



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Vienna University of Technology

## Diplomarbeit

# Die zukunftsfähige Produktion - Strukturierung und Bewertung einer Produktion

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

## Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

**A.o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Kurlang**

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

**Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Alexander Sunk**

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

**Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften**

von

**Andreas Hirt**

0626595 (066 482)

Herzgasse 47/10

1100 Wien

Stuttgart, im Januar 2013

---

Andreas, Hirt



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

## **Diplomarbeit**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Stuttgart, im Januar 2013

---

Andreas, Hirt

## Danksagung

Zur Entstehung der vorliegenden Arbeit haben viele Menschen beigetragen, denen ich allen gerne danken möchte.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Bischoff von der Firma agiplan, der mir diese Arbeit in erster Linie ermöglicht hat und mit vielen Anregungen motivierend zur Seite stand. Meinem Projektteam von der agiplan GmbH Herrn Fisser, Herrn Spingler und Herrn Zeh danke ich herzlich für die hilfreiche, kollegiale und fachliche Zusammenarbeit.

Herrn Prof. Kuhlmann und Herrn Sunk von dem Institut für Management Wissenschaften der TU Wien danke ich für ihre bereitwillige Hilfe und Unterstützung während des Studiums und während der Diplomarbeit.

Ein großer Dank gilt auch all jenen Freunden, die bei der Korrektur meiner Arbeit unterstützend zur Seite standen, im Besonderen ist die tatkräftige Unterstützung meiner Mutter zu erwähnen.

Außerdem will ich all jenen Menschen herzlichst danken, die mich während meiner Studienzeit begleitet haben. Meinen Eltern, die mir immer mit der notwendigen Unterstützung und ihrem Rat ohne Vorbehalte zur Seite standen. Ebenfalls meinen Mitbewohnern und vielen Freunden, die ich in dieser Zeit gewonnen habe.

## Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit beginnt mit der Erkenntnis, dass produzierende Betriebe vor immensen Herausforderungen, bedingt durch immer neue Anforderungen wie beispielsweise die Individualisierung der Produkte und die Globalisierung, stehen. Diese Situation erfordert eine Optimierung der Produktion sowie der betrieblichen Strukturen. Nur auf diese Weise ist langfristig Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Hochlohnländern zu sichern.

Das Ziel der Thesis ist die Gestaltung einer zukunftsfähigen Produktionsstruktur bestehend aus mehreren Standorten. Dahingehend wird ein systematisches Planungsvorgehen erarbeitet und anschließend durch dessen Anwendung validiert. Durch die Anwendung der Methode werden Lösungen bezüglich des Zuordnungsproblems der Produkte und Kompetenzen zu den jeweiligen Standorten sowie der optimalen Auslegung der notwendigen Werkskapazitäten der Standorte bereitgestellt.

Die entwickelte Methode beschreibt dabei die Strukturplanung mittels drei wesentlicher Abschnitte die Analyse und Dokumentation des Planungsobjektes, die Konzeption der alternativen Strukturvarianten und die Bewertung sowie Auswahl der finalen Strukturvarianten. Innerhalb der Analyse und Dokumentation wird ein Modell der bestehenden Struktur erstellt sowie durch eine Analyse der zukünftigen Entwicklungstendenzen Anforderungsprofile an eben diese Struktur ausgearbeitet. Mittels dieser Informationen wird der Handlungsbedarf der Produktionsstruktur abgeleitet. Es werden in der Konzeptphase zielführend Strukturkonzepte mit alternativen Produkt- und Kompetenzverteilungen erstellt. Eine anschließende Bewertung der Strukturvarianten gemäß den definierten Zielkriterien führt zur Auswahl der optimalen zukünftigen Produktionsstruktur.

Die Validierung des Modells wird bei einem mittelständischen Industrieunternehmen mit drei Produktionsstätten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt. Die Leistungserstellung richtet sich auf die Produktion von hochkomplexen Verpackungsmaschinen für die Konsumgüterindustrie. Interne und externe Einflussfaktoren stellen neue Anforderungen an die Produktionsstruktur selbst und bedingen die Reorganisation der Produktion. Das neue Produktionsstrukturkonzept hat dabei auch in Zukunft eine wirtschaftliche Produktion in den Werken am Standort Deutschland zu sichern. Ebenso wie im Fall des Anwendungsbeispiels lässt sich die Systematik auf vergleichbare Industrieunternehmen der Maschinen- und Anlagenbaubranche übertragen.

## Abstract

Global trend such as increasing individualization of products, global competition and much faster developing markets demand a new thinking in structuring and organizing manufacturing enterprises. It is required to optimize production facilities steadily and to keep them flexible and efficient to respond on new upcoming challenges. Only in this way competitive manufacturing within high-wage countries is secured in long-term time horizon.

The aim of the thesis is the design of a future sustainable production structure consisting of multiple locations. In this context, a systematic design procedure is developed and subsequently validated by its application. By applying the method solutions with respect to the assignment problem of the products and competences to the respective sites will be created. Furthermore, an optimal design of the necessary plant capacity of the sites takes place.

The developed method for the production structure planning is divided into three essential chapters, the analysis and documentation of the planning objects, the conception of alternative structural variants and the evaluation and selection of the final production structure. Within the analysis and documentation a model of the existing structure is created, furthermore future trends will be analyzed and requirements in regard to the structure will be defined from a future perspective. Using this information, actions for the future sustainable production structure are derived. In the concept phase production structures with alternative product and competence allocations to the specific production locations are created. A subsequent evaluation of the structural variants according to the defined objective criteria results in the selection of the optimal future production structure.

The validation of the model is carried out at a medium-sized industrial company with three production facilities within the Federal Republic of Germany. Thereby highly complex packaging machines for consumer goods industry are produced. Internal and external factors pose new challenges to the production structure itself and require the reorganization of production. The new production structure concept has thereby to secure an economic production at the plants in Germany in the future. As in the case of the application example the method can be transferred to comparable industrial companies in the machinery engineering sector.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Grundlegende Begriffe .....	4
2.1	Zukunftsfähigkeit .....	4
2.2	Produktionsstruktur.....	6
2.3	Produktstruktur .....	8
2.4	Strukturierungsansätze.....	10
2.5	Methoden der Strukturplanung .....	12
2.6	Methoden der Strukturbewertung .....	15
3	Anforderungen an die Planungsaufgabe.....	17
4	Konzept.....	19
4.1	Dokumentation .....	20
4.1.1	Phase 1: Zielsetzung und Vorgaben .....	20
4.1.2	Phase 2: Analyse der Produktions-/Produktstruktur.....	21
4.1.3	Phase 3: Analyse zukünftiger Entwicklungstendenzen .....	23
4.1.4	Phase 4: Belasten der Produktionsstruktur.....	25
4.2	Konzeption der alternativen Produktionsstrukturen .....	26
4.2.1	Phase 5: Konzeption der Idealstruktur .....	27
4.2.2	Phase 6: Konzeption der Realstrukturen .....	27
4.3	Bewertung und Auswahl der Strukturen .....	28
4.3.1	Phase 7: Bewertung und Auswahl .....	28
5	Praxisbeispiel: Strukturplanung.....	32
5.1	Das Unternehmen .....	32
5.2	Dokumentation .....	34
5.2.1	Phase 1: Zielsetzung und Vorgaben .....	34
5.2.2	Phase 2: Analyse der Produktions- und Produktstruktur.....	35
5.2.3	Phase 3: Analyse zukünftiger Entwicklungstendenzen .....	47
5.2.4	Phase 4: Belasten der Produktionsstruktur .....	54
5.3	Konzeption der alternativen Produktionsstrukturen .....	58
5.3.1	Phase 5: Konzeption der Idealstruktur .....	59
5.3.2	Phase 6: Konzeption der Realstrukturvarianten.....	61

---

5.4	Bewertung und Auswahl der Strukturen .....	67
5.4.1	Phase 7: Bewertung und Auswahl .....	67
6	Fazit und Ausblick.....	86
7	Anhang.....	88
8	Literaturverzeichnis .....	89
9	Abbildungsverzeichnis .....	92
10	Formelverzeichnis .....	94
11	Tabellenverzeichnis .....	95
12	Abkürzungsverzeichnis .....	96

# 1 Einleitung

Die Entwicklungen auf dem Gebiet Fabrikplanung lassen auf eine Veränderung hin zu einer zunehmend turbulenten Systemwelt schließen. Verschiedene Einflussbereiche wie Technologieentwicklungen, Politik und Globalisierung treiben diesen Wandel voran und führen zu immer neuen Anforderungen an die Produktion. Um diesen Forderungen gerecht zu werden, gewinnt die Frage nach einer zukunftsfähigen Produktion zunehmend an Bedeutung. Einen Gestaltungsansatz für eine zukunftsfähige Produktionsstruktur zu entwickeln und anzuwenden ist Ziel der Arbeit. Die strategischen Ziele für diese lassen sich vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen auf drei relevante Faktoren begrenzen. Dies sind zum einen die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmung, zum anderen die Gestaltung der Produktion gemäß den Prinzipien Flexibilität und Wandlungsfähigkeit vor dem Hintergrund turbulenter Umwelt durchzuführen.

Die Aufgabenstellung der Arbeit ist die Erstellung einer geeigneten Methode zur Planung einer zukunftsfähigen Produktionsstruktur gemäß der Zielsetzung. Anhand dieser Methode soll die bestehende Produktionsstruktur eines mittelständischen Unternehmens über mehrere Standorte neu konzipiert werden. Unter der Strukturplanung einer Produktionsstruktur mit mehreren Standorten ist die Zuordnung der Produkte zu Standorten zu verstehen. Es ist also eine Lösung für die Zuteilung der Produkte, Teilprodukte oder Komponenten zu den Standorten und die damit einhergehende Verteilung der Produktionskompetenzen zu erarbeiten. Neben der Zuordnung ist ebenfalls eine Planung der notwendigen Ressourcenkapazitäten durchzuführen. In diesem Zusammenhang steht die Frage zur Eigen- und Fremdproduktion bestimmter Produkte, die es im Laufe der Planung zu klären gilt. Die zu entwickelnde Methode unterliegt den folgenden Rahmenbedingungen, dass nur direkte an der Herstellung beteiligte Produktionsbereiche berücksichtigt werden und eine Betrachtung betriebswirtschaftlicher Größen nicht stattfindet. Zu direkten Bereichen gehören die Fertigung und Montage

Der Aufbau der Arbeit wird, wie im Folgenden beschrieben, gegliedert. Die Problem- und die Aufgabenstellung werden in Kapitel 2 beschrieben. Eine Aufarbeitung der wesentlichen Begriffe und der aktuelle Stand der Technik in Bezug auf Strukturplanungsmethoden finden in Kapitel 3 statt. Im folgenden Kapitel 4 wird ein Zwischenfazit gezogen und die Anforderungen an eine systematische Methode zur Strukturplanung definiert. In Kapitel 5 ist die Methode mit den einzelnen Lösungsbausteinen zur Bearbeitung der Problemstellung beschrieben. Die Anwendung am Praxisbeispiel des mittelständischen Unternehmens zusammen mit einer Aufarbeitung der Projektergebnisse findet in Kapitel 6 statt. Das abschließende Fazit inklusive dem Ausblick werden im Kapitel 7 angeführt.

## 2 Grundlegende Begriffe

Im Folgenden sind wesentliche Begriffe, Ansätze und Methoden im Zusammenhang mit der Strukturplanung aufgeführt.

### 2.1 Zukunftsfähigkeit

Im Rahmen der Aufgabenstellung ist zunächst die Bedeutung einer zukunftsfähigen Produktion vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen zu klären, um so die Zielsetzung der Planungsaufgabe erfolgreich umsetzen zu können. Der Begriff Zukunftsfähigkeit in Zusammenhang mit der Produktion lässt sich sehr schlüssig in seiner Bedeutung herleiten. Es wird eine Produktionsstruktur mit einer Fähigkeit beschrieben, die heute und in der Zukunft den auftretenden Anforderungen gewachsen ist und im Wettbewerb mit der Konkurrenz erfolgreich besteht.

Eine zukunftsfähige Produktion zu planen, heißt demnach, die Strukturierung unter Aspekten der Wettbewerbsfähigkeit, Flexibilität und Wandlungsfähigkeit durchzuführen. Es gilt dabei, langfristige Entwicklungen des sowohl internen als auch externen Unternehmensumfelds zu berücksichtigen.

#### **Wettbewerbsfähigkeit**

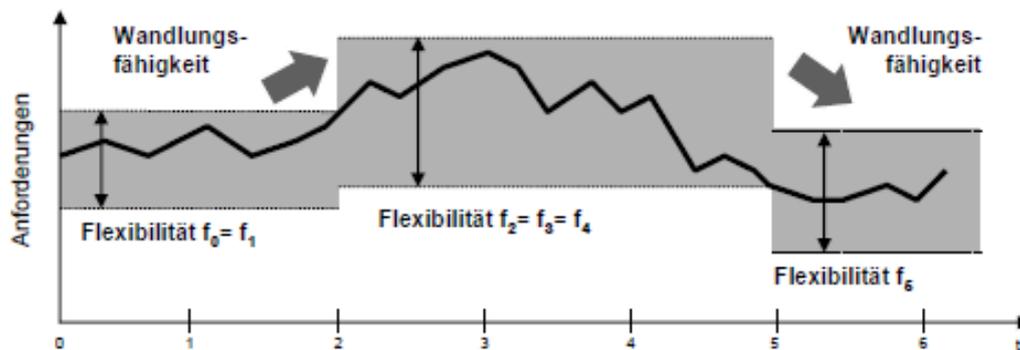
Wettbewerbsfähigkeit zeichnet sich vor allem durch die Preis-, Produktivitäts- und Qualitätsvorteile gegenüber seinen Mitbewerbern aus [Wettbewerbsfähigkeit als Leitmotiv, 2013]. Da im Zuge der Strukturentwicklung keine Preis-/Kostenpositionen betrachtet werden, ist die Struktur lediglich dahingehend zu entwickeln, dass diese unterstützend auf die Faktoren der Produktivität und Qualität wirkt. Dies kann beispielsweise das Ausnutzen von Skaleneffekten unter anderem durch Bündeln ähnlicher Verfahrenstechniken an einem Ort sein. Dahingehend wird eine erhöhte Produktivität mittels einer verbesserten Auslastung der Anlagen als auch Qualitätsvorteile durch erfahrene und spezialisierte Mitarbeiter erreicht.

#### **Flexibilität und Wandlungsfähigkeit**

Aus dem Bereich der Fabrikplanung geht hervor, dass ein zunehmend turbulentes Umfeld immer häufiger veränderte Anforderungen an die Produktionsstruktur stellt. Um in dem eben beschriebenen Umfeld der andauernden Veränderung erfolgreich zu existieren, ist es für Unternehmen von immer größerer Bedeutung geworden, die Produktion unter dem Gesichtspunkt der Flexibilität zu gestalten.

In der einschlägigen Literatur [Kaluza, et al., 2000] [Nagel, 2003] [Nyhuis, et al., 2008] [Wiendahl, et al., 2005] [Schenk, et al., 2004] gibt es für den Begriff Flexibilität eine Vielzahl von unterschiedlichen Definitionen. Ihnen ist allerdings einheitlich zu

entnehmen, dass die Flexibilität als eine Fähigkeit gesehen wird, sich auf unterschiedlichste Anforderungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten anzupassen. Dem Anpassungsvorgang wird zusätzlich ein zeitlicher Aspekt mitgegeben, die definierte Anpassung soll sich in einem vorgegebenen Zeitraum vollziehen. NYHUIS definiert die Flexibilität durch die schnelle und mit sehr geringem finanziellem Aufwand durchgeführte Anpassung an veränderte Anforderungen. Vorgehaltene Maßnahmenpakete kommen in diesem Zusammenhang zum Einsatz und beschränken dadurch auch die Anpassungsfähigkeit. Es kann von einem Flexibilitätskorridor gesprochen werden, durch den die Flexibilität begrenzt wird [Vgl. Nyhuis, et al., 2008 S. 24].



**Abbildung 1: Abgrenzung Wandlungsfähigkeit und Flexibilität [Nyhuis, et al., 2008 S. 25]**

Ein weiterer vor allem in der deutschsprachigen Literatur gepflegter Begriff ist die Wandlungsfähigkeit. Die Wandlungsfähigkeit stellt ähnlich der Flexibilität eine Eigenschaft dar, die es dem System Produktion erlaubt auf die externen Veränderungen des turbulenten Systemumfelds und den abgeleiteten internen Veränderungsdruck zu reagieren [Vgl. Nyhuis, et al., 2008 S. 23]. In Abgrenzung zur Flexibilität beschreibt die Wandlungsfähigkeit eine sehr viel ausgeprägtere Fähigkeit der Anpassung. Sie wird dabei als Potential verstanden, auch jenseits der Flexibilitätskorridore sowohl reaktiv als auch proaktiv organisatorische oder technische Anpassungen im Bedarfsfall einzuleiten. Wandlungsfähige Systeme sind daher nicht begrenzt, die Freiräume zu Veränderung sind jedoch vorgedacht. Die Investitionskosten fallen im Gegensatz zum einhergehenden Zeitaufwand – dieser fällt generell erst bei der Durchführung einer Anpassung an – bereits im Vorfeld an [Vgl. Nyhuis, et al., 2008 S. 24].

Es ist also abschließend zu sagen, dass dem sich verändernden Anforderungsprofil einer Produktionsstruktur durch eine flexible und wandlungsfähige Gestaltung entgegen gewirkt werden kann [Wiendahl, et al., 2009 S. 115f].

## 2.2 Produktionsstruktur

Der Verband der Deutschen Ingenieure (VDI) beschreibt den Begriff Produktion folgendermaßen:

*„Unter Produktion werden hier jene zur betrieblichen Leistungserstellung erforderlichen Tätigkeiten verstanden, die unmittelbar an der Produktherstellung beteiligt sind“ [VDI 5200 Blatt -1-, 2009]*

An der Leistungserstellung beteiligte Tätigkeiten sind laut VDI insbesondere die Konstruktion, Fertigung und Montage, Lagerung und Transportierung, Prüfung, Planung, Steuerung sowie der Wareneingang/-ausgang. Hinzu kommen weitere unterstützende Tätigkeiten wie zum Beispiel Instandhaltung der Maschinen und Anlagen [VDI 5200 Blatt -1-, 2009]. Damit findet in der Produktion ein Transformationsprozess statt, dessen Zielsetzung es ist, durch den Einsatz verschiedenster Inputgrößen einen Output zu generieren. Die Abfolge der einzelnen Transformationsprozesse wird auch als Prozesskette der Produktion bezeichnet.

Die Struktur eines Systems wird definiert durch die Anordnung und Relationen der Systemelemente zueinander [Vgl. Thommen, o.J.]. Übertragen auf die Produktion, beschreibt eine Struktur die Anordnung und Beziehungen der Elemente des gegebenen Produktionssystems und definiert dementsprechend die räumlichen, zeitlichen und sachlichen Kopplungen der Elemente innerhalb des Systems. Als Elemente der Produktionsstruktur sind jene Funktionseinheiten zu nennen, die für die Erstellung des gewünschten Produkts notwendig sind.

Nach **WESTKÄMPER** kann eine Untergliederung der Produktionsstruktur auf mehreren Ebenen stattfinden, indem die Systemelemente in unterschiedlichen Detailstufen beschrieben und in Beziehung zueinander gesetzt werden. Insgesamt wird in diesem Strukturmodell zwischen 7 Ebenen differenziert [Vgl. Westkämper, 2007c S. 8]. Eine Darstellung der verschiedenen Produktionsebenen wird in Abbildung 2 gezeigt. Die Unterteilung ist wichtig, um für die Strukturierungsaufgabe den Grad der Detaillierung und die Planungselemente festzulegen.

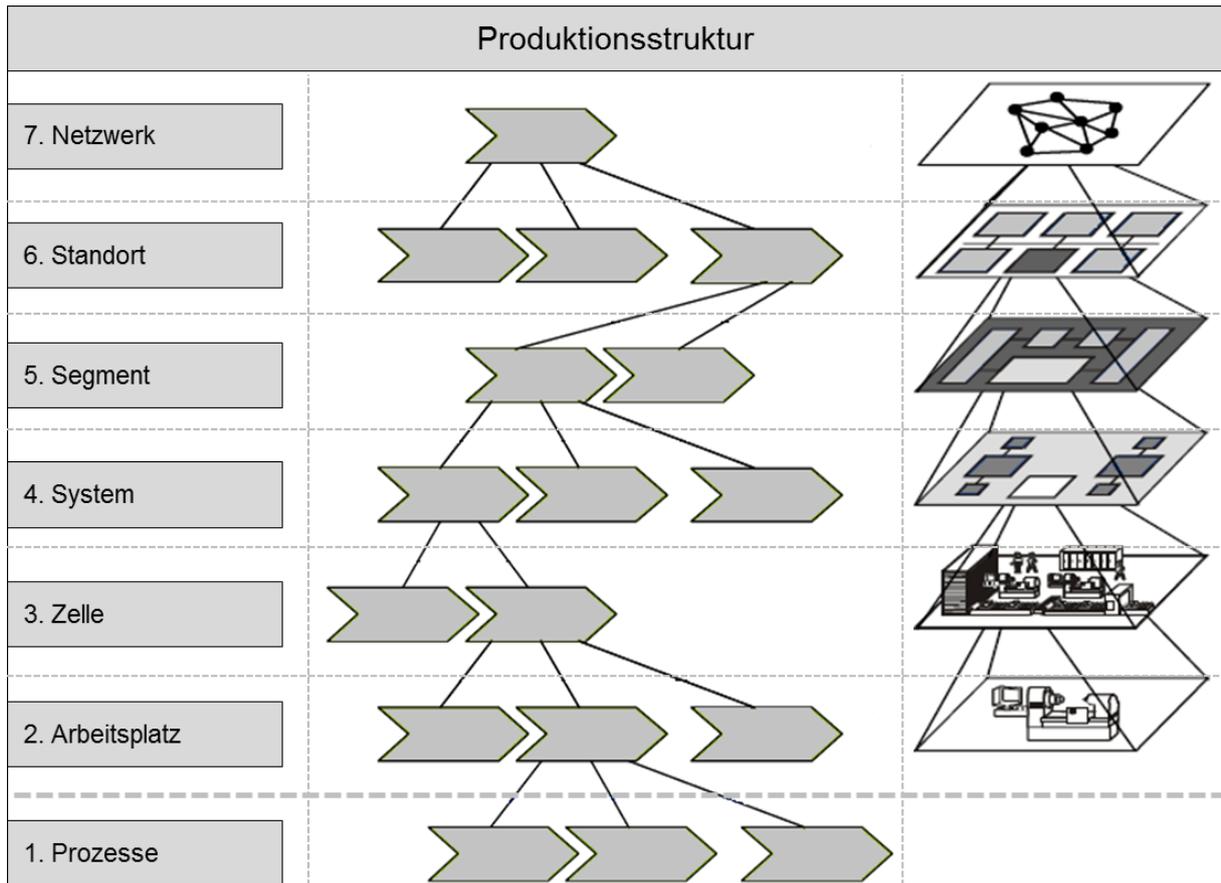


Abbildung 2: Produktionsstruktur [Vgl. Westkämper, 2007c S. 8]

Die Ebenen der Produktionsstruktur besitzen vertikale und horizontale Beziehungen zueinander [Vgl. Westkämper, 2007c S. 8]. So sind in einem Produktionsnetzwerk die Standorte und deren Verknüpfungen durch Material- und Informationsflüsse entsprechend der Supply-Chain horizontal definiert. Die Standorte besitzen eine vertikale Beziehung zu der Ebene der Produktionssegmente. Auf horizontaler Ebene sind diese wiederum entlang der Wertschöpfungskette miteinander verbunden. Die vertikalen und horizontalen Verbindungen setzen sich über die Strukturebenen bis auf die Ebene der Arbeitsprozesse fort.

Gemäß dem Detaillierungsgrad eignen sich die Strukturebenen für unterschiedliche Ansätze zur Verbesserung der Produktion. **WESTKÄMPER** beschreibt den entsprechenden Planungsgegenstand der Strukturebenen folgendermaßen: Die Gestaltung der Ebenen 6 – 7 dient der Optimierung der Gesamtstruktur. Während die Betrachtung der Ebenen 4 – 5 vor allem dazu beitragen soll, etwaige Layout- und Systemkonfigurationen zu optimieren. Sind Maschinen, Anlagen oder Arbeitsprozesse zu bewerten und zu verbessern, so werden die Strukturebenen der Produktionszellen und Arbeitsplätze betrachtet [Vgl. Westkämper, 2007c S. 8]. **WIENDAHL** führt weiter an, dass es sich bei der Strukturierung des Produktionsnetzwerks um eine strategische Planungstätigkeit handelt [Vgl. Wiendahl, et al., 2007 S. 4]. Den Ebenen sind weiter die drei genannten Kategorien, der

strategischen, taktischen und operativen Planung einer Produktionsstruktur zuzuordnen, diesen lassen sich folgende Charakteristiken zuweisen [Vgl. Gerwin, 1993 S. 395ff] [Vgl. Westkämper, 2006 S. 111] [Vgl. Wiendahl, et al., 2009 S. 130]:

- Strategische Ebene: Handlungen mit vorausschauendem, proaktivem Charakter, welche das Erreichen der langfristigen Zielsetzungen des Unternehmens ermöglichen (strukturieren, erweitern, erneuern)
- Taktische Ebene: Mittelfristige Handlungen, die vorausschauend proaktiv zukünftige Anforderungen zu erfüllen versuchen (verändern, ersetzen)
- Operative Ebene: Kurzfristige Handlungen, die defensiv, reaktiv auf Anforderungen reagieren (rüsten, verbessern)

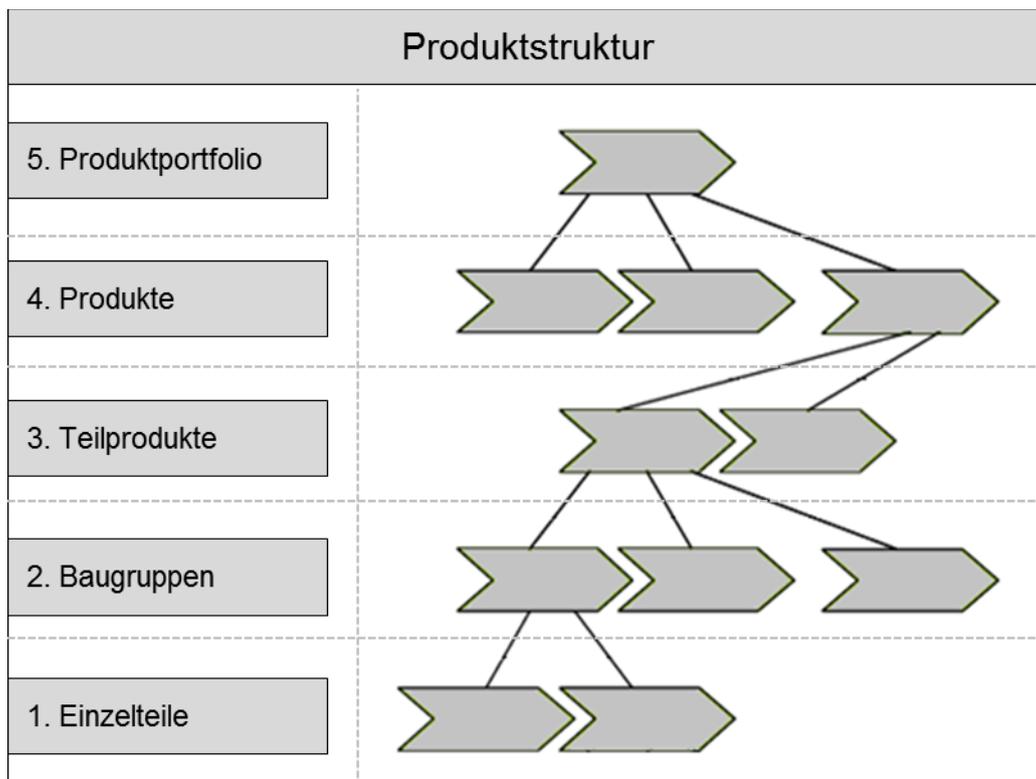
### **Einflussfaktoren der Produktionsstruktur**

Auf die Struktur einer Produktion wirken durch ihr turbulentes Umfeld „eine Vielzahl von sich überlagernden und gegenseitig beeinflussenden Faktoren“ [Nyhuis, et al., 2008 S. 21] ein. Diese können aus den unterschiedlichsten Bereichen der Systemumwelt stammen. Grundsätzlich lassen sich die Einflussfaktoren in externe und interne Einflüsse auf die Struktur unterteilen [Vgl. Wiendahl, et al., 2007 S. 2]. In beiden Fällen gab es in den letzten Dekaden starke Ausprägungen, die vor allem aus den Meta-Trends Globalisierung und Vernetzung durch Informations- und Kommunikationstechnologien hervorgingen. Als externe Einflussfaktoren gelten beispielsweise stärker schwankende Märkte und damit einhergehende Unsicherheiten in der Auftragslage, Regulationspolitik der jeweiligen Regierung, Verkürzung der Produktlebenszyklen, Individualisierung der Kundenwünsche, steigende Produktkomplexität, Technologieentwicklungen und Lieferzeitenverkürzungen [Vgl. Möslein-Tröppner, 2010 S. 49], um nur die Wichtigsten zu nennen. Als interne Einflussfaktoren gelten beispielsweise Veränderungen der Personalpolitik, Arbeitszeitmodelle oder ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess. Die Einflussfaktoren besitzen entweder einen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Charakter. Darunter werden Veränderungen verstanden, die entweder durch ein konkretes Ereignis (diskontinuierlich) oder durch eine stetige Entwicklung über die Zeit (kontinuierlich) definiert werden [Vgl. Bertling, 1994 S. 8].

## **2.3 Produktstruktur**

Das Produktionsprogramm eines Unternehmens enthält alle Produktarten und -mengen, die über einen gewissen Zeitraum produziert werden. Eine Unterscheidung der Planung in lang-, mittel- oder kurzfristig wird getroffen, dabei ist der Detaillierungsgrad analog steigend [Vgl. Kettner, et al., 1984 S. 43]. Es sind also Informationen bezüglich dem Produkt, seiner Menge, dem Produktionszeitpunkt und dem Produktionsort in Abhängigkeit zum Detaillierungsgrad vorhanden. Das

Mengengerüst ist in dem Absatzprogramm verankert, während die Produktvielfalt durch das Produktprogramm zusammengefasst ist [Vgl. Kettner, et al., 1984 S. 47f]. Eine Planung des Absatzprogramms beruht überwiegend auf Erfahrungswerten und Prognosen des Vertriebs und Marketings. Das Produktprogramm ist durch die Struktur der einzelnen Produkte und der entsprechenden Varianten bestimmt [Vgl. Wildemann, 2003 S. 64f]. Die Produktstruktur beschreibt die Bestandteile und Beziehungen der Produkte und seiner Komponenten. Diese stellen auf unterster Ebene die Einzelteile in Form der jeweiligen Stückliste und aggregieren sich über Baugruppen und Teilprodukte bis hin zu Produkten und dem kompletten Portfolio [Vgl. Wiendahl, et al., 2007 S. 21]. Siehe dazu Abbildung 3.



**Abbildung 3: Produktstruktur/-programm [Wiendahl, et al., 2007 S. 21]**

In der Literatur ist einschlägig nachzulesen, dass bei der Gestaltung einer Produktion etwaige Verbindungen zwischen der Produktstruktur und der Produktionsstruktur bestehen. Das Produkt stellt durch seine Struktur sowohl Anforderungen an die Prozesse der Fertigung und Montage als auch an weitere produktionsnahe Bereiche, wie der Logistik oder der Qualitätssicherung [Vgl. Wildemann, 2003 S. 65]. Durch das Zusammenfassen der Anforderungen aus den einzelnen Strukturebenen des Produktstrukturmodells von **WIENDAHL** ist ein Bild der technologischen und kapazitiven Forderungen an die Einheiten der Prozesskette gegeben.

Um die Wettbewerbsfähigkeit einer Produktionsstruktur zu gewährleisten, ist die Produktstruktur auf diese zu übertragen und die Vernetzung der Strukturen zu harmonisieren [Vgl. Wiendahl, et al., 2007 S. 21]. Es obliegt der strategischen

Planung auf den Ebenen 5-7, eine entsprechende Zuordnung der Produkte auf die Standorte zu bestimmen.

## 2.4 Strukturierungsansätze

Im Zuge der strategischen Strukturplanung kommt es zu einer Neuauslegung der Produktionsstruktur. In diesem Sinne umfasst die Strukturierung die Zusammenführung der Strukturelemente zu Struktursystemen bzw. Struktursegmenten. Es werden Materialflüsse, Produktzuordnungen, Bereichsbildungen und Prozessteilungen bestimmt, dabei kommen verschiedene Ansätze zur optimalen Gestaltung der Strukturelemente zum Einsatz.

Einen gängigen und innovativen Ansatz zur Fabrikstrukturierung bildet die Fertigungssegmentierung nach **WILDEMANN** [Wildemann, 1992]. Über den Ansatz der segmentierten Fabrik folgt **WILDEMANN** produkt- und kundenorientierten Prinzipien, auf deren Basis er die Segmente aufbaut. Die Fertigungssegmente stellen dabei Systeme dar, in denen produktorientierte Produktionseinheiten zusammengefasst sind, die mehrere Stufen logistischer Prozessketten beinhalten. Mittels dieser Segmente wird eine spezifische Wettbewerbsstrategie verfolgt. Charakteristisch ist auch die Integration von indirekten Produktionsfunktionen in die direkten Funktionen. Damit entsteht eine produkt- und prozessbezogene durchgängige Aufgabenzuordnung. Zielsetzung der Segmentierung ist eine erhebliche Komplexitätsreduzierung in den Produktionsprozessen und eine hohe Verbesserung der Leistungsfähigkeit [Vgl. Grundig, 2006 S. 224f]. Als wesentliche Merkmale einer Fertigungssegmentierung gelten [Vgl. Grundig, 2006 S. 225]:

- Markt- und Zielausrichtung
- Produktorientierung
- Gestaltung über mehrere Stufen der Prozesskette
- Integration indirekter Funktionen
- Kosten- und Ergebnisverantwortung

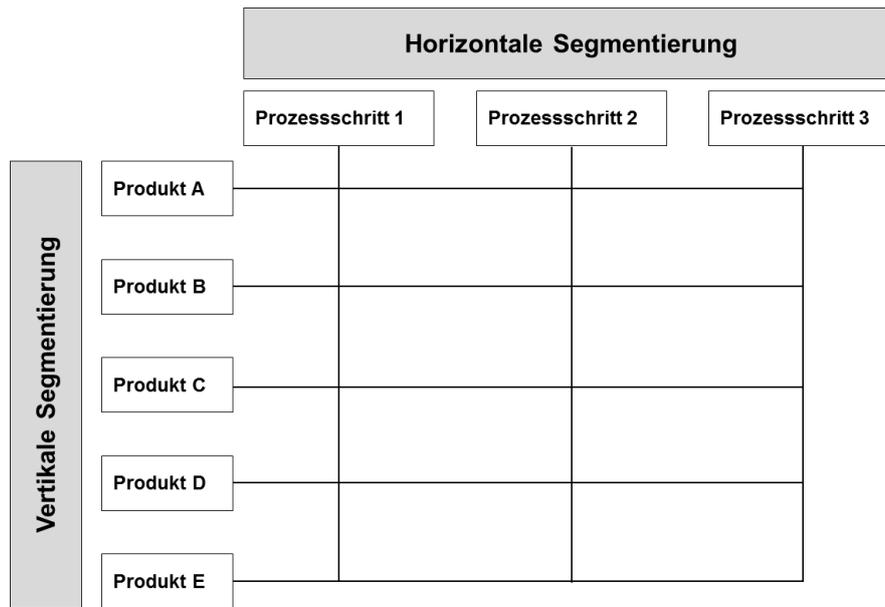


Abbildung 4: Horizontale und vertikale Segmentierung [Vgl. Grundig, 2006 S. 224]

Das methodische Vorgehen der Fertigungssegmentierung, welches zur gezielten Auftrennung und Zuordnung der Produkte und Prozesse führt, folgt zwei getrennten Bearbeitungskomplexen:

### Vertikale Segmentierung (Produktsegmentierung)

Im Falle der vertikalen Strukturierung ist es von entscheidender Bedeutung solche Produktfamilien zusammenzulegen, die in ihren Grundzügen affin sind. Eine Rolle spielen, neben einer Ähnlichkeit der technologischen und konstruktiven Merkmale, ebenso die Produktdimension bezüglich Länge, Fläche und Gewicht der Werkstücke. Des Weiteren sind Produktionsvolumen, die Entwicklung des Marktbedarfs sowie die Absatzstrukturen der Produkte Kriterien für die Bündelung der Produktgruppen [Vgl. Grundig, 2006 S. 226f].

### Horizontale Segmentierung (Prozessorientierung)

Innerhalb der horizontalen Segmentierung sind Verfahren und Ausrüstungen bestimmten Gruppierungen zuzuordnen. Als wesentliche Faktoren, die eine solche Zuordnung bedingen, gelten der Fertigungsablauf der gesamten Wertschöpfungskette der Produkte und die Ausrüstungsauswahl innerhalb und zwischen den Fertigungsstufen der jeweiligen Produkte [Vgl. Grundig, 2006 S. 228].

Ein weiterer Strukturierungsansatz ist die Fraktale Fabrik von **WARNECKE** [Warnecke, 1996]. Grundprinzip dabei ist, wie bei der Fertigungssegmentierung, dass ausgehend von einer Produktsicht eine möglichst schnittstellenarme Prozesskette entstehen soll und dabei anhand geeigneter Abgrenzungen organisatorische und räumliche Einheiten zu bilden [Vgl. Warnecke, 1996 S. 141f]. Diese Einheiten werden im Gegensatz zu den Fertigungssegmenten als Fraktale bezeichnet. Bei der Fraktalen

Fabrik wird offen gelassen nach welchen Kriterien diese Fraktale gebildet werden sollen. Es sind allerdings wesentliche Merkmale definiert worden, welchen die Fraktale genügen müssen. Sie müssen als autonome, dynamische und selbstähnliche Einheiten agieren und unterliegen damit der Selbstorganisation und Selbstoptimierung [Vgl. Warnecke, 1996 S. 143f]. Bei beiden Ansätzen wird es als essentiell gesehen, dass direkte und indirekte Prozesse organisatorisch zusammenzufassen sind.

## 2.5 Methoden der Strukturplanung

Bei der Gestaltung einer Produktionsstruktur ist nicht nur eine große Anzahl unterschiedlicher Kompetenzen notwendig, es spielen auch viele verschiedene Elemente eine Rolle, deren Beziehungen und Abhängigkeiten es untereinander zu beachten gilt. Bei der Bewältigung dieses komplexen Planungsfalls ist ein systematisches Vorgehen notwendig. In diesem Abschnitt soll der aktuelle Stand der Technik von Systematik und Methode bei der Planung von Produktionsstrukturen aufgezeigt werden.

Eine gängige Methode zur Strukturplanung stammt von **WIENDAHL**. Er teilt die Planung einer Produktionsstruktur in 3 Phasen ein [Vgl. Wiendahl, et al., 2005 S. 218ff]:

- **Phase 1 | Vorbereitung**

Diese Phase teilt sich in 2 Zwischenschritte, am Anfang steht die Zielplanung mit der Definition der Zielsetzung sowie der Festlegung von Entwicklungstendenzen der Planung und Zielgrößen. Im zweiten Teil dieser Phase ist eine Analyse der zu planenden Objekte und des Umfelds durchzuführen.

- **Phase 2 | Strukturierung**

Basis der Gestaltung ist die Anwendung von Strukturierungsprinzipien. Die Auswahl erfolgt aufgrund der Zielsetzung der Planung und den Charakteristika der technologischen Segmente sowie der Produkte. Abschließend findet mit Hilfe der Angaben aus Absatzplanung und Produktstruktur eine Dimensionierung der Bereiche in dieser Phase statt.

- **Phase 3 | Layoutgestaltung**

Zunächst wird ein Layout unter idealisierten Bedingungen gestaltet, Randbedingungen werden hierbei nicht beachtet. Unter Rücksichtnahme der Randbedingungen werden, abgeleitet aus den Ideallayouts, die Reallayouts erstellt und vorerst in einer Grobplanung, meist auf Segmentebene, nach den Strukturierungsprinzipien angeordnet. Eine anschließende Bewertung und Auswahl möglichst einer Lösungsvariante führt daraufhin zu einer

Feinplanung, bei der die weiteren Ebenen der Lösungsvariante angeordnet werden.

Danach umfasst der Betrachtungsgegenstand der Methode die Planung der Produktionsstrukturebenen 1 bis 5 nach dem Strukturmodell.

Phasen	Planungsschritt
Vorbereitung	Zielplanung
	Analyse
Strukturierung	Prinzipplanung
	Dimensionierung
Layoutgestaltung	Idealplanung
	Realplanung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grobplanung</li> <li>• Feinplanung</li> </ul>

Abbildung 5: Methode nach WIENDAHL [Vgl. Wiendahl, et al., 2005 S. 218]

### Integrierte Szenariotechnik in der Fabrikplanung

Ursprünglich entwickelt von **GAUSEMEIER** und **FINK** für die strategische Unternehmensgestaltung im turbulenten Umfeld, folgt die Szenariotechnik einer Methode bestehend aus 5 Phasen. Phase 1 befasst sich mit der Szenariovorbereitung, in der die Projektdefinition und Analyse des Betrachtungsfelds stattfinden. Die anschließende Szenarioerstellung verteilt sich über 3 Arbeitsschritte. Phase 2 dient der Identifikation von Einflussfaktoren und dem Ableiten von Schlüsselfaktoren, Phase 3 verknüpft die Einflussfaktoren mit den Entwicklungstendenzen unter dem Prinzip der multiplen Zukunft miteinander und sogenannte Zukunftsprojektionen werden gebildet, in Phase 4 sind diese Projektionen in konsistente Zukunftsszenarien gebündelt. In der letzten Phase der Szenariotechnik (Phase 5), dem Szenario-Transfer, werden mittels einer Auswirkungsanalyse strategische Handlungsoptionen bzw. Strategien entwickelt, um die erkannten Chancen zu nutzen und den Risiken entgegenzutreten [Vgl. Gausemeier, et al., 1995 S. 16ff].

Im Bereich der Fabrikplanung stellen die Analyse und das Bilden von Zukunftsszenarien einen wesentlichen Anteil in der Zielplanung dar. So zum Beispiel

im Hinblick auf das zukünftige Produktionsprogramm [Vgl. Grundig, 2006 S. 246f]. **HERNANDEZ** und **WIENDAHL** detaillieren dabei einen integrierten Ansatz zur Planung von wandlungsfähigen Fabriken [u.a. Hernandez, 2003]. Für die Ableitung der notwendigen Wandlungsfähigkeit der Fabrik werden Szenarien erstellt und im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Fabrik untersucht. **HERNANDEZ** bezeichnet dies auch als zukunftsrobuste Fabrikplanung [Vgl. Hernandez, 2003 S. 117]. Abbildung 6 beschreibt diesen Ansatz zur integrierten Planung wandlungsfähiger Fabriken.

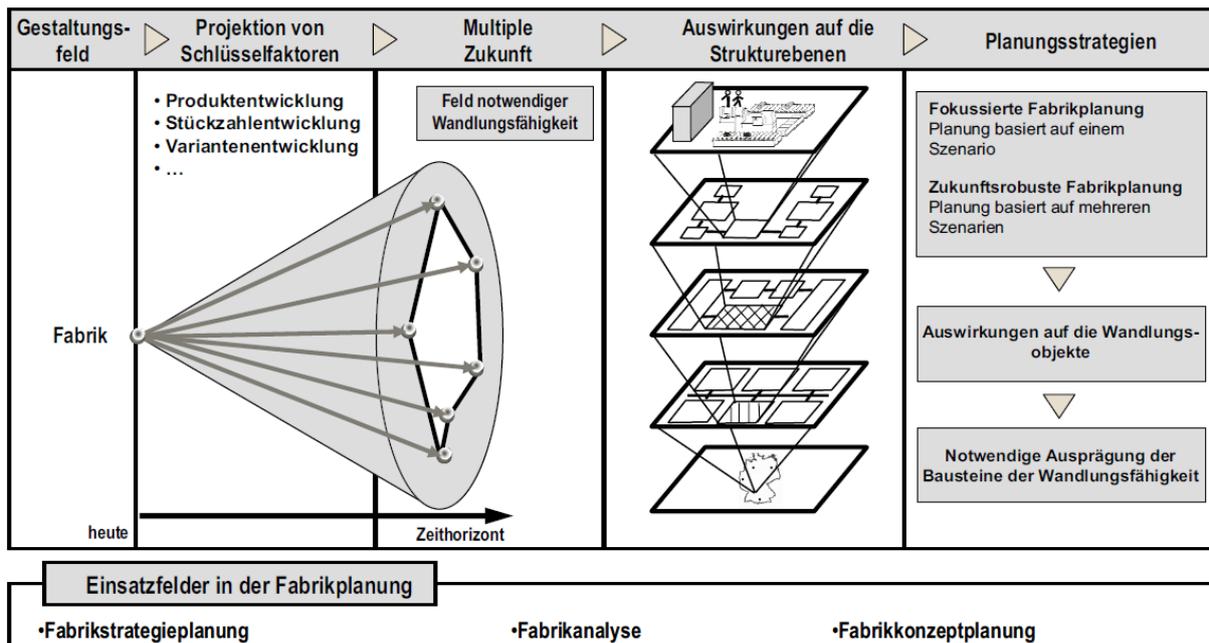


Abbildung 6: Einsatz der Szenariotechnik in der Fabrikplanung [Wiendahl, et al., 2002 S. 15]

Mittels des Phasenmodells der Szenariotechnik nach **GAUSEMEIER** und **FINK** werden Einflussfaktoren des Planungsobjekts Fabrik identifiziert und Szenarien mittels Projektion erstellt. Aufbauend auf einer Analyse der Auswirkungen dieser Faktoren können für die einzelnen Elemente der entsprechenden Strukturebene Planungsstrategien entwickelt werden. Dahingehend kann eine Auslegung der wandlungsbefähigenden Bausteine bestimmt werden [Wiendahl, et al., 2002 S. 12ff].

**LÖFFLER** hat eine Methode entwickelt, die sich mit der strategischen Strukturplanung für wandlungsfähige Produktionen befasst und beinhaltet die Strukturierung der Ebenen der Segmente, der Fabriken und der Produktionsnetze. Ihr Ansatz beschreibt einen Prozess der permanenten Strukturadaption zur Gewährleistung der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit gegenüber dem turbulenten Umfeld. Permanente Adaption heißt, die Aktualität der Struktur zu einem festgelegten Zeitpunkt im Jahr beziehungsweise bei schwerwiegenden unerwarteten Veränderungen zu überprüfen und bei Bedarf anzupassen [Vgl. Löffler, 2011 S. 66].

Die Methode besteht aus 5 Planungsphasen. Zu Beginn steht die Ermittlung der Planungsgrundlagen mittels Analyse und Modellierung der vorhandenen Objekte – Produktion und Produkt – an, die innerhalb der Struktur vorhanden sind. In einem zweiten Schritt werden etwaige Veränderungen, die im internen und externen Umfeld der Planungsobjekte zukünftig eintreten, identifiziert und analysiert. Die Veränderungstreiber werden in einem Technologiekalender festgehalten und auf einer Zeitachse terminiert. Anhand der Ergebnisse aus der Analyse der Veränderungen und der Produktionsstruktur erfolgt mittels eines entwickelten EDV-Werkzeuges – Factory Variation Planer – eine Dynamisierung der existierenden Struktur. Auf diese Weise werden kapazitive Veränderungen, die innerhalb der Struktur wirken, sichtbar. Die Automatisierung der Dynamisierung der Strukturen und damit das Aufzeigen des Handlungsbedarfs ermöglicht eine permanente Überprüfung und Adaption der Struktur. In Planungsphase 4 findet schließlich die Konzeption der alternativen Lösungsvarianten statt und anschließend in Phase 5 die Bewertung und Auswahl der optimalen Lösung [Vgl. Löffler, 2011 S. 66f].

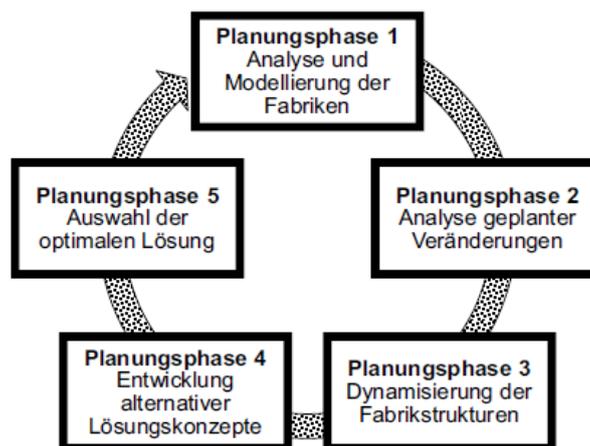


Abbildung 7: Methode nach LÖFFLER [Löffler, 2011 S. 66]

## 2.6 Methoden der Strukturbewertung

Eine Bewertung eines Planungsobjekts findet vor dem Hintergrund der Zielsetzung statt und kann durch unterschiedlichste Bewertungsverfahren stattfinden. Das Ziel der Bewertung der Strukturvarianten hat das Finden der optimalen Struktur zu sein. Durch die Auswahl geeigneter Bewertungsverfahren soll dabei die Nachvollziehbarkeit und Belegbarkeit der Argumentation gewährleistet werden. Eine grobe Klassifizierung der Verfahren wird durch quantifizierbare und nicht qualifizierbare Bewertungsverfahren getroffen. Weitere Klassifizierungen und einzelne Methoden sind bei LENGWENAT nachzuschlagen [Vgl. Lengwenat, 2013 S. 6]. Im Folgenden sind zwei wichtige Methoden für die Bewertung beschrieben.

Rein quantitative Bewertungsmethoden bauen auf konkret erfassbaren Daten auf. Sie sind auf diese Weise sachlich nachvollziehbar und erhalten allgemein auch eine größere Anerkennung. Grundsätzlich sind bei quantitativen Verfahren Kennzahlen zu definieren. Kennzahlen dienen dazu, die Güte eines Sachverhaltes hinsichtlich bestimmter Kriterien messbar zu machen und fungieren als Maßstabswerte für einen späteren Abgleich. Eine Auflistung verschiedener Kennzahlen für die Strukturbewertung oder Produktionsbewertung findet sich in der Literatur [Vgl. Schulze, et al., 2011 S. 115ff] [Engroff, et al., 2. Aufl. 2005] [Zahn, et al., 1996]. Als wesentliche Kennzahlen für die Strukturbewertung sind dabei zu nennen:

- Die Durchlaufzeit: Die Durchlaufzeit eines Fertigungsauftrags gibt die Zeitspanne zwischen Beginn des ersten Arbeitsschritts und der Fertigstellung des Auftrags an [Vgl. Zahn, et al., 1996 S. 402]
- Die Kapazitätsauslastung: Unter der Kapazität wird das Leistungsvermögen einer Produktiveinheit bezogen auf eine Zeitperiode verstanden. Als Maßgröße findet oft die Ausbringungsmenge eines Produkts pro Zeitspanne Verwendung. Das Kapazitätsangebot ergibt sich dabei aus den vorhandenen Kapazitäten der Arbeitssysteme. Die Kapazitätsnachfrage ist durch die Menge der Fertigungsaufträge bestimmt. Die Auslastung berechnet sich über das Verhältnis zwischen Nachfrage und Angebot [Vgl. Zahn, et al., 1996 S. 123]
- Flächennutzung: Als Maß für die Güte des Layouts gilt die Raumausnutzung, d.h. die Nutzung der verfügbaren Fläche, die verwendet werden

Als eine geeignete Bewertungsmethode im Rahmen der Produktionsstrukturen hat sich bislang die Nutzwertanalyse herausgestellt. Kennzeichen der Methode ist eine generische Vorgehensweise bei gleichzeitiger Berücksichtigung von spezifischen Kriterien [Vgl. Kettner, et al., 1984 S. 120]. Die Vorgehensweise der Methode wird durch das Bilden von Kriterien und das Gewichten der Kriterien (G) bestimmt. Anschließend findet eine Bewertung der Kriterien (B) statt, wobei diese mit der Gewichtung multipliziert wird ( $G \cdot B$ ). Das Aufsummieren der Terme ergibt die Gesamtpunktzahl der jeweiligen Alternative. Die Bewertung der Kriterien findet dabei meist auf Basis von Erfahrungswerten des Anwenders statt. Dadurch wird in diesem Verfahren die Bewertung durch die Subjektivität des Anwenders beeinflusst.

Kriterien	Gewichtung	Struktur 1		Struktur 2	
		Bewertung		Bewertung	
Flexibilität	G1	B1.1	$G1 \cdot B1.1$	B2.1	$G1 \cdot B2.1$
Qualität	G2	B1.2	$G2 \cdot B1.2$	B2.2	$G2 \cdot B2.2$
Service	G3	B1.3	$G3 \cdot B1.3$	B2.3	$G3 \cdot B2.3$
Führbarkeit	G4	B1.4	$G4 \cdot B1.4$	B2.4	$G4 \cdot B2.4$
Summe		Summe 1		Summe 2	

**Tabelle 1: Beispiel einer Nutzwertanalyse**

### 3 Anforderungen an die Planungsaufgabe

Jede Planung beginnt mit einer Analyse des bestehenden Planungsobjekts. Primäre Zielsetzung einer Ist-Zustandsanalyse ist die Ermittlung von Ausgangsdaten für die Planung. Bei einer Strukturplanung gilt dies vor allem der Dokumentation der bestehenden Produktionsstruktur. Weiteres Ergebnis einer Analysephase ist die Ermittlung von potentiellen Schwachstellen und die Ableitung des Handlungsbedarfs als Ausgangsbasis für die Planung.

Bei der Analyse des Ist-Zustandes ist es notwendig den zu betrachtenden Untersuchungsbereich genau abzugrenzen. Dabei ist dieser hinsichtlich des Arbeitsumfanges, der Bearbeitungstiefe und des Betrachtungszeitraums zu begrenzen. Für eine langfristige, strategische Gestaltung einer Produktion gibt die Literatur die Gestaltung der strategischen Strukturebenen über einen Zeithorizont von 10 Jahren vor. Aus den Erkenntnissen des Strukturmodells nach **WESTKÄMPER** lässt sich folglich für den Gegenstand dieser Arbeit ableiten, dass bei der Strukturplanung weitestgehend die Ebenen 5 – 7 zu betrachten sind. Des Weiteren sind durch die Aufgabenstellung lediglich die direkten Produktionsbereiche Fertigung und Montage zu betrachten.

Aufgabe der Strukturanalyse ist ein Modell der Produktionsstruktur zu erstellen um dadurch die Bestandteile der Produktion Produkt, Prozess und Ressource zu beschreiben. Das Modell muss im späteren Fortschreiten der Strukturplanung dafür geeignet sein, dass eine Zuordnung der Produkte zu Standorten inklusive der Dimensionierung der Ressourcen stattfinden kann. Um dies zu ermöglichen hat das Modell die Abbildung der Elemente, Kapazitäten und Relationen zu beinhalten. Entsprechend der Sicht der Ressourcen und der Produkte sind hier die Kapazitäten entlang der Prozesskette zu ermitteln. Das gilt ebenfalls seitens der Ressourcen, hier sind die notwendigen Kapazitäten der Produktherstellung entlang der Prozesskette zu erarbeiten.

Weitere planungsrelevante Daten ergeben sich durch die Zielsetzung der Gestaltung einer zukunftsfähigen Produktion. Für eine zukunftsfähige Planung sind zukünftige interne und externe Entwicklungen im Umfeld der Produktionsstruktur über den Betrachtungszeitraum zu identifizieren. Mittels der Analyse der Entwicklungen bezüglich der Produkte, Prozesse und Ressourcen sind verschiedene Anforderungsprofile an die Produktionsstruktur zu erstellen. Anhand der Anforderungsprofile kann anschließend eine Belastung der Strukturen stattfinden. Somit ist es möglich das Verhalten der Produktionsstrukturen hinsichtlich der Robustheit gegenüber den zukünftigen Anforderungen zu untersuchen. Es kann von einer Überprüfung der Zukunftsfähigkeit gesprochen werden. Die Auswirkungen der verschiedenen Anforderungsprofile müssen dabei mittels des erstellten Modells der

Produktionsstruktur schnell und umfassend bewertet werden können. Die Analyse muss deshalb konform zu der Modellstruktur aus der Analysephase der Planungsgrundlagen erfolgen, um eine Integration der Entwicklungen zu ermöglichen.

Wie bereits erwähnt, ist bei der Bewältigung des komplexen Prozesses einer Strukturierung ein systematisches Vorgehen notwendig. Dies ist ebenso für den Teilabschnitt der Konzeption von alternativen Produktionsstrukturen gültig. Anhand des entwickelten Strukturmodells, ist eine Konzeption von alternativen Produktionsstrukturen durchzuführen. Diese stellen unterschiedliche Lösungsvarianten dar, die die Zuordnung der Produkte zu den Standorten festlegen. Leitgedanke der Variantenbildung hat zu sein, die Anforderungen aus dem Zielsystem des Planungsprojekts und den zukünftigen Entwicklungen durch die Gestaltung der Produktionsstruktur bestmöglich zu erfüllen.

Zur Unterstützung der Planer eine optimale Struktur zu ermitteln, muss in dem Konzept eine Methode zur Bewertung der Strukturen vorgesehen werden. Die Bewertung der Strukturvarianten muss zur effizienten Bearbeitung, wie im Falle der Erstellung der Anforderungsprofile, anhand der Strukturmodelle der bestehenden und entwickelten alternativen Produktionsstrukturen möglich sein. Zur Vergleichbarkeit ist der Bewertungsprozess für alle Strukturvarianten einheitlich zu gestalten. Die Bewertungsverfahren/-kriterien müssen dementsprechend auf alle Strukturvarianten anwendbar sein und müssen die Bewertung zukünftiger Entwicklungen ermöglichen. Ebenso gilt dies für die Ermittlung der Konsequenzen der Strukturveränderung.

## 4 Konzept

Im Folgenden soll das Vorgehen der Planung einer zukunftsfähigen Produktionsstruktur erläutert werden. Die beschriebenen Lösungsbausteine sind dabei in die drei Abschnitte Dokumentation des Ist-Zustandes, Konzeption der alternativen Strukturen sowie Auswahl der optimalen Struktur unterteilt.



Abbildung 8: Methode der strategischen Strukturplanung [Quelle: Eigene Darstellung]

In der Dokumentation werden in Phase 1 die spezifischen Zielsetzungen und Vorgaben durch die Unternehmensleitung ermittelt. Für die Strukturierung findet in Phase 2 eine Analyse der bestehenden Produktions- und Produktstruktur statt. Darauf aufbauend werden in Phase 3 die Einflussfaktoren identifiziert, zeitlich verankert und hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Produktionsstruktur analysiert. Die Phase 4 beinhaltet die Entwicklung der Mengenszenarien mittels Veränderungsfaktoren und Prognosemodellen der Vertriebsabteilung. In Phase 5

erfolgt eine Visualisierung der Kapazitätsentwicklungen der Produktionsstruktur durch Projektion der Mengenszenarien. Der entsprechende Handlungsbedarf der Struktur kann anhand der Visualisierung abgeleitet werden.

Mit der Erstellung einer Idealstruktur der Produktion in Phase 6 werden Maßstäbe für die alternativen Strukturen gesetzt. Die Konzeption der Idealstruktur erfolgt unter einer restriktionslosen Betrachtung und ohne kapazitive Auslegung der Produktionsbereiche. Die Strukturvarianten sind durch Umsetzung der Strukturierungsprinzipien und anhand der Idealstrukturmerkmale in Phase 7 zu erstellen.

In Phase 8 werden die Strukturvarianten mittels quantitativer und qualitativer Kriterien und Methoden bewertet. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe eines entwickelten Excel Tools zur Visualisierung der Kapazitätsentwicklungen und zur Ausgabe der Bewertungsgrößen. Abschließend werden in Phase 9 die Ergebnisse der Bewertungsverfahren aufgearbeitet und die optimale Strukturvariante wird präsentiert.

Im Weiteren gelten für die Methode folgende Randbedingungen:

- Kontinuierliche Effekte aus Lernkurven oder ähnliches werden nicht erfasst
- Bei der Verschiebung von Fertigungsaufgaben, Technologien oder Produkten zwischen den Standorten werden Leistungsdifferenzen vernachlässigt
- Neue Technologien und Prozesse bewirken in erster Näherung zur bestehenden Situation keine Veränderungen

## **4.1 Dokumentation**

Im Folgenden findet eine Beschreibung der notwendigen Schritte zur erfolgreichen Dokumentation einer bestehenden Produktionsstruktur statt.

### **4.1.1 Phase 1: Zielsetzung und Vorgaben**

Wie HENN in seiner Methode beschrieben hat, ist die Strukturplanung an der Zielsetzung der Unternehmung zu verankern. Die Zielsetzung dient während der Planung als „Leitplanke“ für die strategische Ausrichtung und die prinzipielle Gestaltung der Struktur. Durch die Festlegung der Ziele können Einflussfaktoren, die eine Zielerreichung beeinflussen oder gar verhindern, identifiziert und entsprechende Maßnahmen entwickelt werden. Für die strategische Planungstätigkeit besteht die Aufgabe, durch die Zuordnung der Produkte auf die Produktionsstandorte verschiedene Varianten zu konzipieren. Durch die Definition der Zielgrößen ist es ebenfalls möglich, die Strukturen auf den Grad der Zielerfüllung hin zu überprüfen.

Anhand der Beurteilung kann daraufhin eine Entscheidung zur Auswahl der zukünftig optimalen Struktur getroffen werden.

Des Weiteren ist in dieser Phase auf etwaige Randbedingungen, die zum Beispiel über die Geschäftsleitung des Unternehmens gefordert werden, einzugehen. Damit kann die vorgegebene Vergabe der einzelnen Produkte oder Teilprodukte zu bestimmten Standorten gemeint sein.

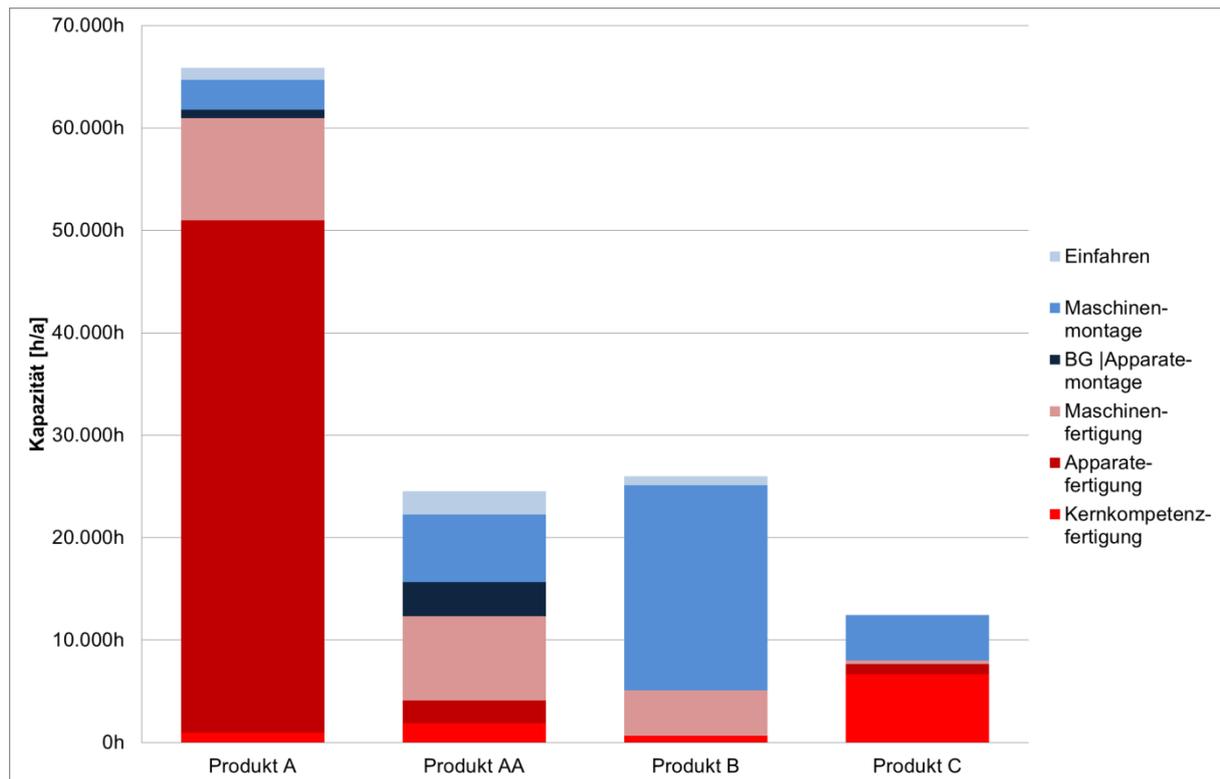
#### **4.1.2 Phase 2: Analyse der Produktions-/Produktstruktur**

Wie bereits in Kapitel 3 erläutert, ist es erforderlich die verfügbaren/benötigten Kapazitäten der Produkte/Ressourcen entlang der Prozesskette zu ermitteln und dahingehend ein Modell des Ist-Zustands zu entwickeln. Durch den Untersuchungsbereich der Aufgabenstellung ist eine Begrenzung auf direkte Produktionsbereiche wie Fertigung und Montage sowie auf die Ebenen 5 – 7 nach dem Strukturmodell zu beachten.

##### **Analyse der Produktstruktur**

Bedingt durch den Trend der Individualisierung der Produkte entsteht eine hohe Variantenanzahl unterschiedlicher Produkte. Dementsprechend ist eine große Anzahl unterschiedlicher Produkte vorhanden, die es zu analysieren gilt. Um dennoch eine effektive Untersuchung zu ermöglichen, ist eine Auswahl repräsentativer Produkte zu treffen. Einen Lösungsansatz hierzu liefert **KLETTI**, nach welchem eine Einteilung in sogenannte Produktfamilien durchzuführen ist [Vgl. Kletti, 2007 S. 60]. Die Kriterien für die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Produktfamilie sind durch die zugrunde liegenden Ähnlichkeiten zum Beispiel von Ressourcen, Dimensionen, Bearbeitungszeiten oder technischen Spezifikationen gegeben.

Die Berechnung des Kapazitätsbedarfs, der zur Herstellung der Produkte aus dem Produktionsprogramm notwendig ist, ist aus der Summe der angefallenen Zeiten pro Produkt im betrachteten Zeitraum zu erzielen. Die Kalkulation erfolgt für die strategische Planung auf Jahresbasis, so dass die zur Herstellung des Produktionsprogramms erforderlichen Kapazitäten in Stunden pro Jahr angegeben werden. Zu beachten ist, dass die Zeiten entlang der Prozesskette zu ermitteln sind.



**Abbildung 9: Beispiel einer Produktstrukturanalyse auf Produktebene [Quelle: Eigene Darstellung]**

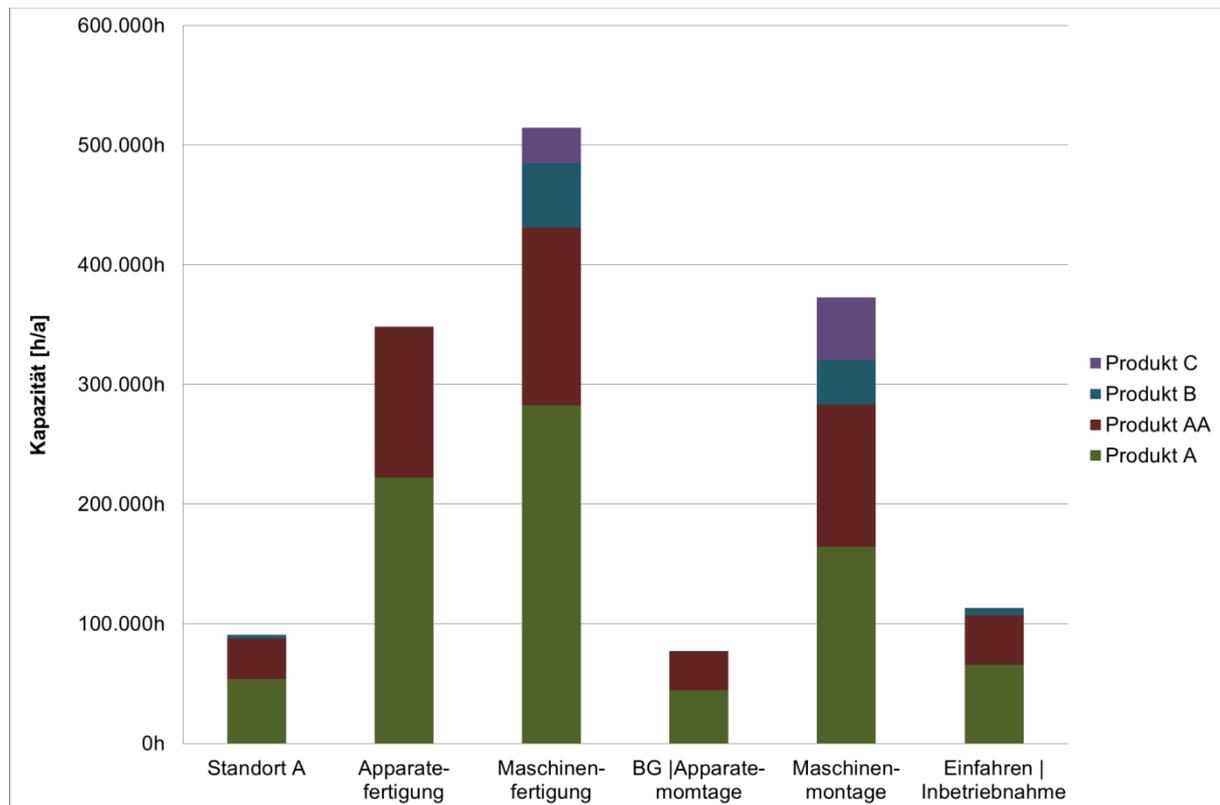
Da in den meisten Fällen keine 100%ige Eigenfertigung der Produkte oder Teilprodukte stattfindet, ist es erforderlich die in externer Fertigung angefallene Herstellungszeiten zu ermitteln und mit den internen Zeiten zu summieren. Um die extern angefallenen Bearbeitungszeiten zu ermitteln, ist das Vergabevolumen der Zukaufteile zu untersuchen, welches im Allgemeinen in Geldeinheiten angegeben ist. Basierend auf dem Volumen der Fremdvergabe werden mittels eines repräsentativen Stundenkostensatzes die entsprechenden Fremdfertigungszeiten der Produktfamilie berechnet. Der Stundenkostensatz errechnet sich aufgrund des durchschnittlichen Stundenlohns innerhalb eines Tätigkeitsbereichs der entsprechenden Branche und dem Standort der Produktion.

Die ermittelten Kapazitäten sind stets in Abhängigkeit von dem aktuellen Absatzprogramm zu sehen. Eine Veränderung des Mengengerüsts bedingt auch immer eine Veränderung der Zeiten.

### Analyse der Produktionsstruktur

Das Prinzip der Strukturanalyse der Produktion ist analog zur Analyse der Produktstruktur zu sehen. Es sind die technologischen Segmente entlang des Produktionsprozesses aller Standorte auf ihre verfügbaren Kapazitäten hin zu untersuchen. Dies ermöglicht eine Darstellung aus Sicht der Standorte und der Ressourcen. Der Detaillierungsgrad hängt von den betrachteten Ebenen der Produktionsstruktur ab, im Falle der strategischen Planung ist dies bis auf Ebene 5

vorgegeben. Für den Fall der Strukturanalyse werden ausschließlich Eigenfertigungszeiten über die Prozesskette ermittelt und die Fremdvergabe nicht berücksichtigt. Die Fremdvergabezeiten können bei Bedarf einer genaueren Analyse einem virtuellen Standort zugewiesen werden. Abbildung 10 zeigt dies auf Ebene eines Produktionsnetzwerks, auf Standortebene sind Diagramme für jeden einzelnen Standort anzufertigen.



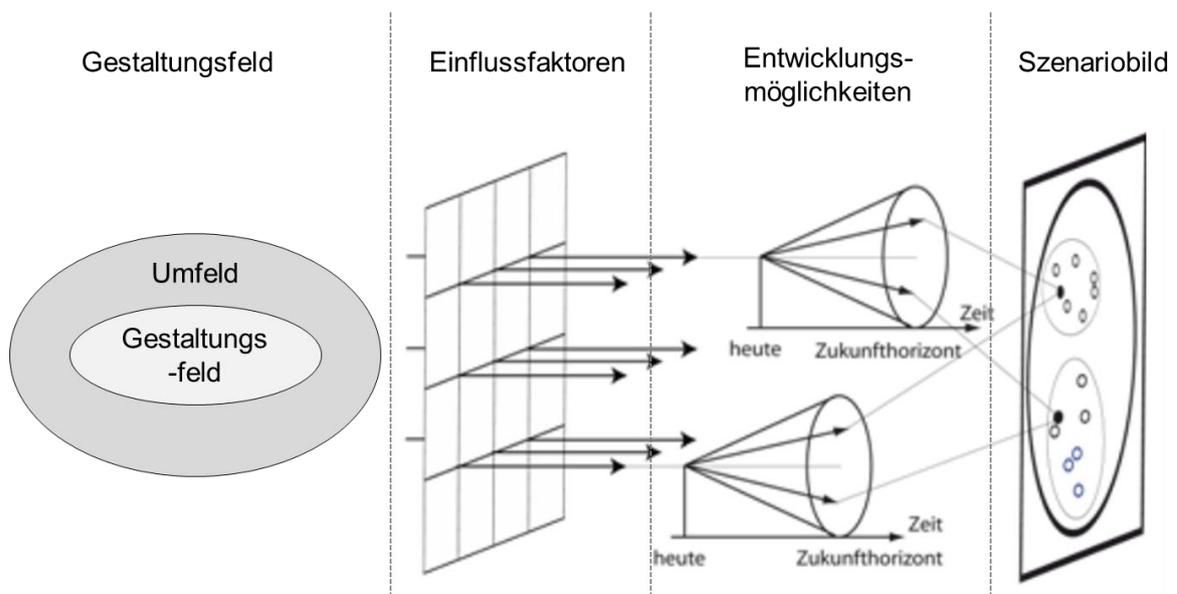
**Abbildung 10: Beispiel einer Produktionsstruktur auf Ebene des Produktionsnetzwerks**  
[Quelle: Eigene Darstellung]

### 4.1.3 Phase 3: Analyse zukünftiger Entwicklungstendenzen

Die Planung der zukunftsfähigen Produktionsstruktur unterliegt einer proaktiven Handlungsweise mit dem Ziel der Vorbereitung auf zukünftige Ereignisse. Es sind folglich die betreffenden Planungsobjekte und deren zu erwartenden Entwicklungen zu prognostizieren. In diesem Zusammenhang sind die Entwicklungen durch Betrachten der Systemumwelt zu analysieren. Das heißt, es sind Entwicklungstendenzen des Systems durch das Betrachten vergangenheitsbasierter Werte und das Einfließen von Erfahrungswerten zu bestimmen. Zudem sind unerwartete Störgrößen zu berücksichtigen, sogenannte Einflussfaktoren, die auf unterschiedlichste Weise die möglichen Entwicklungstendenzen beeinflussen.

#### Erstellen von Belastungsszenarien

Zur Prognose von möglichen Entwicklungstendenzen des Produkt-/Mengengerüsts ist die Erstellung von Zukunfts-Szenarien mit Hilfe der Szenariotechnik naheliegend. Das Planungswerkzeug der Szenariotechnik, welches sich bereits in der strategischen Unternehmensplanung etabliert hat, findet auch im Bereich der Fabrikplanung zum Beispiel unter **WIENDAHL** [Wiendahl, et al., 2009] oder **HERNANDEZ** [Hernandez, 2003], siehe Kapitel 0, zur Planung von wandlungsfähigen Fabrikstrukturen Anwendung.



**Abbildung 11: Szenariotechnik [Vgl. Loose, 2011]**

Gemäß der Szenariotechnik kann damit, übertragen auf die Strukturplanung, das zukünftige Produkt/Mengengerüst mit seinen technologischen und kapazitiven Forderungen entlang der Prozesskette gegenüber der Produktionsstruktur ermittelt werden. Zusammen mit Vertrieb und Marketing sind auf diese Weise etwaige Szenarien zu erarbeiten. Prinzipiell gilt es, ein Planszenario aufzustellen. Davon abweichend werden je ein Best-Case- und ein Worst-Case-Szenario für die Mengenentwicklung erstellt. Auf diese Weise ist es möglich die Struktur in einem nächsten Schritt zukünftigen Belastungen auszusetzen und auf ihr Verhalten hinsichtlich dieser Belastungen zu untersuchen. Im weiteren Verlauf deshalb auch Belastungsszenarien genannt. Der Handlungsbedarf gegenüber der bestehenden Struktur kann abgeleitet und Planungsstrategien für das weitere Vorgehen entwickelt werden.

### **Analyse weiterer Einflussfaktoren**

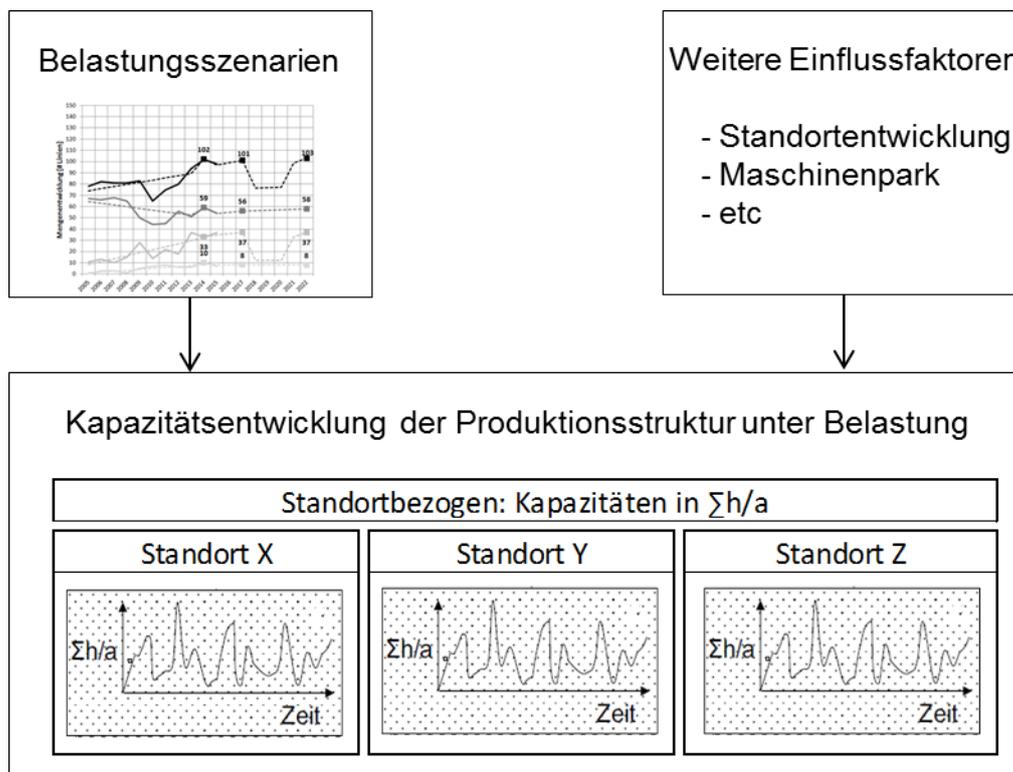
Neben den Entwicklungen des Produkt/Mengengerüst sowie dessen Einflussfaktoren können weitere Einflussfaktoren existieren, die in ihrer Wirkung außerhalb des Produkt/Mengensystems stehen. Dies können Faktoren sein, die die technologischen und kapazitiven Fertigkeiten der Ressourcen der Produktionsstruktur beeinflussen. Dazu gehört beispielsweise die geplante Erweiterung von Werkskapazitäten oder die

Erneuerung des Maschinenparks eines Standortes. Mit Hilfe von Kreativitätstechniken wie der Brainstorming Methode, bei der durch unstrukturierte und spontane Gedankengänge Ideen zur jeweiligen Problemstellung erarbeitet werden, können hier Einflussfaktoren gefunden werden. Weitere Hilfsmittel sind Expertenbefragungen oder Wissensdatenbanken.

Die identifizierten Einflussfaktoren sind tabellarisch zu dokumentieren. Für das weitere Vorgehen sind die Faktoren hinsichtlich ihrer kapazitiven Wirkung und ihres Wirkungsbereichs zu analysieren. Zudem ist eine zeitliche Fixierung des Eintritts festzulegen, dabei eignet es sich den Zeitpunkt des Verzeichnens der ersten Auswirkung als Eintrittszeitpunkt zu wählen.

#### 4.1.4 Phase 4: Belasten der Produktionsstruktur

Für das Ableiten des Handlungsbedarfs ist es erforderlich, die Belastungsszenarien in Form der Mengenszenarien auf die Produktionsstruktur zu projizieren. Es entstehen somit Abbilder der zukünftigen Produktionsstruktur aufgrund der ermittelten unterschiedlichen Szenarien. Dazu sind die in der Analysephase der Produktionsstruktur erstellten Modelle mittels der Szenarien zu simulieren.



**Abbildung 12: Belasten der Produktionsstruktur [Quelle: Eigene Darstellung]**

Der Lösungsansatz zur Projektion der Belastungsszenarien auf die Struktur liegt in der Simulation mittels Excel Tabellenkalkulationen, fortlaufend als Excel Tool bezeichnet. Die Daten aus der Analyse der Produkt- und Produktionsstruktur sowie den Belastungsszenarien werden dazu im Excel Tool als Eingangsgrößen

eingelassen. In einem ersten Schritt werden die Belastungsszenarien mit dem Produktstrukturmodell in Verbindung gesetzt. Dabei werden die aktuellen Kapazitäten der Produktstruktur prozentual mit den zukünftigen Mengen verknüpft. Es ergeben sich die Kapazitätsforderungen der einzelnen Produkte über den Betrachtungszeitraum. In seiner Ausgangslage, das heißt dem Referenzjahr, entsprechen die Kapazitäten denen des Modells der Produktstruktur. Bislang besteht noch keine Verbindung zu den Standorten, die Kapazitätsforderungen sind lediglich den einzelnen technologischen Segmenten der Prozesskette zugeteilt. Im zweiten Schritt wird durch eine Verknüpfung mit dem Produktionsstrukturmodell der Standortbezug hergestellt. Es liegen nun Kapazitätsforderungen an die Standorte im Produktionsnetzwerk entlang der Prozesskette auf Basis von Stunden pro Jahr vor. In seiner Ausgangslage, das heißt im Referenzjahr, bildet sich die bestehende Konfiguration der Produktionsstruktur ab.

Es gilt also:

- Die Produktstruktur bestimmt die Kapazitätsforderung entlang der Prozesskette auf Basis des Mengengerüsts im Referenzjahr
- Die Belastungsszenarien bestimmen das zukünftige Mengengerüst innerhalb des Planungszeitraums
- Prozentuale Hochrechnungen verknüpfen die Kapazitätsforderungen mit dem zukünftigen Mengengerüst
- Die Produktionsstruktur bestimmt die Zuordnung der Produkte und damit die Kapazitätsforderungen an die Standorte entlang der Prozesskette

Die Simulation stellt eine Visualisierung der Kapazitätsentwicklungen über den Planungshorizont in Abhängigkeit der Struktur und der Belastungsszenarien dar. Etwaige Kapazitätsunter- oder -überdeckungen sowie ungleichmäßige Kapazitätsentwicklungen der Standorte werden aufgedeckt. Das Ableiten des Handlungsbedarfs für die Gestaltung der alternativen Strukturen ist jetzt möglich.

Das Excel Tool eignet sich ebenso für eine Verwendung in dem späteren Auswahlverfahren zur Simulation der Kapazitätsentwicklungen und zur Ausgabe der Bewertungskriterien. Die Projektion der Szenarien auf die verschiedenen Strukturvarianten ergibt ein Bild über das Verhalten unter zukünftigen Einflüssen beziehungsweise Belastungen.

## **4.2 Konzeption der alternativen Produktionsstrukturen**

Nach der Aufarbeitung der planungsrelevanten Daten sowie dem Ableiten des Handlungsbedarfs, kann mit der Konzeptphase der Strukturbildung begonnen werden. Dabei sollen alternative Lösungsvarianten bestimmt werden, um das Potential aus dem aufgedeckten Handlungsbedarf freizusetzen. Es sind also

zielführend Strukturen zu bilden, die eine Neuverteilung der Produkte auf die unterschiedlichen vernetzten Standorte beschreiben.

In allgemein gültigen Planungsansätzen zur Fabrikplanung ist es üblich mit der Erstellung einer Idealplanung zu beginnen und daraus alternative Realstrukturkonzepte abzuleiten [Kettner, et al., 1984] [Grundig, 2006] [Wiendahl, et al., 2009].

#### **4.2.1 Phase 5: Konzeption der Idealstruktur**

Die Konzeption der Idealstruktur sollte immer unter dem Grundsatz der Kompromissfreiheit stehen. Dadurch ergibt sich immer ein objektiver Beurteilungsmaßstab in Bezug auf die optimale Zielerreichung, an dem sich die Realstrukturen messen können. Im Vordergrund steht die Anordnung der Funktionsbereiche an einem Standort ohne kapazitive oder räumliche Restriktionen. Anzustreben sind bei der Idealplanung möglichst kurze Wege, klare Materialflüsse und eine kommunikationsfördernde Umgebung [vgl. Grundig, 2006 S. 27f].

#### **4.2.2 Phase 6: Konzeption der Realstrukturen**

Der Leitgedanke bei der Variantenbildung ist, die Anforderungen aus Zielsetzung und Veränderungstreibern durch die Umsetzung der Idealstruktur Best möglichst zu erfüllen. Dazu werden Produktsegmente gebildet und prozessorientiert angeordnet. Die Idealstruktur stellt sich als richtungsweisend für das Bilden der Realstrukturen dar. Das Bilden der Realstrukturen erfolgt dabei in drei Schritten.

In einem ersten Schritt erfolgt eine Segmentierung der Produkte. Dazu sind Produkte, Teilprodukte oder Komponenten in Abhängigkeit ihrer Ähnlichkeit zu sogenannten Produktsegmenten zusammenzufassen. Der zweite Schritt beinhaltet das Schneiden der Prozesskette. Ressourcen- und technologieorientierte Prinzipien dienen als Hilfsmittel bei der Ermittlung von Trennpunkten innerhalb der Prozesskette. Diese Punkte sind ausschließlich an solchen Schnittstellen zu setzen, bei denen eine Vergabefähigkeit der Einheiten, wie Produkte, Teilprodukte und Komponenten, vorliegt. Das heißt, die Einheiten also prüf- und transportierbar sind. Aus der Schnittmenge der gebildeten Produktsegmente und geschnittenen Prozessketten sind alternative Strukturkonzepte zu entwickeln.

Im dritten und letzten Schritt erfolgt eine Zuweisung der Produkte auf die Standorte. Die Zuteilung kann aufgrund unterschiedlicher Faktoren erfolgen. Zum Beispiel kann von bestimmten Produkten die Nähe zu speziellen Anbindungen (Infrastruktur) gefordert werden. Auch kann eine Zuteilung aufgrund der Kapazitätsforderung der Produktsegmente erfolgen. Ist beispielsweise die Kapazitätsforderung eines Segments derart groß, dass aufgrund der Kapazitätssituation der Standorte lediglich

ein einziger Standort in Frage kommt, ist die Zuteilung zu diesem, ohne einen Erweiterungsbau, gewissermaßen vorgegeben.

## 4.3 Bewertung und Auswahl der Strukturen

Die Beurteilung der unterschiedlichen Strukturvarianten ist durch einen einheitlichen Bewertungs- und Auswahlprozess definiert. Dazu gehört ebenfalls die Aufnahme der aktuell bestehenden Struktur in den Bewertungsprozess, damit ist eine vergleichbare Bewertung auf Basis von Referenzgrößen gegeben.

### 4.3.1 Phase 7: Bewertung und Auswahl

Insgesamt gliedert sich der Prozess in 5 Phasen, eine Darstellung des Prozesses ist in Abbildung 13 gegeben. Phase 1, 2 und 3 bilden den Teil der quantitativen Beurteilung. Bestandteile dieser Phasen sind Ermittlung der Kapazitätsentwicklungen, Bewertung anhand von quantitativen Kriterien sowie Bestimmung der Konsequenzen einer Strukturumwandlung. Anschließend ist in Phase 4 eine qualitative Bewertung mittels Nutzwertanalyse und Stärken/Schwächenanalyse der Strukturvarianten durchzuführen. Die Auswahl der finalen Struktur findet in Phase 5 statt.

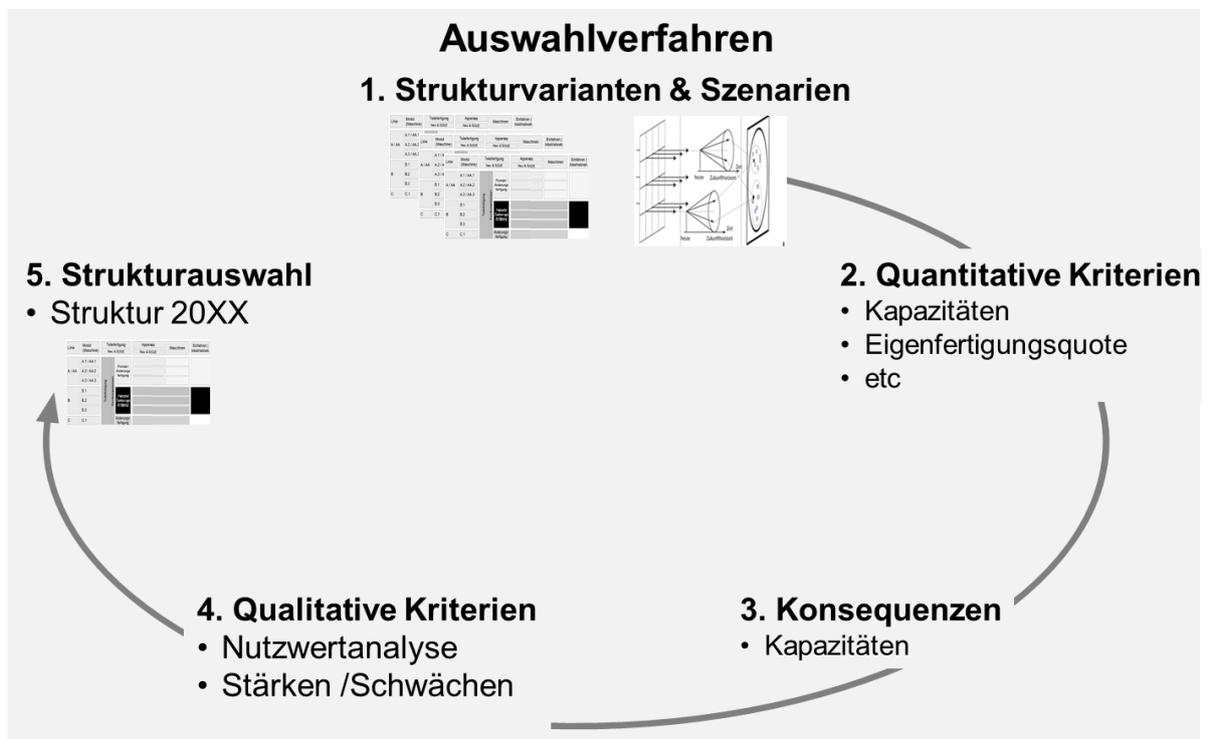


Abbildung 13: Vorgehen der Strukturauswahl [Quelle: Eigene Darstellung]

Basis für den Auswahlprozess bilden die entwickelten Szenarien sowie die alternativen Strukturvarianten mit ihrer spezifischen Produktzuordnung. In Phase 1 findet unter Verwendung des beschriebenen Excel Tools eine Belastung der

Strukturen statt, siehe Kapitel 4.1.4. Dazu ist wieder die Produktstruktur mit den Mengenszenarien zu verknüpfen. Die Zuordnung der Produkte ist durch die alternativen Realstrukturen bestimmt. Somit sind eine Visualisierung der Kapazitätsentwicklungen zu jeder entwickelten Struktur und eine Untersuchung dieser unter Belastung möglich.

Phase 2 beinhaltet die Untersuchung der unterschiedlichen Kapazitätsentwicklungen anhand von definierten Kriterien um diese objektiv zu beschreiben. Die Kriterien sind in Abhängigkeit des Planungsobjekts und der Aufgabenstellung zu definieren. Eine genaue Festlegung und Beschreibung dieser Kriterien findet im Anwendungsteil der Arbeit statt, siehe dazu Kapitel 5.4.1. Weiter soll eine Vorauswahl der Strukturen getroffen werden. Es sind jene Varianten auszusortieren, die aufgrund eindeutiger Erkenntnisse eine Strukturumsetzung nicht zulassen. Beispielsweise können dies extreme Über- oder Unterkapazitäten in einzelnen Werken sein.

Im Rahmen der strategischen Strukturplanung ergeben sich unterschiedliche strukturabhängige Konsequenzen, welche sich in den Kapazitäten der Standorte bemerkbar machen. Die Ermittlung dieser Konsequenzen findet in Phase 3 des Auswahlverfahrens statt. Eine Rolle spielen dafür zum einen die strukturbedingten Kapazitätsverschiebungen, zum anderen die Mengenentwicklungen der Produkte in Abhängigkeit der Szenarien. Für eine genaue Bestimmung sind weitere strategische Überlegungen zu treffen. Die Ausführungen dazu sind im Lösungsbaustein Ermittlung kapazitiver Konsequenzen nachfolgend in diesem Kapitel gegeben.

Die qualitative Bewertung ist Bestandteil der Phase 4. Im ersten Schritt werden die Strukturvarianten einer Nutzwertanalyse bewertet. Die qualitativen Kriterien sind projektspezifisch zu wählen und an der Zielsetzung der Planung festzulegen. Auf Basis der quantitativen Erkenntnisse sowie einer qualitativen Erörterung der Strukturen sind in einer Stärken/Schwächen Analyse Vorteile und Nachteile der Strukturvarianten auch in Bezug auf die Zielerreichung abschließend zu beurteilen.

Eine Interpretation der Ergebnisse im Rahmen der gesamten Bewertung ermöglicht die Auswahl der optimalen Produktionsstruktur in Phase 5.

### **Lösung: Ermittlung kapazitiver Konsequenzen**

Kapazitive Konsequenzen der Strukturen treten durch die Verschiebung von Fertigungs- und Montagekapazitäten durch die veränderte Produktzuordnung auf. Des Weiteren sind die Kapazitäten in der Zeitachse ebenfalls durch die Mengenentwicklungen der Szenarien bestimmt.

Hierbei sind zunächst strategische Überlegungen in Bezug auf die Festlegung der Eigenfertigungsquote anzuführen. Mit der sogenannten Fertigungstiefe wird bestimmt, welche Teile der Produkte in der eigenen Produktion produziert und

welche über die Vergabe an Lieferanten bezogen werden. Die Manipulation des Verhältnisses der Eigen- und Fremdfertigung ist ein gängiges Instrument für die Bewältigung von Auftragsschwankungen (Quelle). Die Festlegung der Fertigungstiefe ist eine Gestaltungsaufgabe, die nur für das Unternehmen insgesamt durchgeführt werden kann. Überlegungen zu der Entscheidung was eigen gefertigt oder zugekauft werden soll, sind nicht allein aus Sicht der Fertigung oder Beschaffung zu erfassen. Dieses Vorgehen würde zu einer suboptimalen Lösung führen. Hierzu sollen zwei unterschiedliche Vorgehensweisen erläutert werden.

- Sichtweise technische Kernkompetenz (qualitativ): Es sollen jene Produkte, Teilprodukte oder Einzelteile in dem eigenen Unternehmen produziert werden, die die entscheidende Kompetenz der Unternehmung auszeichnen [Vgl. Friedrich, 2000 S. 12]. Die Frage nach der In-House Produktion ist aus Sicht der Kompetenzen eine Frage nach dem Schutz des firmeneigenen Know-hows
- Sichtweise Ökonomie (quantitativ): Diese besagt, ein Produkt, Teilprodukt oder Einzelteil soll dann über einen Lieferanten zu beziehen sein, wenn die Kosten der eigenen Herstellung jene Kosten der Beschaffung überschreiten [Vgl. VDMA, o. J. S. 2f]. **WILDEMANN** zieht zu der Ermittlung der Kosten den Transaktionskostensatz und den Produktionskostensatz heran [Vgl. Wildemann, 1995 S. 785]

Allerdings ist die Frage zu der Gestaltung der Eigenfertigungstiefe nicht zuletzt auch aus Sicht des Kunden zu sehen. Verlangt der Kunde bestimmte Produkte in Eigenfertigung herzustellen? Können Produkte nur durch Eigenfertigung in einer vorgegebenen Zeit oder Qualität hergestellt werden? Zur Bestimmung der langfristigen Eigenfertigungstiefe kommen nach Meinung des Autors qualitative Methoden eher zum Einsatz. Bei einer abschließenden Bewertung sollte der Aspekt der Wirtschaftlichkeit zwar berücksichtigt werden, allerdings steht die strategische Ausrichtung der Unternehmung im Vordergrund.

In diesem Zusammenhang ist bei der Ermittlung der kapazitiven Konsequenzen eine Eigenfertigungsquote festzulegen, welche der strategischen Ausrichtung der Unternehmung entspricht. Diese Definition einer minimalen Eigenfertigungsquote bestimmt danach jenen Anteil am gesamten Kapazitätsbedarf, der mindestens in Eigenproduktion gefertigt werden muss. Mit den verfügbaren Informationen bezüglich der gesamten Kapazitätsforderung und der definierten minimalen Eigenfertigungsquote kann der Bedarf an notwendigen Eigenkapazitäten der Standorte und damit die kapazitiven Konsequenzen der Standorte ermittelt werden. Abbildung 14 zeigt dies beispielhaft.

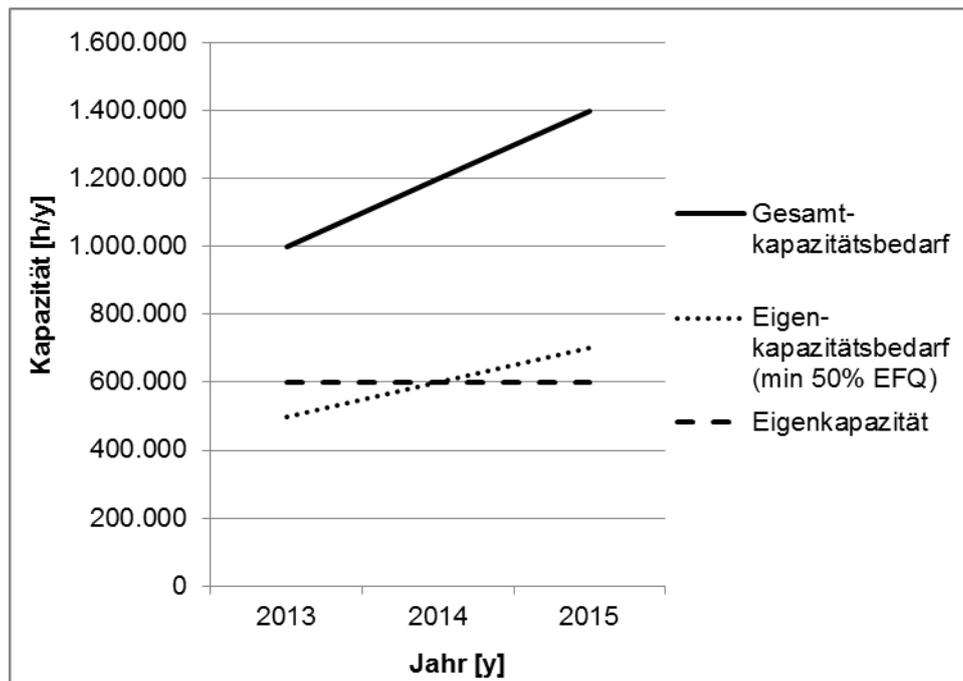


Abbildung 14: Ermittlung kapazitiver Konsequenzen [Quelle: Eigene Darstellung]

Die Unternehmung hat für sich eine minimale Eigenfertigungsquote von 50% definiert (min.  $EFQ_{def.}$ ). Bei einer Produktionskapazität von 600 Tsd. Stunden und einem Gesamtkapazitätsbedarf von 1 Mio. Stunden im Ausgangsjahr errechnet sich eine derzeitige Eigenfertigungsquote von 60% (min.  $EFQ_{err.}$ ). Bei einer gleichbleibenden Produktionskapazität steigt im Verlauf von 2 Jahren der Kapazitätsbedarf linear auf 1.4 Mio. Stunden an. Im ersten Jahr des Anstiegs errechnet sich eine Eigenfertigungsquote von 50% bei einem Bedarf von 1.2 Mio. Stunden. Die definierte Eigenfertigungsquote wird nicht unterschritten, für den Standort bedeutet dies, die benötigten Mehrkapazitäten von 200 Tsd. Stunden sind in Fremdvergabe abzugeben und Eigenkapazitäten müssen nicht aufgebaut werden. Im zweiten Jahr unterschreitet die errechnete Eigenfertigungsquote jene definierte Eigenfertigungsquote. Dahingehend sind am Standort notwendige Eigenkapazitäten von 100 Tsd. Stunden aufzubauen um eine minimale Eigenfertigungsquote von 30% zu erhalten. Eine genauere Erläuterung der Berechnung geben Formel 1 und Formel 2.

$$\min. EFQ_{err.} = \frac{\text{Kapazität}_{Eigen}[2012]}{\max. \text{Kapazitätsbedarf}_{Gesamt} [a]}$$

Formel 1: Errechnete minimale Eigenfertigungsquote [Vgl. VDMA, o. J. S. 2]

$$\text{Kapazität}_{notw.Eigen} = \frac{\text{Kapazität}_{Eigen}[2012]}{\min. EFQ_{err.}} * \min. EFQ_{def.}$$

Formel 2: Notwendige Eigenkapazitäten [Fertigung/Montage]

## 5 Praxisbeispiel: Strukturplanung

Die Anwendung der erarbeiteten Lösungsbausteine findet in einem mittelständischen Unternehmen statt, das im Maschinen- und Anlagenbau tätig ist. Zu Beginn dieses Kapitels wird das Unternehmensprofil im Groben mit seinen Standortstrukturen und Produkten beschrieben. Im Anschluss erfolgt die Strukturplanung der Produktion.

Zunächst sei noch in Kürze auf die ausschlaggebenden Faktoren für den Projektanstoß hingewiesen. Generell befindet sich die Unternehmung in einer starken Wachstumsphase. Diese ist vor allem durch die starke technologische Platzierung gegenüber der Konkurrenz zurückzuführen. Zudem ist durch die Öffnung des chinesischen Markts in den letzten Jahren ein erheblicher Bedarf an Verpackungslinien entstanden.

Die Auslastung der Kapazitäten der drei Standorte ist im Jahr 2012 an seine Grenzen gestoßen. In diesem Zusammenhang ist von der Unternehmung erkannt worden, dass in der bisherigen Produktionsstruktur viele situations- und kapazitätsabhängige Entscheidungen bezüglich der Auftragszuweisung und -bearbeitung stattfinden. Dies wird zudem durch eine ungeeignete Produktzuteilung aufgrund eines über die letzten Jahre veränderten Produktportfolio-Mix verstärkt. Insgesamt führen diese unregelmäßigen, nicht standardisierten Abläufe zu einer zusätzlichen Intransparenz in der Unternehmensstruktur und verschärfen die angespannte Kapazitätssituation zusätzlich.

### 5.1 Das Unternehmen

Die Unternehmung ist ein in Deutschland angesiedelter Industriebetrieb. Sie ist im Branchenbereich des Maschinen- und Anlagenbaus tätig und produziert spezielle Verpackungslinien für die Konsumgüterindustrie. Das Familienunternehmen zählt in diesem Segment zu den Marktführern und sichert sich die Spitzenposition durch innovative und qualitativ hochwertige Produktlösungen.

Die Struktur des Produktionsnetzes verteilt sich auf drei verschiedene Standorte in Deutschland mit dem Hauptsitz in Mittel-Niedersachsen (Standort X), weitere Standorte befinden sich in Nord-Niedersachsen (Standort Y) und in Berlin (Standort Z). Insgesamt sind an diesen drei Standorten rund 1650 Mitarbeiter beschäftigt und erwirtschaften einen ungefähren Jahresumsatz von ca. 500 Mio. Euro. Es kann von einem mittelständischen Industriebetrieb gesprochen werden.

#### Produkte

Das betrachtete Unternehmen führt verschiedene Verpackungslinien in seinem Produktportfolio, die sich, typisch für den Sondermaschinenbau, durch einen hohen

Grad an Individualisierung auszeichnen. Bezogen auf die Struktur der Produkte besteht folglich keine vollständige Übereinstimmung der Linien auf Basis der Teile und der Montagetätigkeiten. So ist für das Produktportfolio, bestehend aus den sehr kundenspezifischen Verpackungslinien, eine Einteilung nach **KLETTI** in Produktfamilien durchzuführen [Vgl. Kletti, 2007 S. 60]. Die Kriterien für die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Produktfamilie sind durch den zugrunde liegenden Verpackungstyp und die technischen Leistungsdaten gegeben. Im Folgenden sind vier Produktfamilien identifiziert und werden als Produktfamilie A, AA, B und C bezeichnet. Die Bezeichnung der Linie AA wird gewählt, da hier der gleiche Verpackungstyp wie bei Produkt A verwendet wird. Allerdings besitzt diese Linie eine doppelte Ausbringungsmenge pro Minute. Es bestehen dennoch Ähnlichkeiten in der Stücklistenstruktur und im Aufbau der beiden Linien. Die Produktion insgesamt lässt sich, auf Basis der Stückzahlen, der Kategorie Kleinserienproduktion mit unendlicher Variantenanzahl zuordnen. Als Konsequenz bedeutet dies für die Produktion der Linien einen hohen Grad an Flexibilität in der Betriebsmittel- und Prozessstruktur zu gewährleisten.

Verpackungslinien bestehen grundsätzlich aus mehreren Maschinentypen die über Zuführ- und Speichermaschinen miteinander verbunden sind. Der Prozess der Abpackung wird in drei wesentlichen Teilschritten ausgeführt. In Arbeitsschritt 1 findet eine Portionierung statt (Maschinentyp 1), in einem 2ten Schritt werden die angelieferten Verpackungen mit den portionierten Mengen aufgefüllt (Maschinentyp 2) und im 3ten Schritt in bestimmten Losen kartoniert (Maschinentyp 3). Jeder Arbeitsschritt wird von einem Maschinentyp ausgeführt, dementsprechend besteht eine Linie aus 3 Maschinentypen. Eine Ausnahme bildet das Produkt C, dieses ist eine einzelne Palettiermaschine. Ein Maschinentyp besteht aus einer Grundmaschine, die durch verschiedene Apparate ergänzt werden kann. Die Apparate sind ebenfalls sehr komplexe eigenständige Baugruppen. Sie sind prüf- und transportierbare Einheiten, die separat von der Maschine montiert und anschließend mit dieser verbunden werden.

Zusätzlich zu den 3 Produktfamilien gibt es den Bereich After Sales, auch bezeichnet als S|G|E. Der After Sales Markt beinhaltet die drei Kategorien Service Aufträge (S-Aufträge), Garantie Aufträge (G-Aufträge) und Ersatzteil Aufträge (E-Aufträge). Bei den E-Aufträgen kommt es vor allem zu Lieferungen von Einzelteilen, in Ausnahmefällen auch zu vormontierten Kleinbaugruppen. Im Falle von S|G-Aufträgen fallen vermehrt Montageleistungen an. Produziert werden, abgesehen von After Sales Produkten, immer gesamte Verpackungslinien. Produkte des Aftersales Markts werden in entsprechenden Teilabschnitten des Herstellungsprozesses gefertigt.

## 5.2 Dokumentation

Ergebnis der Dokumentation soll das Erarbeiten von planungsrelevanten Daten für die Produktionsstrukturierung und deren Bewertung sein. Die Analyse stellt eine Zustandsaufnahme der Struktur-IST dar. Für den Erfolg der Strukturierung ist im Wesentlichen eine hohe Qualität der Planungsdaten ausschlaggebend. Die Erfassung der Daten ist definitiv nicht als Routineaufgabe einzustufen. Bereits bei der Dokumentation sind die Schwachstellen und der Handlungsbedarf, die Produktionsstruktur betreffend, zu erkennen. Die Dokumentation wird im Rahmen des Untersuchungsbereichs und der beschriebenen Methode durchgeführt.

In der Dokumentation werden unterschiedliche Datensätze aus internen Quellen wie SAP, Excel Datenbanken, Layouts und PowerPoint Präsentationen sowie externen Internetquellen wie Google Maps verwendet, dabei gilt, wenn nicht anderweitig angegeben, das Jahr 2012 als Referenzjahr.

Es ist anzumerken, dass in der Anwendung partiell tiefer liegende Ebenen analysiert werden. Dies dient allerdings nur der Aggregation von planungsrelevanten Daten für die Konzeptionierung der Strukturebenen 5 – 7.

### 5.2.1 Phase 1: Zielsetzung und Vorgaben

Von der Unternehmensleitung ist die Zielsetzung gegenüber dem Projektteam vertraglich festgelegt. Die Strukturplanung findet im Rahmen eines Projekts zur Entwicklung eines zukunftsweisenden Produktionsstruktur- und Organisationskonzepts für das Unternehmen statt. Für die Struktur lässt sich ableiten, dass sie den zukünftigen Anforderungen genügen beziehungsweise durch eine flexible und wettbewerbsfähige Struktur im Markt bestehen muss. In den Grundlagen wird bereits auf die bestimmenden Eigenschaften der Wettbewerbsfähigkeit (Preis, Qualität, Produktivität) eingegangen. Bezogen auf das Unternehmensprofil, Weltmarktführer durch innovative Produkte, ist die Preisgestaltung als Zielsetzung zu vernachlässigen. Neben der Zielsetzung sind weitere spezifische Punkte festgeschrieben:

- Steigerung der Flexibilität gegenüber Mengen- und Produktportfolioschwankungen
- Erhöhung der Liefertermintreue
- Durchlaufzeitreduzierung
- Festlegen einer definierten Fertigungstiefe

Als restriktive Randbedingung der Planung gilt der Erhalt aller drei Standorte der Produktionsstruktur und der Kernkompetenzzentren in der Teilefertigung. Eine

weitere Vorgabe der Geschäftsleitung ist das Einfrieren der Fertigungsfläche an Standort X.

### **5.2.2 Phase 2: Analyse der Produktions- und Produktstruktur**

Die Produktionsstruktur der Unternehmung erstreckt sich über drei in Norddeutschland angesiedelte Produktionsstandorte. Standort X ist Sitz und zentraler Produktionsstandort des Unternehmens. An diesem findet die Integration der Maschinen aus den Produktionsstandorten Y und Z in das Endprodukt Verpackungslinie sowie die Inbetrieb- und Kundenabnahme statt.

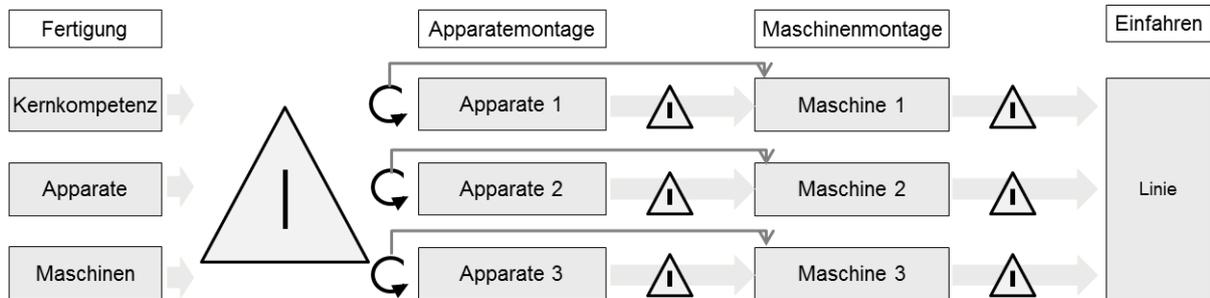
Für die Vernetzung der Standorte gelten die typischen Charakteristiken eines regionalen und operativen Netzwerks, die Standorte stehen in Konkurrenz zueinander und bedienen sich lokaler Lieferantenstrukturen bzw. Partnerschaften. In Teilbereichen nutzen die Standorte ein unternehmensübergreifendes Informationssystem und greifen auf Leistungen der übrigen Standorte zu.

#### **Beschreibung der Prozesskette**

Innerhalb der Teilefertigung finden hauptsächlich mechanische Bearbeitungsschritte wie Fräsen, Drehen, Bohren, Lackieren und Sägen statt. Dem Unternehmen stehen für diese Aufgaben modernste Werkzeugmaschinen und Fertigungsanlagen zur Verfügung. Diese sind aufgrund der erforderlichen Flexibilität und den geringen Stückzahlen nach den Prinzipien einer Werkstattfertigung strukturiert. Insgesamt ist die Teilefertigung ein auftragsanonymer Prozess innerhalb der Produktion, dementsprechend werden die Erzeugnisse auf Lager produziert. Jeder Standort des Verbunds besitzt dabei eine eigene für seine Aufgaben ausgerichtete Teilefertigung und produziert an dem Standort, die für die Montagetätigkeiten benötigten Teile, selbstständig. Ausnahmen bilden die sogenannten Kompetenzzentren. In diesen werden besonders knowhow-/kapitalintensive Fertigungsaufgaben an einem Standort gebündelt und liefern nach Bedarf Teile an die Standorte.

Der Teilebedarf der Montage wird über eine kommissionierte Entnahme des jeweiligen Montagebereichs aus dem Teilelager gedeckt. Insgesamt ist die Montage der Verpackungslinien ein hochkomplexer Prozess und stellt selbst für ein Maschinenbauunternehmen hohe Anforderungen an die jeweiligen Monteure. Der Prozess ist in die einzelnen Bereiche Montage Apparate, Montage Maschine sowie Einfahren in wesentlichen Zügen unterteilt. Die fertig montierten Apparate werden über bewirtschaftete Lagerstufen an den jeweiligen Maschinenarbeitsplatz transportiert und in die Maschine integriert. Ist die Montage der Maschinen einer Verpackungslinie vollständig abgeschlossen, werden diese weiter über Pufferlager an den Einfahrbereich geliefert. Der Einfahrprozess ist aufgrund der Größe der Anlagen ein flächenintensiver Prozess mit Standzeiten über mehrere Monate hinweg.

Eine Verpackungslinie, bestehend aus den unterschiedlichen Maschinentypen, wird in diesem Prozessschritt aufgebaut und zur Funktionsprüfung in Betrieb genommen. Dabei sind größte Knowhow Anforderungen und eine enge Verbindung mit der zentralen Konstruktion notwendig. Aus Flexibilitätsgründen und durch die niedrigen Stückzahlen, ist die Montage entsprechend den Prinzipien der Baustellenmontage strukturiert.

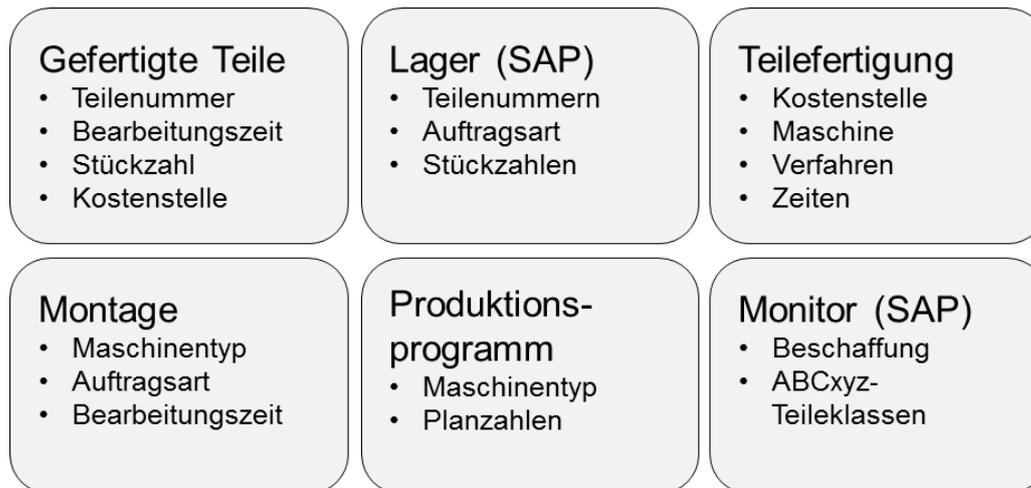


**Abbildung 15: Schematischer Wertstrom Struktur IST [Quelle: Eigene Darstellung]**

Aus der Analyse des Wertstroms besteht die Prozesskette aus 4 Teilabschnitten die Teilefertigung, die Montage Apparate beziehungsweise Maschinen und das Einfahren. Um eine spätere Trennung innerhalb der Prozesskette beispielsweise zwischen Apparatemontage und Maschinenmontage zu ermöglichen, müssen kapazitive Aussagen bezüglich der zugehörigen Fertigungskapazitäten getroffen werden. Deshalb wird die Prozesskette weiter unterteilt in die sechs Prozessschritte Kernkompetenz-, Apparate- und Maschinenfertigung sowie Montage Apparate / Baugruppen, Maschinenmontage und Einfahren.

### **Anpassungen bei der Dokumentation**

Die Dokumentation der Produktions-/Produktstruktur findet auf Basis der angefallenen Arbeitsstunden der Eigenfertigung und der Arbeitsstunden in Fremdvergabe, welche direkt an der Herstellung der Produkte beteiligt sind, statt. Als Basis werden Listen gefertigter Teile, Datensätze der Teilefertigung und Montage, Produktionsprogramm sowie SAP-Lagerabgänge und Beschaffungslisten verwendet.



**Abbildung 16: Datenbasis der Strukturanalyse 2012 [Quelle: Eigene Darstellung]**

Bei der Datenerhebung und Berechnung der Zeiten über die Prozesskette existieren unterschiedliche Probleme, die es zu lösen gilt. Neben den Schwierigkeiten der Datenqualität haben diese vor allem aus Zuordnungsproblemen bestanden.

- Zuordnung der Fertigungszeiten zu den jeweiligen Aufträgen innerhalb des Betrachtungszeitraums

Durch die Auftragsanonymität in der Teilefertigung konnten die Einzelteile und deren Fertigungszeiten bestimmten Aufträgen beziehungsweise Maschinentypen nicht direkt zugeordnet werden. Es ist also folglich nicht nachvollziehbar, welche Zeiten zu welchem Maschinentyp gehören. Mit der Losgrößenfertigung entsteht zudem ein weiteres Problem. Es kommt zur Fertigung von Teilen, die nicht im Betrachtungszeitraum verwendet werden. Umgekehrt gilt dasselbe für Teile, die zu einem früheren Zeitpunkt gefertigt und in der betrachteten Periode verwendet werden.

Die Lösung dieses Zuordnungsproblems liegt in der Betrachtung der Lagerentnahmen. Mit der Lagerentnahme wird der Auftragsbezug hergestellt, auf diese Weise können die Teile einem Auftrag beziehungsweise Maschinentyp zugeordnet werden. Die entsprechenden Bearbeitungszeiten werden mittels der Teilenummern aus den Listen der gefertigten Teile entnommen.

- Zuordnung der Zeiten zur Apparate- oder Maschinenfertigung
- Zuordnung der Zeiten zur Apparate- oder Maschinenmontage

Auf Basis der vorhandenen Daten ist es bisher nicht möglich durchgängig eine Unterscheidung zwischen Tätigkeiten, die einem Apparat oder einer Maschine gelten, zu treffen. Die Zeiten sind lediglich dem Maschinentyp zuzuordnen. Zwei unterschiedliche Ansätze wie nachfolgend beschrieben, helfen bei der Lösung.

In der Teilefertigung werden einzelne Stücklisten von repräsentativen Verpackungslinien ausgewertet. Danach kann aus den Stücklisten eine Zuordnung der Teile auf die Komponenten Apparate und Maschinen stattfinden. Über die Zuordnung der Teile wird eine entsprechende prozentuale Verteilung bestimmt. Auf Basis dieser Verteilung werden produktspezifisch die Zeiten der Apparate- und Maschinenfertigung insgesamt berechnet.

Bezüglich der Montage kann bei den Standorten Y und Z in den Montage-Datenbanken auf die Zuordnung zu Apparaten oder Maschinen inklusive angefallenen Zeiten zurückgegriffen werden. Im Fall von Standort X ist dies nicht möglich. Aus diesem Grund wird auf die Zeiten der Montageplanung zurückgegriffen, es findet eine entsprechende Ermittlung mittels der Planzeiten statt.

- Zuordnung der Montagezeiten der S|G|E Aufträge auf Maschinentypen

Im Bereich S|G|E können ausschließlich die angefallenen Montagezeiten einer Verpackungslinie insgesamt ermittelt werden. Es ist demzufolge nicht möglich die angefallenen S|G|E Zeiten einem Maschinentyp wie beispielsweise der Maschine A.1, sondern nur der Verpackungslinie A zuzuordnen.

In der Fertigung ist dieser Bezug jedoch vorhanden. Zur Lösung wird somit über das Verhältnis, welches der Verteilung der angefallenen Zeiten zu Maschinentypen in der Fertigung entspricht, die Verteilung der angefallenen Zeiten zu Maschinentypen in der Montage bestimmt.

- Ermittlung der in Fremdvergabe befindlichen Kapazitäten in der Fertigung

Zur Berechnung der Kapazitäten in Fremdvergabe ist das Vergabevolumen in Euro durch einen repräsentativen Stundensatz zu teilen. Dieser wird mit 60/€ die Stunde angesetzt. Im Projektfall müssen allerdings bezüglich der Berechnung weitere Überlegungen stattfinden.

Zunächst ist das Gesamt-Vergabevolumen der Fertigung zu betrachten. Dabei ist der Anteil der firmeninternen Vergabe zu berechnen und von dem Gesamt-Vergabevolumen abzuziehen. Die firmeninterne Vergabe stellt jene Fremdvergabe dar, bei der die drei Standorte untereinander Aufträge fremd vergeben. In der Lösung werden die Lagerabgänge von Einzelteilen über die Standorte hinweg untersucht und die betreffenden Teile identifiziert. Anhand der Bearbeitungszeiten der Intercompany Teile kann über den Stundensatz, +10% Intercompany Zuschlag, das Intercompany Vergabevolumen ermittelt werden. Anschließend ist dieses von dem Gesamtvergabevolumen abzuziehen. Des Weiteren sind ausschließlich Vergabevolumen technologischer Zeichnungsteile zu berücksichtigen. Damit finden beispielsweise genormte Einzelteile wie Schrauben in der Berechnung keine

Berücksichtigung. Sie sind ausreichend in den Lagerlisten markiert. Auf diese Weise ist das Vergabevolumen leicht zu bereinigen.

$$Kapazität_{Gesamt} [Prozessabschnitt] = \frac{Kapazität_{Eigen} [Prozessabschnitt]}{EFQ}$$

**Formel 3: Berechnung der Gesamtkapazität**

Da kein Bezug der Teile in Fremdvergabe zu der Prozesskette vorhanden ist, wird eine Lösung in der Hochrechnung über die Eigenfertigungsquote gesucht. Aus der Kapazität in Fremdvergabe und der Kapazität in Eigenfertigung kann mit Formel 1 die Eigenfertigungsquote der Standorte insgesamt ermittelt werden. Für die Berechnung der Gesamtkapazitäten (Fremd + Eigen) der jeweiligen Prozesskettenabschnitte sind die Eigenfertigungskapazitäten des Prozessabschnitts durch die berechnete Eigenfertigungsquote zu dividieren, siehe dazu Formel 3.

- Ermittlung der in Fremdvergabe befindlichen Kapazitäten in der Montage

Die Kapazität der Montage in Fremdvergabe wird über den Stundensatz in Höhe von 60€/Stunde und das Vergabevolumen berechnet.

- Die kapazitive Restriktion der Standorte ist durch das Leistungsprogramm des Ausgangsjahrs 2012 zu bestimmen

In Absprache mit dem Unternehmen ist die Betriebsleistung 2012 als restriktive Grenze festgelegt. In Abbildung 17 ist die Kapazitätsleistung der Funktionsbereiche der Prozesskette in 2012 visualisiert. Insgesamt sind in der Fertigung 456.000 Stunden und in der Montage 619.000 Stunden angefallen und damit unwesentlich abweichend von der Kapazitätsleistung auf Basis der Mitarbeiterhochrechnung. Die Annahme, die restriktive Kapazität der Standorte über die Kapazitätsleistung 2012 zu ermitteln, ist folglich durchaus zutreffend.

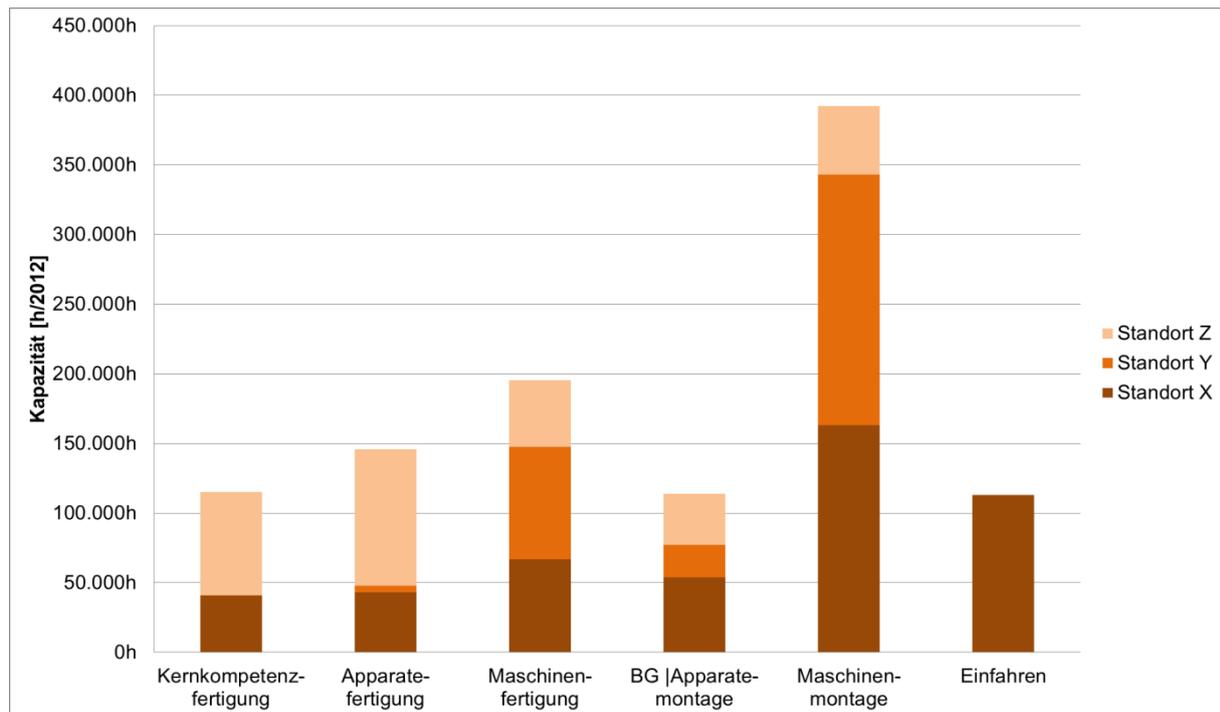
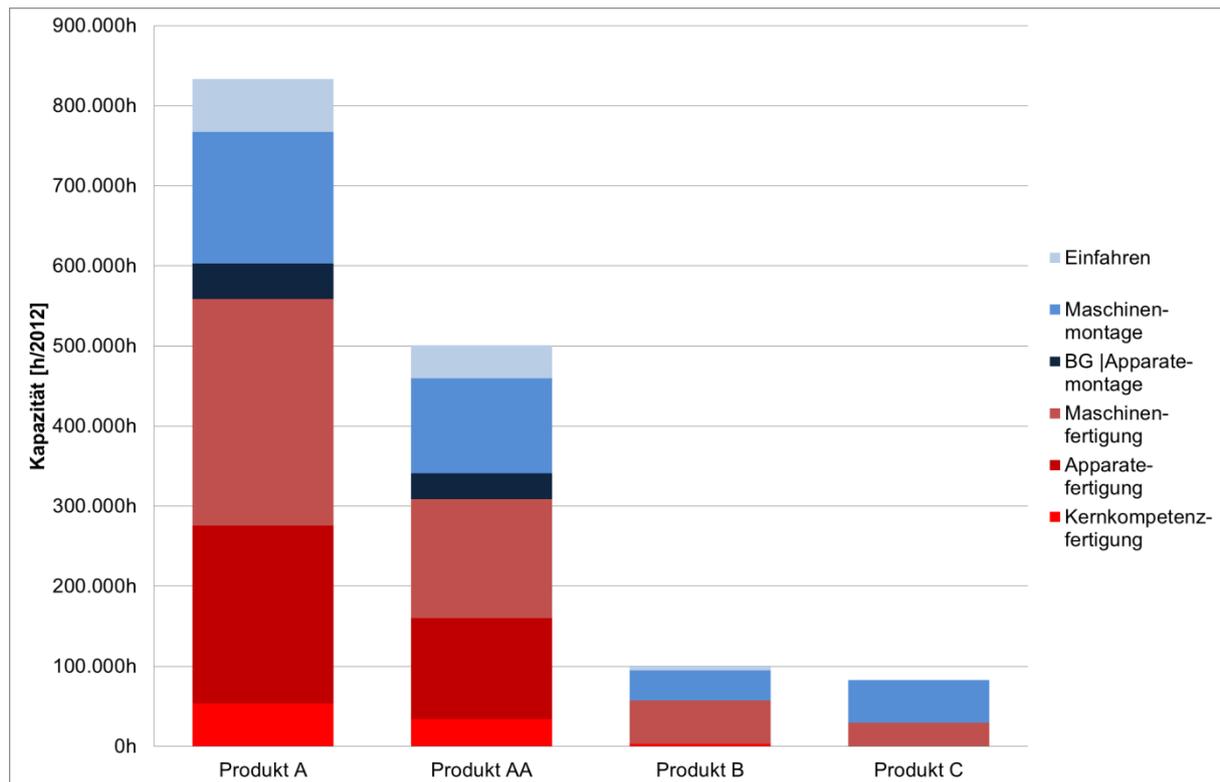


Abbildung 17: Leistungsfähigkeit der Standorte in 2012 [Quelle: Eigene Darstellung]

### Ergebnis Dokumentation der Produktstruktur

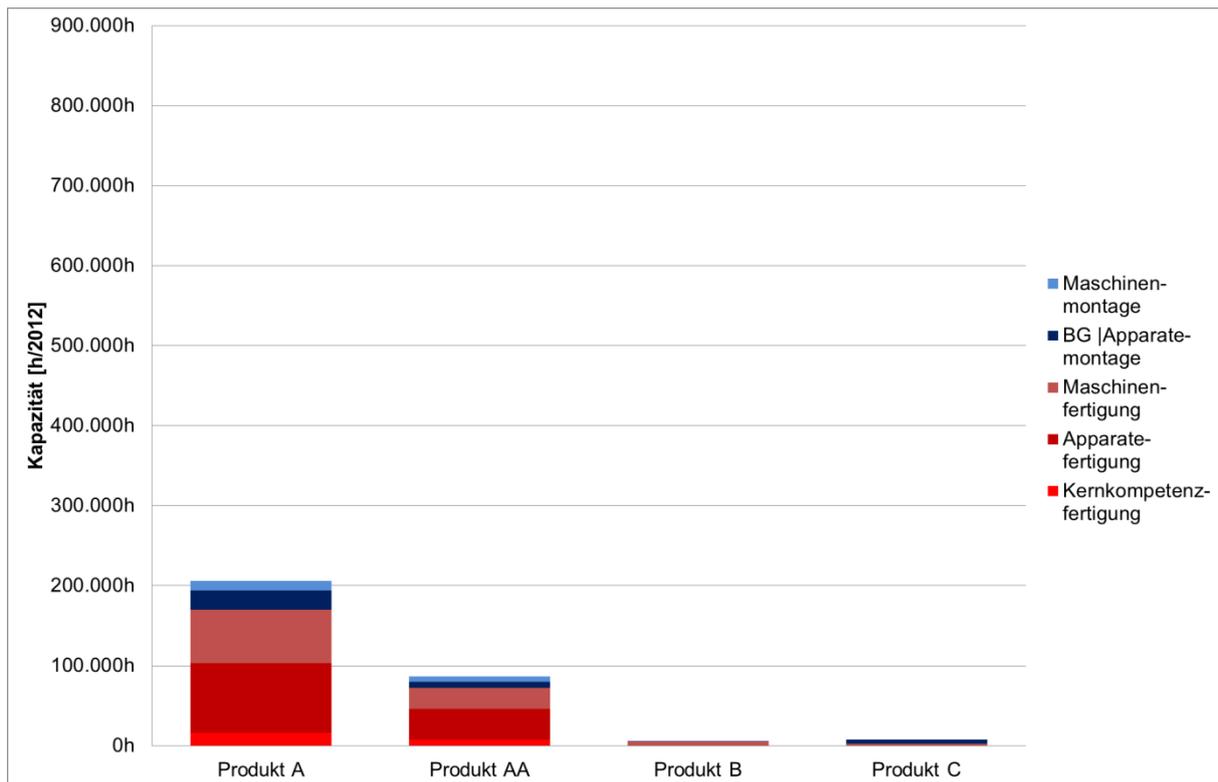
Die Produktstruktur ist in Abbildung 18, Abbildung 19 und Abbildung 20 je nach Detaillierungsgrad der Produktebene dargestellt. Die Produktstruktur der S|G|E Aufträge ist separat dargestellt. Das genaue Zahlengerüst kann in Excel abgerufen werden.



**Abbildung 18: Produktstruktur: Neumaschinen auf Produktebene [Quelle: Eigene Darstellung]**

Die erste Produktebene umfasst das Gesamtprodukt Verpackungslinie. Die Darstellung der Produktstruktur über die Prozesskette in Abbildung 18 verdeutlicht, bei welchen Linien und Maschinen hohe Anforderungen liegen. Insgesamt steht Produkt A mit einer Gesamtarbeitszeit von über 800.000 Stunden an erster Stelle der Kapazitätsforderung, gefolgt von Produkt AA mit 500.000 Stunden. Produkt B und C spielen mit jeweils unter 100.000 Stunden eine geringe Rolle. Die Kapazitätsanteile der einzelnen Prozesse sind bei den Produkten A & AA vergleichbar. Die Maschinenmontage stellt einen zeitintensiven Prozessabschnitt innerhalb der Montage dar. Grund dafür ist die hohe Komplexität bei der Integration einzelner Apparate in die Maschinen. Produkt B und C besitzen keine Apparate, lediglich einzelne kleinere Baugruppen. Somit beschränkt sich die Fertigung und Montage überwiegend auf die Komponente Maschine.

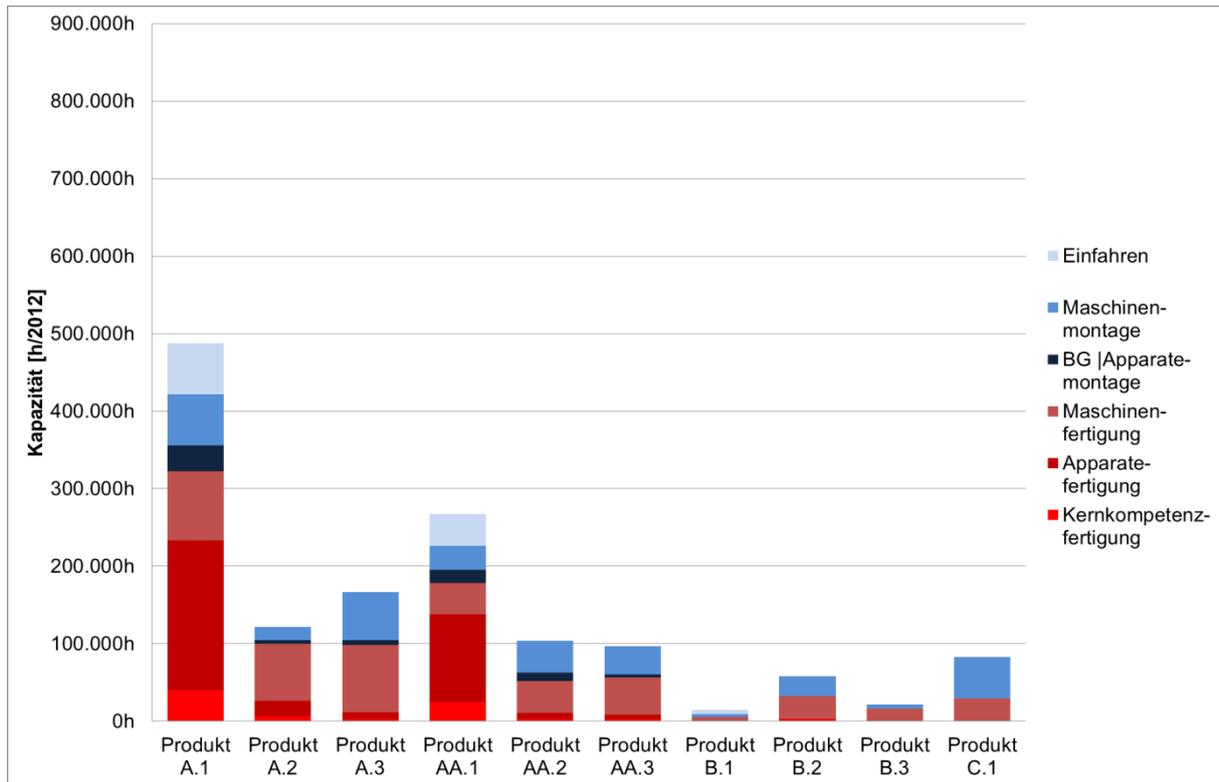
Für die Kapazitäten des S|G|E Geschäfts (Abbildung 19) zeichnet sich eine ähnliche Kapazitätsverteilung wie im Normalgeschäft ab, wobei die Gesamtkapazitätsforderungen mit ca. 300.000 Stunden deutlich geringer ausfallen.



**Abbildung 19: Produktstruktur: S|G|E auf Produktebene [Quelle: Eigene Darstellung]**

Die 2. Ebene der Produktstruktur betrifft die Maschinenebene, wobei mit Ausnahme von Produkt C alle Verpackungslinien jeweils aus drei Maschinen bestehen. Der Prozess Einfahren betrifft im Grunde eine gesamte Verpackungslinie. Um diesen Prozess in der 2. Ebene darzustellen, wird dieser jeweils bei der 1. Maschine einer Verpackungslinie hinzugerechnet.

Auf der 2. Ebene lassen sich die kapazitätsintensiven Maschinen der jeweiligen Linie bereits gut erkennen. Bei Produkt A und AA ist dies jeweils die 1. Maschine und bei Produkt B die 2. Maschine. Insgesamt fallen bei diesen Maschinen mehr als die Hälfte der Arbeitsstunden an, damit stellen diese für die Strukturierung eine besondere Relevanz dar. Wie auch schon in der 1. Ebene beobachtet, ist im Verhältnis von Produkt A und AA eine ähnliche Kapazitätsstruktur zu erkennen. Der nahezu einzige Unterschied zwischen A.2 und AA.2 ist in den verschiedenen Anteilen der Maschinenmontage vorhanden.



**Abbildung 20: Produktstruktur: Neumaschine auf Maschinentypenebene [Quelle: Eigene Darstellung]**

Das zugrunde liegende Mengengerüst 2012 ist in Tabelle 2 dargestellt. Insgesamt wird bei der Betrachtung der Strukturanalyse und des Mengengerüsts die Bedeutung der Produkte A und AA aufgrund ihrer Menge und der benötigten Herstellungsstunden deutlich. Im Jahr 2012 sind 82% der vorhandenen Kapazitäten auf eines dieser Produkte entfallen. Das Mengengerüst des Produkts C ist gleich der Gesamt mengenentwicklung.

Produkt	Menge 2012
Produkt A	56
Produkt AA	18
Produkt B	7
Produkt C	81

**Tabelle 2: Mengengerüst 2012 [Quelle: Eigene Darstellung]**

### Ergebnis Analyse der Produktionsstruktur

Die angefallenen Zeiten stellen den aktuellen Stand 2012 dar und sind eine Momentaufnahme. Innerhalb der Struktur treten andauernde kapazitätsbedingte Strukturadaptionen auf, bedingt durch die ungeeignete Zuordnung der Produkte dieser Struktur. Verantwortlich für die Auftragssteuerung ist der Standort X. Die

festgelegte Zuordnung der Produktkompetenzen ist aus der Momentaufnahme trotz der Strukturadaptionen erkennbar.

Aus der Strukturanalyse zeichnet sich ab, dass Produkte nicht komplett einem Standort zugeordnet sind. Es wird deutlich, dass Standort X eine hohe Systemrelevanz besitzt. Die überwiegende Anzahl der Produkte haben Komponenten, die an diesem Standort gefertigt werden. Eine Ausnahme stellt Produkt C dar, dieses wird ausschließlich von Standort Y produziert. Den Werken Y und Z kann eine gewisse Produktspezialisierung zugesprochen werden. Standort Y ist vor allem auf den 3. Maschinentyp der jeweiligen Linie spezialisiert. Damit erfolgt die Segmentierung bauähnlicher Maschinentypen wie A.3 und AA.3. Im Gegensatz dazu konzentriert sich die Produktion des Standorts Z auf die Herstellung des Maschinentyps A.1. Eine Spezialisierung auf technologische Segmente ist im Rahmen der Kernkompetenzfertigung vorzufinden, diese verteilt sich auf die Standorte X und Z. Dabei ist Standort Z generell extrem fertigungsorientiert ausgerichtet. Das Vorhandensein von kapitalintensiven Kernkompetenzzentren und einem hohen Anteil an Fertigungskapazitäten fördert eine auslastungsorientierte Standortausrichtung. Das Einfahren der Linien A, AA und B ist allein dem Standort X zugeordnet und stellt eine weitere Technologieorientierung dar. Für das gesamte Netzwerk zeigt sich ein sehr hoher Bedarf an internen Kapazitäten in der Maschinenfertigung und Maschinenmontage. Siehe hierzu Abbildung 21 bis Abbildung 23.

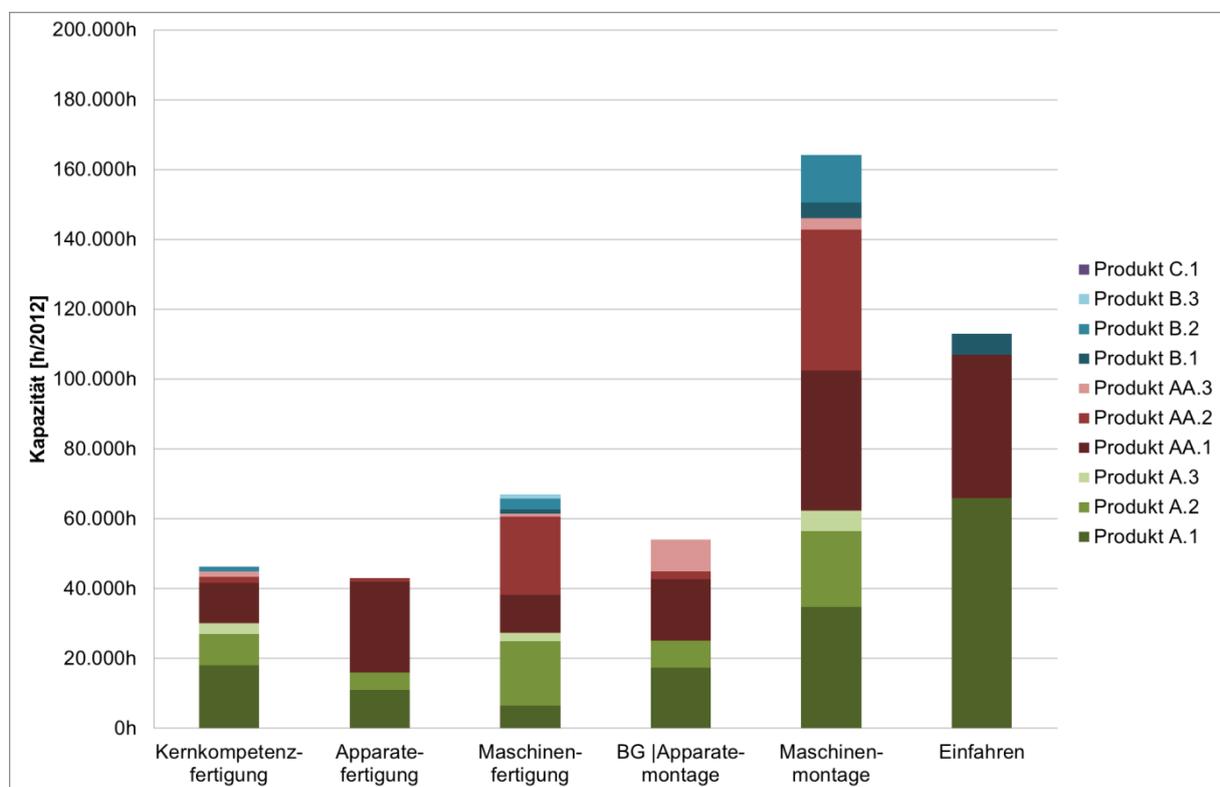


Abbildung 21: Produktionsstruktur: Standort X [Quelle: Eigene Darstellung]

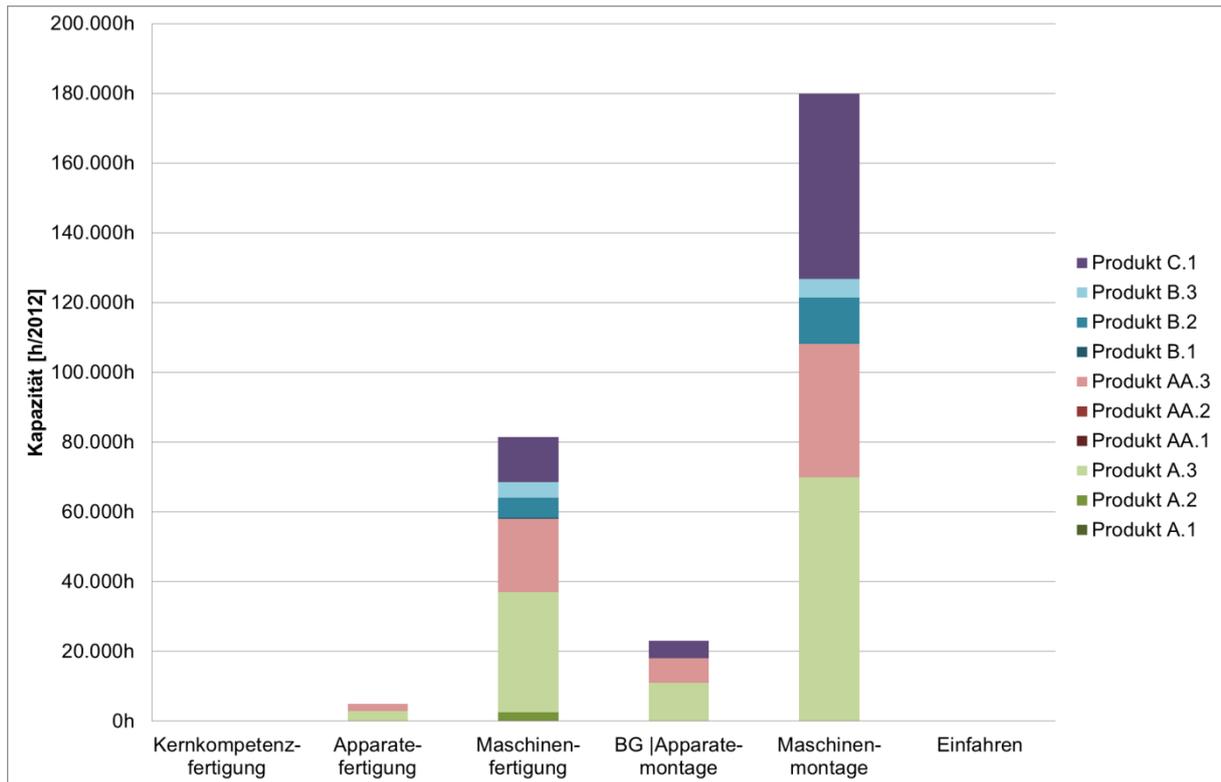


Abbildung 22: Produktionsstruktur: Standort Y [Quelle: Eigene Darstellung]

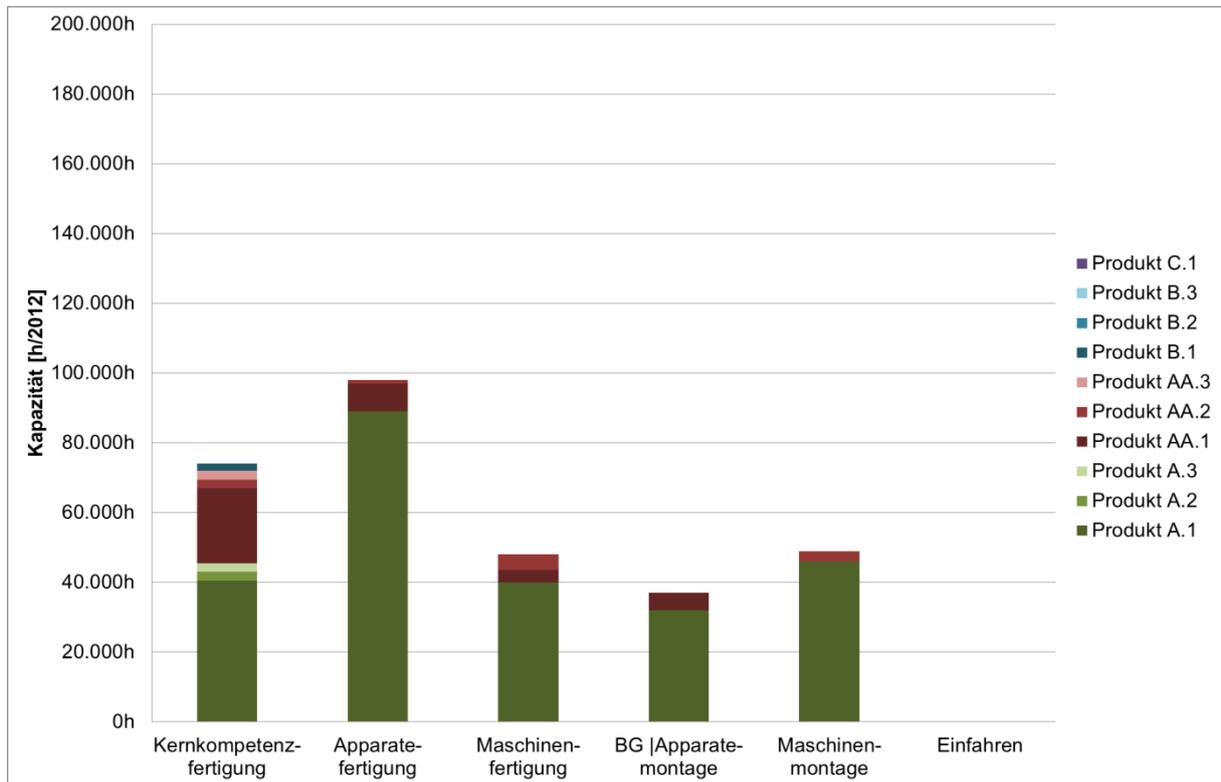


Abbildung 23: Produktionsstruktur: Standort Z [Quelle: Eigene Darstellung]

## Standorte

In dieser Arbeit werden zusätzlich die Standorte und ihre Produktionslayouts analysiert.

Der Standort X verteilt sich auf zwei Werke im Umkreis von ca. 4,5 Kilometern. Das Werk X.1, gleichzeitig Sitz der Geschäftsführung, Verwaltung und Konstruktion des Unternehmens, wird hauptsächlich für die Fertigung genutzt und beliefert das nahe gelegene Werk X.2 mit Einzelteilen. Neben der Fertigung und den unterstützenden Abteilungen ist auch das Versuchsfeld mit einem abgegrenzten Teilefertigungs- und Montagebereich angesiedelt. Dieses dient der Entwicklung von Prototypen für das spätere Seriengeschäft. Materialströme im Werk verlaufen gegenläufig. Das bedeutet, Waren werden aus dem Lager im rechten unteren Eck des Layouts in die einzelnen Fertigungsbereiche transponiert und auf dem gleichen Weg wieder zurück. Im Werk X.2 selbst befinden sich Montageflächen, inklusive dem flächenintensiven Einfahren mit der Kundenabnahme der Verpackungslinien. Die Materialströme fließen von den zwei Wareneingängen in ein zentral angesiedeltes Lager, von diesem werden die Abteilungen beliefert. Die montierten Komponenten durchfließen den Materialfluss von links nach rechts (Montage Apparate => Montage Maschine => Einfahren). Neben dem Einfahrbereich ist der Warenausgang, gegenläufige Materialströme werden so vermieden. Anhand der Analyse ist zu erkennen, dass die Flächenkapazitäten in beiden Werken vollkommen ausgelastet sind. Damit sind weitere Kapazitäten nur über Erweiterungsbauten oder Optimierungen des Layouts möglich.

Auch Standort Y ist auf zwei Werke verteilt, das Werk Y.1 und ein weiteres Werk Y.2. Die Standorte befinden sich alle im Umkreis von ca. 2 km innerhalb der Gemeinde. Im Werk Y.1 ist neben einer Teilefertigung auch eine Montage angesiedelt, die Flächen der Fertigung und Montage sind von der Ausdehnung her gleich groß. Der Wareneingang und -ausgang (WE/WA) befinden sich im rechten oberen Eck und beliefern ein zentral angesiedeltes Hauptlager, das die verschiedenen Abteilungen bedient. Damit treten gegenläufige Materialflüsse auf. Das Werk Y.2 besteht aus zwei nebeneinander liegenden Hallen, die sich in Pacht befinden und für großflächige Montagebereiche genutzt werden. Einfahrbereiche existieren an diesem Standort keine. Durch das Anordnen des WE/WA auf einer Fläche entstehen wiederum gegenläufige Materialflüsse. Die Flächenkapazitäten der beiden Werke sind wie in Standort X ausgenutzt

Der in Berlin befindliche Standort Z ist flächenmäßig der kleinste der Produktionsstandorte. Um diesen Unterschied zu kompensieren wird ein 3 Schichtbetrieb bei einer 6 Tage Woche gefahren, im Gegensatz zu den beiden anderen Standorten mit einem 2 Schichtbetrieb an 5 Tagen. Der größte Teil der Fläche ist ausschließlich der mechanischen Fertigung zugeteilt, damit fällt die

Apparate- und Maschinenmontagefläche entsprechend kleiner aus. Die Ausnutzung der Flächenkapazitäten und die Materialströme betreffend ist dieselbe Situation wie an den beiden anderen Standorten vorzufinden.

Im Folgenden bezeichnet der Begriff Standort X, Y oder Z immer den Zusammenschluss der am Standort befindlichen Werke.

### **5.2.3 Phase 3: Analyse zukünftiger Entwicklungstendenzen**

Mit der Fertigstellung der Analyse zu Produktions- und Produktstruktur kann nun wie in Kapitel 4.1.3 beschrieben mit der Analyse zukünftiger Entwicklungstendenzen begonnen werden. In diesem Zusammenhang sind erst Einflussfaktoren zu ermitteln und anschließend Belastungsszenarien durch Projektion zu erstellen.

#### **Anpassungen in der Dokumentation Analyse der Einflussfaktoren**

- Berücksichtigung der Einflussfaktoren unabhängig des Wirkungsbereichs

Während der Untersuchung des Unternehmensumfelds sind sämtliche Einflussfaktoren zu identifizieren. Somit werden zunächst auch solche berücksichtigt, die teilweise oder ausschließlich auf indirekte Produktionsbereiche wirken. Erst im Anschluss an die Identifikation und Terminierung folgt die Analyse des Wirkungsbereichs und macht eine weitere Untersuchung der Faktoren mit indirektem Einfluss nicht mehr notwendig.

- Der Terminierungszeitpunkt ist der Zeitpunkt der ersten Auswirkung

Bei der Analyse des Unternehmensumfelds wurden Einflussfaktoren identifiziert, bei denen sich die Auswirkungen nicht zum Zeitpunkt des Ereignisses sondern vor oder nach diesem bemerkbar machen. Für die Terminierung ist der Zeitpunkt der ersten erwarteten Auswirkung festzulegen.

#### **Ergebnis Analyse der Einflussfaktoren**

Die Einflussfaktoren sind in die drei Hauptkategorien Markt, Produkt und Produktion unterteilt.

- Markt

Der Veränderungstreiber Markt umfasst die Einflussfaktoren Absatzprogramm, Gesetzgebung A und B sowie Technologietransferabkommen. Der Wirkungsbereich dieser Einflussfaktoren auf die Prozesskette ist einheitlich. Beeinflusst durch steigende oder fallende Auftragsvolumen sind die Kapazitäten in der gesamten Produktion, der unterstützenden Prozesse wie Beschaffung, Qualität, Logistik, Instandhaltung, Planung und durch die Individualisierung der Produkte auch die Konstruktion betroffen.

Absatzprogramm: Das Absatzprogramm stützt sich auf die Prognosen der Vertriebsabteilung. Eine Rolle spielen dabei Erfahrungswerte der Mitarbeiter und die Betrachtung der historischen Mengenentwicklung. Das Absatzprogramm und dessen Bestimmung werden nachfolgend genauer beschrieben.

Gesetzgebung A: Im Bereich der Produktschiene A und AA wird durch die EU eine Vereinheitlichung der Verpackungen angestrebt. Geplanter Einführungsstermin der Neuregelung ist im Jahr 2017. Im Falle eines Eintretens dieser Neuerung ist mit unterschiedlichen kapazitiven Auswirkungen auf die Produkte inklusive dem After Sales Market zu rechnen. Eine Beeinflussung der Produktschiene B ist nicht zu sehen.

Gesetzgebung B: Innerhalb der Produktschiene B verabschiedet die EU eine Neuregelung der Besteuerung, erwartet wird die Steueranpassung im Jahr 2015. Es ist vor allem ein Rückgang im Auftragsvolumen zu erwarten, Auswirkungen auf die übrigen Produkte oder den After Sales Market wird diese Veränderung nicht haben.

Technologietransferabkommen (TTA): Im Rahmen eines Abkommens mit staatlichen Unternehmen in China ist in Gegenleistung eines Technologietransfers ein zugesichertes Auftragsvolumen pro Jahr vereinbart. Das TTA läuft im Jahr 2018 aus, eine Erneuerung des Abkommens kann im Jahr 2020 stattfinden.

- Produkt

Produktneuentwicklungen Produkt A+: Das Produktprogramm A wird erneuert. Bezüglich des Start of Production ist mit der Serienproduktion zwischen 2014 – 2015 zu rechnen. Eine neue Produkteinführung betrifft immer die gesamte Prozesskette. Nach Meinung der Experten kann das Produkt A näherungsweise für die Kapazitätsplanung herangezogen werden. Das Mengengerüst des Produkts A beinhaltet damit ebenfalls jenes des Produkts A+.

- Produktion

Produktionstechnologien: Die Einführung des Produkts A+ bedingt Technologieveränderungen von Betriebsmitteln in der Fertigung und Montage. Daraus resultieren kapazitive Auswirkungen auf Produktion, Qualität und Instandhaltung. Experten geben an, dass die Produkteinführung A+ keine maßgebliche Auswirkung auf den Maschinenpark der Fertigung haben wird. Montageseitig sind kleinere Änderungen an Montagevorrichtungen zu treffen. Diese stellen allerdings keine Größe dar.

Standorte: Im Rahmen der Geschäftsentwicklung wird mit der Erweiterung von Werksflächen begonnen, diese werden wie folgt beschrieben.

- Standort X.2: Erweiterung der Flächen des Werks X.2 für die Lager- und Materialwirtschaft. Die Fertigstellung des Erweiterungsbaus wird Ende 2014 bis Anfang 2015 erwartet
- Standort X.3: Durch die Schließung einer Produktionshalle für Druckermaschinen im Ort ist es der Geschäftsleitung gelungen, eine Übernahme der Produktionshalle inklusive dem vorhandenen Personal zu arrangieren. Die gewonnenen Flächen und das Personal können bereits ab 2014 für Tätigkeiten der Montage verwendet werden. Die Flächen- und Personalerweiterungen für Montagetätigkeiten an Standort X haben Einfluss auf die Kapazitäten der Montage und erhöhen diese laut Experten um 26.000 Stunden/Jahr

Teileklassifizierungsprojekt: Das Ziel des Teileklassifizierungsprojekts ist die Beherrschung der Teilevielfalt. Gleiche oder ähnliche Teile sollen trotz unterschiedlicher Materialstammmnummern identifiziert und sogenannten Teileklassen zugeordnet werden. Dazu ist eine Softwarelösung zur automatischen Klassifizierung von Alt- und Neuteilen anhand von 3D CAD Daten erforderlich. Die Definition der Klassen sowie die Implementierung der Software und Teilezuordnung werden im Oktober 2014 abgeschlossen. Das Teileklassifikationsprojekt wird zu einer Verringerung des Kapazitätsbedarfs in der Konstruktion, Planung und dem Einkauf führen. In diesen Bereichen werden daher zusätzliche freie Kapazitäten geschaffen, die aber nicht weiter untersucht werden. Anhand der Teileklassen werden weiterführend werksübergreifend Kompetenzzentren in der Teilefertigung gebildet.

Kompetenzzentren: Auf Basis des Klassifizierungsprojekts sollen Kompetenzzentren innerhalb der Fertigungsstandorte für bestimmte Teileklassen gebildet werden. So kann beispielsweise ein Standort entstehen, der für die Fertigung von Wellen verantwortlich ist. Der Zeitplan zur Umsetzung ist auf 2015 festgelegt. Neue Kompetenzzentren bedeuten Verschiebungen von Fertigungstechnologien und Kapazitäten innerhalb der Produktionsstruktur. Das Projekt zur Bildung neuer Kompetenzzentren ist erst im Zuge des zukunftsfähigen Organisations- und Produktionskonzepts entstanden. Aus diesem Grund stehen noch nicht ausreichend ausgearbeitete Planungsgrundlagen zur Verfügung.

Umstrukturierung des Änderungswesens: Der heutige Stand für das Management von Änderungsmitteilungen erfolgt mittels eines manuell aufgesetzten Schreibens an die Werke. Deren werkseigene Prozesse zur Bearbeitung von Änderungen unterscheiden sich zudem. Zur Verbesserung des Änderungswesens soll ein werksübergreifender, objektbezogener Prozess mit SAP Unterstützung implementiert werden. Die Terminierung der Implementierung ist auf Mitte bis Ende 2015 angesetzt. Eine Neuorganisation des Änderungswesens zu einem schlankeren, IT-gestützten Prozess hat einen positiven Effekt auf die Kapazität der Entwicklung

sowie auf die Fertigungsplanung/-steuerung. Auswirkungen auf Kapazitäten der direkten Produktionsbereiche resultieren nicht.

Die untenstehende Tabelle 3 gibt zusammenfassend Aufschluss über die spezifischen kapazitiven Einflüsse der identifizierten Einflussfaktoren sowie deren Terminierung im Betrachtungszeitraum. Es werden nun ausschließlich jene Einflussfaktoren angeführt, die Einfluss auf die direkten Produktionsbereiche Fertigung und Montage besitzen.

Veränderungstreiber und Terminierung	Kapazitive Ausprägungen
Gesetzgebung A [Voraus. Eintritt 2017]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minus 11 Linien des Produkts A in 2018, Menge ist für 3 Jahre festgeschrieben auf 45 Linien</li> <li>• Plus 3 Linien des Produkts AA in 2018</li> <li>• Rückgang von 60% der S G Aufträge im Jahr 2017</li> </ul>
Gesetzgebung B [Voraus. Eintritt 2015]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minus 4 Linien des Produkts B</li> </ul>
Technologietransferabkommen [Eintritt 2018 / Voraus. Erneuerung 2020]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minus 25 Linien des Produkts AA, Menge ist für 3 Jahre festgeschrieben auf 12 Linien (15, wenn die Gesetzgebung A eintritt)</li> <li>• Plus 21 Linien des Produkts AA bei der Erneuerung des Abkommens</li> </ul>
Standort X.3 [Eintritt 01/2014]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus 26.000 Stunden Kapazität in der Montage</li> </ul>

**Tabelle 3: Kapazitive Ausprägungen der Veränderungstreiber [Quelle: Eigene Darstellung]**

### **Anpassungen der Dokumentation Erstellen der Belastungsszenarien**

- Plan-Szenario gleich dem Best-Case-Szenario

Die geplante Geschäftsentwicklung ist nach Aussagen der Vertriebsabteilung gleichzeitig auch das Best-Case-Szenario. Fortlaufend immer als Plan-Szenario bezeichnet.

- Berechnungsgrundlage für den Geschäftsbereich Neumaschinen

Zur Entwicklung der Szenarien liegen die im Folgenden beschriebenen Größen und Berechnungen zugrunde. Die Entwicklung der Mengengerüste sollte zur Verwendung in den späteren Excel Kalkulationen durch die prozentualen Veränderungen angegeben werden. Zur Verdeutlichung der produzierten Mengen werden die Mengenveränderungen im Neumaschinengeschäft vorläufig durch die Mengenzahl der Verpackungslinien angegeben.

Für die Jahre 2013 und 2014 existieren bereits Auftragseingänge und Planzahlen. Ab dem Jahr 2015 ist das Absatzprogramm durch eine lineare Regression für die Gesamtmenge der Linien zu bestimmen, dazu wird das historische

Produktionsprogramm betrachtet. Besonderheit dabei ist, dass die Mengenerwicklungen der verschiedenen Verpackungslinien dann anteilig an der Gesamtmenge über eine festgelegte Quote berechnet werden. Diese Quote entspricht den Mengenanteilen der einzelnen Produktlinien an der Gesamtmenge aller Produkte im Jahr 2015. Im Falle des Eintritts von Veränderungstreibern wird die Quote für den Zeitraum ausgesetzt.

Durch das unterschiedliche Einfließen der Einflussfaktoren werden die Mengenprognosen so verändert, dass laut Experten realistische Zukunftsabbilder bezüglich eines Plan- und Worst Case-Szenarios entstehen.

- Berechnungsgrundlage für den Geschäftsbereich S|G|E

Aufgrund der unterschiedlichen Struktur des Aftersales Markts ist bei den Mengenszenarien eine getrennte Betrachtung von dem Neumaschinen Geschäft notwendig. Des Weiteren ist im Aftersales Markt eine unterschiedliche Entwicklung der Service und Garantie sowie der Ersatzteile zu berücksichtigen. Die Mengenszenarien werden über das prozentuale Wachstum der Bereiche ausgedrückt. Dazu werden zunächst die Kapazitätsentwicklungen in Plan- und Worst-Case-Szenarien jeweils von S|G- und E-Aufträgen getrennt ermittelt. Anschließend werden die entsprechenden Szenarien in je ein S|G|E Plan-Szenario und ein S|G|E Worst-Case-Szenario zusammengefasst, siehe dazu Formel 4. Durch das Zusammenfassen entsteht zwar ein Fehler in der Hochrechnung, dieser ist jedoch in Relation überaus gering.

$$Szenario_{S|G|E} [t] = \sum_{i=S|G}^E Szenario_i [t] * \frac{Kapazität_i [2012]}{Kapazität_{S|G|E} [2012]}$$

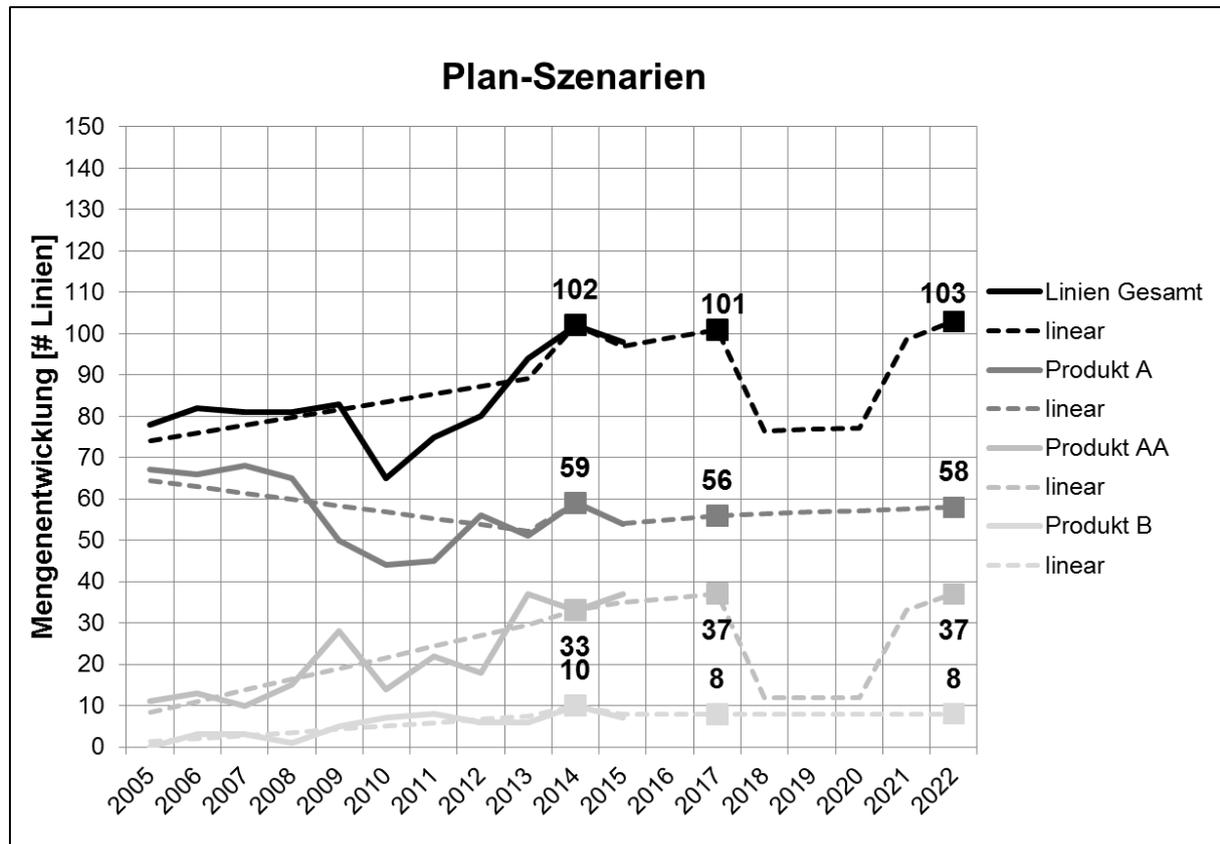
**Formel 4: Berechnung der S|G|E Szenarien**

### **Ergebnis Erstellen der Belastungsszenarien**

Ein Einflussfaktor, der mit Sicherheit Auswirkungen haben wird und im Plan-Szenario (Tabelle 3) eintritt, ist der Auslauf des TTAs. Für den Fall des Plan-Szenarios wird zusätzlich die Erneuerung des TTAs eintreten. Produkt B wird im Plan-Szenario ab 2015 eine maximale Menge von 8 Maschinen pro Jahr zugesprochen.

Bei der Betrachtung des Mengengerüsts der Linien Gesamt ist zunächst ein leichter Anstieg bis zu einem Bedarf auf ca. 100 Linien prognostiziert. Dieses Niveau bleibt bis 2017 konstant. Ab 2018 ist durch den Wegfall des TTAs ein starker Absatzeinbruch auf 76 Linien prognostiziert, dieser verursacht ausschließlich einen Rückgang des Produkts AA. Im Jahr 2020 erholt sich das Mengengerüst durch die Vertragserneuerungen. Das Mengengerüst des Produkts C ist gleich der

Gesamt mengenentwicklung. Daraus wird gefolgert, dass pro verkaufte Linie A, AA und B eine Maschine des Produktes C verkauft wird.



**Abbildung 24: Plan-Szenario: Neumaschinen [Quelle: Eigene Darstellung]**

Für das Worst-Case-Szenario gilt ebenfalls der Einflussfaktor Auslauf des TTAs. Die weiteren beeinflussenden Faktoren sind der Eintritt von Gesetzgebung A sowie B. Im Fall des Worst-Case-Szenarios erfolgt keine Erneuerung des TTAs.

Die Entwicklung im Worst Case Szenario kann bis in das Jahr 2017 als identisch mit dem Plan-Szenario beschrieben werden. Anschließend zeigen die Veränderungstreiber Gesetzgebung A und B ihren Einfluss auf das Produkt A, AA und B. Die Gesamt Linienanzahl sinkt ab 2017 von 97 auf 64 Linien pro Jahr.

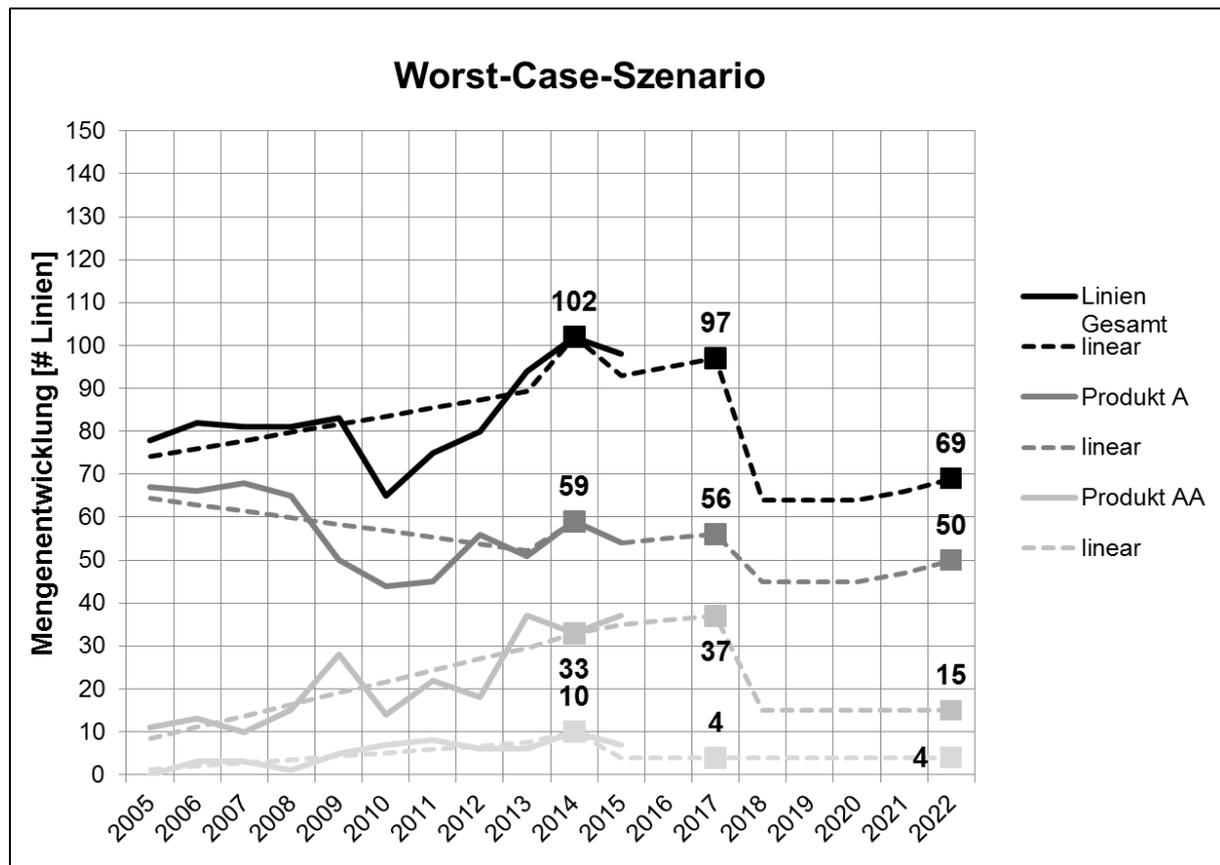
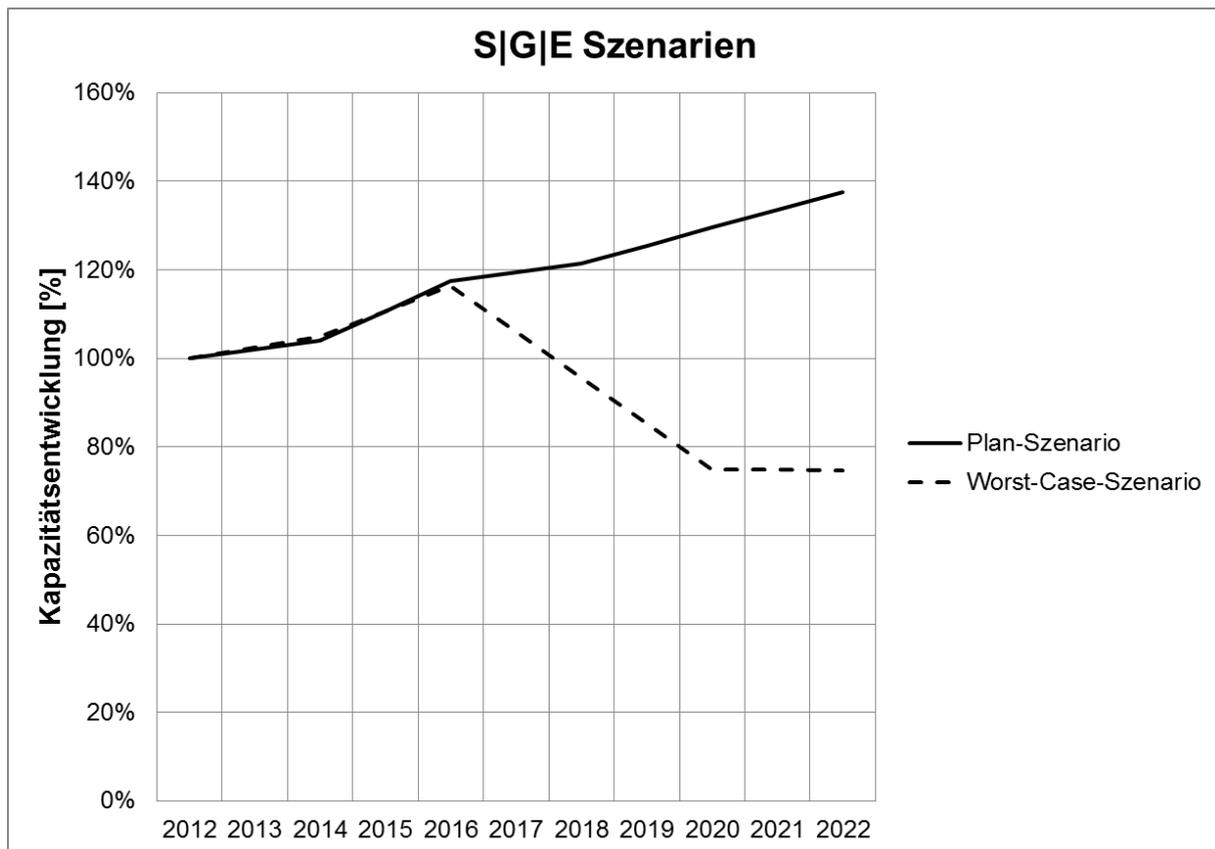


Abbildung 25: Szenario 2, Worst Case Absatzprogramm [Quelle: Eigene Darstellung]

Die Entwicklung der S|G-Aufträge wird im Plan-Szenario bis 2022 mit einem linearen Wachstum von 4%/Jahr, im Worst-Case-Szenario wird das Wachstum mit 4%/Jahr bis 2017 bestimmt. Anschließend erfolgt durch das Eintreten der Gesetzgebung A ein Auftragsrückgang von ca. 60% innerhalb 2 Jahren. Auf dem dann ermittelten Niveau wird die Entwicklung bis 2022 festgeschrieben. Es sei angemerkt, dass bis zum Jahr 2016 bereits eine Prognose im Betrieb vorhanden ist. Der Kapazitätsanteil der S|G-Aufträge beträgt insgesamt 63%.

Auftragsprognosen der E-Aufträge sind bis 2016 bereits vorhanden und prognostizieren einen Anstieg der Kapazität 2012 um 113% in beiden Szenarien. Ab dem Jahr 2016 ist im Plan-Szenario ein annähernd linearer Anstieg auf 133% (Kapazität 2012) bis in das Jahr 2022 zu verzeichnen. Für das Worst-Case-Szenario wird ein linearer Rückgang auf 111% (Kapazität 2012) verzeichnet. Der Kapazitätsanteil der E-Aufträge beträgt 37%.



**Abbildung 26: Plan-/Worst-Case-Szenarien: S|G|E [Quelle: Eigene Darstellung]**

Die zusammengeführten Szenarien aus S|G- und E-Aufträgen sind in Abbildung 26 zu sehen. Die Entwicklung des S|G|E-Geschäftsfelds wird im Plan-Szenario und im Worst-Case-Szenario zunächst bis 2016 das gleiche jährliche Wachstum von 120% aufweisen. Im weiteren Verlauf der Planwerte vergrößert sich das Wachstum bis 2022 auf 140%. Im Falle des Worst-Case-Szenarios fällt das Volumen um 45% innerhalb von 4 Jahren und wird anschließend auf 75% der jetzigen Kapazität festgelegt.

#### 5.2.4 Phase 4: Belasten der Produktionsstruktur

Die bestehende Produktionsstruktur wird mittels des entwickelten Excel Tools über einen Zeitraum von 10 Jahren simuliert (Planszenario). Anschließend wird der entsprechende Handlungsbedarf abgeleitet.

##### Anpassungen der Dokumentation

- Simulation auf Basis einer reduzierten Prozesskette

Die Kapazitätsentwicklung wird auf der Basis einer reduzierten Prozesskette visualisiert, diese besteht aus der Fertigung und Montage. Im Bereich der Fertigung werden die Kernkompetenz-, Apparate- und Maschinenfertigung und im Bereich der Montage die Apparate-/Maschinenmontage sowie der Einfahrbereich

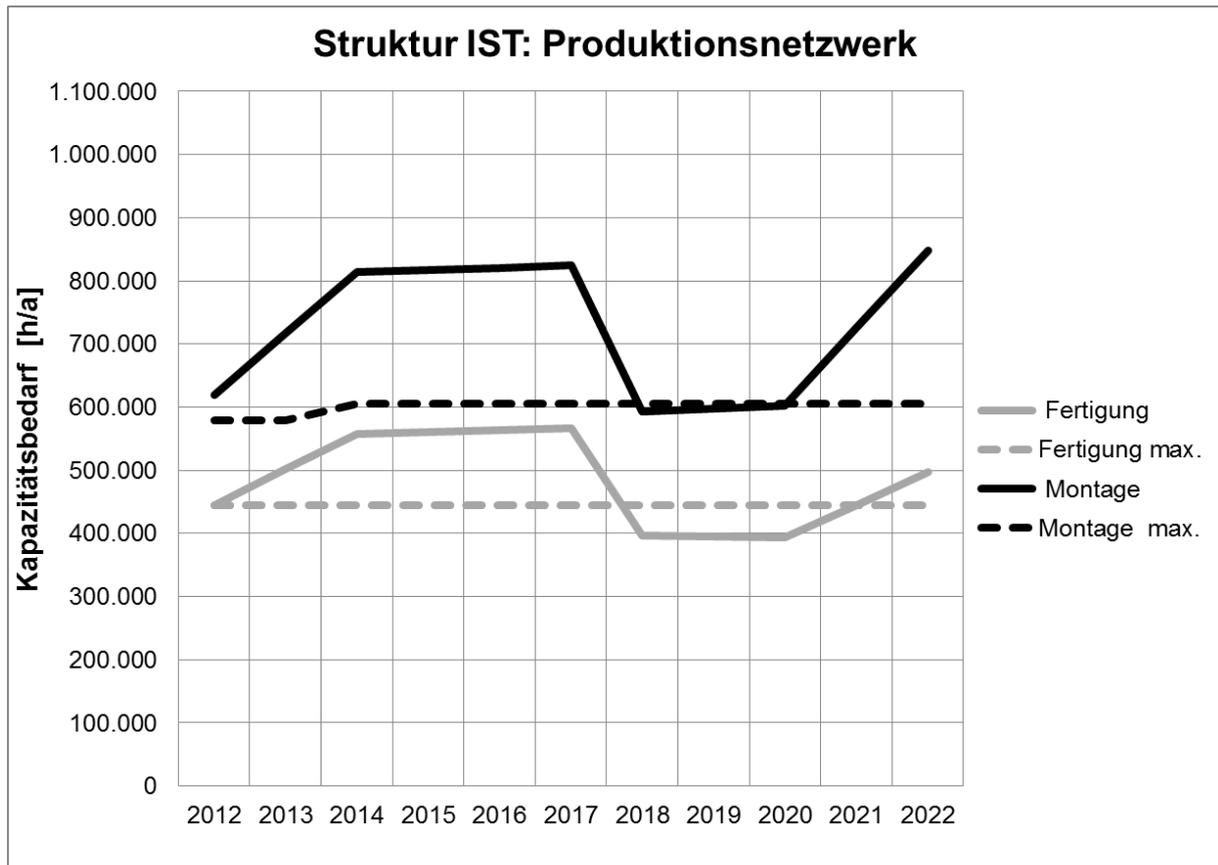
zusammengefasst. Dies ist insofern auch möglich, da die Fertigung der Apparate und Maschinen die gleichen technologischen Fertigungsanlagen benutzt und dies auch über die verschiedenen Produktfamilien hinweg. Eine Ausnahme stellt hier die Kernkompetenzfertigung dar, dies ist aber aus Gründen der Übersichtlichkeit und wegen der Randbedingung, diese nicht zu verändern, zu vernachlässigen. Die Kapazitäten der Montage sind von dem verfügbaren Personal abhängig und weniger von technischen Anlagen / Vorrichtungen, damit ist eine Zusammenführung der Bereiche durchführbar.

- Kombinatorik der Szenarien Neumaschinen und S|G|E

Die Kombinatorik der vier Szenarien ist durch Aggregation des Plan-Szenarios Neumaschinen mit dem Plan-Szenario S|G|E sowie dem Worst-Case-Szenario Neumaschinen mit dem Worst-Case-Szenario S|G|E festgelegt. Dies ermöglicht die maximale Belastung der Strukturen durch die best- und schlechtmöglichste Geschäftsentwicklung.

### **Ergebnis Visualisierung der Kapazitätsentwicklung**

Bezüglich der Kapazitätsentwicklung des Produktionsnetzes kann eine Überschreitung der verfügbaren Kapazitäten in der Fertigung und Montage festgehalten werden. Die Schere zwischen dem Kapazitätsangebot und -bedarf geht vor allem in den Jahren 2014 – 2017 und 2022 auseinander. Betragsmäßig liegt die Differenz in der Fertigung im Maximum bei ca. 100.000 Stunden und in der Montage durchschnittlich bei ca. 150.000 Stunden. In den Jahren 2018 – 2021 ist ein Auftragsrückgang zu sehen und die bestehenden Kapazitäten sind ausreichend. In der Montage entstehen Überkapazitäten in Höhe von 50.000 Stunden. Der Anstieg der maximalen Montagekapazität im Jahr 2014 ist auf die Erweiterung der Montagekapazitäten am Standort X, siehe Einflussfaktor Standort X.2, zurückzuführen.



**Abbildung 27: Kapazitätsentwicklung des Produktionsnetzes (Eigenkapazität) [Quelle: Eigene Darstellung]**

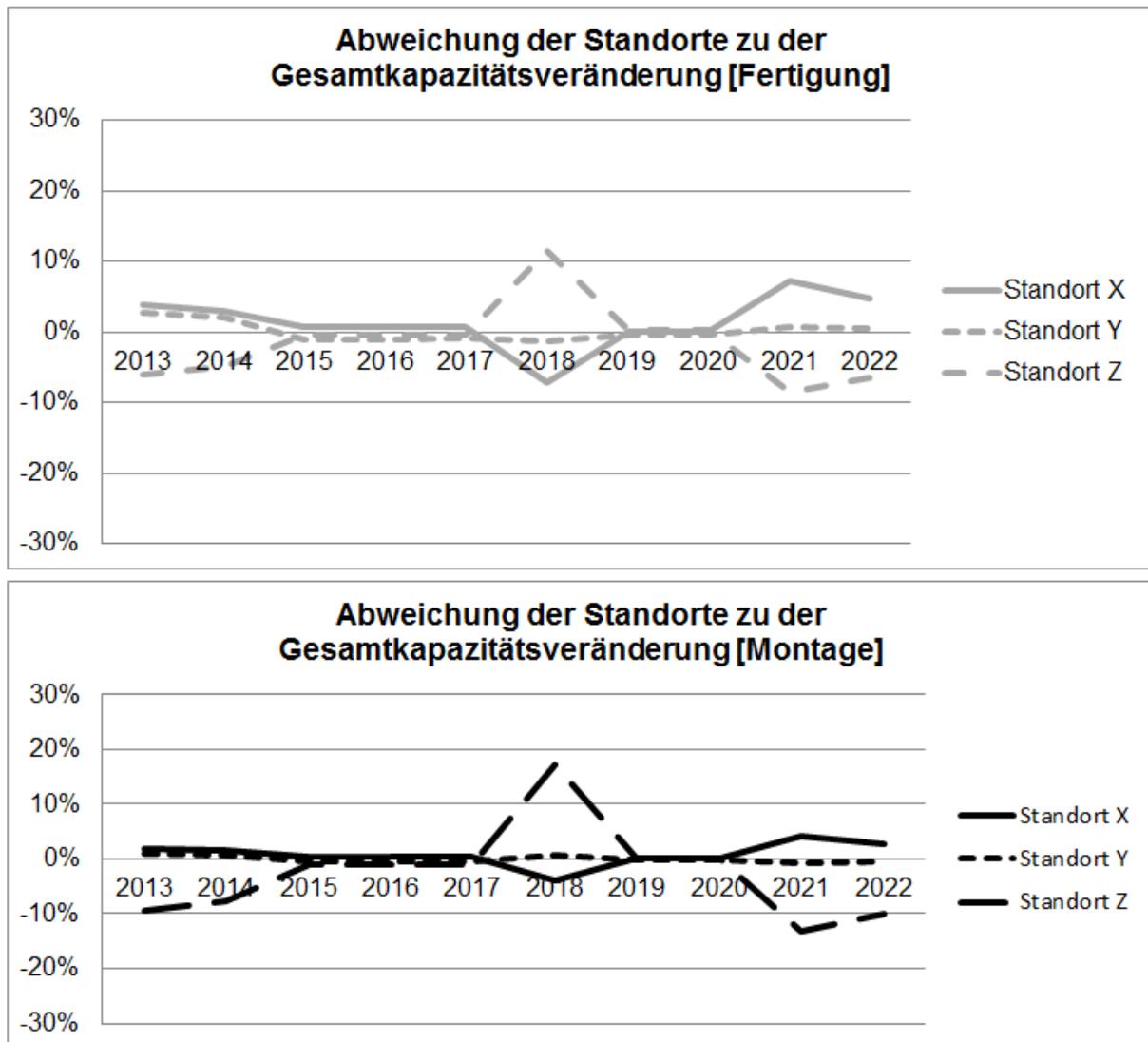
Die Diagramme bezüglich der Standorte sind im Excel-Tool abrufbar zu betrachten.

In den Standorten verhält sich die kapazitive Situation ähnlich, es bestehen über lange Zeiträume Unterkapazitäten in der Produktion. Ausprägungen sind am Standort X die besonders großen Kapazitätsschwankungen in der Montage. In den Jahren 2013 – 2017 sind Unterdeckungen des Bedarfs mit bis 150.000 Stunden und von 2018 – 2021 entstehen als kritisch zu betrachtende Überschüsse im Kapazitätsangebot. In der Fertigung existieren ebenfalls starke Kapazitätsschwankungen, es entstehen aber keine Kapazitätsüberschüsse. Eine permanente Auslastung ist damit gesichert. Der Standort Y verzeichnet während der hohen Auftragslage vor allem einen Mehrbedarf an Kapazitäten in der Montage. Die Fertigung ist im Gesamten von Schwankungen ausgeschlossen, es bilden sich keine wesentlichen Über- oder Unterkapazitäten. Bei Betrachtung des Standorts Z verhält sich die Situation gegenläufig, es kommt zu größeren Schwankungen in der Fertigung und zu keinen bis geringen Schwankungen in der Montage. Es lässt sich somit treffend sagen, dass die Standorte Y und Z jeweils zu Lasten des Standorts X in der Fertigung beziehungsweise Montage eine ausgeglichene Kapazitätssituation besitzen.

### **Ableiten des Handlungsbedarfs**

Es kann festgehalten werden, dass im Planungszeitraum ein wesentliches Kapazitätsdefizit innerhalb des Verbunds sowohl in der Fertigung als auch in der Montage vorhanden ist. Selbst bei einer schlechten Auftragslage sind keine großen Überkapazitäten innerhalb des Produktionsnetzes vorhanden. Das aktuelle Tagesgeschäft bestätigt bereits die Engpässe. Daraus folgernd müssten dringend Kapazitäten aufgebaut werden. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass insgesamt große Kapazitätsschwankungen über sehr kurze Zeitperioden stattfinden. Das heißt, die Struktur muss innerhalb kurzer Zeiträume Kapazitäten aufbauen und auch wieder abbauen können. Ein Aufbau von Kapazitäten kann somit leicht zu Überkapazitäten führen.

Auf die Standorte bezogen, sind die im Produktionsnetz existierenden Schwankungen nicht gleichmäßig verteilt. Dies zeigt sich vor allem am Standort X. Gründe dafür sind die Produktverteilung auf die Standorte und damit zusammenhängend auch die unterschiedlichen Entwicklungen der Mengengerüste der verschiedenen Produkte. Abbildung 28 visualisiert die Abweichungen der Standorte in der Fertigung und Montage zu der Gesamtkapazitätsentwicklung. Die Nulllinie stellt die Gesamtentwicklung in Prozent dar. Verlaufen alle Werke entlang dieser Linie, folgen sie exakt dem Geschäftsverlauf. Etwaige Abweichungen stellen über- oder unterproportionale Kapazitätsforderungen an das Werk. Das heißt, ein Werk kann unter Überlast leiden, während die anderen Werke im Extremfall Mitarbeiter entlassen. Durch eine geeignete Produktsegmentierung und entsprechende Verteilung auf die Werke kann der Anfälligkeit gegenüber Veränderungen in der Produktportfoliostruktur entgegen gewirkt werden.



**Abbildung 28: Abweichung der Werke zu der Gesamtkapazitätsveränderung [Quelle: Eigene Darstellung]**

Als Treiber dieser Entwicklung sind die einseitigen Veränderungen im Mengengerüst des Produkts AA identifiziert. Während das Produkt AA starken Absatzschwankungen unterliegt, durchlaufen die restlichen Produktfamilien eine konstantere Entwicklung. Aus der Produktionsstruktur ist bekannt, dass dieses Produkt eine hohe kapazitive Forderung pro Stück besitzt und mit Ausnahme von dem Maschinentyp AA.3 ausschließlich am Standort X produziert wird. Eine bessere Zuordnung des Produkts, vor allem des größten Maschinentyps AA.1 ist sinnvoll.

### 5.3 Konzeption der alternativen Produktionsstrukturen

Mit dem Abschluss der Dokumentation kann nun die Konzeptphase mit der Entwicklung der Idealstruktur eingeleitet werden. Im Anschluss an die Konzeption der Idealstruktur sind alternative Realstrukturen zu entwickeln.

### 5.3.1 Phase 5: Konzeption der Idealstruktur

Entscheidend in dieser Phase ist das Verstehen der Verknüpfungen und Beziehungen zwischen den funktionalen Segmenten. Ebenso ist eine möglichst effiziente Produktion unter den Prämissen Produktivitätssteigerung und Durchlaufzeitverkürzung umzusetzen. In Expertengesprächen wurde die ideale Anordnung der produzierenden Bereiche festgelegt. Die farbliche Ausgestaltung in der schematischen Idealstrukturdarstellung beschreibt die Zusammengehörigkeit und damit die anzustrebende räumliche Nähe der einzelnen Segmente zueinander.

#### Merkmale der Idealstruktur

In der Idealstruktur ist eine Segmentierung der Produkte A und AA anzustreben. Dabei sind nicht die Linien komplett zu segmentieren, sondern lediglich die Maschinentypen. Das bedeutet, Maschinentypen A.1 und AA.1, Maschinentypen A.2 und AA.2 sowie Maschinentypen A.3 und AA.3 sind jeweils zu Segmenten zusammenzufassen. Die Segmentierung der Maschinentypen ist ausschlaggebend für eine Resistenz gegenüber Produktportfolioschwankungen.

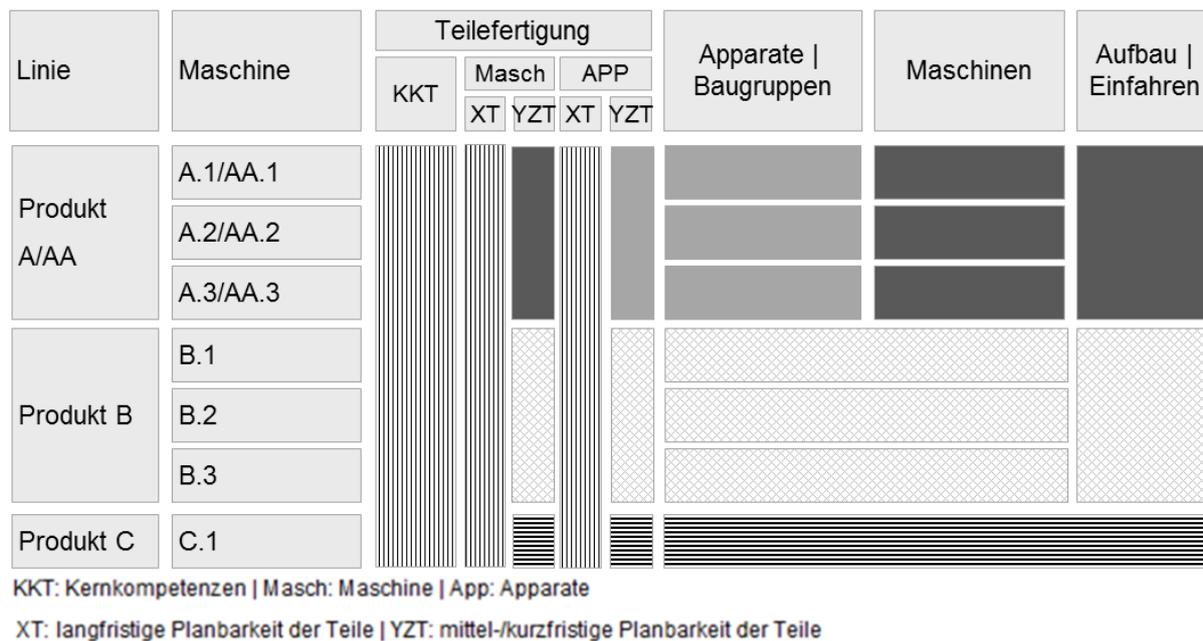


Abbildung 29: Schematische Darstellung der Idealstruktur [Quelle: Eigene Darstellung]

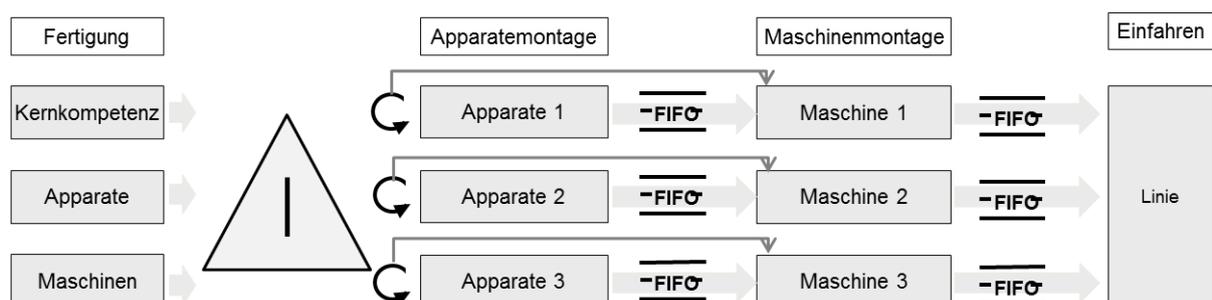
Bereits durch die Anonymität der Teilefertigung zeigt sich, dass diese losgelöst von den nachfolgenden Arbeitsprozessen zusammengefasst werden kann. Die Konzentration der Fertigung von langfristig planbaren Teilen (XT) an einem einzigen Ort und die Ausgliederung der Fertigung für Teile mit mittelfristigem und kurzfristigem Planungshorizont (YZT) ermöglichen eine gute Planbarkeit des Bedarfs und eine konstante, auslastungsorientierte Fertigung. Größere Losgrößen können unter optimaler wirtschaftlicher Ausnutzung der Ressourcen gefertigt werden. Die gefertigten Teile werden generell nach Prognosen auf Lager produziert. Durch die

vorhandenen Kapazitäten für eine mittel- und kurzfristige Teileproduktion in jedem Standort ist es möglich, immer flexibel auf Änderungen reagieren zu können.

Merkmale der Idealstruktur
Segmentierung der Linien A/AA in der Fertigung
Segmentierung der Linien A/AA in der Montage
Nähe der Maschinenmontage zum Einfahren
Fertigung S G E am Ort der Neumaschinen
Montage S G E am Ort der Neumaschinen
Vorhandene Fertigungskapazitäten in allen Standorten zur kurzfristigen Bearbeitung von Änderungen für die Apparatemontage
Vorhandene Fertigungskapazitäten in allen Standorten zur kurzfristigen Bearbeitung von Änderungen für die Maschinenmontage

**Tabelle 4: Merkmale der Idealstruktur [Quelle: Eigene Darstellung]**

Im Produktfall A und AA ist zwischen der Apparate- und Maschinenmontage zu unterscheiden. Die Montage der Apparate und der Maschinen sind unabhängige Prozesse. Apparate und Maschinen stellen eigenständige, prüf- und transportierbare Einheiten mit einem definierten Fertigungszustand dar. Es bestehen daher auch keine zwingenden Verbindungen zu den vor- und nachgelagerten Prozessen. Das Schneiden der Prozesskette ist durch den definierten Fertigungszustand möglich. Die Montage der Maschinen sollte aus Gründen der Durchlaufzeitverkürzung möglichst kurze Wege zu dem Einfahrbereich besitzen. Wenn auch nicht so relevant ist es ebenfalls sinnvoll kurze Wege zwischen den Montagebereichen Apparate und Maschine zur Verringerung der Durchlaufzeit zu schaffen. Idealerweise sollten die Schnittstellen zwischen den einzelnen Montageprozessen aus FiFo Lagerstufen und nicht wie bisher aus Pufferlagern bestehen. FiFo steht für "First in - First out", das bedeutet, das am frühesten eingelagerte Produkt wird als erstes Produkt wieder ausgelagert. Auf diese Weise sind mitunter schnellere Durchlaufzeiten möglich [Vgl. Feldmann, et al., 2004 S. 216f].



**Abbildung 30: Idealer Wertestrom Produkte A/AA [Quelle: Eigene Darstellung]**

Für die Linien B und C existiert keine Apparatemontage. Die gesamte Montage der Maschinen findet an einem Ort statt. Im Fall von Produkt B findet ein Prozess des Einfahrens und der Inbetriebnahme statt, es gelten für die Schnittstellen der einzelnen Produktionsbereiche die gleichen Argumente wie bei den Linien A und AA.

Generell sind die S|G|E Aufträge immer an den jeweiligen Produktionsstandorten der Neumaschinen zu produzieren. Aufgrund ihres kurzen Planungsvorlaufs stellen sie Störgrößen dar. Diese sind jedoch neben den Skaleneffekten, die bei einer Produktion am selben Ort entstehen, zu vernachlässigen. Als auftretende Skaleneffekte sind vor allem Kosten und Qualität zu nennen. Da S|G|E Aufträge das gesamte Teilespektrum und einige kleinere Montagetätigkeiten abdecken, sind viele zusätzliche Anlagen sowie Knowhow bei einer separaten Produktion notwendig. Diese „doppelten“ Anlagen sind im Falle unzureichender Auftragsvolumen nur partiell ausgelastet. Eine umfassende Fremdvergabe ist aus Gründen der Durchlaufzeit, Qualität und in Einzelfällen auch zum Schutz der eigenen Kompetenz nicht sinnvoll.

### **5.3.2 Phase 6: Konzeption der Realstrukturvarianten**

Auf Basis der Erkenntnisse aus der Dokumentation und Konzeption der Idealstruktur lassen sich nun alternative Strukturvarianten entwickeln.

#### **Grundlegende Überlegungen zur Strukturbildung**

Der vorliegende Planungsfall eignet sich durch die anonyme Teilefertigung besonders für eine vertikale Segmentierung der Fertigung. Auf diese Weise können gleiche Anlagen für mehrere Produkte verwendet werden und das Vorhalten von Redundanzen im Maschinenpark wird reduziert. Die Auslastungs- und Produktivitätssteigerung der Anlagen ist in jedem Fall die Folge. Zur Reduzierung der Durchlaufzeiten sowie der Reaktionszeiten gegenüber Änderungen eignet sich für die gesamte Montage und den Einfahrbereich eine horizontale Segmentierungsausrichtung. Dabei ist es sinnvoll, Produktsegmente im Sinne der Idealstruktur zu bilden. Die Durchgängigkeit der Produktverantwortung führt bei den Angestellten zu einer Identifikation mit dem Produkt und schärft das Verständnis für das Gesamtprodukt. Dieses Verständnis wirkt unterstützend bei der Erhaltung und Steigerung der Produktqualität. Die richtige Kombination der unterschiedlichen Strukturierungsprinzipien wird für die optimale Lösung entscheidend sein.

Weitere grundlegende Überlegungen bezüglich der Strukturierung gelten der Flexibilisierung der Produktionsstruktur. Im Zusammenhang mit der Erweiterbarkeit von z.B. technischen Anlagen, die eine Flexibilität bezüglich der Kapazitätsschwankungen ermöglicht, ist die Struktur nach einer horizontalen Segmentierung zu gestalten [Vgl. Wiendahl, et al., 2009 S. 118]. Es kommt somit zu

einer fixen Zuweisung der Produkte auf die Standorte, allerdings sind Kapazitätsausgleiche auf andere Standorte unterbunden.

Technische Flexibilität zeichnet sich auf der Arbeitsplatzebene durch die technischen Möglichkeiten der Betriebsmittel aus, verschiedene Produkte auf einer Anlage produzieren zu können [Vgl. Wiendahl, et al., 2009 S. 118]. Übertragen auf die Strukturebenen 5-7 gilt dann analog die Produktion verschiedener Produkte in einer Fabrik. Die Verankerung der technischen Flexibilität bedingt die Implementierung einer vertikalen Segmentierung [Vgl. Löffler, 2011 S. 101], bei der technologische Segmente an einem Standort gebildet werden. Für einen wirtschaftlichen Kapitaleinsatz durch hohe Auslastung und Produktivität sind die Ressourcen technisch so zu flexibilisieren, dass in den technologischen Segmenten verschiedene Produkte hergestellt werden können.

Diese beiden strategischen Ansätze zur Flexibilisierung in Reinform angewandt, sind oft wirtschaftlich nicht umsetzbar. Aus der Kombination kapazitiver und technischer Flexibilität, übertragen auf die Ebene des Produktionsnetzwerks, wobei die Standorte als Elemente beziehungsweise im Sinne von Anlagen zu sehen sind, ist die Flexibilität folgendermaßen zu definieren: ganze Standorte sind so zu gestalten, damit sie in der Lage sind, sämtliche oder eine Vielzahl der Produkte des Produktprogramms produzieren zu können ohne dabei ihre Struktur zu ändern [Vgl. Löffler, 2011 S. 103f]. Mit anderen Worten, Produkte können an verschiedenen Standorten produziert werden.

### **Konzeption der Realstrukturvarianten**

Anhand des in Kapitel 4.2.2 beschriebenen Vorgehens und der Anwendung von Kreativitätstechniken ist die Erstellung der Realstrukturvarianten durchzuführen. Es sind im größtmöglichen Maße die erlangten Erkenntnisse aus den vorhergehenden Kapiteln umzusetzen.

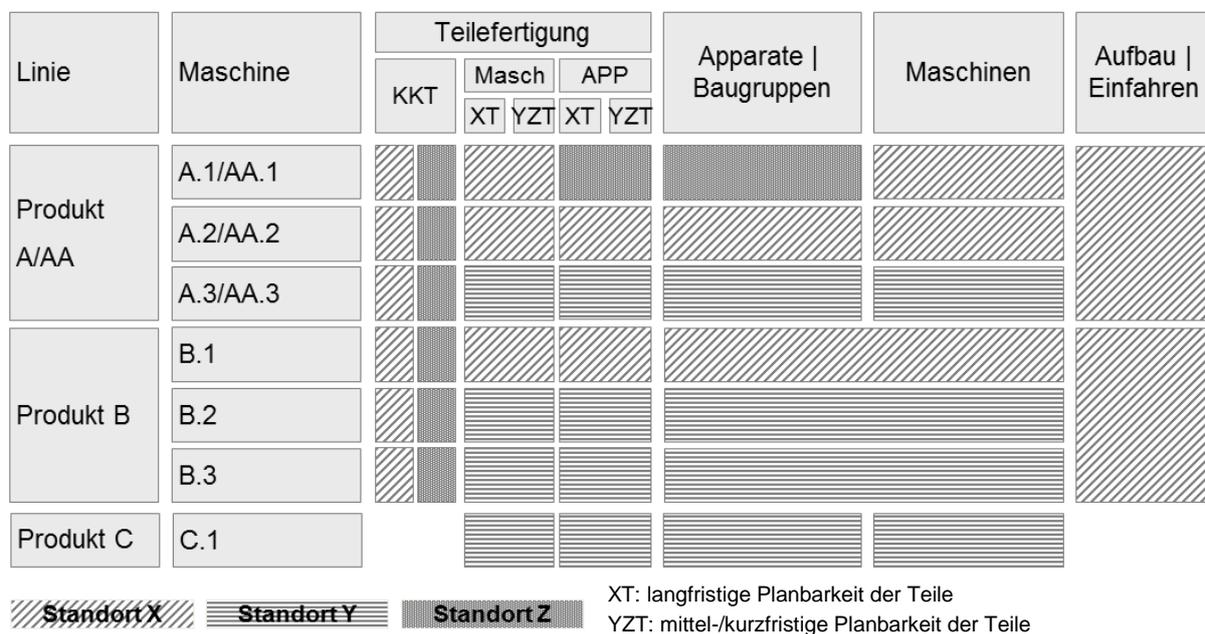
#### Struktur 1 Apparatestandort

Die Strukturvariante 1 Apparatestandort segmentiert ähnliche Produkte und schneidet die Prozesskette zwischen der Apparate- und Maschinenmontage. Eine Zuteilung der Produkte zu Segmenten erfolgt nach der Vergleichbarkeit ihrer Bauweise, nach dem technischen Profil oder der Dimension. Als ähnliche Maschinentypen sind A.1/AA.1 (Segment 1), A.2/AA.2 (Segment 2) und A.3/AA.3 (Segment 3) zu sehen. Die Maschinentypen B.1, B.2, B.3 und C.1 sind unter heutigen Gesichtspunkten aufgrund ihres Teilespektrums und ihrer unterschiedlichen Knowhow Anforderungen nicht zu segmentieren.

Die Fertigung an den Standorten wird, wie bisher auftragsanonym, Teile auf Lager produzieren und den Teilebedarf vor Ort decken. Die Montage wird nach

prozessorientierten Aspekten ausgerichtet, Gründe dafür liegen in dem Erzielen von kurzen Reaktionszeiten und in einer erforderlichen Flexibilisierung gegenüber Anpassungen. Die Betriebsmittel der Montage sind für die Produktsegmente derart zu konstruieren und auszulegen, dass die jeweiligen Produktsegmente durch flexibilisierte Montageplätze in die zugeordneten Standorte integriert werden können. Dazu müssen geeignete Arbeits- und Transportvorrichtungen für die Produktsegmente entwickelt oder bestehende angepasst werden.

Die Kernkompetenzzentren in der Fertigung und das Einfahren werden wie auch in den folgenden Strukturvarianten nicht verändert.



**Abbildung 31: Struktur 1 Apparatstandort [Quelle: Eigene Darstellung]**

Die Zuordnung der Fertigungsaufgaben wird gemäß den Montagetätigkeiten an Standorten durchgeführt. Somit werden sämtliche Teile (XT und YZT) an den Standorten der Montage produktübergreifend und auftragsanonym gefertigt.

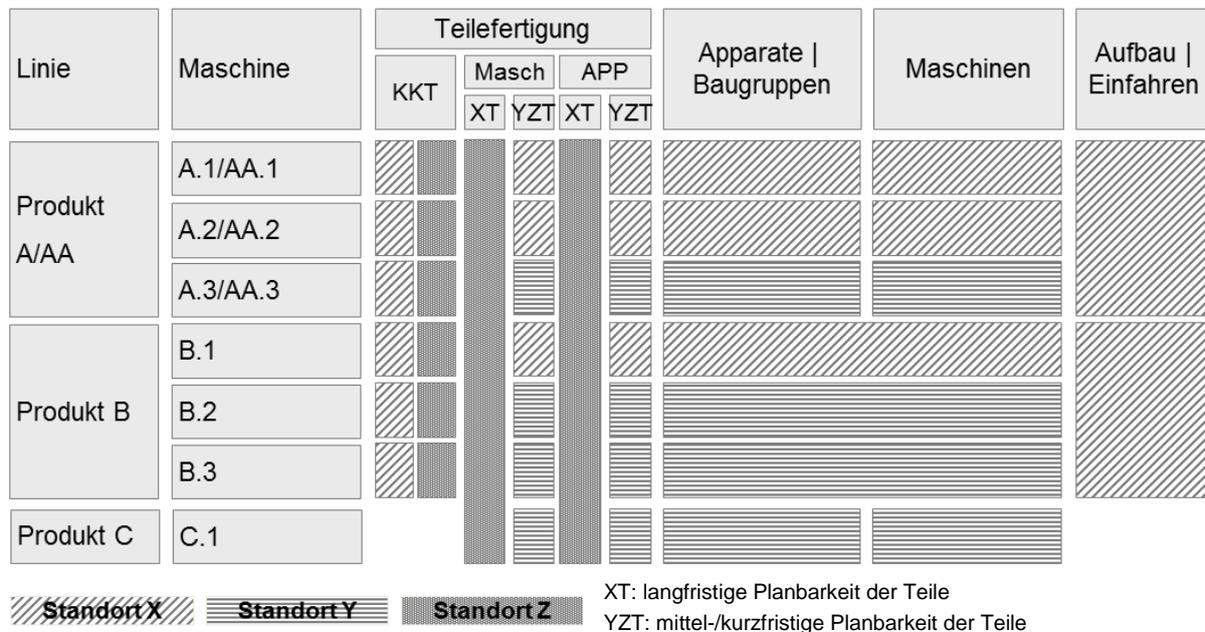
Die Prozesskette für das Produktsegment 1 wird zwischen den Schnittstellen Apparatmontage und Maschinenmontage geschnitten. Das Schneiden der Prozesskette erfolgt aufgrund der großen Kapazitätsanforderungen der Produkte A.1/AA.1. Die Kompetenz Apparatmontage an den entfernten Standort Z verlegt und die Maschinenmontage dem zentralen Standort X zugewiesen. Segment 2 wird durchgängig dem Standort X zugeordnet. Standort Y ist für das Segment 3 und für die nicht segmentierten Maschinentypen B.1, B.2, B.3 und C.1 zuständig.

Die hohe Systemrelevanz für den Bereich des Einfahrens bedingt die Vergabe an den zentralen Standort. Für diesen Prozess ist besonders die erforderliche Nähe und damit die kurze Wege des Einfahrens zu der zentralen Konstruktion zu erwähnen.

Neben dem Einfahren findet in diesem Prozess ebenfalls die Abnahme durch den Kunden statt. Der Bereich des Einfahrens ist auch eine direkte Schnittstelle zu dem Kunden, was für das Unternehmen auch eine Prestigeangelegenheit bedeutet. Eine vertikale Segmentierung des Einfahrprozesses und die Zuweisung dieser Kompetenz an den Standort X sind aus diesen Gründen erforderlich.

Struktur 2 Fertigungsstandort

Im Rahmen der verschiedenen Varianten entspricht die Struktur 2 bezüglich der Fertigung dem Idealkonzept, es wird versucht die Fertigung an einem Standort zu konzentrieren. Die Auftragsanonymität ermöglicht eine hohe Auslastung und das Bilden großer Losgrößen. Das Erreichen weiterer synergetischer Effekte durch das Zusammenlegen der Fertigungskompetenz, wie Steigerung der Qualität, ist durchaus denkbar. Die Struktur folgt damit ganz dem Prinzip der vertikalen Segmentierung in der Teilefertigung und der Produktorientierung in der Montage.



**Abbildung 32: Struktur 2 Fertigungsstandort [Quelle: Eigene Darstellung]**

Innerhalb des Teilespektrums wird die Zuordnung der Teile mit konstantem bzw. mit lang im Voraus planbarem Bedarf dazu genutzt, diesen an einen von der Montage getrennten Produktionsstandort auszulagern, in diesem Fall Standort Z. Jene Teile, die nicht konstant und mittel- bis kurzfristig ihren Bedarf erzeugen, werden den Standorten X und Y zugeordnet. Durch den konstanten Bedarf und die hohe Vorhersagegenauigkeit kann am Standort Z sehr auslastungsorientiert und kostenoptimal gefertigt werden. Teile, die eine kürzere Vorlaufzeit besitzen, beispielweise YZT, werden in den Standorten entsprechend ihrer Weiterverarbeitung gefertigt. Damit entfällt die Transportzeit und kurzfristige Teile wirken sich nicht störend auf das auslastungsorientierte Werk Z aus. Des Weiteren können

Änderungen der Teile in den vorhandenen Fertigungen am Montageort schnell erfolgen.

In der Montage sind die Produkte zu den beschriebenen Segmenten aus der Idealstruktur zusammengefasst. Die Zuteilung erfolgt nach den gleichen Prinzipien und Beweggründen wie in der Struktur 1 Apparatstandort, ein wesentlicher Unterschied ist hier die Durchgängigkeit von der Apparatefertigung bis zu dem Einfahren für die Produkte A.1 und AA.1. Dies führt zu einem positiven Effekt auf die Durchlaufzeit durch kürzere Transportwege.

Struktur 3 Universelle Produktion A.1/AA.1

Im Rahmen der Strukturvariante 3 wird überwiegend eine prozessorientierte Fertigung und Montage der Verpackungslinien umgesetzt. Als Besonderheit dieser Struktur ist die Zuordnung der Maschinentypen A.1 und AA.1 anzusehen. In dieser Variante ist es möglich, kapazitätsabhängig Entscheidungen über die Zuordnung von einzelnen Aufträgen auf die Werke zu treffen. Die Standorte stehen sich bei der Zuweisung der Produkte als „gleichberechtigte Partner“ gegenüber, das heißt, eine gleichmäßige Verteilung der Aufträge und damit eine ausgewogene Kapazitätssituation wird gewährleistet. Dabei muss bei der Planung beachtet werden, dass Aufträge der Kunden, die mehrere Linien beinhalten, einem Standort zugewiesen werden. Auf diese Weise wird die Schraubengleichheit der Maschinen gewährleistet, außerdem müssten ansonsten Änderungsmitteilungen über zwei Standorte kommuniziert werden. Vorhandene technische Ressourcen der Fertigung und Montage sind dahingehend zu flexibilisieren, dass diese den beiden Maschinentypen in der Fertigung und Montage genügen.

Linie	Maschine	Teilefertigung				Apparate   Baugruppen	Maschinen	Aufbau   Einfahren	
		KKT	Masch		APP				
			XT	YZT	XT				YZT
Produkt A/AA	A.1/AA.1								
	A.2/AA.2								
	A.3/AA.3								
Produkt B	B.1								
	B.2								
	B.3								
Produkt C	C.1								

Standort X

Standort Y

Standort Z

XT: langfristige Planbarkeit der Teile  
YZT: mittel-/kurzfristige Planbarkeit der Teile

Abbildung 33: Struktur 3 Universelle Produktion A.1/AA.1 [Quelle: Eigene Darstellung]

Die Zuordnung der Segmente 2 und 3 sowie der übrigen Maschinentypen B.1, B.2 und C.1 erfolgt wie in Struktur 1 und 2.

Struktur 4 Produktionsmix A.1/AA.1

Struktur 4 baut auf den Überlegungen und Prinzipien der Struktur 3 auf. Die Zuordnung der Maschinen ist bis auf die Zuordnung der Maschinentypen A.1 und AA.1 gleich. Der Unterschied bei der Anordnung dieser Maschinentypen ist eine „Drehscheibenproduktion“. Das bedeutet, während die Teilefertigung und Montage der Apparate von Maschinentyp A.1 in Standort X und die Teilefertigung und Montage der Maschinen von Maschinentyp A.1 in Standort Z stattfindet, findet die Teilefertigung und Montage der Apparate von Maschinentyp AA.1 in Standort Z und die Teilefertigung und Montage der Maschinen von Maschinentyp AA.1 in Standort X statt. Damit wird eine Resistenz gegenüber Produktportfolioschwankungen ohne eine technische Flexibilisierung erreicht. Die Standorte können mit dieser Zuordnung (A.1/AA.1) ihre Anlagen und Vorrichtungen auf die jeweiligen Fertigungsaufgaben ausrichten.

Linie	Maschine	Teilefertigung				Apparate   Baugruppen	Maschinen	Aufbau   Einfahren	
		KKT	Masch		APP				
			XT	YZT	XT				YZT
Produkt A/AA	A.1	XT	YZT	XT	YZT	Standort X	Standort Z		
	AA.1	XT	YZT	XT	YZT	Standort Z	Standort X		
	A.2/AA.2	XT	YZT	XT	YZT	Standort X	Standort Z		
Produkt B	B.1	XT	YZT	XT	YZT	Standort X	Standort Z		
	B.2	XT	YZT	XT	YZT	Standort X	Standort Z		
	B.3	XT	YZT	XT	YZT	Standort X	Standort Z		
Produkt C	C.1					Standort X	Standort Z		

Standort X
  Standort Y
  Standort Z
 XT: langfristige Planbarkeit der Teile  
YZT: mittel-/kurzfristige Planbarkeit der Teile

**Abbildung 34: Struktur 4 Produktionsmix A.1/AA.1 [Quelle: Eigene Darstellung]**

Struktur 5 Sortenreine Produktion

In der sortenreinen Produktion erfolgt die Strukturbildung nach den Prinzipien der Produktorientierung. Die Vergabe der Produkte an die Standorte definiert sich über die Vergabekriterien, wobei die bereits beschriebene Maschinensegmentierung zugrunde gelegt wird. Produkte beziehungsweise Maschinentypen mit hoher Systemrelevanz sind zentral am Standort X angeordnet. Das schließt die Maschinentypen A/AA.1 ein und zusätzlich ist der Maschinentyp B.1 an den Standort X vergeben. Die Maschinentypen A.2 und AA.3 sind am Standort Z angesiedelt. Alle

weiteren sind wie in den vorhergehenden Strukturvarianten am Standort Y zu produzieren.

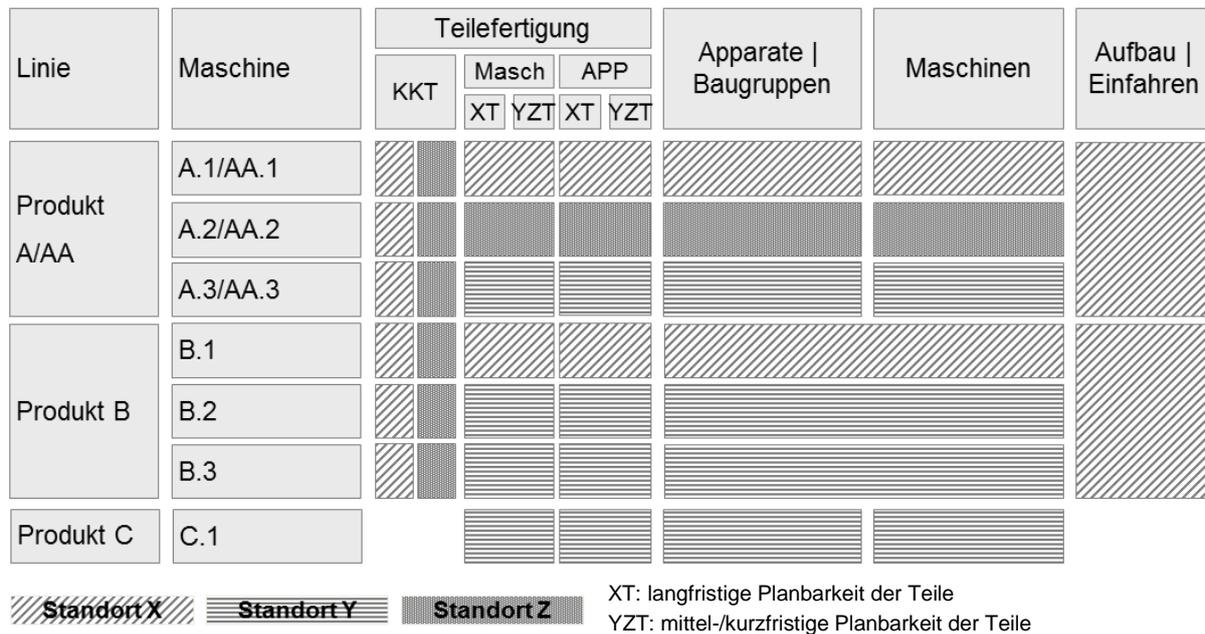


Abbildung 35: Struktur 5 Sortenreine Produktion [Quelle: Eigene Darstellung]

## 5.4 Bewertung und Auswahl der Strukturen

Nach der Konzeption der verschiedenen Strukturvarianten kann eine Bewertung der Varianten mittels der Belastungsszenarien sowie der quantitativen und qualitativen Bewertungsmethoden stattfinden.

### 5.4.1 Phase 7: Bewertung und Auswahl

Im Folgenden wird lediglich die Bewertung der Strukturen beschrieben, die Belastung der Strukturen wird separat nicht weiter erläutert.

#### Quantitative Bewertung

Zunächst erfolgt die Bewertung auf Basis quantitativer Kriterien, diese sind wie folgt definiert.

#### Quantitative Bewertungskriterien

- Strukturbedingte kapazitive Veränderung im Referenzjahr

Um die Auswirkungen einer Strukturveränderung auch kapazitiv ausdrücken zu können, wird auf Standortebene der jeweilige Kapazitätsbedarf im Ausgangsjahr (Referenzjahr der Planung) in der neuen möglichen Struktur und in der Struktur IST betrachtet. Die Differenz wird gebildet, dabei ist die kapazitive Verschiebung, bedingt durch die Strukturveränderung, das Ergebnis. Eine Wertung der kapazitiven

Veränderung findet nicht statt, sie dient lediglich informativen Zwecken bezüglich der Kapazitätsverschiebung.

$$\Delta \text{Kapazität}_{\text{Struktur}} = \text{Kapazität}[\text{Struktur } X] - \text{Kapazität}[\text{Struktur IST}]$$

**Formel 5: Strukturbedingte kapazitive Veränderung**

- Kriterium 1: Eigenfertigungsquote

Die Eigenfertigungstiefe bestimmt den Anteil der Eigenleistung im Verhältnis zur Gesamtleistung [Vgl. Zäpfel, 2000 S. 132]. Sie gibt an, welcher Anteil in der eigenen Produktion produziert und welcher Teil der Produktionsleistung über Lieferanten bezogen wird. Eine Formel zur Berechnung liefert der VDMA:

$$EFQ = \frac{\text{Materialkosten}}{\text{Herstellkosten}} * 100$$

**Formel 6: Eigenfertigungsquote [Kosten] [Vgl. VDMA, o. J. S. 2]**

Demgegenüber steht die Berechnung auf Basis von Fertigungsstunden. Es werden die Eigenfertigungsstunden den Gesamtfertigungsstunden gegenübergestellt.

$$EFQ = \frac{\text{Kapazität}_{\text{Eigen}} [2012]}{\text{Kapazität}_{\text{Gesamt}} [a]} * 100$$

**Formel 7: Eigenfertigungsquote [Stunden]**

Für die Berechnung der Eigenfertigungstiefe werden generell die verfügbaren Eigenkapazitäten des Referenzjahres 2012 verwendet.

- Kriterium 2: Maximale Kapazitätsschwankung

Die Berechnung der maximalen Kapazitätsschwankung soll Aufschluss darüber geben, welche quantitativen Anforderungen durch minimale und maximale Kapazitätsextreme an die Struktur gestellt werden. Dazu wird die maximale Differenz des Kapazitätsbedarfs über den Betrachtungshorizont berechnet.

$$\text{max. Kapazität}_{\text{Schwankung}} = \text{max. Kapazität}[a] - \text{min. Kapazität}[a]$$

**Formel 8: Maximale Kapazitätsschwankung**

Eine Struktur, die im Vergleich minimale Werte schafft, besitzt die Fähigkeit zur Kompensation von Auftragsschwankungen. Dies ist vor allem durch eine geeignete Verteilung der Kompetenzen erreichbar.

- Kriterium 3: Differenz des max. Kapazitätsbedarfs zu der Kapazität 2012

Die Differenz des maximalen Kapazitätsbedarfs zu dem Kapazitätsbedarf 2012 bestimmt den Mehrbedarf in der jeweiligen Struktur. Daraus sind bereits erste Schlüsse bezüglich eines Kapazitätsaufbaus zu ziehen. Zur Berechnung wird die

Kapazität 2012 von dem maximalen Kapazitätsbedarf, in dem Betrachtungszeitraum, abgezogen.

$$\Delta \text{max. Kapazität}_{\text{Bedarf}} = \text{max. Kapazität}[a] - \text{Kapazität}[2012]$$

**Formel 9: Differenz des maximalen Kapazitätsbedarfs zur Kapazität 2012**

### Ergebnis der quantitativen Bewertung

Es ist anzumerken, dass am Standort Y keine strukturellen Änderungen stattfinden. Bei der Betrachtung der Bewertungsgrößen ist in jeder Strukturvariante ein Unterschied zu Struktur IST zu erkennen. Diese Unterschiede betreffen allerdings Kapazitäten, die bereits dem Standort Y zugeordnet, aber nicht am Standort durchgeführt wurden. Gründe dafür liegen in den in der Vergangenheit stattgefundenen situativen kapazitätsabhängigen Strukturanpassungen. Da es keine prinzipiellen Strukturveränderungen am Standort Y gibt, werden im Folgenden überwiegend die Standorte X und Z berücksichtigt.

Die Bewertungsgrößen errechnen sich mittels der Extrema über die Szenarien, wie in Abbildung 36 am Beispiel der Eigenfertigungsquote innerhalb der Fertigung zu sehen ist. Die maximale Fertigungskapazität aus dem Plan-Szenario im Jahr 2022 ergibt die minimale Eigenfertigungstiefe von 22%. Dagegen berechnet sich die maximale Eigenfertigungstiefe von 39% aus dem Worst-Case-Szenario mit dem minimalen Kapazitätswert aus dem Jahr 2020.

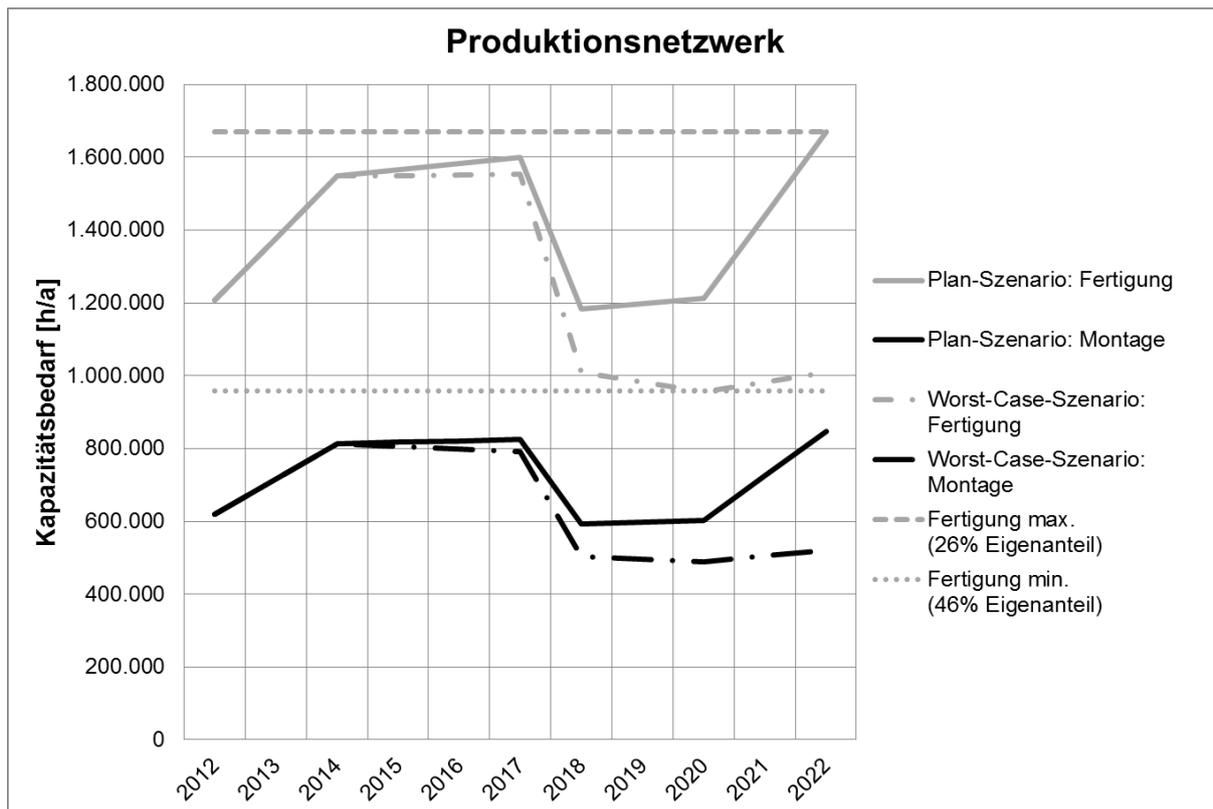


Abbildung 36: Kapazitätsentwicklung Produktionsnetzwerk (Gesamtkapazität) [Quelle: Eigene Darstellung]

Tabelle 5 zeigt übersichtlich die Veränderungen der Strukturvarianten gegenüber der Struktur IST. Dabei wird die Gesamtsituation der Bereiche Fertigung und Montage über die Standorte betrachtet. Struktur 1 hebt sich mit 3 Verbesserungen und keiner Verschlechterung der Kapazitätssituation gegenüber dem Ist-Zustand hervor. Die genauen quantitativen Ergebnisse finden sich in Tabelle 6 und Tabelle 7.

Bereiche	Struktur IST			Stuktur 1			Stuktur 2			Struktur 3a		
	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3
Fertigung	-	-	-	↗	↗	→	↗	↗	↗	→	↗	↗
Montage	-	-	-	↗	→	→	↘	↘	↘	↘	↗	↘
Bereiche	Struktur 3b			Struktur 4			Struktur 5					
	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3			
Fertigung	→	→	↗	→	↗	↗	↘	↘	↘			
Montage	↘	↗	↘	↘	→	→	↘	→	↘			

↗ verbessert → keine Veränderung ↘ verschlechtert

Tabelle 5: Veränderungen gegenüber der Struktur IST [Quelle: Eigene Darstellung]

Besonderes Merkmal der Struktur 1 ist, dass trotz einer Verschiebung der Montagekapazität von Z nach X (12.000h) dennoch der maximale Kapazitätsbedarf in Standort X ebenso wenig steigt, wie die maximale Kapazitätsschwankung. Damit verbessert sich die minimale Montage EFQ in Standort Z von 87% auf 100%, ohne die EFQ in Standort X zu senken. Dies wird durch die Trennung der Montagebereiche Apparate und Maschinen ermöglicht. In der Struktur erfolgt weiter eine große Verschiebung der Fertigungskapazität von Standort X nach Z. Daraus resultiert eine positive Entwicklung der Eigenfertigungsquote, mit 22% - 39% am Standort X und 31% - 54% am Standort Z. Damit wird die kritisch niedrige EFQ am Standort X (Struktur IST: 17%) erheblich verbessert. Negativ allerdings ist der starke Kapazitäts-Mehrbedarf in der Fertigung des Standorts Z. Die Kapazitätsschwankungen der Standorte werden über die Standorte gesehen und durch die Annäherung der jeweiligen standortspezifischen Kapazitätsschwankungen zu einer ausgewogeneren Schwankungsbreite verbessert. So wird in der Fertigung die maximale Schwankung innerhalb des Produktionsnetzwerks von 373.000 auf 306.000 Stunden reduziert.

Im Falle der Struktur 2, der Bildung einer Fertigungsstruktur, tritt eine starke Umverteilung der Montage von Standort Z nach X ein. Damit erhöht sich der maximale Bedarf an Montagekapazität in X auf 221.000 Stunden und die EFQ sinkt auf kritische 57%. Allerdings erhöht sich die Schwankungsbreite innerhalb der Montage nicht proportional. Der Grund dafür ist die veränderte Produktzuordnung der Maschine A.1 mit ihrer konstanten Mengenentwicklung. Auf die Fertigung bezogen besitzt die Struktur 2 im Variantenvergleich die beste Verteilung der Kapazitäten. Der Mehrbedarf an Kapazitäten ist gleichmäßig auf die Standorte verteilt, somit ist die maximale Schwankung von 275.000 und 282.000 Stunden in Standort X und Z fast identisch. Die Veränderungen der EFQ innerhalb der Fertigung unterscheiden sich nur geringfügig von den Werten der Struktur 1.

Die Struktur 3a wird unter der Annahme berechnet, dass 50% der Maschinen A.1 und AA.1 in Standort X und die restlichen 50% in Standort Z produziert werden. Die EFQ der Standorte verändern sich auf Seite der Fertigung zur Struktur IST nicht. Die Montage am Standort Z wird allerdings mit 31.000 Stunden überproportional stark belastet. Die Kapazitätsschwankungen fallen an Standort X sowohl in der Fertigung (-12%) und Montage (-14%) etwas geringer aus als in der Struktur IST. Damit ist die Gesamtsituation der maximalen Kapazitätsschwankung durchaus besser. Die Ursache für diesen Effekt liegt in der Verteilung der Produktkompetenz Maschinentyp AA.1 mit seinen starken Mengenschwankungen an die beiden Standorte X und Z.

Standort	Bereich	Δ Kapa 2012 zu Kapa IST 2012		EFQ		Kapa-Schwankung min / max		Δ max. Kapa-Bedarf zu Bedarf 2012	
		abs. [h/a]	Δ zu IST [%]	min. [%]	max. [%]	abs. [h/a]	Δ zu IST [%]	abs. [h/a]	Δ zu IST [%]
		Struktur IST							
Standort X	Fertigung	0	0%	17%	32%	373.000	0%	263.000	0%
	Montage	0	0%	67%	120%	209.000	0%	142.000	0%
Standort Z	Fertigung	0	0%	40%	63%	199.000	0%	109.000	0%
	Montage	0	0%	87%	127%	31.000	0%	13.000	0%
Standort Y	Fertigung	0	0%	26%	45%	140.000	0%	89.000	0%
	Montage	0	0%	73%	129%	119.000	0%	74.000	0%
Standort	Bereich	Struktur 1 Apparatstandort							
Standort X	Fertigung	-93.000	-18%	22%	39%	250.000	-33%	67.000	-75%
	Montage	12.000	4%	67%	115%	196.000	-6%	141.000	-1%
Standort Z	Fertigung	69.000	16%	31%	54%	306.000	54%	271.000	149%
	Montage	-28.000	-33%	100%	191%	35.000	13%	-6.000	-146%
Standort Y	Fertigung	25.000	10%	24%	41%	157.000	12%	123.000	38%
	Montage	16.000	8%	68%	120%	129.000	8%	95.000	28%
Standort	Bereich	Struktur 2 Fertigungsstandort							
Standort X	Fertigung	-74.000	-14%	21%	37%	275.000	-26%	108.000	-59%
	Montage	70.000	21%	57%	99%	231.000	11%	221.000	56%
Standort Z	Fertigung	49.000	11%	33%	57%	282.000	42%	231.000	112%
	Montage	-86.000	-100%	-	-	-	-100%	-	-
Standort Y	Fertigung	25.000	10%	24%	41%	157.000	12%	123.000	38%
	Montage	16.000	8%	68%	120%	129.000	8%	95.000	28%
Standort	Bereich	Struktur 3a Universale Produktion A.1/AA.1							
Standort X	Fertigung	31.000	6%	17%	30%	330.000	-12%	246.000	-6%
	Montage	-16.000	-5%	73%	125%	179.000	-14%	103.000	-27%
Standort Z	Fertigung	-56.000	-13%	41%	72%	227.000	14%	93.000	-15%
	Montage	-1.000	-1%	74%	130%	51.000	65%	31.000	138%
Standort Y	Fertigung	25.000	10%	24%	41%	157.000	12%	123.000	38%
	Montage	16.000	8%	68%	120%	129.000	8%	95.000	28%

**Tabelle 6: Bewertungskriterien Strukturen 1 – 3a [Quelle: Eigene Darstellung]**

Die Struktur 3b wird unter der Annahme berechnet, dass 100% der Teilefertigung der Maschine A.1 in Standort Z und 100% der Teilefertigung der Maschine AA.1 in Standort X stattfinden. In der Montage wird eine 50%/50% Verteilung angenommen, wie im Falle der Struktur 3a. Dementsprechend ist aus Sicht der Montage keine Veränderung zur Struktur 3a gegeben. In der Fertigung verzeichnet die Struktur Eigenfertigungsquoten und Kapazitätsschwankungen vergleichbar mit der Struktur IST. Der maximale Kapazitätsbedarf in Standort Z (17%) erhöht sich in geringem Maße zugunsten von Standort X (-19%).

Struktur 4 führt zu einer Entlastung der Montage am Standort X, der maximale Kapazitätsbedarf sinkt hierbei auf 102.000 Stunden. Dementsprechend reduziert sich auch die Kapazitätsschwankung der Montage an dem Standort um 11%. Allerdings führt dies zu einer negativen Verringerung der EFQ in der Montage. Für die Fertigung ergibt sich aus Sicht der Eigenfertigungsquoten ein ähnliches Ergebnis wie in Struktur IST. Jedoch verbessern sich die unterschiedlichen Kapazitätsschwankungen der Standorte X und Z, in Standort X sinken diese um 18% und in Standort Z steigen diese um 27%.

Ein Merkmal der Kapazitätsentwicklung von Struktur 5 sind die geringen Eigenfertigungsquoten in der Fertigung (14%) am Standort X. Im Gegensatz zur Überlastung der Fertigung in Standort X (433.000 Stunden Kapazitätsmehrbedarf) existieren bei einer schwachen Auftragslage massive Überkapazitäten am Standort Z. Auch im Falle einer Eigenfertigungsquote von 100% kann die Fertigung in Z, bei schwacher Auftragslage, nicht ausgelastet werden. Daraus resultieren folglich stark steigende Kapazitätsschwankungen mit 412.000 Stunden am Standort X.

Standort	Bereich	Δ Kapa 2012 zu Kapa IST 2012		EFQ		Kapa-Schwankung min / max		Δ max. Kapa-Bedarf zu Bedarf 2012	
		abs. [h/a]	Δ zu IST [%]	min. [%]	max. [%]	abs. [h/a]	Δ zu IST [%]	abs. [h/a]	Δ zu IST [%]
Struktur 3b Universale Produktion A.1/AA.1									
Standort X	Fertigung	-66.000	-12%	18%	36%	370.000	-1%	212.000	-19%
	Montage	-16.000	-5%	73%	125%	179.000	-14%	103.000	-27%
Standort Z	Fertigung	41.000	9%	39%	58%	187.000	-6%	127.000	17%
	Montage	0	0%	74%	130%	51.000	65%	31.000	138%
Standort Y	Fertigung	25.000	10%	24%	41%	157.000	12%	123.000	38%
	Montage	16.000	8%	68%	120%	129.000	8%	95.000	28%
Struktur 4 Produktionsmix A.1/AA.1									
Standort X	Fertigung	58.000	11%	17%	29%	304.000	-18%	240.000	-9%
	Montage	-24.000	-7%	73%	128%	185.000	-11%	102.000	-28%
Standort Z	Fertigung	-83.000	-19%	41%	77%	253.000	27%	99.000	-9%
	Montage	8.000	9%	73%	118%	45.000	45%	32.000	146%
Standort Y	Fertigung	25.000	10%	24%	41%	157.000	12%	123.000	38%
	Montage	16.000	8%	68%	120%	129.000	8%	95.000	28%
Struktur 5 Sortenreine Produktion									
Standort X	Fertigung	165.000	31%	14%	25%	412.000	10%	433.000	65%
	Montage	-5.000	-2%	70%	122%	190.000	-9%	119.000	-16%
Standort Z	Fertigung	-190.000	-43%	50%	110%	145.000	-27%	-94.000	-186%
	Montage	-11.000	-13%	85%	141%	40.000	29%	15.000	15%
Standort Y	Fertigung	25.000	10%	24%	41%	157.000	12%	123.000	38%
	Montage	16.000	8%	68%	120%	129.000	8%	95.000	28%

Tabelle 7: Bewertungskriterien Strukturen 3b – 5 [Quelle: Eigene Darstellung]

In einer Expertenrunde sind die alternativen Strukturen 1 und 3a/b zur weiteren Untersuchung ausgewählt worden. Die Strukturen 2 und 5 sind aufgrund der ungünstigen Kapazitätsverschiebungen in der Fertigung und Montage nicht weiter zu berücksichtigen. Bei Struktur 4 zeigt sich, bezogen auf die Struktur IST, nicht genügend Potential zur Verbesserung, trotz offensichtlich großer Aufwendungen beispielsweise in der Logistik. Aus diesem Grund entfällt auch hier die weitere Untersuchung.

### **Bewertung der Konsequenzen**

Aus den Ergebnissen der quantitativen Bewertungskriterien können nun mit Hilfe von Überlegungen zur optimalen Eigenfertigungsquote die Konsequenzen, bezogen auf die Kapazitäten in den Standorten, ermittelt werden.

#### Überlegungen zur definierten minimalen Eigenfertigungsquote

Aus den Ergebnissen der quantitativen Bewertungskriterien können nun mit Hilfe von Überlegungen zur optimalen Eigenfertigungsquote die Konsequenzen, bezogen auf die Kapazitäten in den Standorten, ermittelt werden.

Aus Sicht qualitativer Methoden zur Ermittlung der Fertigungstiefe kann im Falle der Unternehmung festgehalten werden, dass die minimale Fertigungstiefe in der Teilefertigung gemäß dem Kernkompetenzanteil zu begrenzen ist. Dieser Anteil entspricht 10%, gemessen an der aktuellen Fertigungskapazität. Um dem Kundenwunsch zu genügen sowie für weitere strategische Überlegungen, die dem Ziel der Sicherung der Durchlaufzeit und der Qualität dienen, ist die Eigenfertigungsquote nicht über den Kernkompetenzanteil festzulegen. Zur Festlegung der Eigenfertigungsquote ist die im Unternehmen vorhandene Teileklassifizierung der Eigenfertigungs-, Eigen/Fremdfertigungs-, Fremdfertigungsteile (E-, X, F-Teile) zu verwenden. Die Einteilung dieser Klassen ist standortabhängig. Ausschlaggebende Kriterien sind Qualität, Zeit, Verfügbarkeit der Lieferanten und die technologische Kompetenz die Teile kostengünstig fertigen zu können.

In diesem Zusammenhang sind die anteiligen Kapazitätsstunden der E-Teile, X-Teile und F-Teile in der Eigenfertigung sowie der Fremdfertigung zu bestimmen. Anteilige Kapazitäten, der in Eigenfertigung hergestellten Teile, werden aus den Listen gefertigter Teile ermittelt, siehe Tabelle 8.

Teileklassen [TK]	Standort X	Standort Y	Standort Z
E-Teile	123.000 h	17.000 h	173.000 h
X-Teile	10.000 h	64.000 h	45.500 h
F-Teile	1.000h	5.000h	500 h

**Tabelle 8: Anteilige Kapazitäten der Teileklassen in Eigenfertigung [Quelle: Eigene Darstellung]**

Eine Bestimmung der Kapazitäten in Fremdvergabe erfolgt mittels weiterer Berechnungen. Es gilt auch hier die ausschließliche Berücksichtigung von technologischen Zeichnungsteilen sowie die Bereinigung des Fremdvergabevolumens von Intercompany Teilen. Bislang sind, von den in Fremdvergabe gefertigten Teilen, die Stückzahlen der jeweiligen Teileklasse (TK) und die gesamte Fremdkapazität bekannt, allerdings ohne einen Bezug auf die Teileklassen.

$$Stunden/Stück[TK] = \frac{Kapazität_{Eigen}[TK]}{Stück_{Eigen}[TK]}$$

**Formel 10: Stunden pro Stück**

$$Kapazität_{Fremd}[TK] = Stück_{Fremd}[TK] * Stunden/Stück[TK]$$

**Formel 11: Kapazität der Teileklasse in Fremdvergabe**

Den verschiedenen Teilklassen sind unterschiedliche Bearbeitungszeiten pro Stück u.a. aufgrund von Komplexitätsforderungen zuzuweisen. Die Bearbeitungszeiten pro Stück sind über angefallene Stunden und Stückzahlen aus der Eigenfertigung zu berechnen (Formel 10). Dies gilt ausschließlich für die E- und X-Teile. Die so ermittelten Stunden pro Stück werden mit den Stückzahlen in Fremdvergabe verrechnet und ergeben die Fremdkapazitäten der E- und X-Teile (Formel 11). Die bereits ermittelte gesamte Fremdkapazität wird um die Fremdkapazitäten der E- und X-Teile reduziert, daraus ergibt sich ein Restwert. Dieser ist der Kapazitätsanteil der F-Teileklasse.

Teileklassen [TK]	Standort X	Standort Y	Standort Z
E-Teile	10.000 h	6.000 h	8.000 h
X-Teile	203.000 h	151.000 h	205.500 h
F-Teile	174.000h		

**Tabelle 9: Anteilige Kapazitäten der Teileklassen in Fremdvergabe [Quelle: Eigene Darstellung]**

Unter Verwendung der Formel 7 kann auf Basis der E-Teile und der Gesamtkapazitäten eine Berechnung der minimalen Eigenfertigungsquote stattfinden.

In der Montage zählt der komplette Prozess des Einfahrens und die Maschinenmontage der Maschinentypen A.1 und AA.2 zur Sicherung des Firmenknowhows als nicht vergabefähig. Die restlichen Tätigkeiten zählen zu den vergabefähigen Tätigkeiten. Allerdings ist die Vergabe von Montagetätigkeiten durch die hohen Anforderungen an Knowhow und Qualität beschränkt. Bislang sind in den letzten Jahren zwei verlässliche Lieferanten aufgebaut worden. Aus diesem Grund ist die Fertigungstiefe durch die maximal verfügbaren Kapazitäten der zwei Lieferanten definiert. Die ermittelten verfügbaren Kapazitäten liegen bei 156.000 (82.500) Stunden, diese sind ab dem Jahr 2015 (2013) voll verfügbar.

### Ergebnis der kapazitiven Konsequenzen

Die Erweiterung der Eigenkapazitäten erfolgt unter folgenden Prämissen:

- Prämisse 1: Die Definition der E-Teile bleibt in den Standorten unverändert
- Prämisse 2: Das Verhältnis der E-/X-/F-Teile ist trotz einer Veränderung der Produktordnung konstant
- Prämisse 3: Lieferanten können maximal einen Kapazitätswachstum von 100% in der Teilefertigung verkraften
- Prämisse 4: Das Vergabevolumen für die Montage ist auf 156.000 Stunden begrenzt und ist dem Standort X zugeordnet

Tabelle 10 zeigt die minimalen Eigenfertigungsquoten in der Fertigung und Montage, unter Berücksichtigung der Überlegungen zur Eigenfertigungsquote sowie der Prämissen.

Bestimmung der def. min. Eigenfertigungsquote	Standort X	Standort Y	Standort Z
Fertigung			
Fertigungskapazität [Eigen,2012]	134.000 h	86.000 h	219.000 h
Kapazität X-Teile [2012]	133.000 h	23.000 h	181.000 h
Kapazität X-Teile [2012]	213.000 h	215.000 h	251.000 h
Kapazität F-Teile [2012]	175.000 h	5.000 h	500 h
Gesamt Kapazität [2012]	511.000 h	243.000 h	432.000 h
Min. Eigenfertigungsquote [Basis E-Teile]	26%	9%	42%
Max. Gesamtkapazität Basis: min. EFQ & Eigen 2012	515.000 h	955.000 h	521.000 h
Max. Fremdvergabe [Prämisse 3]	792.000	302.000 h	436.000 h
<b>Definierte min. Eigenfertigungsquote</b>	<b>26%</b>	<b>22% (bis 388.000)</b>	<b>42%</b>
Montage			
Montagekapazität [Eigen;2012]	290.000 h	203.000 h	86.000 h
Erweiterung der Kapazitäten	26.000 h	0 h	0 h
Max. Fremdvergabe [Prämisse 4]	156.000h	0h	0h
Max. Gesamtkapazität	472.000 h	203.000 h	86.000 h
<b>Definierte min. Eigenfertigungsquote</b>	<b>67% (bei 472.000 h)</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Tabelle 10: Bestimmung definierten minimalen Eigenfertigungsquoten [Quelle: Eigene Darstellung]**

Bei der Berechnung der definierten minimalen Eigenfertigungsquote muss die maximale Fremdvergabe des Standorts Y berücksichtigt werden. Aufgrund der Begrenzung auf 302.000 Stunden und der damit resultierenden maximalen Kapazität von 388.000 Stunden erhöht sich die EFQ von 9% auf 22%.

Mit einem Vergleich der definierten minimalen Eigenfertigungsquoten (Tabelle 10) und der errechneten minimalen Eigenfertigungsquoten (Tabelle 6) können notwendige Eigenkapazitäten in der Fertigung und der Montage bestimmt werden. Dazu ist Formel 2 zu verwenden. In der Montage des Standorts X wird das Vergabevolumen überschritten und die Formel besitzt keine Gültigkeit. In diesem speziellen Fall wird die notwendige Eigenkapazität durch die Subtraktion von Kapazitätsbedarf und maximaler Fremdvergabe berechnet. Selbstverständlich sind

die Eigenkapazitäten immer vollständig auszulasten, bevor diese an Lieferanten weitergegeben werden.

Tabelle 11 enthält die berechneten Größen der notwendigen Eigenkapazitäten. Im Gesamtbild müssen große Kapazitätsdefizite in der Fertigung und Montage der Standorte ausgeglichen werden.

Standort	Bereich	EFQ		Notwendige Eigenkapazitäten			
		def. min. [%]	err. min. [%]	abs. [h/a]	$\Delta$ zu IST [%]	$\Delta$ zu 2012 [h/a]	$\Delta$ zu 2012 [%]
		Struktur IST					
Standort X	Fertigung	26%	17%	206.000	0%	72.000	54%
	Montage	100%	67%	316.000	0%	0	0%
Standort Z	Fertigung	42%	40%	229.000	0%	10.000	5%
	Montage	100%	87%	99.000	0%	13.000	15%
Standort Y	Fertigung	22%	26%	73.000	0%	-13.000	-15%
	Montage	100%	73%	277.000	0%	74.000	36%
Standort	Bereich	Struktur 1 Apparatestandort					
Standort X	Fertigung	26%	22%	155.000	-25%	21.000	16%
	Montage	100%	67%	315.000	0%	-1.000	0%
Standort Z	Fertigung	42%	31%	298.000	30%	79.000	36%
	Montage	100%	100%	86.000	-13%	0	0%
Standort Y	Fertigung	22%	24%	80.000	10%	-6.000	-7%
	Montage	100%	68%	298.000	8%	95.000	47%
Standort	Bereich	Struktur 3a Universale Produktion A.1/AA.1					
Standort X	Fertigung	26%	17%	202.000	-2%	68.000	51%
	Montage	100%	73%	277.000	-12%	-39.000	-12%
Standort Z	Fertigung	42%	41%	222.000	-3%	3.000	1%
	Montage	100%	74%	117.000	18%	31.000	36%
Standort Y	Fertigung	22%	24%	80.000	10%	-6.000	-7%
	Montage	100%	68%	298.000	8%	95.000	47%
Standort	Bereich	Struktur 3b Universale Produktion A.1/AA.1					
Standort X	Fertigung	26%	18%	193.000	-6%	59.000	44%
	Montage	100%	73%	277.000	-12%	-39.000	-12%
Standort Z	Fertigung	42%	39%	237.000	3%	18.000	8%
	Montage	100%	74%	117.000	18%	31.000	36%
Standort Y	Fertigung	22%	24%	80.000	10%	-6.000	-7%
	Montage	100%	68%	298.000	8%	95.000	47%

**Tabelle 11: Konsequenzen Notwendige Eigenkapazitäten [Quelle: Eigene Darstellung]**

Der Standort Y gilt immer noch als unabhängig von Strukturveränderungen. Aus der Tabelle 11 ist ersichtlich, dass eine Steigerung der eigenen Montagekapazitäten (Struktur IST: 37% / Strukturvarianten: 47%) erforderlich ist. Eine Kompensation des

Defizits über Produktivitätssteigerungen ist in diesem Ausmaß definitiv nicht möglich. Im Falle der Fertigung kann, aufgrund der definierten minimalen EFQ, die Kapazität abgebaut werden. Davon ist allerdings abzusehen, stattdessen können anstelle eigener E-Teile, X-Teile oder E-Teile anderer Werke gefertigt werden.

Für die Strukturen IST, 3a sowie 3b werden sowohl in der Fertigung als auch in der Montage ähnliche Eigenkapazitäten gefordert. Besondere Merkmale dieser drei Strukturen sind der starke Anstieg der notwendigen Fertigungskapazitäten am Standort X (IST: 54%, 3a: 51%, 3b: 45%) und der Montagekapazitäten am Standort Z (IST: 15%, 3a: 36%, 3b: 36%).

Struktur 1 besitzt prozentual moderatere Forderungen an den Aufbau von Eigenkapazitäten in Fertigung und Montage. Für die Standorte X und Z ist einzig die Forderung der Fertigungskapazität am Standort Z (36%) als kritisch zu sehen. Die Forderung die Eigenkapazität in der Fertigung am Standort X auszubauen (16%), kann möglicherweise sogar über Layout Optimierungen erreicht werden.

In Anbetracht der Größenordnung des vorhandenen Kapazitätsdefizits im gesamten Produktionsnetzwerk, sind in der Feinplanung weitere Schritte zur Prüfung und Ermittlung des Flächenbedarfs und der Erweiterungsmöglichkeiten anzugehen.

### **Qualitative Bewertung**

Abschließend soll eine qualitative Bewertung der Strukturvarianten stattfinden.

#### Qualitative Bewertungskriterien

Die qualitativen Bewertungskriterien zur Verwendung in der Nutzwertanalyse werden von einer Expertenrunde in Anlehnung an die Zielsetzung festgelegt. Die Gewichtung der Kriterien erfolgt ebenso in dieser Runde. Die Mix- und die Mengenflexibilität werden im Sinne der Bewältigung von zukünftigen Anforderungen als wichtigste Kriterien bewertet. Die verbleibenden Bewertungskriterien wie Durchlaufzeitreduzierung, Prozessorientierung, Spezialisierung von Kompetenzen, Skaleneffekten in der Teilefertigung sowie Größe der Organisationseinheiten werden absteigend, gemäß ihrer Wichtigkeit, eingestuft. Die Kriterien sind entsprechend auf die Bewertung der Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit festgelegt. Siehe dazu Tabelle 12.

Kriterium	Gewichtung	Bemerkung
Mixflexibilität	13	Technische Flexibilität – Bewältigung von Produktportfolioschwankungen
Mengenflexibilität	7	Kapazitätsflexibilität – Bewältigung von Auftragsschwankungen
Durchlaufzeit	7	Summe der Bearbeitungs-, Transport- und Wartezeiten auf allen Produktionsstufen
Prozess- orientierung	4	Ergebnisorientierte Ablaufstruktur – Minimieren der Prozessschnittstellen
Spezialisierung	4	Bilden von Kompetenzzentren
Skaleneffekte Teilefertigung	3	Positive Effekte in Zeit, Qualität und Kosten – Klassifizierung von Teilefamilien
Organisations- einheiten	2	Granularität und Führbarkeit der Organisationseinheiten

**Tabelle 12: Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse [Quelle: Eigene Darstellung]**

### **Ergebnis der Nutzwertanalyse**

Die Nutzwertanalyse wird auf die Idealstruktur, die Struktur IST, die Struktur 1, die Struktur 3a sowie die Struktur 3b angewendet. Dabei wird die Punkteskala von 0 – 5 gewählt, wobei 0 nicht erfüllt und 5 vollkommen erfüllt bedeutet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 dargestellt.

Kriterium	Gewichtung	Idealstruktur		Struktur IST		Struktur 1		Struktur 3a		Struktur 3b	
		Punkte (0-5)		Punkte (0-5)		Punkte (0-5)		Punkte (0-5)		Punkte (0-5)	
Mixflexibilität	13	5	65	1	13	5	65	5	65	2	26
Mengenflexibilität	7	5	35	2	14	5	35	4	28	2	14
Durchlaufzeit	7	5	35	3	21	4	28	3	21	3	21
Prozessorientierung	4	5	20	3	12	3	12	3	12	1	4
Spezialisierung	4	5	20	1	4	5	20	0	0	0	0
Skaleneffekte Teilefertigung	3	5	15	3	9	5	15	0	0	3	9
Größe Org.-einheiten	2	2	4	3	6	3	6	3	6	3	6
<b>Summe</b>			194		79		181		132		80

Erfüllungsgrad 0 - 5: 5: Kriterium voll erfüllt / 0: Kriterium nicht erfüllt

**Tabelle 13: Bewertung durch Nutzwertanalyse [Quelle: Eigene Darstellung]**

Als Maßstab für die Bewertung der Strukturvarianten gilt die Bewertung der Idealstruktur. Die Idealstruktur erfüllt die Zielsetzungen und die Anforderungen, von denen die Bewertungskriterien abgeleitet werden, in allen Punkten. Siehe dazu auch Kapitel 5.3.1 Konzeption der Idealstruktur. Das Kriterium „Größe der Organisationseinheiten“ stellt eine Ausnahme dar. Laut Experten ist der Zusammenschluss von Maschinenmontage und Einfahrbereich eine zu große und schwer zu führende Organisationseinheit. Im Folgenden soll die Bewertung der Strukturvarianten zusammen mit der Struktur IST erörtert werden. Im Anhang findet sich eine Hilfsmatrix zur Ermittlung der Bewertungspunktezahl mit entsprechenden Erfüllungsmerkmalen, Tabelle 14.

Struktur 1 besitzt eine nahezu vollständige Mixflexibilität gegenüber Schwankungen im Produktportfolio und zwischen den Geschäftsfeldern Neumaschinen und S|G|E. Dies geht aus der optimalen Segmentierung der Produkte, der technischen Flexibilität der Standorte sowie der Anordnung des S|G|E- an das Neumaschinengeschäft hervor. Dies trifft ebenfalls auf Struktur 3a zu, allerdings besteht im S|G|E Bereich keine feste Anordnung bezüglich des Neumaschinenbereichs. Für die Strukturen IST und 3b existiert eine geringe bzw. keine Mixflexibilität. In der Struktur IST ist nur der Standort X als bedingt technisch

flexibel anzusehen. Struktur 3b besitzt im Vergleich zu 3a keine technische Flexibilität der Standorte innerhalb der Fertigung.

Die Mengenflexibilität verbessert sich in Struktur 1 gegenüber der IST-Situation. Grund dafür ist die ausgeglichene Verteilung der Gesamtkapazitätsbelastung der Standorte. Ein weiterer Vorteil dieser Struktur ist die verbesserte Fähigkeit zur Fremdvergabe, bedingt durch den Prozessschnitt zwischen Montage Apparate und Maschinen. Auf diese Weise ist es möglich kleinere Auftragseinheiten (Apparate) an Lieferanten zu vergeben.

Die Durchlaufzeit wird durch die Art und Anzahl der Lagerstufen maßgeblich beeinflusst. Bislang existieren zwischen den einzelnen Prozessabschnitten herkömmliche Lagerstufen in der Struktur IST. Durch die Einführung der FiFo Lagerstufen wird die Durchlaufzeit in allen Varianten verbessert. Die Anzahl der Lagerstufen innerhalb der Strukturen ist immer gleich. Struktur 1 setzt als einzige Struktur die kurzen Wege, gemäß der Idealstruktur zwischen Maschinenmontage und Einfahren, zur Reduzierung der Durchlaufzeit größtenteils um.

Die Prozesskette kann zwischen jedem der beschriebenen Prozessabschnitte getrennt werden. Die Abschnitte Änderungsfertigung und Montage sowie Maschinenmontage und Einfahren sollten aus Sicht der Prozessorientierung eine enge Verbindung besitzen. Keine der Strukturen erfüllt diese Forderungen vollständig. Die kurzen Wege zwischen der Änderungsfertigung und den Montagebereichen werden von den Strukturen IST, 1 und 3a erfüllt. Die Forderung der kurzen Wege zwischen Maschinenmontage und Einfahren sind in allen Strukturen zum Teil vorhanden.

Einzig Struktur 1 zeigt eine Spezialisierung durch das Bündeln der Apparatemontage und Maschinenmontage zu Kompetenzzentren an je einem Standort. Alle weiteren Strukturen erfüllen dies nicht. Struktur IST bündelt die Kompetenz einer Verpackungslinie an einzelnen Standorten. Ein ähnliches Ergebnis ergibt sich bei dem Kriterium der Skaleneffekte in der Fertigung. Struktur 1 bündelt die Teile aller Apparate und Maschinen an jeweils einem Standort. Die Strukturen IST und 3b bündeln die Fertigung aller Apparate und Maschinen eines Produkts an einem Standort und bilden damit produktspezifische Kompetenzzentren. Die Struktur 3a hingegen, verfolgt keinerlei Bündelung. Den Faktor Größe der einzelnen Organisationseinheiten betreffend sind die Strukturen nur schwer voneinander zu unterscheiden.

#### Ergebnis der Stärken und Schwächen Analyse

Eine gemeinsame Stärke der Strukturen ist im Wesentlichen die Robustheit gegenüber Schwankungen im Produktportfolio. Erreicht wird dies durch die Segmentierung der Produkte A und AA und die dafür notwendige technologische

Flexibilisierung der Standorte. Damit wird eine der primären Zielvorgaben der Geschäftsleitung erfüllt. Die Resistenz gegenüber Portfolioschwankungen in der Montage.

	Stärken	Schwächen
Struktur 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robustheit gegen Schwankungen (A/AA)</li> <li>• Flexible Kapazitätsanpassung =&gt; Apparate-Ebene (kleine Einheiten)</li> <li>• Planbarkeit S-Aufträge =&gt; Transparenz</li> <li>• Skaleneffekte A/AA</li> <li>• Keine Veränderung Fertigungsfläche Verden (Vorgabe der GL)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwand Logistik / Transport</li> <li>• Know-how-Verlust Montage in X &amp; Z</li> <li>• „Störgrößen“ durch S G E konzentriert an Standort Z</li> </ul>
Struktur 3a	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robustheit gegen Schwankungen (A/AA)</li> <li>• Kapazitätsflexibilität (Montage Know-how an 2 Standorten)</li> <li>• Durchgängige Maschinenverantwortung (Endprodukt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Änderungswesen (Teile an 2 Standorten)</li> <li>• Redundanzen Vorrichtungen und Prüfstellen in der Montage</li> <li>• Vergrößerung Fertigungsfläche in X erforderlich (Negiert Vorgabe der GL)</li> </ul>
Struktur 3b	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robustheit gegen Schwankungen (A/AA) in der Montage</li> <li>• Kapazitätsflexibilität (Montage Know-how an 2 Standorten)</li> <li>• Durchgängige Maschinenverantwortung (Endprodukt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht robust gegen Schwankungen (A/AA) in der Teilefertigung</li> <li>• Verbindung Fertigung Formateile und Montage entfällt</li> <li>• Änderungswesen (Teile an 2 Standorten)</li> <li>• Redundanzen Vorrichtungen und Prüfstellen in der Montage</li> <li>• Vergrößerung Fertigungsfläche in X erforderlich (Negiert Vorgabe der GL)</li> </ul>

**Abbildung 37: Stärken / Schwächen der Strukturen [Quelle: Eigene Darstellung]**

Struktur 1 zeichnet sich durch eine Segmentierung der Produkte A und AA aus, deren Montageprozesse zwischen der Apparatemontage und Maschinenmontage geschnitten und jeweils den Standorten Z und X zugeordnet werden. Die klare Zuordnung der Produkte erleichtert die im Vorfeld stattfindende Planung der Auftragsvergabe. Besonders im Umfeld der S|G|E-Aufträge ist dieser Effekt bemerkbar und begünstigt die Komplexitätsreduzierung. Die Segmentierung der Produkte generiert zudem Skaleneffekte in der Teilefertigung und Montage durch größere Losgrößen. Speziell in der Montage werden durch die Bündelung der Kompetenzen Apparate/Maschinenmontage positive Effekte bezüglich der Qualität erwartet. Zudem folgt die Struktur einem wichtigen Merkmal der Idealstruktur, die Maschinenmontage möglichst nahe dem Einfahrbereich anzusiedeln und so eine

Verkürzung der Durchlaufzeiten zu ermöglichen. Durch die Bündelung der Montagekompetenzen der Apparate-/Maschinenmontage und durch die Vergabe an verschiedene Standorte resultiert ein Know-how Verlust in der Montage. Im Fall des Standorts X im Bereich der Apparatemontage und im Fall des Standorts Z in der Maschinenmontage. Bei dem hohen Grad an Produktkomplexität ist selbst firmenintern eine Anlernzeit bis zu mehreren Jahren für Montagetätigkeiten notwendig. Ein Erhalt des Know-hows sollte deshalb durch geeignete Maßnahmen stattfinden. Eine weitere Schwäche der Struktur ist, dass S|G|E-Aufträge in dieser Struktur hauptsächlich an den Standort Z vergeben werden, was eine einseitige Belastung mit sich bringt.

Wesentlicher Vorteil der Struktur 3a ist die Möglichkeit, die Vergabe von Maschinen kapazitätsabhängig über die Standorte zu verteilen. Dies wird durch das Vorhalten von Know-how für beide Produktlinien ermöglicht. Dabei ist es positiv zu bewerten, dass redundantes Know-how vorzufinden ist. Die durchgängige Maschinenverantwortung erhöht die Motivation und das Verständnis der Mitarbeiter für das Produkt und trägt dazu bei, die Qualität aufrecht zu erhalten. Negative Aspekte der Struktur sind der enorm hohe Planungsaufwand für die situative Vergabe von Maschinen/S|G|E Aufträgen, da keine klare Zuordnung vorhanden ist. Diese Situation verschlechtert zudem die Transparenz bezüglich der Auftragsfortschrittsverfolgung. Da das Kapazitätswolumen einer einzigen Maschine mehrere 1000 Stunden pro Maschine beträgt, erschwert dies die Vergabesituation vor dem Hintergrund, dass sämtliche Maschinen eines Auftrags an demselben Standort produziert werden müssen, zusätzlich. Grund dafür ist die Gewährleistung der Schraubengleichheit der Maschinen. Des Weiteren müsste bei einer Änderungsmitteilung, diese immer an zwei Standorten ausgelöst werden. Um die Maschinentypen A.1 und AA.1 an 2 Standorten produzieren zu können, entstehen Redundanzen über die gesamte Prozesskette. Für den Maschinenpark der Teilefertigung, abgesehen von der Kernkompetenzfertigung, bestehen im Allgemeinen immer Redundanzen. Allerdings ist es notwendig, doppelte Arbeitspläne, Programme etc. zu programmieren und verfügbar zu halten.

Struktur 3b unterscheidet sich von der Struktur 3a insofern, dass diese innerhalb der Teilefertigung keine Resistenz gegen Portfolioschwankungen besitzt. Des Weiteren wird das Idealstrukturmerkmal, eine zugehörige Fertigung für die nachfolgenden Montagetätigkeiten am selben Standort zu besitzen, nicht erfüllt.

Zu erwähnen ist noch die Vorgabe der Geschäftsleitung, von einer Erweiterung der Fertigungsfläche am Standort X abzusehen. Aus der Tabelle 11 ist ersichtlich, dass eine Umsetzung der Vorgabe am ehesten mit Struktur 1 machbar ist. Zwar müssen auch bei dieser Strukturvariante Kapazitäten aufgebaut werden, diese liegen

allerdings bis in das Jahr 2022 bei ca. 10% und können durchaus durch eine Steigerung der Produktivität kompensiert werden.

### **Auswahl der optimalen Struktur**

Letztendlich ist anhand des Bewertungsprozesses die optimale Strukturvariante zu bestimmen. Gemäß den gewonnenen Erkenntnissen ist eine Entscheidung klar zu Gunsten der Strukturvariante 1 zu treffen. Diese Struktur hat mit ihrer Zuordnung der Produktkompetenzen am ehesten die Merkmale der Idealstruktur umgesetzt. Durch die Bündelung der Kompetenzen ist ein größtmögliches Maß an Spezialisierung der Standorte gelungen, das unter Berücksichtigung einer Verkürzung der Durchlaufzeit erreicht werden kann. Die Anordnung der Maschinenmontage nahe dem Einfahren ist für die Durchlaufzeitverkürzung wesentlich. Mit dem hohen Maß der Spezialisierung sind für die Wettbewerbsfähigkeit wichtige Effekte zu erzielen. Hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit ist es entscheidend eine Steigerung der Qualität zu erreichen. Aus der quantitativen Bewertung geht hervor, dass mit dieser Struktur die einseitigen Kapazitätsbelastungen des Standorts X gelöst werden. In Struktur 2 sind diese gleichmäßig auf die Standorte verteilt. Ebenso belegen die Zahlen, dass eine Entlastung des Fertigungsbereichs an Standort X erreicht und die Vorgabe, keinen Ausbau der Fertigungsfläche am Standort zu benötigen, erfüllt wird. Insgesamt trägt die Struktur zu der Gewährleistung der Zukunftsfähigkeit der Produktion bei:

- Erhöhung der Mengenflexibilität durch die Verbesserung der Atmungsfähigkeit der Standorte
- Erhöhung der Mixflexibilität durch Segmentierung der Produkte
- Verkürzung der Durchlaufzeit durch Umsetzung des idealen Wertstroms und Anordnung der Maschinenmontage nahe dem Einfahrbereich
- Erhöhung der Produktqualität durch Bündelung der Kompetenzen und Beachtung der Vergabefähigkeit innerhalb der Prozesskette
- Des Weiteren schafft die klare Produktzuordnung eine Basis zur Steigerung der Transparenz über den Produktherstellungsprozess

Einige dieser positiven Effekte der Struktur 1 finden sich zwar auch in den Varianten 3 wieder, jedoch existieren hier Nachteile, die eine Umsetzung nicht empfehlen. Gegen die Umsetzung der Struktur 3 sprechen vor allem die unklare Zuordnung der Kompetenzen und damit die Gefahr, aufgrund von Komplexität und Gewohnheit, alten Verhaltensmustern zu verfallen. Bereits durch die Berechnung dieser Struktur unter zwei unterschiedlichen Verteilungsannahmen (3a/3b) wird diese Unklarheit verdeutlicht. Des Weiteren werden viele der Bewertungskriterien nur unter den idealen Voraussetzungen der durchgängigen 50/50 Verteilung der Aufträge erfüllt.

## 6 Fazit und Ausblick

Eine dauerhaft erfolgreiche, strategische Ausrichtung der Produktionsstruktur erfordert prinzipiell einen kontinuierlichen Einsatz der Methode. Dazu ist ein Umbau des Excel-Tools in eine skalierbare, modulare Struktur zur dauerhaften Anwendung empfehlenswert. Der Umstand des langfristigen Planungshorizonts einer strategischen Strukturierung bedingt eine gewisse Ungenauigkeit der Daten. Anhand der Methoden, die sich mit dem Erforschen und Vorhersagen der Zukunft beschäftigen, lassen sich keine detaillierten Planungen umsetzen, sie zeigen aber wohl Entwicklungstendenzen. Dadurch, dass die Analyse des Umfelds eine Identifikation von Einflussfaktoren, hinterlegt mit Eintrittswahrscheinlichkeiten und Wirkungsaussagen, ermöglicht, ergibt sich für den Entscheidungsträger ein transparenteres Bild über mögliche zukünftige Entwicklungen. Entsprechende proaktive Handlungsalternativen können ausgearbeitet und umgesetzt werden. Die strategische Planung folgt damit dem modernen Verständnis eines Risikomanagements bestehend aus Identifikation, Beurteilung/Bewertung, Management und Kontrolle.

Eine weitere Planungsaufgabe im Feld der strategischen Strukturplanung wird bereits an einigen Stellen der Arbeit angesprochen. Aus der Erweiterung des Betrachtungsrahmens ergibt sich die Einbeziehung der indirekten Produktionsbereiche wie Konstruktion, Planung, Logistik oder Instandhaltung. Die Erweiterung der Planung auf diese Bereiche ermöglicht eine Integration der indirekten Bereiche in die direkten Bereiche der Produktion wie in Ansätzen der Fertigungssegmente oder der Fraktalen Fabrik gefordert. Desweiteren können Entwicklungstendenzen über alle Bereiche prognostiziert werden um die gesamte Wertschöpfungskette eines Unternehmens zu simulieren.

Für eine weiterführende erfolgreiche Umsetzung der gewählten Struktur ist zunächst eine detailliertere Analyse der Konsequenzen auf Flächen, Personal und Betriebsmittel im Rahmen der Feinplanung zu erarbeiten. Dabei müssen Optimierungspotentiale beispielsweise Layout-Optimierungen oder Leistungssteigerungen durch Lernkurveneffekte beachtet werden. Aus der Analyse sind anschließend Rückschlüsse für die Erweiterung von Flächen zu treffen. Ein geeignetes Vorgehensmodell zur Strukturierung der Strukturebenen 1 – 5 ist durch **WESTKÄMPER** oder **WIENDAHL** beschrieben [Westkämper, 2006] [Wiendahl, et al., 2009].

Ein im Rahmen dieser Arbeit nicht behandeltes Problem ist die Gestaltung der Organisationsstruktur. Das zunehmende turbulente Unternehmensumfeld und eine steigende Produktkomplexität fordern ein Unternehmensnetzwerk mit gleichberechtigten kooperierenden Partnern. Auf diese Weise sollen die Fähigkeiten

der vernetzen Partner im Netzwerk verfügbar gemacht und bei Bedarf mit Hilfe gemeinsamer Ressourcen- und Informationssysteme darauf zugegriffen werden. Dafür ist eine Umgestaltung der Organisationsstruktur notwendig.

Abgesehen von der fortführenden Umsetzung der Strukturplanung und der organisatorischen Gestaltung der Unternehmung, werden durch die Analyse der Produktionsstruktur und der zugehörigen Mengenszenarien bereits für 2014 – 2017 erhebliche kurzfristige Kapazitätsdefizite in den Standorten erkannt. Dabei werden weder Lösungsansätze für diese Problemstellung von Seiten der strategischen Strukturplanung gegeben, noch ist es die Aufgabe der Strukturplanung diese zu lösen. Lösungsansätze zur Bewältigung der bevorstehenden Kapazitätsdefizite sind zum Beispiel Prozessoptimierungen, Anpassungen der Arbeitszeitmodelle und Beschäftigung von Kurzarbeitern. Bei der Umsetzung dieser Lösungsvorschläge, zur Bewältigung der kurzfristigen Kapazitätsdefizite, kann es zu Konfliktsituationen mit der strategischen Strukturplanung kommen. Durch mangelnde freie Kapazitäten kann eine Situation entstehen, in der die Neugestaltung verschleppt oder aufgeweicht wird. Um eine erfolgreiche Strukturierung zu ermöglichen, müssen diese Störgrößen der Umsetzungsplanung unbedingt berücksichtigt und frühzeitig Gegenmaßnahmen definiert werden.

## 7 Anhang

Kriterien	Erfüllungsmerkmale	Idealstruktur	Struktur IST	Stuktur 1	Struktur 3a	Struktur 3b
Mixflexibilität	Produktportfolio i. d. Fertigung/Montage	●	○	●	●	◐
	Geschäftsfelder Neu vs S G E i. d. Fertigung/Montage	●	○	●	◐	○
Mengenflexibilität	Auslastung der Standorte [Überlastung]	●	○	●	●	○
	Vergabefähigkeit [Größe der Produkteinheiten]	●	◐	●	◐	◐
Durchlaufzeit	Art und Anzahl der Lagerstufen	●	○	◐	◐	◐
	Maschinenmontage nahe dem Einfahren	●	○	◐	○	○
Prozessorientierung	Anzahl Schnittstellen i. d. Prozesskette	●	◐	◐	◐	○
Spezialisierung	Kompetenzzentrum i. d. Montage	●	○	●	○	○
Skaleneffekte i. d. Fertigung	Kompetenzzentren i. d. Fertigung	●	◐	●	○	◐
Größe der Org.-einheiten	Fertigungsstunden und Flächen	◐	◐	◐	◐	◐

Tabelle 14: Hilfsmatrix der Nutzwertanalyse [Quelle: Eigene Darstellung]

## 8 Literaturverzeichnis

**Bertling, Lutz. 1994.** *Informationssysteme als Mittel zur Einführung neuer Produktionstechnologien.* Braunschweig : Vulkan-Verlag, 1994.

**Engroff, Bernd und al., et. 2. Aufl. 2005.** *Praktischer Einsatz von Kennzahlen und Kennzahlensystemen in der Produktion.* Gerau : AWF Verlag, 2. Aufl. 2005.

**Feldmann, K., et al. 2004.** *Montage Strategisch Ausrichten - Praxisbeispiele Marktorientierter Prozesse und Strukturen.* Heidelberg : Springer, 2004.

**Friedrich, Stephan. 2000.** Quo vadis Strategisches Management? [Buchverf.] H. Hinterhuber. *Das neue strategische Management.* Wiesbaden : Gabler, 2000.

**Gausemeier, J. und Fink, A. 1995.** *Führung im Wandel - ein ganzheitliches Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung.* München : Hanser, 1995.

**Gerwin, D. 1993.** Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective. *Management Science.* 1993, 39/4.

**Grundig, Claus-Gerold. 2006.** *Fabrikplanung, Planungssystematik - Methoden - Anwendungen.* Wien : Carl Hanser Verlag, 2006.

**Hernandez, R. M. 2003.** *Systematik und Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung.* s.l. : VDI-Verlag, 2003.

**Kaluza, Bernd und Blecker, Thorsten. 2000.** *Wettbewerbsstrategien - Markt und ressourcenorientierte Sicht der strategischen Führung.* München : TCW, 2000.

**Kettner, Hans, Schmidt, Jürgen und Greim, Hans-Robert. 1984.** *Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. Nachdruck 2010.* München : Hanser Verlag, 1984.

**Kletti, Jürgen. 2007.** *Konzeption und Einführung von MES-Systemen.* New York : Springer Verlag, 2007.

**Lengwenat, Endrik. 2013.** Technische Universität München. *Lehrstuhl für Forstliche Wirtschaftslehre.* [Online] 29. 04 2013. [Zitat vom: 23. 07 2013.] [http://www.fwl.wi.tum.de/fileadmin/Downloads/Master\\_Forst/Skript\\_Nutzwertanalyse.pdf](http://www.fwl.wi.tum.de/fileadmin/Downloads/Master_Forst/Skript_Nutzwertanalyse.pdf).

**Löffler, Carina. 2011.** *Systematik der strategischen Strukturplanung für eine wandlungsfähige und vernetzte Produktion der variantenreichen Serienfertigung.* Heimsheim : Jost-Jetter Verlag, 2011.

- Loose, Matthias. 2011.** TU Berlin, Fachgebiet Montagetechnik und Fabrikbetrieb. [Online] 24. 05 2011. [Zitat vom: 25. 07 2013.] [http://www.mf.tu-berlin.de/menue/forschung/abgeschlossene\\_projekte/semsys/](http://www.mf.tu-berlin.de/menue/forschung/abgeschlossene_projekte/semsys/).
- Möslein-Tröppner, Bodo. 2010.** *Produktionswirtschaftliche Flexibilität in Supply Chains mit hohen Absatzrisiken*. Bamberg : University of Bamberg Press, 2010. 978-3-923507-88-7.
- Nagel, Michaela. 2003.** *Flexibilitätsmanagement: Ein systemdynamischer Ansatz zur quantitativen Bewertung von Produktionsflexibilität*. Wiesbaden : Deutscher Universitäts-Verlag, 2003.
- Nyhuis, Peter, Reinhart, Gunther und Abele, Eberhard. 2008.** *Wandlungsfähige Produktionssysteme*. s.l. : TEWISS , 2008. 978-3-939026-96-9.
- Schenk, Michael und Wirth, Siegfried. 2004.** *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb*. Deutschland : Springer, 2004.
- Schulze, C. P., Reinema, C. und Nyhuis, P. 2011.** Kriterien zur Bewertung von Strukturvarianten. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*. 2011, 3.
- Thommen, Jean-Paul. o.J..** Wissenschaftlexikon Gabler. [Online] o.J. [Zitat vom: 07. Juli 2013.] <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/13314/struktur-v14.html>.
- VDI 5200 Blatt -1-. 2009.** <http://www.vdi.de>. [Online] Januar 2009. [Zitat vom: 07. Juli 2013.] [http://www.vdi.de/uploads/tx\\_vdirili/pdf/1498717.pdf](http://www.vdi.de/uploads/tx_vdirili/pdf/1498717.pdf).
- VDMA. o. J..** VDMA-Verlag. *Leyendecker, Wilhelm*. [Online] o. J. [Zitat vom: 17. 07 2013.] <http://www.vdma-verlag.com/home/res/produkte/Ideen3.pdf>.
- Warnecke, H.-J. 1996.** *Die Fraktale Fabrik*. s.l. : Rowohlt, 1996.
- Westkämper, Engelbert. 2007c.** <http://ltodi.est.ips.pt/alga/>. *Álgebra Linear e Geometria Analítica*. [Online] 2007c. [Zitat vom: 07. 07 2013.] [http://ltodi.est.ips.pt/det2006/papers/keynote/det2006\\_westkamper.pdf](http://ltodi.est.ips.pt/det2006/papers/keynote/det2006_westkamper.pdf).
- , 2006.** Innovationsmanagement mit dem Technologiekalender. [Buchverf.] Roland Gleich. *Innovationsmanagement in der Investitionsgüterindustrie treffsicher voranbringen*. Frankfurt am Main : VDMA-Verlag, 2006.
- Wettbewerbsfähigkeit als Leitmotiv*. **Thimann, Christian. 2013.** 117, Frankfurt : FAZ-Verlag, 2013.
- Wiendahl, H.-P. und Hernandez, R. 2002.** Planung wandlungsfähiger Fabriken. *ZWF*. 2002, 1-2.

- Wiendahl, H.-P., et al. 2005.** *Planung modularer Fabriken: Vorgehen und Beispiele aus der Praxis*. München : Hanser, 2005.
- Wiendahl, Hans-Peter, et al. 2007.** Changeable Manufacturing - Classification, Design and Operation. *Annals of the CIRP*. 2007, 56/2.
- Wiendahl, Hans-Peter, Reichardt, Jürgen und Nyhuis, Peter. 2009.** *Handbuch Fabrikplanung*. München : Hanser, 2009. 978-3-446-22477-3.
- Wildemann, H. 1992.** *Die modulare Fabrik - kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung*. St. Gallen : gfmt, 1992.
- Wildemann, Horst. 1995.** Transaktionskostenreduzierung durch Fertigungssegmentierung. *Die Betriebswirtschaft*. 1995, 6.
- . 2003.** *Variantenmanagement: Leitfaden zur Komplexitätsreduzierung, -beherrschung und -vermeidung in Produkt und Prozess*. München : Transfer-Centrum, 2003.
- Zahn, Erich und Schmid, Uwe. 1996.** *Produktionswirtschaft I: Grundlagen und operatives Produktionsmanagement*. Stuttgart : Lucius und Lucius, 1996.
- Zäpfel, Günther. 2000.** *Taktisches Produktions-Management*. München, Wien : Oldenbourg, 2000.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgrenzung Wandlungsfähigkeit und Flexibilität [Nyhuis, et al., 2008 S. 25] .....	5
Abbildung 2: Produktionsstruktur [Vgl. Westkämper, 2007c S. 8].....	7
Abbildung 3: Produktstruktur/-programm [Wiendahl, et al., 2007 S. 21] .....	9
Abbildung 4: Horizontale und vertikale Segmentierung [Vgl. Grundig, 2006 S. 224].	11
Abbildung 5: Methode nach WIENDAHL [Vgl. Wiendahl, et al., 2005 S. 218] .....	13
Abbildung 6: Einsatz der Szenariotechnik in der Fabrikplanung [Wiendahl, et al., 2002 S. 15] .....	14
Abbildung 7: Methode nach LÖFFLER [Löffler, 2011 S. 66].....	15
Abbildung 8: Methode der strategischen Strukturplanung [Quelle: Eigene Darstellung] .....	19
Abbildung 9: Beispiel einer Produktstrukturanalyse auf Produktebene [Quelle: Eigene Darstellung] .....	22
Abbildung 10: Beispiel einer Produktionsstruktur auf Ebene des Produktionsnetzwerks [Quelle: Eigene Darstellung] .....	23
Abbildung 11: Szenariotechnik [Vgl. Loose, 2011] .....	24
Abbildung 12: Belasten der Produktionsstruktur [Quelle: Eigene Darstellung] .....	25
Abbildung 13: Vorgehen der Strukturauswahl [Quelle: Eigene Darstellung] .....	28
Abbildung 14: Ermittlung kapazitiver Konsequenzen [Quelle: Eigene Darstellung] ...	31
Abbildung 15: Schematischer Wertstrom Struktur IST [Quelle: Eigene Darstellung] .	36
Abbildung 16: Datenbasis der Strukturanalyse 2012 [Quelle: Eigene Darstellung] ...	37
Abbildung 17: Leistungsfähigkeit der Standorte in 2012 [Quelle: Eigene Darstellung] .....	40
Abbildung 18: Produktstruktur: Neumaschinen auf Produktebene [Quelle: Eigene Darstellung] .....	41
Abbildung 19: Produktstruktur: S G E auf Produktebene [Quelle: Eigene Darstellung] .....	42
Abbildung 20: Produktstruktur: Neumaschine auf Maschinentypenebene [Quelle: Eigene Darstellung] .....	43
Abbildung 21: Produktionsstruktur: Standort X [Quelle: Eigene Darstellung] .....	44
Abbildung 22: Produktionsstruktur: Standort Y [Quelle: Eigene Darstellung] .....	45
Abbildung 23: Produktionsstruktur: Standort Z [Quelle: Eigene Darstellung].....	45
Abbildung 24: Plan-Szenario: Neumaschinen [Quelle: Eigene Darstellung].....	52
Abbildung 25: Szenario 2, Worst Case Absatzprogramm [Quelle: Eigene Darstellung] .....	53
Abbildung 26: Plan-/Worst-Case-Szenarien: S G E [Quelle: Eigene Darstellung] .....	54
Abbildung 27: Kapazitätsentwicklung des Produktionsnetzes (Eigenkapazität) [Quelle: Eigene Darstellung] .....	56

---

Abbildung 28: Abweichung der Werke zu der Gesamtkapazitätsveränderung [Quelle: Eigene Darstellung] .....	58
Abbildung 29: Schematische Darstellung der Idealstruktur [Quelle: Eigene Darstellung] .....	59
Abbildung 30: Idealer Wertestrom Produkte A/AA [Quelle: Eigene Darstellung] .....	60
Abbildung 31: Struktur 1 Apparatestandort [Quelle: Eigene Darstellung] .....	63
Abbildung 32: Struktur 2 Fertigungsstandort [Quelle: Eigene Darstellung] .....	64
Abbildung 33: Struktur 3 Universelle Produktion A.1/AA.1 [Quelle: Eigene Darstellung] .....	65
Abbildung 34: Struktur 4 Produktionsmix A.1/AA.1 [Quelle: Eigene Darstellung] .....	66
Abbildung 35: Struktur 5 Sortenreine Produktion [Quelle: Eigene Darstellung] .....	67
Abbildung 36: Kapazitätsentwicklung Produktionsnetzwerk (Gesamtkapazität) [Quelle: Eigene Darstellung] .....	70
Abbildung 37: Stärken / Schwächen der Strukturen [Quelle: Eigene Darstellung] .....	83

## 10 Formelverzeichnis

Formel 1: Errechnete minimale Eigenfertigungsquote [Vgl. VDMA, o. J. S. 2] .....	31
Formel 2: Notwendige Eigenkapazitäten [Fertigung/Montage] .....	31
Formel 3: Berechnung der Gesamtkapazität .....	39
Formel 4: Berechnung der S G E Szenarien .....	51
Formel 5: Strukturbedingte kapazitive Veränderung.....	68
Formel 6: Eigenfertigungsquote [Kosten] [Vgl. VDMA, o. J. S. 2] .....	68
Formel 7: Eigenfertigungsquote [Stunden] .....	68
Formel 8: Maximale Kapazitätsschwankung.....	68
Formel 9: Differenz des maximalen Kapazitätsbedarfs zur Kapazität 2012.....	69
Formel 10:Stunden pro Stück.....	75
Formel 11: Kapazität der Teileklasse in Fremdvergabe .....	75

## 11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel einer Nutzwertanalyse .....	16
Tabelle 2: Mengengerüst 2012 [Quelle: Eigene Darstellung] .....	43
Tabelle 3: Kapazitive Ausprägungen der Veränderungstreiber [Quelle: Eigene Darstellung] .....	50
Tabelle 4: Merkmale der Idealstruktur [Quelle: Eigene Darstellung].....	60
Tabelle 5: Veränderungen gegenüber der Struktur IST [Quelle: Eigene Darstellung] .....	70
Tabelle 6: Bewertungskriterien Strukturen 1 – 3a [Quelle: Eigene Darstellung] .....	72
Tabelle 7: Bewertungskriterien Strukturen 3b – 5 [Quelle: Eigene Darstellung] .....	73
Tabelle 8: Anteilige Kapazitäten der Teileklassen in Eigenfertigung [Quelle: Eigene Darstellung] .....	75
Tabelle 9: Anteilige Kapazitäten der Teileklassen in Fremdvergabe [Quelle: Eigene Darstellung] .....	75
Tabelle 10: Bestimmung definierten minimalen Eigenfertigungsquoten [Quelle: Eigene Darstellung] .....	77
Tabelle 11: Konsequenzen Notwendige Eigenkapazitäten [Quelle: Eigene Darstellung] .....	78
Tabelle 12: Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse [Quelle: Eigene Darstellung] .....	80
Tabelle 13: Bewertung durch Nutzwertanalyse [Quelle: Eigene Darstellung].....	81
Tabelle 14: Hilfsmatrix der Nutzwertanalyse [Quelle: Eigene Darstellung] .....	88

## 12 Abkürzungsverzeichnis

a/y	Anno / Jahr
bzw.	Beziehungsweise
d.h.	das heißt
def.	definiert
EFQ	Eigenfertigungsquote
err.	errechnet
E-/X-/F-Teile	Eigenfertigungs- / Eigenfertigungs- oder Fremdfertigungs- / Fremdfertigungsteile
FiFo	First in First out
€	Euro
etc.	et cetera
E-Teil	Eigenfertigungsteil
F-Teil	Fermdfertigungsteil
h	Stunde
ISO	International Organization for Standardization
KB	Konstruktionsbüro
Krit.	Kriterium
notw.	notwendig
max.	maximal
Min.	minimal
sh.	Siehe
u.a.	unter anderem
S G E-Aufträge	Service/Garantie/Ersatzteil-Aufträge
TK	Teileklasse
TTA	Technologietransferabkommen
TU	Technische Universität
u./o.Ä.	und/oder Ähnliche/s
VDI	Verband deutscher Ingenieure
VDMA	Verband deutsche Maschinen- und Anlagenbauer
Vgl.	Vergleich
WA	Warenausgang
WE	Wareneingang
z.B.	zum Beispiel