

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Stefan Krumbein, Kai Christian Zimmermann,  
Joachim Käschel

## **Betriebsmorphologische Untersuchung der variantenreichen Kleinserienfertigung**

112/2014

ISSN 1618-1352



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

**FAKULTÄT  
FÜR  
WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN**

## Inhaltsverzeichnis

<b>A.</b>	<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>B.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>II</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation .....	1
1.2	Problemstellung .....	1
1.3	Motivation und Zielstellung .....	3
1.4	Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2</b>	<b>Ausgewählte betriebsmorphologische Ansätze und Merkmale.....</b>	<b>4</b>
2.1	Besonderheiten der Untersuchung .....	4
2.2	Übersicht relevanter betriebsmorphologischer Schemata .....	5
<b>3</b>	<b>Ableiten der Typisierung .....</b>	<b>6</b>
3.1	Beschreibung des Untersuchungsbereiches .....	6
3.2	Betriebsmorphologische Analyse .....	6
<b>4</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>14</b>
4.1	Betriebstyp: variantenreicher Kleinserienfertiger.....	14
4.2	Differenzierung nach Fertigung und Montage .....	15
4.3	Erkenntnisse aus der Untersuchung.....	17
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>18</b>
<b>C.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>20-22</b>

## B. Abbildungsverzeichnis

### Kapitel 1

Abb. 1-1: Gliederung von Produktionssystemen.....	1
---	---

### Kapitel 2

Abb. 2-1: Allgemeine Charakteristika variantenreicher Kleinserienfertigung .....	4
Abb. 2-2: Merkmale verschiedener betriebsmorphologischer Typisierungsansätze.....	5

### Kapitel 3

Abb. 3-1: Auftragsauslösungsart .....	7
Abb. 3-2: Fertigungsart.....	7
Abb. 3-3: Fertigungsprinzip .....	8
Abb. 3-4: Fertigungsstruktur .....	9
Abb. 3-5: Erzeugnisstruktur .....	9
Abb. 3-6: Erzeugnispektrum .....	10
Abb. 3-7: Materialflusskomplexität.....	11
Abb. 3-8: Teilefluss .....	11
Abb. 3-9: Beschaffungsart .....	12
Abb. 3-10: Bevorratung .....	13
Abb. 3-11: Variantenanzahl.....	13

### Kapitel 4

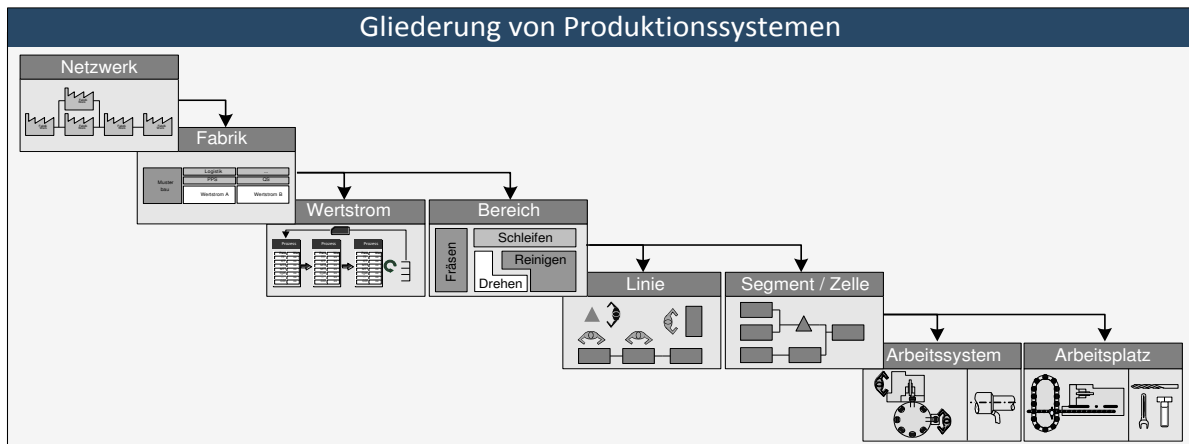
Abb. 4-1: Ermittelte Merkmalsausprägungen: variantenreicher Kleinserienfertiger .....	14
Abb. 4-2: Ermittelte Merkmalsausprägungen: Montagebereiche .....	16
Abb. 4-3: Ermittelte Merkmalsausprägungen: Fertigungsbereiche.....	16



## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangssituation

Produktionssysteme sind komplexe sozio-technische Systeme. Die Hauptaufgabe solcher Systeme ist grundlegend die Verarbeitung von Input-Objekten, wie Material, Energie und Informationen, unter Zuhilfenahme bestimmter Ressourcen, wie Betriebsmittel und Personal, zu Output-Objekten, wie Produkte und Informationen, wobei als Kuppelprodukte auch Abfälle im weitesten Sinne entstehen.



**Abb. 1-1:** Gliederung von Produktionssystemen

In konkreten Fällen unterliegen Betriebe sehr spezifischen Rahmenbedingungen und produzieren höchst unterschiedliche Produkte für verschiedene Märkte. Dies spiegelt sich in den Unternehmen durch starke Unterschiede in deren Struktur, den verwendeten Prozessen und den produktionslogistischen Zielausrichtungen wieder. Aufgrund der zahllosen kombinatorischen Möglichkeiten der oben beschriebenen Faktoren gestaltet sich eine Klassifizierung solcher Betriebe bzw. ihrer Erscheinungsformen schwierig.<sup>[1]</sup> Diese ist jedoch aus mehreren Gründen sinnvoll und notwendig. Beispielsweise sind die Anwendung von konkreten Methoden und das Zugrundelegen konkreter Prinzipien für die Planung und Steuerung der Produktion nur unter bestimmten Rahmenbedingungen und deshalb auch nur in bestimmten Betrieben sinnvoll möglich.

Um eine zielgerichtete, strukturierte Ermittlung der Einflussgrößen auf die Anwendbarkeit von Methoden und Prinzipien mit möglichst geringem Aufwand zu ermöglichen, wurden betriebsmorphologische Schemata entwickelt, die Betriebe anhand definierter Merkmale und deren Ausprägungen beschreiben und eine Typisierung ermöglichen.<sup>[2]</sup> Sie stellen damit einen Analysebaustein dar, um die Ist-Situation der logistischen Rahmenbedingungen mittels qualitativer Erhebungen abzubilden.<sup>[3]</sup>

### 1.2 Problemstellung

Gebräuchliche betriebsmorphologische Ansätze zur Abgrenzung von Betriebstypen entstammen dem Bereich der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) und gehen überwiegend auf die Arbeit von Schomburg/80 zurück. Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines „betriebsmorphologischen Instrumentariums zur [...] Auswahl und Gestaltung EDV-gestützter Produktionsplanungs- und -

<sup>1</sup> Vgl. [Eversheim/96b], S. 14-61.

<sup>2</sup> Vgl. [Schomburg/80], S.4, 174-176.

<sup>3</sup> Vgl. [Wiendahl/11], S. 182.

steuerungssysteme“<sup>[4]</sup> anhand betrieblicher Merkmalskombinationen. Schomburg beschreibt jeden Betrieb durch die Ausprägungen acht definierter Merkmale. Die Ausprägungsmöglichkeiten jedes Merkmals sind ebenfalls vordefiniert und anhand festgelegter Kriterien zu bewerten. Darüber hinaus leitet er aus den unterschiedlichen Ausprägungskombinationen 18 Betriebstypen ab, innerhalb derer ähnliche Anforderungen an potenziell einsetzbare PPS-Systeme gelten.

Schomburgs Ansatz wurde von zahlreichen Autoren aufgegriffen, weiterentwickelt und für den jeweiligen Einsatzzweck angepasst (siehe Abschnitt 2.2). Dabei wurden die gewählten Kriterien der Untersuchungen auch durch Entwicklungen aus anderen Bereichen der Wissenschaft und Praxis beeinflusst. Beispielsweise wurde das von Lödding vorgestellte Merkmal der Materialflusskomplexität vermehrt in die Anwendung betriebsmorphologischer Untersuchungen einbezogen, um der Entwicklung Rechnung zu tragen, dass der Materialfluss vor dem Hintergrund schlanker Produktion zunehmend an Bedeutung gewinnt und somit auch für die Anwendbarkeit von PPS-Methoden von Interesse ist.<sup>[5]</sup> Daraus wird ersichtlich, dass sich betriebsmorphologische Ansätze weiterentwickeln müssen, wenn sich die Anforderungen zur Abbildung der Rahmenbedingungen der Produktion maßgeblich verändern.

Entwicklungen, denen etablierte Betriebstypen nicht ausreichend Rechnung tragen, sind vor allem die steigende Variantenvielfalt und Produktkomplexität. Diese führen in Kombination zu einer enormen Vielseitigkeit der Produktionsstrukturen, -technologien, und -prozesse innerhalb eines Betriebes<sup>[6]</sup>. Insbesondere dann, wenn es sich um Produkte handelt, deren Eigenschaften nicht durch einen vordefinierten Katalog oder Baukasten beschrieben und somit tiefgreifend von den Kunden definiert werden.

Besondere Relevanz besitzt diese Entwicklung daher in deutschen Maschinenbauunternehmen. Diese bieten ihren Kunden eine immer differenziertere Produktpalette, da eine Kostenführerschaft<sup>[7]</sup> unter den gegebenen Rahmenbedingungen im Bereich der Standardprodukte nicht erreichbar ist.<sup>[8]</sup> Zudem beschränkt sich die Einflussnahme der Kunden auf das Produkt meist nicht auf ein vordefiniertes Variantenspektrum. Vielmehr werden Varianten anhand von Kundenanforderungen projektiert. Daraus resultiert ein breites Spektrum möglicher Produkteigenschaften, für deren Umsetzung es produktionsseitig einer entsprechenden Prozess- und Technologielandschaft bedarf. Bei den meisten Unternehmen ist so, auch innerhalb von relativ kleinen Bereichen, nicht nur eine Ausprägung der jeweiligen Merkmale zu finden. Vielmehr treten je nach Betrachtungsebene bestimmte Häufigkeiten auf. Daher ist sowohl eine sinnvolle Aggregation der auftretenden Merkmale als auch die übersichtliche Visualisierung dieser notwendig. Bestehende Ansätze sind hier nicht differenziert genug.

Zudem finden sich in den bestehenden Untersuchungen betriebsmorphologischer Strukturen unterschiedlichste Detaillierungsgrade hinsichtlich der spezifizierten Merkmale. Dies ist auf den jeweiligen

---

<sup>4</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 4.

<sup>5</sup> Vgl. [Lödding/08], S. 104-105.

<sup>6</sup> Vgl. [Ponn/Lindemann/08], S. 228.

<sup>7</sup> Nach [Schuh et al./12b], S. 75.

<sup>8</sup> Vgl. [Alders/06], S. 4-1ff.

angestrebten Erkenntnisgewinn zurück zu führen und an sich nicht negativ zu werten. Dennoch muss die Einteilung auftretender Ausprägungen entsprechend der Erfordernisse bewertet werden.

### 1.3 Motivation und Zielstellung

Die Motivation für die vorliegende Arbeit entstammt zwei Promotionsprojekten, die sich mit höchst unterschiedlichen Fragestellungen befassen, auf Grund des gleichen betrieblichen Umfeldes aber auf eine ähnliche Problemstellung gestoßen sind: Praktisch funktioniert die Anwendung bestimmter Methoden im betrieblichen Umfeld nicht, obwohl dies aus betriebsmorphologischer Sicht möglich sein sollte. Daher zeigt sich ein Defizit hinsichtlich der Abgrenzung zu anderen Bereichen bzw. Betrieben. Etablierte Betriebstypen reichen für die hinreichend genaue Beschreibung des untersuchten Produktionssystems somit nicht aus.

Das **Ziel dieser Arbeit** ist daher die Diskussion und Entwicklung eines morphologischen Schemas, das eine Differenzierung von Merkmalen erlaubt, die im Hinblick veränderter unternehmerischer Rahmenbedingungen an Bedeutung gewinnen. Insbesondere wird die Möglichkeit geschaffen anhand des Schemas bzw. dessen Auswertung aufzuzeigen, wie sich die Rahmenbedingungen in betrieblichen Strukturen und Prozessen widerspiegeln. Zudem wird eine differenzierte Betrachtung einzelner Betriebsbereiche ermöglicht, ohne dabei das Gesamtbild des Betriebes aus dem Blickfeld zu rücken.

Darüber hinaus werden die gebräuchlichen Betriebstypen auf Basis des definierten Merkmalschemas um die „variantenreiche Kleinserienfertigung“ erweitert. In diesem Betriebstyp werden insbesondere Anforderungen und Strukturen abgebildet, die sich heute häufig in deutschen Maschinenbauunternehmen finden.

### 1.4 Aufbau der Arbeit

Im folgenden Kapitel werden allgemeine Kennzeichen der variantenreichen Einzel- und Kleinserienfertigung beschrieben sowie Anforderungen zur Ableitung des angestrebten Betriebstypus definiert. Eine Übersicht zur Entwicklung ausgewählter betriebsmorphologische Ansätze und deren Merkmale bildet die Grundlage der anschließenden Untersuchung.

In Kapitel drei erfolgt nach der Beschreibung des Untersuchungsbereiches die detaillierte Beschreibung und Darstellung der Analyseergebnisse eines typischen Maschinenbauunternehmens mit „variantenreicher Kleinserienfertigung“ entsprechend ausgewählter Merkmale.

Anschließend wird die Diskussion der Ergebnisse in Kapitel vier vorgenommen. Im ersten Schritt erfolgt ein Abgleich des ermittelten Betriebstypus in Bezug zu den sogenannten Idealtypen, welche den aktuellen Stand des Wissens repräsentieren. Im darauffolgenden Abschnitt 4.2 wird das Ergebnis vertieft und entsprechend der Bereiche Fertigung und Montage differenziert. Die sich ergebenden Ausprägungskombinationen, Zusammenhänge sowie Auswirkungen werden im anknüpfenden Abschnitt vertieft.

Kerngedanken werden in Kapitel fünf schlussfolgernd zusammengefasst.

## 2 Ausgewählte betriebsmorphologische Ansätze und Merkmale

### 2.1 Besonderheiten der Untersuchung

Zur grundlegenden Charakterisierung der betrieblichen Strukturen und Merkmale der sogenannten „variantenreichen Kleinserienfertigung“ ist die Kombination der Merkmalsausprägungen einer hohen Variantenvielfalt und der Fertigungsart der Einzel- und Kleinserienfertigung notwendig.

In ausgewählter Literatur wird ein Fertigungsumfeld mit hoher Variantenanzahl und Kleinserienfertigung häufig durch die folgenden Kennzeichen beschrieben: hohe Variantenanzahl, geringe Wiederholhäufigkeiten, kleine Stückzahlen, schwankende Arbeitsumfänge und -zeiten, eine hohe Fertigungstiefe, starke Nachfrageschwankungen sowie ein hohes Wissen bei den Mitarbeitern über die komplexen Produktionsprozesse.<sup>[9]</sup> Zudem werden hohe Umrüstaufwände, eine schlechte Nutzung der Betriebsmittel, lange Durchlaufzeiten, ein hoher Personalbedarf, hohe Fertigungskosten, hohe Ausschussraten sowie eine aufwendige Qualitätssicherung als entsprechende Herausforderungen benannt.<sup>[10]</sup> Diese Kennzeichen finden sich in der folgenden Abbildung übersichtlich dargestellt:



**Abb. 2-1:** Allgemeine Charakteristika variantenreicher Kleinserienfertigung

[In Anl. an Krumbein/13, S. 4]

Eine Spezifizierung der betrieblichen Strukturen eines „variantenreichen Kleinserienfertigers“ mittels bestehender betriebsmorphologischer Ansätze gestaltet sich aufgrund verschiedener Faktoren schwierig. Auf der einen Seite bestehen erst seit wenigen Jahren Ansätze zur Abgrenzung des Merkmals Variantenanzahl.<sup>[11]</sup> Eine vermehrte Einbeziehung dieses Merkmals in betriebsmorphologische Untersuchungen ist jedoch erkennbar.<sup>[12]</sup> Damit ergibt es sich, dass bestehende betriebsmorphologische Typen, welche das Merkmal der Variantenanzahl nicht berücksichtigen, nur bedingt aussagefähig in Bezug auf einen „variantenreichen Kleinserienfertiger“ sind.

Neben dem wurden über die Jahre hinweg in diversen Untersuchungen und Veröffentlichungen verschiedene sogenannte Idealtypen abgeleitet. Häufig fanden sich diese idealtypischen Strukturen

<sup>9</sup> Vgl. [Fleischer et al./08], S. 754; [Balzer/09], S. 31; [Reinhart et al./09], S. 135 sowie [Beinke/Beinker/12], S. 668.

<sup>10</sup> [Eversheim/89], S. 13-14.

<sup>11</sup> Vgl. [Lödding/01], S. 33 sowie [Lödding/04], S. 95-105, 134ff.

<sup>12</sup> Vgl. [Dürschmidt/01], S. 20ff; [Seibold/06], S. 19, [Wuthnow/10], S. 21 sowie [Buhl/12], S. 42.



durch die Fertigungsart der Einzel- und Kleinserienfertigung charakterisiert.<sup>[13]</sup> Insbesondere durch zum Teil wechselnde Festlegungen der Merkmalsausprägungsstufen wird jedoch eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert. Neben der nicht berücksichtigten Variantenanzahl kann nur bedingt auf bestehende Ergebnisse zur Ableitung betriebsmorphologischer Strukturen eines „variantenreichen Kleinserienfertigers“ zurückgegriffen werden.

## 2.2 Übersicht relevanter betriebsmorphologischer Schemata

Die folgende Darstellung zeigt deutlich, wie das von Schomburg entwickelte Schema bzw. relevante betriebsmorphologische Charakteristika durch andere Autoren verändert, ergänzt und weiterentwickelt wurde. Dabei lassen sich die einzelnen Merkmale zu vier Gruppen (markt-, erzeugnis-, disposition- und systemspezifische Merkmale) zusammenfassen.

		Schomburg/80	Hackstein/89	Büdenbender/91	Heiderich/Schotten/98	Dürschmidt/01	Löding/04	Schuh/Schmidt/06	Seibold/06	Wuthnow/10	vorliegendes Schema
<b>Merkmalsgruppe</b>	<b>Merkmal</b>										
Markt	Auftragsauslösungsart										
	Erzeugnisse	Erzeugnisspektrum									
		Erzeugnisstruktur									
	Variantenanzahl										
Disposition	Auslösung des Sekundärbedarfes										
	Ermittlung des Erzeugnis-/Komponentenbedarfes										
	Beschaffungsart										
	Bevorratung										
	Dispositionsart										
System	Fertigungsart										
	Fertigungsablaufart/Fertigungsprinzipien										
	Ablaufart in der Teilefertigung										
	Ablaufart in der Montage										
	Fertigungsstruktur										
	Kundenänderungseinflüsse während der Fertigung										
	Materialflusskomplexität										
	Teilefluss										

**Abb. 2-2:** Merkmale verschiedener betriebsmorphologischer Typisierungsansätze

Für die anstehende Untersuchung wurden Merkmale zur betriebsmorphologischen Erfassung ausgewählt, welche

- aufgrund der Erfordernisse zur Abbildung von Fragestellungen der „variantenreichen Kleinserie“ notwendig waren,

<sup>13</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 103-120; [Büdenbender/91], S. 33-63; [Eversheim/96b], S. 14-63 - 14-82; [Heiderich/Schotten/98], S. 95, 110, 121, 132; [Schuh/Schmidt/06], S. 137, 155, 168, 181 sowie [Schuh et al./12a], S. 138, 156, 169, 182.

- bei einem Vergleich mit anderen betriebsmorphologischen Untersuchungen überwiegend herangezogen werden können und
- aus Gründen einer möglichen Verkomplizierung nicht zu stark ins Detail gehen, dabei aber
- bekannte und etablierte Merkmale vereinen und kombinieren.

Im Kapitel 3.2 finden sich die für diese Arbeit ausgewählten Merkmale und deren Ausprägungen definiert und beschrieben.

### 3 Ableiten der Typisierung

#### 3.1 Beschreibung des Untersuchungsbereiches

Für die Typisierung der „variantenreichen Kleinserienfertigung“ wurden über 30 Fertigungs- und Montagebereiche eines großen Maschinenbauunternehmens mit mehr als 2.000 Beschäftigten untersucht. Das Unternehmen stellt Antriebstechnik in Form von Aggregaten und Systemen für unterschiedliche Industriezweige her und bedient einen großen Kundenkreis. Es verfügt über eine hohe Fertigungstiefe bis in den Bereich der Produktkomponenten, da viele Kundenanforderungen hinsichtlich der Produkteigenschaften bereits auf Bauteilebene umgesetzt werden müssen.

Die Komponentenfertigung beinhaltet dabei Weichbearbeitungs- und Hartbearbeitungsprozesse sowie dazwischen stattfindende Wärmebehandlungsprozesse. Der Montagebereich beinhaltet Montageteile und -linien sowie, zum Großteil daran angeschlossene, Vormontagen. Die Vorfertigungsbereiche sind nach Komponenten strukturiert; Montage und Vormontage nach Endprodukten.

Die Datenerhebung wurde durch eine Expertenbefragung mit Hilfe von Fragebögen durchgeführt.

Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte Merkmale sowie deren Ausprägungsformen kompakt beschrieben. Zudem werden die Ergebnisse der durchgeführten Erhebung dargestellt. Eine Erklärung hinsichtlich ihrer Relevanz für die Beschreibung der „variantenreichen Kleinserienfertigung“ sowie relevante Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen erfolgen in den Kapiteln vier und fünf.

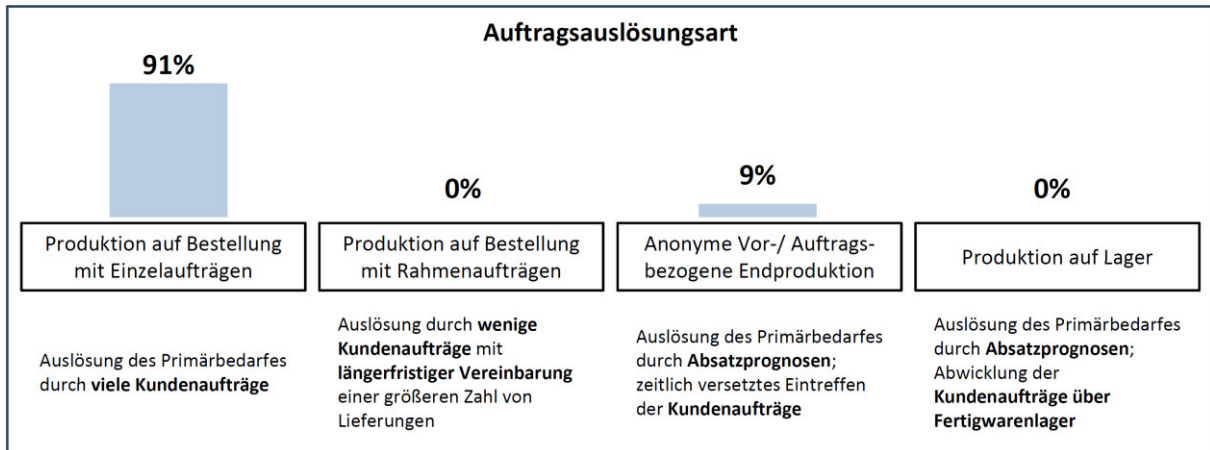
#### 3.2 Betriebsmorphologische Analyse

Durch das Merkmal **Auftragsauslösungsart** wird die Bindung der Produktion an den Absatzmarkt beschrieben. Dieses Merkmal wird als einziges von allen betrachteten Autoren als wesentlich angesehen und in die Typisierung mit einbezogen. Die Ausprägungsformen können gemäß der Primärbedarfsauslösung differenziert werden.<sup>[14]</sup> Je nach angestrebtem Erkenntnisgewinn kann dabei eine weitere Unterscheidung in Primär- und Sekundärbedarf sinnvoll sein.<sup>[15]</sup> Die folgende Abbildung zeigt die vier unterscheidbaren Merkmalsausprägungsformen sowie das konsolidierte Ergebnis der Erhebung:

---

<sup>14</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 48-49 sowie [Büdenbender/91], S. 34-35.

<sup>15</sup> Vgl. [Wiendahl/11], S. 192.

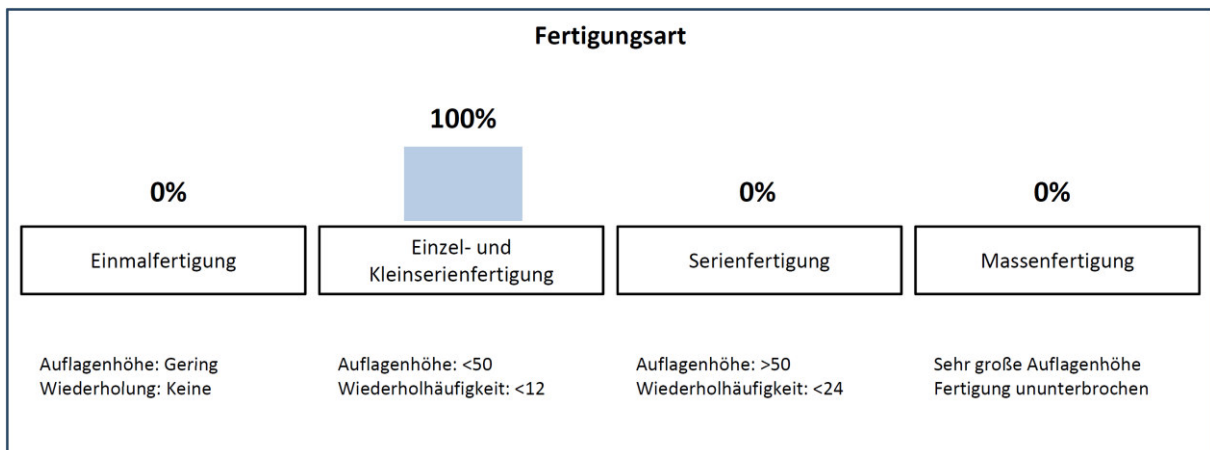


**Abb. 3-1:** Auftragsauslösungsart

[Nach Büdenbender/91, S. 35]

Aufgrund der hochgradigen Ausrichtung nach Kundenspezifikationen wird die Produktion in Fertigung und Montage fast ausschließlich durch Bestellungen mit Einzelaufträgen gesteuert. Der mit neun Prozent nur sehr geringe Anteil von Bereichen mit anonymer Vor-/auftragsbezogener Endproduktion ist dabei auf unzureichende kundenneutrale Planung sowie wenige Bereiche mit Kanban-Regelkreisen zurückzuführen.

Mittels der Kriterien der durchschnittlichen Auflagenhöhe sowie der durchschnittlichen Wiederholhäufigkeit der Erzeugnisse pro Jahr charakterisiert das Merkmal **Fertigungsart** die Wiederholhäufigkeit der Produkte im Fertigungsprozess.<sup>[16]</sup> Die folgende Abbildung zeigt die unterschiedenen vier Ausprägungsarten sowie das Ergebnis für die untersuchten Bereiche:



**Abb. 3-2:** Fertigungsart

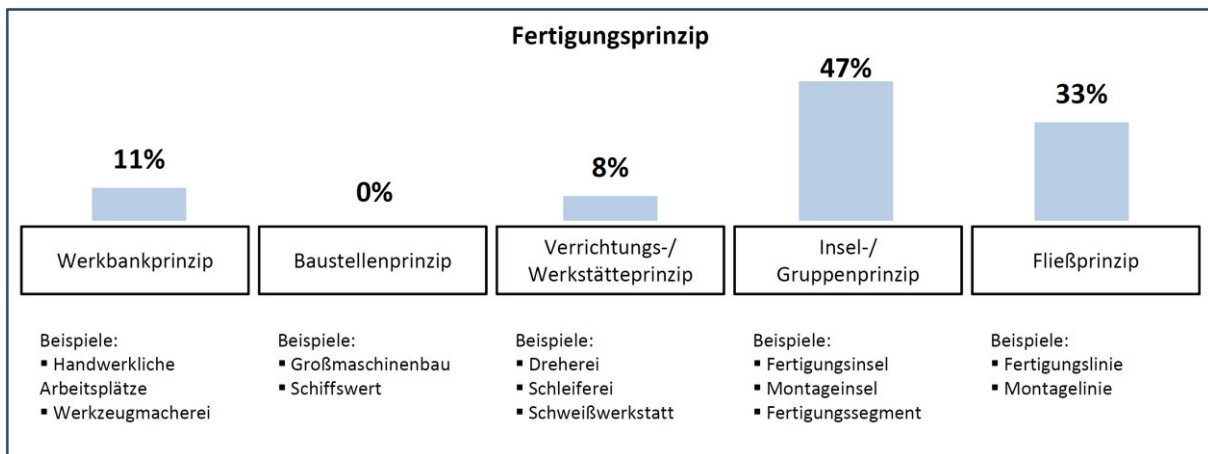
[Nach Büdenbender/91 S. 45]

Hier ist zu konstatieren, dass eine leichte Tendenz zur Serienfertigung in den Fertigungsbereichen erkennbar war. Da diese durch technische Inflexibilität, häufig aufgrund langer Rüstzeiten, sowie durch Maßnahmen zur Reduzierung des ablauforganisatorischen Aufwands resultierten, kann man von einer affektierten Verzerrung der Markt- und Fertigungserfordernisse ausgehen. Damit ist die

<sup>16</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 68-69 sowie [Eversheim/96b], S. 14-62; [Schuh/Schmidt/06], S. 129-130 sowie [Wiendahl/11], S. 192.

Fertigungsart in den untersuchten Bereichen ganzheitlich als Einzel- und Kleinserienfertigung bestimmt.

Durch das Merkmal **Fertigungsprinzip** wird die räumliche Anordnung sowie die Transportbeziehung der eingesetzten Fertigungsmittel charakterisiert. Es wird auch als Ablaufprinzip, Ablaufart, bzw. Anlagen- oder Fabriklayout bezeichnet.<sup>[17]</sup> Die Anzahl der Stufen der Merkmalsausprägungen variiert in ausgewählter Literatur ebenso wie die häufig zu findende Differenzierung in Teilefertigung und Endmontage bei diesem Merkmal.<sup>[18]</sup> In der folgenden Abbildung ist das Ergebnis der Befragung den fünf unterschiedenen Fertigungsprinzipien mit zusätzlichen Beispielen zugeordnet.



**Abb. 3-3:** Fertigungsprinzip

[Nach Lödding/08, S. 96]

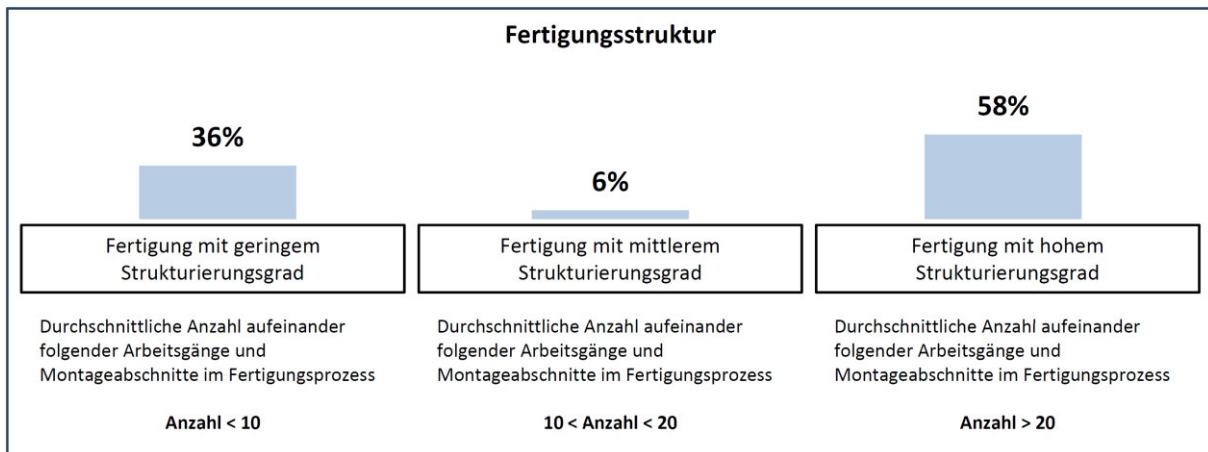
Wenngleich bis auf Baustellenfertigung sämtliche Fertigungsprinzipien im untersuchten Bereich vertreten waren, ließ sich doch eine Konzentration bei der Insel- und Fließfertigung feststellen. Dies war insbesondere durch ein historisches Wachstum, welches Auslastungsverbesserungen in Teilbereichen fokussierte, begründet.

Das betriebsmorphologische Merkmal **Fertigungsstruktur** beschreibt die durchschnittliche Anzahl aufeinanderfolgender Arbeitsgänge und Montageabschnitte im Fertigungsprozess und typisiert damit in drei Ausprägungsstufen die Tiefe des Fertigungsprozesses.<sup>[19]</sup>

<sup>17</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 78; [Heiderich/Schotten/98], S. 86 sowie [Wiendahl/11], S. 191.

<sup>18</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 78; [Eversheim/89], S. 25; [Lödding/08], S. 96; [Wiendahl/08], S. 30 sowie [Wiendahl/11], S. 191; Ausgewählte Literatur mit Unterscheidung zwischen Fertigungsprinzipien in Teilefertigung und Endmontage: [Büdenbender/91]; [Luczak/Eversheim/98]; [Dürschmidt/01] sowie [Schuh/Schmidt/06].

<sup>19</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 84-85; [Büdenbender/91], S. 49-50; [Eversheim/96b], S. 14-63; [Schuh/Schmidt/06], S. 133 sowie [Jodlbauer/08], S. 3.

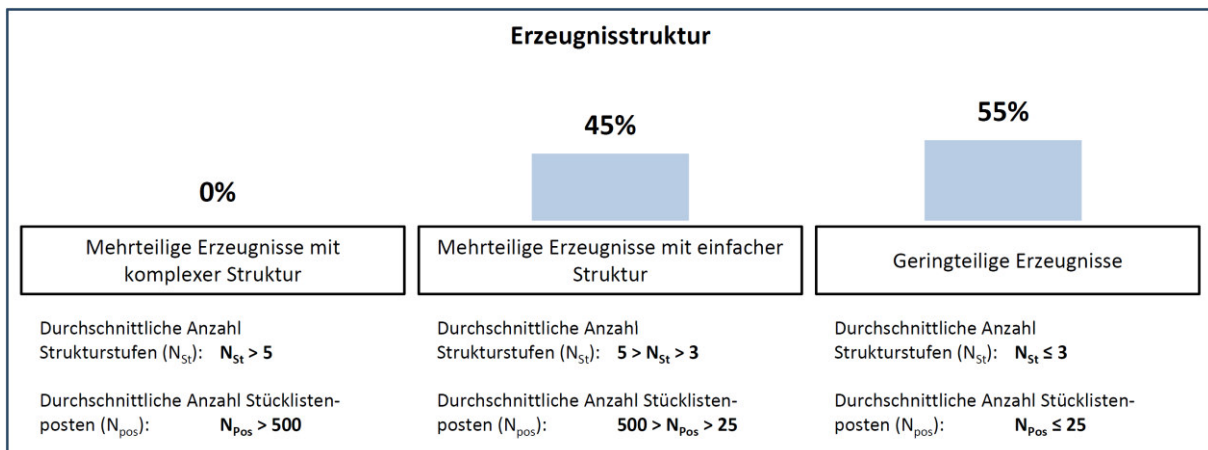


**Abb. 3-4:** Fertigungsstruktur

[Nach Büdenbender/91, S. 50]

Während in der Regel in Unternehmen mit variantenreicher Fertigung eine mittlere bis hohe Fertigungstiefe vorzufinden ist, so zeigt das in der vorherigen Abbildung dargestellte Ergebnis eine geringe Abweichung.<sup>[20]</sup> Zwar war ein Großteil der untersuchten Bereiche durch eine Fertigung mit mittlerem bis hohem Strukturierungsgrad gekennzeichnet, ein nicht unerheblicher Teil jedoch nur mit einem geringen Strukturierungsgrad der Fertigungsstruktur beschrieben.

Der konstruktionsbedingte Aufbau der Produkte wird durch die **Erzeugnisstruktur** beschrieben. Wie in der folgenden Abbildung dargestellt ist, werden zur Differenzierung des Merkmals die Strukturtiefe (durchschnittliche Anzahl der Strukturstufen/Stücklistenstufen) sowie die Strukturbreite (durchschnittliche Anzahl der Stücklistenpositionen) herangezogen.<sup>[21]</sup>



**Abb. 3-5:** Erzeugnisstruktur

[Nach Büdenbender/91, S. 38]

Davon ausgehend, dass Unternehmen mit hoher Variantenvielfalt mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher bis komplexer Struktur fertigen, so zeigt sich auch hier eine gewisse Diskrepanz im Ergebnis:<sup>[22]</sup> Während ein Großteil der mehrteiligen Erzeugnisse mit einfacher Struktur Tendenzen zur komplexen

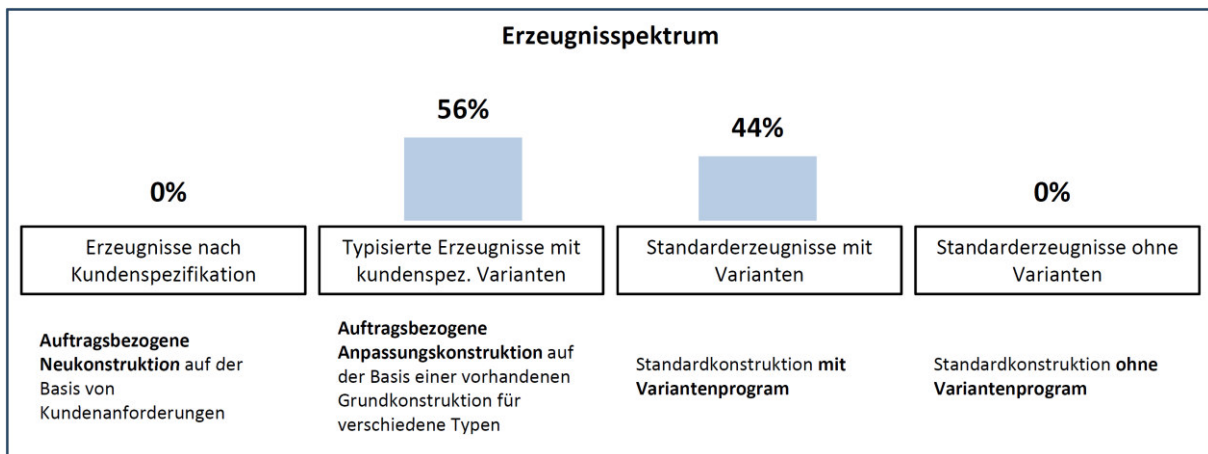
<sup>20</sup> Vgl. [Dürschmidt/01], S. 22; [Schuh/Schmidt/06], S. 168 sowie [Schuh et al./12a], S. 169.

<sup>21</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 44-48; [Büdenbender/91], S. 37; [Schuh/Schmidt/06], S. 124-125 sowie [Schönsleben/11], S. 372-373.

<sup>22</sup> Vgl. [Schuh et al./12a], S. 169.

Struktur zeigten (die durchschnittliche Anzahl der Strukturstufen war häufig größer fünf), so wurden doch in einer großen Anzahl von Fertigungsbereichen nur geringteilige Erzeugnisse hergestellt.

Der Standardisierungsgrad eines Produktes, welcher ein Indikator für den Anteil des kundenseitigen Gestaltungseinflusses darstellt, wird durch das Merkmal **Erzeugnisspektrum** beschrieben.<sup>[23]</sup> Dabei gilt: je höher der kundenseitige Gestaltungseinfluss auf das Erzeugnis ist, desto geringer fällt für gewöhnlich der Standardisierungsgrad der Erzeugniskonstruktion aus. Dementsprechend steigt der organisatorische Aufwand zur Erfüllung des Kundenauftrags an.<sup>[24]</sup> Die folgende Abbildung zeigt die vier Merkmalsausprägungen sowie das Ergebnis der Untersuchung:



**Abb. 3-6:** Erzeugnisspektrum

[Nach Schomburg/80, S. 90]

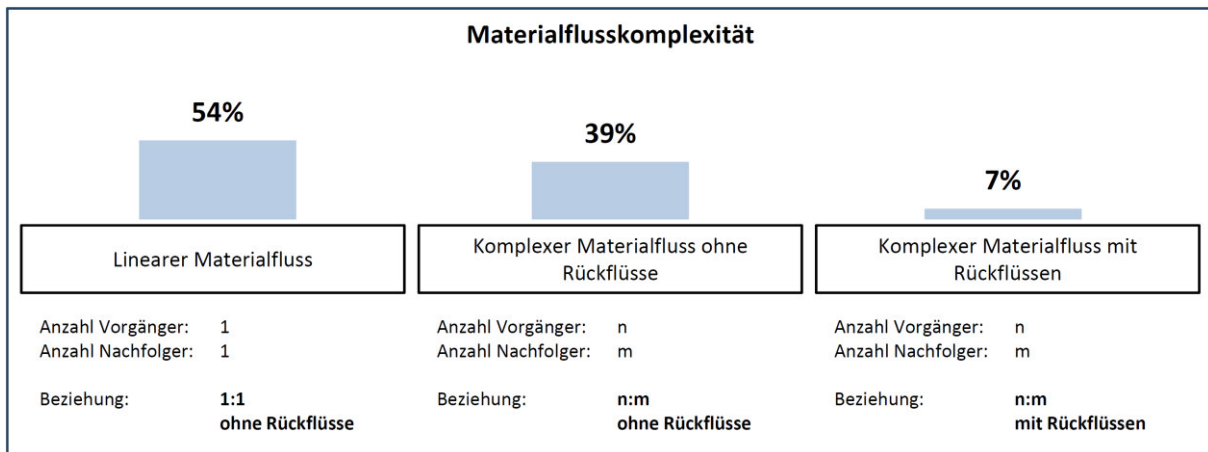
Auch wenn hochgradig kundenspezifische Endprodukte nachgefragt werden und Standarderzeugnisse mit Varianten vorrangig in der Fertigung zu finden sind, so ist doch festzuhalten, dass das Erzeugnisspektrum im Mittel durch typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten gekennzeichnet ist.

Die sogenannte **Materialflusskomplexität** beschreibt den Vernetzungsgrad und die Abfolge des Materialflusses. Dabei werden drei Merkmalsausprägungen anhand der Kriterien „Anzahl der möglichen Vorgänger und Nachfolger“ sowie anhand der „Anzahl der Rückflüsse“ unterschieden.<sup>[25]</sup> Mit der steigenden Anzahl möglicher Vorgänger und Nachfolger sowie möglicher Rückflüsse steigt die Materialflusskomplexität an. Die folgende Grafik zeigt die unterschiedenen Merkmalsausprägungen mit dem Ergebnis der Erhebung:

<sup>23</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 38-43; [Büdenbender/91], S. 36 sowie [Schuh/Schmidt/06], S. 123-124.

<sup>24</sup> Vgl. [Büdenbender/91], S. 36-37 sowie [Schuh/Schmidt/06], S. 123-124.

<sup>25</sup> Vgl. [Lödding/08], S. 104-105 sowie [Wiendahl/11], S. 191.

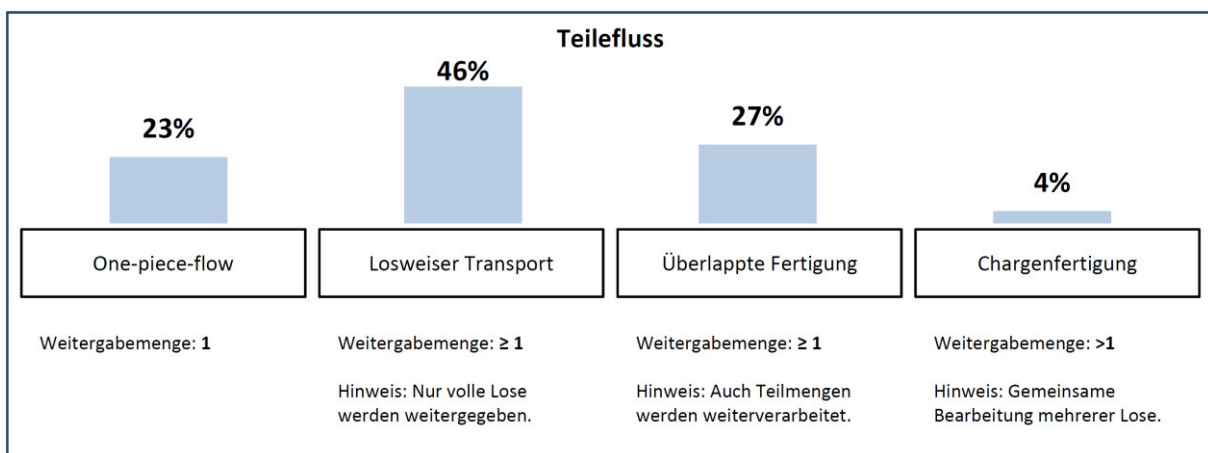


**Abb. 3-7:** Materialflusskomplexität

[In Anl. an Lödning/01, S. 34]

Auch wenn ein großer Teil der untersuchten Bereiche einen linearen Materialfluss besitzt, so sind doch fast die Hälfte der Bereiche durch Alternativarbeitsplatzmöglichkeiten und damit komplexe Materialflüsse gekennzeichnet. Mögliche Rückflüsse, die nur in wenigen Bereichen vorzufinden waren, stellen dabei einen außerordentlichen Komplexitätstreiber dar. Da Rückflüsse Situationen hervorrufen können, bei denen sich die Arbeitssysteme einer Fertigung gegenseitig sperren, stellen sie beispielsweise Funktionalitäten einer dezentralen Fertigungssteuerung in Frage. Auch bei hoher Variantenvielfalt sollte es Ziel sein die Materialflusskomplexität gering zu halten und einen gleichartigen, möglichst linearen Teilefluss der Varianten anzustreben.<sup>[26]</sup>

Einen großen Einfluss auf die logistische Zielerreichung eines Systems hat auch das Merkmal des **Teileflusses**, also die Anzahl der gleichzeitig transportierten Teile.<sup>[27]</sup> Unterschieden werden dabei vier Merkmalsausprägungen, wie in der folgenden Abbildung dargestellt: One-piece-flow (Einzelstückfluss), losweiser Transport, überlappte Fertigung und Chargenfertigung.<sup>[28]</sup>



**Abb. 3-8:** Teilefluss

[In Anl. an Lödning/08, S. 98-102]

<sup>26</sup> Vgl. [Lödning/01], S. 34 sowie [Lödning/08], S. 104-105.

<sup>27</sup> Vgl. [Lödning/08], S. 98 sowie [Wiendahl/11], S. 127.

<sup>28</sup> Vgl. [Lödning/08], S. 98-102.

Auch wenn die Chargenfertigung nur zu kleinen Teilen im Untersuchungsbereich ausgeprägt war, so ließ sich umfassend gesehen eine starke Diversifikation beim Merkmal Teilefluss feststellen.

Mit dem Merkmal **Beschaffungsart** lässt sich der Umfang des Einsatzes von fremdbezogenen Bedarfspositionen im Rahmen der betrieblichen Erstellung von Erzeugnissen beschreiben. In der Regel findet die Festlegung des Beschaffungsumfangs auf strategischer Ebene statt und beeinflusst das gesamte Bestellwesen eines Unternehmens. Durch den durchschnittlichen Anteil fremdbezogener Bedarfspositionen werden, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, drei Ausprägungsformen unterschieden:<sup>[29]</sup>

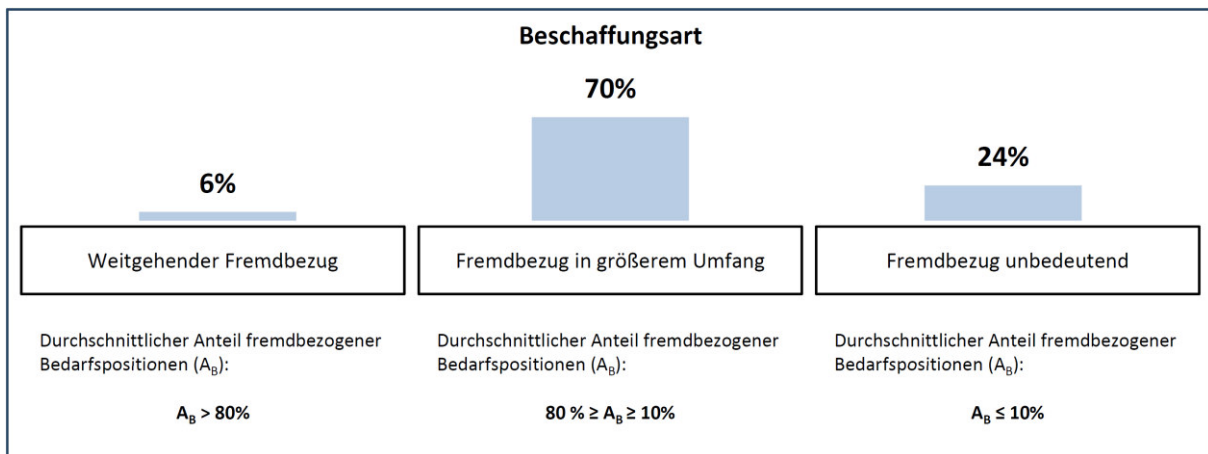


Abb. 3-9: Beschaffungsart

[Nach Schomburg/80, S. 92]

Trotz der hohen Eigenfertigungstiefe ist die Beschaffungsart in den untersuchten Bereichen größtenteils mit einem Fremdbezug in größerem Umfang gekennzeichnet. Dies mag auf die weit gestreckten Definitionsgrenzen zurückzuführen sein. Aufgrund der hohen Relevanz dieses Merkmals kann es sinnvoll sein die Klassenaufteilung und -grenzen zu überarbeiten.

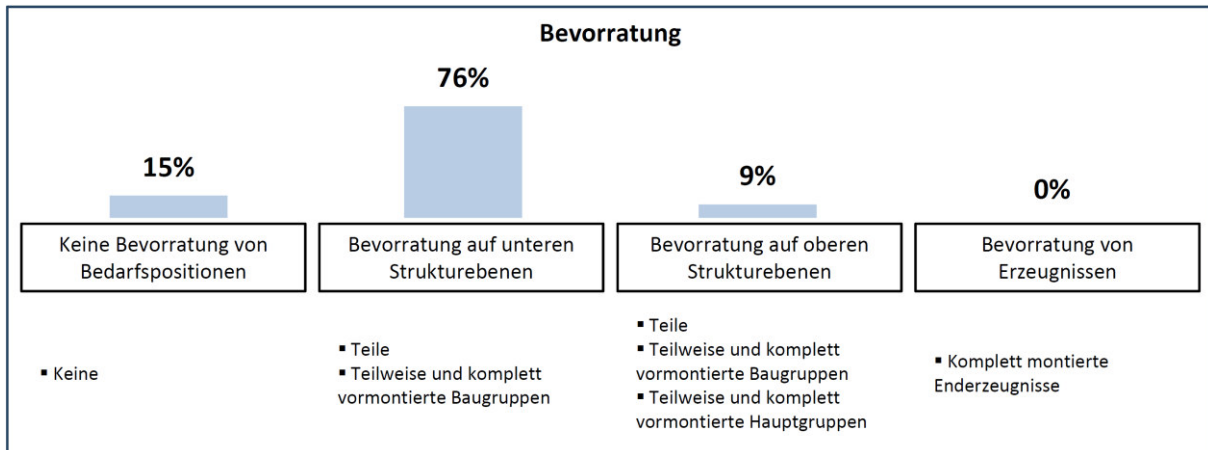
Der Umfang der bevorrateten eigengefertigten, fremdgefertigten und zugekauften Bedarfspositionen kann mit dem Merkmal der **Bevorratung** beschrieben werden.<sup>[30]</sup> Rohmaterialien und Normteile werden dabei nicht berücksichtigt. Das Merkmal wird in vier Ausprägungsstufen anhand der in der nachfolgenden Darstellung beschriebenen Kriterien unterschieden.<sup>[31]</sup>

<sup>29</sup> Vgl. [Schomburg/80], S. 63-64; [Büdenbender/91], S. 41-42; [Eversheim/96b], S. 14-62; [Schuh/Schmidt/06], S. 127; [Lödding/08], S. 88 sowie [Schuh et al./12a], S. 128-129.

<sup>30</sup> Vgl. [Büdenbender/91], S. 42; [Eversheim/96b], S. 14-62; [Schuh/Schmidt/06], S. 128 sowie [Schuh et al./12a], S. 129.

<sup>31</sup> Vgl. [Büdenbender/91], S. 42; [Schuh/Schmidt/06], S. 128 sowie [Schuh et al./12a], S. 129.



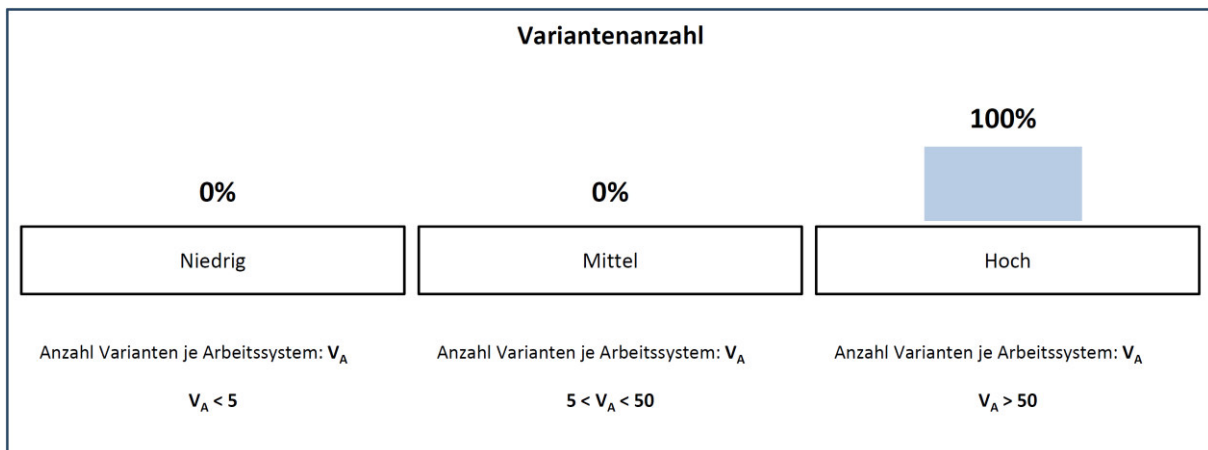


**Abb. 3-10:** Bevorratung

[Nach Büdenbender/91. 43]

In den untersuchten Bereichen wurde eine Bevorratung von Bedarfspositionen zum größten Teil auf unteren Strukturebenen vorgenommen.

Das Merkmal **Varietanzahl** beschreibt die Anzahl der Varianten am betrachteten Arbeitssystem und kann, wie in der folgenden Abbildung dargestellt ist, in drei Ausprägungsformen unterteilt werden.<sup>[32]</sup> Als Variante eines Erzeugnisses lassen sich dabei Veränderungen der Grundauführung, die durch das Anpassen, Weglassen oder Hinzufügen von Einzelteilen oder Baugruppen hinsichtlich Gestalt, Beschaffenheit und Eigenschaften entstehen, definieren.<sup>[33]</sup>



**Abb. 3-11:** Variantenanzahl

[In Anl. an Lödding/01, S. 33]

In den untersuchten Produktionsbereichen war die Variantenanzahl stets größer als 50 und ist damit als hoch zu beschreiben. Zudem war die Variantenanzahl an der Montage im Mittel um den Faktor drei höher als in den Fertigungsbereichen. Da sich bei einer erhöhten Anzahl von Varianten die Anzahl einsetzbarer steuerungsrelevanter Prinzipien reduziert und der organisatorische Aufwand steigt, deutet dies auf erschwerte Bedingungen für die Fertigungssteuerung hin.<sup>[34]</sup>

<sup>32</sup> Vgl. [Lödding/01], S. 33.

<sup>33</sup> Vgl. [Dangelmaier/09], S. 228.

<sup>34</sup> Vgl. [Eversheim/96a], S. 104; [Deuse et al./07], S. 45 sowie [Lödding/08], S. 103-104.

## 4 Diskussion der Ergebnisse

### 4.1 Betriebstyp: variantenreicher Kleinserienfertiger

In der folgenden Darstellung ist das Ergebnis der Untersuchung für alle betrachteten Bereiche in konsolidierter Form visualisiert. Die Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen werden dabei durch die Farbtintensitäten der entsprechenden Felder im morphologischen Schema sowie durch Balken unterhalb der Felder dargestellt (siehe Abbildung 4-1). Eine derart transparente Verbildlichung von Ausprägungshäufigkeiten findet sich in keiner der vorangegangenen Ansätze.

<b>Auftragsauflösungsart</b>	Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen	Anonyme Vor-/auftragsbezogene Endproduktion	Produktion auf Lager
<b>Erzeugnisspektrum</b>	Erzeugnisse nach Kundenspezifikationen	Typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten	Standarderzeugnisse mit Varianten	Standarderzeugnisse ohne Varianten
<b>Erzeugnisstruktur</b>	Mehrteile Erzeugnisse mit komplexer Struktur	Mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	Geringteilige Erzeugnisse	
<b>Variantenanzahl</b>	Niedrig	Mittel	Hoch	
<b>Beschaffungsart</b>	Weitgehender Fremdbezug	Fremdbezug in größerem Umfang	Fremdbezug unbedeutend	
<b>Bevorratung</b>	Keine Bevorratung von Bedarfspositionen	Bevorratung auf unteren Strukturebenen	Bevorratung auf oberen Strukturebenen	Bevorratung von Erzeugnissen
<b>Fertigungsart</b>	Einzelfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung
<b>Fertigungsprinzip</b>	Werkbankprinzip	Baustellenfertigung	Werkstattfertigung	Inselfertigung
<b>Fertigungsstruktur</b>	Fertigung mit geringem Strukturierungsgrad	Fertigung mit mittlerem Strukturierungsgrad	Fertigung mit hohem Strukturierungsgrad	
<b>Materialflusskomplexität</b>	Linearer Materialfluss	Komplexer Materialfluss ohne Rückflüsse	Komplexer Materialfluss mit Rückflüssen	
<b>Teilefluss</b>	One-piece-flow	Losweiser Transport	Überlappende Fertigung	Chargenfertigung

**Abb. 4-1:** Ermittelte Merkmalsausprägungen: variantenreicher Kleinserienfertiger

Als Referenz für den Abgleich des vorgestellten Ansatzes mit etablierten Schemata und Betriebstypen wird im Folgenden die Betriebsmorphologie aus der Buchreihe „Produktionsplanung und -steuerung“ gewählt, da diese am weitesten verbreitet ist und den aktuellen Stand des Wissens repräsentiert. Die dort beschriebenen vier Betriebstypen sind: **Auftragsfertiger**, **Rahmenauftragsfertiger**, **Variantenfertiger** und **Lagerfertiger**. Beim Vergleich der zur Beschreibung verwendeten Merkmale ergibt sich zusammenfassend folgendes Ergebnis:

- Ein Großteil der betriebsmorphologischen Merkmale wird in beiden Aufarbeitungen herangezogen. Dazu gehören: Auftragsauflösungsart, Erzeugnisspektrum, Erzeugnisstruktur, Beschaffungsart, Bevorratung, Fertigungsart, Fertigungsstruktur und Fertigungsprinzip.
- Das Merkmal Fertigungsprinzip wird in der Buchreihe stärker differenziert (Unterscheidung nach Ablaufart in der Teilefertigung/Montage). Diese Unterscheidung kann im vorliegenden Ansatz jedoch durch die Aggregationsebene und die Ausprägungsumfänge des Merkmals dargestellt werden (siehe Abschnitt 4.2).
- Einige Merkmale finden sich in der Buchreihe wieder, werden für den vorgestellten Ansatz jedoch nicht herangezogen. Dazu zählen die Ermittlung des Erzeugnis-/Komponentenbedarfs, die Auslösung des Sekundärbedarfs und die Kundenänderungseinflüsse während der Fertigung.

- Die beiden wichtigen Merkmale Variantenanzahl und Materialflusskomplexität werden in der Buchreihe nicht berücksichtigt. Von den vier sogenannten idealtypischen Auftragsabwicklungsstrukturen (Betriebstypen) waren nur der Auftragsfertiger und der Variantenfertiger durch die Fertigungsart der Einzel- und Kleinserienfertigung gekennzeichnet.<sup>[35]</sup>

Gemäß Eversheim/96b, welcher nach Ableitung von sieben<sup>[36]</sup> idealen Betriebstypen konstatierte, dass sich nicht erfasste Unternehmenstypen immer als Kombination der Idealtypen beschreiben lassen,<sup>[37]</sup> ließe sich bei Übertragung dieses Prinzips auf die hier betrachteten Idealtypen folgender Schluss ziehen: Der gesuchte Betriebstypus des variantenreichen Kleinserienfertigers lässt sich als eine Mischform aus Auftrags- und Variantenfertiger darstellen.

Aufgrund der fehlenden Visualisierung der Ausprägungsgrade der Merkmalsausprägungen in den klassischen Darstellungen ist jedoch selbst diese Annahme mit Vorsicht zu genießen. Wesentliche Merkmalsdifferenzierungen, beispielsweise die ermittelte, starke Streuung beim Merkmal Teilefluss (siehe Abbildung 4-1) sowie zur Beschreibung erforderliche Merkmale (Variantenvielfalt und Materialflusskomplexität) fehlen in klassischen Betriebstypen bzw. lassen sich nicht erkennen. Daher ist eine simple Kombination von Betriebstypen auf Basis bestehender Schemata nicht zielführend. Vielmehr müssen bei betriebsmorphologischen Erhebungen logistische Rahmenbedingungen sowie deren gegenwärtige Entwicklungen und Anforderungen, wie im gezeigten Beispiel, berücksichtigt werden.

Ogleich die Aufnahme weiterer Merkmale und deren Ausprägungsstufen denkbar ist, konnten die Merkmale eines Betriebes, dessen Strukturen weithin durch eine **hohe Variantenvielfalt** sowie durch die **Fertigungsart der Einzel- und Kleinserienfertigung** charakterisiert sind, mit der vorgestellten Methoden auf hohem Niveau transparent gemacht werden. Der gefundene Betriebstypus lässt sich als **variantenreicher Kleinserienfertiger** beschreiben.

## 4.2 Differenzierung nach Fertigung und Montage

Die Bereiche Fertigung und Montage unterscheiden sich sowohl technisch als auch organisatorisch oft stark voneinander. Daher ist es sinnvoll beide Bereiche betriebsmorphologisch getrennt zu untersuchen. Dabei wird jedoch für beide Bereiche das gleiche Schema verwendet um Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Merkmalen und ihren Ausprägungen zu gewährleisten.

In Abbildung 4-2 sind die Ergebnisse aus den Erhebungen der Montagebereich visualisiert. Abbildung 4-3 zeigt die Ergebnisse der Fertigungsbereiche. Auf die einzelnen Merkmale und die bereichsspezifischen Ausprägungen wird im Folgenden näher eingegangen.

---

<sup>35</sup> Siehe: [Heiderich/Schotten/98], S. 95, 110, 121, 132; [Schuh/Schmidt/06], S. 137, 155, 168, 181 sowie [Schuh et al./12a], S. 138, 156, 169, 182.

<sup>36</sup> „Auftragsorientiert produzierendes Unternehmen“, „Programmgebunden produzierendes Unternehmen“, „Anlagenbauer“, „Werkzeugmaschinenhersteller“, „Systemlieferant“, „Serienfertiger“, „Automobilhersteller“ aus [Eversheim/96b], S. 14-63, 14-67, 14-71, 14-73, 14-75, 14-77, 14-80.

<sup>37</sup> [Eversheim/96b], S. 14-82.

<b>Auftragsauflösungsart</b>	Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen	Anonyme Vor-/auftragsbezogene Endproduktion	Produktion auf Lager	
<b>Erzeugnisspektrum</b>	Erzeugnisse nach Kundenspezifikationen	Typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten	Standarderzeugnisse mit Varianten	Standarderzeugnisse ohne Varianten	
<b>Erzeugnisstruktur</b>	Mehrteile Erzeugnisse mit komplexer Struktur	Mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	Geringteilige Erzeugnisse		
<b>Variantenanzahl</b>	Niedrig	Mittel	Hoch		
<b>Beschaffungsart</b>	Weitgehender Fremdbezug	Fremdbezug in größerem Umfang	Fremdbezug unbedeutend		
<b>Bevorratung</b>	Keine Bevorratung von Bedarfspositionen	Bevorratung auf unteren Strukturebenen	Bevorratung auf oberen Strukturebenen	Bevorratung von Erzeugnissen	
<b>Fertigungsart</b>	Einzelfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung	
<b>Fertigungsprinzip</b>	Werkbankprinzip	Baustellenfertigung	Werkstattfertigung	Inselfertigung	Fließfertigung
<b>Fertigungsstruktur</b>	Fertigung mit geringem Strukturierungsgrad	Fertigung mit mittlerem Strukturierungsgrad	Fertigung mit hohem Strukturierungsgrad		
<b>Materialflusskomplexität</b>	Linearer Materialfluss	Komplexer Materialfluss ohne Rückflüsse	Komplexer Materialfluss mit Rückflüssen		
<b>Teilefluss</b>	One-piece-flow	Losweiser Transport	Überlappende Fertigung	Chargenfertigung	

**Abb. 4-2:** Ermittelte Merkmalsausprägungen: Montagebereiche

<b>Auftragsauflösungsart</b>	Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen	Anonyme Vor-/auftragsbezogene Endproduktion	Produktion auf Lager	
<b>Erzeugnisspektrum</b>	Erzeugnisse nach Kundenspezifikationen	Typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten	Standarderzeugnisse mit Varianten	Standarderzeugnisse ohne Varianten	
<b>Erzeugnisstruktur</b>	Mehrteile Erzeugnisse mit komplexer Struktur	Mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	Geringteilige Erzeugnisse		
<b>Variantenanzahl</b>	Niedrig	Mittel	Hoch		
<b>Beschaffungsart</b>	Weitgehender Fremdbezug	Fremdbezug in größerem Umfang	Fremdbezug unbedeutend		
<b>Bevorratung</b>	Keine Bevorratung von Bedarfspositionen	Bevorratung auf unteren Strukturebenen	Bevorratung auf oberen Strukturebenen	Bevorratung von Erzeugnissen	
<b>Fertigungsart</b>	Einzelfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung	
<b>Fertigungsprinzip</b>	Werkbankprinzip	Baustellenfertigung	Werkstattfertigung	Inselfertigung	Fließfertigung
<b>Fertigungsstruktur</b>	Fertigung mit geringem Strukturierungsgrad	Fertigung mit mittlerem Strukturierungsgrad	Fertigung mit hohem Strukturierungsgrad		
<b>Materialflusskomplexität</b>	Linearer Materialfluss	Komplexer Materialfluss ohne Rückflüsse	Komplexer Materialfluss mit Rückflüssen		
<b>Teilefluss</b>	One-piece-flow	Losweiser Transport	Überlappende Fertigung	Chargenfertigung	

**Abb. 4-3:** Ermittelte Merkmalsausprägungen: Fertigungsbereiche

Sowohl in der Montage als auch in der Fertigung erfolgt die Auftragsauslösung im Wesentlichen durch die Bestellung mit Einzelaufträgen. In geringem Umfang erfolgt kundenanonyme Vor- und auftragsbezogene Endproduktion. Bei Betrachtung des Erzeugnisspektrums fällt auf, dass dieses im Montagebereich überwiegend durch typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten gekennzeichnet ist. Standarderzeugnisse mit Varianten treten nur in geringem Umfang auf. Im Bereich der Fertigung verschiebt sich diese Verteilung (wenn auch nicht im gleichen Maße) zu Gunsten der Standarderzeugnisse mit Varianten. In beiden Bereichen liegt eine hohe Variantenanzahl vor. Erwartungsgemäß werden im Fertigungsbereich geringteilige Erzeugnisse hergestellt. Im Montagebereich werden diese in Kombination mit Kaufteilen (siehe Beschaffungsart) zu mehrteiligen Erzeugnissen mit einfacher Struktur verbunden.

Die Bevorratung erfolgt im Bereich der Montage fast ausschließlich auf unterer Strukturebene. Eine Bevorratung auf oberer Strukturebene findet in beiden Bereichen nur selten statt.

In der Montage findet sich durchgängig die Fertigungsart Einzel- und Kleinserienfertigung, wohingegen einzelne Fertigungsbereiche den Charakter einer Serienfertigung, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, aufweisen. Bei letzteren handelt es sich um Bereiche, in denen Einzelteile hergestellt werden, die sich in vielen Enderzeugnissen wiederfinden und deren Eigenschaften weitgehend kundenneutral sind (Gleichteile). Somit ist zu festhalten, dass eine leichte Tendenz zur Serienfertigung in diesen Fertigungsbereichen erkennbar war. Jedoch resultiert diese Tendenz aus Auftragskonsolidierungen, bedingt durch technischer Inflexibilität (häufig aufgrund langer Rüstzeiten) sowie aus Maßnahmen zur Reduzierung des ablauforganisatorischen Aufwands. Daher kann man von einer Verzerrung der Markt- und Fertigungserfordernisse ausgehen. Damit ist die Fertigungsart ganzheitlich als Einzel- und Kleinserienfertigung bestimmt.

#### 4.3 Erkenntnisse aus der Untersuchung

Die Ergebnisse aus der durchgeführten Untersuchung lassen die folgenden Schlussfolgerungen für den **Betriebstyp der variantenreichen Kleinserienfertigung** zu:

Aufgrund der **hohen kundenspezifischen Variantenvielfalt** ist insbesondere die Produktion auf Bestellung mit Kundeneinzelaufträgen charakteristisch.<sup>[38]</sup> Auf den ersten Blick entsteht ein großer Teil der kundenspezifischen Varianten durch Kombination von Standarderzeugnissen mit Varianten erst im Bereich der Montage. Dies widerspricht jedoch der Tatsache, dass auch die Produktion der Eigenfertigungskomponenten über Einzelaufträge angestoßen wird. Letzteres resultiert vor allem aus technisch inflexiblen Kapazitäten und Bestrebungen zur Reduzierung des Auftragsabwicklungsaufwands. Bestätigt wird diese Beobachtung durch die unterschiedlichen Auftragslosgrößen. Während die Montage mit Losgrößen arbeitet, die den Bestellmengen der Kunden je Auftrag entsprechen, finden sich in der Fertigung größere Lose, die durch die Konsolidierung von Montagebedarfen entstehen. Im vorliegenden Schema wird dies anhand des Merkmals Teilefluss ersichtlich, dessen Ausprägungshäufigkeiten sich im Bereich der Fertigung (im Vergleich zur Montage) deutlich zum losweisen Transport verschieben.

Das Merkmal Fertigungsprinzip ist über das gesamte System stark heterogen ausgeprägt. Die **hohe Bandbreite der Produktspezifikationen in Kombination mit hoher Fertigungstiefe und hoher Variantenvielfalt** führt zu einer großen Anzahl an Fertigungs- und Logistikprozessen. Es ist zwar zu erkennen, dass dieser Vielfalt in den Fertigungsbereichen überwiegend durch das Prinzip der Inselfertigung begegnet wird, dennoch existieren sowohl Fertigungsbereiche mit Fließfertigung als auch Werkstattfertigungen.

Vor allem im Bereich der Fertigung existieren oft Alternativprozesse und somit **alternative Abwicklungspfade für Fertigungsaufträge**. Durch die genannten Alternivarbeitsplätze in den einzelnen Prozessstufen der Fertigung ist der Materialfluss dort eher komplex. In den Montagebereichen ist der Materialfluss aufgrund der überwiegenden Linienstrukturen vorrangig linear ausgeprägt.

Aus der Ausprägung der Bevorratung in den Montagebereichen lässt sich schließen, dass es nur eine **geringe Anzahl an auftragsneutral vormontierter Baugruppen** gibt. Dies deckt sich mit den Ausprä-

---

<sup>38</sup> Vgl. [Schönsleben/11], S. 373.

gungen der Auftragsauslösungsart. Daraus wird ersichtlich, dass auch die untergeordneten Baugruppen bereits ein hohes Maß kundenspezifischer Merkmale aufweisen.

Greift man den oben beschriebenen Ansatz von EVERSHEIM nochmals auf, so wird spätestens hier deutlich, dass es sich bei der variantenreichen Kleinserienfertigung keineswegs um einen Mischtyp aus Variantenfertiger und Auftragsfertiger handelt. Vielmehr lässt sich der neue Betriebstyp gegenüber den anderen beiden Typen wie folgt abgrenzen:

- Im Gegensatz zum Variantenfertiger existieren keine vorab definierten Variantenentstehungspunkte für kundenspezifische Varianten. Es existiert **in der Regel kein Baukasten**, sondern es werden typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten hergestellt. Dies wird sowohl anhand der Heterogenität der Fertigungsprinzipien, als auch aus der geringen Bevorratung auf höherer Wertschöpfungsebene deutlich.
- Der **enorm hohe Freiheitsgrad des Kunden** bei der Gestaltung der Produkte bzw. bei der Festlegung der geforderten Eigenschaften geht weit über die Auswahl vordefinierter Varianten hinaus. Dennoch sind diesen im durch die typisierten Erzeugnisse Grenzen gesetzt.
- Es existiert ein **breites Spektrum von Fertigungs- und Logistikprozessen**. Dennoch sind diese weitestgehend anhand des Erzeugnisspektrums in Form von Inseln oder Linien geordnet. Reine Werkstatt- oder Werkbankfertigung tritt nur in Form von Sonderbereichen auf. Dies entspricht weder dem Vorgehen eines Varianten- noch eines Auftragsfertigers.

Der hier vorgestellte Betriebstyp besitzt durch die beschriebenen Merkmale und deren Ausprägungen somit Eigenschaften, die von keinem der etablierten Betriebstypen noch durch „Mischung“ dieser ausreichend dargestellt werden. Mit der vorliegenden Arbeit wurde daher eine fundierte Grundlage geschaffen, die den Betriebstyp der variantenreichen Kleinserienfertigung und dessen Besonderheiten beschreibt. Auf dieser Grundlage kann nun die Anwendbarkeit produktionswissenschaftlicher Methoden und Prinzipien diskutiert werden.

## 5 Schlussfolgerungen

In einer Studie von KINKEL/SOM/07 wird gezeigt, dass 58% der Produktionsstrukturen im deutschen Maschinenbau durch Einzel- und Kleinserienfertigung charakterisiert sind.<sup>[39]</sup> Gleichzeitig deuten aktuelle Entwicklungen der Fertigungsanforderungen in der deutschen Metall und Elektroindustrie auf eine starke Erhöhung der Variantenvielfalt hin.<sup>[40]</sup>

Der in dieser Arbeit mittels betriebsmorphologischer Untersuchung definierte Betriebstypus des variantenreichen Kleinserienfertigers beschreibt damit einen für die deutsche Maschinenbauindustrie charakteristischen Betriebstypen mit sehr hoher Bedeutung.

Dabei fanden sich sowohl im Vorgehen als auch im Ergebnis nennenswerte Besonderheiten, die im Folgenden kompakt zusammengefasst sind:

- Im Gegensatz zu den allgemeingültigen Kennzeichen der variantenreichen Einzel- und Kleinserienfertigung konnten definierte, objektive Merkmale auftragsabwicklungsspezifischer Na-

---

<sup>39</sup> Vgl. [Kinkel/Som/07], S. 4.

<sup>40</sup> Vgl. [Kinkel/05], S. 11.

tur mit einem Einfluss auf Anforderungen der ganzheitlichen PPS genutzt, ermittelt und der Betriebstypus des variantenreichen Kleinserienfertigers abgeleitet werden. Verschiedene wichtige Eigenschaften wurden dabei verifiziert.

- Insbesondere die saubere Visualisierung der Ausprägungsgrade einzelner Merkmale brachte zudem eine deutliche Verbesserung der Transparenz und erhöhte die Anwendungsmöglichkeiten beim Vergleich betriebsmorphologischer Erhebungen.
- Die vorliegende Untersuchung hat aufgezeigt, dass eine Überarbeitung der Merkmale und ihrer Ausprägungen entsprechend des angestrebten Erkenntnisgewinns sinnvoll ist. Sowohl das Weglassen als auch das Definieren „neuer“, eindeutiger Kriterien kann zur Bestimmung logistischer Rahmenbedingungen zweckmäßig sein. Dabei ist darauf zu achten, dass der Abgleich mit bestehenden Ergebnissen möglichst nicht an Aussagefähigkeit verliert und Merkmale zur objektiven Bewertung von Produktionsstrukturen herangezogen werden.<sup>[41]</sup>
- Das gezeigte Ergebnis der betriebsmorphologischen Analyse, differenziert in Fertigungs- und Montagebereiche, war ebenso für jeden Einzelbereich erstellt worden. Sowohl auf Einzelbereichs- als auch übergreifender Ebene waren die betriebsmorphologischen Schemata hilfreiche Grundlage bei der Entscheidungsfindung hinsichtlich Anwendung bzw. Übertragbarkeit verschiedener Methoden und Prinzipien der Produktion.

Natürlich kann ein morphologisches Schema eine detaillierte Analyse von Betrieben nicht ersetzen. Dennoch ist es aufgrund seiner Einfachheit geeignet, eine erste Abgrenzung anhand relevanter Einflussgrößen vorzunehmen und so beispielsweise die Anwendung bzw. Übertragbarkeit bestimmter Methoden zu bewerten.<sup>[42]</sup>

---

<sup>41</sup> Vgl. [Schuh et al./12a], S. 122-123.

<sup>42</sup> Vgl. [Schuh/Schmidt/06], S. 121 ff.

## C. Literaturverzeichnis

- Alders/06 Alders, K.: Gestaltung optimaler Variantenvielfalt – Ein ganzheitlicher Ansatz des Variantenmanagements. In: Zäh, M. (Hrsg.): Produktionsmanagement. Herausforderung Variantenmanagement. Seminarberichte des IWB, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München. München: Utz, 2006., S. 4-1ff.
- Balzer/09 Balzer, B.: Kleinserienfertigung bei Bosch Rexroth. In: Productivity Management 14, 2009, S. 31-32.
- Beinke/Beinker/12 Beinke, T.; Beinker, D.: Lean Management in der Kleinserienfertigung. Effizienzsteigerung bei der Produktion von Windkrafttürmen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. München: Carl Hanser Verlag, Jahrgang 107, H. 9, 2012, S. 666-670.
- Buhl/12 Buhl, M.: Nivellierung in der variantenreichen und auftragsbezogenen Kleinserienfertigung. Dissertation, Technische Universität Dortmund, Schriftenreihe Industrial Engineering, Aachen: Shaker Verlag, 2012.
- Büdenbender/91 Büdenbender, W.: Ganzheitliche Produktionsplanung und -steuerung: Konzepte für Produktionsunternehmen mit kombinierter kundenanonymer und kundenbezogener Auftragsabwicklung. Dissertation, TH Aachen. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1991.
- Deuse et al./07 Deuse, J.; Birkmann, S.; Harms, T.: Einsatz der Gruppentechnologie zur Nivellierung in der variantenreichen Kleinserie. In: Industrie Management 23 - Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse, Nr. 6, 2007, S. 45-48.
- Dürschmidt/01 Dürschmidt, S.: Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion. Dissertation, Universität München, Forschungsberichte iwB, München: Herbert Utz Verlag GmbH, 2001.
- Dangelmaier/09 Dangelmaier, W.: Theorie der Produktionsplanung und -steuerung: Im Sommer keine Kirschkrapfen? Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- Eversheim/89 Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik. Band 4: Fertigung und Montage. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, 1989.
- Eversheim/96a Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik. Band 1: Grundlagen. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, 1996.
- Eversheim/96b Eversheim, W.: Ausprägungen der Produktionsplanung und -steuerung. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Betriebshütte: Produktion und Management. Berlin: Springer, 1996, S. 14-60 - 14-82.
- Fleischer et al./08 Fleischer, J.; Lanza, G.; Peter, K.: Wie schlank muss die Kleinserienproduktion sein? Quantifizierte Wirkzusammenhänge von Lean Methoden und der Leistungsfähigkeit von Produktionssystemen. In: wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 98, H. 9, 2008, S. 754-759.
- Heiderich/Schotten/98 Heiderich, T.; Schotten, M.: Prozesse. In: Luczak, H.; Eversheim, W. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1998, S. 75-143.



- Kinkel/05 Kinkel, S.: Anforderungen an die Fertigungstechnik von morgen. Mitteilungen aus der Produktinnovationserhebung. In: Modernisierung der Produktion, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung. Nummer 37, September 2005, 2005.
- Kinkel/Som/07 Kinkel, S.; Som, O.: Strukturen und Treiber des Innovationserfolgs im deutschen Maschinenbau. Verbreitung und Effekte von innovationsunterstützenden Technik-, Organisations- und Kooperationskonzepten. In: Modernisierung der Produktion, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung. Nummer 41, Mai 2007, 2007.
- Krumbein/13 Krumbein, S.: Implications for lean production control systems in a high mix and low volume production. Vortrag im Rahmen der 21. EFLE - European Forum of Logistics Education - Tagung vom 08.-11.10.2013, Jena, 2013.
- Luczak/Eversheim/98 Luczak, H.; Eversheim, W. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1998.
- Lödding/01 Lödding, H.: Dezentrale Bestandsorientierte Fertigungsregelung. Dissertation, Universität Hannover, Fortschritt-Berichte VDI. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, 2001.
- Lödding/04 Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung - Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2004.
- Lödding/08 Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung - Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- Ponn/Lindemann/08 Ponn, J.; Lindemann, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, Optimierte Produkte - systematisch von Anforderungen zu Konzepten. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- Reinhart et al./09 Reinhart, G.; Bredow, M. v.; Pohl, J.: Optimierung der Wertschöpfung in der variantenreichen Serienfertigung des Anlagenbaus. Herausforderungen und Empfehlungen. In: wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 99, H. 3, 2009, S. 130-135.
- Schuh/Schmidt/06 Schuh, G.; Schmidt, C.: Prozesse. In: Schuh, G. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung - Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2006, S. 108-194.
- Schuh et al./12a Schuh, G.; Schmidt, C.; Helmig, J.: Prozesse. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung 1: Grundlagen der PPS. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, S. 109-194.
- Schuh et al./12b Schuh, G.; Eversheim, W.; Lenders, M.: Produktplanung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Innovationsmanagement: Handbuch Produktion und Management 3. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, S. 57-114.
- Schomburg/80 Schomburg, E.: Entwicklung eines betriebstypologischen Instrumentariums zur systematischen Ermittlung der Anforderungen an EDV-gestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im Maschinenbau. Dissertation, RWTH Aachen, 1980.

- Schönsleben/11                      Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement - Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend. 6., Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.
- Seibold/06                              Seibold, J.: Hybride Fertigungssteuerung in der Großserienproduktion. Dissertation, Universität Hannover, Reihe: Berichte aus dem IFA. Garbsen: PZH Verlag, 2006.
- Wiendahl/08                            Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. München Wien: Carl Hanser Verlag, 2008.
- Wiendahl/11                            Wiendahl, H.-H.: Auftragsmanagement der industriellen Produktion - Grundlagen, Konfiguration, Einführung. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.
- Wuthnow/10                            Wuthnow, A.: Steuerung und Nivellierung von Wertströmen in der Automobilsteuergerätefertigung. Dissertation, Universität Dortmund, Schriftenreihe Industrial Engineering, Aachen: Shaker Verlag, 2010.

**Impressum:****Herausgeber:**

Der Dekan der  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
an der Technischen Universität Chemnitz

**Sitz:**

Thüringer Weg 7  
09126 Chemnitz

**Postanschrift:**

09107 Chemnitz  
Telefon: (0371) 531-34208  
Telefax: (0371) 531-34209  
E-Mail: [dekanat@wirtschaft.tu-chemnitz.de](mailto:dekanat@wirtschaft.tu-chemnitz.de)

**Internet:**

<http://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/>

ISSN 1618-1352 (Print)

ISSN 1618-1460 (Internet)