<sup>706</sup> Vgl. Bejjani, C. et al. (2018) Flow Chart Based Information Modeling, S. 412; Burggräf, P. et al. (2019) Simulating the benefit; Dannapfel, M. et al. (2019) Human Machine Cooperation, S. 328.

<sup>707</sup> Modulen können auch Inputinformationen von außerhalb des Projekts zugewiesen werden, vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 77.

<sup>708</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 109 ff.



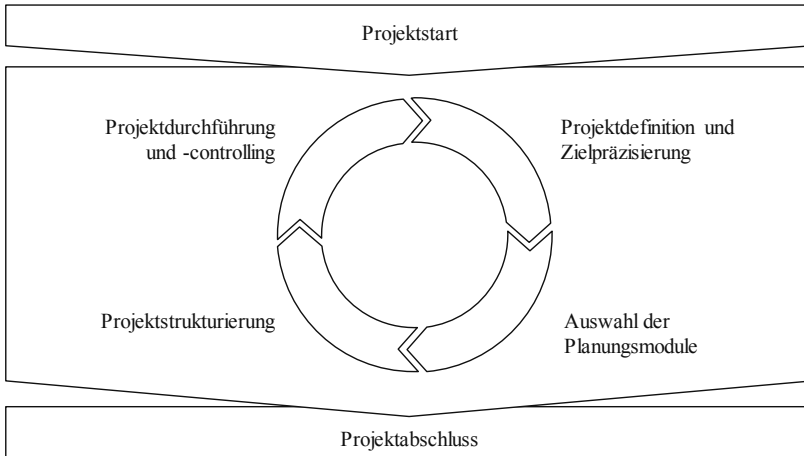


Abbildung 5-21: Methodik der zustandsbasierten Fabrikplanung<sup>709</sup>

Zum Projektstart erfolgt die Definition des Projektrahmens. Es werden die globalen Ziele, abgeleitet aus der Roadmap, und der inhaltliche Umfang definiert, welche in der Projektdefinition und Zielpräzisierung detailliert und um die bestehenden Restriktionen aus dem Projektumfeld ergänzt werden. Im nächsten Schritt erfolgt die Auswahl der Planungsmodule. Zunächst werden die Kernmodule ausgewählt. Kernmodule sind solche, „die sich mit der direkten Erfüllung der Projektziele befassen“<sup>710</sup>. Diese können je nach Projektkontext variieren. Sind individuelle Ziele nicht mit den existierenden Modulen abzudecken, sind zusätzliche Kernmodule zu definieren.<sup>711</sup> Aus der Modullandkarte sind alle Ausgangsinformationen ersichtlich, die in den Kernmodulen erstellt werden. Diese sind nun zu überprüfen und zu eliminieren, wenn sie nicht durch die Projektdefinition abgedeckt sind, ebenfalls können individuelle Informationen hinzugefügt werden. Durch Eliminierung der Ausgangsinformationen können ebenso die dafür notwendigen Inputinformationen eliminiert werden, was zur Identifikation der Assistenzmodule überleitet. Assistenzmodule sind solche, die die Inputinformationen für die Kernmodule erzeugen und durch Rückverfolgung der Informationsflüsse identifiziert werden können.<sup>712</sup> Durch eine Matrix-Analyse lässt sich die Stärke der gegenseitigen Beeinflussung der Module bestimmen. Dies bildet die Grundlage der Projektstrukturierung. Das Verfahren der Projektstrukturierung ist in Anhang 8.7 dargestellt, wobei die Assistenzmodule ausgeblendet werden, da sie keinen Einfluss auf die Reihenfolgebildung der Kernmodule haben.<sup>713</sup> Kernmodule ohne Eingangsinformationen von anderen Kernmodulen werden an den Anfang sortiert und können unmittelbar bearbeitet werden (Schritte 1 und 2). Erzeugt ein Kernmodul keine Ausgangsinformationen, die durch ein anderes Kernmodul verwendet werden, wird dieses ans Ende verschoben (Schritte 4 und 5). Die iterative Bearbeitung beschränkt sich somit

<sup>709</sup> I. A. a. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 143.

<sup>710</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 179.

<sup>711</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 181.

<sup>712</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 184.

<sup>713</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 193.

auf die verbliebenen Kernmodule. Durch die Ermittlung der Planungsdauern, auch der Assistenzmodule, im nächsten Schritt, wird der Fabrikplaner in die Lage versetzt einen Zeitplan inkl. Meilensteinen für die Projektbearbeitung aufzustellen, wobei zeitliche Restriktionen sowie Grenzen der parallelen Bearbeitung zu beachten sind.<sup>714</sup>

In der Projektdurchführung und im Projektcontrolling werden die Module bearbeitet und der Arbeitsfortschritt kontinuierlich überwacht. Das Controlling erfolgt anhand der Reifegrade der Planungsmodule (vgl. hierzu Kapitel 5.2.6). Sollten dabei inhaltliche oder zeitliche Abweichungen festgestellt werden, sind entsprechende Gegenmaßnahmen zu ergreifen.<sup>715</sup> Sind die inhaltlichen Tätigkeiten beendet, erfolgt der Abschluss des Projekts. In diesem Zuge wird eine vollständige Projektdokumentation angefertigt und die Explizierung der gewonnen Erfahrungen bzw. des gewonnenen Wissens sichergestellt.<sup>716</sup> Dies wird insbesondere für das kybernetische Regelungsmodell (vgl. Kapitel 5.3) benötigt.

#### 5.2.5.2 Verortung im Management-Modell

Die Definition einer grundlegenden Modullandkarte mit den jeweiligen Modulen sowie den Output-Input-Beziehungen ist Aufgabe von FP-ST. Sie stellt ein zentrales Werkzeug der Fabrikplanung dar, welches in jedem Projekt, wohl in individueller Form, zum Einsatz kommt und die grundlegende inhaltliche Organisation des Projekts determiniert. Die Arbeit mit der Modullandkarte innerhalb des Projekts in Form des zuvor beschriebenen Prozesses ist die Kernaufgabe der Projektleitung, unterstützt durch den Steuerkreis. Die wesentlichen Schritte für den Aufbau einer modularen Fabrikplanung sind in Abbildung 5-22 zusammengefasst. Zunächst müssen die Planungsmodule definiert oder ausgewählt werden. Für jedes dieser Module sind die zu erzeugenden Ausgangsinformationen zu selektieren. Im nächsten Schritt sind die dafür notwendigen Eingangsinformationen festzulegen. Auf dieser Basis können die Module informatisch vernetzt und so die Modullandkarte erzeugt werden. Zum Abschluss sind die Grundlagen des modularisierten Projektmanagements zu bestimmen.



Abbildung 5-22: Vorgehen der modularen Fabrikplanung

### 5.2.6 Reifegradmanagement als Grundlage einer effizienten Projektdurchführung

Das Reifegradmanagement ist ein Ansatz, der aus der Produktentwicklung stammt und die Lenkung des Entwicklungsprozesses unterstützt. Aufgrund der Ähnlichkeit zwischen Produktentwicklung und Fabrikplanung lässt sich das Reifegradmanagement auch auf die Fabrikplanung übertragen. Ziel des Reifegradmanagements ist die Beantwortung der Frage „welche Planungsinformation zu welchem Zeitpunkt [...] in welchem Reifegrad benötigt wird, um eine koordinations-effiziente Zielerreichung im Projekt sicherzustellen“<sup>717</sup>. Dies ist zurückzuführen auf die Vielzahl an Planern, die starke Vernetzung der

<sup>714</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 199 ff.

<sup>715</sup> Eine Auswahl potenzieller Abweichungen und Gegenmaßnahmen findet sich bei Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 211 f.

<sup>716</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 214.

<sup>717</sup> Vgl. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 95.

verschiedenen Planungsinhalte sowie die hohe Dynamik im Projekt(-umfeld), die einen ständigen Informationsaustausch zwischen den Planern bedingen.

### 5.2.6.1 Vorgehen

Um dieses Ziel zu erreichen, definiert KRUNKE vier Bausteine, die eine erfolgreiche Durchführung ermöglichen.<sup>718</sup> Zunächst muss ein Reifegradmodell entwickelt werden, das den Begriff des Reifegrades definiert und beschreibt. Hieraus leitet sich der Bedarf einer *Attributierung* und *Vernetzung der Planungsinformationen* der modularen Fabrikplanung (vgl. Kapitel 5.2.5) ab. Ein *informativischer Referenzprozess* lenkt die Makrokoordination, die durch ein *operatives Reifegradmanagement* auf Mikro-Ebene unterstützt wird.

Der Reifegrad nach KRUNKE ist definiert in den Dimensionen Genauigkeit (Inhalt) und Sicherheit (Kontext) einer Planungsinformation. Die Genauigkeit basiert auf einer Attributierung der Planungsinformationen der modularen Fabrikplanung, die mit Meta-Informationen, den Attributen, angereichert werden. Mittels einer Binär-Logik wird in der Planung bewertet, ob bestimmte Attribute vorliegen. Je mehr Attribute vorliegen, desto genauer ist eine Information definiert. Die Sicherheit setzt sich zusammen aus der Änderungswahrscheinlichkeit und der Änderungsbreite, also der antizipierten Stärke einer Änderung. Beide Größen werden qualitativ definiert (vgl. Abbildung 5-23).

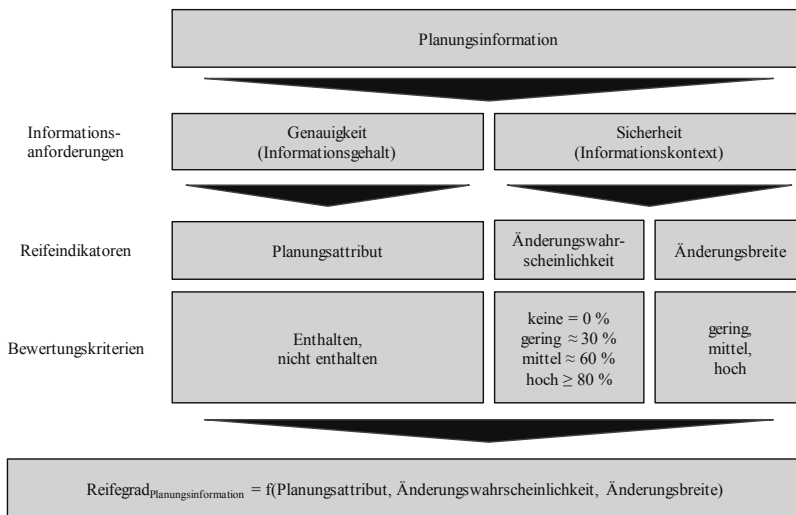


Abbildung 5-23: Reifegradmodell der Fabrikplanung<sup>719</sup>

Aus der Genauigkeit leitet sich der Bedarf der Attributierung der Planungsinformationen ab. Die Attribute adressieren dabei physische oder nicht-physische Merkmale der Fabrik, die den einzelnen Planungsinformationen zugeordnet sind (vgl. Abbildung 5-24). Zusätzlich werden die Wirkbeziehungen

<sup>718</sup> Vgl. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement.

<sup>719</sup> I. A. a. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 102.

der Attribute untereinander in einer Matrixanalyse mittels einer Skala von ,0‘ (keine Beeinflussung) bis ,2‘ (starke Beeinflussung) bewertet. Dies erleichtert die Schnittstellenausgestaltung.<sup>720</sup>

| Planungsinformation(-en) | Planungsattribut(-e)                                                                                                                    |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kapazitätsbedarfsplan    | Gesamt-Maschinenkapazität<br>Gesamt-Personalkapazität<br>Segment-Maschinenkapazität<br>Betriebsmittelanforderungen<br>Kapazitätsgebirge |

Abbildung 5-24: Beispielhafte Planungsinformation inkl. Planungsattributen<sup>721</sup>

Um den Prozess des Reifegradmanagements auf Gesamtprojektebene (Makro-Ebene) zu lenken, wird ein informatorischer Referenzprozess entworfen. Dieser umfasst vier Phasen, die jeweils mit einer Reifestufe als Fixpunkte der Synchronisation in einem Stage-Gate-Prozess definiert sind: Zieldefinition, Grobkonzeptfreigabe, Planungsfreigabe und Umsetzungsfreigabe. In generischer Form beschreibt der Referenzprozess, welche Attribute welcher Planungsinformation zu welcher Reifestufe vorliegen müssen (vgl. Anhang 8.8.1). Zuletzt erfolgt auf der Mikro-Ebene das operative Reifegradmanagement. Dieses unterteilt sich in zwei Prozesse, einen *initialen* und einen *zyklischen* Management-Prozess. Im Initialprozess erfolgt die Konfiguration der Reifestufen. Der initiale Prozess findet zu Projektbeginn, genauer im Rahmen der Projektstrukturierung nach NÖCKER (vgl. Kapitel 5.2.5), statt. Projektspezifisch werden die Reifestufen, Informationen inkl. ihrer Attribute und die Vernetzung der Attribute angepasst. Den Reifestufen werden Soll-Reifegrade zugeordnet, die zum jeweiligen Gate erreicht sein sollen, und in Reifegrad-Controllingkarten festgehalten (vgl. Anhang 8.8.2).

Im Gegensatz zur Makro-Ebene wird im zyklischen Prozess nur die bevorstehende Reifestufe betrachtet. Zu Beginn eines jeden Zyklus wird zunächst die initiale Planung mit dem aktuellen Projektstatus abgeglichen und eventuelle Änderungen vorgenommen. Die Aktivitäten gleichen denen des Initialprozesses. Aufgrund der hohen Dynamik in Fabrikplanungsprojekten ist eine planungsbegleitende Überwachung der Entwicklung der Reifegrade notwendig.<sup>722</sup> Aus diesem Grund erfolgt eine Kopplung an das agile Projektmanagement (vgl. Kapitel 5.2.7) durch Einbringen der Reifegrad-Controllingkarten in die Taktvorbereitung. Zum Abschluss jedes zyklischen Prozesses, der Abnahme der Reifestufe, werden die Reifegrad-Controllingkarten kontrolliert. Auf Basis einer Ampellogik wird entschieden, ob das Projekt (unter Auflagen) fortgeführt, pausiert (bis alle Reifegrade das verlangte Ziel erreicht haben) oder abgebrochen wird, da ein Erfolg auf Basis des Projektstatus nicht mehr realisierbar scheint.

<sup>720</sup> Vgl. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 171 ff.

<sup>721</sup> I. A. a. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 112.

<sup>722</sup> Vgl. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 142.

### 5.2.6.2 Verortung im Management-Modell

Die Entwicklung des Reifegradmanagements ist Aufgabe von FP-ST.<sup>723</sup> Die individuelle Anpassung an das jeweilige Projekt wird durch die Projektleitung durchgeführt. Die Planungsteams nutzen das Reifegradmanagement in ihrer täglichen Arbeit. Die Entscheidung zum weiteren Vorgehen bei Erreichen einer Reifestufe wird durch den Steuerkreis getroffen, wobei in kritischen Fällen auch FP-MPM hinzuzuziehen ist. Der Prozess des Reifegradmanagements ist in Abbildung 5-25 zusammengefasst. Zunächst ist ein Reifegradmodell in den Dimensionen Genauigkeit und Sicherheit zu entwickeln. Die so generierten Attribute werden genutzt, um die Modullandkarte aus Kapitel 5.2.5 zu erweitern. Ist dies geschehen, können die einzelnen Informationen und ihre Attribute im Referenzprozess verortet werden. Im letzten Schritt sind die initialen und operativen Prozesse des Reifegradmanagements zu definieren.



Abbildung 5-25: Vorgehen im Reifegradmanagement

## 5.2.7 Agiles Projektmanagement als Grundlage einer effizienten Projektkoordination

Das agile Projektmanagement entspringt der Softwareentwicklung. Da Fabrikplanungsprojekte vermehrt Charakteristika von Software-Entwicklungsprojekten annehmen, wurde der Ansatz von MECKELNBORG auf die Fabrikplanung übertragen.<sup>724</sup> Ziel des agilen Projektmanagements ist es, Projekte trotz einer hohen Dynamik im Projektumfeld effizient zu realisieren. Dabei gewinnt das Element der kurzzyklischen Lenkung an Gewicht im Vergleich zur klassischen Projektplanung. Dazu wird die Planungshoheit einer zentralen Stelle, bspw. der Projektleitung, abgeschwächt und mehr Verantwortung zur Selbstorganisation und -koordination auf die einzelnen Projektteams übertragen.

### 5.2.7.1 Vorgehen

Das Vorgehen des agilen Projektmanagements baut auf den Ergebnissen der modularen Fabrikplanung sowie des Reifegradmanagements auf und wird im Folgenden erläutert.<sup>725</sup> Im ersten Schritt werden Planungsteams gebildet und den ausgewählten Planungsmodulen zugeteilt. Im Anschluss erfolgt eine Überführung der Projektziele (vgl. Projektdefinition und Zielpräzisierung in Kapitel 5.2.5.1) in einen Anforderungskatalog (Factory Backlog), welcher ebenfalls durch Anforderungen der einzelnen Planungsteams untereinander ergänzt wird.<sup>726</sup> Die Freigabe der internen Anforderungen erfolgt durch die Projektleitung, die Freigabe des gesamten Anforderungskatalogs durch den Steuerkreis. Die Projektbearbeitung wird im agilen Projektmanagement in kurzzyklischen Planungstakten vorgenommen, für die es eine Dauer festzulegen gilt. Die jeweilige Dauer ist projektindividuell auf Basis der Aufgaben und

<sup>723</sup> In einem zweiten Schritt kann die Reifegradlogik software-technisch abgebildet und dazu genutzt werden, den Planungsprozess digital zu steuern, vgl. Kiefer, L. et al (2018) Attribute-based identification, S. 207; Eriksson, A. et al. (2018) Virtual factory layouts, S. 39.

<sup>724</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung.

<sup>725</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 154 ff.

<sup>726</sup> Diese Anforderungen können u. a. aufgrund der Verwendung von Standards (vgl. dazu Kapitel 5.2.4) entstehen. Ein Beispiel bildet die Anforderung an einen Mindestabstand im Säulenraster, um größere Maschinen positionieren zu können.

der Erfahrung des Teams zu definieren, MECKELNBORG empfiehlt eine Dauer zwischen einer und sechs Wochen.<sup>727</sup> Sind die Randbedingungen definiert, folgt die Durchführungsphase (vgl. Abbildung 5-26).

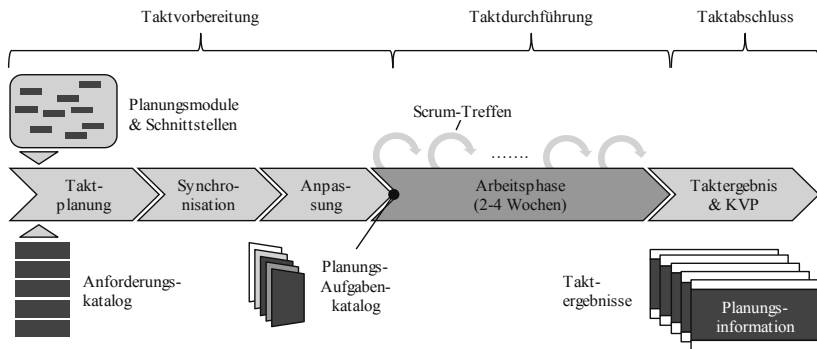


Abbildung 5-26: Projektdurchführung und -steuerung mittels agilem Planungsansatz<sup>728</sup>

Zunächst ist der anstehende Takt zu *planen*. Hierzu sind aus dem Anforderungskatalog unter Zuhilfenahme des Taktfortschritts Ziele zunächst teamintern zu definieren, die die zu erzeugenden Informationen mit ihrem zugehörigen Reifegrad unter Berücksichtigung der aktuellen Ressourcensituation umfassen. Im nächsten Schritt erfolgt die *Synchronisation* der eigenen Planung mit der der weiteren Teams. In einem iterativen Prozess wird so der Planungsaufgabenkatalog für den anstehenden Takt (Sprint Backlog) erarbeitet, der *Anpassungen* der ursprünglichen Planung eines jeden Teams beinhalten kann.<sup>729</sup> Danach wird die *Taktumsetzung* gestartet, in der die Erarbeitung der festgelegten Aufgaben für den Takt erfolgt. Aufgrund der hohen Dynamik im Projekt(-umfeld) sind kurzzyklische Synchronisationspunkte im Team, aber auch teamübergreifend notwendig. Hierzu werden das Scrum-<sup>730</sup> sowie das Scrum-of-Scrum-Treffen<sup>731</sup> genutzt. Innerhalb dieser Treffen, welche ca. 15 bis 30 Minuten dauern, beantwortet jeder Teilnehmer<sup>732</sup> drei Fragen:<sup>733</sup>

- Was ist seit dem letzten Treffen gemacht worden?
- Was soll bis zum nächsten Treffen gemacht werden?
- Welche Hindernisse existieren?

Neben der Synchronisation dient das Scrum-of-Scrum-Treffen auch dazu, den Projektfortschritt zu prüfen und notwendige Controlling-Instrumente zu bedienen. Zum Abschluss des Taktes erfolgen erneut

<sup>727</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 160.

<sup>728</sup> I. A. a. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 162.

<sup>729</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 162 ff.

<sup>730</sup> Teaminternes Treffen, welches auf täglicher Basis empfohlen wird.

<sup>731</sup> Teamübergreifendes Treffen, welches ca. halbwöchentlich stattfinden sollte.

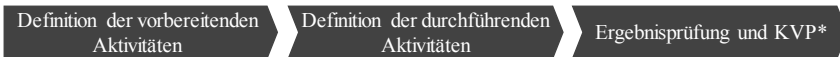
<sup>732</sup> Individueller Planer im Scrum-, Teamvertreter im Scrum-of-Scrum-Treffens.

<sup>733</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 165.

zwei Treffen. Im ersten reflektieren die Teams für sich den zurückliegenden Takt im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung. Teamübergreifend werden die erreichten Ergebnisse geprüft und Anpassungsbedarfe für die weitere Projektarbeit definiert, die sich daraus ergeben.<sup>734</sup>

#### 5.2.7.2 Verortung im Management-Modell

Die Entwicklung des Scrum-Prozesses ist Aufgabe von FP-ST, da er einen wesentlichen Faktor des Projekterfolgs in einem turbulenten Umfeld darstellt. Die Anwendung obliegt vor allem der Projektleitung, den Projektlotsen sowie den Planungsteams.<sup>735</sup> Die Projektleitung startet den Scrum-Prozess und leitet den teamübergreifenden Taktabschluss. Die einzelnen Teams werden methodisch von Projektlotsen instruiert, prozessbegleitend geschult und in den Scrum- und Scrum-of-Scrum-Treffen begleitet. Die Teams selber übernehmen die Taktvorbereitung und -durchführung, insbesondere durch die Scrum-Treffen, sowie den teaminternen Abschluss. Für die Implementierung eines agilen Projektmanagements sind folgende Prozesse zu durchlaufen (vgl. Abbildung 5-27). Im ersten Schritt müssen die vorbereitenden Aktivitäten definiert werden. Dazu zählen vor allem die Definition des Anforderungskatalogs sowie das Herunterbrechen in einen Planungsaufgabenkatalog. Für die durchführenden Prozesse ist festzulegen, wie die Scrum- sowie die Scrum-of-Scrum-Treffen ablaufen. Im abschließenden Prozess werden die Taktergebnisse überprüft und eventuelle Anpassungen für den folgenden Takt vorgenommen. Ebenso wird der zurückliegende Takt analysiert und Verbesserungen werden angestoßen.



\* KVP = Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Abbildung 5-27: Vorgehen in der agilen Fabrikplanung

### 5.2.8 Lösungsraummanagement zur effizienten Bearbeitung der Planungsmodule

Das Lösungsraummanagement wurde von HILCHNER entwickelt und baut unmittelbar auf dem in Kapitel 5.2.2 vorgestellten Typenmodell auf.<sup>736</sup> Das Lösungsraummanagement folgt der Idee, dass der Lösungsweg durch eine Typisierung in der Fabrikplanung effektiver und effizienter gestaltet werden kann. Ziel des Lösungsraummanagements ist eine der Projekt- und Modulsituation optimal angepasste Strategie der Priorisierung und Bearbeitung der Planungsaufgaben. Aufbauend auf dem Typen-Modell entwickelt HILCHNER Strategien, wie Lösungsräume operativ auf Modulebene zu definieren und einzugrenzen, aber auch darüber hinaus auf Projekt-Ebene zu synchronisieren sind.

#### 5.2.8.1 Vorgehen

HILCHNER definiert einen Prozess, der aus den Schritten Bestimmung der Gestalt des Lösungsraums, Planung des Lösungsraums sowie der Steuerung des Lösungsraums besteht.<sup>737</sup> Den Lösungsraum beschreibt HILCHNER in zwei Dimensionen, der Lösungsraumbreite sowie der Lösungsraumlänge.<sup>738</sup> Die

<sup>734</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 162.

<sup>735</sup> Ausgenommen die Freigabe des Anforderungskatalogs durch den Steuerkreis.

<sup>736</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management.

<sup>737</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 159.

<sup>738</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 125.

Lösungsraumbreite definiert die Anzahl an möglichen Lösungen, die betrachtet wird, die Lösungsraumlänge entspricht der Dauer der Bearbeitung des Lösungsraums. Über den Planungsverlauf ist der Lösungsraum systematisch zu reduzieren. Die initiale Lösungsraumbreite wird anhand zweier Größen ermittelt, der Modulrelevanz sowie der Informationsunsicherheit.<sup>739</sup> Die Ermittlung dieser Größen erfolgt projektspezifisch durch Anwendung der Formel (1) für die Modulrelevanz sowie die Bewertung der Unsicherheit anhand des Reifegradmodells (vgl. Kapitel 5.2.6). Mithilfe der Kognitionstheorie unter Einbezug der beiden zuvor genannten Größen kann so ein Lösungsraum von drei bis zu neun Varianten definiert werden, welcher im Planungsverlauf auf drei Varianten einzuschränken ist (vgl. Abbildung 5-28).

|           |        |        |      |           |                               |
|-----------|--------|--------|------|-----------|-------------------------------|
|           |        |        |      |           |                               |
|           |        |        |      |           |                               |
| Relevanz  |        |        |      |           |                               |
|           |        |        |      |           |                               |
| kritisch  | 6      | 7      | 8    | 9         |                               |
| bedeutend | 5      | 6      | 7    | 8         |                               |
| mittel    | 4      | 5      | 6    | 7         |                               |
| gering    | 3      | 4      | 5    | 6         |                               |
|           | gering | mittel | hoch | Sehr hoch | Informations-<br>unsicherheit |

Abbildung 5-28: Matrix zur Definition des initialen Lösungsraumes<sup>740</sup>

Die initiale Länge des Lösungsraums ist in Abhängigkeit des benötigten Aufwands zu berechnen und folgt näherungsweise Formel (5).<sup>741</sup>

$$\text{Dauer [Tage]} = 3 * (\text{Aufwand[Personentage]})^{1/3} \quad (5)$$

Nach Festlegung der initialen Werte kann die Planung der Lösungsräume vorgenommen werden. Im Gesamtprojektkontext sind der Projekt- sowie Meilensteinplan aufzustellen, die Module in ihrer logischen Sequenz zu verorten (zum Vorgehen vgl. Kapitel 5.2.5) sowie Interdependenzen und Synchronisationspunkte festzulegen (vgl. Kapitel 5.2.6 und 5.2.7). Für die operative Modulbearbeitung ist die Konvergenz, also die systematische Reduktion des Lösungsraumes, zu planen. Dazu werden sechs Stufen des Lösungsraumes definiert, die durchlaufen werden sollten (vgl. Abbildung 8-21). Für deren jeweiligen Anteil an der Lösungsraumlänge spricht HILCHNER Empfehlungen aus.<sup>742</sup>

<sup>739</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 127.

<sup>740</sup> I. A. a. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 133.

<sup>741</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 135.

<sup>742</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 147 ff.



Das Lenkungsmodell des Lösungsraummanagements weist, parallel zum Reifegrad-Management, den Charakter eines Regelkreises auf. In definierten Abständen wird der Ist-Wert des Fortschritts innerhalb eines Lösungsraumes geprüft. Gleichzeitig sind aber auch die zugrundeliegenden Plan-Werte Gegenstand der Untersuchung, ob sie, aufgrund der hohen Dynamik im Projekt(-umfeld), nach wie vor die richtige Basis bilden.

#### 5.2.8.2 Verortung im Management-Modell

Wie bei den vorherigen Modellen obliegt die initiale Ausgestaltung des Lösungsraummanagements FP-ST. Die Anwendung erfolgt durch die Projektleitung sowie die Planungsteams, methodisch unterstützt durch die Projektlotsen. Gemeinsam führen sie die initiale Definition von Lösungsraumbreite und -länge durch. Mit diesen Informationen initiiert die Projektleitung die Lösungsraumplanung. Die Bearbeitung der Module durch die Planungsteams orientiert sich an dem dargestellten Vorgehen. Die Lenkung, also auch die Kontrolle und eventuelle korrektive Eingriffe, erfolgt wiederum durch die Projektleitung. Die Prozesse des Lösungsraummanagements sind in Abbildung 5-29 dargestellt. Zunächst werden die Grundlagen zur Definition von Lösungsraumlänge und -breite definiert. In der Folge werden die Abstraktionsstufen festgelegt und prozentuale Anteile am Gesamtplanungsaufwand in Form von Richtwerten zugeordnet. Im letzten Schritt ist ein Lenkungsmodell aufzusetzen, um den Ablauf der lösungsraumorientierten Planung überwachen zu können.

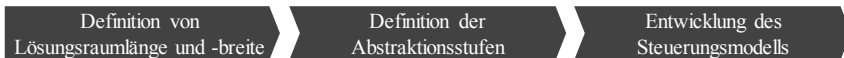


Abbildung 5-29: Vorgehen im Lösungsraummanagement

### 5.2.9 Personalqualifikation in der Aachener Fabrikplanungsschule

Neben den in der Vergangenheit eher ziel-, prozess- oder objektorientierten Ansätzen der Aachener Fabrikplanungsschule wurde im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls ein Ansatz entwickelt, der den Menschen als Subjekt der Planung explizit in den Mittelpunkt rückt, da er eine wichtige, wenn nicht die wichtigste Ressource der Fabrikplanung darstellt. Ziel des Ansatzes ist es, den Menschen als wesentlichen Befähiger einer erfolgreichen Fabrikplanung optimal in diese einzubeziehen. Im Mittelpunkt stehen dabei die Qualifikations- und Kompetenzprofile der einzelnen Rollen.

#### 5.2.9.1 Vorgehen

Im entwickelten Modell werden zwei grundlegende Elemente unterschieden, Qualifikationen und Kompetenzen. Qualifikationen stellen „[...] einen formalen Ausdruck der beruflichen oder fachlichen Fähigkeiten [...]“<sup>743</sup> dar und beziehen sich auf die inhaltliche Arbeit. Kompetenzen gehen darüber hinaus und beschreiben „[...] die Fähigkeiten und das Wissen, die in einem bestimmten Kontext angewandt und beherrscht werden“.<sup>744</sup> Kompetenzen werden umso wichtiger, je komplexer das Handlungsumfeld ausgeprägt ist.<sup>745</sup> Wie bereits dargelegt, umfasst ein Fabrikplanungsprojekt viele Beteiligte, die unterschiedliche Aufgaben ausführen und Rollen übernehmen. Daraus ergeben sich unterschiedliche Profile

<sup>743</sup> Vgl. N.N. (2004) Ausbildung der Humanressourcen, S. 4.

<sup>744</sup> Vgl. N.N. (2004) Ausbildung der Humanressourcen, S. 4.

<sup>745</sup> Vgl. Heyse, V. et al. (2009) Kompetenztraining, S. XIII.

hinsichtlich Qualifikationen und Kompetenzen. Aus diesem Grund werden Rollenprofile definiert, die den Systemen des Management-Modells folgen und auf dem Modell nach MECKELNBORG<sup>746</sup> basieren, jedoch in der Folge detailliert werden:<sup>747</sup>

- Die Planer: Die Planer stellen die einzelnen Individuen der Planungsteams dar und sind für die inhaltliche Ausarbeitung des Projekts verantwortlich.
- Die Teamleitung: Die Teamleitung repräsentiert die Management-Einheit der Planungsteams und lenkt die inhaltliche Arbeit des jeweiligen Teams.
- Die Projektlotsen: Die Projektlotsen unterstützen methodisch die inhaltliche Arbeit der Planer sowie die Koordination der Planungsteams.
- Die Projektleitung: Die Projektleitung übernimmt die operative Leitung des Projekts und die Koordination der einzelnen Planungsteams.
- Der Steuerkreis: Dem Steuerkreis obliegt die strategische Lenkung des Projekts.
- Das operative Multiprojektmanagement: FP-MPM ist im Sinne eines Multiprojektmanagements verantwortlich für die Koordination und den Erfolg aller laufenden Projekte.
- Die Strategie- und Technologieentwicklung: FP-ST definiert die strategische Richtung der Fabrikplanung und entwickelt die SEP.
- Das normative Leitwerk: FP-LW definiert die normativen Leitplanken der Arbeit von FP-ST und FP-MPM.

In der Folge werden für die Planer, die Projektlotsen sowie die Teamleitung zunächst die Fähigkeiten im Kontext der modularen Fabrikplanung ermittelt, da diese die operativen Planungstätigkeiten ausführen. Im Anschluss folgt die Darstellung der Kompetenzen aller zuvor definierten Rollen.

### Qualifikationen für Planer und Teamleitung

„Immer weniger ist der exzellente >>Fachidiot<< gefragt“<sup>748</sup>. Diese Aussage trifft auch auf die Fabrikplanung zu. Fachqualifikationen<sup>749</sup> sind Grundvoraussetzungen für einen Planer und die notwendigen Fähigkeiten lassen sich aus der Fachliteratur ableiten, sodass diese in dieser Arbeit nicht weiter behandelt werden. Immer stärkeres Gewicht fällt jedoch den Schnittstellenqualifikationen zu, da die einzelnen Teilsysteme einer Fabrik zunehmend vernetzt geplant und für ein erfolgreiches Planungsergebnis ideal ineinandergreifen müssen. Die modulare Fabrikplanung der Aachener Fabrikplanungsschule bildet die Grundlage zur Identifikation der notwendigen Schnittstellenqualifikationen. Die Module, die von einzelnen Teams bearbeitet werden, sind in der Modullandkarte vernetzt (vgl. Kapitel 5.2.5). Die Verbindungen zeigen auf, mit welchen anderen Modulen, und somit inhaltlichen Aufgaben, das jeweilige Pla-

<sup>746</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 153.

<sup>747</sup> Im Rahmen dieses Ansatzes wird FP-WM nicht weiter betrachtet. Sie übt eine primär passive Rolle aus und ist im Sinne eines eher technischen Systems zu verstehen, sodass die Definition eines Qualifikations- und Kompetenzprofils als nicht zielführend erscheint.

<sup>748</sup> Vgl. Heyse, V. et al. (2009) Kompetenztraining, S. XIII.

<sup>749</sup> Diese basieren im Kontext der Fabrikplanung aus den Inhalten der einzelnen Module und werden im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter vertieft, es wird stattdessen auf die umfangreiche Fachliteratur verwiesen.

nungsteam bzw. die zugehörigen Planer im Austausch stehen. Auf dieser Basis wurde eine Untersuchung der Schnittstellen und Verbindungen vorgenommen, die Ergebnisse sind in Anhang 8.10 dargestellt.<sup>750</sup> Hieraus ist das individuelle Schnittstellenwissen ableitbar.

### **Kompetenzmodell nach HEYSE UND ERPENBECK als Grundlage der Bestimmung der Kompetenzprofile**

Das Grundmodell zur Bestimmung der notwendigen Kompetenzen der Subjekte der Fabrikplanung bildet der Kompetenzatlas nach HEYSE UND ERPENBECK. Sie beschreiben ihr Kompetenzmodell als eine Basis, die es erlaubt, sich in komplexen Situationen erfolgreich zu verhalten.<sup>751</sup> Sie unterscheiden vier Kompetenzbereiche: die *personale* Kompetenz, die *sozial-kommunikative* Kompetenz, die *Aktivitäts- und Handlungskompetenz* sowie die *Fach- und Methodenkompetenz* (vgl. Abbildung 5-31). Im Folgenden werden die notwendigen Kompetenzen der zuvor definierten Rollen dargestellt. Prinzipiell sind alle Kompetenzen für jede Rolle von Bedeutung. Um jedoch eine Fokussierung auf die zentralen Kompetenzen zu erlauben, wurden diese entsprechend dem jeweiligen Aufgabenprofil eingegrenzt. Die Auswahl basiert auf Literaturrecherchen sowie Beobachtungen des Autors in der Praxis. Dabei wird in drei Kategorien unterschieden: den *Muss*-Kompetenzen, den *Soll*-Kompetenzen sowie den *sonstigen* Kompetenzen (vgl. Abbildung 5-30). Je Profil werden einige der Kompetenzen herausgegriffen und erläutert. An dieser Stelle wird das Kompetenzprofil des Planers im Detail vorgestellt, für die weiteren Profile sei auf Anhang 8.10 verwiesen.

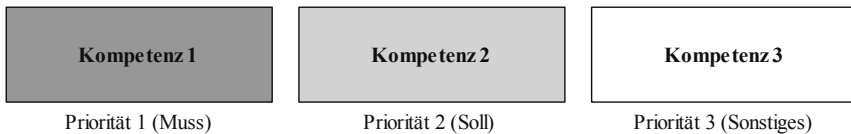


Abbildung 5-30: Priorisierung der Kompetenzen

### **Kompetenzprofil der Planer**

Aufgrund der inhaltlichen Arbeit der Planer liegen ihre zentralen Kompetenzen vor allem im fachlich-methodischen Bereich. Durch die hohe Interaktion mit den Planern der anderen Module sind darüber hinaus sozial-kommunikative Kompetenzen von Bedeutung, da die soziale Interaktion maßgeblich zum Projekterfolg beiträgt. Sollte ein Modul (vgl. Beispiel Layoutplanung) viele Schnittstellen zu anderen Modulen aufweisen, bildet das ganzheitliche Denken einen zentralen Schwerpunkt im personalen Bereich, um lokale Optimierungen zu vermeiden. Die Aktivitäts- und Handlungskompetenz spielt für den einzelnen Planer eine untergeordnete Rolle. Das vollständige Kompetenzprofil des Planers ist in Abbildung 5-31 dargestellt.

<sup>750</sup> Eine vollständige Darstellung der Ergebnisse findet sich in Anhang 0.

<sup>751</sup> Vgl. Heyse, V. et al. (2009) Kompetenztraining, S. XII.

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                          |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                                    |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfreudigkeit               | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                         |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen            |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                                    |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                         |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionstärke       | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit             |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                                    |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisch-methodisches Vorgehen |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktenntnisse                     |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                                    |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse       |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                                    |

Abbildung 5-31: Kompetenzprofil der Planer

### 5.2.9.2 Verortung im Management-Modell

Die Definition der Kompetenzprofile ist Aufgabe von FP-ST, wobei das Feedback von FP-MPM berücksichtigt wird. Ebenso hat FP-ST für die einzelnen Kompetenzen Weiterbildungsmaßnahmen zu definieren. Hiervon ausgehend kann ein individueller Kompetenz-Aufbau erfolgen. Für zentrale Rollen der Fabrikplanung, wie z. B. die Projektleitung, übernimmt das FP-ST die Aus- bzw. Weiterbildung zentralisiert.<sup>752</sup> Planer und Teamleiter erfahren ein Training parallel zum Projektverlauf. Die Initiierung erfolgt über die Projektleitung. Die Projektlotsen unterstützen bzw. übernehmen die Umsetzung. Für

<sup>752</sup> Wobei eine inhaltliche Abstimmung mit FP-MPM zu erfolgen hat, um Kapazitätsengpässe in operativen Tätigkeiten zu vermeiden.

die Personalqualifikation in der Aachener Fabrikplanungsschule sind vier wesentliche Schritte zu durchlaufen (vgl. Abbildung 5-32). Im ersten Schritt sind die zu betrachtenden Rollen zu definieren. Diesen müssen im zweiten Schritt Verantwortlichkeiten und daraus resultierend Anforderungsprofile zugeordnet werden. Sind diese Rollen mit Personen besetzt, sind diese Personen auf ihre Fähigkeiten und insbesondere Defizite vor dem Hintergrund des definierten Anforderungsprofils zu untersuchen. Sind die Defizite identifiziert, können entsprechende Aus- oder Fortbildungsprogramme initiiert werden.



Abbildung 5-32: Vorgehen in der Kompetenzentwicklung

### 5.3 Ebene des operativen Managements in der Fabrikplanung

Im letzten Schritt erfolgt der Schluss der Teilmodelle zu einem kybernetischen Regelkreis des Management-Modells. Hierfür werden aber nicht nur die operativen Kontrollprozesse betrachtet, sondern es werden im Sinne der Ganzheitlichkeit mehrstufige Regelkreise definiert, die eine langfristige Entwicklung des Systems ermöglichen.

Für die Prozessmodellierung wurde Business Process Modelling and Notation (BPMN 2.0) gewählt. Dabei handelt es sich um ein grafisches Verfahren, welches eine verständliche Darstellung komplizierter Prozesse erlaubt.<sup>753</sup> Hierzu wird ein Katalog von Symbolen bereitgestellt, von denen eine Auswahl für die Modellierung in dieser Arbeit herangezogen wird (vgl. Abbildung 5-33). Die grundlegende Darstellung erfolgt in Swimlanes, die jeweils die einzelnen Systeme repräsentieren. Zunächst wird in Abbildung 5-34 eine Gesamtübersicht gegeben, bevor in der Folge auf die einzelnen Unterprozesse eingegangen wird. Die logische Strukturierung wird in fünf Schritten vorgenommen. In einem ersten Schritt erfolgen die Prozesse der normativen und strategischen Fabrikplanung.<sup>754</sup> Auf Basis der Standortsteckbriefe für die langfristige Entwicklung der einzelnen Werke werden Fabrikplanungsprojekte definiert und gestartet.<sup>755</sup> Für diese erfolgt zunächst eine Projektplanung, bevor in die Projektdurchführung und das zugehörige Projektcontrolling übergeleitet wird.<sup>756</sup> Der Projektabschluss umfasst sowohl den eigentlichen Projektabschluss innerhalb des Projektteams als auch die Aufarbeitung der Ergebnisse zur Optimierung der Inhalte der strategischen Fabrikplanung. Dieser Prozess ist als idealtypisch zu betrachten. In der Praxis kann es aufgrund individueller Rahmenbedingungen notwendig sein, die Prozesse zu parallelisieren. Das Prozessmodell beginnt mit der normativen und strategischen Initiierung<sup>757</sup> (1) und der organisatorischen Gestaltung<sup>758</sup> (2) der Fabrikplanung. Sind diese Schritte abgeschlossen, wird die strategische Produktionsnetzwerkplanung vorgenommen (3). Deren Ergebnisse fließen in die

<sup>753</sup> Vgl. Abts, D. et al. (2017) Grundkurs Wirtschaftsinformatik, S. 543.

<sup>754</sup> In der Praxis ist es wahrscheinlich, dass diese Prozesse parallel zu den Projektaktivitäten ablaufen, logisch betrachtet sollten sie jedoch vorgelagert erfolgen.

<sup>755</sup> Die projektbezogenen Prozesse orientieren sich an Nöcker, vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 143.

<sup>756</sup> Die Abschnitte der Auswahl der Planungsmodulen und die Projektstrukturierung sind in diesem Modell in die Phase Projektdurchführung und -controlling integriert, wie die folgenden Ausführungen zeigen werden.

<sup>757</sup> Vgl. Kapitel 5.1.1.

<sup>758</sup> Vgl. Kapitel 5.1.2.

Plan-or-Buy-Entscheidung (4) ein. Ist der Umfang der eigenen Planungstätigkeiten definiert, werden die SEP der Fabrikplanung von FP-ST gestaltet (5). Aus der Roadmap der langfristigen Werkeentwicklung werden einzelne Projekte ausgeleitet, die jeweils initiiert (6) und konkretisiert (7) werden müssen. Ist der Projektauftrag erteilt, startet die Projektdetaillierung (8) als Grundlage der Projektdurchführung in Kombination mit dem Projektcontrolling (9). Sind die Arbeiten beendet, wird das Projekt abgeschlossen (10). Im Sinne der kybernetischen Lenkung und Entwicklung (11) erfolgt eine kontinuierliche Optimierung der Fabrikplanung auf Basis interner oder externer Anstöße, um stets die Komplexität des Umfelds bewältigen zu können.

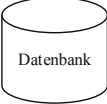
|                                                                                   |                                                                                                                                                               |                                                                                   |                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Swimlanes repräsentieren Verantwortlichkeiten für Aufgaben. Eine Swimlane steht für eine Organisationseinheit, eine Rolle oder ein System.                    |  | Datenobjekte stellen dokumentierte Informationen dar, sowohl physisch als auch digital.                                    |
|  | Ein Pool ist eine übergeordnete Einheit der Swimlanes. Dabei enthält ein Pool meist mehrere Swimlanes.                                                        |  | Ein Datenspeicher ist ein Ort, auf den der Prozess lesend oder schreibend zugreifen kann.                                  |
|  | Eine Aufgabe ist eine Arbeitseinheit bzw. ein Prozess.                                                                                                        |  | Startereignisse kennzeichnen den ersten Schritt in einem Prozess.                                                          |
|  | Bei einem exklusiven Gateway wird ein Sequenzfluss abhängig von der Verzweigungsbedingung zu einer ausgehenden Kante geleitet.                                |  | Endereignisse kennzeichnen das Ende eines Prozesspfads.                                                                    |
|  | Ein paralleles Gateway führt Sequenzflüsse zusammen. Bei der Zusammenführung wird auf alle Kanten gewartet, bevor der ausgehende Sequenzfluss aktiviert wird. |  | Zwischenereignisse stehen für einen Status, der im Prozess erreicht wird und den man im Modell explizit festhalten möchte. |
|  | Ein Sequenzfluss verbindet Flussobjekte in der Reihenfolge, in der sie aufeinander folgen.                                                                    |  | Fehlereignisse berücksichtigen auftretende Fehler, um die jeweilige Behebung oder Eskalation darzustellen.                 |
|  | Der Nachrichtenfluss verdeutlicht den Austausch von Nachrichten.                                                                                              |  | Ein Prozess wird nur gestartet oder fortgesetzt werden, wenn eine bestimmte Bedingung eingetreten ist.                     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                               |  | Ein Zeitereignis symbolisiert, dass ein Prozess regelmäßig zu einem bestimmten Zeitpunkt startet.                          |

Abbildung 5-33: Symbole und Erläuterungen des BPMN 2.0<sup>759</sup>

<sup>759</sup> I. A. a. Freund, J. et al. (2012) Praxishandbuch BPMN 2.0, S. 25 ff.

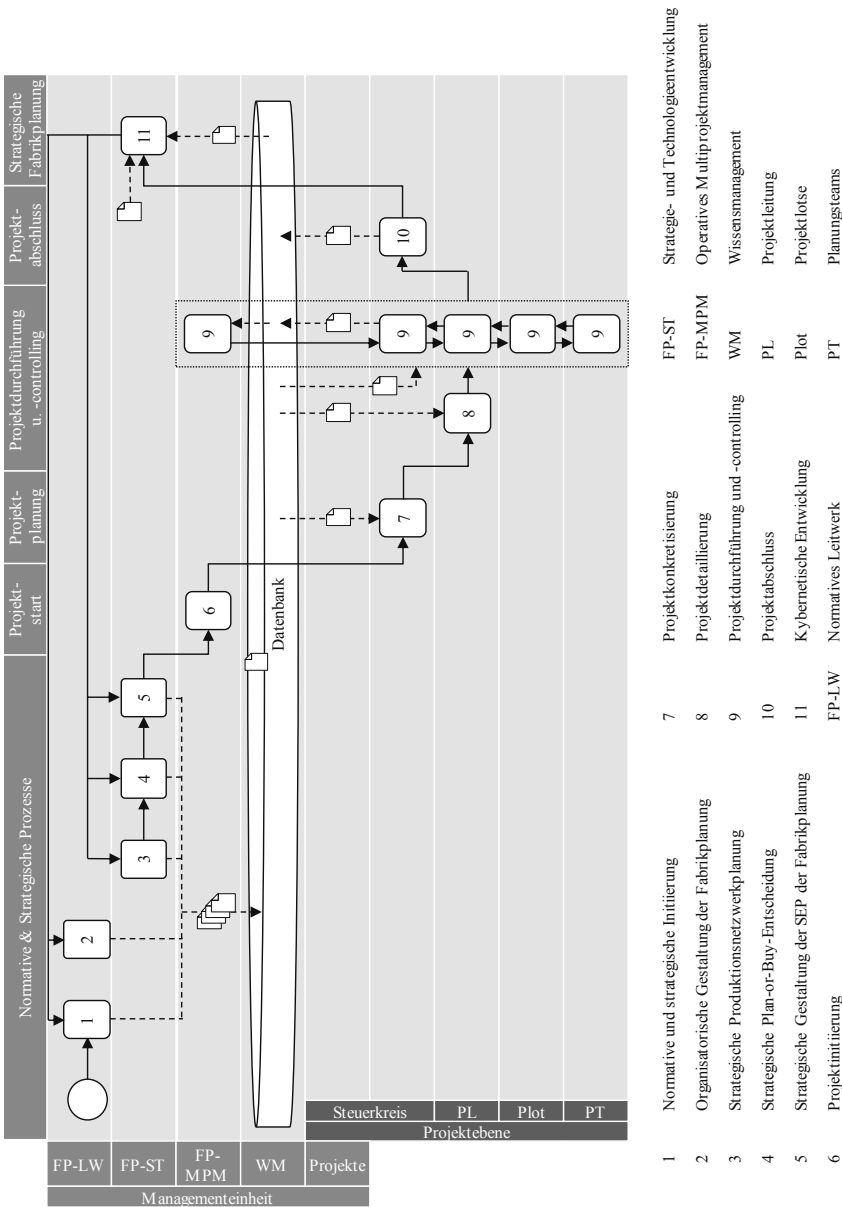


Abbildung 5-34: Kybernetisches Regelungsmodell der Fabrikplanung



Die wesentlichen Prozesse der normativen und strategischen Initiierung wurden bereits ausführlich in Kapitel 5.1.1 erläutert und sind in Anhang 8.11.1 und 8.11.2 zusammengefasst. Als Ergebnis dieses Schrittes liegen die Vision für die Fabrikplanung, Verhaltensnormen, die Organisationsverfassung, strategische Ziele sowie Stakeholderstrategien vor, welche in der zentralen Datenbank (als Teil des Wissensmanagements) hinterlegt werden. Die Prozesse der organisatorischen Gestaltung sind in Anhang 8.11.2 zusammengefasst und beruhen auf den Ausführungen aus Kapitel 5.1.2.

Im dritten Prozess beginnt die inhaltliche Ausgestaltung der Fabrikplanung mittels der Ansätze der Aachener Fabrikplanungsschule. Im ersten Schritt erfolgt die strategische Gestaltung des Produktionsnetzwerks. Dabei kommt das in Kapitel 5.2.2 vorgestellte Verfahren zum Einsatz. In einem ersten Schritt müssen die übergeordneten Ziele in ein Zielsystem für das Produktionsnetzwerk überführt werden. Ist das Zielsystem definiert, erfolgt der Abgleich mit den Netzwerktypen nach HARRE, um die für den Anwendungsfall optimale Netzwerkstruktur auswählen zu können. Innerhalb dieses Netzwerks ist jedem Werk anhand des Standortsteckbriefs eine strategische Rolle zuzuweisen. Parallel zur Beschreibung der Soll-Situation erfolgt eine Analyse der Ist-Situation in den drei Schritten. Die Ergebnisse der Soll- und Ist-Untersuchung liefern die notwendigen Informationen, um für das Netzwerk und die einzelnen Werke eine strategische Entwicklungsroadmap aufstellen zu können. Die einzelnen Schritte des dritten Prozesses sind in Anhang 8.11.3 visualisiert.

Prozess 4 fokussiert die Identifikation der Kernaktivitäten der Fabrikplanung. Die notwendigen Inputinformationen liefern der Fabriktyp sowie die strategische Ausrichtung des Standorts aus dem Standortsteckbrief (vgl. Kapitel 5.2.2). Auf Basis dieser Informationen und unter Zuhilfenahme der Methodik aus Kapitel 5.2.3 erfolgt die Berechnung der Wichtigkeit der Planungsmodule. Da eine unternehmensspezifische Modullandkarte zu diesem Zeitpunkt ggf. noch nicht (vollständig) vorliegt, wird zunächst auf die Modullandkarte nach MECKELNBORG verwiesen (vgl. Kapitel 5.2.5). In einem iterativen Schritt kann die Kalkulation dann auf eine vollständig individuelle Modullandkarte angepasst werden. Für jedes der Module ist im nächsten Schritt die passende Strategie (Nutzen, Entwickeln, Übertragen, Outsourcen, vgl. Anhang 8.5) zu wählen. Stellt sich dabei heraus, dass für bestimmte Module eine strategische Partnerschaft sinnvoll ist, ist der Aufbau eines entsprechenden Partnerpools anzustoßen. Die Schritte des Prozesses 4 sind in Anhang 8.11.4 zusammengefasst.

Innerhalb des Prozesses 5 erfolgt die Entwicklung der fabrikplanungsspezifischen Instrumente, namentlich die Entwicklung der Fabrikstandards (vgl. Kapitel 5.2.4), des modularen Vorgehens (vgl. Kapitel 5.2.5), des Reifegradmanagements (vgl. Kapitel 5.2.6), des agilen Projektmanagements (vgl. Kapitel 5.2.7), des Lösungsraummanagements (vgl. Kapitel 5.2.8) sowie der Personalqualifikationsstrategien (vgl. Kapitel 5.2.9). Da die einzelnen Bestandteile teils Abhängigkeiten aufweisen, wird eine parallele Entwicklung empfohlen. Die einzelnen Prozesse sind in den jeweiligen Kapiteln detailliert beschrieben und werden daher an dieser Stelle nicht wiederholt, sie sind jedoch in Anhang 8.11.5 zusammengefasst. Die Ergebnisse der einzelnen Teilprozesse werden in einer zentralen Datenbank als Bestandteil des Wissensmanagements abgespeichert und so für die spätere Projektbearbeitung zugänglich gemacht.

Parallel zur oder im Anschluss an die Entwicklung der SEP werden erste Fabrikplanungsprojekte initiiert (Prozess 6). Dafür wird auf die Roadmap aus Kapitel 5.2.2 zurückgegriffen, in der die durchzuführenden Projekte verortet sind. Der Prozess der Projektinitiierung ist im Wesentlichen Aufgabe von FP-MPM und ist angelehnt an den Projektstart in der Arbeit von NÖCKER, wurde jedoch an einigen

Punkten erweitert.<sup>760</sup> Zunächst erfolgt die Beschreibung der Ausgangssituation im Werk, aber auch im Umfeld, die der Initiierung des Projektes zugrunde liegt. In der Folge werden die übergeordneten Projektziele definiert. Diese „schaffen einen richtungsweisenden Rahmen“<sup>761</sup> für das Projekt. Sind diese Ziele durch FP-MPM definiert, erfolgt eine Abstimmung mit FP-ST, um die Konformität mit der übergeordneten Fabrikplanungsstrategie sicherzustellen. Zusätzlich zu den Projekthaltungen wird FP-MPM eine Top-Down-Abschätzung der zur Durchführung des Projektes benötigten personellen, sachlichen und finanziellen Ressourcen vorgenommen. Nachdem diese Schritte abgeschlossen sind, werden alle gesammelten bzw. erstellten Informationen in Form eines Lastenheftes zusammengefasst und in der zentralen Datenbank des Wissensmanagements abgespeichert. Das Vorgehen der Projektinitiierung ist in Anhang 8.11.6 zusammengefasst.

Ist das Projekt initiiert, muss es im nächsten Schritt konkretisiert werden (Prozess 7). Die Konkretisierung folgt einer iterativen Logik, um ein möglichst großes Verantwortungsgefühl bei denjenigen zu erzeugen, die das Projekt durchzuführen und den Erfolg zu verantworten haben.<sup>762</sup> Aus diesem Grund obliegt die Projektkonkretisierung dem Steuerkreis unter engem Einbezug der Projektleitung. Input für die Projektkonkretisierung ist das durch FP-MPM erstellte Lastenheft bzw. die Projektskizze, das bzw. die alle wichtigen Informationen enthält. In einem ersten Schritt ist in Anlehnung an NÖCKER der Objektbereich auszuwählen, den das Projekt umfassen soll.<sup>763</sup> Im zweiten Schritt erfolgt die Konkretisierung der übergeordneten Projektziele aus dem Lastenheft. Diese werden den Elementen des Objektbereichs zugeordnet, hierarchisiert und so in einen konkreten Zielkatalog überführt. Zusätzlich sind die wesentlichen Rahmenbedingungen aufzunehmen, die bei der Projektdurchführung zu beachten sind. Sind die zentralen Inhalte definiert, erfolgt eine Abstimmung des erstellten Pflichtenhefts mit FP-MPM, welches das Pflichtenheft nach eventuellen Korrekturen freigibt. Die Dokumente werden in der Datenbank des Wissensmanagements abgespeichert. Nach Freigabe des Pflichtenhefts wird die projektspezifische Modullandkarte mittels des Verfahrens nach NÖCKER definiert.<sup>764</sup> Projektspezifisch ist festzulegen, welche Module selbst bearbeitet und welche Module fremdvergeben werden (PoB). Geleitet wird die Entscheidung durch die strategische Definition der eigens durchzuführenden Module (vgl. Kapitel 5.2.3), es kann sich aufgrund der Rahmenbedingungen (z. B. länderspezifisches Wissen notwendig) jedoch Anpassungsbedarf ergeben. Im letzten Schritt sind die Ressourcenbedarfe zu kalkulieren (in personeller, sachlicher und finanzieller Hinsicht), die sich aus der Konkretisierung ergeben. Ebenso wie die Inhalte sind auch die Ressourcenkalkulationen mit FP-MPM abzustimmen. Ist eine Einigung erfolgt, schließt diese Phase mit dem von beiden Seiten akzeptierten Projektauftrag (Englisch: Project Charter). Die Schritte der Projektkonkretisierung sind in Anhang 8.11.7 dargestellt.

---

<sup>760</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 171 ff.

<sup>761</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 172.

<sup>762</sup> Der Prozess ist angelehnt an die Hoshin-Kanri-Methode aus der japanischen Management-Lehre; vgl. Kesterson, R. K. (2014) The Basics of Hoshin Kanri, S. 88; Hutchins, D. C. (2008) Hoshin Kanri, S. 16.

<sup>763</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 174 f.

<sup>764</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 178 ff.

Die Projektdetaillierung wird im Wesentlichen von der Projektleitung übernommen (Prozess 8). Die notwendigen Inputs in den einzelnen Teilprozessen werden der zentralen Datenbank des Wissensmanagements entnommen. Im ersten Schritt erfolgt dabei die finale Konfiguration der projektspezifischen Modullandkarte inklusive aller Informationsflüsse zwischen den Modulen.<sup>765</sup> Im Anschluss wird die logische Reihenfolge der Module gemäß dem Vorgehen nach NÖCKER bestimmt.<sup>766</sup> Unter Einbezug der in der strategischen Fabrikplanung definierten Standards (vgl. Kapitel 5.2.4), der Priorität jedes Planungsmoduls im betrachteten Projektkontext (vgl. Kapitel 8.5<sup>767</sup>) sowie der initialen Lösungsraumlänge<sup>768</sup> ist im nächsten Schritt die notwendige Moduldauer abzuleiten. Auf dieser Basis kann ein initialer Projektzeitplan definiert und mit Meilensteinen versehen werden, der mit dem Steuerkreis abzustimmen und von diesem freizugeben ist. Ergibt sich Anpassungsbedarf, erfolgt ein Rücksprung in den entsprechenden Schritt. Nach der Freigabe wird der Projektzeit- und Meilensteinplan in der zentralen Datenbank des Wissensmanagements hinterlegt. Nun erfolgt die Initialisierung des Reifegradmanagements. Dazu wird die Attributierung der projektspezifischen Modullandkarte vorgenommen und der Referenzprozess wird definiert. Hierbei helfen die generischen Vorgehensweisen und Informationen aus der Datenbank. Zusätzlich sind die Prozesse des initialen sowie kontinuierlichen Reifegradmanagements inkl. der dazu notwendigen Kontrollinstrumente durch die Projektleitung zu definieren.<sup>769</sup> Parallel dazu erfolgt die Initialisierung des agilen Projektmanagements. Zunächst sind dafür die den Fabrikobjekten zugeordneten Ziele in ein Factory Backlog zu überführen. Zusätzlich sind die Projektteams zu definieren und den einzelnen Modulen zuzuordnen sowie die Taktlängen zu definieren und mit dem Projektzeit- und Meilensteinplan zu synchronisieren.<sup>770</sup> Zusätzlich erfolgt die operative Initialisierung des Lösungsraummanagements nach HILCHNER. Die initiale Lösungsraumlänge wurde bereits für die Berechnung der Moduldauer ermittelt und muss um die initiale Lösungsraumbreite sowie die Abstraktionsstufen ergänzt werden. Zusätzlich werden die grundlegenden Prozesse des Lenkungsmodells definiert.<sup>771</sup> Schließlich sind alle Dokumente zu einem Projektplan zusammenzuführen und dem Steuerkreis zur Freigabe vorzulegen. Nach erfolgter Freigabe wird der Projektplan in der zentralen Datenbank des Wissensmanagements hinterlegt. Die einzelnen Schritte der Projektdetaillierung sind in Anhang 8.11.8 zusammengefasst.

Die Projektdurchführung (Prozess 9) liegt vor allem in der Verantwortung der Projektteams, des Projektlotsen sowie der Projektleitung. Zunächst übernehmen die jeweiligen Projektteams die Finalisierung der modulinternen Konfiguration durch Überprüfung des Factory Backlogs sowie der Verortung der Attribute im Referenzprozess. Ferner erfolgt die Synchronisation der Attribute mit den Abstraktionsstufen des Lösungsraummanagements, womit die initiale Planung abgeschlossen ist. Danach erfolgt

---

<sup>765</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 178 ff.

<sup>766</sup> Vgl. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 193 ff.

<sup>767</sup> Die Berechnungsvorschriften zur Identifikation der wichtigsten Module in der Plan-or-Buy-Betrachtung können genauso auf die Übertragung der Modulpriorisierung innerhalb eines Projekts übertragen werden. Die Priorisierung erfolgt in diesem ausschließlich für die gewählten Module im Kontext des vorliegenden Fabriktyps sowie der strategischen Ausrichtung des Standorts.

<sup>768</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 133 f.

<sup>769</sup> Vgl. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 103 ff.

<sup>770</sup> Vgl. Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung, S. 154 ff.

<sup>771</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 152.

die Projektbearbeitung in der Taktung des agilen Projektmanagements. In der Taktvorbereitung wird die Erzeugung des Sprint-Backlogs vorgenommen. Jedes Team definiert zunächst intern die Ziele und Aktivitäten des bevorstehenden Sprints, welche im Anschluss mit den weiteren Planungsteams synchronisiert werden. Basierend hierauf nehmen die Teams die Planung auf und erzeugen, orientiert an den Abstraktionsstufen des Lösungsraummanagements und unter Verwendung etwaiger Fabrikstandards, die Attribute und letztlich Planungsinformationen. Methodisch unterstützt werden die Teams dabei von den Projektlotsen.

Innerhalb des agilen Projektmanagements der Aachener Fabrikplanungsschule existieren vier ineinander verschachtelte Regelkreise. Den ersten Regelkreis bildet der teaminterne Scrum, in dem das Team seine Arbeiten abstimmt und Zwischenergebnisse synchronisiert. Werden Verzug oder Abweichungen festgestellt, können teaminternen Ressourcen realloziert werden, um die Taktziele zu erreichen. Der Scrum-of-Scrums stellt den zweiten Regelkreis dar. Hier synchronisieren sich die Teams übergreifend, um die Taktziele zu erreichen. Moderiert wird dieser Prozess von den Projektlotsen. Innerhalb dieses Gremiums stimmen die Teams zunächst untereinander ab, welche Arbeiten eines Teams ggf. vorgezogen werden müssen, um einem anderen Team die notwendigen Informationen bereitzustellen und die Taktziele zu erreichen. Im Sinne der maximalen Autonomie der Systeme sollte dieser Prozess ohne Eingriff der Projektleitung erfolgen. Der Abschluss eines Taktes repräsentiert den dritten Regelkreis. Unter Einbindung der Projektleitung wird untersucht, welche Taktziele (nicht) erreicht wurden (Ist-Soll-Vergleich unter Einbezug der definierten Reifegrad-Controllingkarten, vgl. Kapitel 5.2.6) und welche Auswirkungen sich daraus in Bezug auf den nächsten Meilenstein bzw. den Gesamtprojektplan ergeben. Auf dieser Basis werden die notwendigen Anpassungen durch die Projektleitung vorgenommen, bspw. eine Reallokation von Ressourcen oder eine (Um-)Definition der Inhalte des kommenden Sprints. Teamintern werden zusätzlich Sprint-Review-Meetings durchgeführt, um die Leistung innerhalb der agilen Fabrikplanung zu verbessern. Der vierte Regelkreis wird durch die Meilensteinprüfung des Steuerkreises gebildet. Hier wird der Ist-Zustand mit der initialen Planung der vorliegenden Reifegrade zum Meilenstein abgeglichen. Auf dieser Basis entscheidet der Steuerkreis, ob das Projekt (unter Auflagen) fortgesetzt wird, welche Arbeiten bis wann nachzuholen sind oder ob das Projekt abgebrochen wird. Dies kann auch eine Anpassung des Projektplans nach sich ziehen. Die Ergebnisse jedes Regelkreis-Treffens sind in der zentralen Datenbank des Wissensmanagements zu dokumentieren. Muss der Projektplan angepasst werden, ist dies zudem aktiv FP-MPM zu melden, damit dieses potenzielle Einflüsse auf andere Projekte prüfen und entsprechende Maßnahmen ergreifen kann. Mit Abnahme des letzten Meilensteins endet die Phase der Projektbearbeitung. Die Prozesse sind in Anhang 8.11.9 zusammengefasst. Aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt sind die Aktivitäten von FP-MPM. Dieses agiert auf Basis der Meilensteindokumentation und der (angepassten) Projektpläne in erster Linie über die (Re-)Allokation von Ressourcen, um den Erfolg aller parallel laufenden Projekte sicherzustellen.

Zur Realisierung einer lernenden Organisation und einer kybernetischen Entwicklung des Gesamtsystems Fabrikplanung erfolgt im Anschluss an das Projekt ein Rückblick auf die Planung (Prozess 10). Zunächst evaluieren die Teams intern die Projektergebnisse sowie die verwendeten Elemente (Fabrikstandards und Methoden), die durch FP-ST bereitgestellt wurden, im Kontext ihres Projektes. Im Sinne eines ersten Filters wertet der Projektlotse die einzelnen Rückmeldungen aus und bereitet sie für die Projektleitung auf. Diese Informationen werden durch die Projektleitung ergänzt und es wird eine inhaltliche Projektdokumentation angefertigt, die die finale Lösung sowie den Weg zur Lösungsfindung

nachvollziehbar darstellt. Der Steuerkreis prüft die Dokumente, nimmt das Projekt formal ab und löst im letzten Schritt die Projektorganisation auf. Die einzelnen Schritte sind in Anhang 8.11.10 zusammengefasst.

Als letzter Prozess (Prozess 11) erfolgt die Optimierung des Systems Fabrikplanung.<sup>772</sup> In regelmäßigen Abständen erfolgt eine Auswertung der durchgeführten Projekte durch FP-MPM auf Basis der durch die einzelnen Projekte erstellten Projektdokumentationen. Diese werden von FP-MPM auf wiederkehrende Probleme untersucht, die sich aus den Ergebnissen der strategischen Fabrikplanung ableiten. Dabei kann es sich bspw. um Schwächen in den Fabrik- oder Vorgehensstandards oder eine unzureichende bzw. falsche Schwerpunkte adressierende Qualifikations- und Kompetenzentwicklung der Planer handeln. Werden derartige Symptome identifiziert, werden diese an FP-ST gemeldet. FP-ST untersucht diese Schwächen in der Folge auf ihre Ursachen. Da hierdurch nur die Innensicht des Systems adressiert wird (negative Rückkopplungsschleife), führt FP-ST parallel eine Analyse der Umwelt der Fabrikplanung durch und untersucht, welchen Einfluss etwaige Entwicklungen auf die identifizierte Schwachstelle sowie weitere Elemente der strategischen Fabrikplanung haben könnten (positive Rückkopplungsschleife). Auf dieser Basis leitet FP-ST die notwendigen Optimierungsmaßnahmen ab, die in jedem Prozess der strategischen Fabrikplanung ansetzen können. Sollte sich innerhalb dieses Prozesses herausstellen, dass auch die normativen Elemente hinterfragt werden müssen, tritt FP-ST mit dem normativen Leitwerk in den Dialog, um die notwendigen Optimierungen vorzunehmen. Die Schritte sind in Anhang 8.11.11 dargestellt.

## 5.4 Rekapitulation des Management-Modells

Im vorliegenden Kapitel wurde die Detaillierung des in Kapitel 4.2 vorgestellten Management-Modells vorgenommen. Der erste Schritt, die normative und strategische Initiierung (vgl. Kapitel 5.1), besteht aus zwei Dimensionen, einer inhaltlichen sowie einer organisatorischen Ebene. Die inhaltliche Ebene verfolgt die Entwicklung eines Zielbildes, um die weiteren Schritte zu leiten und unterteilt sich selbst in vier Teilschritte. In der Situationsanalyse wird ein Idealzustand der Fabrikplanung entworfen. Es wird eine gemeinsame Vision entwickelt und die Grundzüge der zu etablierenden Kultur sowie der Organisationsverfassung werden definiert. Es wird somit der normative Aspekt des Managements adressiert. Die Ergebnisse sind in ein Zielbild zu überführen, welches sich an den Domänen der Fabrikplanung, ergänzt um Ziele für die interne Organisation, orientiert. In der Organisationsanalyse erfolgt die Untersuchung der Ist-Situation. Diese orientiert sich dabei an denselben Kategorien, die für das Zielbild verwendet wurden. Wesentliches Element dieses Teilschrittes ist die Darstellung der aktuellen Organisation in einer VSM-Struktur. In der Organisationsdiagnose werden Ideal- und Ist-Zustand der Fabrikplanung abgeglichen, um die wesentlichen Handlungsfelder zu definieren. Diese dienen als Basis für die Zielformulierung, in der ein Zielsystem entwickelt wird, welches im Unterschied zum Zielbild einen höheren Detaillierungsgrad aufweist und der SMART-Logik folgt. Ergänzt wurde die inhaltliche um die organisatorische Gestaltung der Fabrikplanung (vgl. Kapitel 5.1.2). Aufgrund der Komplexität des Systems werden dazu nach den Domänen der Fabrikplanung nacheinander die Dimensionen Ziele, Objekte, Vorgehen und Handlungssystem adressiert und den einzelnen Systemen des Management-Modells Verantwortlichkeiten für die jeweiligen Elemente zugeordnet. Ergänzend wird ein Rollenmodell entwickelt,

---

<sup>772</sup> Gemäß dem grundlegenden Verständnis sind diese Prozesse iterativ zu durchlaufen, sodass es formal gesehen keinen letzten Prozess gibt.

welches die Beziehungen der einzelnen Systeme anhand von Weisungsbefugnissen, Informationsrechten und -pflichten, Empfehlungsrechten sowie Problemeskalationspfaden definiert. In der inhaltlichen Gestaltung der Fabrikplanung, dem zweiten Schritt, werden die fabrikplanerischen Bausteine definiert. Im Rahmen der Aachener Fabrikplanungsschule sind dies ein Vorgehen zur Auslegung globaler Produktionsnetzwerkstrukturen, Werkzeuge zur Unterstützung strategischer PoB-Entscheidungen, ein Ansatz zur Definition von Fabrikstandards, die modulare Fabrikplanung, das Reifegradmanagement, das agile Projektmanagement, das Lösungsraummanagement sowie eine Detaillierung des Rollenmodells um Qualifikationen und Kompetenzen. Diese Bausteine ermöglichen eine ganzheitliche, alle Domänen adressierende Fabrikplanung, die sich an der Unternehmensstrategie ausrichtet und eine effiziente Projektbearbeitung unterstützt. Im dritten Schritt werden die Bausteine in einem kybernetischen Prozess- bzw. Regelungsmodell zusammengeführt.

Innerhalb des Regelungsmodells erfolgt zunächst die Definition der normativen und strategischen Leitplanken anhand der Inhalte der Initiierungs- sowie organisatorischen Gestaltungsphase. Inhaltlich ist im Anschluss zunächst das zukünftige Netzwerk der Fabrikplanung zu definieren. Hieraus lässt sich eine Roadmap für die individuelle Werkeentwicklung ableiten. Anhand der im Netzwerk verwendeten Fabriktypen lässt sich im nächsten Schritt der Umfang der eigenen Planungskompetenzen definieren. Teilparallel dazu erfolgt die Definition der SEP der Fabrikplanung, also der Werkzeuge, die einen nachhaltigen Vorteil gegenüber möglichen Wettbewerbern, aber auch dem eigenen Unternehmen generieren. Aus der Roadmap werden Projekte abgeleitet. Diese werden in einem mehrstufigen Prozess ausgehandelt, um ein Verantwortungsgefühl bei allen Beteiligten zu generieren. Ist der Projektauftrag erteilt, wird das Projekt mithilfe der zuvor definierten Werkzeuge vorgeplant und bearbeitet. Innerhalb des Projekts erfolgt über eine kaskadierte Regelung eine fortwährende Selbstkontrolle und -optimierung, die den Projekterfolg sicherstellt. Im Nachgang werden das Projekt, aber auch die Werkzeuge reflektiert und es wird im Abgleich mit der Systemumwelt eine Optimierung eingeleitet, die das System in einen der aktuellen Situation angepassten Zustand überführt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass stets ein Komplexitätsausgleich zwischen System und Systemumwelt herrscht, sodass die Fabrikplanung effektiv und effizient agieren kann.



## 6 Demonstration und kritische Reflexion

Das vorliegende Kapitel dient dazu, die Anwendbarkeit und den Nutzen des zuvor entwickelten Management-Modells im Praxiszusammenhang zu demonstrieren. Es adressiert somit die Schritte sechs und sieben im Forschungsprozess anwendungsorientierter Wissenschaften nach ULRICH (Kapitel 1.3).<sup>773</sup> Ziel ist es einerseits, die Konsistenz des Management-Modells sicherzustellen. Wichtiger ist jedoch, das Potenzial und die Anwendbarkeit im Umfeld der fabrikplanerischen Praxis zu testen. Nach der Demonstration sollen die Ergebnisse der Arbeit kritisch reflektiert werden (Kapitel 6.2).

### 6.1 Ansatz der Demonstration

Nach ULRICH kann jede angewandte Wissenschaft als Sozialwissenschaft gekennzeichnet werden.<sup>774</sup> Diesem Verständnis folgend werden für die Validierung Ansätze aus den Sozialwissenschaften herangezogen. Den Ansatz bildet ein Mixed-Methods-Verfahren, das quantitative und qualitative Elemente vereint, um möglichst viele und unterschiedliche Quellen in die Wissensgenerierung zu integrieren.<sup>775</sup> Konkret wurde eine Vertiefungsstudie durchgeführt, in der zunächst quantitative Kenntnisse generiert und anschließend mit qualitativen Interviews vertieft wurden.<sup>776</sup> Dazu wurden zunächst Thesen aus dem Zusammenhang dieser Arbeit sowie der praktischen Beobachtungen des Autors aufgestellt. Die Thesen wurden im zweiten Schritt in einer quantitativen Studie im Rahmen eines Fabrikplanungs-Expertenkreises getestet. In der Folge erfolgten vertiefende Interviews und Diskussionen mit den Teilnehmern, um Gründe für die aktuelle Situation und Voraussetzungen für mögliche Entwicklungen zu erörtern. Dem Gedanken des kritischen Rationalismus folgend kann durch die Studie keine uneingeschränkte Bestätigung des Modells und der Thesen nachgewiesen werden. Dennoch geht der Autor davon aus, durch die Befragung von Experten aus unterschiedlichen Branchen und Unternehmen eine hinreichende Gültigkeit nachweisen zu können. Zunächst wird in Kapitel 6.1.1 der Aufbau der Studie erläutert, bevor in Kapitel 6.1.2 die Studienergebnisse vorgestellt werden.

#### 6.1.1 Aufbau der Studie

Für die Studie wurde ein Expertenkreis aus neun Fabrikplanern aus acht Unternehmen mit langjähriger Erfahrung konsultiert. Die Teilnehmer besetzen unterschiedliche Positionen im Kontext der Fabrikplanung und reichen von operativen Planern über Projektverantwortliche bis hin zu strategischen Entscheidungsträgern. Die Unternehmen, in denen die befragten Experten tätig sind, umfassen sowohl Start-Ups, Mittelständler als auch Großkonzerne (vgl. Abbildung 6-1).

---

<sup>773</sup> Vgl. Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 20

<sup>774</sup> Vgl. Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre, S. 22

<sup>775</sup> Vgl. Denscombe, M. (2008) Communities of Practice, S. 272

<sup>776</sup> Vgl. Döring, N. et al. (2016) Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften, S. 184 f.



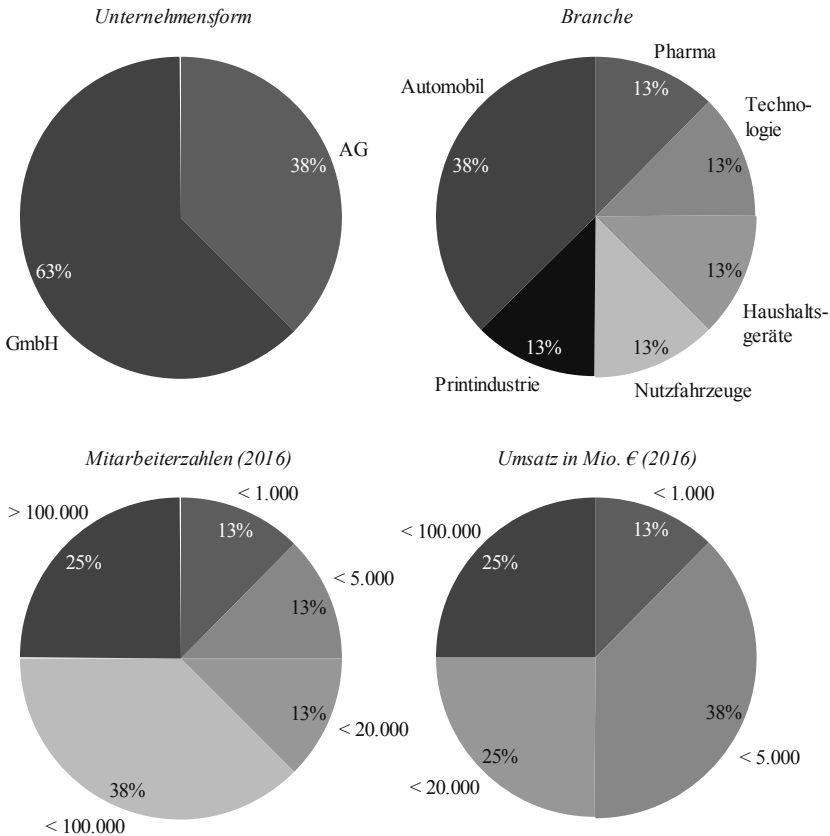


Abbildung 6-1: Charakterisierung der befragten Unternehmen

Zunächst wurde den Experten das in dieser Arbeit entwickelte Management-Modell präsentiert, um sie in das Thema einzuführen. Nach einer ersten Diskussion, um inhaltliche Fragen zu klären, erfolgte die Befragung, der folgende Thesen zugrunde lagen:

*Allgemeine Thesen:*

1. Fabrikplanung gewinnt neben einem Projekt- auch zunehmend strategischen Charakter.
2. Dieser Wandel schlägt sich bisher kaum in der Organisation der Fabrikplanung nieder.
3. Das VSM ist in der fabrikplanerischen Praxis weitgehend unbekannt und findet keine explizite Anwendung in der Organisationsgestaltung der Fabrikplanung.
4. Dennoch ist das Invarianztheorem nach BEER erfüllt: Die Systemfunktionen des VSM werden explizit oder implizit erfüllt.

*Thesen zum normativen Leitwerk:*

5. Die notwendigen Aufgaben des normativen Leitwerks sind in der fabrikplanerischen Praxis eher schwach ausgeprägt.
6. Die Inhalte weisen jedoch ein hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz der Fabrikplanung auf.

*Thesen zur Strategie- und Technologieentwicklung:*

7. Aufgaben und Inhalte von FP-ST sind weitestgehend erfüllt.
8. Die in der Arbeit definierten SEP sind praxistauglich und werden bereits in der Praxis angewandt.
9. Die Verwendung von SEP weist ein hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz der Fabrikplanung auf.
10. Die SEP der Fabrikplanung werden in der Praxis nicht systematisch hergeleitet.
11. Die Systematisierung der SEP-Entwicklung weist hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz auf.

*Thesen zum operativen Multiprojektmanagement:*

12. FP-MPM agiert in der operativen Arbeit vor allem durch direkte Eingriffe.
13. Die Abstimmung strategischer und operativer Handlungen erfolgt in der Praxis nur unzureichend.
14. Projekte werden nur unzureichend strategisch initiiert.

*Thesen zum Wissensmanagement:*

15. Die vorgestellten Koordinationsfunktionen sind nur unzureichend ausgeprägt.
16. Die Implementierung der vorgestellten Koordinationsfunktionen weist hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz auf.

*Thesen zum Projektmanagement:*

17. Das Projektmanagement in der Fabrikplanung folgt nach wie vor einem klassischen Ansatz, agile Elemente sind bisher kaum vorhanden.
18. Das agile Projektmanagement weist in der Fabrikplanung hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz auf.
19. Operatives Wissensmanagement wird in der Fabrikplanung betrieben, das Wissen wird jedoch nur unzureichend genutzt, um in strategischen Regelkreisen über das Projekt hinaus zu Optimierungen beizutragen.

### 6.1.2 Ergebnisse der Validierung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie vorgestellt. Die Vorstellung erfolgt entlang der aufgestellten Thesen, einerseits durch die Vorstellung der quantitativen Ergebnisse, andererseits durch die qualitativen Ergebnisse in Form von Zitaten und Diskussionsergebnissen. Dabei werden einzelne Thesen themenspezifisch zusammengefasst. Die Darstellung der quantitativen Ergebnisse erfolgt dabei in Form von Boxplot-Diagrammen. Diese Form der Darstellung wurde gewählt, um ein möglichst umfassendes Bild der Ergebnisse darzustellen. Eine Erläuterung zur Darstellung kann Abbildung 6-2 entnommen werden. Es kann passieren, dass verschiedene Elemente denselben Wert tragen, bspw. wenn der

Wert des oberen Quartials dem Maximalwert entspricht, sodass nicht immer alle Elemente getrennt voneinander ausgewiesen werden. In dem Falle ändert sich das Erscheinungsbild der Darstellung entsprechend.

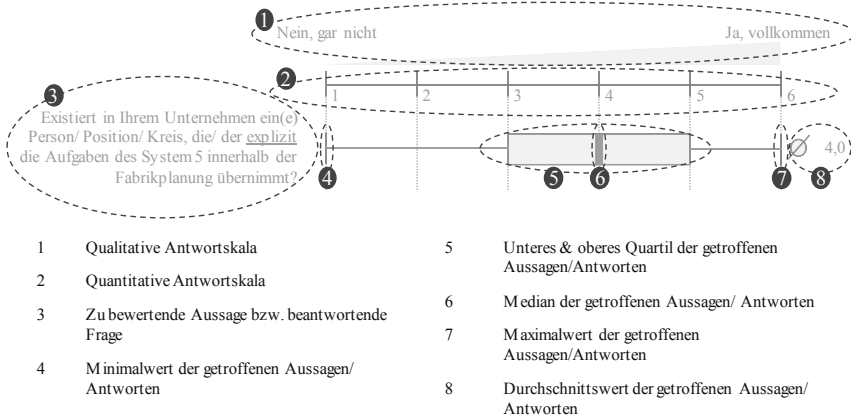


Abbildung 6-2: Erläuterungen zu den Auswertungsdiagrammen

**Thesen 1 und 2: „Fabrikplanung gewinnt neben einem Projekt- auch zunehmend strategischen Charakter.“ sowie „Dieser Wandel schlägt sich bisher kaum in der Organisation der Fabrikplanung nieder.“**

„Ich bin vom Projektcharakter der Fabrikplanung schon lange weg, in unserer Organisation ist diese Denke aber noch nicht angekommen.“

„Bei uns ist Fabrikplanung nach wie vor Projektgeschäft, auch wenn ich das anders sehe.“

„Wir planen mittlerweile so häufig Fabriken (um), das ist wie ein kontinuierlicher Prozess zu behandeln.“

Die Ergebnisse der quantitativen Untersuchung bescheinigen eine hohe Zustimmung zur ersten These (vgl. Abbildung 6-3). Die Ausnahme bildet an dieser Stelle ein produktorientiertes Mittelstandsunternehmen, für das Fabrikplanung nach wie vor eine untergeordnete Rolle spielt. Gemischtere Ergebnisse ergeben sich bzgl. der zweiten These. Lediglich ein Unternehmen hat seine Strukturen innerhalb der Fabrikplanung anhand des zunehmend strategischen Charakters ausgerichtet, ansonsten ist kein umfassender Einfluss auf die Strukturen feststellbar. Gründe dafür, dass die Entwicklung nicht zu einem strukturellen Wandel führt, sehen die Befragten darin, dass die operative Fabrikplanung auch heute in Projekten erfolgt und so weiterhin, vor allem in der Organisationsentwicklung, das Bild einer rein projektorientierten Fabrikplanung vorherrscht.

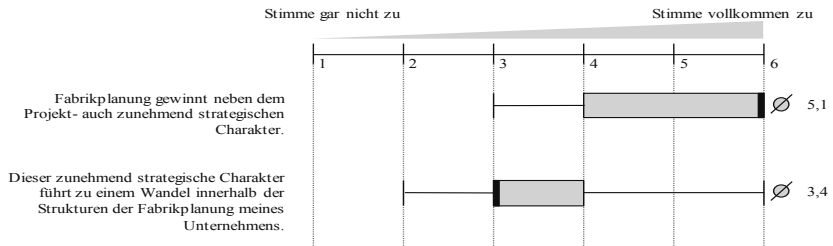


Abbildung 6-3: Strategische Bedeutung der Fabrikplanung

**These 3: „Das VSM ist in der fabrikplanerischen Praxis weitgehend unbekannt und findet keine explizite Anwendung in der Organisationsgestaltung der Fabrikplanung.“**

„Sehr theoretisch, aber durchaus interessant.“

„Ich glaube wir machen vieles davon, habe aber noch nie von dem Modell gehört.“

Auch die dritte These wird von den Experten weitestgehend gestützt. Mit wenigen Ausnahmen ist das VSM nicht bekannt und findet dementsprechend keine bzw. nur geringe Anwendung in der Fabrikplanung (vgl. Abbildung 6-4). Die Gründe werden von den Befragten in dem immer noch vorherrschenden Projektdenken gesehen. Dieser Umstand hat bisher vielfach eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Thema Organisationsentwicklung in der Fabrikplanung und somit auch dem VSM verhindert.

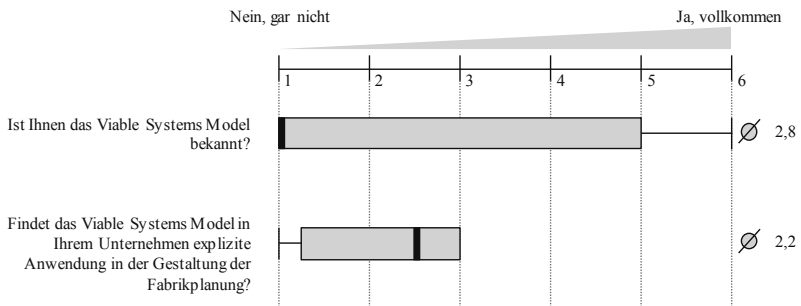


Abbildung 6-4: Kenntnis und explizite Anwendung des VSM in der Fabrikplanung

**These 4: „Dennoch ist das Invarianztheorem nach BEER erfüllt: Die Systemfunktionen des VSM werden explizit oder implizit erfüllt.“**

*„Wenn ich so darüber nachdenke, erfüllen wir die Anforderungen doch in hohem Maße.“*

*„Ich kann jetzt keinen benennen, der es bei uns tut, es ist eher eine Leistung des Kollektivs.“*

Die Ergebnisse der Befragung stützen die vierte These, auch im Fabrikplanungszusammenhang ist das Invarianztheorem erfüllt (vgl. Abbildung 6-5). Wenn nicht explizit, so erfüllen die Organisationen zumindest implizit die Funktionen der Systeme des VSM. Der überwiegend implizite Charakter kann auf die mangelnde Organisationsentwicklung in der Fabrikplanung zurückgeführt werden, was jedoch durch das intuitive Handeln der Mitarbeiter aufgefangen wird. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die tendenzielle Korrelation von Unternehmensgröße und expliziter Erfüllung der Funktion. Je größer ein Unternehmen ist, desto eher sind die Funktionen explizit erfüllt. Aus der Stichprobe sticht ein OEM der Automobilindustrie heraus, welcher, wenn auch nicht bewusst (siehe These 3), alle Funktionen explizit erfüllt. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Beobachtungen des Autors, dass Automobil-OEMs Fabrikplanung vergleichsweise häufig strategisch interpretieren und entsprechend handeln.

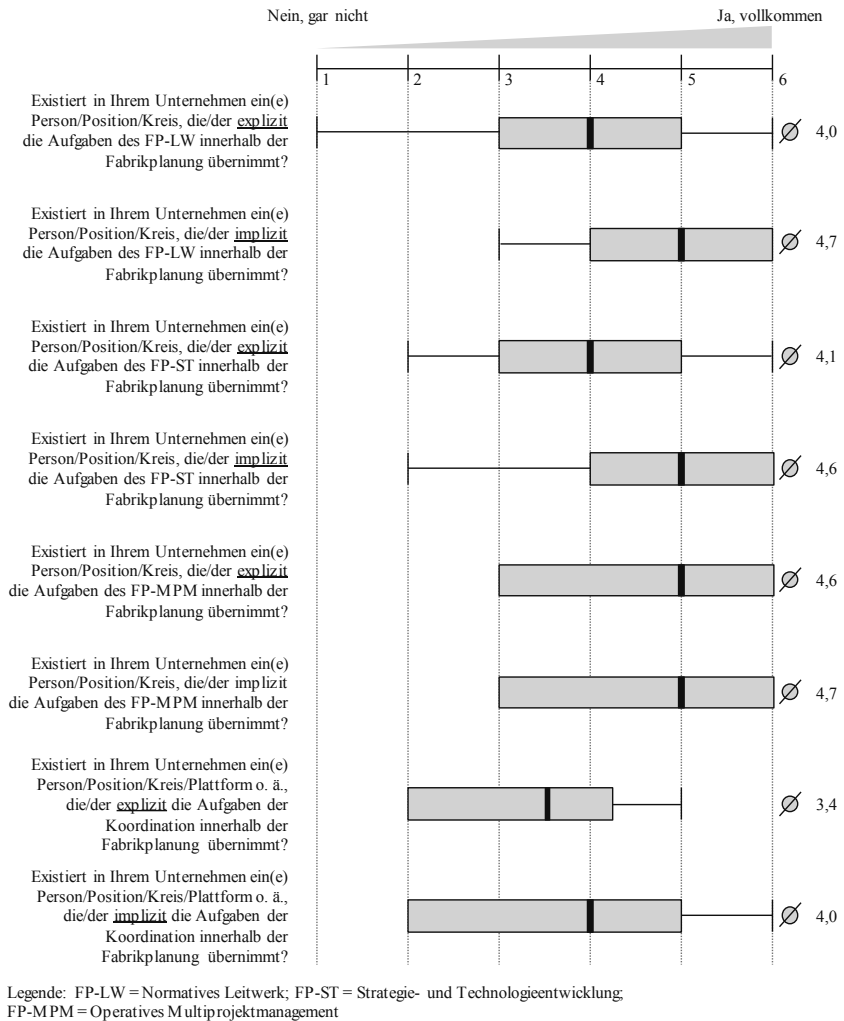


Abbildung 6-5: Explizite und implizite Erfüllung der VSM-Systemfunktionen

**Thesen 5 und 6: „Die notwendigen Aufgaben des normativen Leitwerks sind in der fabrikplanerischen Praxis eher schwach ausgeprägt.“ sowie „Die Inhalte weisen jedoch ein hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz der Fabrikplanung auf.“**

*„Kultur in der Fabrikplanung, darüber habe ich mir noch nie Gedanken gemacht.“*

*„Regeln aufstellen, darin sind wir Deutschen gut. In den eher soften Bereichen hapert es dann.“*

*„Wir haben keine eigene Vision, die leitet sich aus dem Unternehmen ab. Was ich wohl beobachte, sind eigene Verhaltensnormen unserer Fabrikplaner.“*

Im nächsten Schritt sollte geprüft werden, inwiefern die Funktionen des normativen Leitwerks erfüllt werden. Die Ergebnisse zeigen eine mittelmäßige Ausprägung der definierten Aufgaben auf (vgl. Abbildung 6-6). Während die Organisationsverfassung als eher explizites Artefakt noch eine relativ hohe Verbreitung erfährt, wird die Definition von Kultur und Vision, vor allem gemessen am Median, in der praktischen Fabrikplanung vernachlässigt. Bezüglich dieser Punkte lässt sich keine Unterscheidung zwischen großen und kleineren Unternehmen beobachten.

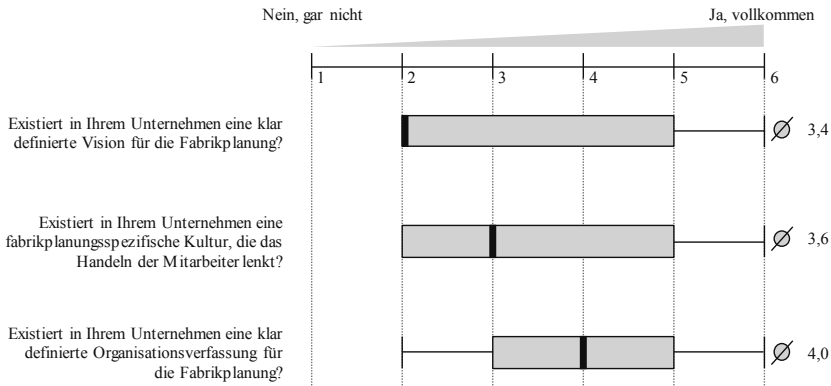


Abbildung 6-6: Erfüllung der Funktionen des normativen Leitwerks

Neben der Existenz wurde auch die Bewertung des Potenzials der in dieser Arbeit definierten normativen Inhalte hinsichtlich Effektivität und Effizienz im Fabrikplanungskontext abgefragt. Für alle drei Bereiche ergibt sich hier ein hohes bis sehr hohes Potenzial, was sich in den hohen Median- und Durchschnittswerten ausdrückt. Die Befragten hoben dabei hervor, dass vor allem der Punkt Effektivität optimal durch die Ausgestaltung der normativen Inhalte adressiert werden kann. Ein interessantes Ergebnis der Diskussion, welches auch teils in den Ergebnissen der Befragung zu erkennen ist, ist das tendenziell höhere Potenzial von Vision und Kultur hinsichtlich Effektivität im Verhältnis zur Organisationsverfassung (vgl. Abbildung 6-7). Den ersten beiden Faktoren wird von den Befragten höheres Potenzial zugesprochen, da sie einen Lösungsraum definieren, den Mitarbeitern in der Umsetzung jedoch Freiheiten und Interpretationsspielraum lassen. Die Organisationsverfassung, in sich ein sehr wirksames Instrument, begrenze Freiheiten eher im Sinne expliziter Vorgaben: „Wer darf was (nicht)?“

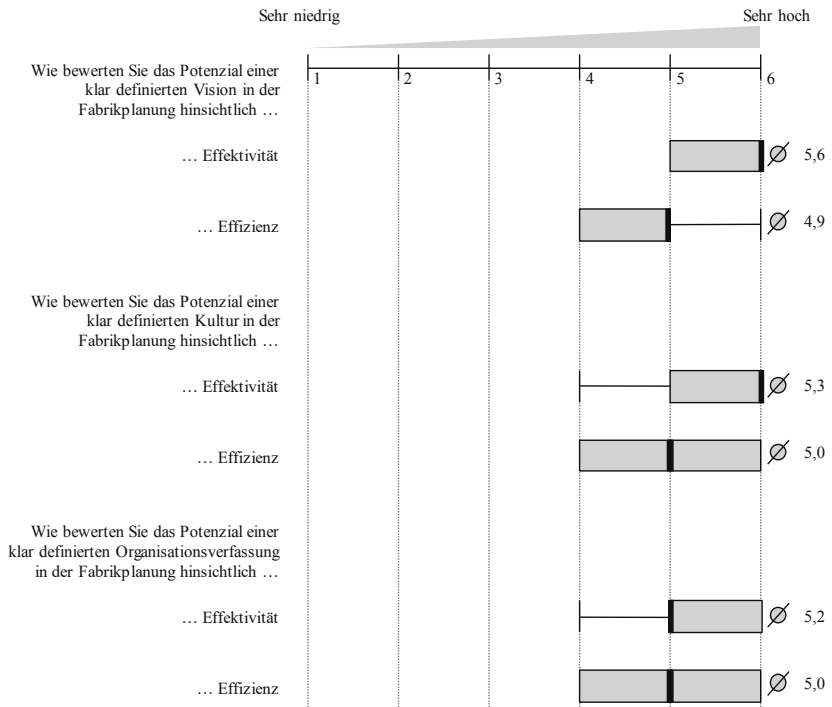


Abbildung 6-7: Potenzial der Funktionen des normativen Leitwerks

**Thesen 7, 8 und 9: „Aufgaben und Inhalte von FP-ST sind weitestgehend erfüllt.“, „Die in der Arbeit definierten SEP sind praxistauglich und werden bereits in der Praxis angewandt.“ sowie „Die Verwendung von SEP weist ein hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz der Fabrikplanung auf.“**

„Strategisches Management ist für mich völlig unterschätzt in der Fabrikplanung und ein essenzieller Erfolgsfaktor der kommenden Jahre.“

„Ich sehe, worauf Sie hinauswollen und stimme dem Potenzial auch tendenziell zu, für uns als Mittelständler ist die vollumfängliche Definition jedoch zu viel, das können wir mit unseren Ressourcen nicht stemmen.“

„Über das Konzept der Kernkompetenzen haben wir nie richtig nachgedacht, obwohl es so naheliegend ist.“

These 7 kann bereits durch die Aussage bzgl. FP-ST aus Abbildung 6-5 gestützt werden. Analysiert man die Ergebnisse zur Nutzung der SEP, lässt sich auch hier größtenteils eine Erfüllung erkennen (vgl. Abbildung 6-8). Auch in diesem Kontext zeigt sich wieder, dass mit der Größe der Unternehmen tendenziell die Verwendung der SEP steigt. Als Hauptgrund wird die größere Anzahl an Fabriken und dadurch tendenziell größere Anzahl an Projekten angeführt, wodurch die Möglichkeit der Nutzung von Skaleneffekten steigt. Hervorzuheben ist zu These 8, dass lediglich zwei Unternehmen alle der in dieser Arbeit definierten SEP für sich umgesetzt haben. Die anderen Unternehmen weisen nach eigener Aussage in mindestens einem der Punkte Schwächen auf.



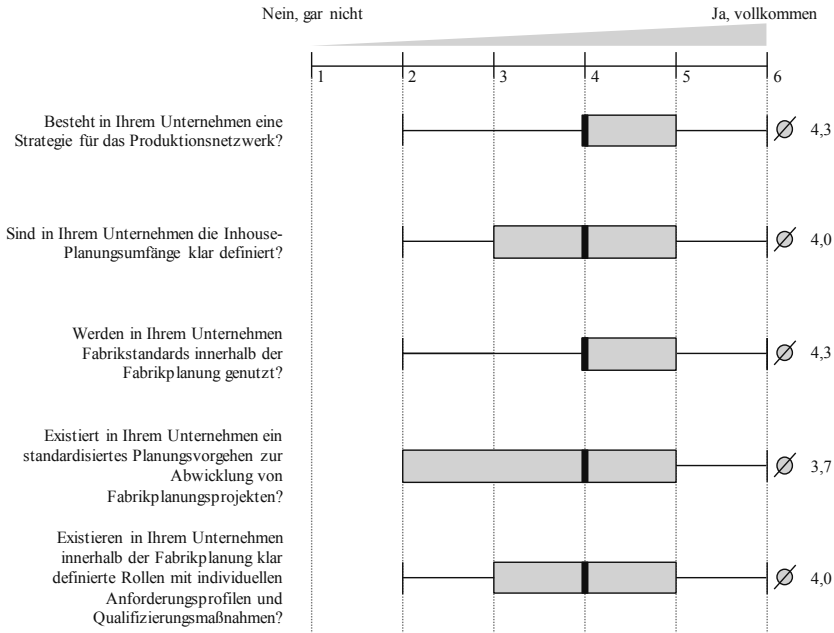


Abbildung 6-8: Verbreitung der SEP in der Fabrikplanung

Bzgl. These 9 wurde wiederum das Potenzial der einzelnen SEP abgefragt. Die Antworten bestätigen die These weitestgehend (vgl. Abbildung 6-9). Für den Mittelstand zeigt sich, dass SEP aus Sicht der Befragten mehr Potenzial haben, je operativer diese eingesetzt werden können. So wird den Themen Standards, Vorgehen und Rollendefinition, welche operativ im konkreten Projekt Anwendung finden, das höchste Potenzial zugemessen. Eine strategische Produktionsnetzwerkplanung und die systematische Definition der eigenen Planungsumfänge wird hingegen eher von größeren Unternehmen als relevant erachtet, die über eine kritische Anzahl an Werken und Projekten verfügen. Besonderes Potenzial, unabhängig von Unternehmensgröße oder Branche, wird den Fabrikstandards zugemessen. Diese bieten sowohl hinsichtlich Effektivität als auch Effizienz ein hohes Potenzial für Optimierungen in der Fabrikplanung. Der Grund wird darin gesehen, dass sie sowohl das Planungsergebnis als auch den Planungsprozess betreffen und hier für Verbesserungen genutzt werden können. Zudem wurden Fabrikstandards von den Befragten als vergleichsweise „griffig“ beschrieben, da sie als physische Objekte gut verständlich seien, während die anderen Themen eher „abstrakte Natur“ besäßen.

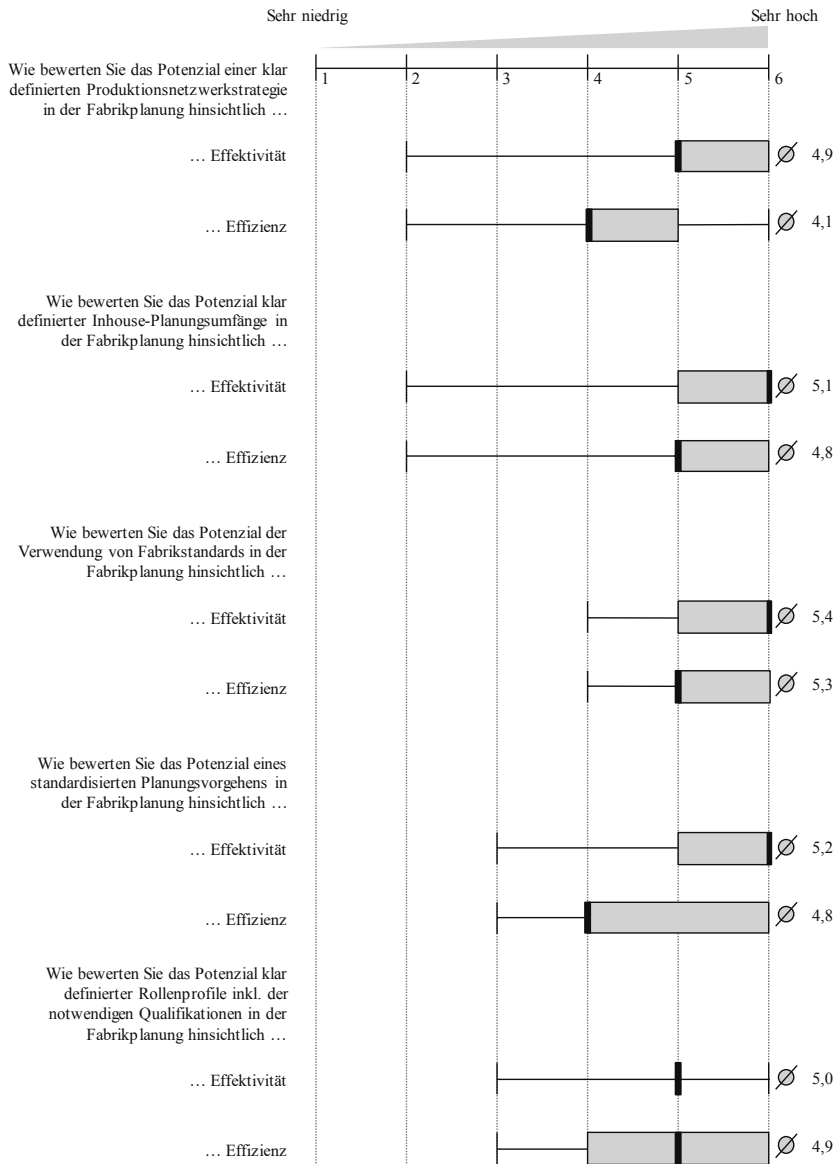


Abbildung 6-9: Potenzial der SEP in der Fabrikplanung

**Thesen 10 und 11: „Die SEP der Fabrikplanung werden in der Praxis nicht systematisch hergeleitet.“ sowie „Die Systematisierung der SEP-Entwicklung weist hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz auf.“**

*„Bestehendes als Standard definieren, das ist einfach und geht schnell. Ob ich dadurch die beste Lösung finde, das kann ich nicht sagen.“*

*„Ganz ehrlich: ich habe mir nie die Zeit dazu genommen, werde das nach der Diskussion mit den Kollegen aber doch nachholen.“*

Die bisherigen Ergebnisse der Umfrage decken sich mit den praktischen Beobachtungen des Autors, dass die SEP in der praktischen Fabrikplanung, wenn auch nicht in jedem Unternehmen vollumfänglich, Anwendung finden. Es kann jedoch auch beobachtet werden, dass SEP in der Praxis häufig nicht systematisch hergeleitet, sondern „bewährte Lösungen“ als Standards definiert werden, ohne zu wissen, ob es sich hierbei um eine gute oder gar optimale Lösung handelt. Aus diesem Grund wurden die Teilnehmer der Studie befragt, inwieweit genutzte SEP systematisch hergeleitet werden (vgl. Abbildung 6-10). Die Antworten stützen die These, dass SEP in der Praxis, vor allem im Gegensatz zur intensiveren Nutzung, nur bedingt systematisch hergeleitet werden. Begründet wird dieser Umstand durch die Befragten mit fehlender Methodenkompetenz zur systematischen Herleitung sowie mangelnden Ressourcen, vor allem Zeit.

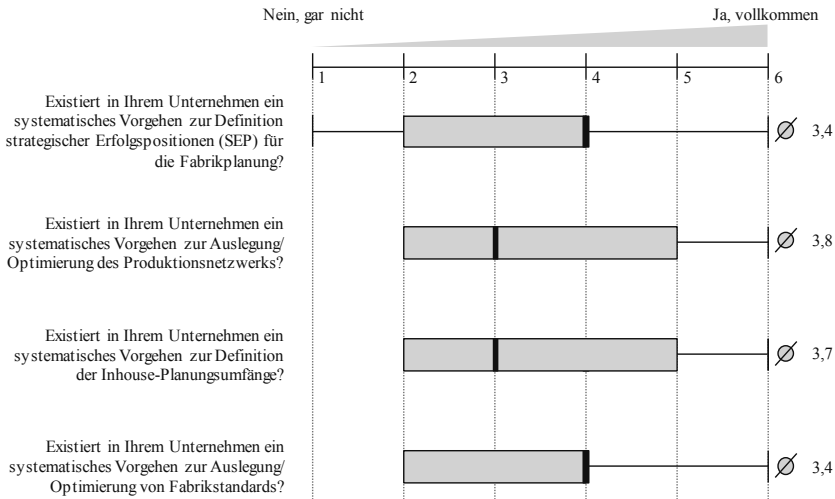


Abbildung 6-10: Verbreitung von Systematik im Vorgehen der SEP-Definition

Vor diesem Hintergrund sollte untersucht werden, inwieweit die Befragten einem systematischen Entwicklungs- bzw. Herleitungsprozess für SEP Potenzial attestieren (vgl. Abbildung 6-11). Durchgängig wurde einem systematischen Prozess ein hohes bis sehr hohes Potenzial zugeschrieben, wobei das Potenzial hinsichtlich Effektivität höher bewertet wird. Die Diskussion zeigte, dass heutzutage vor allem Vergleiche bestehender Lösungen durchgeführt und hieraus Standards abgeleitet werden. Es wird von den Befragten jedoch befürchtet, dass durch das eingegrenzte Suchfeld keine optimalen Lösungen gefunden werden können. Andersherum wird das aktuelle Vorgehen als pragmatisch angesehen, mit dem

in kurzer Zeit akzeptable Lösungen gefunden werden können und somit als effizient einzustufen ist. Dennoch wird der systematische Prozess der Lösungsfindung auch hinsichtlich der Effizienz als vielversprechend eingestuft.

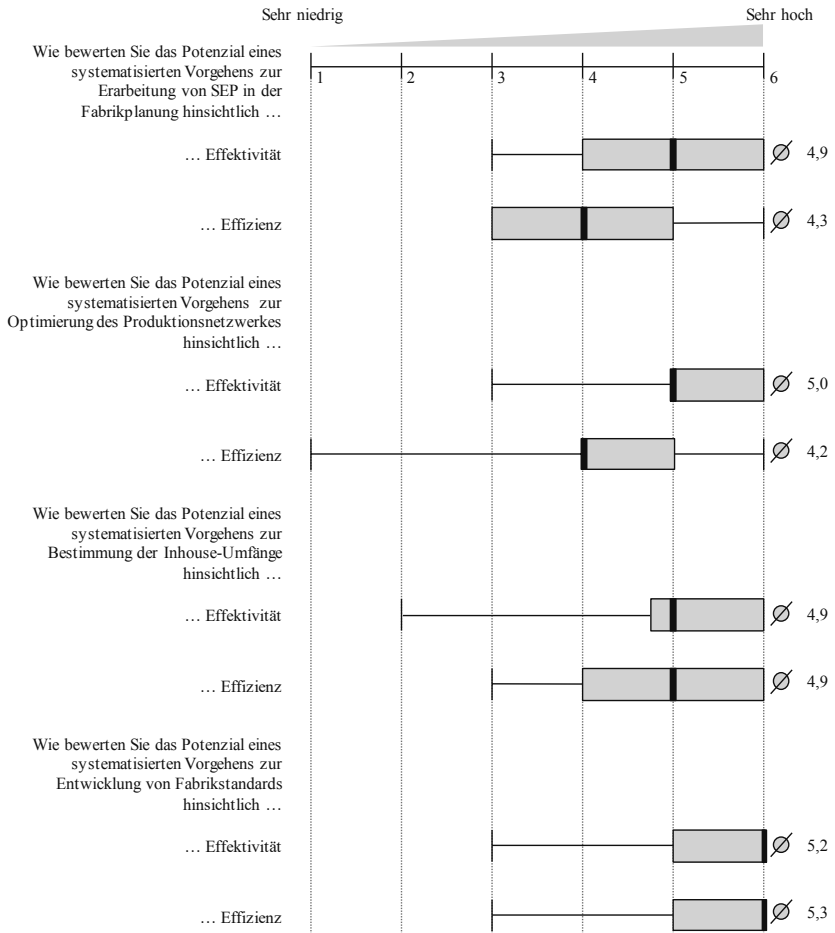


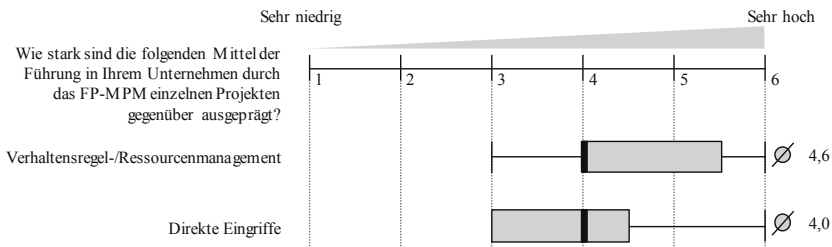
Abbildung 6-11: Potenzial eines systematischen Vorgehens in der SEP-Definition

### These 12: „FP-MPM agiert in der operativen Arbeit vor allem durch direkte Eingriffe.“

*„Dauernde Eingriffe von oben, das funktioniert nicht.“*

*„Ich habe das mal versucht, habe aber gemerkt, dass ich dazu nicht die Zeit habe und der Projektleiter auch Projektleiter sein will und soll.“*

Bezogen auf FP-MPM sollte untersucht werden, mit welchen Mitteln in der fabrikplanerischen Praxis eine übergeordnete Führung bzw. Koordination mehrerer bzw. paralleler Projekte erfolgt (vgl. Abbildung 6-12). Die These, dass dieses vor allem durch direkte Eingriffe erfolgt, konnte nicht belegt werden, vielmehr sind das Definieren von Verhaltensregeln und das Management von Ressourcen das primäre Mittel, ein gewünschtes Verhalten herbeizuführen. Begründet wurde dies mit der Erfahrung, dass für direkte Eingriffe ein tiefes Wissen über das jeweilige Projekt vorliegen müsse, um richtige Entscheidungen zu treffen. Dies sei schon bei zwei parallelen Projekten aus Kapazitätsgründen schwierig. Außerdem demotiviere es die verantwortlichen Mitarbeiter, wenn sie für die Ergebnisse verantwortlich gemacht würden, jedoch nicht die notwendige Handlungsbefugnis inne hätten. Teilweise seien direkte Eingriffe jedoch notwendig, vor allem in der Anfangsphase neuer Projekte.



Legende: FP-MPM = Operatives Multiprojektmanagement

Abbildung 6-12: Bevorzugte Mittel im Multiprojektmanagement

### These 13: „Die Abstimmung strategischer und operativer Handlungen erfolgt in der Praxis nur unzureichend.“

*„Die Abstimmung erfolgt schon irgendwie, die Ergebnisse sind jedoch ausbaufähig.“*

*„Ich habe in meiner täglichen Arbeit häufig Probleme, da unterschiedliche, ja gegenläufige Dinge von mir verlangt werden.“*

*„Bei uns wird das schon gut gelebt, aber auch, weil die verantwortlichen Personen gut miteinander können.“*

Im nächsten Schritt sollte untersucht werden, inwieweit sich strategische und operative Leitungsfunktionen abstimmen, um eine handlungsfähige Konfiguration der Fabrikplanung vorzunehmen (vgl. Abbildung 6-13). Größtenteils erfolgt diese Abstimmung in den befragten Unternehmen, wird jedoch als „ausbaufähig“ beschrieben. In der Diskussion wurden vor allem verhaltenspolitische Gründe und „Kompetenzgerangel“ angeführt, die eine zielführende Abstimmung behindern würden. Entsprechend den Ergebnissen der ersten Frage und dieser Aussagen wird das Potenzial einer systematischen und konstruktiven Abstimmung als hoch bis sehr hoch bewertet.

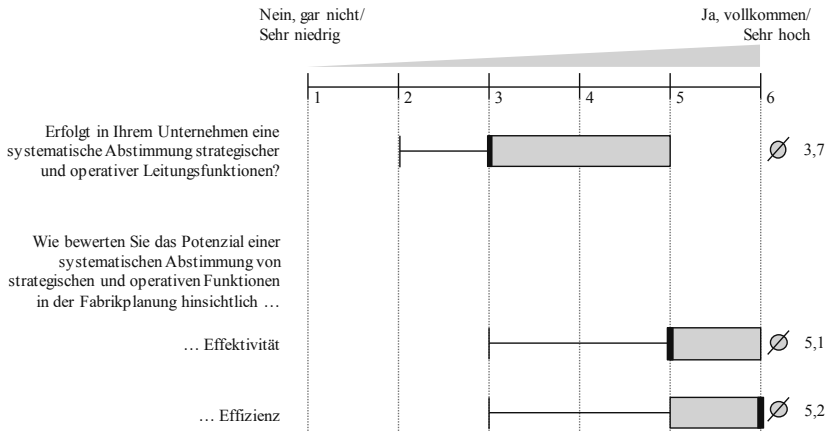


Abbildung 6-13: Verbreitung und Potenzial der Abstimmung strategischer und operativer Leitungsfunktionen in der Fabrikplanung

#### These 14: „Projekte werden nur unzureichend strategisch initiiert.“

„Da sind wir schon ganz gut.“

„Es gibt auch ad-hoc Projekte, generell sind sie aber schon in einen strategischen Kontext eingeordnet.“

„Wie folgen dem Markt und der ändert sich so schnell, da macht Strategie nur bedingt Sinn.“

Die These, dass Fabrikplanungsprojekte häufig reaktiv und nicht proaktiv initiiert werden, konnte im Kreis der Befragten nicht gestützt werden (vgl. Abbildung 6-14). Vielmehr ist ein Großteil der Unternehmen in den letzten Jahren dazu übergegangen, „Masterpläne“ für einzelne Standorte aufzustellen und diese gemäß Ressourcenverfügbarkeit umzusetzen. Kurzfristige Projekte sind auf plötzliche Marktentwicklungen zurückzuführen, die Mehrzahl der Projekte dient jedoch der strategischen (Weiter-)Entwicklung. Das Potenzial dieses Vorgehens wird als hoch beschrieben. Einerseits, da erwartete Ergebnisse und der langfristige Nutzen präzise beschrieben werden können, andererseits, da Planungsteams bedarfsgerecht zusammengestellt werden können, sowohl bzgl. des benötigten Fachwissens als auch des Erfahrungsniveaus sowie des „persönlichen Fits“ der Teammitglieder, was einen reibungslosen Projektverlauf unterstützt.

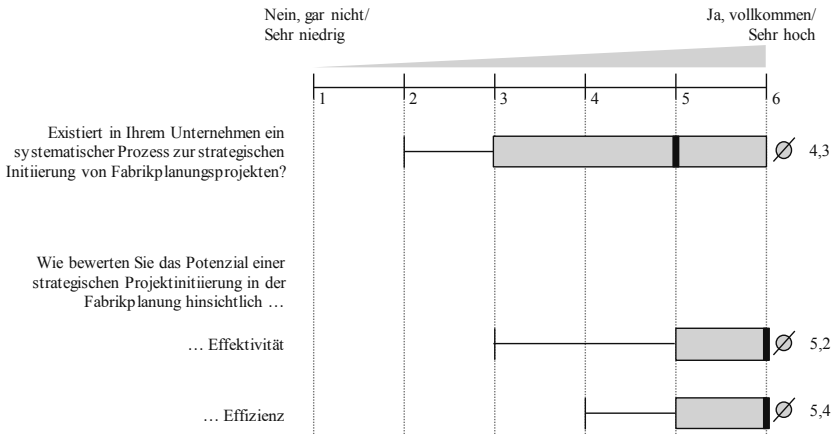


Abbildung 6-14: Strategische Initiierung von Fabrikplanungsprojekten

**Thesen 15 und 16: „Die vorgestellten Koordinationsfunktionen sind nur unzureichend ausgeprägt.“ sowie „Die Implementierung der vorgestellten Koordinationsfunktionen weist hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz auf.“**

„Wir regeln viel über direkte Kommunikation, das Wissen bleibt aber bei Einzelnen hängen.“

„Im Reporting sind wir gut, in der Wissensvermittlung weniger.“

„Wir nutzen seit neuestem so eine Plattform. Ungewohnt, aber finde ich gut!“

Bzgl. der Koordinationsmechanismen sollte die Existenz der einzelnen Funktionen untersucht werden. Die These, dass diese nur unzureichend ausgeprägt seien, konnte in Teilen bestätigt werden (vgl. Abbildung 6-15). Das (standardisierte) Reporting der Projekte ist weit verbreitet. Das Unternehmen, das bisher kein solches Vorgehen installiert hat, verzichtet bewusst darauf, da es für sich den Mehrwert nicht sieht. Ähnlich verhält es sich mit einer Funktion zur Vermittlung von Standards in der Fabrikplanung. Probleme in der Fabrikplanung werden in den befragten Unternehmen häufig dadurch gelöst, sich mit erfahrenen Kollegen auszutauschen. Dies geschieht meist dezentral und wird nicht dokumentiert. Daraus resultiert, dass eine Fragestellung zwar kurzfristig gelöst wird, die Organisation als Ganzes jedoch nicht lernt, was von den Befragten als Problem gesehen wird. Auch der Einsatz von Projektlotsen bzw. Funktionen, die eine ähnliche Aufgabe wie der in dieser Arbeit definierte Projektlotse haben, erfolgt häufig nicht durchgängig, sondern nur punktuell oder gar nicht. Als wesentlicher Grund hierfür wurden mangelnde Kapazitäten angeführt.

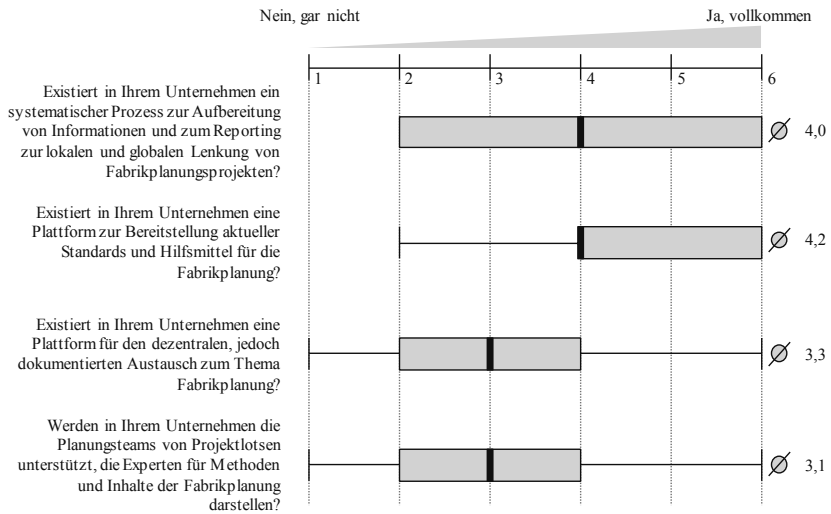


Abbildung 6-15: Erfüllung der Koordinationsfunktionen

Im Gegensatz zur unterschiedlichen Verbreitung wird den einzelnen System 2-Funktionen ein hohes bis sehr hohes Potenzial bescheinigt (vgl. Abbildung 6-16).<sup>777</sup> Auch hier zeigt sich, dass eine Systematisierung und ggf. technische Unterstützung umso mehr Sinn macht, je mehr diese in unterschiedlichen Projekten genutzt werden können.

<sup>777</sup> Die Ausnahme bildet das Unternehmen, welches bewusst auf Reporting-Standards verzichtet.



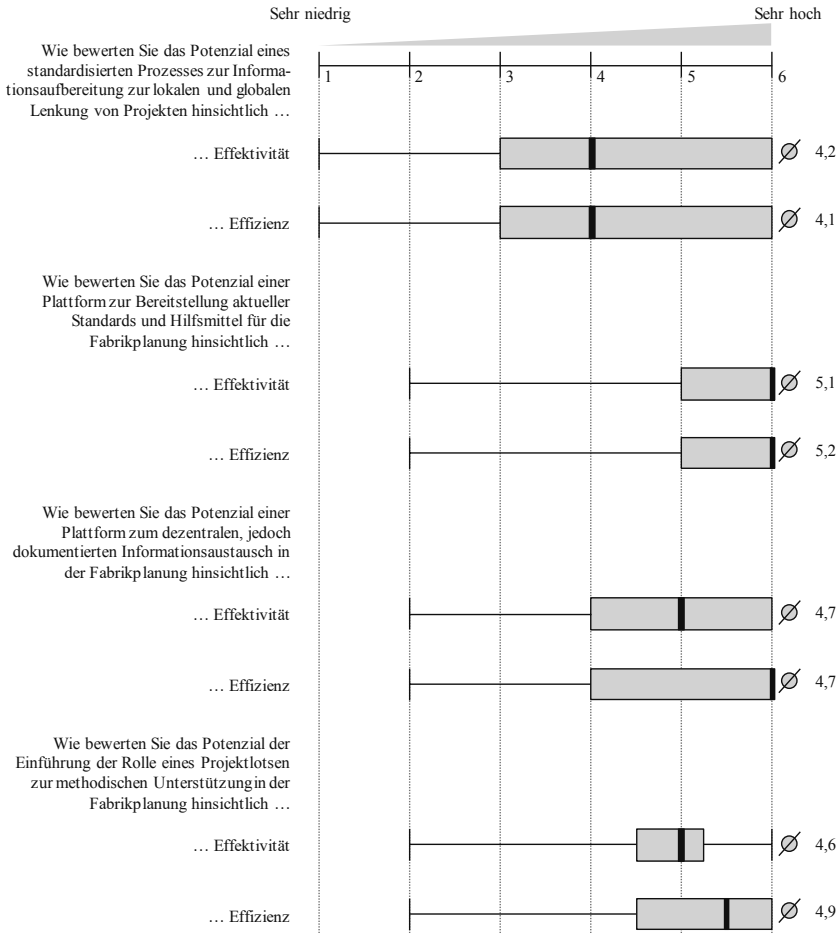


Abbildung 6-16: Potenzial der Koordinationsfunktionen

**Thesen 17 und 18: „Das Projektmanagement in der Fabrikplanung folgt nach wie vor einem klassischen Ansatz, agile Elemente sind bisher kaum vorhanden.“ sowie „Das agile Projektmanagement weist in der Fabrikplanung hohes Potenzial hinsichtlich Effektivität und Effizienz auf.“**

*„Komisch ist es, dass wir das auf der Baustelle bereits so leben, in der Planung hingegen nicht.“*

*„Der Aufwand für Projektmanagement steigt, aber ich denke, es lohnt sich.“*

Mittels Thesen 17 und 18 sollte geprüft werden, inwieweit das agile Projektmanagement Einzug in die Fabrikplanung gehalten hat. Nach den Erfahrungen des Autors wird häufig noch ein klassisches Projektmanagement verfolgt, woraus sich These 17 ableitet. Die Ergebnisse der Befragung (vgl. Abbildung 6-17) stützen die These dahingehend, dass unterschiedliche Regelkreise in der Praxis umso weiter

verbreitet sind, je mehr sie einem klassischen Projektmanagement entsprechen. Besonders die täglichen Scrum-Meetings, ein wesentliches Element des agilen Projektmanagements, werden bisher noch nicht durchgängig in der Fabrikplanung angewendet. Die Frage nach dem Potenzial des agilen Projektmanagements, repräsentiert durch die entsprechende Meeting-Struktur, wurde weitestgehend positiv bewertet. Wesentliche Vorteile werden von den Befragten in einer verbesserten Abstimmung der Ergebnisse sowie einem kurzzyklischeren Informationsaustausch gesehen. Gleichwohl sehen sie Herausforderungen darin, den Planern die Notwendigkeit dieser Meetings nahezubringen. Zeit ist bereits jetzt ein knappes Gut in der Fabrikplanung, sodass tiefergehende Vermittlungsstrategien notwendig sind.

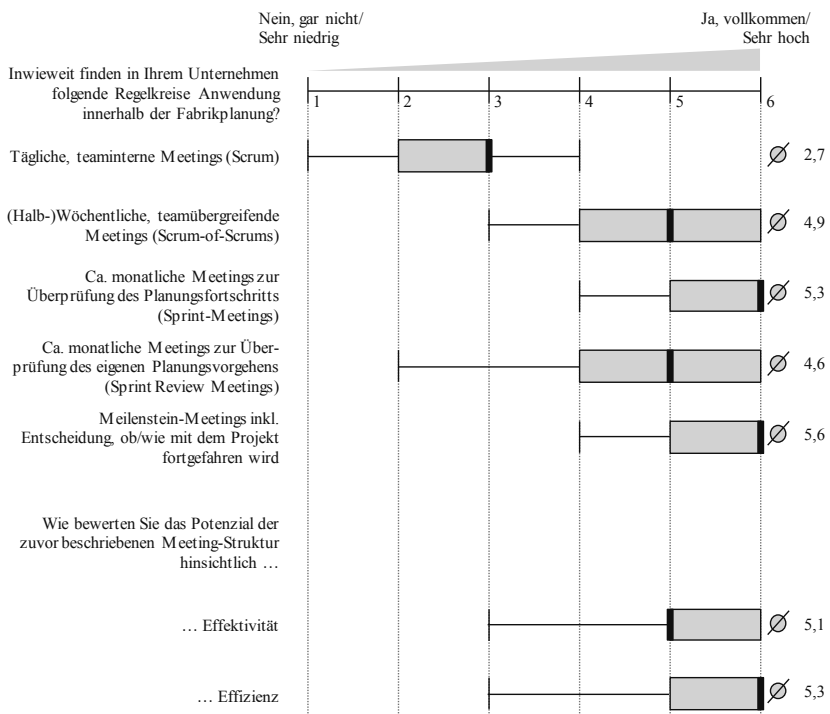


Abbildung 6-17: Verbreitung und Potenzial des agilen Projektmanagements in der Fabrikplanungspraxis

**These 19: „Operatives Wissensmanagement wird in der Fabrikplanung betrieben, das Wissen wird jedoch nur unzureichend genutzt, um in strategischen Regelkreisen über das Projekt hinaus zu Optimierungen beizutragen.“**

*„Wenn ich so darüber nachdenke, machen wir hier ziemlich viel falsch.“*

*„Bei uns wird Wissensmanagement nicht wirklich ernst genommen. Es sei ja nur ein Projekt.“*

Zuletzt soll die Sammlung und Nutzung von Wissen in der Fabrikplanung überprüft werden. Nach den Erfahrungen des Autors wird Wissensmanagement in der Fabrikplanung meist nur als ‚Kunst um der Künste willen‘ durchgeführt und kein systematischer Lernprozess initiiert. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass Wissen zum Ende eines Projekts zwar dokumentiert, jedoch nicht systematisch zusammengeführt und zur übergreifenden Optimierung rückgekoppelt wird (vgl. Abbildung 6-18). Das Potenzial hingegen wird sowohl hinsichtlich Effektivität als auch Effizienz als sehr hoch bewertet. Dies begründen die Befragten mit einem immer strategischeren Charakter der Fabrikplanung, in dem durch die Verstetigung und Explizierung von Wissen positive Effekte für zukünftige Projekte zu erwarten sind.

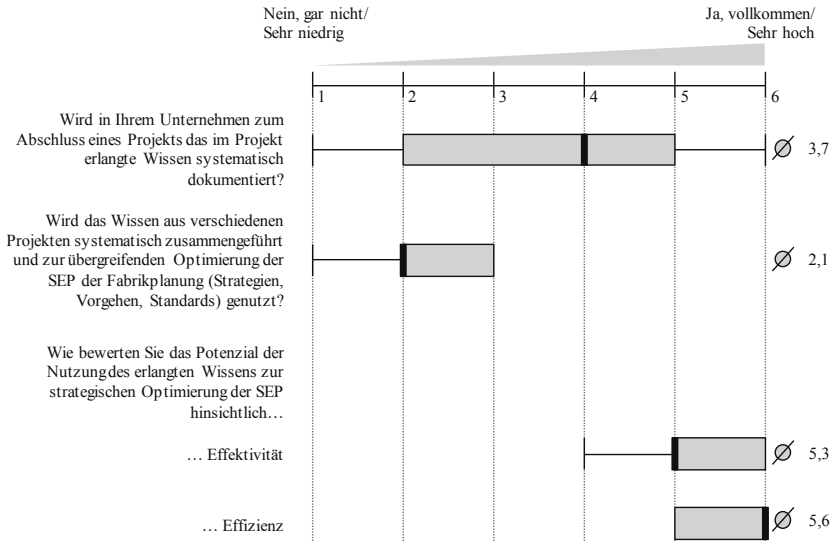


Abbildung 6-18: Verbreitung und Nutzung des Wissensmanagements in der Fabrikplanung

## 6.2 Kritische Reflexion

Im folgenden Kapitel soll das entwickelte Management-Modell kritisch reflektiert werden. Dabei werden zunächst die Ergebnisse der Befragung aus dem vorherigen Kapitel herangezogen, da die Anwendbarkeit in der Praxis eine zentrale Aufgabenstellung dieser Arbeit ist. Ferner wurden in den Kapiteln 2 und 3 ebenfalls Anforderungen aufgestellt, deren Erfüllung kritisch hinterfragt wird.

### Kritische Reflexion der Expertenbefragung

Insgesamt kann dem Management-Modell und seinen Bestandteilen eine hohe Praxistauglichkeit bescheinigt werden. Die Expertenbefragung zeigt, dass Teile des Management-Modells, wenn auch unbewusst, bereits Anwendung finden. Denjenigen Teilen, die bisher nicht angewendet werden, wird durchgängig ein hohes Potenzial bescheinigt, vor allem den Inhalten des normativen Leitwerks sowie dem Wissensmanagement, welches bisher nicht durchgängig gelebt wird. In der Befragung sind jedoch auch Einschränkungen der Anwendbarkeit aufgezeigt worden. So bewertete ein Mitarbeiter eines mittelständischen Unternehmens verschiedene Elemente des Modells als bedingt sinnvoll bzw. anwendbar für sein Unternehmen.<sup>778</sup> Dies liegt daran, dass eine kritische Masse an Werken nicht erreicht ist (z. B. Produktionsnetzwerkplanung) oder Planungsteams i. d. R. klein sind, am selben Standort sitzen, sich gut kennen und daher ohnehin regelmäßig austauschen.<sup>779</sup> Andere Elemente des Management-Modells, bspw. die Fabrikstandards, wurden jedoch auch von ihm als sehr sinnvoll bewertet. Ein anderes Unternehmen, ein Mischkonzern mit unterschiedlichen Produkten, stellte infrage, inwieweit sich ein Projektcontrolling standardisieren lasse. Sowohl die Werke und deren KPIs als auch Produkte und deren Qualitätskriterien seien zu unterschiedlich, als dass eine Standardisierung sinnvoll wäre. In der vertiefenden Diskussion in der Gruppe ließen sich jedoch projektfortschrittsbezogene Kennwerte identifizieren, die übergreifend Teil jedes Reportings sein sollten und projekt- bzw. produktspezifisch um weitere Kennwerte ergänzt werden. Zusammenfassend kann abgeleitet werden, dass das Management-Modell nicht als heiliger Gral zu verstehen ist, sondern unternehmensabhängig diejenigen Bausteine zu übernehmen sind, die den größten Nutzen versprechen und den initialen Aufwand der Einführung aufwiegen. Die Möglichkeiten hierzu sind jedoch durch den Aufbau des Management-Modells gegeben. Einzelne Schritte des in Kapitel 5.3 beschriebenen Prozessschemas können übersprungen bzw. angepasst werden, sollte es die Situation des anwendenden Unternehmens erfordern. Ebenso können einzelne Bausteine modular ausgewählt werden, die Eingang in das unternehmensspezifische Management-Modell finden sollen (bspw. in der Auswahl der SEP).

### Kritische Reflexionen der Einbettung der Erfolgsfaktoren einer modernen Fabrikplanung

Zu Beginn der Arbeit wurden aus der Literatur sowie aus den praktischen Beobachtungen des Autors sechs Erfolgsfaktoren für die Fabrikplanung definiert, die das Management-Modell in sich vereinen soll: Strategieorientierung, Wertorientierung, systematisches Vorgehen, Agilität, Humanzentrierung sowie Lern- und Entwicklungsfähigkeit. Das Management-Modell stellt die grundlegende Ausrichtung an der Unternehmensstrategie durch die Arbeit des normativen Leitwerks sowie FP-ST sicher. Die Vorgaben

---

<sup>778</sup> Ein zweiter Studienteilnehmer aus demselben Unternehmen bewertete das Potenzial der Elemente durchgängig mit „4“ oder mehr.

<sup>779</sup> Die Diskussion offenbarte, dass dies vor allem für die Konzeptplanung zutrifft. Werden die Planungen konkreter, bspw. in Richtung der Bauantragstellung, und müssen vermehrt externe Planer integriert werden, gewinnt das agile Projektmanagement auch hier an Bedeutung.

der übergeordneten Ebenen (bspw. Unternehmens- oder Geschäftsfeldebene) fließen bereits in die Definition der Vision durch das normative Leitwerk ein. Weiterhin prägen die Werte der Unternehmenskultur maßgeblich den Ethos des normativen Leitwerks und somit auch die Kultur der gesamten Fabrikplanung. Die strategischen Ziele, die die Arbeit der Fabrikplanung lenken, werden aus den übergeordneten Unternehmenszielen abgeleitet, um bestmöglich zu diesen beizutragen. Durch gezielte Definition einer Roadmap sowie die Ausleitung und Priorisierung von Projekten wird sichergestellt, dass das Produktionsnetzwerk und die Fabriken bestmöglich den Unternehmensaktivitäten am Markt dienen. Auch nach innen agiert die Fabrikplanung auf Basis des definierten Management-Modells strategisch. So werden Standards strategisch definiert, sowohl für die Fabrik als auch für das Planungsvorgehen und die Fähigkeiten der Mitarbeiter. Außerdem werden strategische Entscheidungen bzgl. der eigenen Planungstiefe getroffen, also der Planungsumfänge, die durch das Unternehmen selbst übernommen werden, da sie einen hohen Wert im Kontext der Fabrikplanung aufweisen. Diese Wertorientierung zieht sich durch die gesamte Fabrikplanung. Bereits auf der obersten Ebene wird definiert, was Wert im Unternehmens- und Fabrikplanungskontext bedeutet und kulturell verankert. In der Projektbearbeitung trägt jedes Team und jeder Mitarbeiter die Verantwortung, wertorientiert zu handeln und seine knappen Ressourcen auf die wesentlichen, wertstiftenden Aktivitäten zu fokussieren.

Ein Kernelement des Management-Modells stellt das kybernetische Regelungsmodell aus Kapitel 5.3 dar. Dieses Modell geht sogar über die ursprüngliche Forderung einer Vorgehenssystematik hinaus. Diese verlangte ein systematisches Planungsvorgehen für die Projekte. Diese Forderung ist vor allem in den kaskadierten Regelkreisen in der Projektbearbeitung aufgegangen. Zusätzlich implementiert das Management-Modell ein systematisches Vorgehen zur strategischen Initiierung der Projekte sowie der Wissenssicherung und Nutzbarmachung nach Projektabschluss. Eine zentrale Eigenschaft in diesem Zusammenhang ist Agilität. Die theoretische Nähe der gewählten Grundstruktur des Management-Modells, des VSM, zum agilen Management wurde bereits in Kapitel 3.1.6.2 dargestellt. Auf Projektebene wird die Agilität mithilfe des agilen Projektmanagements, den Sprints und Scrums in Verbindung mit dem Reifegradmanagement, operationalisiert. Aber auch auf strategischer Ebene sind agile Elemente verankert. Durch die interne und externe Beobachtung durch FP-ST werden kurzfristige und langfristige Anpassungen angestoßen, um dem System stets die notwendigen Fähigkeiten zur Komplexitätsbewältigung zu verleihen. Eine notwendige Ressource für die Komplexitätsbewältigung ist der Mensch, der als Planer explizite Berücksichtigung im Management-Modell findet. Einerseits werden anhand des Rollenmodells die notwendigen Fähigkeiten identifiziert, die die Mitarbeiter besitzen müssen. Andererseits werden notwendige Änderungen im Management-Modell nicht nur auf inhaltlicher Ebene diskutiert, sondern stets im Sinne eines Change-Prozesses auch die Auswirkungen auf die Mitarbeiter reflektiert, um Widerstände zu minimieren. Darüber hinaus stellt die kontinuierliche Abstimmung zwischen FP-ST und FP-MPM sicher, dass das System und vor allem dessen Mitarbeiter nicht überfordert werden. Inhaltliche Neuausrichtungen oder Erweiterungen können jedoch notwendig sein und sind vor allem im Kontext der Lern- und Entwicklungsfähigkeit zu betrachten. Diese wurde im Rahmen der Studie als ein zentrales Optimierungspotenzial in der Fabrikplanung identifiziert. Aus diesem Grund wurde ein umfassendes Wissens- und Entwicklungsmanagement im Management-Modell verankert. Auf operativer Ebene findet am Ende jedes Sprints ein Sprint-Review Meeting statt, in dem die Teams ihre Ergebnisse, aber auch ihr Vorgehen, reflektieren und sich kontinuierlich verbessern. Damit dieses Wissen jedoch auch für das Gesamtsystem Fabrikplanung nutzbar gemacht wird, sind am Ende jedes Projekts Prozesse zur Wissensaufbereitung und -verwertung für und durch FP-MPM und FP-ST installiert.

### **Kritische Reflexion der Anforderungen des systemischen Managements**

Im dritten Kapitel wurden aus dem systemischen Management sowie den ihm verwandten Disziplinen verschiedene Anforderungen hergeleitet, die an dieser Stelle noch einmal dargestellt werden, um deren Erfüllung in der Folge kritisch zu hinterfragen:

#### *Aus dem systemischen Management*

- Das Management-Modell muss die Funktionen des Gestaltens, Lenkens und Entwickelns vereinen.
- Normative, strategische und operative Aspekte müssen in das Management-Modell einfließen, um ganzheitlich alle Aufgaben des Managements abzudecken.

#### *Aus der Systemtheorie*

- Das Management-Modell muss über eine gewisse strukturelle Komplexität verfügen, im Sinne der funktionalen Komplexität jedoch eine situationsabhängige Erhöhung oder Reduzierung zulassen.

#### *Aus dem VSM*

- Das VSM definiert den grundlegenden strukturellen Aufbau des Management-Modells.
- Das Management-Modell muss die Prinzipien der Rekursion, relativen Autonomie sowie der Lebensfähigkeit in sich vereinen.
- Auf Basis des Rekursionsprinzips beschreibt das Management-Modell die Einbindung in den Gesamtunternehmenskontext.

#### *Aus der jüngeren kybernetischen Forschung*

- Rückkopplungsschleifen (negativ und positiv) sind elementarer Bestandteil des Management-Modells.
- Die Balance zwischen Gleichgewicht und Ungleichgewicht stellt die Lebens- sowie Entwicklungsfähigkeit des Systems sicher, am Rande des Chaos operiert das System optimal.
- Das Management-Modell muss den Teilsystemen Raum für selbstorganisiertes und selbstverantwortliches Handeln ermöglichen.
- Zweck des Management-Modells ist es nicht nur, Leistung zu erbringen, sondern sich im Sinne der Autopoiese ständig neu zu erschaffen.
- Das Management-Modell muss eine offene Interaktion mit der Umwelt ermöglichen, um beiderseits vorteilhafte Zustände herbeizuführen.
- Lernen ist elementarer Bestandteil des Management-Modells, Struktur und Verhalten der Zukunft orientieren sich an den Erfahrungen des Systems.

Die Anforderungen aus dem systemischen Management sind durch den Aufbau und die Prozesse innerhalb des Management-Modells gewährleistet. Gestaltet wird das Management-Modell vor allem zu Beginn durch die Aktivitäten des normativen Leitwerks sowie FP-ST. Diese übernehmen dabei normative sowie strategische Funktionen. Operativ gelenkt wird das System Fabrikplanung durch FP-MPM in den Phasen der Leistungserbringung. Die Entwicklung des Systems erfolgt durch die regelmäßige Rückkopplung der Erfahrungen in den Projekten in die Arbeit von FP-ST, welches diese Erkenntnisse mit seinen Beobachtungen der Umwelt abgleicht, sich mit dem normativen Leitwerk abstimmt und die notwendigen Schritte initiiert. Diese Anpassungen können einzelne Elemente, aber auch die gesamte

Struktur des Systems Fabrikplanung betreffen, um diese situationsabhängig an die Anforderungen anzupassen. Dies betrifft einerseits die übergeordneten Strukturen. Andererseits können aber auch kurzfristig die Strukturen angepasst werden, einerseits durch die Ausbildung eines neuen Projekts, also der Addition eines neuen Systems 1, oder auch durch Anpassungen innerhalb eines der Projekte, um auf unvorhergesehene Entwicklungen im Projektumfeld zu reagieren.

Die Fähigkeit, Strukturen adaptiv zu verändern, wird durch die Orientierung am Modell lebensfähiger Systeme ermöglicht. Dessen adaptierbare Struktur zieht sich durch alle Ebenen des Management-Modells, vom Gesamtsystem Fabrikplanung über die Projekte bis hin zu den Planungsteams. Jedes System ist mit den notwendigen Funktionen ausgestattet, um die Komplexität seiner Umwelt zu bewältigen. Innerhalb ihrer Umwelt agieren die Systeme, Projekte oder Projektteams, autonom, solange sie durch ihr Handeln die Lebensfähigkeit der Systeme der übergeordneten Rekursionsebene nicht gefährden. Ihr Handeln richten die Systeme an Rückkopplungsschleifen, negativ wie positiv, aus. Innerhalb der Sprints optimieren sie ihre Aktionen in Abstimmung der internen Entwicklungen sowie der Rückmeldungen der anderen Teams, um gemeinsam optimale Ergebnisse zu erzielen. Stellen sie auf Basis der Entwicklungen in der Umwelt jedoch fest, dass andere Herangehensweisen oder Werkzeuge benötigt werden, werden diese zukunftsorientiert ausgebildet und implementiert. Das Gesamtsystem und alle seine Teilsysteme lernen und entwickeln sich so kontinuierlich weiter mit dem Ziel der Ausbildung einer maximalen Kompetenz zur Komplexitätsbewältigung. Die Weiterentwicklung kann dabei innerhalb bestehender Kompetenzen oder durch den Aufbau völlig neuer Kompetenzen erfolgen. In welche Richtung sich das System entwickelt, wird permanent zwischen FP-MPM und FP-ST ausgehandelt. Gleichzeitig untersucht FP-ST, ob und in welcher Form die Fabrikplanung strategische Partnerschaften eingehen kann, um sowohl für sich als auch die Systeme seiner Umwelt Nutzenpotenziale zu schaffen.

### **Kritische Reflexion der Anforderungen der Modelltheorie**

Im Kapitel zur Modelltheorie wurden folgende Anforderungen an das Management-Modell definiert: empirische Richtigkeit, formale Richtigkeit, hohe Produktivität, gute Handhabbarkeit und geringer Aufwand. Das Kriterium der empirischen Richtigkeit ist nach Ansicht des Autors durch die Ergebnisse der Expertenbefragung erfüllt. Viele der Inhalte des Management-Modells finden in der Praxis bereits Anwendung. Den Inhalten, die bisher von den Experten nicht angewandt werden, wird ein hohes Potenzial zugemessen, ebenso wie dem Modell in Summe, wodurch auch das Kriterium der hohen Produktivität ebenfalls als erfüllt angesehen wird.<sup>780</sup> Ebenfalls ist das Management-Modell als widerspruchsfrei anzusehen. Die einzelnen Bausteine der Aachener Fabrikplanungsschule greifen wie Zahnräder ineinander und ermöglichen so eine neue Art der Fabrikplanung. Die Handhabbarkeit wurde innerhalb der Expertenbefragung geprüft. Nach einer ca. einstündigen Einführung hatten die Experten das Management-Modell in einer Tiefe durchdrungen, die es ihnen erlaubte, zielgerichtete Fragen zu stellen, die Inhalte an ihrem Fabrikplanungsalltag zu spiegeln und Anregungen für Verbesserungen zu erhalten. Die Anforderung des geringen Aufwandes ist zweigeteilt zu beurteilen. Der Aufwand für das Verständnis ist überschaubar, wie die Expertenbefragung nachgewiesen hat. Die Implementierung im Unternehmen ist jedoch mit einem nicht zu unterschätzenden Aufwand verbunden. Für den Anwender ergibt sich hieraus, dass er sich gemäß dem Return on Planning die Frage stellen muss, welche der Elemente, oder ob sogar das gesamte Management-Modell den Initial- und Pflegeaufwand wert sind. Erste Restriktionen wurden

---

<sup>780</sup> Da dieser Punkt der Expertenbefragung zwei Anforderungen adressiert, wird von der zuvor dargestellten Reihenfolge der Anforderungen abgewichen.

in der Expertenbefragung deutlich. Dennoch wurde dem Management-Modell durch die Experten durchgängig ein hohes Potenzial zur nachhaltigen Verbesserung der Effektivität und Effizienz in der Fabrikplanung attestiert, sodass auch diese Anforderung als erfüllt angesehen werden kann.





## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Fabrikplanung ist heute mehr als nur ein Projekt, sie beeinflusst in hohem Maße die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens und bestimmt maßgeblich dessen strategischen Handlungsspielraum. In der Praxis herrscht jedoch noch an vielen Stellen der konventionelle Projektgedanke vor, sodass vielfach Potenziale verschenkt werden, Fabriken zu realisieren, die den Anforderungen des Unternehmens heute und in der Zukunft entsprechen, und Prozesse zu definieren, die eine effiziente Projektabwicklung ermöglichen. Vor diesem Hintergrund wurde im ersten Kapitel die Forschungsfrage definiert, wie ein strategisches Management-Modell gestaltet werden kann, das die Effektivität und die Effizienz der Fabrikplanung erhöht. Im zweiten Kapitel wurde dazu der Forschungsgegenstand Fabrikplanung ausführlich untersucht. Aus der Analyse der bestehenden Literatur zur Fabrikplanung sowie den Beobachtungen des Autors wurden in der Folge die Herausforderungen und Erfolgsfaktoren einer modernen Fabrikplanung abgeleitet. Eine zentrale Erkenntnis in diesem Kontext war die hohe gegenseitige Abhängigkeit der Erfolgsfaktoren, die eine integrierte Betrachtung notwendig machen. Im dritten Kapitel wurde das systemische Management als Ansatz eingeführt, der ebendies ermöglicht. Es betrachtet nicht nur einzelne Elemente und wie diese optimiert werden können, sondern vielmehr die gegenseitigen, systemischen Abhängigkeiten, die eine integrierte Optimierung erfordern, um die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems zu verbessern. Im Kontext der das systemische Management unterfütternden Wissenschaften wurde u. a. das Viable System Model eingeführt. Das VSM, welches auch dem St. Galler Management-Modell und somit dem systemischen Management zugrunde liegt, wurde im vierten Kapitel herangezogen, ein ganzheitliches Management-Modell für die Fabrikplanung zu entwerfen. Wie im konventionellen Verständnis bilden die Projekte die operativen Einheiten der Fabrikplanung. Auf Basis des VSM wurde jedoch zudem ein Überbau, bestehend aus normativen, strategischen und operativen Elementen definiert, der das Gesamtsystem gestaltet, lenkt und entwickelt. Zudem wurde ein Vorgehen entwickelt, wie das Modell unternehmensspezifisch implementiert werden kann. Dieses Vorgehen wurde im fünften Kapitel genutzt, um ein idealtypisches Management-Modell für die Fabrikplanung auszugestalten. Hierbei wurden verschiedene Elemente der Aachener Fabrikplanungsschule, die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden, integriert. In einem kybernetischen Regelungsmodell wurde das in Kapitel 4 definierte Vorgehen zur Implementierung des Management-Modells detailliert und einzelne Schritte zur Gestaltung, Lenkung und Entwicklung der Fabrikplanung implementiert. Im sechsten Kapitel schließlich wurde das Modell auf seine Anwendbarkeit in der Praxis untersucht. In einer Studie in einem Expertenkreis wurde das Modell validiert und in der Folge vertiefend diskutiert mit dem Ergebnis, dass das Modell als solches hohes Potenzial bietet.

Ein Ergebnis der Studie war jedoch, dass das Modell in seiner idealtypischen Version, wie in dieser Arbeit vorgestellt, nicht für jedes Unternehmen ohne Weiteres sinnvoll anwendbar ist bzw. individuell ausgestaltet werden muss. So sind einige Lösungen für mittelständische Unternehmen nicht praktikabel, da sie Fragen auf Antworten geben, die erst ab einer kritischen Masse an Werken bzw. Projekten interessant werden, über die das klassische mittelständische Unternehmen nicht verfügt. Andere Teile des Modells erwiesen sich als nicht sinnvoll im Kontext eines Mischkonzerns, dessen Produkte eine Vereinheitlichung bestimmter Elemente nur bedingt zulassen. Die Herausforderung in der Praxis wird also kurzfristig darin bestehen, die Chancen, die das Management-Modell bietet, individuell zu prüfen und sich daraus ein optimales Management-Modell zu konfigurieren. Hieraus ergeben sich auch interessante

Fragestellungen für die fabrikplanerische Forschung. Findet das Management-Modell praktische Verbreitung, bietet sich die Chance, dessen Effekte in der Praxis zu beobachten und so empirische Daten zu sammeln. Dies ermöglicht bspw. clusterbasierte Analysen, welche Bestandteile des Modells unter welchen Umständen (z. B. Branche, Unternehmensgröße, Anzahl Werke/Projekte) praktikabel bzw. Erfolg versprechend sind, um hieraus normative Aussagen und Empfehlungen für einzelne Unternehmen oder Unternehmensgruppen abzuleiten.

## 8 Anhang

### 8.1 Ergänzende Informationen zum VSM

In der Folge werden die Lenkungsmodelle der einzelnen Systeme dargestellt. Diese beschreiben einerseits, wie die Systeme intern funktionieren, bilden andererseits aber auch systemübergreifende Schnittstellen ab.

#### **Lenkungsmodell des Systems 1**

Wie zuvor beschrieben, besteht ein System 1 generell aus zwei Einheiten, der Operation sowie der zugehörigen Management-Einheit. Untersucht man die Management-Einheit genauer, lässt sich diese nach BEER in zwei wesentliche Funktionen unterteilen<sup>781</sup>, das Direktorat sowie das Regelzentrum (vgl. Abbildung 8-1).<sup>782</sup> Das Direktorat übernimmt normative und strategische Aufgaben und kann somit den Systemen 4 und 5 gleichgesetzt werden, wohingegen das Regelzentrum dem System 3 entspricht.<sup>783</sup>

---

<sup>781</sup> Da hier die funktionalen Beziehungen im Vordergrund stehen, wird im Bild von der eigentlichen Darstellung der strukturellen Systeme abgewichen.

<sup>782</sup> Vgl. Beer, S. (1973) Kybernetische Führungslehre, S. 173. Eine Division steht hier stellvertretend für ein System 1.

<sup>783</sup> Vgl. Beer, S. (1973) Kybernetische Führungslehre, S. 173.



wendig. Auf dieser Basis wird im Regelzentrum ein Planungsmechanismus aktiviert (5). Innerhalb dieses werden im Regelzentrum aus einem „Repertoire von Plänen“<sup>786</sup> in Form von Verhaltensstandards, über die das Regelzentrum zur Adressierung vorhergesehener Situationen verfügt, die adäquaten Pläne ausgewählt und ggf. an die unmittelbare Situation anpasst. Diesen Schritt bezeichnet BEER als Programmierung bzw. Erstellung von Programmen, da es unmöglich ist, einen detaillierten Plan für jede mögliche Situation vorzuhalten.<sup>787</sup> Die Ergebnisse dieses Schrittes werden an das System 2 der übergeordneten Rekursionsebene gemeldet (5a), da diese Anpassungen für die Koordination mit weiteren Systemen 1 relevant sein können. Mittels der Outputsynapse (6) werden die Programme gesammelt und an einen Durchführungsmechanismus (7) übermittelt, der die Programme entschlüsselt und innerhalb der Operation Aktionen auslöst.

Damit Pläne und Entscheidungen im Sinne des Gesamtsystems entwickelt bzw. getroffen werden können, muss eine Verbindung des Direktorats zur übergeordneten Rekursionsebene bestehen. Über (A) empfängt das Direktorat Informationen von dieser. Diese Informationen fließen einerseits ein in den Auslösemechanismus (4), um in der Entscheidung bzgl. der Planverfolgung berücksichtigt werden können. Andererseits dienen diese Informationen, in Kombination mit den Ergebnissen des Auslösemechanismus, die von (4) an (A) rückgekoppelt werden, dazu, das langfristige Systemverhalten zu determinieren (C). Auf Basis der erhaltenen Informationen werden ein Initialplan und zugehörige Verhaltensstandards erarbeitet und im Zeitablauf kontinuierlich gepflegt. Die jeweils aktuellen Informationen werden an (B) übergeben. Von hier aus erfolgt eine Informationsweitergabe an (4), damit der aktuelle Status vom Auslösemechanismus berücksichtigt werden kann sowie eine aggregierte Weitergabe des Informationsbündels von (A), angereichert mit den Informationen aus (4), sowie des Initialplans sowie der Verhaltensstandards von (C) an die übergeordnete Rekursionsebene. Die Aktionen und zugehörigen Verbindungen sind in Tabelle 8-1 zusammengefasst.

---

<sup>786</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 123.

<sup>787</sup> Vgl. Beer, S. (1973) Kybernetische Führungslehre, S. 177.

Tabelle 8-1: Funktionsweise von System 1<sup>788</sup>

| Baustein                                                           | Funktion                                                                                                                       | Input                                                                                         | Output                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) Erfassungsmechanismus                                          | Systemische Erfassung und Kodierung der zu überwachenden Daten                                                                 | Rohdaten der relevanten Größen                                                                | Kodierte Daten                                                                                |
| (2) Inputsynapse                                                   | Sammlung zusammengehöriger Daten und verdichtete Stichprobenübermittlung                                                       | Kodierte Daten                                                                                | Datenstichproben                                                                              |
| (3) Überwachungsmechanismus                                        | Aggregation von Daten, Berechnung und Überwachung von Indizes                                                                  | Datenstichproben                                                                              | Abweichungsinformationen an (4) und (3a)                                                      |
| (4) Auslösemechanismus                                             | Analyse auf signifikante Abweichungen, Anordnung von Plananpassung oder Planbestätigung                                        | Standards (B), Abweichungsinformationen (3)                                                   | Anordnungen bzgl. Planänderung/-beibehaltung an (5), Informationen über Planänderungen an (A) |
| (5) Planungsmechanismus                                            | Auswahl von Routineplänen, Anpassung an spezifische Situation                                                                  | Anordnungen bzgl. Planänderung/-beibehaltung                                                  | Programme an (6) und (5a)                                                                     |
| (6) Outputsynapse                                                  | Sammlung und Übermittlung von Programmen                                                                                       | Programme (in kodifizierter Form)                                                             | Aggregierte Programme                                                                         |
| (7) Durchführungsmechanismus                                       | Auslösen der Programmaktionen                                                                                                  | Aggregierte Programme                                                                         | Aktionen                                                                                      |
| (A) Informationsaufnahme aus übergeordneter Ebene                  | Informationsintegration und -koordination als Entscheidungsvorbereitung von (C) und Überwachung von (4)                        | Informationen aus übergeordneter Ebene, Umwelt, von anderen Systemen und Abweichungen aus (4) | Informationen an B und C                                                                      |
| (B) Informationsübermittlung an übergeordnete Ebene                | Mitwirkung an der Informationsintegration und -koordination sowie Weiterleitung des Divisionsplans und der Verhaltensstandards | Entscheidungen über Systempolitik (C), Informationen von (A)                                  | Informationen über Standards an (4), Informationen an übergeordnete Ebene                     |
| (C) Normative Divisionsplanung                                     | Entscheidungen zu Initialplänen und Verhaltensstandards                                                                        | Informationen von (A), (B), (4)                                                               | Initialplan und Verhaltensstandards                                                           |
| (3a) Verbindung zu anderen Systemen gleicher Ebene                 | Übermittlung von Abweichungen                                                                                                  | Abweichungsinformationen                                                                      | Aggregierte und adressierte Abweichungsinformationen                                          |
| (5a) Verbindung zum übergeordneten System 2 (Koordinationszentrum) | Übermittlung der ausgewählten Pläne und Programme an System 2                                                                  | Pläne und Programme des Systems                                                               | Pläne und Programme                                                                           |

<sup>788</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 126 f.

## Lenkungsmodell des Systems 2

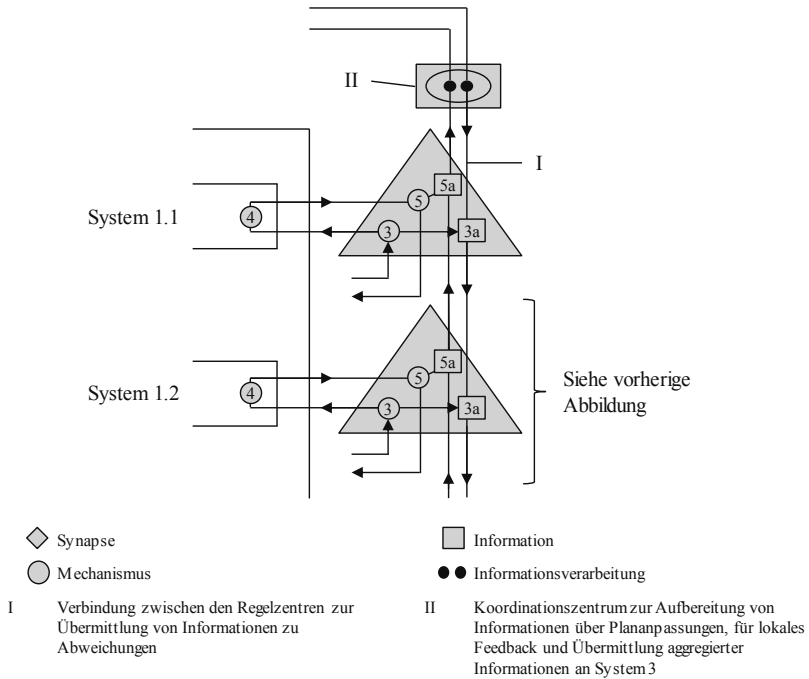


Abbildung 8-2: Lenkungsmodell des Systems 2<sup>789</sup>

Die System 2-Funktion (vgl. Abbildung 8-2) wird im Wesentlichen durch zwei Kanäle gewährleistet: die Verbindung zu den Regelzentren (I) der einzelnen Systeme 1 sowie eine Verbindung in das Koordinationszentrum (II). Über Verbindung (I) verbindet System 2 die Regelzentren der einzelnen Systeme 1 miteinander, sodass diese kurzfristige Aktionen aufeinander abstimmen können.<sup>790</sup> Die Informationen hierzu werden durch die einzelnen Systeme 1 (Knoten 3a und 5a in Abbildung 8-2) in den Informationskreislauf gegeben. Gleichzeitig bildet System 2 die Schnittstelle der Systeme 1 zu System 3 (II). Über den Knoten 5a gelangen die emittierten Informationen in das Koordinationszentrum, in dem die Informationen der kurzfristigen Plananpassungen mit den Erwartungen hinsichtlich Synergie zwischen den Systemen 1 abgeglichen werden.<sup>791</sup> Bei Abweichungen werden ggf. Hinweise an das jeweilige System ausgelöst. Gleichzeitig fungiert das Koordinationszentrum als Filter für System 3. Die Informationen werden gesammelt, aggregiert und an System 3 weitergeleitet, damit dieses eine Gesamtübersicht über die kurz- und langfristigen Pläne und Aktionen der Systeme 1 erhält und ggf. auf dieser Basis eingreifen kann. Die Elemente und ihre Bedeutung sind in Tabelle 8-2 zusammengefasst.

<sup>789</sup> I. A. a. Beer, S. (1973) Kybernetische Führungslehre, S. 179.

<sup>790</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 129.

<sup>791</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 131.



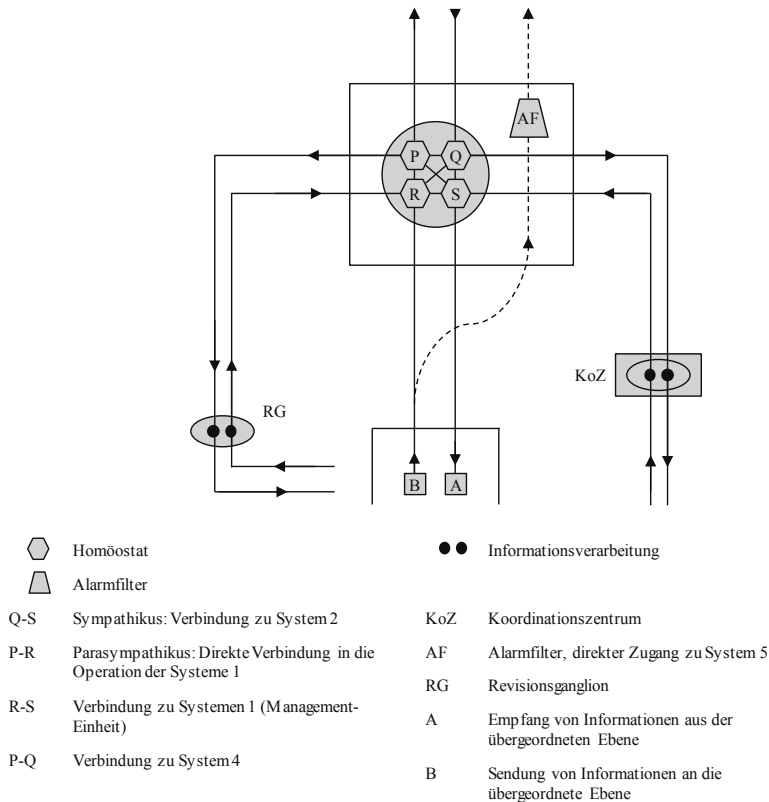
Tabelle 8-2: Funktionsweise von System 2<sup>792</sup>

| Baustein                                 | Funktion                                                                                                                        | Input                                                | Output                                                                      |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| (I) Verbindung zwischen den Regelzentren | Koordination der kurzfristigen Aktionen der Systeme 1                                                                           | Aggregierte und adressierte Abweichungsinformationen | Aggregierte und adressierte Abweichungsinformationen                        |
| (II) Koordinationszentrum                | Abgleich der kurzfristigen Pläne mit den Synergieerwartungen von System 3, ggf. lokale Anpassungen und Information von System 3 | Pläne und Programme der Systeme                      | Adressierte Korrekturen an Systeme 1, Aggregierte Informationen an System 3 |

---

<sup>792</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 131

## Lenkungsmodell des Systems 3

Abbildung 8-3: Lenkungsmodell des Systems 3<sup>793</sup>

System 3 ist das Bindeglied zwischen den Systemen 1 sowie der Gesamtführung (Systeme 4 und 5) und trägt die Verantwortung der Aufrechterhaltung der internen Stabilität. Dazu findet innerhalb von System 3 ein komplizierter Informationsverarbeitungsprozess statt, der Informationen von System 4, System 2 sowie der Systeme 1 umfasst und über eine Verknüpfung von vier Homöostaten beschrieben werden kann (vgl. Abbildung 8-3).<sup>794</sup> Ein Homöostat besitzt die Eigenschaft, die Stabilität eines Systems auch bei wechselnden Umweltbedingungen aufrechtzuerhalten und geht auf ASHBY zurück.<sup>795</sup> Im Kontext sozialer Systeme bewerten MATURANA UND VARELA den Begriff Homöostat jedoch als irreführend, da er impliziert, es würde ein finaler, gleichgewichtiger Zustand existieren. Sie sowie weitere Autoren sprechen sich vielmehr für den Begriff der Homöodynamik aus, der eine Weiterentwicklung des Systems mit seiner Umwelt umfasst und stellen diesen in engen Zusammenhang mit der Autopoiese

<sup>793</sup> I.A. a. Beer, S. (1973) Kybernetische Führungslehre, S. 185.

<sup>794</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 133.

<sup>795</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1960) Design for a Brain, S. 100 ff.

(vgl. Kapitel 3.1.5.3).<sup>796</sup> Dieses Verständnis liegt den folgenden Ausführungen zugrunde, um jedoch in der Sprache des VSM zu bleiben, wird weiterhin der Begriff des Homöostaten verwendet.

Das Konzept der gekoppelten Homöostaten ermöglicht es System 3, die Stabilität auch bei unvorhergesehenen Entwicklungen aufrecht zu erhalten. MALIK beschreibt die Kopplung der Homöostaten als eine Input-Output-Matrix, in die Informationen einfließen, verarbeitet und letztlich in Maßnahmen übersetzt werden.<sup>797</sup> Der Homöostat Q-S (vgl. Abbildung 8-3) bildet die Verknüpfung zu System 2, von dem er aufbereitete Informationen über die Pläne und Programme der einzelnen Systeme 1 erhält. Über (S) werden die Informationen, die System 2 kreiert, aufgenommen, wobei besonderer Fokus auf die Abweichungen zum Gesamtplan gelegt wird. (S) ist gleichzeitig über die zentrale Befehlsachse mit den Systemen 1 verbunden, sodass über (S) Anweisungen an die Systeme 1 übermittelt werden. Reichen die Informationen, die (S) von System 2 erhält, nicht aus, werden über (Q) weitere Informationen angefragt, bspw. in Form weiterer Kennzahlen. Gleichzeitig übermittelt (Q) System 2 die Vorgaben, bspw. Synergievorstellungen, die es benötigt, um die Bewertung des aktuellen Status der Systeme 1 vornehmen zu können.

Der eben beschriebene Mechanismus weist den Nachteil auf, dass über ihn nur standardisierte Informationen zu zuvor definierten Themen und Zeitpunkten fließen.<sup>798</sup> Aber auch Informationen über spontane Entwicklungen müssen ausgetauscht werden. Diese Aufgabe übernimmt der Homöostat P-R. Die Kommunikation in Richtung der Systeme 1 wird von (P) übernommen, (R) empfängt und verarbeitet die Informationen. Standardisierte Informationen können so mit Hintergründen angereichert werden, die dann ebenfalls in die Entscheidungsprozesse von System 3 einfließen. Der Homöostat R-S beschreibt die direkte Interaktion zwischen System 3 und den Systemen 1. Mittels (S) werden den Systemen 1 übergeordnete Ziele und Pläne mitgeteilt, woraufhin die Systeme 1 mittels (R) rückmelden, wie sie diese Pläne umsetzen wollen.<sup>799</sup> Existieren hierbei Diskrepanzen, stellt sich ein Aushandlungsprozess zwischen beiden Systemen ein, an dessen Ende eine einvernehmliche Lösung stehen sollte.<sup>800</sup> Im Homöostaten P-Q findet letztlich der Abgleich der internen sowie externen Stabilität statt. Über (Q) empfängt System 3 Informationen bzgl. der externen Stabilität, z. B. strategische Entwicklungsrichtungen, welche so in die Input-Output-Matrix gelangen. Über (P) ist System 3 in der Lage, System 4 Feedback bzgl. der geplanten Entwicklung, basierend auf dem internen Zustand des Gesamtsystems, zu übermitteln und diese so ggf. zu beeinflussen.<sup>801</sup> Zusätzlich verfügt System 3 über einen Alarmfilter (AF). Dieser ermöglicht es System 3, einzelne Informationen an System 4 und 5 weiterzugeben, sofern diese für die Entscheidungsfindung auf diesen Ebenen relevant sind.<sup>802</sup> Die Elemente und Funktionsweise von System 3 und ihre Bedeutung sind in Tabelle 8-3 zusammengefasst.

---

<sup>796</sup> Vgl. Maturana H. R. et al. (1980) Autopoiesis and Cognition, S. 78 f.; Scobel, G. (2012) Warum wir philosophieren müssen; Barberi (2017) Medienpädagogik, S. 190 f.

<sup>797</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 132.

<sup>798</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 135.

<sup>799</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 136 f.

<sup>800</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 136 f.

<sup>801</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 137.

<sup>802</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 138.

Tabelle 8-3: Funktionsweise von System 3<sup>803</sup>

| Baustein                                      | Funktion                                                                                                                                                                                            | Input                                                                                    | Output                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Q-S: Sympathikus                              | Aufnahme von Abweichungen von den System 2 übergebenen Synergieerwartungen, Bewertung hinsichtlich Effekt auf die Systemstabilität, ggf. Einleiten von Gegenmaßnahmen                               | Aggregierte Informationen von System 2<br>Informationen von P-R<br>Informationen von R-S | Anweisungen bei der Änderungen der Synergievorstellungen<br>Informationen an P-R, Änderungsanweisungen der kurzfristigen Pläne der Systeme 1 |
| P-R: Parasympathikus                          | Direkter Zugang des Systems 3 in die Operationen der Systeme 1 zur Aufnahme ungefilterter Informationen (z. B. Überlastung) und direkter Korrekturmaßnahmen                                         | Informationen direkt aus den Operationen<br>Input von Q-S<br>Informationen von R-S       | Stabilisierungsmaßnahmen (neben den über Q-S und R-S initiierten)                                                                            |
| R-S: Verbindung zwischen den Systemen 1 und 3 | Prüfung und Sicherstellen der Verträglichkeit der normativen Pläne der Systeme 1 auf Stimmigkeit untereinander und mit dem Gesamtplan des Systems/ der Systempolitik                                | Normative Pläne der Systeme 1<br>Gesamtssystemplan<br>Informationen von P-Q              | Korrekturanweisungen an die Systeme 1<br>Änderungsvorschläge bzgl. des Gesamtplans bzw. der Systempolitik an P-Q                             |
| P-Q: Verbindung zwischen System 3 und 4       | Aufnahme und Verarbeitung von Informationen zur Systempolitik und externen Entwicklung vor dem Hintergrund der Erhaltung der internen Stabilität                                                    | Informationen über Systempolitik und externe Entwicklungen<br>Informationen von R-S      | Informationen bzgl. der internen Stabilität<br>Änderungsvorschläge der Systempolitik an System 4<br>Bezugsrahmen für interne Stabilität      |
| ✕: Homöostase von System 3                    | Optimierung der innergerichteten Systemleistung unter den bekannten Rahmenbedingungen und eines Bezugsrahmens bzgl. externer Stabilität, Plänen der Systeme 1, Synergien, Überlastungserscheinungen | S. oben                                                                                  | S. oben                                                                                                                                      |
| Alarmfilter                                   | Direkte Übermittlung relevanter Informationen an System 4 und 5                                                                                                                                     | Vorbewertete Informationen aus den Systemen 1                                            | Bewertete Informationen aus den Systemen 1                                                                                                   |

#### Lenkungsmodell des Systems 4

System 4 übernimmt die Aufgabe, die zukünftige Lebensfähigkeit sicherzustellen, ihm obliegt somit im weitesten Sinne die langfristige Planung des Systems.<sup>804</sup> Um diese Aufgabe zu erfüllen, muss System 4 Informationen aufnehmen und verarbeiten, in Pläne übersetzen und diese in Maßnahmen bzw. Lösungen überführen. Hierzu benötigt System 4 Informationen über die externe Systemumwelt, aber auch über den internen Systemzustand. Der Aufbau von System 4 folgt der eben beschriebenen Aufgabe und setzt sich aus vier wesentlichen Elementen zusammen:

<sup>803</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 139 f.

<sup>804</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 140.

- Externe sensorische Einheit (ESE).
- Interne sensorische Einheit (ISE).
- Externe motorische Einheit (EME).
- Interne motorische Einheit (IME).

Die sensorischen Einheiten dienen vor allem der Informationsaufnahme, die motorischen Einheiten übersetzen die Pläne, die in einem komplexen Interaktionsprozess aller vier Einheiten erarbeitet werden, in konkrete Maßnahmen und übermitteln sie an den jeweiligen Empfänger.<sup>805</sup> Das Zusammenspiel der Einheiten des Systems 4 ist in Abbildung 8-4 dargestellt.

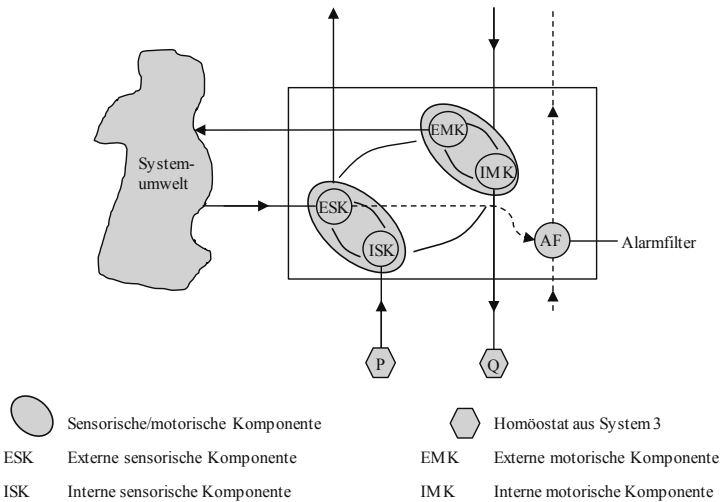


Abbildung 8-4: Lenkungsmodell des Systems 4<sup>806</sup>

Die *externe sensorische Komponente (ESK)* übernimmt die Aufgabe der Informationsgewinnung aus der Systemumwelt. Entscheidend ist dabei zu definieren, welche Information in welcher Form bzw. mittels welchen Sensors erhoben werden, damit das System effizient arbeiten kann.<sup>807</sup> In der Folge müssen die Informationen transformiert und so für die nachfolgende Planung nutzbar gemacht werden. Die *interne sensorische Komponente (ISK)* arbeitet ähnlich wie die ESE, fokussiert dabei aber das System selbst bzw. dessen momentanen Zustand. Im Fokus der Analyse steht die Frage der Stabilität. Die notwendigen Informationen erhält die ISE von System 3, welches System 4 über die interne Stabilität/Instabilität des Systems berichtet. Befindet sich das System momentan in einem stabilen Zustand, ergibt sich kein Handlungsbedarf basierend auf der internen Analyse, andernfalls müssen System 3 und System 4 gemeinsam aktiv werden.<sup>808</sup> Die *externe motorische Komponente (EMK)* definiert Verhaltensanweisungen, welche die externen Handlungen des Systems betreffen. Dies kann einerseits eine Anpas-

<sup>805</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 142.

<sup>806</sup> I. A. a. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 143.

<sup>807</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 144.

<sup>808</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 145.

sung der momentanen Analysen der ESE betreffen, andererseits aber auch konkrete Handlungen bedeuten.<sup>809</sup> Die *interne motorische Komponente (IMK)* definiert die intern gerichteten Handlungen, die sich aus der zukunftsorientierten Planung des Systems ergeben. Hierbei kann es sich bspw. um Anpassungen der eigenen Aktionen handeln, sodass System 3 laufende Aktivitäten entsprechend lenken kann. Zwischen der sensorischen Aufnahme von Informationen und der Übersetzung in motorische Handlungen erfolgt ein komplexer Prozess der Informationsverarbeitung, der letztlich in der Entwicklung eines Plans mündet. BEER beschreibt diesen Prozess als selbstorganisierenden Prozess zwischen vier Homöostaten, der nicht analytisch erfasst werden kann.<sup>810</sup> Die Herausforderung in diesem Prozess besteht darin, die Auswirkungen einzelner Änderungen auf das Gesamtsystem vorherzusagen.<sup>811</sup> Ebenso wie System 3 verfügt auch System 4 über einen Alarmfilter. Durch diesen werden die Informationen des Alarmfilters aus System 3 aufgenommen, ggf. mit der externen Sicht des Systems 4 angereichert und dann an System 5 weitergereicht. Die Elemente und Funktionsweise von System 3 und ihre Bedeutung sind in Tabelle 8-4 zusammengefasst.

Tabelle 8-4: Funktionsweise von System 4<sup>812</sup>

| Baustein                       | Funktion                                                                                                                         | Input                                                                             | Output                                                                          |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Externe sensorische Komponente | Aufnahme, Verarbeitung und Weiterleitung externer Umweltinformationen                                                            | Informationen aus der Systemumwelt, Informationen der motorischen Ereignisse      | Zustandsbeschreibung der Umweltsituation                                        |
| Interne sensorische Komponente | Aufnahme, Verarbeitung und Weiterleitung interner Informationen über die Systemstabilität                                        | Informationen über die Systemstabilität, Informationen der motorischen Ereignisse | Zustandsbeschreibung der systeminternen Situation                               |
| Externe motorische Komponente  | Verhaltensanweisung zur Gewinnung externer Informationen und zur Vornahme von Operationen in/ an der Umwelt                      | Entscheidungen von System 5, Informationen aus den sensorischen Komponenten       | Verhaltensanweisungen                                                           |
| Interne motorische Komponente  | Verhaltensanweisung zur Herstellung der internen Stabilität, Erstellung und Übermittlung eines Bezugsrahmens                     | Entscheidungen von System 5, Informationen aus den sensorischen Komponenten       | Verhaltensanweisungen, Systempolitik, Informationen über die externe Stabilität |
| System 4 Homöostase            | Durchgängiger Prozess gegenseitiger Anpassungen an geänderte Rahmenbedingungen mit dem Ziel der internen und externen Stabilität | S. oben                                                                           | S. oben                                                                         |
| Alarmfilter                    | Zustimmung zu relevanten Informationen und Übermittlung an System 5                                                              | Umweltinformationen Informationen des Alarmfilters von System 3                   | Bewertete, angereicherte Informationen                                          |

<sup>809</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 145.

<sup>810</sup> Vgl. Beer, S. (1995) Brain of the firm, S. 185 ff.

<sup>811</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 147.

<sup>812</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 148 f.

### Lenkungsmodell des Systems 5

Aufgabe von System 5 ist es, übergeordnete Ziele sowie „ein Leitbild und eine Unternehmensphilosophie, die von den unteren Lenkungebenen in Vorgehensweisen übersetzt werden können“<sup>813</sup>, zu entwickeln, im Folgenden als Systempolitik bezeichnet. Im Gegensatz zu System 3 und System 4, welche jeweils die Innen- bzw. Außenperspektive fokussieren, nimmt System 5 eine ganzheitliche Perspektive ein. Um optimale Entscheidungen im Sinne des Gesamtsystems zu treffen, erhält es Informationen über den internen Status und die externe Position des Systems, wägt diese ab und entwickelt auf dieser Basis Richtlinien, die das Handeln von System 3 und System 4 lenken. Dieser Prozess findet in der Interaktion zweier Komponenten Ausdruck. Ähnlich wie für System 4 handelt sich hierbei um eine sensorische sowie eine motorische Komponente (vgl. Abbildung 8-5).<sup>814</sup>

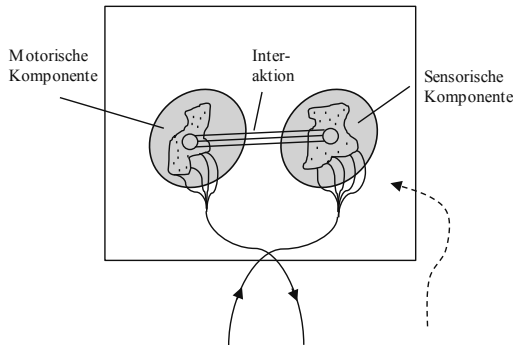


Abbildung 8-5: Lenkungsmodell des Systems 5<sup>815</sup>

Die sensorische Komponente dient der Informationsaufnahme. Um die Arbeit mit der Vielzahl an Informationen, die in das System 5 gelangen, handhabbar zu machen, werden die Informationen anhand eines zuvor definierten Vorzugszustandes des Systems bewertet. Dieser Vorzugszustand beschreibt, „wie der (interne und externe) Output [...] aussehen sollte“<sup>816</sup>. Entsprechen die Informationen über den Zustand des Systems nicht dem Vorzugszustand, werden über die motorische Komponente Handlungsanweisungen ausgelöst, um das System in den Vorzugszustand zu überführen. Eine Diskrepanz zwischen Ist- und Vorzugszustand kann jedoch auch dazu führen, dass System 5 eine Anpassung des Vorzugszustandes vornehmen muss, um die Lebensfähigkeit des Systems zu erhalten, da eine Überführung in den ursprünglichen Vorzugszustand unmöglich bzw. nicht mehr zielführend ist.<sup>817</sup> Die Entscheidungen von System 5 werden, ähnlich wie für System 4, in einem komplexen Prozess zwischen sensorischer und motorischer Komponente getroffen.

<sup>813</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 149.

<sup>814</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 150.

<sup>815</sup> I. A. a. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 151.

<sup>816</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 152.

<sup>817</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 152.

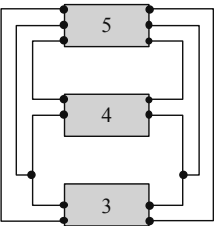


Abbildung 8-6: Integration der Systeme 3, 4 und 5<sup>818</sup>

Neben dieser eigentlichen Aufgabe obliegt System 5 zudem die Überwachung des Systems 3, des Systems 4 sowie der Interaktion der beiden Systeme (vgl. Abbildung 8-6). Dies liegt in der mangelnden Fähigkeit zur Selbstüberwachung der Systeme 3 und 4 begründet. Beide optimieren jeweils nur einen Teilaspekt des Systems. Eine rein interne Optimierung des Systems 3 birgt die Gefahr, dass das System sich in seiner momentanen Umgebung optimiert, dadurch aber möglicherweise zukünftige Anforderungen ignoriert werden und das System so für die Zukunft schlecht aufgestellt ist. Eine reine Orientierung an der externen Umwelt kann dazu führen, dass die interne Organisation dem raschen Wandel nicht gewachsen ist und das System versagt. System 5 hingegen nimmt eine ganzheitliche Perspektive ein, wägt interne und externe Aspekte gegeneinander ab und kann über die zentrale Befehlsachse auf die Systeme 3 und 4 einwirken, um die Lebensfähigkeit des Gesamtsystems sicherzustellen.<sup>819</sup> Dies ist allerdings nur dann notwendig, wenn die beiden Systeme sich nicht einigen können und eine Grundsatzentscheidung notwendig ist. Über die zentrale Befehlsachse kann System 5 sowohl auf System 4 als auch auf System 3 einwirken. Die Funktionsweise von System 5 ist in Tabelle 8-5 dargestellt.

Tabelle 8-5: Funktionsweise von System 5<sup>820</sup>

| Baustein                                                | Funktion                                                                                           | Input                                                                                                      | Output                                 |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Sensorische Komponente                                  | Bewertung und Auswahl von Vorzugszuständen für die Systempolitik als Grundlage der Lebensfähigkeit | Informationen über sensorische Ereignisse, Informationen über Alarmfilter, Veto der motorischen Komponente | Vorzugszustand als Systempolitik       |
| Motorische Komponente                                   | Bestimmung motorischer Vorzugszustände und Ableitung von Vorgaben für die untergeordneten Systeme  | Informationen und Veto der sensorischen Komponente                                                         | Instruktionen zu Verhaltensgrundsätzen |
| Interaktion der sensorischen und motorischen Komponente | Entwurf der Systempolitik, Abstimmung sensorischer und motorischer Vorzugszustände                 | Informationen der sensorischen und motorischen Komponente                                                  | Systempolitik                          |

<sup>818</sup> I. A. a. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 154.

<sup>819</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 154.

<sup>820</sup> Vgl. Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme, S. 155 f.



## 8.2 Emotionale Dimension der normativen Ebene

Neben der inhaltlichen Komponente der Initiierungsphase kommt der emotionalen Komponente eine wesentliche Bedeutung zu, die bereits zu einem frühen Zeitpunkt berücksichtigt werden muss.<sup>821</sup> Wie bereits zuvor beschrieben, steht der Mensch im Zentrum einer erfolgreichen Fabrikplanung und stellt daher ein wichtiges Element dar, dessen Bedürfnisse im (Um-)Gestaltungsprozess berücksichtigt werden müssen. Dies liegt in psychologischen Effekten begründet, die ein Wandel im Menschen auslöst. Wandel bedeutet Veränderung, die von den meisten Menschen zunächst als Verlust an Sicherheit und Stabilität wahrgenommen wird.<sup>822</sup> Aus diesem Grund wird Wandel meist als Bedrohung wahrgenommen.<sup>823</sup> Durch entsprechende Maßnahmen kann dem jedoch vorgebeugt und Widerstände können aufgelöst werden. Dazu ist es wichtig zu identifizieren, welche Art von Widerstand bei dem jeweiligen Mitarbeiter vorherrscht. VAHS unterscheidet drei wesentliche Arten von Widerständen:<sup>824</sup>

- *Rationale* Widerstände basieren auf sachlogischen Gründen gegen den Wandel. Sie können durch logische Gründe für den Erfolg bzw. die Notwendigkeit des Wandels eliminiert werden.
- *Politische* Widerstände resultieren aus dem Gefühl des Machtverlusts betroffener Personen, das nur selten offen gezeigt wird. Antizipation, eine offene Kommunikation und die gemeinsame Suche nach Lösungen stellen für diesen Fall geeignete Hilfsmittel dar.
- *Emotionale* Widerstände haben keine sachlogische Begründung, sondern sind häufig Ausdruck der Angst vor Neuem bzw. Unbekanntem. Vertrauensvolle Gespräche können helfen, diese Widerstände zu überwinden. Zudem können erfolgreiche Pilotprojekte dabei unterstützen, die Angst zu verringern.

Um die Natur der Widerstände analysieren zu können, müssen Widerstände jedoch zunächst identifiziert und als solche wahrgenommen werden. Da Widerstände häufig nicht explizit geäußert werden, beschreibt VAHS u. a. folgende Symptome als Anzeichen verdeckter Widerstände: Lustlosigkeit, angespannte und aggressive Stimmung, zeitraubende Diskussionsrunden, sinkende Leistung.<sup>825</sup> Ist die Identifikation erfolgt, kann an einer Lösung gearbeitet werden.

Im Folgenden wird mit der Stakeholder-Analyse ein Vorgehen beschrieben, welches es ermöglicht, den Wandel systematisch und proaktiv auf emotionaler Ebene zu gestalten.<sup>826</sup> Zunächst sind mögliche Stakeholder des Wandels zu identifizieren. Diese können innerhalb oder auch außerhalb der Fabrikplanung lokalisiert sein, bspw. wenn durch den Wandel Kompetenzen anderer Abteilungen auf die Fabrikplanung übergehen. Stakeholder sind dabei nicht zwangsläufig einzelne Personen, sondern können auch Gruppen oder Organisationen repräsentieren. Durch diesen ersten Schritt wird ein umfassendes Bild derjenigen erzeugt, die von der geplanten Veränderung betroffen sind. Im nächsten Schritt sind die Ziele und Interessen dieser Stakeholder zu identifizieren. Auf dieser Basis muss im nächsten Schritt das erwartete Verhalten der Stakeholder im Rahmen des Veränderungsprozesses prognostiziert werden. Im Anschluss an die Analyse werden die Maßnahmen geplant, um negative Auswirkungen dieses Handelns

---

<sup>821</sup> Vgl. Vahs, D. (2007) Organisation, S. 328 f.

<sup>822</sup> Vgl. Orem, S. et al. (2007) Appreciative coaching, S. 53; Vahs, D. (2007) Organisation, S. 328.

<sup>823</sup> Vgl. Wash, M. (March 2010) Managing Change at Work, S. 26.

<sup>824</sup> Vgl. Vahs, D. (2007) Organisation, S. 336.

<sup>825</sup> Vgl. Vahs, D. (2007) Organisation, S. 337.

<sup>826</sup> Vgl. Pfetzing, K. et al. (2009) Ganzheitliches Projektmanagement, S. 207.

zu minimieren bzw. positive Auswirkungen zu fördern. Für die Auswahl der Maßnahmen kann es zudem sinnvoll sein, die Einflussmöglichkeiten der Stakeholder zu beleuchten. Hat jemand bspw. hohen Einfluss, muss dieser Stakeholder anders eingebunden werden als jemand mit einer ähnlichen Haltung, aber einer geringeren Einflussmöglichkeit. Die letztendlichen Maßnahmen sind individuell vor dem Hintergrund der zuvor genannten Faktoren zu definieren.

### 8.3 Ergänzende Informationen zur wertorientierten Fabrikplanung

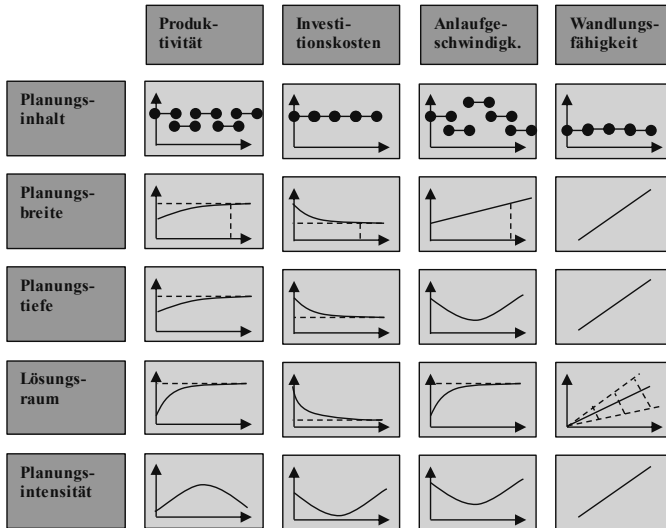


Abbildung 8-7: Übersicht funktionaler Wirkbeziehungen<sup>827</sup>

Ergänzend zu den Informationen in Kapitel 5.2.1 der Arbeit untersucht BURGGRAF die Zusammenhänge zwischen den Elementen der Kosten- und Nutzenfunktionen und stellt diese in qualitativer Form dar (vgl. Abbildung 8-7).<sup>828</sup> Hervorzuheben ist dabei der Zusammenhang von Planungsinhalt, also den Planungsmodulen, und den Nutzenpotenzialen der Fabrikplanung, da dieser im weiteren Verlauf dieser Arbeit benötigt bzw. vertieft wird. In diesem Zusammenhang analysiert BURGGRAF die Stärke des Einflusses einzelner Planungsaufgaben und -module auf die Nutzenpotenziale.<sup>829</sup> Zusätzlich entwickelt er einen regelkreisbasierten Ansatz, der es dem Planer ermöglicht, auf Basis des absoluten sowie relativen Planungsnutzens festzustellen, ob weiterer Aufwand für bestimmte Planungsaktivitäten gerechtfertigt ist.<sup>830</sup> Der Planer wird so in die Lage versetzt, Wertentstehung zu erkennen, zu verstehen und aktiv dazu beizutragen, mittels Fabrikplanung Wert zu generieren.

<sup>827</sup> I. A. a. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 188.

<sup>828</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 188.

<sup>829</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 178 ff.

<sup>830</sup> Vgl. Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung, S. 189.

## 8.4 Ergänzende Informationen zur strategischen Auslegung von Produktionsnetzwerken

Der Prozess der strategischen Auslegung des Produktionsnetzwerks beginnt mit der Analyse der Unternehmensziele, hierbei kann auf die Ergebnisse aus Kapitel 5.1 zurückgegriffen werden. STOFFEL misst dabei der derzeitigen sowie zukünftigen Struktur des Marktes entscheidende Bedeutung zu, vor allem bzgl. Marktgröße und Anteil des Unternehmens. Weiterhin fokussiert er besondere Anforderungen, bspw. lokaler Märkte, die es als Randbedingungen zu berücksichtigen gilt.<sup>831</sup> Unterstützt wird dieser Prozess darüber hinaus durch das 5-Forces Modell nach PORTER, welches neben dem Markt auch die Domänen Konkurrenz, Lieferanten, Wettbewerber und Ersatzprodukte für die Strategiedefinition in den Fokus rückt.<sup>832</sup> Zusätzlich schlägt STOFFEL eine erste Analyse der Leistung der bestehenden Werke anhand von Key Performance Indicators (KPIs) vor.<sup>833</sup> Weiterhin werden die Werke bereits in einem frühen Stadium bzgl. des Schnitts der Wertschöpfung in den Kategorien Mengen-, Arten- und Prozess-teilung beschrieben, um später einzuführende Standortsteckbriefe vorzubereiten. Ebenso ist die umsatzbezogene Bedeutung der Standorte mittels einer ABC-Analyse zu ermitteln.<sup>834</sup> Auf dieser Basis werden im nächsten Schritt produktionsrelevante strategische Erfolgspositionen ermittelt, die es dem Unternehmen ermöglichen, sich erfolgreich am Markt zu positionieren und sich im Wettbewerb zu behaupten. Hierbei kann es sich um eine überlegene Qualität, günstigere Herstellungskosten oder kürzere Lieferzeiten zum Kunden handeln. Diese SEP<sup>835</sup> sind im nächsten Schritt in ein detailliertes Zielsystem zu überführen. Wie bereits in der eingehenden Analyse (vgl. Kapitel 5.1.1.4) ist es dabei wichtig, dass die Ziele der SMART Logik entsprechen und hierarchisiert werden, um die zentralen Stellhebel zu erkennen. Mit Blick auf eine maximale Zielerreichung ist das Produktionsnetzwerk zu gestalten. Die Basis hierfür bilden produktionsnetzwerkorientierte Gestaltungsfaktoren. Auf Basis eines Vergleichs verschiedener Ansätze der Literatur zur Produktions-Netzwerkgestaltung ermittelt STOFFEL vierzehn Gestaltungsfaktoren, die zur Auslegung herangezogen werden können.<sup>836</sup> Diese verknüpft er im nächsten Schritt durch Anwendung des AHP-Verfahrens.<sup>837</sup> Hierbei wird zunächst für jedes Ziel eine Rangfolge der einzelnen Gestaltungsfaktoren mittels paarweisen Vergleichs erstellt und in eine quantitative Größe überführt.<sup>838</sup> Durch den Aufbau einer Matrix aus Zielen und Gestaltungsfaktoren und Ausfüllen der Zellen mit den jeweiligen Einflussfaktoren sowie die Multiplikation mit den gewichteten Zielen ergibt sich ein Vektor, der die Relevanz der einzelnen Gestaltungsfaktoren für das Zielsystem widerspiegelt (vgl. Abbildung 8-8).

---

<sup>831</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 112.

<sup>832</sup> Vgl. Porter, M. E (1998) Competitive Advantage, S. 5.

<sup>833</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 112.

<sup>834</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 115.

<sup>835</sup> Die an dieser Stelle genannten SEP sind auf Unternehmensebene zu betrachten und weisen keine Schnittmenge mit den SEP der Fabrikplanung auf.

<sup>836</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 117.

<sup>837</sup> AHP steht für Analytical Hierarchy Process, vgl. Saaty, T. L. (2014) Models, methods, concepts.

<sup>838</sup> Saaty spricht sich für eine Skala von 0 bis 9, vgl. Saaty, T. L. et al. (2013) Decision making, S. 3.

$$\begin{array}{c}
 \text{Gestaltungs-} \\
 \text{faktoren} \left| \begin{array}{c} \overbrace{\begin{pmatrix} 1 & \dots & n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m & \dots & m \times n \end{pmatrix}}^{\text{Ziele}} \end{array} \right. \times \underbrace{\begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ n \end{pmatrix}}_{\substack{\text{Gewichtung} \\ \text{der } n \text{ Ziele}}} = \underbrace{\begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ m \end{pmatrix}}_{\substack{\text{Relevanz der zu} \\ \text{betrachtenden Gestaltungsfaktoren}}}
 \end{array}$$

Einfluss der Ziele auf Gestaltungsfaktoren
Relevanz der zu betrachtenden Gestaltungsfaktoren

Abbildung 8-8: Gewichtung der Gestaltungsfaktoren mittels AHP-Verfahren<sup>839</sup>

Im nächsten Schritt erfolgt eine Bewertung der einzelnen Standorte bzgl. der identifizierten Gestaltungsfaktoren. Hier ordnet STOFFEL jedem Gestaltungsfaktor eine zu berechnende Kennzahl zu, die es im Projektverlauf zu ermitteln gilt.<sup>840</sup> Ist eine Quantifizierung nicht möglich, kann erneut auf das AHP-Verfahren zurückgegriffen werden. Das Ergebnis dieses Schritts ist ins Verhältnis zur umsatzbezogenen Bedeutung des Standortes im Produktionsnetzwerk zu setzen. Hierdurch soll verhindert werden, dass ältere Heimatstandorte überproportional schlecht abschneiden, was in einem bloßen Vergleich der KPIs ohne Relativierung aufgrund gewachsener Strukturen in der Praxis häufig beobachtbar ist.<sup>841</sup> Im Ergebnis lässt sich ein Portfolio erstellen, welches die Gestaltungsfaktoren, deren Bedeutung für das Zielsystem sowie die normierten Erfüllungsgrade der einzelnen Standorte darstellt (vgl. Abbildung 8-9). Aus dem Portfolio lassen sich prinzipielle Strategien ableiten. Im mit (1) gekennzeichneten Quadranten liegt eine hohe Bedeutung des Gestaltungsfaktors bei gleichzeitig niedriger Position des Standortes vor, woraus sich ein Anpassungsbedarf ergibt. Ebenso verhält es sich im mit (4) gekennzeichneten Quadranten. Hier werden vergleichsweise unbedeutende Faktoren übererfüllt, woraus sich eine mangelnde Fokussierung und somit ebenfalls Handlungsbedarf ableiten lässt. Die mit (2) bzw. (3) gekennzeichneten Quadranten beschreiben eine Äquivalenz von Bedeutung und Erfüllung, sodass hieraus kein Handlungsbedarf entsteht. Die Ergebnisse dieser Analyse sind ein wichtiger Input für die folgenden Schritte, in denen für die einzelnen Werke individuelle Projekt-Roadmaps für die Standortentwicklung definiert werden.<sup>842</sup>

<sup>839</sup> I. A. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 119.

<sup>840</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 121.

<sup>841</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 122.

<sup>842</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 124.

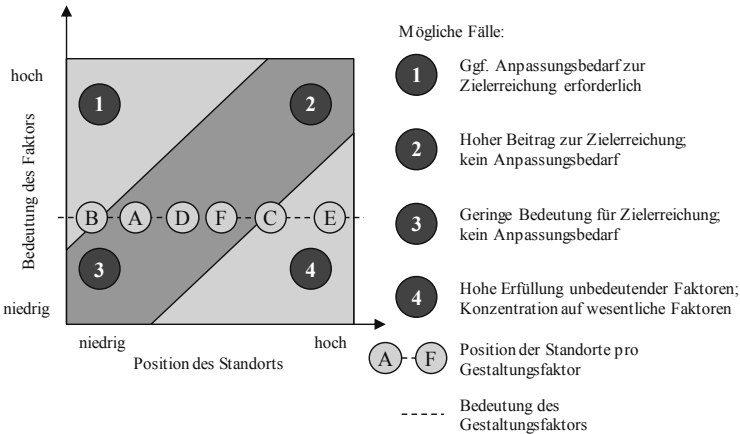


Abbildung 8-9: Abgleich von Position und Bedeutung der Gestaltungsfaktoren<sup>843</sup>

Im nächsten Schritt gilt es, eine Zielstruktur für das zukünftige Netzwerk zu definieren, welche als langfristige Grundlage zur Entwicklung des Produktionsnetzwerkes dient. HARRE entwirft in seiner Arbeit generische Netzwerkstrukturen, die ebendiesem Zweck dienen. Er betrachtet das Produktionsnetzwerk des Unternehmens als Teil einer übergeordneten Wertschöpfungskette im Kontext vorgelagerter Beschaffungs- und nachgelagerter Absatzmärkte. Nach seinem Ansatz ist die wesentliche Aufgabe der Produktionsnetzwerkgestaltung, einen komplexitätsorientierten Fit zwischen der eigenen sowie der vor- und nachgelagerten Wertschöpfung zu erzielen.<sup>844</sup> Dazu entwirft er ein Modell, welches auf der räumlichen und sachlichen Komplexität (er spricht in diesem Zusammenhang auch von *Differenzierung*) der Beschaffungs- sowie Absatzmärkte beruht und auf dieser Basis die Wahl optimaler Standortstrukturen erlaubt.<sup>845</sup> Die *räumliche Differenzierung* adressiert dabei die Anzahl räumlich separierter Märkte. Verantwortlich für diese Abgrenzung können sowohl natürliche als auch künstliche Transferbeschränkungen sein. Für den Beschaffungsmarkt kann es sich dabei um Zölle oder lediglich lokal vorhandenes Know-How handeln. Bezüglich des Absatzmarktes sind Anforderungen nach lokaler Wertschöpfung (local content) als wesentliches Merkmal separierter Märkte zu nennen. Auf dieser Basis definiert HARRE Extremwerte für die Komplexität bzw. Differenzierung: global-unbeschränkte (niedrige Komplexität) und lokal-beschränkte Märkte (hohe Komplexität).<sup>846</sup> *Sachliche Differenzierung* bezieht sich hingegen auf die Heterogenität beschaffungsmarktseitig angebotener bzw. marktseitig nachgefragter Güter. Für den Beschaffungsmarkt betrifft dies die Vielfalt benötigter Inputfaktoren, bspw. in qualitativer oder funktionaler Hinsicht, wohingegen für den Absatzmarkt die Variantenvielfalt im Mittelpunkt steht. In der sachlichen Dimension gelten die Extremwerte homogen-standardisiert (niedrige Komplexität) und heterogen-spezifisch (hohe Komplexität).<sup>847</sup>

<sup>843</sup> I. A. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 124.

<sup>844</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 183.

<sup>845</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 191 ff.

<sup>846</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 192 ff.

<sup>847</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 192 ff.

In diesem Spannungsfeld aus räumlicher und sachlicher Differenzierung entwickelt HARRE acht prinzipielle Netzwerkstrukturen, die eine komplexitätsorientierte Synchronisierung des eigenen Produktionsnetzwerks mit der Beschaffungs- bzw. Absatzseite herstellen (vgl. Abbildung 8-10). Dabei unterscheidet er vier Äquivalenz- und vier Konflikttypen. Die Äquivalenztypen (Typ 1 bis 4) beschreiben eine Netzwerkstruktur bei gleichgerichteter räumlicher und sachlicher Komplexität von Absatz- und Beschaffungsmarkt (Eckfelder der Matrix). Unterscheiden sich räumliche und sachliche Komplexität von Absatz- und Beschaffungsmarkt, spricht HARRE von Konflikttypen (Typ 5 bis 8) der eigenen Netzwerkstruktur. Darüber hinaus existieren acht weitere Fälle, in denen sich die Komplexität von Absatz- und Beschaffungsmarkt in räumlicher *oder* sachlicher Hinsicht unterscheidet. Hierfür werden jedoch keine gesonderten Netzwerkstrukturen entwickelt, sondern es wird auf die Notwendigkeit einer Priorisierung einer der beiden Dimensionen verwiesen, wodurch auf eine der acht grundlegenden Strukturen zurückgegriffen werden kann.<sup>848</sup> Die unterschiedlichen Strukturen können gemäß der Charakteristika Verteilung (zentral vs. dezentral), Varietät (komplementär vs. redundant) sowie der Prozessteilung (keine Prozessteilung vs. Teilung in vor- und nachgelagerte Prozesse) beschrieben werden. Die Typen werden in der Folge vorgestellt.

|                     |             |                     |        |                                  |                                      |                                      |                                     |           |
|---------------------|-------------|---------------------|--------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Räumliche Dimension | Absatzmarkt | Lokal-beschränkt    | Lokal  | Transplant-Struktur<br>(Typ 2)   |                                      |                                      | Local-for-local-Struktur<br>(Typ 4) |           |
|                     |             |                     | Global |                                  | CDK/SKD-Struktur<br>(Typ 6)          | Satellitenwerke-Struktur<br>(Typ 8)  |                                     |           |
|                     |             | Global-unbeschränkt | Lokal  |                                  | Technologiewerke-Struktur<br>(Typ 5) | Komponentenwerke-Struktur<br>(Typ 7) |                                     |           |
|                     |             |                     | Global | Zentralwerke-Struktur<br>(Typ 1) |                                      |                                      | Produktwerke-Struktur<br>(Typ 3)    |           |
|                     |             |                     |        |                                  | Homogen                              | Heterogen                            | Homogen                             | Heterogen |
|                     |             |                     |        |                                  | Beschaffungsmarkt                    |                                      |                                     |           |
|                     |             |                     |        |                                  | Homogen-standardisiert               |                                      | Heterogen-spezifisch                |           |
|                     |             |                     |        |                                  | Absatzmarkt                          |                                      |                                     |           |
|                     |             |                     |        | Sachliche Dimension              |                                      |                                      |                                     |           |

Abbildung 8-10: Netzwerktypologien nach HARRE<sup>849</sup>

<sup>848</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 205 f.

<sup>849</sup> I. A. a. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 205.

- (1) *Zentralwerke-Struktur*: In der Zentralwerke-Struktur existieren wenige große Werke, die die Weltmärkte mit Produkten versorgen. Die Struktur kann somit als zentralisiert und redundant beschrieben werden. Die Werke sind „Vollwerke“<sup>850</sup>, sie umfassen die gesamte Prozesskette zur Herstellung der Produkte, sodass keine Prozessteilung vorliegt. Diese Struktur ist zu wählen, wenn Absatz- und Beschaffungsmarkt sowohl in räumlicher als auch in sachlicher Dimension eine geringe Komplexität aufweisen.
- (2) *Transplant-Struktur*: Für den Fall einer räumlich hohen und einer sachlich geringen Komplexität von Absatz- und Beschaffungsmarkt wird eine Transplant-Struktur empfohlen. Einzelne Werke produzieren Güter für bestimmte Märkte, bspw. aufgrund des Zwangs zur lokalen Wertschöpfung. Wie in der Zentralwerke-Struktur umfassen die Werke die gesamte Prozesskette, die Struktur ist redundant ausgelegt. Aufgrund der Verteilung der Werke ist die Struktur jedoch als dezentralisiert zu beschreiben.
- (3) *Produktwerke-Struktur*: Die Produktwerke-Struktur beschreibt den umgekehrten Fall einer geringen räumlichen, jedoch hohen sachlichen Komplexität von Absatz- und Beschaffungsmarkt. In diesem Fall produzieren zentrale Werke unterschiedliche Produkte für den Weltmarkt, da durch eine gemeinsame Produktion kaum Synergiepotenziale zu heben sind, jedoch keine Handelsbarrieren bestehen. Wiederum umfassen die Werke die volle Prozesskette. Die Struktur ist in diesem Fall zentralisiert und komplementär organisiert.
- (4) *Local-for-local-Struktur*: In diesem Fall liegt eine hohe Komplexität der vor- und nachgelagerten Märkte sowohl in räumlicher als auch in sachlicher Hinsicht vor. In der Entsprechung der Rahmenbedingungen besteht die Local-for-local-Struktur aus Werken, die auf Basis lokaler Materialien lokale Produkt bzw. Varianten für lokale Märkte fertigen. Die Struktur ist in diesem Fall dezentral und komplementär ausgelegt. Die einzelnen Werke umfassen jedoch die komplette, zur Herstellung der Produkte notwendige Prozesskette.
- (5) *Technologiewerke-Struktur*: Ist der Beschaffungsmarkt in räumlicher und sachlicher Hinsicht von hoher, der Absatzmarkt in beiden Dimensionen jedoch von geringer Komplexität geprägt, ist die Technologiewerke-Struktur empfehlenswert. In diesem Falle, wie für alle Konflikttypen, wird die Prozesskette aufgetrennt und auf beschaffungs- und absatzmarktorientierte Wertschöpfungsstufen verteilt. Aufgrund der hohen Komplexität bestehen beschaffungsmarktseitig dezentrale Werke, die komplementär ausgelegt Vorprodukte fertigen. Diese werden in der Folge in zentralen, redundant ausgelegten Werken, aus denen der Weltmarkt beliefert wird, in Endprodukte überführt.
- (6) *CKD/SKD-Struktur*: Eine CKD/SKD-Struktur ist vorteilhaft, wenn der Beschaffungsmarkt von geringer räumlicher, aber einer hohen sachlichen, der Absatzmarkt von einer hohen räumlichen, jedoch geringen sachlichen Komplexität geprägt ist. In der CKD/SKD-Struktur werden in einem oder mehreren, aufgrund der sachlichen Komplexität komplementär ausgelegten, zentralen Werk(-en) auf Basis lokal beschaffter Inputfaktoren die benötigten Vorprodukte gefertigt. Diese werden dann auf dezentrale, redundant ausgelegte Standorte zur Endfertigung lokaler, aber standardisierter Produkte verteilt.
- (7) *Komponentenwerke-Struktur*: Falls der Beschaffungsmarkt eine hohe räumliche, jedoch geringe sachliche und der Absatzmarkt eine geringe räumliche, aber hohe sachliche Komplexität aufweist, ist die Komponentenwerke-Struktur gut geeignet, den Komplexitäts-Fit herzustellen. Lo-

---

<sup>850</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 208.

kal werden in dezentralen und redundanten Netzwerkstrukturen standardisierte Produkte vorgefertigt, die an die zentralen, absatzmarktorientierten Standorte geliefert werden. Gegebenenfalls können diese komplementär über verschiedene Produkte ausgelegt sein.

- (8) *Satellitenwerke-Struktur*: Die Satellitenwerke-Struktur stellt ein Komplexitätsgleichgewicht her, wenn der Beschaffungsmarkt in beiden Dimensionen eine geringe, der Absatzmarkt in beiden Dimensionen eine hohe Komplexität aufweist. Zentrale, redundant ausgelegte Werke fertigen die Vorprodukte. Diese Vorprodukte liefern sie an dezentrale Standorte, die diese zu lokal orientierten Endprodukten zusammenführen. Aufgrund der sachlichen Differenzierung der Absatzmärkte ist die Struktur absatzmarktseitig komplementär ausgelegt.

Auf Basis der Untersuchungen leitet HARRE heuristische Vorgehensweisen her, die zu einer näherungsweisen Auslegung der Netzwerkstruktur herangezogen werden können. Für die *Standortverteilung* gilt, dass eine Zentralisierung der Standortverteilung angestrebt werden sollte, falls keine räumlichen Transferbarrieren vorliegen. Ist dies doch der Fall, ist „die minimal erforderliche multinationale Dezentralisierung der Standortverteilung anzustreben“<sup>851</sup>. Die *Standortvarietät* orientiert sich an der sachlichen Komplexität. Ist diese gering, ist eine maximal redundante Auslegung von Vorteil. Steigt die Komplexität, steigt ebenso die notwendige Komplementarität der Standorte. Ob eine Aufteilung in beschaffungs- und absatzmarktorientierte Werke notwendig ist, hängt von der Komplexitätsäquivalenz der vor- und nachgelagerten Märkte ab. Entspricht sie sich, so sind die Prozesse zu bündeln. Unterscheidet sie sich, muss eine Trennung der Prozesskette vorgenommen werden.

Die identifizierten Netzwerkstrukturen sind nun mit den gewichteten Gestaltungsfaktoren, welche zuvor nach STOFFEL ermittelt wurden, abzugleichen, um die ideale Netzwerkstruktur für den vorliegenden Fall identifizieren zu können. Hierzu kann wiederum das AHP-Verfahren verwendet werden. Dazu ist für jeden infrage kommenden Netzwerktyp zunächst der Erfüllungsgrad der einzelnen Gestaltungsfaktoren mittels paarweisen Vergleichs zu ermitteln. So ergeben sich je Faktor bis zu 28 paarweise Vergleiche, sollten alle acht Netzwerktypen in die Betrachtung einbezogen werden. STOFFEL bewertet den dazu notwendigen Aufwand jedoch als vertretbar.<sup>852</sup> Ist die Hierarchisierung je Standortfaktor erfolgt, müssen diese in einer Matrix zusammengeführt und mit der errechneten Relevanz der Standortfaktoren multipliziert werden, um eine Gewichtung der Netzwerkstrukturen und somit eine Empfehlung der optimalen Netzwerkgestalt zu erhalten (vgl. Abbildung 8-11).

---

<sup>851</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 201.

<sup>852</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 130.



$$\underbrace{\begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ m \end{pmatrix}}_{\text{Relevanz der zu betrachtenden Gestaltungsfaktoren}} \times \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & \dots & a \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m & \dots & m \times a \end{pmatrix}}_{\substack{\text{Einfluss der Gestaltungs-} \\ \text{Faktoren auf die Netz-} \\ \text{werktypologie}}} = \underbrace{\begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ a \end{pmatrix}}_{\text{Gewichtung der Netzwerktypologie}}$$

a Netzwerktypen

Abbildung 8-11: Bewertung der Netzwerktypologien mittels AHP-Verfahren<sup>853</sup>

Nachdem die Soll-Strukturen definiert sind, gilt es, diese mit den Ergebnissen der Veränderungsbedarfe aus den vorherigen Schritten zusammenzuführen. Bewährt haben sich dazu Standortsteckbriefe, die auf strategischer Ebene definieren, welche Rollen die Standorte zukünftig im Netzwerk einnehmen sollen, welche Schwerpunkte adressiert werden, wie die Einordnung bzgl. Arten-, Prozess- und Mengenteilung erfolgt und welche Veränderungsbedarfe sich aus der Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Situation ergeben (vgl. Abbildung 8-14), vorher erfolgt jedoch noch eine erklärende Ausführung.<sup>854</sup> Im Kontext der Standortsteckbriefe ist die Rolle bzw. der Fabriktyp des Standorts ein entscheidendes Kriterium, weshalb auf diesen in der Folge detaillierter eingegangen wird. Hierbei wird auf die Arbeit von HILCHNER zurückgegriffen. Die Typenorientierung unterstützt nicht nur die Auslegung des Netzwerkes, sondern hat auch direkten Einfluss auf die Effektivität und Effizienz der Fabrikplanung.<sup>855</sup> Einerseits lassen sich so die Ziele einzelner Planungsprojekte bzw. -schritte im Kontext der gesamten Strategie herleiten, zum anderen hat die Typenorientierung einen direkten Einfluss auf die Effizienz im Planungsprozess (vgl. hierzu Kapitel 2.1.4). Zur Herleitung der Fabriktypen entwirft HILCHNER eine Morphologie fabrikbeschreibender Merkmale mit ihren jeweiligen Ausprägungen.<sup>856</sup> Diese nutzt er, um in der Folge eine empirische Untersuchung von ca. 60 am WZL bearbeiteten Fabrikplanungsprojekten durchzuführen. Mittels dieses Verfahrens lassen sich vier verschiedene Cluster ermitteln.<sup>857</sup> Durch Analyse und Vergleich der Cluster ist es ihm möglich, zwei grundlegende Dichotomien zu identifizieren:

*Produkt- vs. Prozessorientierung:* „Der maßgebende Faktor zur Fabrikgestaltung“<sup>858</sup> steht im Mittelpunkt der ersten Dichotomie. Diese kann entweder grundlegend am Produkt oder am Prozess ausgerichtet sein.

*Stückzahl- vs. Variantenorientierung:* Die zweite Dichotomie stellt den Punkt Scale vs. Scope in den Fokus der Betrachtung. Stückzahlorientierte Fabriken sind tendenziell auf wenige Varianten und eine hohe Effizienz ausgerichtet, wohingegen variantenorientierte Fabriken auf die Fertigung einer größeren Anzahl von Varianten ausgelegt sind und somit über eine höhere Flexibilität verfügen. Auf Basis dieser Dichotomien entwickelt HILCHNER eine zweidimensionale Matrix, aus der sich vier grundlegende Fabriktypen ableiten lassen (vgl. Abbildung 8-12). Die *segmentierte* Fabrik verfolgt einen Varianten- und

<sup>853</sup> I. A. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 130.

<sup>854</sup> Vgl. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 131.

<sup>855</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 4.

<sup>856</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 106.

<sup>857</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 115; eine Übersicht über die Cluster kann der Arbeit an der genannten Stelle entnommen werden.

<sup>858</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 116.

Produktfokus bei eher geringeren Stückzahlen. Die *schnelle* Fabrik ist geprägt von der Fertigung hoher Stückzahlen bei gleichzeitig geringer Varianz. Wie zuvor ist die Fabrikstruktur stark am Produkt orientiert. Anders ist dies in der *flexiblen* Fabrik. Diese ist vor allem auf die Fertigung einer hohen Variantenvielfalt ausgerichtet, gleichzeitig herrscht eine prozessorientierte Grundstruktur vor. Die Prozessorientierung ist ebenso ein Merkmal der *dedizierten* Fabrik. Diese produziert jedoch vorwiegend hohe Stückzahlen.

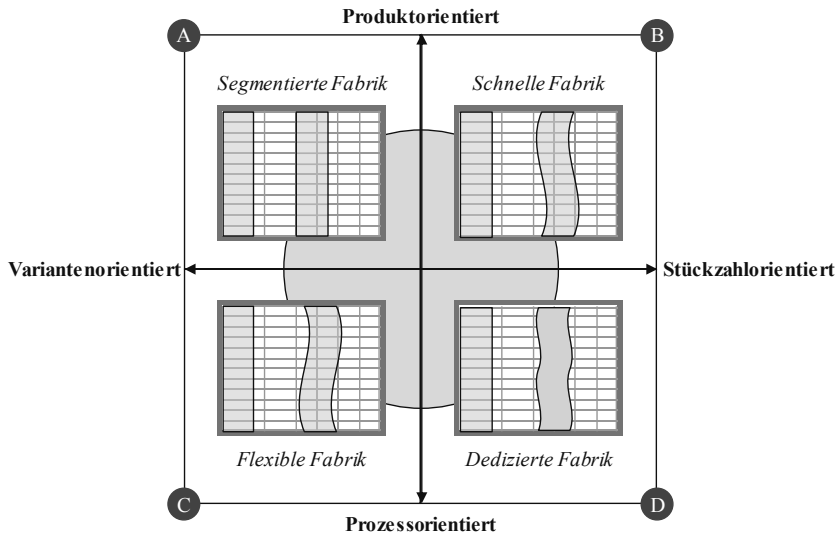


Abbildung 8-12: Fabriktypen nach HILCHNER<sup>859</sup>

In erster Näherung soll im Rahmen dieser Arbeit eine Zuordnung der Fabriktypen nach HILCHNER zu den Netzwerkstrukturtypologien nach HARRE durchgeführt werden. Die Zuordnung bewegt sich dabei im Spannungsfeld von Präzision und Universalität. Da sowohl die Netzwerktypologien nach HARRE als auch die Fabriktypen nach HILCHNER lediglich als näherungsweise Idealisierung dienen, hat sich der Autor dieser Arbeit für eine heuristische Zuordnung entschieden. Die Ergebnisse hierzu sind in Abbildung 8-13 dargestellt, die Logik der Zuordnung wird im Folgenden erläutert. Neben den bisher beschriebenen Arbeiten wurde bei der Zuordnung von Fabrik- zu Netzwerktypen die Arbeit von THOMAS zur Entwicklung von Multiplant-Strategien mit einbezogen.<sup>860</sup> Nach HILCHNER ist die Struktur einer produktorientierten Fabrik vor allem durch das Produkt geprägt<sup>861</sup>, dies trifft in besonderem Maße zu, wenn die Fabrik Produkte für den Endkunden fertigt.<sup>862</sup> Andersherum definiert bei prozessorientierten Fabriken der Prozess die Struktur. Dies bietet sich vor allem für die Fertigung von Halbfabrikaten an.<sup>863</sup>

<sup>859</sup> I. A. a. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 117.

<sup>860</sup> Vgl. Thomas, S. (2013) Produktionsnetzwerkssysteme.

<sup>861</sup> Vgl. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 116.

<sup>862</sup> Vgl. Thomas, S. (2013) Produktionsnetzwerkssysteme, S. 64 ff.

<sup>863</sup> Vgl. Thomas, S. (2013) Produktionsnetzwerkssysteme, S. 64 ff.

Hieraus lässt sich ableiten, dass Werke, welche kundenorientierte Endprodukte fertigen, eher der Produktorientierung, Werke zur Fertigung von Halbfabrikaten einer Prozessorientierung zugeordnet werden können. Für die Äquivalenztypen nach HARRE ergibt sich hieraus eine produktorientierte Einordnung. Nichtsdestotrotz können auch diese Werke prozessorientierte Elemente, nämlich die interne Vorfertigung, aufweisen. Die grundlegend produktorientierte Auslegung der Struktur hat jedoch auch in diesem Fall Bestand. Ebenso sind die absatzmarktorientierten Werke der Konflikttypen der Produktorientierung zugeordnet, während die beschaffungsmarktorientierten Werke prozessorientiert eingeordnet sind. Die Einordnung in die Kategorien stückzahl- oder variantenorientiert lässt sich den Ausführungen nach HARRE entnehmen.<sup>864</sup> Demnach produziert die Zentralwerk- sowie Transplant-Struktur vorwiegend Massenwaren für anonyme Kunden, wodurch diese Strukturtypologien der Stückzahlorientierung zugeschlagen werden. Die Einordnung der Produktwerke- sowie Local-for-local-Struktur hingegen kann je nach gefertigtem Produkt vorgenommen werden. Ähnlich verhält es sich für die Konflikttypen Satellitenwerke- und CKD/SKD-Struktur, bei denen die Art des Produkts die Stückzahl- bzw. Variantenorientierung determiniert. Eindeutig zuordenbar wiederum sind die Technologiewerke- sowie Komponentenwerke-Struktur. Technologiewerke fertigen in der Regel technologieintensive Massenprodukte, während sich die Komponentenwerke-Struktur für variantenreiche Produkte anbietet.<sup>865</sup> Im Umkehrschluss ergibt sich daraus eine präferierte Zuordnung von Fabrik- zu Netzwerktypen.

Neben der Zuordnung eines Fabriktyps ist außerdem die fabrikplanungsstrategische Nutzung des Standortes zu bestimmen. Nach SKINNER führt die gleichzeitige Verfolgung zahlreicher Ziele jedoch dazu, dass Kompromisse eingegangen werden müssen, die in Summe die Wettbewerbsfähigkeit schmälern.<sup>866</sup> Aus diesem Grund soll jeder Standort eine strategische Ausrichtung erhalten. Hierzu können die vier Nutzenpotenziale der Fabrikplanung nach BURGGRÄF herangezogen werden: Anlaufgeschwindigkeit, Investitionskosten, Produktivität und Wandlungsfähigkeit. Aus den Arbeiten von TSVERSKY UND SHAFIR zur kognitionswissenschaftlichen Forschung geht hervor, dass bis zu zwei Wahlmöglichkeiten ein effektives Entscheiden ermöglichen, darüber hinausgehende Wahlmöglichkeiten jedoch zu ineffektiven Entscheidungen führen.<sup>867</sup> Aus diesem Grund wird sich in dieser Arbeit für die Festlegung von ein oder zwei strategischen Nutzenpotenzialen pro Standort ausgesprochen. Im Folgenden werden kurze Beispiele gegeben, in denen die Fokussierung auf eine bestimmte Zielgröße vorteilhaft ist.

Ist die Time-to-Market ein entscheidendes Erfolgskriterium des Unternehmens im Wettbewerb mit seinen Konkurrenten, sollte es mindestens einen Standort geben, der es ermöglicht, neue Produkte schnell in den Markt zu überführen. In diesem Fall ist die *Anlaufgeschwindigkeit* das zu fokussierende Ziel eines Standorts, da sie die Zeit bis zur stabilen Produktion marktreifer Produkte charakterisiert. Erscheint ein Markteintritt besonders riskant, sollte ein besonderer Fokus auf die *Investitionskosten* gelegt werden. Das notwendige Soll muss erfüllt werden, die Fokussierung auf niedrige Investitionskosten erlaubt es jedoch, den Standort im Falle einer negativen Entwicklung mit geringen Verlusten stillzulegen oder umzunutzen. Dieser Fokus kann außerdem vorteilhaft sein, wenn Gesetze eine lokale Fertigung vorschreiben, hieraus aber keine sonstigen Vorteile entstehen.

---

<sup>864</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 207 ff.

<sup>865</sup> Vgl. Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung, S. 217, 221.

<sup>866</sup> Vgl. Skinner, W. (1974) The focused factory, S. 113.

<sup>867</sup> Vgl. Tsversky, A. et al. (1992) Choice Under Conflict, S. 358 ff.

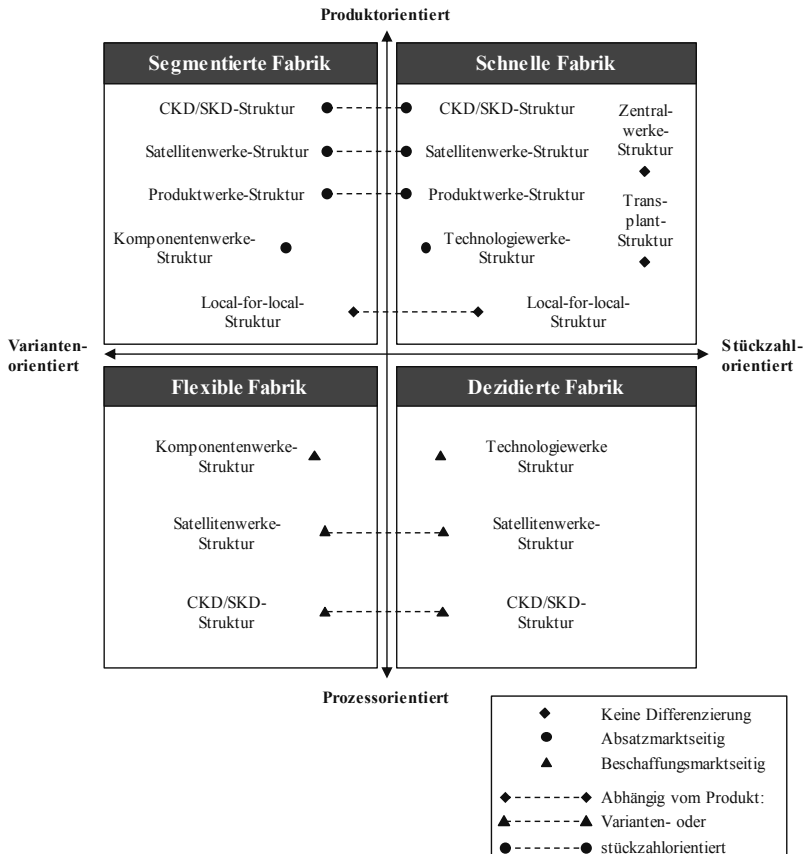


Abbildung 8-13: Verknüpfung der Netzwerktypologien mit den Fabriktypen

*Produktivität* sollte dort im Mittelpunkt stehen, wo das Unternehmen den Großteil seiner Produkte fertigt. Aufgrund des hohen Gesamtumfangs an der Wertschöpfung wirken sich bereits kleine Produktivitätssprünge absolut gemessen bemerkbarer aus als an Standorten, an denen nur geringe Umsatzvolumina gefertigt werden. Dies gilt insbesondere für Standorte in Hochlohnländern. *Wandlungsfähigkeit* sollte schließlich das zentrale Ziel darstellen, wenn kurze Produktlebenszyklen oder eine unvorhersehbare Marktentwicklung eine nahezu kontinuierliche Anpassung der Fabrik erfordern. Sowohl Zeit als auch Kosten der Anpassung fallen hier stark ins Gewicht und können durch eine Fokussierung auf die Wandlungsfähigkeit minimiert werden. Somit liegen alle Informationen vor, die benötigt werden, um einen aussagekräftigen Standortsteckbrief zu erstellen, der die Grundlage der langfristigen Standortentwicklung bildet (vgl. Abbildung 8-14).

| Steckbrief zur strategischen Grundausrichtung (Zielstruktur)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            |                                |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Standort:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Standort A | Netzwerktyp:                                                                                                                                               | Satellitenwerke                                                                                                                            | Fabriktyp:                     | Schnelle Fabrik    |
| Präferierte Nutzenpotenziale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            | Investitionskosten                                                                                                                                         | Anlaufgeschwindigkeit                                                                                                                      | Produktivität                  | Wandlungsfähigkeit |
| Erläuterung der strategischen Grundausrichtung (Ziel und Randbedingungen)                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Schwerpunkte der Ausrichtung   |                    |
| Artenteilung (Produktbreite/-flexibilität)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            | Prozessteilung (Technologien)                                                                                                                              | Mengenteilung (Produktionsvolumen)                                                                                                         | Produkt-/Prozessqualität       |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Spezifikationsstreuung         |                    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Produktgruppe A</li><li>Baugruppen 1.1, 1.2, 1.3</li><li>Merkmal X nur in den Ausprägungen:<ul style="list-style-type: none"><li>1</li><li>3</li></ul></li></ul>                                                                                                                                                          |            | <ul style="list-style-type: none"><li>Großpressen X t (Laufzeit: 3 Jahre)</li><li>Blanking Line</li><li>Outsourcing KTL-Beschichtung</li><li>...</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>250.000 +/- 15 %</li><li>Limitierende Logistikkapazitäten (Behälterversorgung)</li><li>...</li></ul> | Produktprogrammflexibilität    |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Design-/Änderungsflexibilität  |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Mengenflexibilität             |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Zugang zu Wissen               |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Zugang zu Fach-/Arbeitskräften |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Nähe zu Lieferanten            |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Nähe zu Kunden                 |                    |
| Anpassungsbedarfe ausgehend von der Ist-Struktur:                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Soziopolitische Faktoren       |                    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Umbau zu zentralem Hub zur Fertigung vorproduzierbarer Baugruppen</li><li>Nutzung niedriger Faktorkosten</li><li>Fokussierung auf Größendegression und hohe Skaleneffekte</li><li>Verlagerung von Presskapazitäten &lt; Y t</li><li>Prüfung Verlagerung und Outsourcing nicht strategischer Produktionsbereiche</li></ul> |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Effizienz durch Verbundeffekte |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Effizienz durch Skaleneffekte  |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Günstige Arbeitskräfte         |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            | Innovationsgrad                |                    |

Abbildung 8-14: Standortsteckbriefe als Grundlage der langfristigen Werkeentwicklung<sup>868</sup>

Im nächsten Schritt sind die Anpassungsbedarfe der einzelnen Werke in einer gemeinsamen Roadmap für die Werkeentwicklung zusammenzufassen. Dies ist notwendig, da sich in logischer und zeitlicher Hinsicht Abhängigkeiten zwischen einzelnen Aktivitäten ergeben können. Um die Gestalt und den Prozess des Roadmappings qualitativ abzusichern, soll das hier vorgeschlagene Vorgehen dem Ordnungsrahmen nach PHAAL UND MULLER folgen.<sup>869</sup> Mit der Roadmap sollen die Fragen nach dem ‚warum?‘, ‚was?‘ und ‚wie?‘ beantwortet werden.<sup>870</sup> Dazu entwerfen sie eine Roadmap in zwei Dimensionen. Die horizontale Dimension bildet den zeitlichen Verlauf ab. Explizit schließen sie die Vergangenheit mit ein, die helfen soll zu verstehen, wie die aktuelle Situation entstanden ist. Darüber hinaus empfehlen sie eine Unterteilung in kurz, mittel- und langfristig sowie eine Vision als Idealbild.<sup>871</sup> Die zweite Dimension bilden die Treiber (‚warum?‘), die zu transformierenden Elemente (‚was?‘) und die dazu nötigen Ressourcen (‚wie?‘).<sup>872</sup> Treiber im Fabrikplanungskontext sind bspw. neue Produkte bzw. Varianten, Technologien oder Märkte. Die zu transformierenden Elemente werden in der Fabrikplanung durch die einzelnen Werke abgebildet. Die Ressourcen lassen sich im Wesentlichen durch benötigtes

<sup>868</sup> I. a. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 131.

<sup>869</sup> Vgl. Phaal, R. et al. (2009) An architectural framework for roadmapping.

<sup>870</sup> Vgl. Phaal, R. et al. (2009) An architectural framework for roadmapping, S. 41.

<sup>871</sup> Vgl. Phaal, R. et al. (2009) An architectural framework for roadmapping, S. 43 f.

<sup>872</sup> Vgl. Phaal, R. et al. (2009) An architectural framework for roadmapping, S. 44.

Personal und Zeit- sowie Budgetbedarfe ausdrücken (vgl. Abbildung 8-15). Der Prozess des Roadmapings unterteilt sich idealerweise in vier Schritte. In der *Ideenfindungsphase* werden Zielsetzung und Umfang der Roadmap festgelegt. Die *Divergenzphase* öffnet den Lösungsraum, erste Ideen werden vertieft und Szenarien entwickelt. Diese Ergebnisse werden in der *Konvergenzphase* verdichtet und auf das Wesentliche reduziert. Schließlich *synthetisiert* ein kleines Team die Ergebnisse und bereitet sie in anschaulicher Form auf.<sup>873</sup> Auf dieser Basis können für die einzelnen Werke die notwendigen Transformationen in Form von Projekten dokumentiert werden, die in den kommenden Jahren durchgeführt werden müssen. Die Detaillierung der einzelnen Projekte erfolgt in einem späteren Stadium. Mit diesem Ergebnis schließt die strategische Netzwerkentwicklung sowie die langfristige Werkeentwicklung.

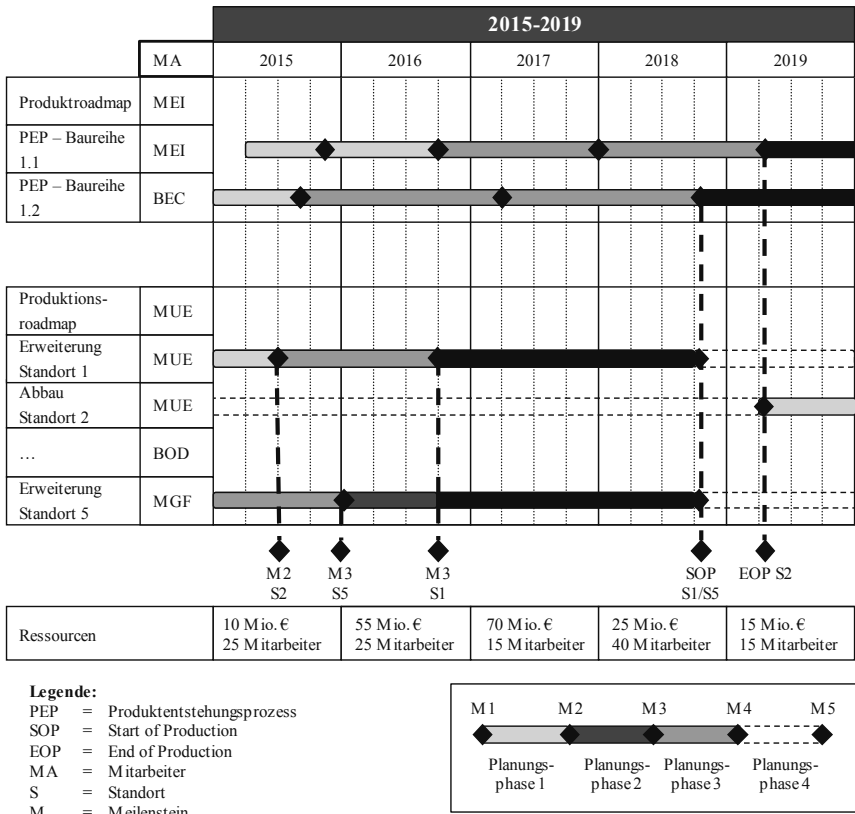


Abbildung 8-15: Roadmap für die langfristige Werkeentwicklung<sup>874</sup>

<sup>873</sup> Vgl. Phaál, R. et al. (2009) An architectural framework for roadmaping, S. 46.

<sup>874</sup> I. A. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 191.

## 8.5 Ergänzende Informationen zum Kompetenzaufbau

Tabelle 8-6: Modulwichtigkeit nach BURGRÄF und HILCHNER

|                                               |     | Ziele nach BURGRÄF |       |      |      | Fabriktypen nach HILCHNER |       |       |       |
|-----------------------------------------------|-----|--------------------|-------|------|------|---------------------------|-------|-------|-------|
|                                               |     | Prod.              | Wand. | Anl. | Inv. | Schn.                     | Segm. | Flex. | Dedi. |
| Zielplanung                                   | ZPL | 5,0                | 5,0   | 5,0  | 5,0  | 5,0                       | 5,0   | 5,0   | 5,0   |
| Produktanalyse                                | PRO | 4,0                | 3,0   | 4,0  | 3,0  | 5,0                       | 4,0   | 3,0   | 3,0   |
| Produktionsprogrammanalyse                    | PRG | 3,0                | 4,0   | 4,0  | 3,0  | 5,0                       | 5,0   | 3,0   | 3,0   |
| Produktionsstrukturplanung                    | PSP | 3,0                | 3,0   | 1,0  | 2,0  | 5,0                       | 4,0   | 3,0   | 3,0   |
| Prozessanalyse                                | PZA | 4,0                | 3,0   | 1,0  | 2,0  | 4,0                       | 4,0   | 3,0   | 3,0   |
| Technologiekettenplanung                      | TKP | 3,0                | 4,0   | 1,0  | 3,0  | 4,0                       | 4,0   | 3,0   | 3,0   |
| Kapazitätsplanung                             | KAP | 4,0                | 2,0   | 1,0  | 4,0  | 5,0                       | 5,0   | 5,0   | 4,0   |
| Produktionsmittelplanung                      | PMP | 4,0                | 3,0   | 2,0  | 4,0  | 4,0                       | 4,0   | 4,0   | 4,0   |
| Produktionslogistikplanung                    | PLP | 4,0                | 2,0   | 3,0  | 3,0  | 4,0                       | 4,0   | 3,0   | 3,0   |
| IT-Planung                                    | ITP | 4,0                | 2,0   | 3,0  | 3,0  | 4,0                       | 4,0   | 3,0   | 3,0   |
| Personal- & Organisationsplanung              | PER | 3,0                | 5,0   | 4,0  | 1,0  | 3,0                       | 3,0   | 4,0   | 3,0   |
| Arbeitsvorbereitung                           | AVB | 4,0                | 2,0   | 3,0  | 1,0  | 3,0                       | 3,0   | 4,0   | 3,0   |
| Produktionssteuerung                          | PST | 5,0                | 2,0   | 2,0  | 2,0  | 4,0                       | 4,0   | 3,0   | 3,0   |
| Innenausbauplanung                            | IAP | 2,0                | 4,0   | 1,0  | 3,0  | 4,0                       | 5,0   | 3,0   | 3,0   |
| Außenanlagenplanung                           | AAP | 1,0                | 3,0   | 1,0  | 3,0  | 4,0                       | 5,0   | 3,0   | 3,0   |
| Layoutplanung                                 | LAY | 4,0                | 3,0   | 2,0  | 2,0  | 4,0                       | 5,0   | 4,0   | 4,0   |
| Arbeitsplatzgestaltung                        | APG | 4,0                | 2,0   | 2,0  | 4,0  | 3,0                       | 3,0   | 3,0   | 4,0   |
| Umsetzungsplanung                             | UMS | 2,0                | 3,0   | 4,0  | 1,0  | 3,0                       | 3,0   | 3,0   | 3,0   |
| Architektonische Planung                      | ATP | 3,0                | 4,0   | 2,0  | 4,0  | 4,0                       | 4,0   | 4,0   | 4,0   |
| Tragwerksplanung                              | TWP | 2,0                | 5,0   | 1,0  | 5,0  | 3,0                       | 3,0   | 3,0   | 3,0   |
| Brandschutzplanung                            | BSP | 2,0                | 4,0   | 1,0  | 4,0  | 3,0                       | 3,0   | 3,0   | 3,0   |
| Fassadenplanung                               | FP  | 2,0                | 3,0   | 1,0  | 4,0  | 3,0                       | 3,0   | 3,0   | 3,0   |
| Gründungs- & Bodenbelastungsplanung           | GBB | 1,0                | 4,0   | 1,0  | 3,0  | 2,0                       | 2,0   | 2,0   | 2,0   |
| Energie- und Bauphysikplanung                 | EBP | 1,0                | 3,0   | 1,0  | 4,0  | 2,0                       | 2,0   | 2,0   | 2,0   |
| Werksstrukturplanung                          | WSP | 3,0                | 4,0   | 2,0  | 4,0  | 4,0                       | 4,0   | 4,0   | 4,0   |
| Starkstromanlagenplanung                      | SAP | 3,0                | 4,0   | 1,0  | 4,0  | 3,0                       | 4,0   | 4,0   | 3,0   |
| Raumluft- & technische Anlagenplanung         | RTA | 4,0                | 4,0   | 1,0  | 5,0  | 3,0                       | 4,0   | 4,0   | 3,0   |
| Kälteanlagenplanung für RLT-Anlagen           | KVA | 3,0                | 4,0   | 1,0  | 4,0  | 2,0                       | 2,0   | 2,0   | 2,0   |
| Planung der Wärmeversorgungsanlagen           | WVA | 3,0                | 3,0   | 1,0  | 4,0  | 2,0                       | 2,0   | 2,0   | 2,0   |
| Fernmelde- und informationstechnische Anlagen | FIA | 2,0                | 4,0   | 1,0  | 4,0  | 4,0                       | 3,0   | 3,0   | 4,0   |
| Abwasser- und Gasanlagenplanung               | AWG | 2,0                | 2,0   | 1,0  | 4,0  | 3,0                       | 4,0   | 4,0   | 3,0   |
| Gebäudeautomatisierungsplanung                | GAP | 4,0                | 4,0   | 2,0  | 5,0  | 4,0                       | 2,0   | 2,0   | 4,0   |
| Standortauswahl                               | SAW | 5,0                | 3,0   | 2,0  | 3,0  | 5,0                       | 5,0   | 5,0   | 5,0   |
| Wirtschaftlichkeitsberechnung                 | WIB | 5,0                | 2,0   | 1,0  | 5,0  | 5,0                       | 5,0   | 5,0   | 5,0   |

Prod. = Produktivität  
Wand. = Wandlungsfähigkeit  
Anl. = Anlaufgeschwindigkeit

Inv. = Investitionskosten  
Schn. = Schnelle Fabrik  
Segm. = Segmentierte Fabrik

Flex. = Flexible Fabrik  
Dedi. = Dedizierte Fabrik

### Strategien im Umgang mit Kompetenzen

Aus der Zusammenführung in Abbildung 5-17 ergeben sich vier prinzipielle Strategien:<sup>875</sup>

*Outsourcing:* Fallen sowohl die markt- als auch die kompetenzseitige Bewertung niedrig aus, ist das Outsourcing die zu empfehlende Strategie. Hierbei bietet es sich an, für häufig auftretende Planungsaktivitäten langfristige Partnerschaften einzugehen, um eine vertrauensvolles Verhältnis zum Zulieferer, dem Planungspartner, aufbauen zu können. Hierbei ist vor allem der strategische Fit bei der Partnerauswahl zu beachten.<sup>876</sup>

*Nutzen:* Falls markt- und kompetenzseitige Bewertung als hoch eingestuft werden, handelt es sich um Kernkompetenzen, die in den Projekten genutzt werden müssen. Die entsprechenden Module sollten in diesem Fall von internen Planern bearbeitet werden, um die Qualität der Ergebnisse zu gewährleisten und gleichzeitig neues Wissen in den Bereichen zu erwerben.

*Transferieren:* Ein Transfer bietet sich an, wenn die marktseitige Bewertung als niedrig, die kompetenzseitige Bewertung als hoch anzusehen ist. Das bestehende Wissen sollte möglichst auf neue Anwendungsfelder, die eine hohe Attraktivität aufweisen, transferiert werden. In der Fabrikplanung bestehen Ähnlichkeiten zwischen bestimmten Planungsmodulen, bspw. zwischen der Werksstruktur- und der Layoutplanung, die sich ähnlicher Vorgehen bedienen. Derartige Ähnlichkeiten sind zwischen den Modulen und Aktivitäten zu suchen. Als erster Indikator kann der Informationsfluss zwischen den einzelnen Modulen dienen (vgl. Kapitel 5.2.5).

*Entwickeln:* Entwickelt werden sollten Felder, die eine hohe marktseitige Bedeutung aufweisen, für die aber noch keine Kompetenz besteht. Diese Entwicklung kann u. a. durch Transferieren erfolgen, es können aber auch Experten für das jeweilige Planungsmodul angeworben oder einzelne Mitarbeiter explizit durch internes oder externes Coaching zu Experten entwickelt werden.

---

<sup>875</sup> Vgl. Krüger, W. (1997) Kernkompetenz-Management, S. 104 ff.

<sup>876</sup> Vgl. Nee, C. (2014) Strategien für Wertschöpfungsnetzwerke, S. 179 ff.



## 8.6 Ergänzende Informationen zu Fabrikstandards

### 8.6.1 Prozessvariantenbaum

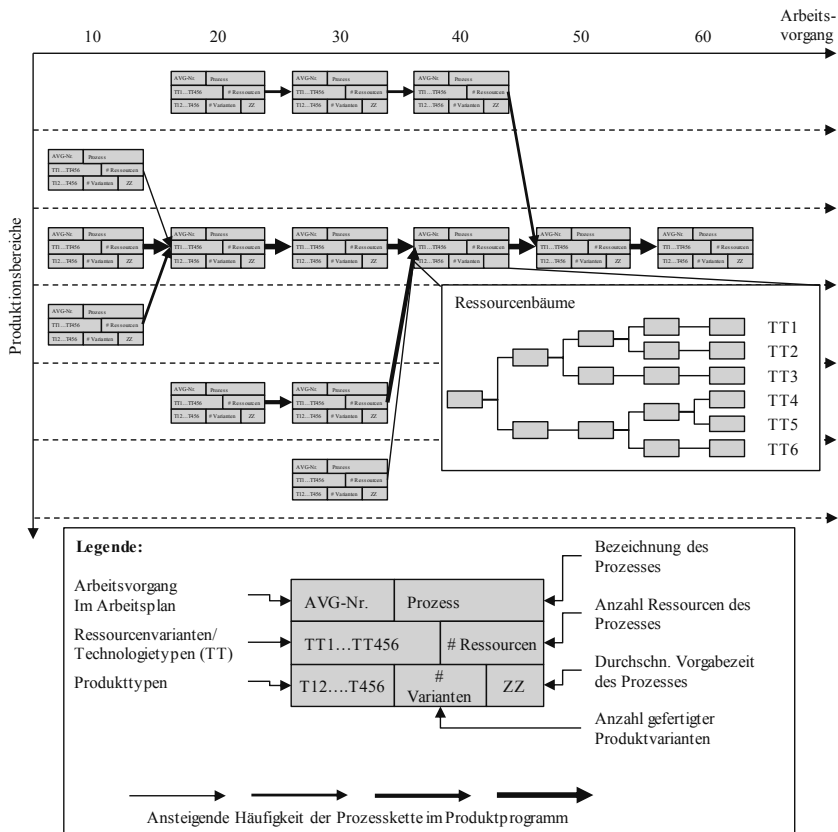
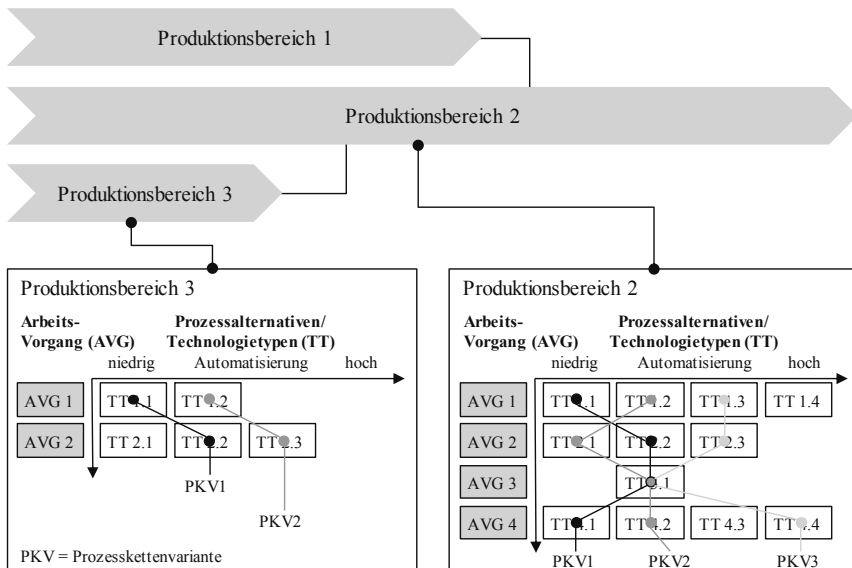


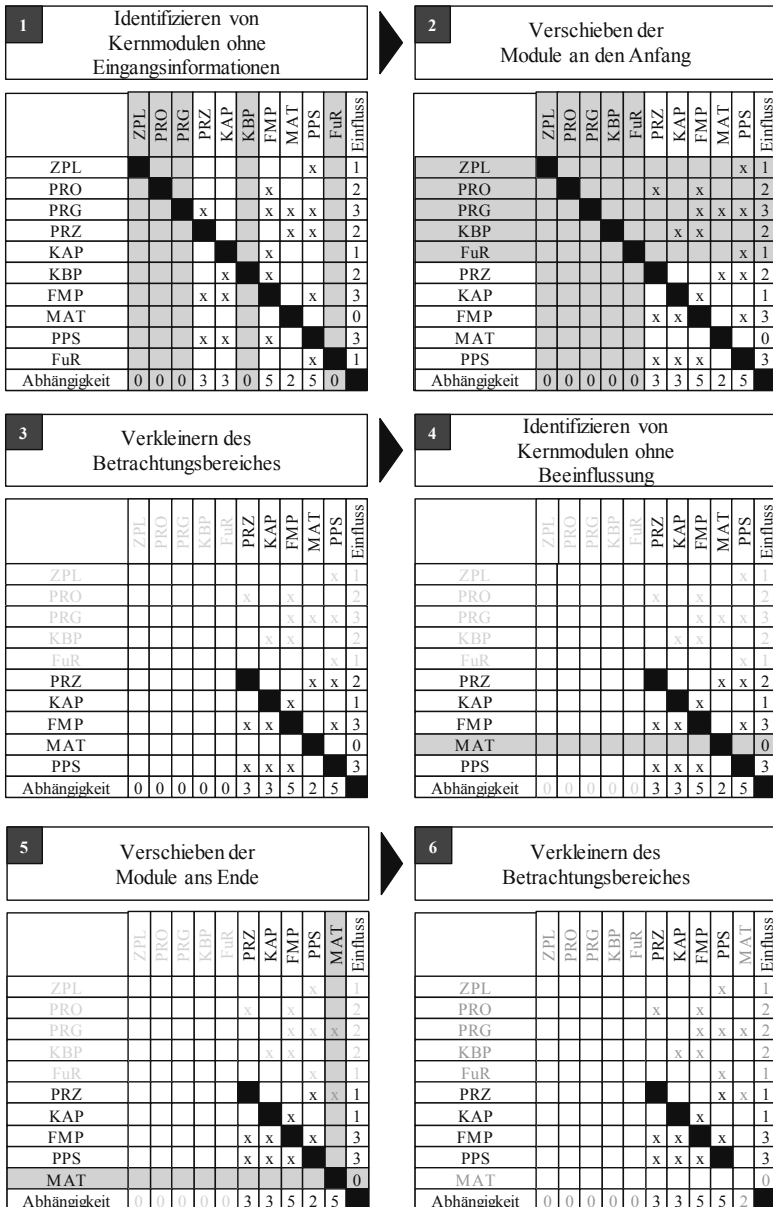
Abbildung 8-16: Aufbau eines Prozessvariantenbaums<sup>877</sup>

<sup>877</sup> I. A. a. Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 144.

## 8.6.2 Bildung der Prozesskettenvarianten

Abbildung 8-17: Aufbau von Baukästen für die Produktion<sup>878</sup><sup>878</sup> I. A. a Stoffel, M. (2016) V-Modell, S. 161.

## 8.7 Ergänzende Informationen zur modularen Fabrikplanung

Abbildung 8-18: Bestimmung der logischen Reihenfolge der Planungsmodule<sup>879</sup>

## 8.8 Ergänzende Informationen zum Reifegradmanagement

### 8.8.1 Auszug aus dem reifegradbasierten Referenzprozess

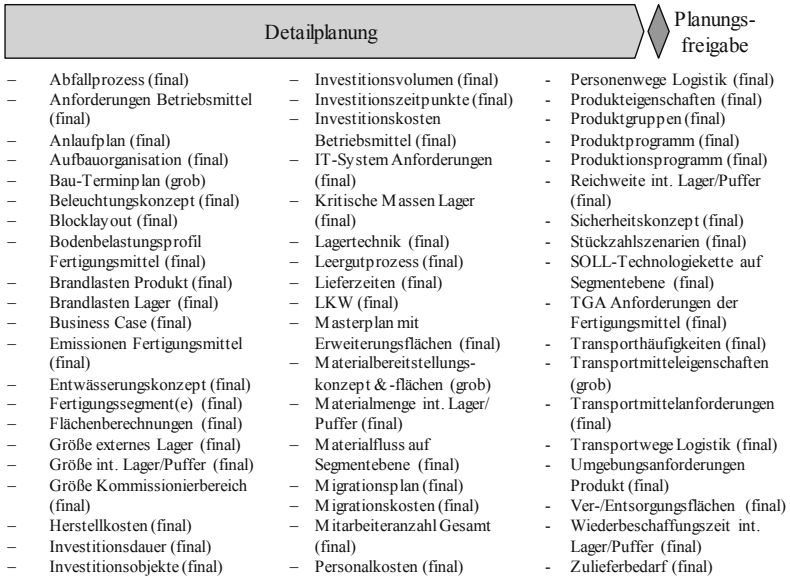


Abbildung 8-19: Beispielhafte Planungsinhalte der Reifestufe Planungsfreigabe<sup>880</sup>

<sup>879</sup> I. A. a. Nöcker, J. C. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung, S. 194.

<sup>880</sup> I. A. a. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 134.

## 8.8.2 Reifegrad-Controllingkarte

| Reifegrad-Controllingkarte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                         |        |        |                         |        |        |                                                                                   |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Planungsmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                | Layoutplanung           |        |        | Bewertungsstatus        |        |        | 22.10.2015                                                                        |                                              |
| Reifestufe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                | 2                       |        |        | Reifegatetreffen        |        |        | 17.11.2015                                                                        |                                              |
| Reifevereinbarung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | 13.10.2015              |        |        | Modulreifegradstatus    |        |        |  |                                              |
| Planungs-<br>information                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Planungs-<br>attribut          | SOLL-Reifegrad          |        |        | IST-Reifegrad           |        |        |                                                                                   |                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                | Attribut                | Ä-WS   | Ä-B    | Attribut                | Ä-WS   | Ä-B    | S                                                                                 | Anmerkung                                    |
| Produktions-<br>flächen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Segment                        | vor-<br>handen          | gering | gering | vor-<br>handen          | mittel | mittel |  | Materialfluss<br>Blechwerkstatt<br>zu klären |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Linie/<br>Einheit              | vor-<br>handen          | mittel | hoch   | vor-<br>handen          | Mittel | hoch   |  | Keine Aktion                                 |
| Logistik-<br>flächen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Waren-<br>eingang/<br>-ausgang | vor-<br>handen          | mittel | mittel | vor-<br>handen          | hoch   | hoch   |  | Nord oder West<br>Ausrichtung zu<br>klären   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ladedocks                      | nicht<br>vor-<br>handen | -      | -      | nicht<br>vor-<br>handen | -      | -      |  | Keine Aktion                                 |
| Legende: Ä-WS = Änderungswahrscheinlichkeit; Ä-B = Änderungsbreite; S = Status   Farbe:  = Rot,  = Gelb,  = Grün |                                |                         |        |        |                         |        |        |                                                                                   |                                              |

Abbildung 8-20: Beispiel einer Reifegrad-Controllingkarte<sup>881</sup><sup>881</sup> I. A. a. Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement, S. 142.

## 8.9 Ergänzende Informationen zum Lösungsraummanagement

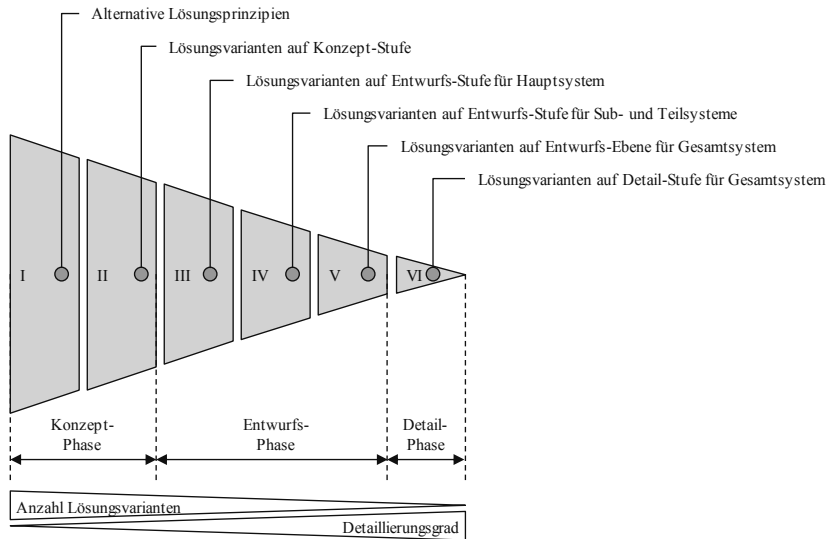


Abbildung 8-21: Abstraktionsstufen der Lösungsräume<sup>882</sup>

<sup>882</sup> I. A. a. Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management, S. 159.

## 8.10 Ergänzende Informationen zu den Kompetenzen der Subjekte

Tabelle 8-7: Übersicht der Informations- und Modulinteraktionen

| Modul | Summe der intermodularen Planungsinformationen | Anzahl der Interaktionsmodule |
|-------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| AVB   | 9                                              | 6                             |
| PZA   | 14                                             | 7                             |
| PST   | 16                                             | 8                             |
| KAP   | 16                                             | 12                            |
| TKP   | 7                                              | 4                             |
| PRO   | 21                                             | 13                            |
| PSP   | 20                                             | 11                            |
| PRG   | 15                                             | 9                             |
| PER   | 15                                             | 13                            |
| ITP   | 14                                             | 8                             |
| LAY   | 59                                             | 24                            |
| FMP   | 36                                             | 23                            |
| APG   | 35                                             | 21                            |
| PLP   | 64                                             | 23                            |
| ZPL   | 6                                              | 5                             |
| SAW   | 6                                              | 3                             |
| WSP   | 24                                             | 14                            |
| UMS   | 7                                              | 7                             |
| WIB   | 16                                             | 8                             |
| ATP   | 58                                             | 20                            |
| TWP   | 11                                             | 5                             |
| IAP   | 28                                             | 16                            |
| SAP   | 12                                             | 8                             |
| RTA   | 24                                             | 13                            |
| GBB   | 11                                             | 5                             |
| BSP   | 30                                             | 19                            |
| FIA   | 10                                             | 6                             |
| AWG   | 12                                             | 6                             |
| GAP   | 12                                             | 7                             |
| FP    | 27                                             | 12                            |
| KVA   | 15                                             | 9                             |
| AAP   | 6                                              | 6                             |
| WVA   | 15                                             | 9                             |
| EBP   | 17                                             | 10                            |

|     |                                    |     |                                        |     |                                                            |
|-----|------------------------------------|-----|----------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------|
| AVB | Arbeitsvorbereitung                | APG | Arbeitsplatzgestaltung                 | GBB | Planung der Gründung und Bodenbelastung                    |
| PZA | Prozessanalyse                     | PLP | Produktionslogistikplanung             | BSP | Brandschutzplanung                                         |
| PST | Produktionssteuerungsplanung       | ZPL | Zielplanung                            | FIA | Planung der fernmelde- und informationstechnischen Anlagen |
| KAP | Kapazitätsplanung                  | SAW | Standortauswahl                        | AWG | Planung der Abwasser-, Wasser- und Gasanlagen              |
| TKP | Technologiekettenplanung           | WSP | Werksstrukturplanung                   | GAP | Gebäudeautomationsplanung                                  |
| PRO | Produktanalyse                     | UMS | Umsetzungsplanung                      | FP  | Fassadenplanung                                            |
| PSP | Produktionsstrukturplanung         | WIB | Wirtschaftlichkeitsberechnung          | KVA | Planung der Kälteanlagen für RLT-Anlagen                   |
| PRG | Produktprogrammanalyse             | ATP | Architektonische Planung               | AAP | Außenanlagenplanung                                        |
| PER | Personal- und Organisationsplanung | TWP | Tragwerksplanung                       | WVA | Planung der Wärmeversorgungsanlagen                        |
| ITP | IT-Planung                         | IAP | Innenausbauplanung                     | EBP | Energie- und Bauphysikplanung                              |
| LAY | Layoutplanung                      | SAP | Starkstromanlagenplanung               |     |                                                            |
| FMP | Fertigungsmittelplanung            | RTA | Planung der Raumlufthechnischen Anlage |     |                                                            |

| Modul     | Planungsinformationen (nach Informationsausgang) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Insgesamt |     |     |    |     |     |     |     |       |           |       |           |
|-----------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|-----------|-------|-----------|
|           | AVB                                              | PZA | PST | KAP | PRO | TKP | PRO | PSP | PRG | PER | ITP | LAY | FMP | APG | PLP | ZPL | SAW | WSP | UMS | WIB | ATP | TWP | IAP | SAP | RTA | GBB | FIA       | AWG | GAP | FP | KVA | AAP | WVA | EBP | Summe | Schritzt. | Summe | Schritzt. |
| AVB       | 0                                                | 0   | 0   | 2   | 0   | 1   | 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   | 9     | 6         |       |           |
| PZA       | 1                                                | 2   | 1   | 3   | 2   | 0   | 1   | 0   | 0   | 4   | 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     | 14        | 7     |           |
| PST       | 3                                                | 0   | 3   | 1   | 0   | 3   | 1   | 0   | 3   | 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     | 15        | 7     |           |
| KAP       | 0                                                | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   | 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     | 11        | 10    |           |
| PRO       | 3                                                | 1   | 2   | 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   | 0   | 0     | 6         | 3     |           |
| TKP       | 1                                                | 4   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 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     | 12        | 9     |           |
| PRO       | 1                                                | 0   | 1   | 4   | 0   | 2   | 3   | 0   | 1   | 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     | 12        | 6     |           |
| PSP       | 0                                                | 0   | 0   | 0   | 2   | 0   | 1   | 0   | 2   | 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     | 5         | 3     |           |
| PRG       | 2                                                | 2   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0         | 0   | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     | 13        | 11    |           |
| PER       | 1                                                | 0   | 2   | 1   | 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   | 0     | 7         | 4     |           |
| ITP       | 3                                                | 4   | 17  | 0   | 3   | 1   | 2   | 4   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1         | 1   | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 0     | 49        | 19    |           |
| LAY       | 2                                                | 1   | 0   | 2   | 1   | 3   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 2   | 1   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0         | 1   | 0   | 1  | 0   | 1   | 0   | 1   | 0     | 25        | 18    |           |
| FMP       | 3                                                | 0   | 1   | 0   | 2   | 0   | 2   | 2   | 0   | 2   | 2   | 0   | 1   | 2   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0         | 1   | 0   | 1  | 0   | 1   | 0   | 1   | 0     | 1         | 21    | 13        |
| APG       | 0                                                | 3   | 0   | 0   | 5   | 3   | 3   | 2   | 3   | 0   | 2   | 1   | 0   | 1   | 0   | 2   | 1   | 0   | 1   | 0   | 2   | 1   | 0   | 2   | 1   | 0   | 2         | 1   | 0   | 2  | 1   | 0   | 2   | 29  | 12    | 64        | 23    |           |
| PLP       | 1                                                | 1   | 1   | 2   | 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   | 5     | 4         |       |           |
| ZPL       | 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  | 0   | 0   | 0   | 0   | 10    | 5         |       |           |
| SAW       | 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  | 0   | 0   | 0   | 0   | 5     | 2         |       |           |
| WSP       | 0                                                | 3   | 0   | 0   | 3   | 1   | 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   | 10    | 5         |       |           |
| UMS       | 1                                                | 1   | 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   | 0   | 0   | 3     | 3         |       |           |
| WIB       | 4                                                | 2   | 1   | 4   | 0   | 3   | 1   | 4   | 1   | 5   | 4   | 0   | 3   | 36  | 12  | 58  | 20  | 8   | 16  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7         | 7   | 7   | 7  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7     | 7         |       |           |
| ATP       | 1                                                | 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   | 0   | 0   | 0   | 4     | 1         |       |           |
| TWP       | 4                                                | 2   | 1   | 4   | 0   | 3   | 1   | 4   | 1   | 5   | 4   | 0   | 3   | 36  | 12  | 58  | 20  | 8   | 16  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7         | 7   | 7   | 7  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7     | 7         |       |           |
| IAP       | 2                                                | 2   | 0   | 2   | 1   | 0   | 2   | 0   | 2   | 1   | 0   | 2   | 0   | 2   | 1   | 16  | 9   | 28  | 16  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7         | 7   | 7   | 7  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7     | 7         |       |           |
| SAP       | 0                                                | 2   | 0   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 3   | 2   | 12  | 8   | 13  | 5   | 24  | 8   | 13  | 5   | 24        | 8   | 13  | 5  | 24  | 8   | 13  | 5   | 24    | 8         |       |           |
| RTA       | 0                                                | 2   | 0   | 0   | 0   | 3   | 1   | 0   | 1   | 2   | 1   | 0   | 2   | 9   | 0   | 11  | 5   | 24  | 8   | 13  | 5   | 24  | 8   | 13  | 5   | 24  | 8         | 13  | 5   | 24 | 8   | 13  | 5   | 24  | 8     | 13        | 5     |           |
| GBB       | 0                                                | 2   | 0   | 0   | 0   | 3   | 1   | 0   | 1   | 2   | 1   | 0   | 2   | 9   | 0   | 11  | 5   | 24  | 8   | 13  | 5   | 24  | 8   | 13  | 5   | 24  | 8         | 13  | 5   | 24 | 8   | 13  | 5   | 24  | 8     | 13        | 5     |           |
| BSP       | 1                                                | 1   | 2   | 2   | 1   | 2   | 0   | 1   | 1   | 2   | 0   | 1   | 2   | 0   | 11  | 7   | 30  | 19  | 6   | 10  | 6   | 10  | 6   | 10  | 6   | 10  | 6         | 10  | 6   | 10 | 6   | 10  | 6   | 10  | 6     | 10        | 6     |           |
| FIA       | 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  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     | 10        | 6     |           |
| AWG       | 3                                                | 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   | 0   | 0   | 0   | 0     | 12        | 6     |           |
| GAP       | 2                                                | 0   | 2   | 4   | 8   | 3   | 27  | 12  | 6   | 4   | 8   | 3   | 27  | 12  | 6   | 4   | 8   | 3   | 27  | 12  | 6   | 4   | 8   | 3   | 27  | 12  | 6         | 4   | 8   | 3  | 27  | 12  | 6   | 4   | 8     | 3         | 27    | 12        |
| FP        | 0                                                | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1         | 1   | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1     | 15        | 9     |           |
| KVA       | 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  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     | 6         | 3     |           |
| AAP       | 1                                                | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1         | 1   | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1     | 15        | 9     |           |
| WVA       | 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  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     | 15        | 9     |           |
| EBP       | 0                                                | 0   | 1   | 5   | 1   | 9   | 8   | 10  | 2   | 7   | 10  | 11  | 14  | 35  | 1   | 1   | 14  | 4   | 12  | 22  | 10  | 12  | 9   | 15  | 11  | 19  | 10        | 12  | 9   | 19 | 14  | 6   | 14  | 17  | 0     | 17        | 10    |           |
| Summe     | 0                                                | 0   | 1   | 2   | 1   | 4   | 5   | 6   | 2   | 4   | 5   | 8   | 11  | 1   | 1   | 9   | 4   | 7   | 8   | 4   | 7   | 6   | 8   | 5   | 12  | 6   | 6         | 9   | 8   | 6  | 8   | 10  | 10  | 10  | 10    | 10        |       |           |
| Schritzt. | 0                                                | 0   | 1   | 2   | 1   | 4   | 5   | 6   | 2   | 4   | 5   | 8   | 11  | 1   | 1   | 9   | 4   | 7   | 8   | 4   | 7   | 6   | 8   | 5   | 12  | 6   | 6         | 9   | 8   | 6  | 8   | 10  | 10  | 10  | 10    | 10        |       |           |

Abbildung 8-22: Analyse der intermodularen Informationsflüsse



## **Kompetenzprofile der weiteren Rollen**

### **Kompetenzprofil der Teamleitung**

Die Teamleitung ist für ein Modul verantwortlich und muss dementsprechend ebenfalls über ausgeprägte Fach- und Methodenkompetenzen verfügen. Gleichzeitig muss sie die Arbeit des Teams koordinieren und ggf. Prioritäten von Aufgaben beurteilen, was über die Arbeit der Planer hinausgeht. Dies zieht auch die Forderung nach einer erhöhten personalen Kompetenz nach sich, vor allem des Selbstmanagements sowie des eigenverantwortlichen Handelns. Im Bereich der Aktivitäts- und Handlungskompetenz ist das zielorientierte Führen als zentrale Kompetenz zu benennen, da die Teamleitung die Ergebnisverantwortung innerhalb eines Sprints innehat und Nicht-Erreichen der Sprint-Ziele zu einer Gefährdung des Gesamtzeitplans des Projekts führt. Aufgrund der teamübergreifenden Kommunikation in den Scrum-of-Scrum-Meetings (vgl. Kapitel 5.2.7), müssen sie zudem über ausgeprägte sozial-kommunikative Kompetenzen verfügen. Das vollständige Kompetenzprofil der Teamleitung ist in Abbildung 8-23 dargestellt.

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                          |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                                    |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfreudigkeit               | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                         |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen            |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                                    |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                         |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionstärke       | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit             |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                                    |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisch-methodisches Vorgehen |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktkenntnisse                    |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                                    |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse       |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                                    |

Abbildung 8-23: Kompetenzprofil der Teamleitung

### **Kompetenzprofil der Projektlotsen**

Aufgabe der Projektlotsen ist vor allem die methodische Unterstützung der Projektteams. Wiederum sind hierzu Fach- und Methodenkompetenzen unerlässliche Voraussetzung. Hervorzuheben ist dabei die Organisationsfähigkeit, da der Projektlotse eine zentrale Rolle im agilen Projektmanagement einnimmt (vgl. Kapitel 5.2.7). Da er ständig interagiert, kommt den sozial-kommunikativen Kompetenzen ebenfalls eine hohe Bedeutung zu. Im Gegensatz zu den anderen Rollen stellt die Beratungsfähigkeit aufgrund ihrer unterstützenden Funktion eine zentrale Kompetenz für die Projektlotsen dar. Ebenfalls wichtig im Beratungskontext sind die personalen Kompetenzen Hilfsbereitschaft, Mitarbeiterförderung und ganzheitliches Denken, damit der Projektlotse ständig im Sinne eines Gesamtoptimums auf das Projektteam einwirken kann. In der praktischen Erfahrung des Autors hat sich gezeigt, dass häufig Abneigungen gegen die Rolle eines Projektlotsen entwickelt werden, da die Tätigkeit weniger als Hilfe denn als Bevormundung verstanden wird, die den persönlichen wie auch fachlichen Freiraum begrenzt. Aus diesem Grund muss ein Projektlotse über Beharrlichkeit verfügen und an verschiedenen Stellen Konsequenz beweisen, um den Projekterfolg sicherzustellen. Das vollständige Kompetenzprofil eines Projektlotsen ist in Abbildung 8-24 dargestellt.

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                          |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                                    |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfreudigkeit               | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                         |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen            |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                                    |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                         |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionsstärke      | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit             |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                                    |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisch-methodisches Vorgehen |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktkenntnisse                    |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                                    |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse       |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                                    |

Abbildung 8-24: Kompetenzprofil der Projektlotsen

### **Kompetenzprofil der Projektleitung**

Die Projektleitung ist die zentrale Einheit in einem Fabrikplanungsprojekt mit vielfachen Aufgaben. Dementsprechend gleichmäßig verteilen sich ihre Kompetenzen auf die einzelnen Bereiche. Auch wenn sie kein Experte in allen Teildisziplinen sein muss, muss sie doch über das nötige Fachwissen sowie Schnittstellenkenntnisse verfügen, um Streitpunkte inhaltlich beurteilen zu können. Auf personaler Ebene muss sie stets das Gesamtprojekt im Blick haben, sich selbst und das Team organisieren und eigenverantwortliche Entscheidungen treffen. Da ihr die Ergebnisverantwortung obliegt, ist ein zielorientiertes Führen des Teams notwendig, was von der Projektleitung Initiative und Belastbarkeit verlangt. In diesem Führungskontext spielen auch die sozial-kommunikativen Kompetenzen eine zentrale Rolle. Kommunikation ist eine der zentralen Aufgaben der Projektleitung. Probleme und Konflikte sind frühzeitig und nachhaltig zu lösen, damit diese sich nicht auf die Stimmung und Leistung im Team auswirken. Hierbei hilft der Projektleitung eine gute Akquisitionsstärke, die es ihr ermöglicht, das Team emotional für sich zu gewinnen und so zu motivieren. Das vollständige Kompetenzprofil der Projektleitung ist in Abbildung 8-25 dargestellt.

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                          |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                                    |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfreudigkeit               | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                         |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen            |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                                    |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                         |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionstärke       | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit             |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                                    |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisch-methodisches Vorgehen |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktkenntnisse                    |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                                    |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse       |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                                    |

Abbildung 8-25: Kompetenzprofil der Projektleitung

### Kompetenzprofil des Steuerkreises

Wesentliche Aufgaben des Steuerkreises sind die strategische Lenkung des Projekts und das Treffen zentraler Entscheidungen, dementsprechend rückt die Entscheidungsfähigkeit in den Fokus. Diese Entscheidungen decken sich dabei nicht zwangsläufig mit den Interessen der am Projekt beteiligten Personen, daher müssen die Entscheidungen problem- und konfliktlösungsorientiert gestaltet, gleichzeitig aber mit Konsequenz verfolgt werden. Um effektive Entscheidungen zu treffen, muss der Steuerkreis über ganzheitliches Denkvermögen, Beurteilungsfähigkeit und Folgebewusstsein verfügen. Das vollständige Kompetenzprofil des Steuerkreises ist in Abbildung 8-26 dargestellt.

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                              |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                    |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                              |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfreudigkeit               | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                   |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen      |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                              |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                   |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionstärke       | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit       |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                              |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisches Vorgehen      |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktkenntnisse              |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                              |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                              |

Abbildung 8-26: Kompetenzprofil des Steuerkreises

### Kompetenzprofil des operativen Multiprojektmanagements

FP-MPM verantwortet in einem Multiprojekt-Sinne alle laufenden sowie den Anstoß neuer Projekte. Auf personaler Ebene sind das Selbstmanagement sowie das ganzheitliche Denken die zentralen Kompetenzen, da FP-MPM im hier vorgestellten Management-Modell weitestgehend autonom agiert und stets das globale Optimum für die Fabrikplanung erzielen muss. Um dieses Ziel zu erreichen, muss es ein stark an den gewünschten Ergebnissen orientiertes Handeln an den Tag legen und die Projekte konsequent zielorientiert führen. In einer Multiprojekt-Organisation werden zwangsläufig Konflikte zwischen den einzelnen Projekten, bspw. bezogen auf Ressourcen, auftreten. Um die daraus und den zu treffenden Entscheidungen resultierenden Probleme möglichst gering zu halten, ist ähnlich wie für den Steuerkreis ein konflikt- und problemlösungsorientiertes Handeln notwendig. Auf fachlicher Ebene sind aufgrund der Vielzahl an Projekten eine hohe Organisationsfähigkeit sowie ein gutes (Multi-)Projekt-

management ausschlaggebend. Da die Entscheidungen von FP-MPM, vor allem mit Blick auf die Ressourcenverwaltung, einen hohen Einfluss auf die Leistung der einzelnen Projekte haben, ist die Fähigkeit zur Beurteilung der vorliegenden Situation sowie der Folgen von zentraler Bedeutung. Das vollständige Kompetenzprofil von FP-MPM ist in Abbildung 8-27 dargestellt.

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                              |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                    |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                              |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfreudigkeit               | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                   |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen      |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                              |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                   |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionstärke       | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit       |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                              |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisches Vorgehen      |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktkennntnisse             |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                              |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                              |

Abbildung 8-27: Kompetenzprofil von FP-MPM

### Kompetenzprofil von FP-ST

FP-ST fokussiert vor allem die langfristige Entwicklung. Zentrale Kompetenzen sind in diesem Zusammenhang Offenheit und Lernbereitschaft, um stets das Potenzial von Veränderungen im Umfeld erfassen und bewerten zu können. Entwicklungen dürfen dabei nicht singular, sondern müssen ganzheitlich betrachtet werden. Gestaltungswille und Innovationsfreude sind wichtige Aktivitäts- und Handlungskompetenzen, um die Entwicklungen im Umfeld in konkrete Impulse für die Fabrikplanung zu überführen. Nicht selten treten dabei Probleme auf, die von FP-ST integriert (z. B. unter Betrachtung



aller Domänen der Fabrikplanung) gelöst werden müssen. Zur Vermittlung der Lösungen muss FP-ST über starke Kommunikationsfähigkeiten verfügen. Analytische und konzeptionelle Fähigkeiten stehen im Mittelpunkt der Fach- und Methodenkompetenzen. Die Analyse wird benötigt, um Entwicklungen richtig verstehen und deuten zu können. Auf Basis der Ergebnisse sind im nächsten Schritt neue Konzepte für die Fabrikplanung zu entwickeln. Fachwissen, Beurteilungsvermögen sowie das Bewusstsein für die Folgen der Implementierung dieser Konzepte vervollständigen das Kompetenzprofil von FP-ST. Das Kompetenzprofil von FP-ST ist in Abbildung 8-28 dargestellt.

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                              |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                    |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                              |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfähigkeit                 | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                   |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen      |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                              |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                   |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionsstärke      | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit       |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                              |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisches Vorgehen      |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktkennntnisse             |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                              |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                              |

Abbildung 8-28: Kompetenzprofil von FP-ST

### Kompetenzprofil von FP-LW

Das normative Leitwerk definiert die normativen Rahmenbedingungen für die Fabrikplanung, im Besonderen die Vision, den Kern der Kultur sowie die Organisationsverfassung. Entsprechend seiner Aufgabe sind eine normative-ethische Einstellung und ein daran konsequent ausgerichtetes, glaubwürdiges Handeln zentrale Kompetenzen des normativen Leitwerks. Die Zuverlässigkeit und ein grundlegender Optimismus geben den Mitarbeitern Orientierung und motivieren sie, im Sinne des Gesamtsystems zu handeln. Im Rahmen seiner Arbeit kann es vorkommen, dass das normative Leitwerk zwischen strategischen und operativen Belangen priorisieren muss. Um diese Entscheidungen zukunftsweisend treffen zu können, benötigt es Beurteilungsvermögen und Folgebewusstsein sowie gute Kommunikationsfähigkeiten, um FP-ST bzw. FP-MPM seine Entscheidungen so zu vermitteln, dass sie sowohl den Sinn der Entscheidung verstehen als auch weiter Vertrauen in das Leitwerk haben (vgl. Abbildung 8-29).

| P Personale Kompetenz            |                                     |                         |                             | Aktivitäts- und Handlungskompetenz A |                       |                              |                              |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| Loyalität                        | Normativ-ethische Einstellung       | Einsatzbereitschaft     | Selbstmanagement            | Entscheidungsfähigkeit               | Gestaltungswille      | Tatkraft                     | Mobilität                    |
| P                                |                                     | P / A                   |                             | A / P                                |                       | A                            |                              |
| Glaubwürdigkeit                  | Eigenverantwortung                  | Schöpferische Fähigkeit | Offenheit für Veränderungen | Innovationsfreudigkeit               | Belastbarkeit         | Ausführungsbereitschaft      | Initiative                   |
| Humor                            | Hilfsbereitschaft                   | Lernbereitschaft        | Ganzheitliches Denken       | Optimismus                           | Soziales Engagement   | Ergebnisorientiertes Handeln | Zielorientiertes Führen      |
| P / S                            |                                     | P / F                   |                             | A / S                                |                       | A / F                        |                              |
| Mitarbeiterförderung             | Delegieren                          | Disziplin               | Zuverlässigkeit             | Impulsgeben                          | Schlagfertigkeit      | Beharrlichkeit               | Konsequenz                   |
| Konfliktlösungsfähigkeit         | Integrationsfähigkeit               | Akquisitionsstärke      | Problemlösungsfähigkeit     | Wissensorientierung                  | Analytische Fähigkeit | Konzeptionsstärke            | Organisationsfähigkeit       |
| S / P                            |                                     | S / A                   |                             | F / P                                |                       | F / A                        |                              |
| Teamfähigkeit                    | Dialogfähigkeit, Kundenorientierung | Experimentierfreude     | Beratungsfähigkeit          | Sachlichkeit                         | Beurteilungsvermögen  | Fleiß                        | Systematisches Vorgehen      |
| Kommunikationsfähigkeit          | Kooperationsfähigkeit               | Sprachgewandtheit       | Verständnisbereitschaft     | Projektmanagement                    | Folgebewusstsein      | Fachwissen                   | Marktkenntnisse              |
| S                                |                                     | S / F                   |                             | F / S                                |                       | F                            |                              |
| Beziehungsmanagement             | Anpassungsfähigkeit                 | Pflichtgefühl           | Gewissenhaftigkeit          | Lehrfähigkeit                        | Fachliche Anerkennung | Planungsverhalten            | Fachübergreifende Kenntnisse |
| S Sozial-kommunikative Kompetenz |                                     |                         |                             | Fach- und Methodenkompetenz F        |                       |                              |                              |

Abbildung 8-29: Kompetenzprofil des normativen Leitwerks

## 8.11 Ergänzende Prozessmodelle der Fabrikplanung zu Kapitel 5.3

### 8.11.1 Prozessmodell zu Prozess 1

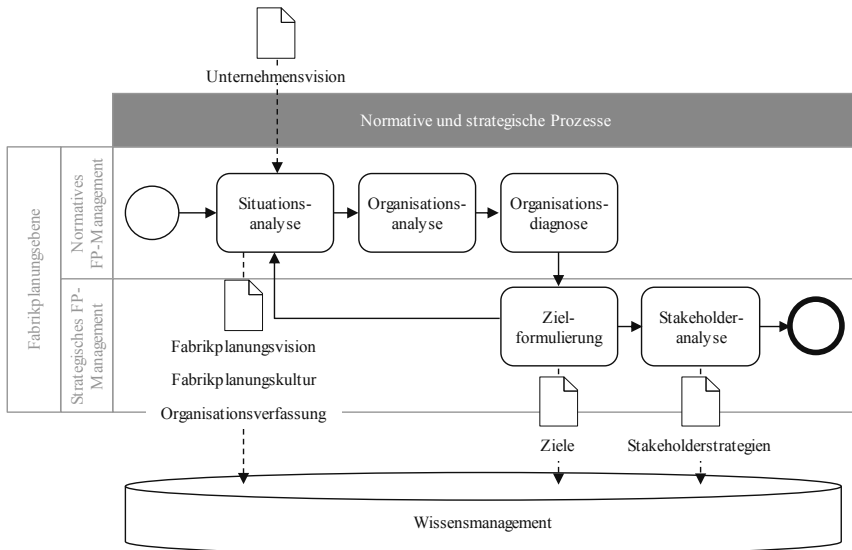


Abbildung 8-30: Prozesse der normativen und strategischen Initiierung

8.11.2 Prozessmodell zu Prozess 2

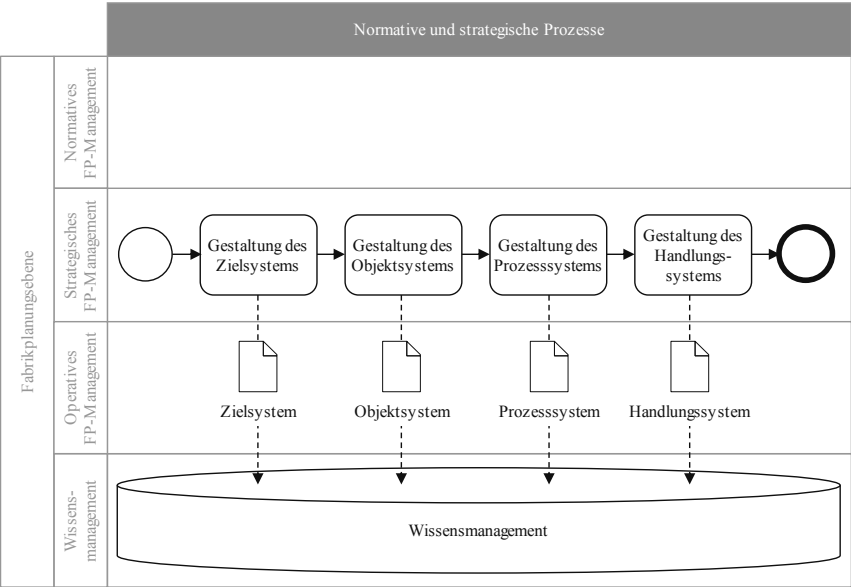


Abbildung 8-31: Prozesse der organisatorischen Gestaltung

## 8.11.3 Prozessmodell zu Prozess 3

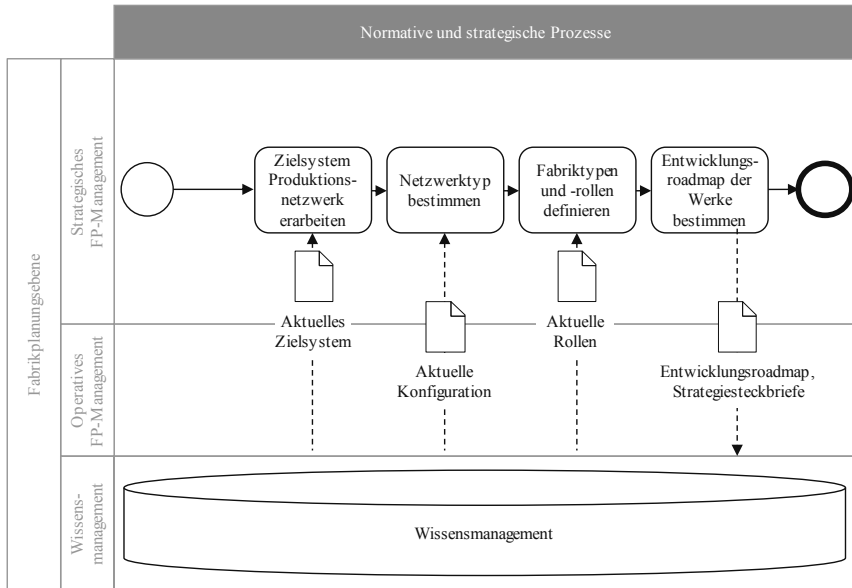


Abbildung 8-32: Prozesse der Produktionsnetzwerkplanung

## 8.11.4 Prozessmodell zu Prozess 4

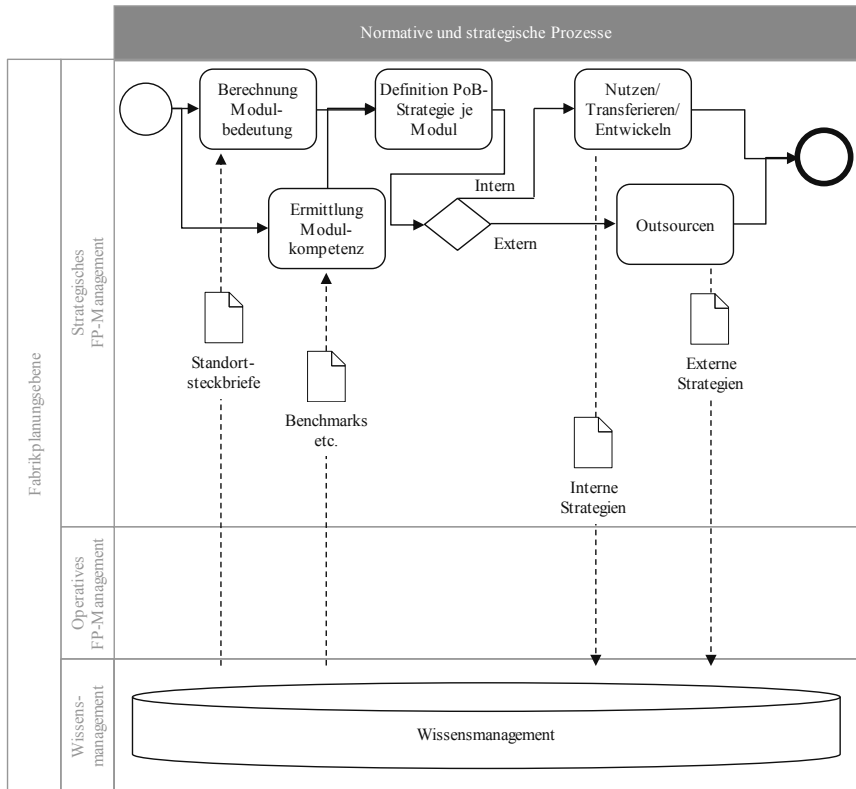


Abbildung 8-33: Prozesse der strategischen PoB-Entscheidung

## 8.11.5 Prozessmodell zu Prozess 5

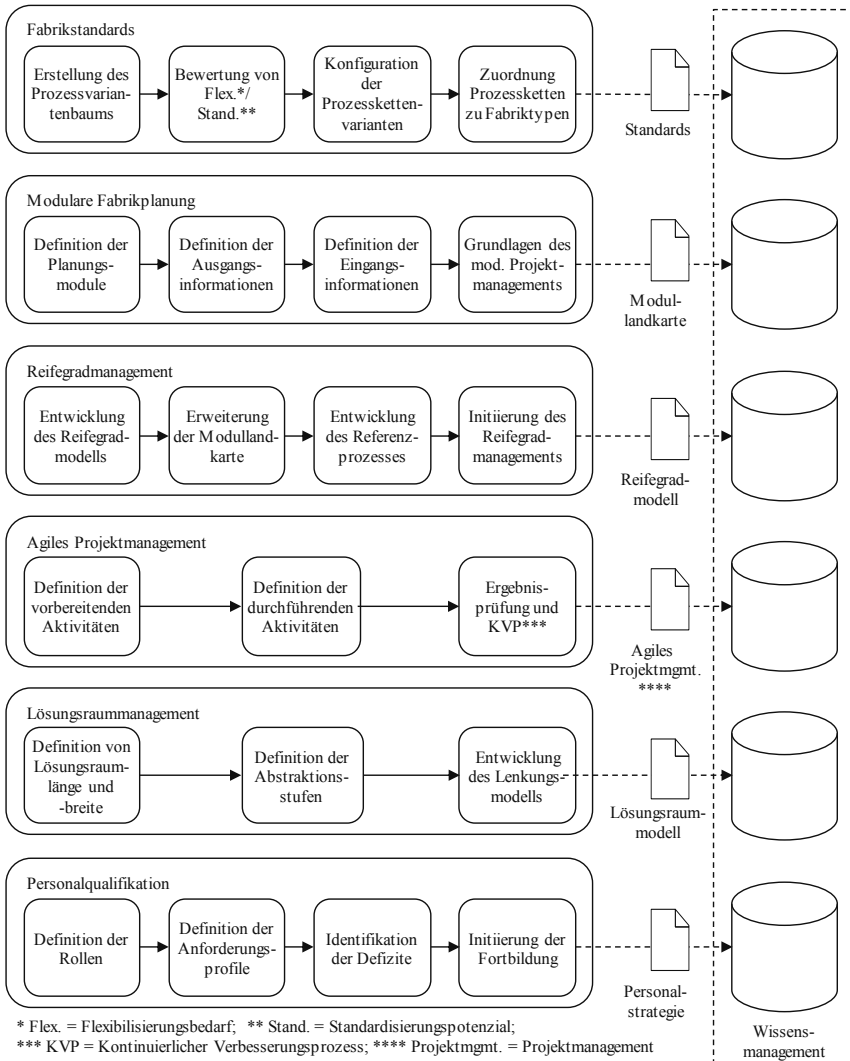


Abbildung 8-34: Prozesse der SEP-Gestaltung

8.11.6 Prozessmodell zu Prozess 6

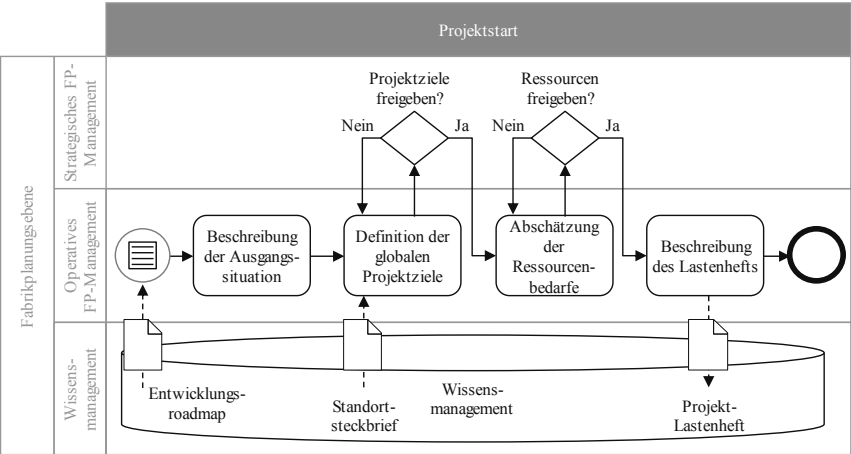


Abbildung 8-35: Prozesse der Projektinitiiierung



8.11.7 Prozessmodell zu Prozess 7

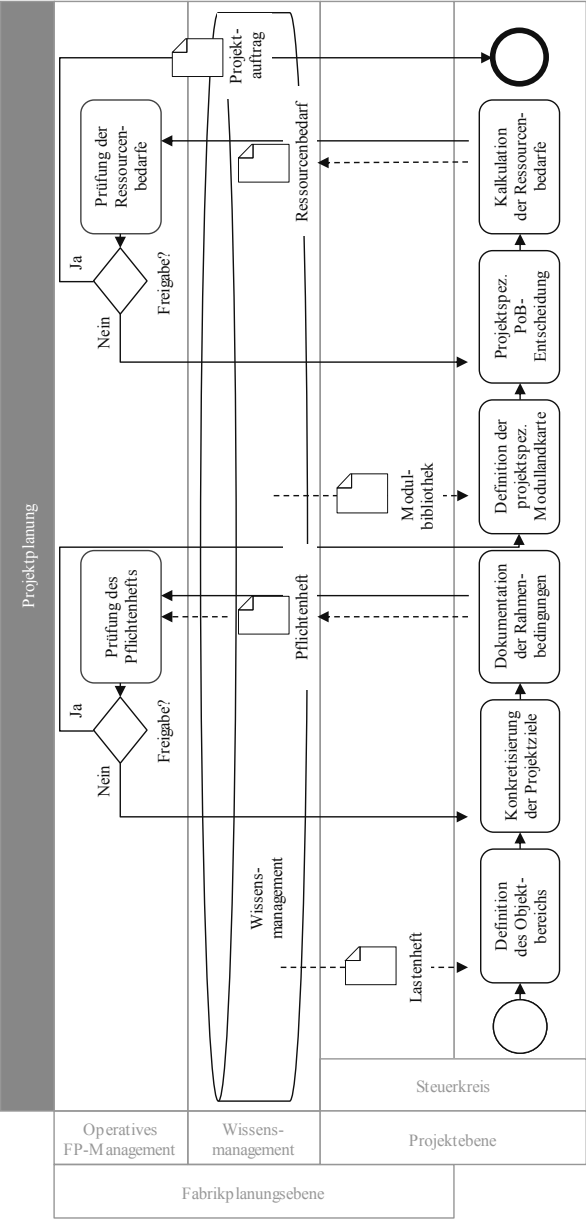


Abbildung 8-36: Prozesse der Projektplanung

## 8.11.8 Prozessmodell zu Prozess 8

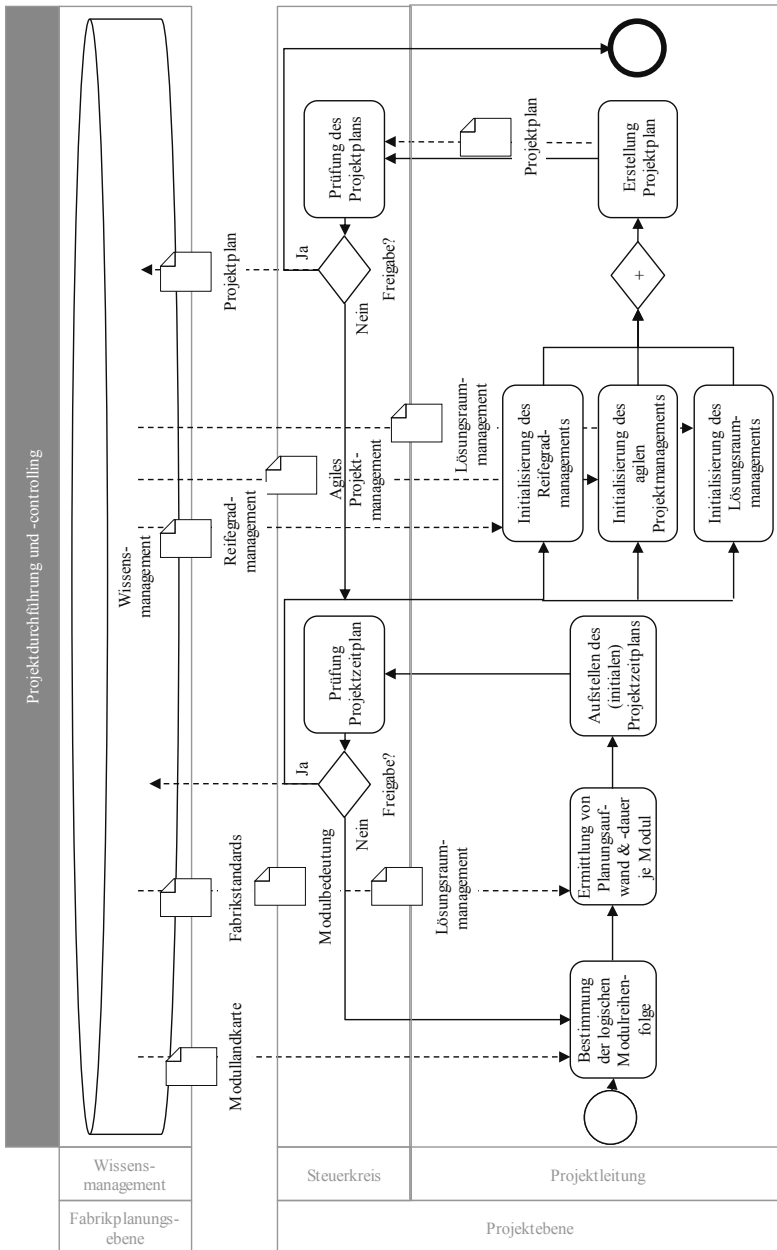


Abbildung 8-37: Prozesse der Projektdurchführung – Projektkonkretisierung

8.11.9 Prozessmodell zu Prozess 9

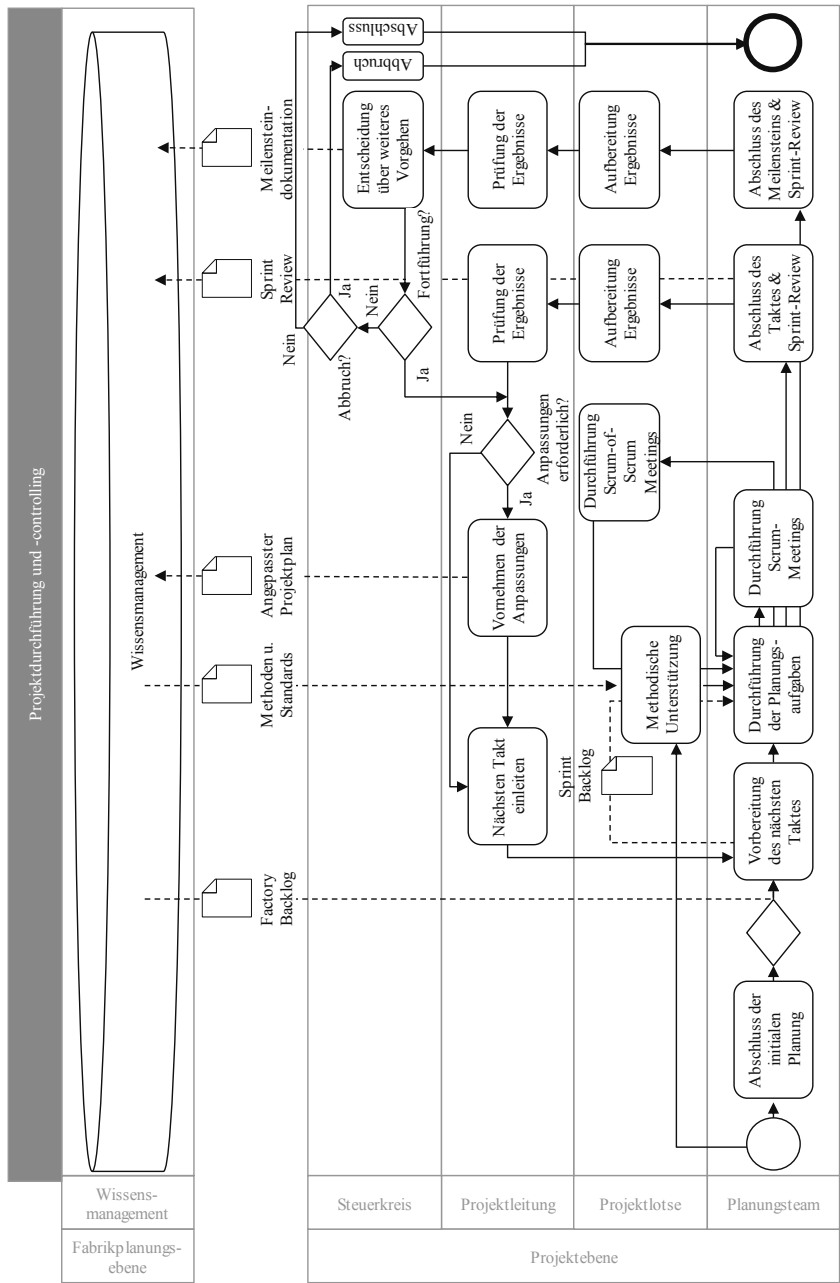


Abbildung 8-38: Prozesse der Projektdurchführung – Projektcontrolling

8.11.10 Prozessmodell zu Prozess 10

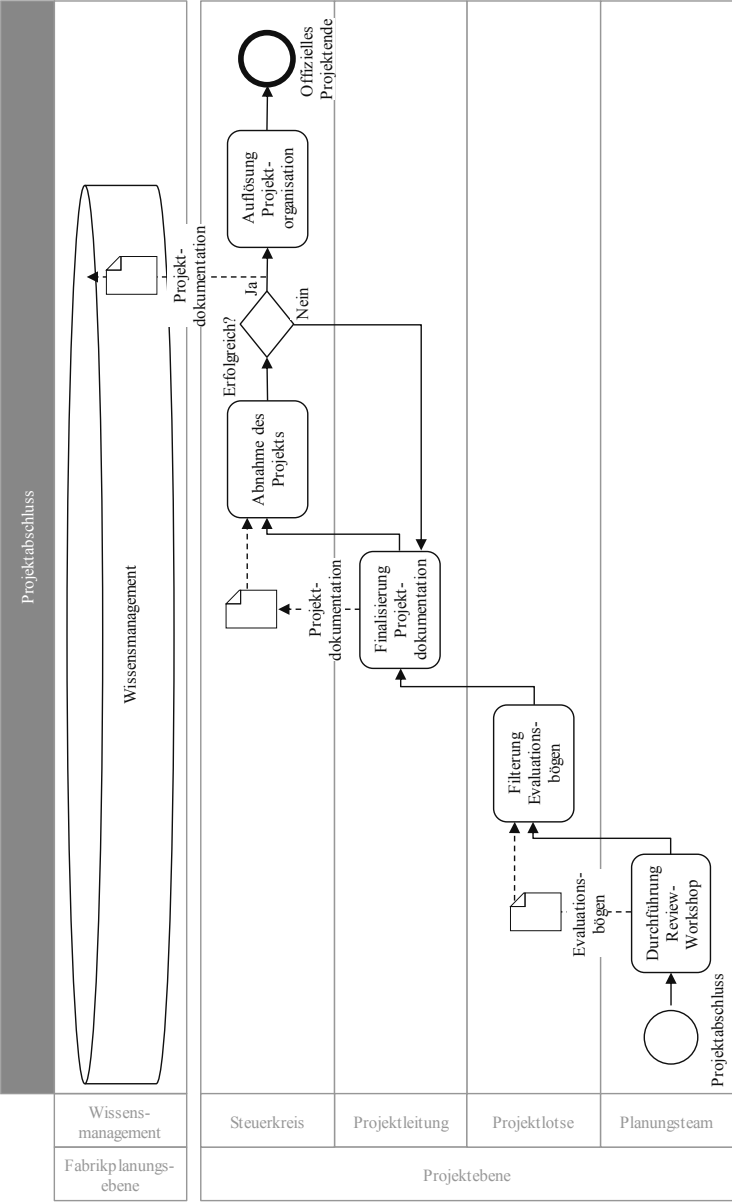


Abbildung 8-39: Prozesse des Projektabschlusses

8.11.11      Prozessmodell zu Prozess 11

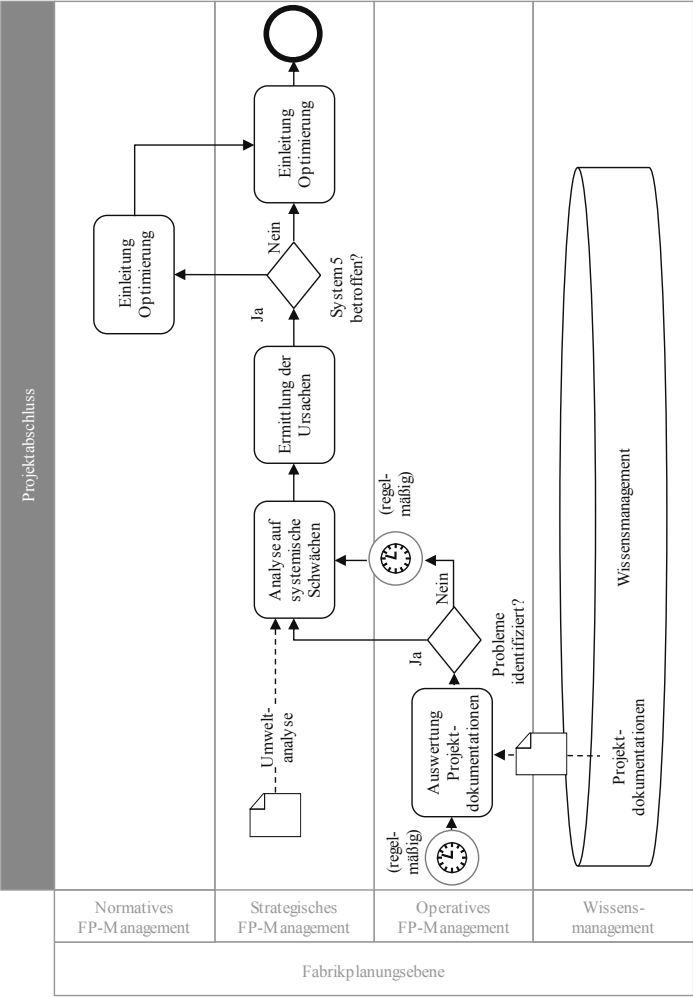


Abbildung 8-40: Prozesse der kybernetischen Regelung auf strategischer Ebene

## 9 Literaturverzeichnis

**Abele, E.; Reinhart, G. (2011) Zukunft der Produktion:**

Zukunft der Produktion – Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. Hanser, München, 2011.

**Abts, D.; Müller, W. (2017) Grundkurs Wirtschaftsinformatik:**

Grundkurs Wirtschaftsinformatik – Eine kompakte und praxisorientierte Einführung, 9. erweiterte und aktualisierte Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017.

**Adam, D. (1998) Komplexitätsmanagement:**

Komplexitätsmanagement. Gabler, Wiesbaden, 1998.

**Adam, D.; Johannville, U. (1998) Die Komplexitätsfalle:**

Die Komplexitätsfalle. In: Adam, D. (Hrsg.): Komplexitätsmanagement. Gabler, Wiesbaden, 1998, S. 5 - 28.

**Adler, P.; Mandelbaum, A. et al. (1995) From Project to Process Management:**

From Project to Process Management: An Empirically-based Framework for Analyzing Product Development Time. In: Management Science, Nr. 3, 41. Jg., 1995, S. 458-484.

**Aggteleky, B. (1987) Fabrikplanung:**

Fabrikplanung – Grundlagen, Zielplanung, Vorarbeiten. 2. Aufl., Hanser, München, 1987.

**Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung a:**

Fabrikplanung – Ausführungsplanung und Projektmanagement, Planungstechnik in der Realisationsphase. Hanser, München, 1990.

**Aggteleky, B. (1990) Fabrikplanung b:**

Fabrikplanung - Betriebsanalyse und Feasibility-Studie. 2. Aufl., Hanser, München, 1990.

**Ahrens, V. (1998) Dezentrale Produktionsplanung:**

Dezentrale Produktionsplanung und -steuerung – Systemtheoretische Grundlagen und Anwendungspotentiale. Dissertation, Universität Hannover, 1998.

**Akbas, A. (2015) Agent-Based and System Dynamics Modeling:**

Agent-Based and System Dynamics Hybrid Modeling and Simulation Approach Using Systems Modeling Language. , Dissertation, University of Central Florida, 2015.

**Anderton, R. (1996) The need for formal development of the VSM:**

The need for formal development of the VSM. In: Espejo, R. (Hrsg.): The viable system model – Interpretations and applications of Stafford Beer's VSM, [Repr.], J. Wiley, Chichester, New York, 1996, S. 39-50.

**Aristoteles (1966) Metaphysik:**

Metaphysik. Rowohlt, 1966.

**Appelo, J. (2011) Management 3.0:**

Management 3.0 – Leading Agile developers, developing agile leaders. Addison-Wesley, Upper Saddle River, N.J., 2011.

**Ashby, W. R. (1956) An Introduction to Cybernetics:**

An Introduction to Cybernetics. Chapman & Hall, London, 1956.

**Ashby, W. R. (1960) Design for a Brain**

Design for a Brain. Chapman & Hall, London, 1960.

**Babbage, C. (2009) On the economy of machinery and manufactures:**

On the economy of machinery and manufactures. Cambridge University Press, Cambridge, 2009.

**Badiru, A. B.; Omitaomu, O. A. (2011) Handbook of industrial engineering:**

Handbook of industrial engineering – equations, formulas, and calculations. CRC Press, Boca Raton, Fla., 2011.

**Baldegger, R. (2007) Management:**

Management – Strategie – Struktur – Kultur. Growth Publ, Fribourg, Bern, New York, NY, 2007.

**Barberi, A. (2017) Medienpädagogik**

Medienpädagogik als Sozialtechnologie im digital-kybernetischen Kapitalismus. Kybernetik, Systemtheorie und Gesellschaftskritik in Dieter Baackes Kommunikation und Kompetenz. In: Medienpädagogik, Nr. 27, 2017, S. 173-209.

**Bartuschat, M. (1995) Beherrschung der Variantenvielfalt:**

Beitrag zur Beherrschung der Variantenvielfalt in der Serienfertigung. Dissertation, TU Braunschweig, 1995.

**Baumeister, M. (2002) Fabrikplanung im turbulenten Umfeld:**

Fabrikplanung im turbulenten Umfeld – Methodik zur Zielplanung einer Fabrik unter Berücksichtigung eines turbulenten Unternehmensumfeldes und der übergeordneten Unternehmensziele. Dissertation, Universität Karlsruhe, 2002.

**Beckmann, H. (1996) Theorie einer evolutionären Logistik-Planung:**

Theorie einer evolutionären Logistik-Planung – Basiskonzepte der Unternehmensentwicklung in Zeiten zunehmender Turbulenz unter Berücksichtigung des Prototypingansatzes. Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1996.

**Beer, S. (1973) Kybernetische Führungslehre:**

Kybernetische Führungslehre. Herder & Herder, Frankfurt/Main, 1973.

**Beer, S. (1995) Brain of the firm:**

Brain of the firm - The managerial cybernetics of organization. Companion volume to "The heart of enterprise". 2. ed., paperback ed., Reprinted., Wiley, Chichester u.a., 1995.

**Beer, S. (1995) The heart of enterprise:**

The heart of enterprise. Companion volume to „Brain of the firm“. Reprinted, Wiley, Chichester [u.a.], 1995.

**Beer, S. (2000) Decision and control:**

Decision and control – The meaning of operational research and management cybernetics. Reprinted, Wiley, Chichester [u.a.], 2000.

**Beer, S. (2007) Diagnosing the system:**

Diagnosing the system for organizations. Reprinted, Wiley, Chichester [u.a.], 2007.

**Bejjani, C. et al. (2018) Flow Chart Based Information Modeling:**

Flow Chart Based Information Modeling for Factory Planning. In: Procedia CIRP 72, 2018, S. 410-415

**Beller, M. (2009) Entwicklung eines prozessorientierten Vorgehensmodells:**

Entwicklung eines prozessorientierten Vorgehensmodells zur Fabrikplanung. Dissertation, TU Dortmund, 2009.

**Beishon, J. (1980) Systems Organization:**

Systems Organization: The Management of Complexity – Introduction to Systems Thinking and Organization. Open University, Milton Keynes, 1980.

**Berendes, K. (2002) Lenkungscompetenz:**

Lenkungscompetenz in komplexen ökonomischen Systemen – Modellbildung, Simulation und Performanz. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2002.

**Bergholz, M. (2005) Objektorientierte Fabrikplanung:**

Objektorientierte Fabrikplanung. Dissertation, RWTH Aachen, 2005.

**Bergmann, R.; Garrecht, M. (2008) Organisation:**

Organisation und Projektmanagement. Physica, Heidelberg, 2008.



**Bernstein et al. (2016) Beyond the Holacracy Hype:**

Beyond the Holacracy Hype. In: Harvard Business Review, No. 4, 2016, S. 38-49.

**Bertalanffy, L. von (1968) General Systems Theory:**

General Systems Theory – Foundations, Development, Applications. George Braziller Inc., 1968.

Bertling, M. et al (2018) The Minimum Viable Production System:

The Minimum Viable Production System (MVPS) – An Approach for Agile (Automotive) Factory Planning in a Disruptive Environment. In: Advances in Production Research – Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Springer Cham, Aachen, 2018, S. 24-33.

**Biberger, U. (2010) Gestaltungshinweise:**

Gestaltungshinweise für agile Software-Entwicklungsprojekte unter dem Blickwinkel der Kybernetik. Grin Verlag, 2010.

**Blarr, W. H.; Wulf, T. (2012) Organizational ambidexterity:**

Organizational ambidexterity – Implications for the strategy-performance linkage. Springer Gabler, Wiesbaden, 2012.

**Bleicher, K. (2009) Normatives und strategisches Management:**

Normatives und strategisches Management in der Unternehmensentwicklung - Meilensteine der Entwicklung eines Integrierten Managements. Swiridoff, Künzelsau, 2009.

**Bleicher, K. (2011) Integriertes Management:**

Das Konzept Integriertes Management - Visionen - Missionen – Programme. 8. Aufl., Campus, Frankfurt/Main, 2011.

**Bliss, C. (2000) Management von Komplexität:**

Management von Komplexität - Ein integrierter, systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion. Dissertation, Universität Münster, 2000.

**Boero, R. (2015) Agent-based models of the economy:**

Agent-based models of the economy – From theories to applications. Palgrave Macmillan, Houndmills, Basingstoke, Hampshire, New York, 2015.

**Boos, W.; Völker, M.; Schuh, G. (2011) Grundlagen des Managements:**

Grundlagen des Managements produzierender Unternehmen. In: Schuh, G./ Kampker, A. (Hrsg.): Strategie und Management produzierender Unternehmen – Handbuch Produktion und Management 1. 2. Aufl., Springer, Berlin, 2011, S. 1-61.

**Boulding, K. (1956) General Systems Theory:**

General Systems Theory – The Skeleton of Science. In: Management Science, Nr. 3, 2. Jg., 1956, S. 197-208.

**Brecher, C. (2011) Integrative Produktionstechnik:**

Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer. Springer, Berlin, 2011.

**Brecher, C.; Müller, S. et al. (2013) Viable System Model for Manufacturing Execution Systems:**

Viable System Model for Manufacturing Execution Systems. In: Procedia CIRP – Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2013, S. 461-466.

**Buchholz, L. (2013) Strategisches Controlling:**

Strategisches Controlling – Grundlagen – Instrumente – Konzepte. 2. Aufl., Springer, Wiesbaden, 2013.

**Bullinger, H.-J.; Spath, D. et al. (2009) Handbuch Unternehmensorganisation:**

Handbuch Unternehmensorganisation – Strategien, Planung, Umsetzung. 3. Aufl., Springer, Berlin, 2009.

**Burggräf, P. (2012) Wertorientierte Fabrikplanung:**

Wertorientierte Fabrikplanung. Dissertation, RWTH Aachen, 2012.

**Burggräf, P. (2015) Quo vadis Industrial Production**

Quo vadis Industrial Production? Factories in the Global Environment. Presentation, Siegen, 2015.

**Burggräf, P. et al. (2016) Potentials of Factory Standards:**

Potentials of Factory Standards in Production Ramp-Ups. In: Procedia CIRP 51, 2016, S. 134-139.

**Burggräf, P. et al. (2018) Return on CPS:**

Return on CPS (RoCPS): An Evaluation Model to Assess the Cost Effectiveness of Cyber-Physical Systems for Small and Medium-Sized Enterprises. In: 2018 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology PICMET'18 Proceedings, Portland (USA), 2018, S. 1805-1813.

**Burggräf, P. et al. (2019) Simulating the benefit:**

Simulating the benefit of disruption prevention in assembly. In: Journal of Modeling in Management, Vol. 14, No. 1, 2019, S. 214-231.

**Burggräf, P. et al. (2019) Urban factories:**

Urban factories: Industry insights and empirical evidence within manufacturing companies in German-speaking countries. In: Procedia Manufacturing 28, 2018, S.83-89.

**Camerin, M. (2017) Mit Dienstleistungen wachsen:**

Mit Dienstleistungen wachsen – Wie Sie mit der 5-Schritte-Methodik die Wettbewerbsposition Ihres Unternehmens spürbar verbessern. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2017.

**Clausewitz, C. v.; Paret, P. et al. (2007) On war:**

On war. Oxford University Press, New York, 2007.

**Claussen, P. (2012) Die Fabrik als soziales System:**

Die Fabrik als soziales System – Wandlungsfähigkeit durch systemische Fabrikplanung und Organisationsentwicklung – ein Beispiel aus der Automobilindustrie. Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Gabler, Wiesbaden, 2012.

**Corsten, H. (2012) Handbuch Produktionsmanagement:**

Handbuch Produktionsmanagement – Strategie – Führung – Technologie. Gabler, Wiesbaden, 2012.

**Daenzer, W.; Huber, F. (1997) Systems Engineering:**

Systems Engineering – Methodik und Praxis. 9. Aufl., Industrielle Organisation, Zürich, 1997.

**Dannappel, M. et al. (2019) Human Machine Cooperation**

Human Machine Cooperation in Smart Production: Evaluation of the Organizational Readiness.

In: International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol. 8, No. 2, 2019, S. 327-332

**Danz, B. (2001) Entrepreneurship:**

Entrepreneurship und Unternehmertum – Denkstrukturen für eine neue Zeit. 1. Aufl., Gabler, Wiesbaden, 2001.

**Denscombe, M. (2008) Communities of Practice:**

Communities of Practice – A Research Paradigm for the Mixed Methods Approach. In: Journal of Mixed Methods Research, Nr. 3, 2. Jg., 2008, S. 270-283.

**Diaz-Fernandez, M.; Pasamar-Reyes, S. et al. (2017) Human capital and human resource management:**

Human capital and human resource management to achieve ambidextrous learning: A structural perspective. In: Business Research Quarterly, Nr. 1, 20. Jg., 2017, S. 63-77.

**DiMicco, J.; Geyer, W. et al. (2009) People Sensemaking:**

People Sensemaking and Relationship Building on an Enterprise Social Network Site. In: Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, Piscataway, 2009, S. 1-10.

**Dombrowski, U.; Evers, M. et al. (2013) Demografiefeste Arbeitssystemgestaltung:**

Demografiefeste Arbeitssystemgestaltung – Am Beispiel eines adaptiven Arbeitsplatzes. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 9, 108. Jg., 2013, S. 674-677.

**Dombrowski, U.; Ernst, S.; Boog, H. (2015) Multiprojektmanagement:**

Multiprojektmanagement in der Fabrikplanung - Integration des Multiprojektmanagements in die Umlanung von Fabriken unter Einsatz von virtuellen Teams. In: Industrie 4.0 Management, Nr. 4, 31. Jg., 2015, S. 43-47.

**Dombrowski, U.; Quack, S. (2007) Tuning- und Anpassungsmaßnahmen:**

Kontinuierliche und systematische Tuning- und Anpassungsmaßnahmen während des Fabrikbetriebs. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 12, 102. Jg., 2007, S. 839-843.

**Dombrowski, U.; Tiedemann, H. et al. (2001) Visionen für die Digitale Fabrik:**

Visionen für die Digitale Fabrik. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 3, 96. Jg., 2001, S. 96-100.

**Dombrowski, U.; Riechel, C. et al. (2011) Enforcing Employees Participation:**

Enforcing employees participation in the factory planning process. In: Proceedings of the International Symposium on Assembly and Manufacturing (ISAM), Finland, 2011.

**Döring, N.; Bortz, J. (2016) Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften:**

Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5., vollst. überarb., akt. u. erw. Aufl. 2016, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016.

**Drucker, P. F. (2011) The changing world of the executive:**

The changing world of the executive. Routledge, London, 2011.

**Du, J.; Chen, Z. (2018) Applying Organizational Ambidexterity:**

Applying Organizational Ambidexterity in strategic management under a “VUCA” environment: Evidence from high tech companies in China. In: International Journal of Innovation Studies, Nr. 2, 2018, S. 42 - 52.

**Elezi, F. (2015) Management Control Systems:**

Supporting the Design of Management Control Systems in Engineering Companies from Management Cybernetics Perspective. Dissertation, TU München, 2015.

**Emich, C. (2014) Nachhaltiges Marketingmanagement:**

Nachhaltiges Marketingmanagement. De Gruyter, Berlin, 2014.

**Erbsen, A. (2012) Krankheit im Zentrum:**

Krankheit im Zentrum – Gestaltung von krankheitsorientierten Spitalstrukturen aus kybernetisch-konstruktivistischer Sicht. Springer Gabler, Wiesbaden, 2012.

**Eriksson, A. et al. (2018) Virtual factory layouts:**

Virtual factory layouts from 3D laser scanning – A novel framework to define solid model requirements. In: Procedia CIRP 76, 2018, S. 36-41.

**Eschenbach, R. et al. (2015): Management der Nonprofit-Organisation**

Management der Nonprofit-Organisation – Bewährte Instrumente im praktischen Einsatz. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2015.

**Espejo, R. (1983) Management and Information:**

Management and Information: The complementary control-autonomy. In: Cybernetics and Systems: an international Journal, 14. Jg., 1983, S. 85-102.

**Espejo, R. (1996) The viable system model:**

The viable system model – Interpretations and applications of Stafford Beer's VSM. J. Wiley, Chichester, New York, 1996.

**Espejo, R.; Reyes, A. (2011) Organizational Systems:**

Organizational Systems – Managing Complexity with the Viable System Model. Springer, Heidelberg, 2011.

**Fayol, H. (1999) Administration industrielle et générale:**

Administration industrielle et générale. Dunod, Paris, France, 1999.

**Feldhusen, J.; Gebhardt, B. (2008) Product Lifecycle Management:**

Product Lifecycle Management für Entscheider – Ein Leitfaden zur modularen Einführung, Umsetzung und praktischen Anwendung. Springer, Berlin, 2008.

**Felix, H. (1998) Unternehmens- und Fabrikplanung:**

Unternehmens- und Fabrikplanung – Planungsprozesse, Leistungen und Beziehungen. Hanser, München, 1998.

**Feyerabend, P. (2016) Erkenntnis für freie Menschen:**

Erkenntnis für freie Menschen. 11. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main, 2016.

**Fischer, R. (2005) Unternehmensplanung:**

Unternehmensplanung mit SAP SEM/SAP BW – Operative und strategische Planung mit SEM/BW-BPS. 2., aktualisierte Auflage, Galileo-Press, Bonn, 2005.

**Flood, R.; Carson, E. (1993) Dealing with Complexity:**

Dealing with Complexity – An Introduction to the Theory and Application of Systems Science. 2. Aufl., Plenum, New York, 1993.

**Foerster, H. von (2003) Understanding understanding:**

Understanding understanding – Essays on cybernetics and cognition. Springer, New York, 2003.

**Foerster, H. von (2003) Cybernetics of Cybernetics:**

Cybernetics of Cybernetics. In: Foerster, H. von (Hrsg.): Understanding understanding - Essays on cybernetics and cognition, Springer, New York, 2003, S. 283-286.

**Frahm, M. (2013) Kybernetisches Bauprojektmanagement:**

Kybernetisches Bauprojektmanagement – Gestaltung lebensfähiger Baustrukturen auf Grundlage des Viable System Models. Books on Demand, 2013.

**Freund, J.; Rücker, B. (2012) Praxishandbuch BPMN 2.0:**

Praxishandbuch BPMN 2.0. 3. erweiterte Aufl., Hanser, München, 2012.

**Fricker, A. R. (1996) Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen:**

Eine Methodik zur Modellierung, Analyse und Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen. 1. Aufl., Verl. der Augustinus-Buchhandlung, Aachen, 1996.

**Gartzen, T. (2012) Diskrete Migration:**

Diskrete Migration als Anlaufstrategie für Montagesysteme. 1. Aufl., Apprimus-Verl., Aachen, 2012.

**Geiger, I. K. (2011) Internationales HR-Management:**

Internationales HR-Management für HR-Fachleute – Eine praxisorientierte Darstellung mit Repetitionsfragen und Antworten sowie Minicases. Compendio Bildungsmedien, Zürich, 2011.

**Geller, H. (1994) Position -- Rolle -- Situation:**

Position -- Rolle -- Situation – Zur Aktualisierung soziologischer Analyseinstrumente. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 1994.

**Gilbert, G. N. (2010) Agent-based models:**

Agent-based models. Sage, Los Angeles, 2010.

**Gomez, P.; Probst, G. (1999) Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens:**

Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens – Vernetzt denken, unternehmerisch handeln, persönlich überzeugen, 3. Aufl., Haupt, Bern, 1999.

**Gottschalk, S. (2006) Dedicated Flexibility:**

Dedicated Flexibility – Komplexitätsoptimale Gestaltung manueller Serienmontage. Dissertation, RWTH Aachen, 2006.

**Götze, U. (1993) Szenario-Technik:**

Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. 2., aktualisierte Aufl., Dt. Univ.-Verl. [u.a.], Wiesbaden, 1993.

**Grote, S. et al. (2017) Führungsinstrumente:**

Grote, S. et al. (2017) Führungsinstrumente aus dem Silicon Valley – Konzepte und Kompetenzen. Springer Gabler, Berlin, 2018.

**Groten, M. (2016) Integrierte Planung:**

Integrierte Planung von Distributionsnetzwerken auf Basis des Viable-System-Modells. Dissertation, RWTH Aachen, 2016.

**Grundig, C.-G. (2015) Fabrikplanung:**

Fabrikplanung – Planungssystematik – Methoden – Anwendungen. 5. Aufl., Hanser, München, 2015.

**Guserl, R. (1976) Das Harzburger Modell:**

Das Harzburger Modell. 2. erw. Aufl., Betriebswirtschaftl. Verl. Gabler, Wiesbaden, 1976.

**Hagemann, G. (2009) Methodenhandbuch Unternehmensentwicklung:**

Methodenhandbuch Unternehmensentwicklung – Ist-Situation analysieren, Strategie entwickeln, Marke positionieren. 2., überarb. Aufl., Gabler, Wiesbaden, 2009.

**Hamel, G.; Heene, A. et al. (2000) Competence-based competition:**

Competence-based competition. Wiley, New York, 2000.

**Harre, J. (2006) Strategische Standortstrukturplanung:**

Strategische Standortstrukturplanung für multinational produzierende Unternehmen. Shaker, Aachen, 2006.

**Häusler, J. (1969) Planung als Zukunftsgestaltung:**

Planung als Zukunftsgestaltung – Voraussetzungen, Methodik und Formen der Planung in soziotechnischen Systemen. Gabler Verlag, Imprint, Wiesbaden, 1969.

**Heims, S. J. (1991) The cybernetics group:**

The cybernetics group. MIT Press, Cambridge, Mass., 1991.

**Helbing, K. (2010) Handbuch Fabrikprojektierung:**

Handbuch Fabrikprojektierung. Springer, Berlin, 2010.

**Henrich, P. (2002) Strategische Gestaltung:**

Strategische Gestaltung von Produktionssystemen in der Automobilindustrie. Shaker, Aachen, 2002.

**Hering, E. (2015) Unternehmensplanung für Ingenieure:**

Unternehmensplanung für Ingenieure. Springer, Wiesbaden, 2015.

**Hernández Morales, R. (2003) Systematik der Wandlungsfähigkeit:**

Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. Dissertation, Universität Hannover, 2003.

**Herold, C. (1991) Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung:**

Ein Vorgehensmodell zur Unternehmensstrukturierung – Eine heuristische Anwendung des Modells lebensfähiger Systeme. Dissertation, Hochschule St. Gallen, 1991.

**Herrmann, C. (2010) Ganzheitliches Life Cycle Management:**

Ganzheitliches Life Cycle Management – Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2010.

**Heyse, V.; Erpenbeck, J. (2009) Kompetenztraining:**

Kompetenztraining – 64 modulare Informations- und Trainingsprogramme für die betriebliche, pädagogische und psychologische Praxis. 2. überarb. und erw. Aufl., Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2009.

**Hilchner, R. (2012) Typenorientiertes Lösungsraum-Management:**

Typenorientiertes Lösungsraum-Management in der Fabrikplanung. Dissertation, RWTH Aachen, 2012.

**Hildebrand, T.; Mäding, K. et al. (2005) Plug+Produce:**

Plug+Produce – Gestaltungsstrategien für die wandlungsfähige Fabrik. IBF, Chemnitz, 2005.

**Hill, W.; Ulrich, P. (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen I:**

Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre (Teil I).

In: WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Nr. 7, 5. Jg., 1976, 304-309.

**Hinterhuber, H. H. (2004) Strategisches Denken:**

Strategisches Denken – Vision, Unternehmenspolitik, Strategie. 7., grundlegend neu bearb. Aufl., de Gruyter, Berlin [u.a.], 2004.

**Hofmann, M.; Rosenstiel, L. von (1988) Funktionale Managementlehre:**

Funktionale Managementlehre. Springer, Berlin, 1988.

**Homma, N.; Bauschke, R. (2015) Unternehmenskultur und Führung:**

Unternehmenskultur und Führung – Den Wandel gestalten – Methoden, Prozesse, Tools. 2. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015.

**Hungenberg, H. (2014) Strategisches Management:**

Strategisches Management in Unternehmen – Zieleprozesse – Verfahren. Gabler, Wiesbaden, 2014.

**Hutchins, D. C. (2008) Hoshin Kanri:**

Hoshin Kanri – The strategic approach to continuous improvement. Gower, Aldershot, England, Burlington, VT, 2008.

**Hutchinson, W. K.; Warren, M. (2017) Information Warfare:**

Information Warfare - Corporate attack and defence in digital world. First issued in hardback, Routledge, London, New York, 2017.

**Hutzschenreuter, T. (1998) Unternehmensverfassung und Führungssystem:**

Unternehmensverfassung und Führungssystem – Gestaltung unternehmensinterner Institutionen.

Dt. Univ.-Verl.; Gabler, Wiesbaden, Wiesbaden, 1998.



**IEEE Conference Publications (2011) Proceedings:**

Proceedings of the International Symposium on Assembly and Manufacturing ISAM 2011 – 25-27 May 2011, Tampere, Finland. IEEE, Piscataway, 2011.

**Jackson, M. C. (2013) Systems methodology:**

Systems methodology for the management sciences. Springer-Verlag New York, 2013.

**Jakoby, W. (2010) Projektmanagement für Ingenieure:**

Projektmanagement für Ingenieure – Gestaltung technischer Innovationen als systemische Problemlösung in strukturierten Projekten. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2010.

**Juraschek, M. et al. (2018) Urban factories:**

Urban factories and their potential contribution to the sustainable development of cities. In: Procedia CIRP 69, 2018, S. 72-77.

**Kahlert, D. (2006) Wissenskoordination:**

Wissenskoordination in Projekten zur Einführung und Anpassung von Enterprise Systems. Dissertation, TU Chemnitz, 2006.

**Kesterson, R. K. (2014) The Basics of Hoshin Kanri:**

The Basics of Hoshin Kanri. CRC Press, Portland, 2014.

**Kettner, H.; Schmidt, J. et al. (1984) Leitfaden der systematischen Fabrikplanung:**

Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. Hanser, München, 1984.

**Kiefer, L. et al. (2019) Attribute-based identification:**

Attribute-based identification processes for autonomous manufacturing systems – an approach for the integration in factory planning methods. In: Procedia CIRP 79, 2019, S. 204-209.

**Kindler, A. (1995) Wirtschaftlichkeit von Software-Entwicklungsprojekten:**

Wirtschaftlichkeit von Software-Entwicklungsprojekten – Ansätze zur Verbesserung der Aufwandschätzung. Gabler, Wiesbaden, 1995.

**Kinkel, S. (2009) Erfolgsfaktor Standortplanung:**

Erfolgsfaktor Standortplanung – In- und ausländische Standorte richtig bewerten. 2., überarb. Aufl., Springer, Berlin, 2009.

**Kirchhof, R. (2003) Ganzheitliches Komplexitätsmanagement:**

Ganzheitliches Komplexitätsmanagement – Grundlagen und Methodik des Umgangs mit Komplexität im Unternehmen. Dissertation, TU Cottbus, 2003.

**Klauser, M. (2010) Lenke, was dein Unternehmen lenkt:**

Lenke, was dein Unternehmen lenkt – Management-Prozess-Architektur (MPA) als Quantensprung in der Unternehmens- und Mitarbeiterführung. Campus-Verl., Frankfurt am Main [u.a.], 2010.

**Klein, R.; Scholl, A. (2012) Planung und Entscheidung:**

Planung und Entscheidung – Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse. 2. Aufl., Vahlen, München, 2012.

**Koch, H. (1977) Aufbau der Unternehmensplanung:**

Aufbau der Unternehmensplanung. Gabler, Wiesbaden, 1977.

**Köhler, R. (1977) Empirische und handlungstheoretische Forschungskonzeptionen:**

Empirische und handlungstheoretische Forschungskonzeptionen in der Betriebswirtschaftslehre. Poeschel, Stuttgart, 1977.

**Koryak, O.; Lockett, A. et al. (2018) Disentangling the antecedents of ambidexterity:**

Disentangling the antecedents of ambidexterity: Exploration and exploitation. In: Research Policy, Nr. 2, 47. Jg., 2018, S. 413-427.

**Krämer, D. (2015) Führen ohne Vorgesetztenfunktion:**

Führen ohne Vorgesetztenfunktion – Prozesse voranbringen, tragfähige Entscheidungen treffen, sich und andere zum Erfolg führen. Haufe Lexware Verlag, München, 2015.

**Krüger, W. (1997) Kernkompetenz-Management:**

Kernkompetenz-Management – Steigerung von Flexibilität und Schlagkraft im Wettbewerb. Gabler, Wiesbaden, 1997.

**Krunke, M. (2017) Reifegradmanagement:**

Reifegradmanagement in der Fabrikplanung. Dissertation, RWTH Aachen, 2017.

**Kubicek, H. (1977) Heuristische Bezugsrahmen:**

Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesigns als Elemente einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung. In: Köhler, R. (Hrsg.): Empirische und handlungstheoretische Forschungskonzeptionen in der Betriebswirtschaftslehre, Poeschel, Stuttgart, 1977, S. 3-36.

**Kudernatsch, D. (2013) Hoshin Kanri:**

Hoshin Kanri – Unternehmensweite Strategieumsetzung mit Lean-Management-Tools. Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft Steuern Recht, Stuttgart, 2013.

**Kuhn, T. S. (2009) The structure of scientific revolutions:**

The structure of scientific revolutions. 3rd ed., University of Chicago Press, Chicago, 2009.

**Lakatos, I.; Musgrave A. (1970) Criticism and the Growth of Knowledge:**

Criticism and the Growth of Knowledge. Cambridge University Press, London, 1970.

**Lammers, T. (2012) Komplexitätsmanagement:**

Komplexitätsmanagement für Distributionssysteme – Konzeption eines strategischen Ansatzes zur Komplexitätsbewertung und Ableitung von Gestaltungsempfehlungen. Dissertation, TU Hamburg-Harburg, 2012.

**Landwehr, R. (2007) Berufsbild Fabrikplaner:**

Über die Notwendigkeit, ein neues Berufsbild Fabrikplaner zu entwickeln. In: wt Werkstattstechnik online, Nr. 3, 97. Jg., 2007, S. 175-177.

**Lang, D. (2016) Gefangen im Komplexitätsdilemma:**

Gefangen im Komplexitätsdilemma – Wie Sie mit Zielkonflikten, Bürokratie und Verhaltensparadoxien wirkungsvoll umgehen und Organisationen agil, flexibel und stark machen. 1. Auflage, Books on Demand, Norderstedt, 2016.

**Lang, M.; Scherber, S. (2015) Agiles Management:**

Agiles Management – Innovative Methoden und Best Practices. Symposion Publishing, Düsseldorf, 2015.

**Lavanderos, L.; Massey, K. (2015) From manufacture to mindfacture:**

From manufacture to mindfacture – A relational viable systems theory. Business Science Reference, An Imprint of IGI Global, Hershey, PA, 2015.

**Lindinger, C. (2013) Spitzenleistung durch Leadership:**

Spitzenleistung durch Leadership - Die Bausteine ergebnis- und mitarbeiterorientierter Führung. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013.

**Lorenz, E. N. (1995) The essence of chaos:**

The essence of chaos. UCL Press, London, 1995.

**Ludwig, B. (2001) Management komplexer Systeme:**

Management komplexer Systeme – Der Umgang mit Komplexität bei unvollkommener Information: Methoden, Prinzipien, Potentiale. Sigma, Berlin, op. 2001.

**Luhmann, N. (1987) Soziale Systeme:**

Soziale Systeme – Grundriß einer allgemeinen Theorie. Suhrkamp, Frankfurt/Main, 1987.

**Luhmann, N. (2009) Einführung in die Systemtheorie:**

Einführung in die Systemtheorie. 5. Aufl., Carl-Auer, Heidelberg, 2009.

**Lübkeemann, J. (2016) Restrukturierungsbedarf von Fabriken:**

Ermittlung des Restrukturierungsbedarfs von Fabriken. Dissertation, Hannover, 2016.

**Mardberg, P. et al (2018) A novel tool in digital factories:**

A novel tool for optimization and verification of layout and human logistics in digital factories.  
In: Procedia CIRP 72, 2018, S. 545-550.

**Malik, F. (2000) Systemisches Management:**

Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation – Grundprobleme, Funktionsmechanismen und Lösungsansätze für komplexe Systeme. 2. Aufl., Haupt, Bern, 2000.

**Malik, F. (2003) Strategie des Managements komplexer Systeme:**

Strategie des Managements komplexer Systeme – Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. 8. Aufl., Haupt, Bern, 2003.

**Malik, F. (2007) Management:**

Management – Das A und O des Handwerks. Campus, Frankfurt/Main, 2007.

**Malik, F. (2014) Führen, Leisten, Leben:**

Führen, Leisten, Leben – Wirksames Management für eine neue Welt. Campus Frankfurt / New York, 2014.

**Maturana, H. R.; Varela, F. J. (1980) Autopoiesis and cognition:**

Autopoiesis and cognition – The realization of the living. Reidel, Dordrecht [u.a.], 1980.

**McCann, J. E.; Selsky, J. W. (2012) Mastering turbulence:**

Mastering turbulence – The essential capabilities of agile and resilient individuals, teams, and organizations. 1st ed., Jossey-Bass, San Francisco, 2012.

**Meckelnborg, A. (2015) Integrative Fabrikplanung:**

Integrative Fabrikplanung durch effiziente Koordinationsmodelle. Dissertation, RWTH Aachen, 2015.

**Meißner, F. (1956) Fabrikplanung:**

Fabrikplanung – Band III der Schriftreihe Fabrikwirtschaft. Hippolyt-Verlag, Wien, 1956.

**Menge, M. (2001) Beherrschung der Variantenvielfalt:**

Ein Beitrag zur Beherrschung der Variantenvielfalt in der auftragsbezogenen Einzel- und Kleinserienfertigung komplexer Produkte. Dissertation, TU Braunschweig, 2001.

**Mitterer, G. (2015) Holacracy:**

Holacracy – ein Fleischwolf für organisationale Entscheidungsprozesse. In: Eschenbach, R. et al. (2015): Management der Nonprofit-Organisation – Bewährte Instrumente im praktischen Einsatz. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2015.

**Moran, A. (2016) Managing agile:**

Managing agile – Strategy, implementation, organisation and people. Springer, Cham, Heidelberg, 2016.

**Moreira, M. E. (2017) The agile enterprise:**

The agile enterprise – Building and running agile organizations. Apress, Winchester, Mass, USA, 2017.

**Müller, U.; Pöhlmann, H. (1977) Allgemeine Volkswirtschaftslehre:**

Allgemeine Volkswirtschaftslehre – Einführung und Mikroökonomik. Gabler, Wiesbaden, 1977.

**N.N. (2004) Ausbildung der Humanressourcen:**

Entwicklung und Ausbildung der Humanressourcen. 1. Aufl., Genf, 2004.

**N.N. (2006) Die Chronik:**

Die Chronik – Geschichte des 20. Jahrhunderts bis heute. Wissen-Media-Verl., Gütersloh, 2006.

**N.N. (2012) About the Adidas Group:**

About the Adidas Group. URL: [https://www.adidas-group.com/media/filer\\_public/2013/07/31/adidas\\_gb\\_2012\\_en\\_booklet\\_en.pdf](https://www.adidas-group.com/media/filer_public/2013/07/31/adidas_gb_2012_en_booklet_en.pdf), letzter Zugriff: 26.07.2018

**N.N. (2017) Malik Tools & Methods:**

Malik Tools & Methods. URL: <http://www.malik-management.com/de/malik-loesungen/malik-tools-and-methods/malik-viable-system-model>, letzter Zugriff: 26.07.2018

**N.N. (2017) Statistisches Jahrbuch Deutschland 2017:**

Statistisches Jahrbuch Deutschland 2017. 1. Auflage, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2017.

**Nee, C. (2014) Strategien für Wertschöpfungsnetzwerke:**

Strategien für Wertschöpfungsnetzwerke in der Elektromotorenproduktion. Dissertation, RWTH Aachen, 2014.

**Negele, H. (1998) Systemtechnische Methodik:**

Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung. Utz, München, 1998.

**Nelson, A.; Saa, I. et al. (2017) Agent-based simulation in management:**

Agent-based simulation in management and organizational studies: a survey. In: European Journal of Management and Business Economics, Nr. 3, 26. Jg., 2017, S. 313-328.

**Neugebauer, R. (2012) Ressourceneffiziente Technologien:**

Ressourceneffiziente Technologien für den Powertrain. International Chemnitz Manufacturing Colloquium, ICMC 2012, Wissenschaftliche Scripten, Auerbach, 2012.

**Nöcker, J. (2012) Zustandsbasierte Fabrikplanung:**

Zustandsbasierte Fabrikplanung. Dissertation, RWTH Aachen, 2012.

**Orem, S.; Binkert, J. et al. (2007) Appreciative coaching:**

Appreciative coaching – A positive process for change. Jossey-Bass, San Francisco, 2007.

**O'Reilly, C.; Tushman, M. (2011) How Managers Explore and Exploit:**

Organizational Ambidexterity: How Managers Explore and Exploit. In: California Management Review, Nr. 4, 53. Jg., 2011, S. 5-22.

**O'Reilly, C.; Tushman, M. (2013) Organizational Ambidexterity:**

Organizational Ambidexterity: Past, Present and Future. White Paper, Stanford University, 2013.

**Palluck, M. (2011) Unternehmenszielorientierte Fabrikplanung:**

Unternehmenszielorientierte Fabrikplanung im Kontext eines ganzheitlichen Produktionssystems. Dissertation, TU Braunschweig, 2011.

**Patzak, G. (1982) Systemtechnik:**

Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme – Grundlagen, Methoden, Techniken. Springer, Berlin, 1982.

**Pawellek, G. (2014) Ganzheitliche Fabrikplanung:**

Ganzheitliche Fabrikplanung – Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung. 2. Aufl., Springer, Berlin, 2014.

**Pertusa-Ortega, E.; Molina-Azorin, J. (2018) A joint analysis:**

A joint analysis of determinants and performance consequences of ambidexterity. In: BRQ Business Research Quarterly, Nr. 2, 21. Jg., 2018, S. 84-98.

**Petersen, J. (2004) Local Content-Auflagen:**

Local Content-Auflagen – Betriebswirtschaftliche Relevanz und Handhabung am Beispiel des internationalen Grossanlagenbaus. 1. Aufl., Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2004.

**Petry, T. et al. (2018) Holacracy als agiler Organisationsansatz:**

Holacracy als agiler Organisationsansatz aus HR-Perspektive – Darstellung am Beispiel der Liip. In: Petry, T.; Jäger W. (2018) Digital HR – Smarte und agile Systeme, Prozesse und Strukturen im Personalmanagement. Haufe-Lexware, Freiburg, S. 417-427.

**Petry, T.; Jäger W. (2018) Digital HR:**

Digital HR – Smarte und agile Systeme, Prozesse und Strukturen im Personalmanagement. Haufe-Lexware, Freiburg, S. 417-427.

**Pfetzing, K.; Rohde, A. (2009) Ganzheitliches Projektmanagement:**

Ganzheitliches Projektmanagement. 3., bearb. Aufl., Schmidt, Giessen, 2009.

**Phaal, R.; Muller, G. (2009) An architectural framework for roadmapping:**

An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy. In: Technological Forecasting & Social Change, 76. Jg., 2009, S. 39-49.

**Piller, F. (2006) Mass Customization:**

Mass Customization – Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. 4. Aufl., DUV, Wiesbaden, 2006.

**Pillkahn, U. (2012) Innovationen zwischen Planung und Zufall:**

Innovationen zwischen Planung und Zufall – Bausteine einer Theorie der bewussten Irritation. Books on Demand, Norderstedt, 2012.

**Popper, K. R. (1935) Logik der Forschung:**

Logik der Forschung – Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft. J. Springer, Wien, 1935.

**Porter, M. E (1998) Competitive Advantage:**

Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. Free Press, New York, London, 1998.

**Prahalad, C.; Hamel, G. (1990) The Core Competence:**

The Core Competence of the Corporation. In: Harvard Business Review, Nr. 3, 68. Jg., 1990, S. 79-91.

**Pümpin, C. B.; Amann, W. (2005) SEP – Strategische Erfolgspositionen:**

SEP – Strategische Erfolgspositionen – Kernkompetenzen aufbauen und umsetzen. Haupt Verl., Bern, 2005.

**Raisch, S.; Birkinshaw, J. (2008) Organizational Ambidexterity:**

Organizational Ambidexterity: Antecedents, Outcomes and Moderators. In: Journal of Management, Nr. 3, 34. Jg., 2008, S. 375-409.

**Raisch, S.; Birkinshaw, J. et al. (2009) Organizational Ambidexterity:**

Organizational Ambidexterity: Balancing Exploitation and Exploration for Sustained Performance. In: Organization Science, Nr. 4, 20. Jg., 2009, S. 685-695.

**Ramage, M.; Shipp, K. (2009) Systems thinkers:**

Systems thinkers. Springer, London, 2009.

**Rauhut, M. (2011) Synchronisation von Entwicklungsprozessen:**

Synchronisation von Entwicklungsprozessen durch Taktung. Apprimus-Verlag, Aachen, 2011.

**REFA (1985) Methodenlehre der Planung und Steuerung:**

Methodenlehre der Planung und Steuerung. 4. Aufl., Hanser, München, 1985.

**Reger, G. (1997) Koordination und strategisches Management:**

Koordination und strategisches Management internationaler Innovationsprozesse. Physica-Verlag HD, Heidelberg, 1997.

**Reinema, C.; Pompe, A. et al. (2013) Agiles Projektmanagement:**

Agiles Projektmanagement – Einsatzpotenziale und Handlungsbedarfe im Rahmen von Fabrikplanungsprojekten. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 3, 108. Jg., 2013, S. 113-117.

**Reiß, M. (1993) Komplexitätsmanagement (I):**

Komplexitätsmanagement (I). In: WISU Das Wirtschaftsstudium, Nr. 1, 1993, S. 54-59.

**Richter, L. (2017) Standortplanung:**

Betriebliche Standortplanung auf regionaler Entscheidungsebene. Dissertation, Hannover, 2017.

**Riedel, R. (2012):**

Systemische Fabrikbetriebsplanung auf Basis eines kybernetisch-soziotechnischen Modells. Habilitation, TU Chemnitz, 2012.

**Robertson, B. J. (2007) Introducing Holacracy:**

Organization at the Leading Edge: Introducing Holacracy. USA, 2007.

**Robertson, B. J. (2016) Holacracy:**

Holacracy - The revolutionary management system that abolishes hierarchy. Portfolio Penguin, 2016.

**Rockstroh, W. (1980) Die technologische Betriebsprojektierung:**

Die technologische Betriebsprojektierung – Grundlagen und Methoden der Projektierung. 2. Aufl., Technik, Berlin, 1980.

**Rollberg, R. (2001) Integrierte Unternehmensplanung:**

Integrierte Unternehmensplanung. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 2001.

**Ropohl, G. (1999) Allgemeine Technologie:**

Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik. 2. Aufl., Hanser, München, 1999.



**Rudolf, S. (2014) Produktionsgerechte Baukastengestaltung:**

Produktionsgerechte Baukastengestaltung. Dissertation, RWTH Aachen, 2014.

**Rüegg-Stürm, J. (2014) The new St. Gallen management model:**

The new St. Gallen management model – Basic categories of an approach to integrated management. Palgrave Macmillan, Houndmills, New York, Houndmills, New York, 2014.

**Saaty, T. L. (2014) Models, methods, concepts:**

Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Springer, New York, 2014.

**Saaty, T. L.; Vargas, L. G. (2013) Decision making:**

Decision making with the analytic network process - Economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks. 2nd ed., Springer US, Boston, MA, 2013.

**Sandig, C.; Geist, M. et al. (1981) Die Führung des Betriebes:**

Die Führung des Betriebes – Herrn Professor Dr. Dr. h.c. Curt Sandig zu seinem 80. Geburtstag gewidmet. Poeschel, Stuttgart, 1981.

**Schein, E. H. (2010) Organizational Culture:**

Organizational culture and leadership. Jossey-Bass, San Francisco, 2010.

**Schenk, M.; Wirth, S. et al. (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb:**

Fabrikplanung und Fabrikbetrieb – Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik, 2. Aufl., Springer, Berlin, 2014.

**Schlange, L. (1994) Komplexitätsmanagement:**

Komplexitätsmanagement – Grundlagen und Perspektiven. In: Schüller, A./Schlange, L. (Hrsg.): Komplexität und Managementpraxis – Reale Visionen zum Komplexitätsmanagement. Enke, Stuttgart, 1994, S. 1-32.

**Schmigalla, H. (1995) Fabrikplanung:**

Fabrikplanung – Begriffe und Zusammenhänge. Hanser, München, 1995.

**Schuh, G. et al. (2006) Komplexitätswissenschaften in der Fabrikplanung:**

Komplexitätswissenschaften in der Fabrikplanung. In: wt Werkstattstechnik online, Nr. 4, 2006, S. 167-170.

**Schuh, G. et al. (2009) Frei konfigurierbare Planungsprozesse:**

Frei konfigurierbare Planungsprozesse in der Fabrikplanung. In: wt Werkstattstechnik online, Nr. 4, 2009, S. 193-199.

**Schuh, G. (2011) High resolution supply chain management:**

High resolution supply chain management: optimized processes based on self-optimizing control loops and real time data. In: Production Engineering, Nr. 4, 5. Jg., 2011, S. 433-442.

**Schuh, G.; Burggräf, P. et al. (2012) Ressourceneffiziente Fabrik- und Produktionsplanung:**

Ressourceneffiziente Fabrik- und Produktionsplanung. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): Ressourceneffiziente Technologien für den Powertrain – International Chemnitz Manufacturing Colloquium, ICMC 2012, Wissenschaftliche Scripten, Auerbach, 2012, S. 29-40.

**Schuh, G.; Kampker, A. et al. (2009) Mitarbeiterwissen systematisch genutzt:**

Mitarbeiterwissen systematisch genutzt — Fabrikplanung: Partizipativ zur attraktiven Arbeitsumgebung. In: Industrieanzeiger, Nr. 22/23, 2009, S. 14-15.

**Schuh, G.; Kampker, A. (2011) Strategie und Management:**

Strategie und Management produzierender Unternehmen – Handbuch Produktion und Management 1. 2. Aufl., Springer, Berlin, 2011.

**Schuh, G.; Krumm, S. et al. (2013) Chefsache Komplexität:**

Chefsache Komplexität – Navigation für Führungskräfte. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013.

**Schuh, G.; Potente, T. et al. (2013) High Resolution Production Management:**

High Resolution Production Management – Hochauflösende Produktionssteuerung auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme. In: wt Werkstattstechnik online, Nr. 2, 103. Jg., 2013, S. 96-99.

**Schüller, A.; Schlange, L. (1994) Komplexität und Managementpraxis:**

Komplexität und Managementpraxis – Reale Visionen zum Komplexitätsmanagement. Enke, Stuttgart, 1994.

**Scobel, G. (2012) Warum wir philosophieren müssen**

Warum wir philosophieren müssen: Die Erfahrung des Denkens. Fischer, Berlin, 2012.

**Serova, E. (2013) The Role of Agent Based Modeling:**

The Role of Agent Based Modeling in the Design of Management Decision Processes. In: The Electronic Journal Information Systems Evaluation, Nr. 1, 16. Jg., 2013, S. 71-80.

**Simon, F. (2007) Systemtheorie und Konstruktivismus:**

Einführung in Systemtheorie und Konstruktivismus. 2. Aufl., Carl-Auer, Heidelberg, 2007.

**Skinner, W. (1974) The focused factory:**

The focused factory – New approach to managing manufacturing sees our productivity crisis as the problem of "how to compete". In: Harvard Business Review, Nr. 3, 53. Jg., 1974, S. 113-121.

**Stacey, R. D. (2011) Strategic management and organisational dynamics:**

Strategic management and organisational dynamics – The challenge of complexity to ways of thinking about organisations. 6. edition, Financial Times/Prentice Hall, Harlow, 2011.

**Stahle, W.; Conrad, P. et al. (1999) Management:**

Management – Eine verhaltenswissenschaftliche Perspektive. 8. Aufl., Vahlen, München, 1999.

**Staudt, E. (1979) Planung als "Stückwerktechnologie":**

Planung als "Stückwerktechnologie" – Demonstriert am Beispiel arbeitsorganisatorischer Experimente im Industriebetrieb, zugleich eine Kritik entscheidungsorientierter Ansätze in der Betriebswirtschaftslehre. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1979.

**Stoffel, M. (2016) V-Modell:**

V-Modell zur Auslegung großer Produktionsnetzwerke. Dissertation, RWTH Aachen, 2016.

**Sukowski, N. (2013) Führen unter Unsicherheit:**

Führen unter Unsicherheit – Eine empirisch fundierte Typologie der Identitätsarbeit von Führungskräften. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013.

**Sule, D. (2008) Manufacturing Facilities:**

Manufacturing Facilities – Location, Planning, and Design. 3. Aufl., CRC, Hoboken, 2008.

**Taylor, F. W. (1977) Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung:**

Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung – The principles of scientific management. Beltz, Weinheim, Basel, 1977.

**Teece, D.; Pisano, G. et al. (1997) Dynamic Capabilities:**

Dynamic Capabilities and Strategic Management. In: Strategic Management Journal, Nr. 7, 18. Jg., 1997, S. 509-533.

**Thiem, I. (1998) Strukturmodell des Fertigungsmanagements:**

Ein Strukturmodell des Fertigungsmanagements – Soziotechnische Strukturierung von Fertigungssystemen mit dem "Modell lebensfähiger Systeme". Shaker, Aachen, 1998.

**Thomas K. et al. (2018) Proactive complexity steering:**

Proactive complexity steering for ramp-up planning in assembly. In: Advances in Production Research – Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Aachen, 2018, S. 198-207.

**Thomas, S. (2013) Produktionsnetzwerkssysteme:**

Produktionsnetzwerkssysteme - Ein Weg zu effizienten Produktionsnetzwerken. Dissertation, Hochschule St. Gallen, 2013.

**Tiedemann, H. (2005) Wissensmanagement**

Wissensmanagement in der Fabrikplanung. Dissertation, TU Braunschweig, 2005.

**Tomczak, T. (1992) Forschungsmethoden in der Marketingwissenschaft:**

Forschungsmethoden in der Marketingwissenschaft – Ein Plädoyer für den qualitativen Forschungsansatz. In: Marketing - Zeitschrift für Forschung und Praxis, Nr. 2, 1992, S. 77-87.

**Tompkins, J.; White, J. et al. (2003) Facilities Planning:**

Facilities Planning. 3. Aufl., Wiley, Hoboken, 2003.

**Trist, E. (1981) The evolution of socio-technical systems:**

The evolution of socio-technical systems – a conceptual framework and an action research program. Occasional paper, York University, 1981.

**Tsoukas, H.; Knudsen, C. (2003) The Oxford Handbook of Organization Theory:**

The Oxford Handbook of Organization Theory. Oxford University Press, Oxford, 2003.

**Tsversky, A.; Shafir, E. (1992) Choice Under Conflict:**

Choice Under Conflict – The Dynamics of Deferred Decision. In: Psychological Science, Nr. 6, 3. Jg., 1992, S. 358-361.

**Ulich, E. (2013) Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme:**

Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme – eine Erinnerung. In: Journal Psychologie des Alltagshandelns. Nr. 1, 6. Jg., 2013, S. 4-12.

**Ulrich, H. (1981) Die Betriebswirtschaftslehre:**

Die Betriebswirtschaftslehre als anwendungsorientierte Sozialwissenschaft. In: Sandig, C./ Geist, M. N./et al. (Hrsg.): Die Führung des Betriebes – Herrn Professor Dr. Dr. h.c. Curt Sandig zu seinem 80. Geburtstag gewidmet, Poeschel, Stuttgart, 1981, S. 1-25.

**Ulrich (1984) Management:**

Management. Haupt, Bern, 1984.

**Ulrich, H.; Probst, G. (2001) Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln:**

Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln – Ein Brevier für Führungskräfte. 3. Aufl., Haupt, Bern, 2001.

**Vahs, D. (2007) Organisation:**

Organisation - Einführung in die Organisationstheorie und -praxis. 6. Aufl., Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2007.

**Verein deutscher Ingenieure VDI (2011) Fabrikplanung:**

VDI-Richtlinie 5200 – Fabrikplanung – Planungsvorgehen – Blatt 1. VDI, Düsseldorf, 2011.

**Vereecke, A.; van Dierdonck, R. (2002) The strategic role of the plant:**

The strategic role of the plant: testing Ferdow's model. In: International Journal of Operations & Production Management, Nr. 5, 22. Jg., 2002, S. 492-514.

**Voigt, K.-I. (1993) Strategische Unternehmensplanung:**

Strategische Unternehmensplanung – Grundlagen – Konzepte – Anwendung. Gabler, Wiesbaden, 1993.

**Wall, F. (2016) Agent-based modeling in managerial science:**

Agent-based modeling in managerial science: an illustrative survey and study. In: Review of Managerial Science, Nr. 1, 10. Jg., 2016, S. 135-193.

**Warnecke, H.-J. (1996) Die fraktale Fabrik:**

Die fraktale Fabrik - Revolution der Unternehmenskultur. 2. Aufl., Rowohlt, Reinbek, 1996.

**Wash, M. (2010) Managing Change at Work:**

54 Approaches to Managing Change at Work – How to Thrive in a Constantly Changing World. Global Management Enterprises, New Salem, March 2010.

**Wesch-Potente, C. (2015) Strukturelle Synchronisationsmechanismen:**

Strukturelle Synchronisationsmechanismen für die Fabrikplanung zur Steigerung der Effizienz im Planungsprozess. Dissertation, RWTH Aachen, 2015.

**Wiendahl, H.-P. (2014) Betriebsorganisation für Ingenieure:**

Betriebsorganisation für Ingenieure. 8. Aufl., Hanser, München, 2014.

**Wiendahl, H.-P.; Nofen, D. et al. (2005) Planung modularer Fabriken:**

Planung modularer Fabriken – Vorgehen und Beispiele aus der Praxis. Hanser, München, 2005.

**Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J. et al. (2014) Handbuch Fabrikplanung:**

Handbuch Fabrikplanung – Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten, 2. Aufl., Hanser, München, 2014.

**Wiener, N. (1973) Cybernetics:**

Cybernetics – A control and communication in the animal and the machine. 2nd ed., The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1973.

**Wildemann, H. (1997) Fertigungsstrategien:**

Fertigungsstrategien – Reorganisationskonzepte für eine schlanke Produktion und Zulieferung. 3., überarb. Aufl., Transfer-Centrum-Verl., München, 1997.

**Wildemann, H. (1998) Komplexitätsmanagement:**

Komplexitätsmanagement durch Prozeß- und Produktgestaltung. In: Adam, D. (Hrsg.): Komplexitätsmanagement, Gabler, Wiesbaden, 1998, S. 47-68.

**Wirth, S.; Enderlein, H. et al. (2000) Flexible, temporäre Fabrik:**

Flexible, temporäre Fabrik – Arbeitsschritte auf dem Weg zu wandlungsfähigen Fabrikstrukturen. Karlsruhe, 2000.

**Wurst, K.-H.; Kircher, C. (2006) (Re)konfigurierbare Werkzeugmaschinen:**

(Re)konfigurierbare Werkzeugmaschinen – notwendige Grundlage für eine flexible Produktion. In: wt Werkstattstechnik online, Nr. 5, 96. Jg., 2006, S. 257-265.

**Zahn, E. (2012) Produktion als Wettbewerbsfaktor:**

Produktion als Wettbewerbsfaktor. In: Corsten, H. (Hrsg.): Handbuch Produktionsmanagement – Strategie – Führung – Technologie. Gabler, Wiesbaden, 2012, S. 241-258.

