

## Organisationsformen der Produktion

Peter Nyhuis<sup>1</sup>, Niklas E. Rochow<sup>1</sup>, Marilena Krause<sup>1</sup>, Dennis Pischke, Melissa Seitz,  
Vivian K. Kuprat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institut für Fabrikanlagen und Logistik, Leibniz Universität Hannover*

### Management Summary

Die Motivation zur Erstellung dieses Papers entstand aus zahlreichen Diskussionen mit Vertretern produzierender Unternehmen und der unzureichenden Antwort der Wissenschaft auf die Fragestellung, welche Organisationsform die geeignetste für einen spezifischen Anwendungsfall darstellt.

Dabei beginnt die Problematik schon bei der reinen Beschreibung der unterschiedlichen Organisationsformen der Produktion. Die in der Literatur bestehenden Systematiken differenzieren zumeist zwischen Fertigung und Montage – und dass unter der Verwendung ähnlicher Begrifflichkeiten bei unterschiedlicher Bedeutung. Dass auf diesem Wege zum einen kein einheitliches Verständnis entstehen und zum anderen keine gezielte Auswahl der für den betrachteten Anwendungsfall geeignetsten Organisationsform erfolgen kann, liegt auf der Hand.

Das vorliegende Paper bietet sowohl der Wissenschaft als auch dem praktischen Anwender durch die entwickelte Beschreibungssystematik einen Überblick über mögliche Organisationsformen in der Produktion und damit allgemein eine Beschreibung sowohl der Fertigung als auch Montage. Mit der Variantenmix-Produktion wird zudem eine Organisationsform vorgestellt, die die neuartigen Entwicklungen in der Praxis systematisch beschreibbar macht und somit bei der Ausgestaltung spezifischer Organisationsformen unterstützt. Die hier dargestellte Beschreibungssystematik für die Organisationsformen der Produktion bildet zudem die Grundlagen für weitere Arbeiten am Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), die sich auf die Erforschung der Planung und Gestaltung neuartiger Organisationsformen sowie die Auswahl der für einen spezifischen Anwendungsfall geeignetsten Organisationsform aufgrund entsprechender Vor- und Nachteile fokussieren.

### Keywords

Variantenmix-Produktion; Matrix-Produktion; Modulare Montage; Fertigungsprinzip; Montageorganisation; Produktionssysteme

## 1 Einleitung

Die zumeist hohe Anzahl zu bedienender Marktsegmente mit regional unterschiedlichen Anforderungen sowie die steigenden Individualisierungsansprüche der Kunden führen zu einer zunehmend hohen Varianz industriell hergestellter Produkte.<sup>1</sup> Zudem wird der Wettbewerb durch einen starken Preisdruck und hohe Anforderungen an kurze Lieferzeiten und verlässliche Liefertermine geprägt.<sup>2</sup> Variantenreiche Produkte gleichzeitig zu geringen Kosten und mit einer hohen logistischen Leistungsfähigkeit herzustellen, ist daher eine der wesentlichen Herausforderungen in der industriellen Produktion.<sup>3</sup>

Produzierende Unternehmen begegnen dieser Herausforderung mit zunehmend flexiblen und skalierbaren Produktionssystemen.<sup>4</sup> Insbesondere in der Automobilindustrie ist in diesem Zusammenhang ein Paradigmenwechsel weg von der klassischen Linie hin zu neuen Konzepten, wie der Modularen Montage<sup>5</sup> oder der Matrix-Produktion<sup>6</sup>, erkennbar. Auch in der Forschung rücken neue, flexible Organisationsformen, wie beispielsweise frei verkettete Produktionssysteme<sup>7</sup> zur wirtschaftlichen Realisierung flexibler Auftragsrouten für gleiche Produkte, vermehrt in den Fokus.

Bezüglich dieser aktuellen Entwicklungen lässt sich aus wissenschaftlicher Sicht jedoch feststellen, dass die neuen Organisationsformen zum einen nicht immer einheitlich definiert sind und zum anderen mit bestehenden Systematiken zur Beschreibung und Abgrenzung verschiedener Organisationsformen der Fertigung und Montage nicht eindeutig charakterisiert werden können. Dies lässt sich im Wesentlichen auf unterschiedliche Betrachtungsebenen und Detaillierungsgrade sowie unvollständige Kriterienmorphologien zurückführen.

Zur Ermöglichung der einheitlichen und vergleichbaren Definition von etablierten sowie neuen Organisationsformen der Produktion bedarf es folglich einer neuen Beschreibungssystematik. Zur Schaffung einer solchen vollumfänglichen und allgemeingültigen Morphologie sind zunächst die aus produktionslogistischer Sicht relevanten und zur Differenzierung geeigneten Gestaltungsaspekte zu identifizieren sowie deren möglichen Ausprägungen vollständig und systematisch zu erfassen. Eben diesem Ziel widmen sich auch jüngste Forschungsaktivitäten am Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Leibniz Universität Hannover, deren Ergebnisse im Folgenden vorgestellt werden.

Hierfür wird im nachfolgenden zweiten Kapitel zunächst der Stand des Wissens zum Begriff der Organisationsform im Produktionskontext sowie zu bestehenden Definitionen und Systematiken aufgearbeitet und der resultierende Forschungsbedarf spezifiziert. Im dritten Kapitel erfolgt basierend darauf die Entwicklung der neuen Beschreibungssystematik. Im Gegensatz zu bestehenden Systematiken bestand hierbei der Anspruch, eine gleichermaßen für die Fertigung und Montage gültige

---

<sup>1</sup> Vgl. ElMaraghy, H. A. et al. 2013: 629.

<sup>2</sup> Vgl. Zäh, M. F. et al. 2005; Schuh, G. et al. 2013b: 13; Wiendahl, H.-P. 2014: 250.

<sup>3</sup> Vgl. Schuh, G. et al. 2013a: 57.

<sup>4</sup> Vgl. ElMaraghy, H. A. 2009: 43.

<sup>5</sup> Vgl. Poll, D. 2016; Beuthner, A. 2017; Herkommer, G. 2017.

<sup>6</sup> Vgl. Greschke, P. I. und Herrmann, C. 2014: 688; Huber, W. 2018: 34; KUKA AG 2020.

<sup>7</sup> Vgl. Göppert, A. et al. 2018: 151.

---

und somit universell für die Produktion anwendbare Morphologie mit entsprechend geeigneten Gestaltungsaspekten und relevanten Ausprägungen zu schaffen. Diese neu entwickelte Systematik wird im vierten Kapitel zudem exemplarisch zur Beschreibung einzelner bereits etablierter sowie neuer Organisationsformen angewendet und anschließend im fünften Kapitel einer kritischen Reflektion unterzogen. In diesem Zusammenhang wird mit der Variantenmix-Produktion zudem eine neue Organisationsform abgeleitet und definiert. Abschließend wird in Kapitel 6 ein kurzes Fazit gezogen und ein Ausblick auf zukünftige Forschungstätigkeiten gegeben, da die neue Systematik nicht nur die Schaffung eines einheitlichen und differenzierten Verständnisses verschiedener Organisationsformen in der Produktion ermöglicht, sondern vielmehr auch als Grundlage für die weiterführende Entwicklung eines Ansatzes zur systematischen Bewertung und zielgerichteten Auswahl geeigneter Organisationsformen für spezifische Anwendungsfälle dient.

## 2 Stand des Wissens

Bei der Analyse der in der Literatur existierenden Beschreibungssystematiken fällt auf, dass Begriffe für die Beschreibung der Produktion unterschiedlich definiert und angewendet werden. Daher werden zunächst die für das Verständnis erforderlichen Begriffsdefinitionen vorgestellt. Der Fokus liegt hierbei auf der Definition des Begriffs Organisationsformen der Produktion. Anschließend werden die Defizite der existierenden Beschreibungssystematiken detailliert vorgestellt und daraus Anforderungen an die zu entwickelnde Beschreibungssystematik abgeleitet.

### 2.1 Begriffsdefinition

Das Produktionssystem einer Produktion beschreibt ganzheitlich die darin enthaltenen Elemente sowie deren Verknüpfung und Zusammenwirken zur Erfüllung der Produktionsaufgabe.<sup>8</sup> Ein Produktionssystem wird als soziotechnisches System verstanden und beschreibt die Struktur und das Zusammenwirken der inbegriffenen Arbeitssysteme in denen Ressourcen Wertschöpfung am Produktionsobjekt verrichten. Der Begriff Ressource wird für ein einfacheres Leseverständnis eingeführt und steht für Mitarbeitende und/oder Betriebsmittel eines Produktionssystems, welche die Wertschöpfung am Produktionsobjekt erbringen. Die Mitarbeitenden und Betriebsmittel können dabei miteinander verknüpft sein, stellen so jedoch noch keine Arbeitssysteme der soziotechnischen Systemperspektive dar. Gemäß dieser werden Arbeitssysteme zusätzlich durch Aspekte wie In- und Output, Arbeitsaufgabe, Arbeitsablauf oder die Umwelt beschrieben und dienen mit ihrer gesamten Funktionalität der Ausführung wertschöpfender Tätigkeiten.<sup>9</sup> Je nachdem, auf welche Art und Weise die einzelnen Elemente eines Produktionssystems zusammenwirken, lassen sich verschiedene Organisationsformen der Produktion unterscheiden. Die Produktionsorganisation regelt das räumliche, zeitliche und sachliche Zusammenwirken von Mitarbeitenden, Betriebsmitteln und Produktionsobjekten zur Erreichung spezifischer Unternehmensziele.<sup>10</sup> Durch die Organisation wird somit auch die Arbeitsteilung zur Erzeugung des Endprodukts zwischen Mitarbeitenden und Betriebsmitteln festgelegt.<sup>11</sup>

Am IFA wird unter Mitarbeitenden eines Produktionssystems das Personal verstanden, welches durch die Ausübung von Arbeit Wertschöpfung am Produktionsobjekt erbringt. Das Produktionsobjekt stellt in dem jeweiligen Betrachtungsbereich den Gegenstand dar, welcher über die unternehmensinterne Lieferkette durch die wertschöpfenden Tätigkeiten zum Endprodukt transformiert wird. Dabei wird das Produktionsobjekt in der Produktion durch eine ihm zugeordnete Vorrichtung aufgenommen und mithilfe dieser gegebenenfalls auch transportiert, um eine weitere Bearbeitung zu ermöglichen. Eine Spezifizierung von Vorrichtung bzw. Transportmittel ist nicht erforderlich, da die Auswahl einer Vorrichtung bzw. eines Transportmittels keine Änderung der Organisationsform mit sich bringt. Somit ist die Vorrichtung bzw. das Transportmittel in diesem Paper als Bestandteil des Produktionsobjekts

---

<sup>8</sup> Vgl. Eversheim, W. 1996: 3-4.

<sup>9</sup> Vgl. Bellmann, V. 2019: 11.

<sup>10</sup> Vgl. Silberbach, K. 1997: 36; Petersen, T. 2005: 23; Wiendahl, H.-P. 2014: 28.

<sup>11</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 28.

anzusehen. Des Weiteren werden Betriebsmittel als komplexe Einheiten verstanden, welche die Mitarbeitenden bei der Erbringung der Arbeit unterstützen bzw. hierfür erforderlich sind oder die Arbeit automatisiert durchführen können. Als Beispiele für Betriebsmittel können Bohr- oder Fräsmaschinen, Bearbeitungszentren, Produktionsroboter, Arbeitstische etc. verstanden werden. Betriebsmittel im erweiterten Sinn, wie Gebäude, Grundstücke sowie kleinere Hilfsmittel wie Schraubendreher und Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, werden nicht berücksichtigt, da deren spezifische Ausprägungen vor allem technischer Natur sind und keine Änderung der Organisationsform der Produktion bewirken.

Da das Zusammenwirken der einzelnen Elemente innerhalb eines Produktionssystems maßgeblich die monetäre und logistische Zielerreichung der Produktion bestimmt, ist die Festlegung der Organisationsform folglich von zentraler Bedeutung.<sup>12</sup> Für die systematische Beschreibung, Abgrenzung und Bewertung verschiedener Organisationsformen der Produktion ist es somit von zentraler Bedeutung, den Begriff der Organisationsform der Produktion zu definieren und ein einheitliches Verständnis zu schaffen. Daher werden nachfolgend zunächst verschiedene Definitionen aus der Literatur vorgestellt, die sich wörtlich oder sinngemäß mit dem Begriff der Organisationsform der Produktion beschäftigen.

WIENDAHL<sup>13</sup> führt in seinem Grundlagenwerk zwar den Begriff der Organisationsform der Produktion, jedoch erfolgt keine explizite Definition, was unter diesem Begriff zu verstehen ist. Zudem nimmt WIENDAHL weder eine Abgrenzung verschiedener Organisationsformen noch eine systematische Beschreibung, wie verschiedene Organisationsformen der Produktion gebildet werden können, vor.<sup>14</sup> Im weiteren Verlauf wird noch der Begriff des Organisationstyps der Fertigung beziehungsweise des Fertigungsprinzips eingeführt.<sup>15</sup> Diese beschreiben die „räumliche Anordnung der Betriebsmittel zueinander, die Art des Durchlaufs der Werkstücke durch die Fertigung und die Einbindung des Menschen“.<sup>16</sup> Inwieweit die Fertigungsprinzipien mit den vorher benannten Organisationsformen der Produktion zusammenhängen, wird nicht beantwortet.

Die „*Formen der räumlichen und zeitlichen Zusammenfassung von Arbeitskräften und Betriebsmitteln zu organisatorischen Einheiten im Produktionsprozeß*“ werden von KREIKEBAUM<sup>17</sup> als Organisationstypen der Produktion bezeichnet. Die Organisationstypen der Produktion werden durch die Anwendung verschiedener Organisationsprinzipien gebildet. Dazu sind Verrichtungs- oder Objektprinzip mit den Organisationsprinzipien Zentralisierung oder Dezentralisierung zu kombinieren.<sup>18</sup>

Auch GÜNTHER UND TEMPELMEIER<sup>19</sup> verwenden den Begriff der Organisationstypen der Produktion, welche die organisatorische Anordnung von Arbeitssystemen, die Mitarbeiter und Betriebsmittel

---

<sup>12</sup> Vgl. Rümmler, G. et al. 1982: 356; Rümmler, G. und Schilling, W. 1982: 110; Eversheim, W. 1996: 133; Greschke, P. I. 2016: 84.

<sup>13</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: S. 40-41.

<sup>14</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 40-45.

<sup>15</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 41-45.

<sup>16</sup> Wiendahl, H.-P. 2014: 41.

<sup>17</sup> Kreikebaum, H. 1979: S. 1392.

<sup>18</sup> Vgl. Kreikebaum, H. 1979: S. 1392-1393.

<sup>19</sup> Vgl. Günther, H.-O. und Tempelmeier, H. 2014: 11.

umfassen, sowie die zum betrieblichen Leistungsvollzug erforderlichen Transportbeziehungen zwischen den einzelnen Arbeitssystemen. Diese beiden Merkmale umfassen verschiedene Ausprägungen, deren Kombinationsmöglichkeiten zu verschiedenen Organisationstypen der Produktion führen.<sup>20</sup>

Im Gegensatz zu den oben gegebenen Definitionen von Produktionsorganisation und Organisationsformen differenzieren andere Autoren aufgrund der sehr unterschiedlichen Prozessabläufe zwischen den Bereichen Fertigung und Montage.<sup>21</sup>

So geben BURGGRAF UND SCHUH<sup>22</sup> zwar eine gemeinsame Definition für die Organisationsform von Fertigung und Montage, welche als „zeitliche und räumliche Organisation der Fertigungs- bzw. Montageprozesse“ charakterisiert wird. Die eigentliche Darstellung der Organisationsformen erfolgt jedoch für jeden Bereich getrennt und ohne die Verwendung eines einheitlichen Bezugsrahmens.<sup>23</sup> Andere Autoren wie RÜMMLER UND SCHILLING<sup>24</sup> definieren ausschließlich für die Montage den Begriff der Organisationsform und bezeichnen diese als „Ausdruck der Arbeitsteilung des räumlichen und zeitlichen Zusammenwirkens zwischen Arbeitskräften, Arbeitsgegenständen und Arbeitsmitteln“. Unter Berücksichtigung der in der Literatur existierenden Definitionen wird für die zu entwickelnde Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion die folgende Definition für den Begriff der Organisationsform der Produktion zugrunde gelegt:

*Die organisatorischen Zusammenhänge in einem Produktionssystem werden durch die Organisationsform der Produktion beschrieben. Diese bildet sich durch die Kombination der Ausprägungen der strukturgebenden Gestaltungsaspekte, wodurch das Zusammenwirken zwischen Mitarbeitenden, Betriebsmitteln und Produktionsobjekten festgelegt wird. Durch sie wird der Grad der logistischen Zielerreichung für das Produktionssystem vorbestimmt.<sup>25</sup>*

## 2.2 Bestehende Ansätze und Systematiken zur Beschreibung von Organisationsformen

Basierend auf den unterschiedlichen Definitionen für die Begriffe Produktionsorganisation beziehungsweise Organisationsform haben sich unterschiedliche Systematiken zur Beschreibung dieser entwickelt. Bei der Analyse der verschiedenen Beschreibungssystematiken wird deutlich, dass die existierenden Systematiken häufig im Kontext einer jeweils übergeordneten Problemstellung entwickelt wurden und es demnach an einer systematischen Herleitung von Merkmalen zur Unterscheidung verschiedener Organisationsformen fehlt. Ebenfalls unterscheiden sich die Systematiken hinsichtlich der Anzahl der zugrundeliegenden Merkmale sowie des Detaillierungsgrades. Nachfolgend werden die in der Wissenschaft etablierten Systematiken kurz beschrieben.

---

<sup>20</sup> Vgl. Günther, H.-O. und Tempelmeier, H. 2014: 11.

<sup>21</sup> Vgl. Eversheim, W. 1996; Burggräf, P. und Schuh, G. 2021: S. 151-155.

<sup>22</sup> Burggräf, P. und Schuh, G. 2021: S. 150.

<sup>23</sup> Vgl. Burggräf, P. und Schuh, G. 2021: S. 151-155.

<sup>24</sup> Rümmler, G. und Schilling, W. 1982: 110.

<sup>25</sup> in Anlehnung an Rümmler, G. und Schilling, W. 1982: 110; Eversheim, W. 1996: 133.

Einen ersten Ansatz einer produktionswissenschaftlichen Systematik der industriellen Fertigung als Teilbereich der industriellen Produktion liefern DOLEZALEK UND ROPOHL<sup>26</sup>. Dieser basiert auf vier Merkmalsgruppen, zu denen Fertigungsaufgaben, Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel und Fertigungsprozesse zählen. Jeder Merkmalsgruppe ist eine Vielzahl an Merkmalen zugeordnet. Zu den einzelnen Merkmalen liegt wiederum eine Vielzahl an Ausprägungen vor, die umfassend beschrieben werden.<sup>27</sup> Für die Merkmalsgruppen Fertigungsmittel und Fertigungsprozesse lassen sich jeweils sinnvolle Bildungsschemata ableiten.<sup>28</sup> Für die Fertigungsmittel werden dabei Entwicklungsstufen von der Handarbeit bis zur Automatisierung zugrunde gelegt. Die Merkmalsgruppe Fertigungsprozess umfasst hingegen drei grundlegende Fertigungsprinzipien, die sich in Punkt-, Werkstatt- und Linienfertigung unterteilen. Diese drei Prinzipien unterscheiden sich ihrerseits bezüglich der räumlichen Anordnung der Arbeitsplätze sowie der Gestaltung des zeitlichen Ablaufs des Fertigungsprozesses.<sup>29</sup>

MIESE<sup>30</sup> entwickelt in seiner Dissertation ein Verfahren zur systematischen Montageplanung in der Einzel- und Kleinserienproduktion. Teil der Montageplanung ist die Festlegung der Montageorganisationsform. Einflussgrößen und potenzielle Klassifizierungsmerkmale zur Gestaltung der Montageorganisation sind die gleichzeitig montierte Stückzahl, die örtliche Zuordnung, der Arbeitsfluss sowie die Anordnung der Arbeitsplätze. Durch eine Kombination der Ausprägungen dieser Merkmale wird demnach die vorliegende Organisationsform bestimmt und damit die organisatorische Gestaltung eines Montagesystems charakterisiert.

Die von HOESCHEN entwickelte Systematik zur Bildung verschiedener Organisationsformen fokussiert sich auf die Montage.<sup>31</sup> Die Anzahl möglicher Organisationsformen basiert auf vier prinzipiellen Formen. Die Merkmalsgruppe Bewegungsgröße umfasst die Merkmale Montagearbeitsplatz und Montageobjekt mit den dazugehörigen Ausprägungen stationär und instationär. Die prinzipiellen Organisationsformen bilden sich aus der Kombination dieser Merkmalsausprägungen.<sup>32</sup> In einem zweiten Schritt werden diese prinzipiellen Organisationsformen noch weiter differenziert. Dazu werden als weitere Merkmale der Bewegungsablauf sowie die Bewegungsrichtung herangezogen. Der Bewegungsablauf kann aperiodisch, periodisch oder kontinuierlich erfolgen. Bei der Bewegungsrichtung werden die Ausprägung gerichtet und ungerichtet unterschieden. Werden die prinzipiellen Organisationsformen mit den Ausprägungen dieser beiden weiteren Merkmale kombiniert, so ergeben sich nach der Überprüfung der Sinnhaftigkeit der Kombinationsmöglichkeiten die Organisationsformen Baustellen-, Gruppen-, Reihen-, Taktstraßen- und kombinierte Fließmontage.<sup>33</sup>

MERZ<sup>34</sup> beschreibt die Organisationsform als Art der Arbeitsteilung in einem (Montage-) System. Durch die Organisationsform wird im betrachteten System der Rahmen für die Gestaltung der Verkettung der

---

<sup>26</sup> Vgl. Dolezalek, C. M. und Ropohl, G. 1967a, 1967b.

<sup>27</sup> Vgl. Dolezalek, C. M. und Ropohl, G. 1967a: 637–639.

<sup>28</sup> Vgl. Dolezalek, C. M. und Ropohl, G. 1967b.

<sup>29</sup> Vgl. Dolezalek, C. M. und Ropohl, G. 1967b: 715–720.

<sup>30</sup> Vgl. Miese, M. 1976: 105–109.

<sup>31</sup> Vgl. Hoeschen, R.-D. 1978: 31 ff.

<sup>32</sup> Vgl. Hoeschen, R.-D. 1978: 31 ff.

<sup>33</sup> Vgl. Hoeschen, R.-D. 1978: 32-33.

<sup>34</sup> Vgl. Merz, K. P. 1987: 36-37.

einzelnen Arbeitsplätze in Bezug auf die einzuhaltende Reihenfolge sowie die Anzahl der benötigten Arbeitsplätze festgelegt. Diese stellen selbst jedoch kein Merkmal der Organisationsform dar. Die Ausgestaltung der Organisationsform ist von einer Vielzahl an Einflussgrößen aus den Kategorien Technik, Struktur und Potential abhängig.<sup>35</sup> Zu den Einflussgrößen zählen beispielsweise die Variantenkennzeichen, der Automatisierungsgrad oder die Systemverfügbarkeit beziehungsweise Redundanz der Systeme. Je nach Ausprägung und planungsindividueller Gewichtung der Einflussgrößen ergibt sich hieraus die benötigte Anzahl an Arbeitssystemen und deren Anordnung, die für MERZ die Organisationsform einer Montage darstellt.<sup>36</sup>

Die Beschreibungslogik von EVERSHEIM<sup>37</sup> greift in einem ersten Schritt auf das Unterscheidungsmerkmal der Montageprinzipien zurück. Hierzu zählen die beiden Ausprägungen Verrichtungsprinzip und Fließprinzip. Die Montageprinzipien werden in einem zweiten Schritt mit den Ausprägungen der Merkmale Arbeitsplatz- sowie Montageobjektbewegung kombiniert. Bei der Arbeitsplatz- sowie Montageobjektbewegung wird zwischen den beiden Ausprägungen stationär und bewegt unterschieden. Aus der Kombination der beiden Montageprinzipien mit den Ausprägungen der beiden anderen Merkmale lassen sich fünf möglichen Organisationsformen für die Montage bilden. Hierzu gehören Baustellen-, Gruppen-, Reihen-, Taktstraße und kombinierte Fließmontage. Weitere Klassifizierungsmerkmale zur Beschreibung der Organisation der Montage werden nicht genannt.

In seinem Grundlagenwerk gibt TSCHÄTSCH<sup>38</sup> keine Definition für den Begriff Organisationsform, sondern beschreibt verschiedene Elemente zur Gestaltung des Arbeitsablaufes in der Fertigung, wobei unter Fertigung Teilefertigung und Montage zusammengefasst sind. Ein Element zur Gestaltung des Arbeitsablaufes stellt die Fertigungsart dar. Zu den charakteristischen Merkmalen für die verschiedenen Fertigungsarten gehören die zu fertigenden Stückzahl, die Arbeitsunterlagen, nach denen gefertigt wird, die Maschinenauswahl, die Qualifikation der Arbeitskräfte sowie die Anordnung der Maschinen und Fertigungseinrichtungen. Die Ausprägungen der verschiedenen Merkmale lassen sich zu fünf verschiedenen Fertigungsarten kombinieren. Hierzu gehören Muster-, Einzel-, Serien-, Massen- und Sortenfertigung. Ein weiteres Element zur Gestaltung des Arbeitsablaufes ist die Wahl eines geeigneten Ablaufprinzips. TSCHÄTSCH unterscheidet zwischen ortsgebundenen und ortsveränderlichen Arbeitssystemen. Bei ortsveränderlichen Arbeitssystemen wird in einem weiteren Schritt differenziert, ob der Arbeitsgegenstand ortsgebunden oder ortsveränderlich ist. Je nach Ausprägung ergeben sich verschiedene Ablaufprinzipien. Insgesamt unterscheidet TSCHÄTSCH neun verschiedene Ablaufprinzipien, die in Kombination mit der Fertigungsart die Ausgestaltung des Arbeitsablaufes determinieren.

SILBERBACH<sup>39</sup> und PETERSEN<sup>40</sup> haben sich in ihren Arbeiten systematisch mit der Beschreibung und Bildung von Organisationsformen in (Teile-)Fertigung und Montage auseinandergesetzt. Die entwickelten Systematiken basieren auf einer Betrachtung und Zusammenführung verschiedener

---

<sup>35</sup> Vgl. Merz, K. P. 1987: 50-51.

<sup>36</sup> Vgl. Merz, K. P. 1987: 59-60.

<sup>37</sup> Vgl. Eversheim, W. 1996: 133–136.

<sup>38</sup> Vgl. Tschätsch, H. 1996: 41–56.

<sup>39</sup> Vgl. Silberbach, K. 1997.

<sup>40</sup> Vgl. Petersen, T. 2005.

Beschreibungssystematiken aus der bestehenden Literatur. Hierfür werden in einem ersten Schritt aus den verschiedenen Ausprägungen der Klassifizierungskriterien Raum und Zeit klassische Organisationsformen der Teilefertigung<sup>41</sup> sowie der Montage<sup>42</sup> gebildet. Dies geschieht sowohl unter Berücksichtigung identifizierter Kombinationsrestriktionen als auch der Praxisrelevanz der verschiedenen Organisationsformen. Das dritte Klassifizierungskriterium stellt die sachliche Dimension dar. Sowohl SILBERBACH als auch PETERSEN fassen hierunter ausschließlich technische Gestaltungskriterien zusammen, die sich aus den verfügbaren technischen (Unterstützungs)-Systemen für die verschiedenen Tätigkeiten in Teilefertigung und Montage ableiten.

Die Arbeit von KRATZSCH<sup>43</sup> fokussiert sich auf die organisatorische Ausgestaltung von Fließmontagesystemen. Ein Fließmontagesystem stellt dabei keine spezifische Organisationsform dar. Diese wird vielmehr als Form der räumlichen und zeitlichen Zusammenfassung von Betriebsmitteln und Mitarbeitenden zu einer organisatorischen Einheit verstanden. Als Gestaltungskategorien sind dabei die Prozess- und Arbeitsorganisation zu berücksichtigen.<sup>44</sup> In diesen beiden Kategorien gibt es eine Vielzahl an Gestaltungskriterien mit unterschiedlichen Ausprägungen auf zwei weiteren Stufen.<sup>45</sup> Dabei wird jedoch nicht beschrieben, ob Restriktionen bezüglich der Kombinierbarkeit der einzelnen Ausprägungen vorliegen.

KÜHLING<sup>46</sup> verfolgt in seiner Dissertation einen Ansatz zur Gestaltung der Produktionsorganisation auf Basis von Modell- und Methodenbausteinen. Die Produktion kann demnach durch verschiedene Aspekte modelliert werden, wobei zwischen organisatorischen und gestalterischen Aspekten unterschieden wird. Diese lassen sich wiederum in qualitative und quantitative Parameter unterscheiden, aus deren Kombination der Ausprägungen sich eine bestimmte Struktur der Produktionsorganisation ergibt.

In seiner Arbeit beschreibt GRESCHKE<sup>47</sup> das Prinzip der Matrix-Produktion als ein Konzept einer taktunabhängigen Fließfertigung. Das Funktionsprinzip der Matrix-Produktion wird sehr detailliert erläutert. Jedoch erfolgt keine Einordnung dieses Prinzips in bestehende Systematiken zur Beschreibung von Organisationsformen in der Produktion.<sup>48</sup> Es bleibt damit unklar, inwieweit das entwickelte Prinzip der Matrix-Produktion eine Weiterentwicklung von bereits bestehenden Organisationsformen oder eine eigenständige Organisationsform ist.

Als einer von vier Bausteinen zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Montagesystemen entwickelt BELLMANN<sup>49</sup> eine Morphologie der Organisationsgestaltung.<sup>50</sup> Diese baut auf der bestehenden

---

<sup>41</sup> Vgl. Silberbach, K. 1997.

<sup>42</sup> Vgl. Petersen, T. 2005.

<sup>43</sup> Vgl. Kratzsch, S. 2000.

<sup>44</sup> Vgl. Kratzsch, S. 2000: 11.

<sup>45</sup> Vgl. Kratzsch, S. 2000: 41-42.

<sup>46</sup> Vgl. Kühling, M. 2000.

<sup>47</sup> Vgl. Greschke, P. I. 2016.

<sup>48</sup> Vgl. Greschke, P. I. 2016: 95–131.

<sup>49</sup> Vgl. Bellmann, V. 2019.

<sup>50</sup> Vgl. Bellmann, V. 2019: 68–84.

Beschreibungssystematik von PETERSEN<sup>51</sup> auf und ergänzt diese um weitere relevante Aspekte und Ausprägungen, um eine Bewertung vornehmen zu können. So wird beispielsweise im Bereich der räumlichen Dimension das Matrixprinzip als Ausprägung eingeführt. Differenzierungsmerkmal zwischen den verschiedenen Ausprägungen der räumlichen Dimension stellt dabei die Zuteilung der Arbeitsaufgaben zu den einzelnen Montagestationen eines Montagesystems dar. Des Weiteren wird im Bereich der räumlichen Dimension noch die Bewegungsrichtung von Mitarbeitenden und Montageobjekt als Gestaltungsaspekt herangezogen. Im Bereich der zeitlichen Dimension wird zudem noch berücksichtigt, inwieweit die einzelnen Montagestationen miteinander verkettet sind. Die Bildungssystematik bezieht sich jedoch ausschließlich auf Montagesysteme.

Die Systematik von WIENDAHL<sup>52</sup> beschreibt verschiedene Fertigungsprinzipien nach den Klassifizierungsmerkmalen Bewegungsstruktur sowie der zeitlichen, organisatorischen und räumliche Struktur des Fertigungssystems. Eine weitere Detaillierung möglicher Ausprägungen findet nicht statt. Auch das Ordnungskriterium nach WIENDAHL berücksichtigt lediglich die in der Praxis üblichen Fertigungsprinzipien. Eine Übertragung auf die Montage ist nur teilweise möglich und eine ausreichende Abbildung der vorliegenden Formen in der Praxis ist nicht möglich. Sowohl das Ordnungskriterium als auch das Fertigungsprinzip werden jedoch nicht den vorher genannten Klassifizierungsmerkmalen zugeordnet beziehungsweise anhand dieser beschrieben.

### 2.3 Forschungsbedarf und Anforderungen an eine einheitliche Beschreibungssystematik

In vorangegangenen Abschnitt wurde umfassend dargestellt, dass mit Hilfe der bestehenden Systematiken keine einheitliche und ausreichend differenzierte Beschreibung von Organisationsformen, die sowohl für die Fertigung als auch für die Montage gelten, möglich ist. So werden zum Beispiel die Organisationsformen der Fertigung in der Regel anhand von Fertigungsprinzipien unterschieden. Aufgrund ihrer Spezifika ist eine Übertragbarkeit der Fertigungsprinzipien auf die Montage nicht möglich. Gleiches gilt für die Organisationsformen in der Montage, welche insbesondere aufgrund ihrer Begrifflichkeiten nicht für die Beschreibung von Organisationsformen in der Fertigung anwendbar sind. Die bestehenden Systematiken verwenden also einerseits verschiedene Begrifflichkeiten für gleiche oder ähnliche Betrachtungsbereiche. Andererseits versuchen sie klare Abgrenzungen zwischen der Fertigung und der Montage zu schaffen, damit unterschiedliche Beschreibungen möglich sind. Die Differenzierung der verschiedenen Organisationsformen erfolgt damit häufig anhand von (weniger relevanten beziehungsweise zielunkritischen) Merkmalen, die nur für den jeweiligen Betrachtungsbereich (Fertigung oder Montage) Gültigkeit besitzen. Um eine einheitliche wissenschaftliche und praktische Diskussion zu ermöglichen, bedarf es somit einer Systematik, die unter Berücksichtigung der Spezifika von Fertigung und Montage ein gesamtheitliches Verständnis durch die einheitliche Beschreibung der Organisationsformen der Produktion schafft. Insbesondere lässt sich dieser Bedarf auch anhand der sehr ähnlichen Systematiken von SILBERBACH<sup>53</sup> und PETERSEN<sup>54</sup> ableiten. Die Verwendung gleicher beziehungsweise ähnlicher Begrifflichkeiten für die verschiedenen

---

<sup>51</sup> Vgl. Petersen, T. 2005.

<sup>52</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 40–54.

<sup>53</sup> Vgl. Silberbach, K. 1997.

<sup>54</sup> Vgl. Petersen, T. 2005.

Betrachtungsbereiche ((Teile-)Fertigung und Montage) hemmen eine gesamtheitliche Diskussion und können zu Unklarheiten und Fehlinterpretationen führen. Somit ist die erste Anforderung an eine neue Beschreibungssystematik wie folgt:

1. *Die Systematik muss eine eindeutige und differenzierte Beschreibung der Organisationsformen der Produktion ermöglichen und gleichermaßen für die Fertigung und Montage anwendbar sein.*

Sowohl anhand der Auseinandersetzung mit der Literatur als auch auf Basis der Diskussionen mit der Praxis lässt sich erkennen, dass die zum Teil sehr unterschiedlichen Bezeichnungen für die gleichen Organisationsformen nicht eindeutig nachvollziehbar sind. Aufgrund des fehlenden gemeinsamen Verständnisses sind Diskussionen oftmals ineffizient und hemmen die anschließenden strukturellen Entscheidungen. Bestehende Systematiken stellen zumeist lediglich eine Charakterisierung und Einteilung von Produktionskonzepten dar, die zu einer Zeit entstanden sind, als Organisationsformen noch eindeutig den Produktionsarten, wie zum Beispiel der Massen-, Serien- oder Einzelfertigung, zugeordnet werden konnten. Gleichermäßen bestand eine deutlich geringere Volatilität und somit auch ein geringerer Bedarf an Flexibilität und Wandlungsfähigkeit. Eine allgemeingültige Beschreibungssystematik muss daher eine Einordnung bestehender und etablierter Organisationsformen ermöglichen. Dies ist Voraussetzung für die Nutzung des bestehenden Forschungs- und Wissensstands sowie für weiterführende fachliche Diskussionen. Zudem ist es für die Praxis von hoher Relevanz, die Bedeutung der Auswahl einer spezifischen Organisationsform für die Zielwirksamkeit des Produktionssystems abschätzen zu können, wofür eine systematische Beschreibung der Organisationsformen die Grundlage darstellt. Durch eine klare Differenzierung der Organisationsformen der Produktion können darauf aufbauende Entscheidungsprozesse vereinfacht werden, da auch die langfristigen Handlungsauswirkungen bekannt sind. Folglich lässt sich die zweite Anforderung an die Beschreibungssystematik wie folgt ableiten:

2. *Die Systematik muss eine Einordnung und vollständige Beschreibung bestehender und etablierter Organisationsformen ermöglichen.*

Die umfassende Beschreibung des bestehenden Forschungsstands in Abschnitt 2.2 zeigt auf, dass einerseits bereits spätestens seit 1967 beispielsweise durch DOLEZALEK UND ROPOHL<sup>55</sup> als auch andererseits aktuell beispielsweise durch PETERSEN<sup>56</sup>, GÖPPERT ET AL.<sup>57</sup> oder BELLMANN<sup>58</sup> sowie die angewandte Forschung in der Industrie<sup>59</sup> die Beschreibung der bestehenden und neuer Organisationsformen in der Produktion von hoher Relevanz ist. Eine einheitliche Beschreibung und Unterscheidung neuer Konzepte, wie der Matrix-Produktion<sup>60</sup> und der Modularen-Montage, durch differenzierende, organisatorische Gestaltungsaspekte der Organisationsformen der Produktion ist jedoch bisher nicht möglich. Diese neuartigen Konzepte unterscheiden sich bezüglich ihres Detaillierungsgrades in der Darstellung, jedoch orientiert sich keines der Konzepte an den bestehenden

---

<sup>55</sup> Vgl. Dolezalek, C. M. und Ropohl, G. 1967a, 1967b.

<sup>56</sup> Vgl. Petersen, T. 2005.

<sup>57</sup> Vgl. Göppert, A. et al. 2018.

<sup>58</sup> Vgl. Bellmann, V. 2019.

<sup>59</sup> Vgl. Beuthner, A. 2017; KUKA AG 2020.

<sup>60</sup> Vgl. Petersen, T. 2005.

Beschreibungssystematiken, womit keine Einordnung und Vergleichbarkeit der verschiedenen bestehenden und neuartigen Konzepte möglich ist. Um allerdings auch zukünftig eine einheitliche Diskussion und Vertiefung der Beschreibung sowie Wirkung dieser neuen Ansätze zu ermöglichen, ist die einheitliche Differenzierung essenziell. Hieraus lässt sich die dritte Anforderung an eine Beschreibungssystematik ableiten:

3. *Die Systematik muss die Einordnung von neuen Organisationsformen der Produktion sowie neuer Konzepte von Produktionssystemen ermöglichen.*

Anhand der Darstellung der bestehenden Systematiken zur Beschreibung und Bildung von Organisationsformen wurde zudem deutlich, dass diese teilweise mit einem hohen Detaillierungsgrad ausgestattet sind, der zwar eine detaillierte Beschreibung der Organisationsform darstellt, jedoch keinen tatsächlichen Differenzierungscharakter mehr aufweist. Als Beispielfür einen differenzierenden Gestaltungsaspekt ist hier die Arbeitsplatz- und Montageobjektbewegung<sup>61</sup> und für eine detaillierende Beschreibung der Automatisierungsgrad<sup>62</sup> aufzuführen. Die Ausprägung des Gestaltungsaspekts der Arbeitsplatz- oder Montageobjektbewegung gilt in der Regel für den gesamten Betrachtungsbereich beziehungsweise das Produktionssystem. Bei unterschiedlicher Ausprägung sind die Bereiche durch komplexe Verknüpfungselemente miteinander zu koppeln. Mit diesem Gestaltungsaspekt wird somit eine übergeordnete Beschreibung auf Produktionssystemebene adressiert. Hingegen kann beim Gestaltungsaspekt des Automatisierungsgrads in der Regel für jedes Arbeitssystem einzeln definiert werden, welche Ausprägung der Aspekt aufweisen soll und bedarf weniger einer arbeitssystemübergreifenden Festlegung. Die Ausprägungen dieser Aspekte ermöglichen zwar die Beschreibung spezieller Konzepte mit ihren jeweils konkret auftretenden Restriktionen, jedoch keine allgemeingültige Unterscheidung der Organisationsformen der Produktion durch differenzierende, organisatorische Gestaltungsaspekte. Somit lässt sich die vierte und letzte Anforderung an eine Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion wie folgt ableiten:

4. *Die Systematik muss diejenigen Gestaltungsaspekte enthalten, die unter der Berücksichtigung von Fertigung und Montage für eine einheitliche und differenzierende Beschreibung der Organisationsformen der Produktion erforderlich sind. Dabei ist die Aufnahme von Gestaltungsaspekten zu vermeiden, die lediglich einer Detaillierung der Organisationsformen dienen und keine weiteren Erkenntnisse bezüglich der Differenzierung und Wirksamkeit der Organisationsform liefern.*

Im Folgenden wird die am Institut für Fabrikanlagen und Logistik entwickelte Beschreibungssystematik von Organisationsformen der Produktion vorgestellt. Die in diesem Abschnitt 2.3 aufgeführten Anforderungen dienen dabei abschließend als Bewertungskriterien für die neu entwickelte Beschreibungssystematik.

---

<sup>61</sup> Vgl. Eversheim, W. 1996: 133–136.

<sup>62</sup> Vgl. Merz, K. P. 1987: 33-34.

### 3 Beschreibung der Gestaltungsaspekte und Ausprägungen

Die am IFA entwickelte Beschreibungssystematik kategorisiert Organisationsformen der Produktion anhand von insgesamt sieben Gestaltungsaspekten, welche jeweils über verschiedene Ausprägungen in einem morphologischen Kasten spezifiziert und zusammengefasst sind. Dabei werden nur die differenzierenden Gestaltungsaspekte fokussiert und keine detaillierenden Beschreibungsaspekte berücksichtigt. Wenngleich diese Beschreibungsaspekte in der Praxis zur Ausgestaltung des Produktionssystems festgelegt werden müssen, haben sie keine Auswirkungen auf die Organisationsform der Produktion und stehen somit nicht im Fokus der entwickelten Beschreibungssystematik. Die differenzierenden Gestaltungsaspekte und ihre Ausprägungen wurden am IFA in Anlehnung an die bestehende Literatur und durch die Diskussionen mit der Praxis entwickelt. Bei der Beschreibung der differenzierenden Gestaltungsaspekte durch die Ausprägungen steht grundsätzlich das Produktionssystem im Fokus. Außerdem finden Restriktionen, welche aus dem jeweiligen Produkt resultieren, beispielsweise hinsichtlich der Bearbeitungsreihenfolge, keine Berücksichtigung zur Unterscheidung der Organisationsform. Die Gestaltungsaspekte sind bis auf die Kinematik und Art der Kinematik grundsätzlich voneinander unabhängig. Auf die Ausnahmen wird an entsprechender Stelle näher eingegangen.

Für die systematische und eindeutige Abgrenzung von Organisationsformen der Produktion sind die folgenden Gestaltungsaspekte in der Beschreibungssystematik berücksichtigt:

- das primäre Ordnungskriterium,
- die Kinematik von Mitarbeitenden, Betriebsmitteln und Produktionsobjekten,
- die Art der Kinematik von Mitarbeitenden, Betriebsmitteln und Produktionsobjekten,
- die Taktung,
- die Art der Verkettung der Arbeitssysteme,
- die Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen,
- die Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen.

Aus den dargestellten Gestaltungsaspekten und den zugehörigen Ausprägungen ergibt sich die am IFA entwickelte Beschreibungssystematik von Organisationsformen der Produktion. Die Abbildung 3.1 stellt eine zusammenfassende Darstellung dieser Systematik dar. Nachfolgend werden die Gestaltungsaspekte und zugehörigen Ausprägungen einzeln definiert und erläutert.

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen				
Primäres Ordnungskriterium	Produkt-zentrierung	Ressourcen-zentrierung	Funktions-orientierung	Arbeitsabfolge-orientierung	Variantenmix-orientierung	
Kinematik	Mitarbeitende	Stationär *	Instationär gerichtet	Instationär ungerichtet	Instationär ungerichtet	
	Betriebsmittel	Stationär *	Instationär gerichtet	Instationär ungerichtet	Instationär ungerichtet	
	Produktions-objekte	Stationär *	Instationär gerichtet	Instationär ungerichtet	Instationär ungerichtet	
Art der Kinematik	Mitarbeitende	Keine *	Diskontinuierlich (mit zeitlicher Unterbrechung)	Kontinuierlich (ohne zeitliche Unterbrechung)	Kontinuierlich (ohne zeitliche Unterbrechung)	
	Betriebsmittel	Keine *	Diskontinuierlich (mit zeitlicher Unterbrechung)	Kontinuierlich (ohne zeitliche Unterbrechung)	Kontinuierlich (ohne zeitliche Unterbrechung)	
	Produktions-objekte	Keine *	Diskontinuierlich (mit zeitlicher Unterbrechung)	Kontinuierlich (ohne zeitliche Unterbrechung)	Kontinuierlich (ohne zeitliche Unterbrechung)	
Taktung	Nicht getaktet					
Art der Verkettung der Arbeitssysteme	Keine	Keine	Los e	Elas tisch	Starr	
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen	Fix					
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen	Fix					

\* Gegenseitige Abhängigkeit: Die Ausprägung „stationär“ für die Kinematik bedingt direkt die Ausprägung „keine“ für die Art der Kinematik des jeweiligen Elements

Abbildung 3.1: Zusammenfassung der Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

Das **Primäre Ordnungskriterium** beschreibt den zentralen Betrachtungsfokus, an welchem sich die Gestaltung des Produktionssystems ausrichtet. Dieser kann *produktzentriert*, *ressourcenzentriert*, *funktionsorientiert*, *arbeitsabfolgeorientiert* oder *produktmixorientiert* erfolgen (vgl. Abbildung 3.2).<sup>63</sup>

Bei der *Produktzentrierung* stellt das stationäre Produktionsobjekt den Fokus des Produktionssystems dar. Alle Abläufe und Ressourcen sind auf die effiziente Wertschöpfung an dem stationären Produktionsobjekt ausgerichtet. Dementsprechend bewegen sich die Ressourcen zum Produktionsobjekt.

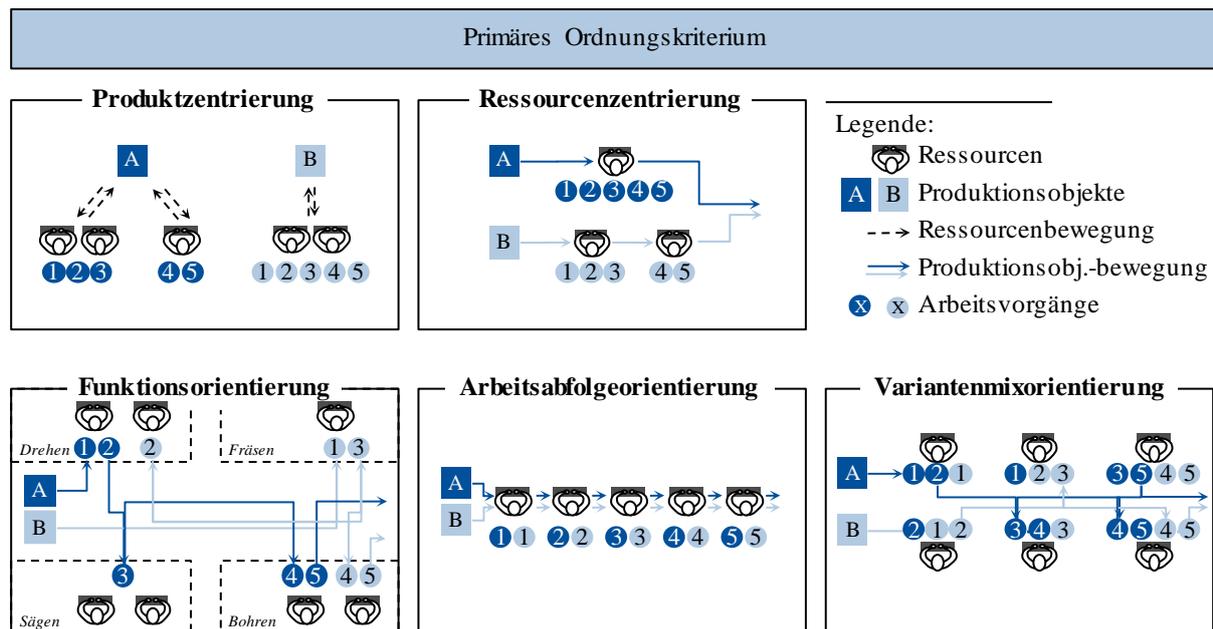


Abbildung 3.2: Ausprägungen des primären Ordnungskriteriums als ersten Gestaltungsaspekts der Beschreibungssystematik

Bei der Ressourcenzentrierung steht hingegen die stationäre Ressource in Form der Mitarbeitenden oder Betriebsmittel im Zentrum. Die Produktionsobjekte werden an unterschiedlichen Ressourcen bearbeitet, welche jeweils ein bestimmtes Spektrum an produktspezifischen Arbeitsvorgängen abdecken. Im einfachsten Fall werden alle Arbeitsvorgänge eines Produktionsobjektes an einer Ressource ausgeführt (vgl. Produktionsobjekt A in Abbildung 3.2). Es kann aber auch eine Aufteilung der produktspezifischen Arbeitsvorgänge an unterschiedlichen Ressourcen erfolgen.

Sind die unterschiedlichen Arten von Ressourcen anhand ihrer Funktion räumlich zusammengefasst, handelt es sich um eine *Funktionsorientierung*. Die Produktionsobjekte werden in den Funktionsbereichen entsprechend der produktionstechnischen Arbeitsvorgänge bearbeitet. Innerhalb dieser einzelnen Bereiche können die Produktionsobjekte zumeist unterschiedlichen Ressourcen zugeordnet werden.

Die *Arbeitsabfolgeorientierung* fokussiert die Reihenfolge der Arbeitsvorgänge. Die Ressourcen sind in einer entsprechenden Reihenfolge angeordnet und die Produktionsobjekte durchlaufen sequenziell die einzelnen Ressourcen. Üblicherweise handelt es sich bei den Produktionsobjekten hierbei um sich ähnelnde Produktvarianten.

<sup>63</sup> in Anlehnung an Kreikebaum, H. 1979: 1392–1394; Eversheim, W. 1989: 30; Wiendahl, H.-P. 2014: 42.

Bei der *Variantenmixorientierung* werden die Arbeitssysteme mit verschiedenen Funktionen ausgestattet, sodass die Anforderung der hohen Varianz des Produktportfolios mit einer geringen Anzahl an Arbeitssystemen abgedeckt werden kann. Durch die Mehrfachausstattung bzw. -qualifikation der Ressourcen wird die Flexibilität des Systems zur Produktion verschiedener Bedarfe sowie kurzer Materialflüsse fokussiert. Des Weiteren können durch das umfangreiche Funktionsspektrum der Arbeitssysteme hohe Wertschöpfungsanteile in Verbindung mit kurzen Durchlaufzeiten realisiert werden.

Als weitere zentrale Gestaltungsaspekte sind zudem die **Kinematik** und die **Art der Kinematik** zu berücksichtigen. Da sich Mitarbeitende, Betriebsmittel und Produktionsobjekte in einer Produktion auch unabhängig voneinander bewegen können, erfolgt für diese drei Elemente dementsprechend eine differenzierte Betrachtung der jeweiligen Ausprägungen. Bezogen auf ein spezifisches Element bestehen dabei dennoch direkte Abhängigkeiten zwischen den beiden Gestaltungsaspekten, welche in den folgenden Beschreibungen herausgestellt sind.

Die **Kinematik** beschreibt die Bewegung der einzelnen Elemente während und zwischen den Bearbeitungsvorgängen. Alle drei Elemente werden wie eingangs deklariert unabhängig voneinander betrachtet und lassen sich durch die Ausprägungen *stationär*, *instationär gerichtet* sowie *instationär ungerichtet* beschreiben.<sup>64</sup> *Stationär* bedeutet, dass das entsprechende Element stets am selben Ort verbleibt. Bei einer Produktzentrierung ist bspw. das Produktionsobjekt stationär, bei einer Ressourcenzentrierung die Ressource. Ist die Kinematik *instationär gerichtet*, so erfolgt die Bewegung des Elements stets in die gleiche Richtung, beispielsweise das Produktionsobjekt in der klassischen Fließmontage. Rückflüsse sind dabei nur insofern möglich, als dass sie für entsprechende Elemente bereits bei der Systemauslegung geplant und im Betrieb in derselben Routine durchzuführen sind. Dies bildet den Gegensatz zur *instationär ungerichteten Kinematik*. Hier verändert das jeweilige Element ebenfalls seine Position, allerdings erfolgt hier die Bewegung nicht ausschließlich in eine Richtung oder wird in der Systemplanung bereits durch eine eindeutige Routine festgelegt. So kann die Bewegung des Elements durch eine Steuerung flexibel in verschiedene Richtungen definiert werden.

Die **Art der Kinematik** erweitert den Aspekt der Kinematik um eine zeitliche Komponente und bezieht sich auf dieselben drei Elemente. Dabei wird zwischen *keiner*, einer *diskontinuierlichen* und einer *kontinuierlichen Art der Kinematik* unterschieden.<sup>65</sup> *Keine Art der Kinematik* liegt immer dann vor, wenn die Kinematik mit stationär bewertet wurde, da keine zu bewertende Bewegung vorliegt. Bei einer *kontinuierlichen Art der Kinematik* bewegt sich das betrachtete Element durchgehend mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Als Beispiel wäre hier eine häufige Ausgestaltung der Montage im Automobilbau zu nennen, bei welcher sich die Produktionsobjekte kontinuierlich auf einem Montageband durch die Produktion bewegen. Bei der *diskontinuierlichen Art der Kinematik* erfolgen hingegen mehrere einzelne Bewegungen, welche meist durch stationäre Zustände unterbrochen werden. Als Beispiel kann hierzu eine Reihenmontage dienen, in der das Produktionsobjekt von Arbeitssystem zu Arbeitssystem bewegt wird.<sup>66</sup>

---

<sup>64</sup> Vgl. Miese, M. 1976: 63; Hoeschen, R.-D. 1978: 32; Rümmler, G. et al. 1982: 353; Eversheim, W. 1989: 175-176; Silberbach, K. 1997: 63.

<sup>65</sup> Vgl. Hoeschen, R.-D. 1978: 32; Eversheim, W. 1989: 175-176.

<sup>66</sup> Vgl. Eversheim, W. 1996: 133–136; Günther, H.-O. und Tempelmeier, H. 2014: 20.

Die **Taktung** beschreibt die gegenseitige zeitliche Abhängigkeit der Wertschöpfungstätigkeiten der Arbeitssysteme eines Produktionssystems.<sup>67</sup> Handelt es sich um ein *getaktetes System*, so erfolgt der Start der Bearbeitung des nächsten Produktionsobjekts bzw. die Weitergabe der Produktionsobjekte zum jeweils gleichen Zeitpunkt an allen Arbeitssystemen innerhalb des betrachteten Produktionssystems. Jene Arbeitssysteme haben somit einen definierten Zeitraum (Takt) zur Ausführung der Arbeitsinhalte.<sup>68</sup> Die Länge des Takts ist dabei unter anderem von den Produkten abhängig und kann sowohl im Sekunden-, Minuten- als auch Stundenbereich liegen. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass bei einem stationären Produktionsobjekt die Mitarbeitenden- oder Betriebsmittelbewegung *getaktet* ist. Die Angabe der Taktung bezieht sich immer auf die drei Elemente (Betriebsmittel, Mitarbeitende oder Produktionsobjekt), die bei der Beschreibung der Kinematik und Art der Kinematik eine Bewegung aufweisen. In einem *getakteten System* gilt es, die Arbeitsinhalte gleichmäßig auf die einzelnen Arbeitssysteme zu verteilen, um die nicht wertschöpfende Zeit, in der in einem Arbeitssystem keine Arbeitsinhalte an einem Produktionsobjekt ausgeführt werden, möglichst gering zu halten. Eine Taktung eines Systems ist übergeordnet festgelegt und kann dennoch durch geplante oder auch spontane Maßnahmen umgangen werden. So kann beispielsweise durch das Driften von Mitarbeitenden über die Arbeitssystemgrenze, den Einsatz von Springerpersonal oder die Reihenfolgeplanung von Varianten, im Einzelfall ein größerer Arbeitsinhalt als der Takt bzw. der Mittelwert der Arbeitsumfänge der Produktionsobjekte an dem Arbeitssystem in diesem ausgeführt werden. In einem *nicht getakteten System* besteht hingegen keine direkte zeitliche Abhängigkeit von der Bearbeitung der Produktionsobjekte und den drei Elementen des Produktionssystems. Dennoch müssen auch in einem *nicht getakteten Produktionssystem* die Arbeitsinhalte der Arbeitssysteme aufeinander abgestimmt werden, um die technischen Voraussetzungen einzuhalten und Störungen zu vermeiden. Beispielsweise sollten Puffer nicht überfüllt werden oder Arbeitsstationen aufgrund von fehlendem Material oder Bauteilen nicht warten müssen.

Die **Art der Verkettung der Arbeitssysteme** bestimmt die zeitliche Entkopplung und somit die Auswirkungen von Störungen auf den Produktionsprozess. Dadurch wird eine Abstimmung und Synchronisierung der benachbarten Arbeitssysteme ermöglicht. Der Gestaltungsaspekt wird in den Ausprägungen der *losen*, *elastischen* und *starr* Verkettung unterschieden.<sup>69</sup> Die Art der Verkettung hängt unmittelbar mit der Puffergröße zwischen den einzelnen Arbeitssystemen zusammen. Eine *starre* Verkettung von Arbeitssystemen resultiert daraus, dass keine Puffer zwischen den Arbeitssystemen bestehen. In der Folge führt eine Störung eines Arbeitssystems unmittelbar zur Störung des gesamten Systems. Um dieser Gefahr zu begegnen, ist es möglich, die Arbeitssysteme durch die Einrichtung von Puffern voneinander zu entkoppeln. Dies wird als *elastische Verkettung* bezeichnet und ermöglicht durch die Dimensionierung der Puffergröße eine zeitliche Entkopplung der angrenzenden Arbeitssysteme voneinander. Auftretende Störungen wirken sich nicht unmittelbar auf Vorgänger- und Nachfolgersysteme sowie das Gesamtsystem aus, sondern in Abhängigkeit der gewählten Puffergröße erst nach einer bestimmten Zeit. Ist die Puffergröße so groß gewählt, dass Störungen in der Praxis keinen Einfluss mehr auf das Gesamtsystem haben und somit eine maximale zeitliche Entkopplung besteht, handelt es sich um eine *lose Verkettung*. In der Theorie wird von einem unendlich großen Puffer

---

<sup>67</sup> Vgl. Miese, M. 1976: 35–38; Hoeschen, R.-D. 1978: 32-33.

<sup>68</sup> Vgl. Miese, M. 1976: 35-36, 38; Hoeschen, R.-D. 1978: 32-33.

<sup>69</sup> Vgl. Rümmler, G. et al. 1982: 353; Wiendahl, H.-P. und Hegenscheidt, M. 2012: 337-338.

ausgegangen, der in der Praxis lediglich annäherungsweise durch für den Betrachtungsbereich sehr großer Puffergrößen erreicht wird. Bestehen keine Vor- und Nachfolgerbeziehungen zwischen den einzelnen Arbeitssystemen, wie in der Einzelplatzmontage, so besteht *keine Verkettung* der Arbeitssysteme.<sup>70</sup>

Die **Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen** beschreibt die Fähigkeit des Produktionssystems, die zur Herstellung eines Produkts erforderlichen Arbeitsvorgänge in der Reihenfolge zu vertauschen und damit eine teilweise variable Abfolge der Arbeitsvorgänge zu ermöglichen.<sup>71</sup> Vorausgesetzt wird hierbei, dass das Produktionsobjekt eine Variation in der Reihenfolge der Durchführung seiner Arbeitsvorgänge zulässt. Der Fokus dieses Gestaltungsaspekts liegt auf den Möglichkeiten des Produktionssystems, solch eine Variation zuzulassen. Wenn das Produkt keine Variabilität zulässt, das Produktionssystem dies jedoch ermöglichen würde, wäre das Produktionssystem somit dennoch variabel. Verfügt das System über eine *fixe Reihenfolge* von Arbeitsvorgängen, so ist keine Variation der Arbeitsvorgangsfolge möglich. Die durchzuführenden Arbeitsvorgänge müssen dabei in der festgelegten Reihenfolge erfolgen. Wird durch das System hingegen mindestens eine alternative Arbeitsvorgangsfolge ermöglicht, so handelt es sich um eine *variable Reihenfolge* der Arbeitsvorgänge. In einer starr verketteten Arbeitsabfolgeorientierung ist die Reihenfolge üblicherweise fix, wohingegen eine Funktionsorientierung aus Sicht des Produktionssystems zumeist eine variable Reihenfolge von Arbeitsvorgängen zulässt.

Die **Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen** umfasst die Möglichkeit, einen Arbeitsvorgang innerhalb des Produktionssystems verschiedenen Ressourcen mit ähnlichen Prozessfähigkeiten zuordnen zu können.<sup>72</sup> Hierbei kann es sich bspw. um mehrfach qualifizierte Mitarbeitende oder ein Betriebsmittel handeln, welches die grundsätzliche Ausstattung zur Bearbeitung verschiedener Arbeitsvorgänge beinhaltet. Sobald mindestens eine Variationsmöglichkeit gegeben ist, handelt es sich um eine *variable Zuordnung*. Eine *fixe Zuordnung* besteht, falls keine einzige Variationsmöglichkeit gegeben ist. In einem Produktionssystem, welches aus mehreren gleichqualifizierten Einzelarbeitsplätzen besteht, ist die Zuordnung beispielsweise *variabel*, bei nur einem einzigen Einzelarbeitsplatz oder unterschiedlichen, technologisch spezifisch ausgestatteten Einzelarbeitsplätzen ist die Zuordnung hingegen *fix*.

Die vorgestellte Beschreibungssystematik von Organisationsformen der Produktion ermöglicht durch die Kombination der Ausprägungen der Gestaltungsaspekte die bestehenden, etablierten Organisationsformen abzubilden und zu unterscheiden. Des Weiteren kann auch eine Einordnung neuer, eingangs in Kapitel 1 genannter Konzepte erfolgen. Diese Einordnung wird im folgenden Abschnitt anhand ausgewählter Beispiele durchgeführt.

---

<sup>70</sup> Vgl. Rümmler, G. et al. 1982: 353; Wiendahl, H.-P. und Hegenscheidt, M. 2012: 337-338.

<sup>71</sup> Vgl. Silberbach, K. 1997: 63.

<sup>72</sup> Vgl. Silberbach, K. 1997: 62-63.

## 4 Exemplarische Anwendung der Beschreibungssystematik

Die vorgestellte Systematik soll im Folgenden exemplarisch angewendet werden. Dazu werden in Abschnitt 4.1 mit der Werkstatt-Produktion und der Fließ-Produktion zunächst zwei klassische Organisationsformen beschrieben und eingeordnet. Diese Beispiele zeigen zudem die Einordnung einer Organisationsform der Fertigung und der Montage auf. Darauf folgend werden in Abschnitt 4.2 neuartige Konzepte anhand der Beschreibungssystematik charakterisiert und differenziert betrachtet.

### 4.1 Beschreibung und Einordnung klassischer Organisationsformen

Die folgende Abbildung zeigt die Einordnung der Werkstatt-Produktion in Anlehnung an die Definition nach WIENDAHL<sup>73</sup> in die entwickelte Beschreibungssystematik (vgl. Abbildung 4.1).

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen der Werkstatt-Produktion	
Primäres Ordnungskriterium		Funktionsorientierung	
Kinematik	Mitarbeitende	Stationär *	Instationär gerichtet
	Betriebsmittel	Stationär	
	Produktionsobjekte	Instationär ungerichtet	
Art der Kinematik	Mitarbeitende	Keine *	Diskontinuierlich
	Betriebsmittel	Keine	
	Produktionsobjekte	Diskontinuierlich	
Taktung		Nicht getaktet	
Art der Verkettung der Arbeitssysteme		Lose	Elastisch
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen		Variabel	
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		Variabel	

\* Gegenseitige Abhängigkeit: Die Ausprägung „stationär“ für die Kinematik bedingt direkt die Ausprägung „keine“ für die Art der Kinematik des jeweiligen Elements

Abbildung 4.1: Einordnung der Werkstatt-Produktion in die Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

Die Werkstatt-Produktion wird meist für Fertigungs- und weniger häufig für Montagevorgänge beschrieben. Die Arbeitsplätze werden in der Werkstatt-Produktion nach dem Bearbeitungsverfahren angeordnet. Die Funktionen der Ressourcen stehen demnach als primäres Ordnungskriterium der

<sup>73</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 42-43.

Funktionsorientierung im Fokus dieser Organisationsform. Beispielsweise wird in eine Dreherei, Fräseerei, Bohreerei und andere unterteilt. Die Mitarbeitenden sind entweder stationär an einem fest zugewiesenen stationären Betriebsmittel tätig oder bewegen sich instationär ungerichtet und diskontinuierlich zwischen verschiedenen Betriebsmitteln.<sup>74</sup> Das Produktionsobjekt wird instationär ungerichtet und diskontinuierlich zwischen den verschiedenen Arbeitsstationen transportiert.<sup>75</sup> Eine Werkstatt-Produktion ist nicht getaktet und die Verkettung erfolgt lose oder elastisch. Zudem ermöglicht sie eine flexible Anpassung an unterschiedliche Werkstücke und Bearbeitungsfolgen und lässt somit eine Variation der Reihenfolge von Arbeitsvorgängen zu. Gleichmaßen kann auch die Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen variabel sein, da häufig vor allem der Funktionsumfang des Betriebsmittels relevant ist.<sup>76</sup>

Im Gegensatz zur Werkstatt-Produktion ist die Fließ-Produktion typischerweise eher bei Montage- als bei Fertigungsvorgängen vertreten.<sup>77</sup> Der Fokus liegt in der Einhaltung der Arbeitsabfolge und das primäre Ordnungskriterium ist somit die Arbeitsabfolgeorientierung.<sup>78</sup> Bezüglich der Kinematik herrscht in der Literatur kein einheitliches Bild. LOTTER<sup>79</sup> beschreibt die Mitarbeitenden sowie Betriebsmittel als stationär, während sich das Produktionsobjekt gerichtet und diskontinuierlich bewegt. WIENDAHL<sup>80</sup> beschreibt dagegen mit der Reihenmontage, der Taktstraßenmontage und der kombinierten Fließmontage verschiedene Varianten der Fließ-Produktion, die sich anhand ihrer Kinematik unterscheiden. Während die Produktionsobjekte sich bei jedem Konzept bewegen und alle Bewegungen stets gerichtet stattfinden, werden die Betriebsmittel nur in der kombinierten Fließmontage bewegt. Eine Fließ-Produktion kann sowohl nicht getaktet als auch getaktet ausgelegt werden.<sup>81</sup> Auch die Verkettung kann lose bzw. elastisch oder starr ausgelegt werden.<sup>82</sup> Eine Variabilität in der Reihenfolge der Bearbeitung sowie der Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen ist nicht vorgesehen (vgl. Abbildung 4.2).<sup>83</sup>

---

<sup>74</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 42-43; Lödding, H. 2016: 123.

<sup>75</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 42.

<sup>76</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 42-43.

<sup>77</sup> Vgl. REFA 1991: 78-90; Richter, M. 2006: 97-98, 102-103; Wiendahl, H.-P. 2014: 43-45.

<sup>78</sup> Vgl. REFA 1991: 85-86; Wiendahl, H.-P. 2014: 43.

<sup>79</sup> Vgl. Lotter, B. 2012: 53.

<sup>80</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 42-43.

<sup>81</sup> Vgl. Lotter, B. 2012: 53.

<sup>82</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 45.

<sup>83</sup> Vgl. Wiendahl, H.-P. 2014: 45.

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen der Fließ-Produktion		
Primäres Ordnungskriterium		Arbeitsabfolgeorientierung		
Kinematik	Mitarbeitende	Stationär *	Instationär gerichtet	
	Betriebsmittel	Stationär *	Instationär gerichtet	
	Produktions-objekte	Stationär *	Instationär gerichtet	
Art der Kinematik	Mitarbeitende	Keine *	Diskontinuierlich	Kontinuierlich
	Betriebsmittel	Keine *	Diskontinuierlich	Kontinuierlich
	Produktions-objekte	Keine *	Diskontinuierlich	Kontinuierlich
Taktung		Nicht getaktet		Getaktet
Art der Verkettung der Arbeitssysteme		Lose	Elastisch	Starr
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen		Fix		
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		Fix		

\* Gegenseitige Abhängigkeit: Die Ausprägung „stationär“ für die Kinematik bedingt direkt die Ausprägung „keine“ für die Art der Kinematik des jeweiligen Elements

Abbildung 4.2: Einordnung der Fließ-Produktion in die Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

Ergänzend zu den zuvor ausführlich dargestellten Beispielen der Werkstatt- und Fließ-Produktion zeigt die folgende Tabelle die Einordnung weiterer in der Literatur beschriebener Organisationsformen der Montage und Fertigung in die neue Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion (vgl. Abbildung 4.3).

Organisationsform (Autor)		Bausteilen-Produktion	Gruppen-Produktion	Einzelplatz-Produktion	Werkbank-Produktion	Werkstatt-Produktion	Fließ-Produktion	Insel-Produktion	Reihen-Produktion	
Gestaltungsaspekte	Primäres Ordnungskriterium	(Miese, Hoesch, Warnecke, REFA, Wiendahl, Lotter)	(Miese, Hoesch, Wiendahl)	(Warnecke, Silberbach, Lotter)	(REFA, Wiendahl)	(Warnecke, Silberbach, REFA, Günther, Wiendahl, Lödging)	(Miese, Hoesch, Warnecke, Silberbach, REFA, Wiendahl)	(REFA, Wiendahl, Lotter, Günther)	(Miese, Hoesch, REFA, Lotter)	
		Produktzentrierung	Produktzentrierung	Ressourcenzentrierung	Ressourcenzentrierung	Funktionsorientierung	Arbeitsabfolgeorientierung	Arbeitsabfolgeorientierung	Arbeitsabfolgeorientierung	
	Kinematik	Mitarbeitende	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär
		Betriebsmittel	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär
	Art der Kinematik	Produktionsobjekte	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär	Stationär
		Mitarbeitende	Keine	Diskontinuierlich	Keine	Kontinuierlich	Keine*	Keine*/Diskontinuierlich	Keine*	Keine
		Betriebsmittel	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine
	Taktung	Produktionsobjekte	Keine	Keine	Keine	Kontinuierlich	Diskontinuierlich	Dis-/Kontinuierlich	Diskontinuierlich	Diskontinuierlich
			Nicht getaktet	Nicht getaktet	Nicht getaktet	Nicht getaktet	Nicht getaktet	Nicht getaktet; Getaktet	Nicht getaktet	Nicht getaktet
	Reihenfolge der Durchführungen von Arbeitsvorgängen	Art der Verkettung der Arbeitssysteme	Keine	Elastisch; Starr	Keine	Keine	Lose; Elastisch	Lose; Elastisch; Starr	Lose; Elastisch	Keine
		Fix	Fix	Fix	Fix	Variabel	Fix	Fix	Fix	
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	
		Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	Fix	

\* Gegenseitige Abhängigkeit: Die Ausprägung „stationär“ für die Kinematik bedingt direkt die Ausprägung „keine“ für die Art der Kinematik des jeweiligen Elements

Abbildung 4.3: Einordnung bestehender Organisationsformen der Montage und Fertigung<sup>84</sup> in die Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

<sup>84</sup> Vgl. Miese, M. 1976: 34; Hoesch, R.-D. 1978: 32-33; Warnecke, H.-J. 1984: 477-491; REFA 1991: 74-98; Silberbach, K. 1997: 86-87; Richter, M. 2006: 103-105; Günther, H.-O. und Tempelmeier, H. 2014: 11-15; Wiendahl, H.-P. 2014: 29-30, 42-43; Lödging, H. 2016: 123.

## 4.2 Beschreibung und Einordnung neuartiger Konzepte

Neuartige Konzepte, die in der Literatur beschrieben werden, haben vor allem eine Eigenschaft gemeinsam: Sie sollen auf die steigende Variantenvielfalt durch immer stärkere Individualisierung der Produkte durch den Kunden reagieren können.<sup>85</sup> Das primäre Ordnungskriterium wird somit für alle neuen Konzepte der Variantenmixorientierung zugeordnet. Im Folgenden sollen exemplarisch drei viel diskutierte neuartige Konzepte in die Beschreibungssystematik eingeordnet werden und bestehende Lücken der Differenzierung zu den beschriebenen klassischen Organisationsformen aufgezeigt werden.

Der Begriff der Modularen Montage wurde vorrangig durch das Konzept der Montage des Audi A8 der AUDI AG geprägt und von verschiedenen Autoren beschrieben. Aufgrund des primären Ziels, auf den steigenden Variantenmix zu reagieren, wird dieses Konzept der Variantenmixorientierung zugeordnet (vgl. Abbildung 4.4).<sup>86</sup> In der modularen Montage werden die Mitarbeitenden als stationär in einer Montagezelle verbleibend beschrieben.<sup>87</sup> Die Betriebsmittel sind ebenso stationär als Montagezellen ausgestattet. Der Transport des Produktionsobjektes erfolgt durch fahrerlose Transportsysteme instationär ungerichtet und diskontinuierlich.<sup>88</sup> Die modulare Montage hat keine feste Taktzeit. Stattdessen richtet sich die Verweildauer des Produktionsobjektes in der Montagestation nach der Dauer der Arbeitsinhalte.<sup>89</sup> Es besteht eine lose bzw. elastische Verkettung zwischen den Arbeitsstationen.<sup>90</sup> Hierbei wird über ein Leitsystem definiert, welchen individuellen Weg das Fahrzeug (Produktionsobjekt) zur nächsten Bearbeitungsstation nimmt. Sowohl die Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen als auch die Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen wird hierbei zur Erreichung einer hohen Flexibilität möglichst variabel gehalten.<sup>91</sup>

---

<sup>85</sup> Vgl. Greschke, P. I. und Herrmann, C. 2014: 688; Wiendahl, H.-P. 2014: 45; Greschke, P. I. 2016: 3; Herkommer, G. 2017; Göppert, A. et al. 2018: 151; KUKA AG 2020.

<sup>86</sup> Vgl. Herkommer, G. 2017.

<sup>87</sup> Vgl. Beuthner, A. 2017; Herkommer, G. 2017.

<sup>88</sup> Vgl. Beuthner, A. 2017; Herkommer, G. 2017.

<sup>89</sup> Vgl. Poll, D. 2016.

<sup>90</sup> Vgl. Beuthner, A. 2017.

<sup>91</sup> Vgl. Poll, D. 2016; Beuthner, A. 2017.

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen der Modularen Montage	
Primäres Ordnungskriterium		Variantenmixorientierung	
Kinematik	Mitarbeitende	Stationär	
	Betriebsmittel	Stationär	
	Produktionsobjekte	Instationär ungerichtet	
Art der Kinematik	Mitarbeitende	Keine	
	Betriebsmittel	Keine	
	Produktionsobjekte	Diskontinuierlich	
Taktung		Nicht getaktet	
Art der Verkettung der Arbeitssysteme		Lose	Elastisch
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen		Variabel	
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		Variabel	

Abbildung 4.4: Beschreibung des Konzepts der Modularen Montage nach HERKOMMER, BEUTHNER UND POLL<sup>92</sup> durch die Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

Eine weitere neuartige Organisationsform wird von GÖPPERT ET AL.<sup>93</sup> als frei verkettete Montage beschrieben (vgl. Abbildung 4.5). Auch diese legt den Fokus auf einen Variantenmix und ist daher bei der Variantenmixorientierung einzuordnen. Die Kinematik von Mitarbeitenden, Betriebsmitteln und Produktionsobjekten wird nicht differenziert. Zwar werden ein flexibles Transportsystem, raumungebundene Montageressourcen und eine flexible räumliche Koppelung erwähnt, eine genaue Beschreibung, wie die Bewegung stattfindet, fehlt jedoch. Auch die Taktung wird nicht differenziert ausgeführt. Der Fokus der beschriebenen Produktionsorganisation liegt auf dem Verzicht einer räumlichen und zeitlich starren Verkettung der einzelnen Montagestationen. Jedes Produkt durchläuft eine eigene Auftragsroute, wobei die Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen variieren kann. Eine Beschreibung, ob die Zuordnung der Arbeitsvorgänge zu den Ressourcen fix oder variabel ist, erfolgt nicht.<sup>94</sup>

<sup>92</sup> Poll, D. 2016; Beuthner, A. 2017; Herkommer, G. 2017.

<sup>93</sup> Vgl. Göppert, A. et al. 2018.

<sup>94</sup> Vgl. Göppert, A. et al. 2018: 151-152.

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen der frei verketteten Montage	
Primäres Ordnungskriterium		Variantenmixorientierung	
Kinematik	Mitarbeitende	-	
	Betriebsmittel	-	
	Produktionsobjekte	-	
Art der Kinematik	Mitarbeitende	-	
	Betriebsmittel	-	
	Produktionsobjekte	-	
Taktung		-	
Art der Verkettung der Arbeitssysteme		Lose	Elastisch
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen		Variabel	
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		-	

Legende:

„-“ – Keine Charakterisierung durch den Autor

Abbildung 4.5: Beschreibung des Konzepts der frei verketteten Montagesysteme nach GÖPPERT ET AL.<sup>95</sup> durch die Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

GRESCHKE UND HERRMANN<sup>96</sup> definieren als neues Konzept eine Matrix-Produktion. Auf Makroebene handelt es sich laut GRESCHKE UND HERRMANN<sup>97</sup> weiterhin um eine Fließfertigung, die aber taktunabhängig funktioniert. Da das primäre Ziel jedoch als Reaktion auf eine steigende Variantenvielfalt beschrieben wird, erfolgt eine Einordnung des Konzepts in die Variantenmixorientierung. Das Konzept beschreibt einen stationären Mitarbeitenden und instationäre Produktionsobjekte. Letztere bewegen sich entweder gerichtet, was nach GRESCHKE<sup>98</sup> als eindimensional bezeichnet wird, oder ungerichtet, was als zweidimensional definiert wird. Die Betriebsmittel bzw. Arbeitsstationen sind wiederum stationär. Das Produktionssystem ist in dem Konzept nicht getaktet. Ebenso wird die Verkettung zwischen den Arbeitsstationen durch ein flexibles Transportsystem lose bzw. elastisch gestaltet<sup>99</sup>. Redundante Arbeitszellen mit Mehrfachverwendung ermöglichen eine variable Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen<sup>100</sup>. Die Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen wird jedoch nicht weiter spezifiziert (vgl. Abbildung 4.6).

<sup>95</sup> Vgl. Göppert, A. et al. 2018.

<sup>96</sup> Vgl. Greschke, P. I. und Herrmann, C. 2014.

<sup>97</sup> Vgl. Greschke, P. I. und Herrmann, C. 2014: 688.

<sup>98</sup> Vgl. Greschke, P. I. 2016: 121.

<sup>99</sup> Vgl. Greschke, P. I. und Herrmann, C. 2014: 688.

<sup>100</sup> Vgl. Greschke, P. I. und Herrmann, C. 2014: 688; Greschke, P. I. 2016: 97, 116, 119.

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen der Matrix-Produktion nach GRESCHKE UND HERRMANN	
Primäres Ordnungskriterium		Variantenmixorientierung	
Kinematik	Mitarbeitende	Stationär	
	Betriebsmittel	Stationär	
	Produktionsobjekte	-	
Art der Kinematik	Mitarbeitende	Keine	
	Betriebsmittel	Keine	
	Produktionsobjekte	Diskontinuierlich	
Taktung		Nicht getaktet	
Art der Verkettung der Arbeitssysteme		Lose	Elastisch
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen		-	
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		Variabel	

Legende:

„-“ – Keine Charakterisierung durch den Autor

Abbildung 4.6: Beschreibung des Konzepts der Matrix-Produktion nach GRESCHKE UND HERRMANN<sup>101</sup> durch die Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

Der Begriff der Matrix-Organisation wird auch von der KUKA AG<sup>102</sup> verwendet. Das beschriebene Konzept ist auf die variantenreiche Produktion ausgelegt und daher ebenfalls dem primären Ordnungskriterium der Variantenmixorientierung zuzuordnen (vgl. Abbildung 4.7). Die beschriebenen Produktionszellen werden als stationäre Betriebsmittel fest in einem Raster angeordnet. Die Kinematik der Produktionsobjekte und Mitarbeitenden sowie die Taktung wird im Gegensatz zu der von GRESCHKE UND HERRMANN beschriebenen Matrix-Produktion nicht differenziert betrachtet. Da die Teilelogistik jederzeit in der Lage ist, flexibel auf andere Zellen auszuweichen, handelt es sich um eine lose oder elastische Verkettung. Die kategorisierten und standardisierten Produktionszellen sind mit produktneutralem Equipment und produktspezifischen Grundfunktionalitäten ausgestattet, sodass die Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen variabel gehalten werden kann.<sup>103</sup> Das Konzept der Matrix-Produktion von der KUKA AG<sup>104</sup> nimmt keinen Bezug zu den Ausführungen von GRESCHKE UND HERRMANN<sup>105</sup>, obwohl die gleiche Bezeichnung des Konzepts vorliegt. Hierdurch wird noch

<sup>101</sup> Vgl. Greschke, P. I. 2016.

<sup>102</sup> Vgl. KUKA AG 2020.

<sup>103</sup> Vgl. KUKA AG 2020.

<sup>104</sup> Vgl. KUKA AG 2020.

<sup>105</sup> Vgl. Greschke, P. I. und Herrmann, C. 2014.

einmal verdeutlicht, dass die Bezeichnungen der neuartigen Konzepte nicht einheitlich verwendet werden.

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen der Matrix-Produktion nach KUKA AG	
Primäres Ordnungskriterium		Variantenmixorientierung	
Kinematik	Mitarbeitende	-	
	Betriebsmittel	Stationär	
	Produktionsobjekte	-	
Art der Kinematik	Mitarbeitende	-	
	Betriebsmittel	Keine	
	Produktionsobjekte	-	
Taktung		-	
Art der Verkettung der Arbeitssysteme		Lose	Elastisch
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen		-	
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		Variabel	

Legende:

„-“ – Keine Charakterisierung durch den Autor

Abbildung 4.7: Beschreibung des Konzepts der Matrix-Produktion nach KUKA AG<sup>106</sup> durch die Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

Abschließend lässt sich bei den beschriebenen neuartigen Konzepten feststellen, dass sie nur lückenhaft und teilweise nicht einheitlich beschrieben werden und damit nicht klar voneinander abgrenzbar sind.

<sup>106</sup> Vgl. KUKA AG 2020.

## 5 Evaluation der Beschreibungssystematik und Definition der Variantenmix-Produktion

Nachdem im vorangegangenen Kapitel 4 ausgewählte Organisationsformen anhand der entwickelten Beschreibungssystematik charakterisiert und beschrieben wurden, ist nachfolgend zu überprüfen, inwieweit die Systematik die in Abschnitt 2.3 aufgestellten Anforderungen erfüllt.

1. *Die Beschreibungssystematik muss eine einheitliche Beschreibung der Produktion ermöglichen und gleichermaßen für die Fertigung und die Montage anwendbar sein.*

Die Einordnung einer klassischen Fließmontage sowie einer klassischen Werkstattfertigung zeigen, dass eine einheitliche Beschreibung für die Produktion umgesetzt wurde. Sowohl die relevanten Aspekte aus der Montage als auch die aus der Fertigung können mit der Systematik beschrieben werden.

2. *Die Beschreibungssystematik muss eine Einordnung und vollständige Beschreibung bestehender und etablierter Organisationsformen ermöglichen.*

Die in Abschnitt 4.1 aufgezeigte detaillierte Einordnung der Werkstatt- und Fließ-Produktion sowie der Überblick über die Einordnung weiterer bestehender Organisationsformen in Abbildung 4.3 zeigen, dass die Beschreibung und Abgrenzung bestehender Organisationsformen durch die vorgestellte Systematik möglich sind.

3. *Die Beschreibungssystematik muss die Einordnung von neuen Konzepten von Produktionssystemen Produktion ermöglichen.*

Die Einordnung neuartiger Konzepte wie der Modularen Montage, der frei verketteten Montagesysteme sowie der Matrix-Produktion in Abschnitt 4.2 zeigt, dass die Beschreibung neuartiger Konzepte durch die vorgestellte Systematik möglich ist.

4. *Die Beschreibungssystematik muss eine allgemeingültige Unterscheidung der Organisationsformen der Produktion durch die Verwendung der differenzierenden organisatorischen Gestaltungsaspekte ermöglichen. Detaillierende Aspekte, die für eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Organisationsformen nicht relevant sind, sollen dabei bewusst nicht aufgenommen werden.*

Mit elf Gestaltungsaspekten zur Beschreibung einer Organisationsform der Produktion zeigt sich die Systematik auf die wesentlichen unterscheidenden Merkmale fokussiert. Während andere Beschreibungen bereits verstärkt auf detaillierte Aspekte eingehen, reduziert die vorgestellte Systematik die Aspekte auf die zur Differenzierung zwischen verschiedenen Organisationsformen notwendigen. Gleichermäßen eignet sich die Beschreibungssystematik zur differenzierten Definition der verschiedenen, in Abschnitt 4.2 vorgestellten, neuartigen Konzepte. Hierbei zeigt sich, dass die modulare Montage der AUDI AG bereits sehr genau beschrieben wird und sich wie die klassischen Organisationsformen umfänglich in die Systematik einordnen lässt. Die Matrix-Produktion und die frei verketteten Montagesysteme werden in der Literatur jedoch nicht ausreichend beschrieben. Somit können auch die jeweiligen Ausprägungen der einzelnen Gestaltungsmerkmale nicht eindeutig zugewiesen werden. Dies ist jedoch nicht auf die Systematik, sondern vielmehr auf die unzureichende Definition der jeweiligen neuen Konzepte zurückzuführen. Die Systematik eignet sich folglich zur strukturierten Identifikation spezifischer Definitionslücken.

Bei dem Vergleich der neuartigen Konzepte in Abschnitt 4.2 zeigt sich zudem, dass diese keine auffallenden definitorischen Unterschiede aufweisen. Sie zeichnen sich vor allem durch das primäre Ordnungskriterium der Variantenmixorientierung sowie keiner Taktung und einer losen bzw. elastischen Verkettung aus. Weiterhin ist die Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen sowie die Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen variabel. Mittels der Einordnung dieser herausgestellten Ausprägungen lässt sich eine neue Organisationsform der Produktion, die Variantenmix-Produktion, definieren (siehe Abbildung 5.1).

Gestaltungsaspekte		Ausprägungen der Variantenmix-Produktion		
Primäres Ordnungskriterium		Variantenmixorientierung		
Kinematik	Mitarbeitende	Stationär *	Instationär gerichtet	Instationär ungerichtet
	Betriebsmittel	Stationär *	Instationär gerichtet	Instationär ungerichtet
	Produktionsobjekte	Stationär *	Instationär gerichtet	Instationär ungerichtet
Art der Kinematik	Mitarbeitende	Keine *	Diskontinuierlich	Kontinuierlich
	Betriebsmittel	Keine *	Diskontinuierlich	Kontinuierlich
	Produktionsobjekte	Keine *	Diskontinuierlich	Kontinuierlich
Taktung		Nicht getaktet		
Art der Verkettung der Arbeitssysteme		Lose	Elastisch	
Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen		Variabel		
Zuordnung von Arbeitsvorgängen zu Ressourcen		Variabel		

\* Gegenseitige Abhängigkeit: Die Ausprägung „stationär“ für die Kinematik bedingt direkt die Ausprägung „keine“ für die Art der Kinematik des jeweiligen Elements

Abbildung 5.1: Allgemeine Beschreibung der Organisationsformen der Variantenmix-Produktion nach der Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion

Durch die mögliche Variation der Kinematik von Mitarbeitenden, Betriebsmitteln und Produktionsobjekten lassen sich unterschiedliche Arten dieser neuen Produktionsorganisation herausstellen:

Die **Variantenmix-Produktion 1. Ordnung** ergibt sich, wenn eins der Elemente Mitarbeitende, Betriebsmittel oder Produktionsobjekt eine Bewegung aufweist. Bei den in Abschnitt 4.2 vorgestellten neuartigen Konzepten steht vor allem die Bewegung des Produktionsobjektes im Fokus. Durch die Variantenmix-Produktion ist es jedoch ebenso möglich, dass die Betriebsmittel oder die Mitarbeitenden eine instationär gerichtete oder instationär ungerichtete Kinematik aufweisen. Dies bietet sich bspw. an, wenn es sich um ein sehr schweres oder großes Produktionsobjekt handelt, welches jedoch in hoher Stückzahl und Varianz produziert wird und sich eine Baustellen-Produktion daher nicht anbietet.

Es handelt sich um eine **Variantenmix-Produktion 2. Ordnung**, sobald sich zwei der angegebenen Elemente bewegen. Denkbar ist die Variante des stationären Mitarbeitenden bei bewegtem Produktionsobjekt und Betriebsmittel beispielsweise bei dem Einsatz hochqualifizierter Mitarbeitenden, deren Arbeitszeit möglichst produktiv genutzt werden soll.

Als **Variantenmix-Produktion 3. Ordnung** wird eine entsprechende Organisationsform mit einer Bewegung der Mitarbeitenden, der Betriebsmittel und der Produktionsobjekte definiert. In einem solchen Beispiel können auch Transportwege durch automatisierte Betriebsmittel genutzt werden, um wertschöpfende Tätigkeiten am Produktionsobjekt zu leisten. Außerdem können die Mitarbeitenden flexibel an den jeweils notwendigen Arbeitsstationen eingesetzt werden. Entsprechend wäre diese Organisationsform der Variantenmix-Produktion 3. Ordnung durch eine hohe Dynamik geprägt, welche jedoch auch eine hohe Flexibilität ermöglicht.

## 6 Fazit und Ausblick

Aufgrund der zunehmenden Varianz der Produkte haben sich neue Konzepte zur Organisation der Produktion beispielsweise die Modulare Montage oder die Matrix-Produktion entwickelt. Diese neuen Konzepte lassen sich in bestehende Beschreibungssystematiken nicht vollständig einordnen oder sind in der bestehenden Literatur nur lückenhaft und inkonsistent beschrieben. Des Weiteren werden die Begrifflichkeiten der Konzepte nicht einheitlich verwendet und lassen sich nicht klar voneinander abgrenzen. Bei den etablierten Organisationsformen beispielsweise der Fließmontage oder der Werkstattfertigung wird bei der Einordnung in Beschreibungssystematiken wiederum stark zwischen Montage und Fertigung unterschieden. Die vorgestellte Systematik hat den Anspruch, sowohl die etablierten Organisationsformen als auch neue Konzepte, vollständig zu beschreiben und differenziert betrachten zu können. Dabei werden die Organisationsformen von Fertigung und Montage in einer gemeinsamen Beschreibungssystematik abgebildet. Hierfür wurde zunächst ein Einblick in die Literatur gegeben, indem bestehende Beschreibungssystematiken vorgestellt und die Lücken aufgezeigt wurden. Im Anschluss erfolgte die detaillierte Vorstellung der am Institut für Fabrikanlagen und Logistik neu entwickelten Beschreibungssystematik der Organisationsformen der Produktion. Schließlich wurden etablierte Organisationsformen sowie ausgewählte neue Konzepte anhand der Systematik charakterisiert und beschrieben, um die Anwendbarkeit des neuen Ansatzes zu demonstrieren. Innerhalb der Evaluation wurde deutlich, dass die neue Systematik für alle betrachteten und in der Literatur beschriebenen Organisationsformen anwendbar ist. Für die neuen Konzepte wurden strukturiert Definitionslücken aufgezeigt, die verdeutlichen, dass eine detaillierte Abgrenzung der bestehenden neuen Konzepte nicht ausreichend vorliegt. Daher wurde die Variantenmix-Produktion als übergeordnete Organisationsform der Produktion für die neuen beschriebenen Konzepte herausgestellt.

Auf der Basis dieser neuartigen Organisationsform, die auf die steigende Varianz in der Produktpalette von Unternehmen Bezug nimmt, ergibt sich zahlreicher Bedarf für weitere Forschung. Die Variantenmix-Produktion stellt neue Anforderungen an die Gestaltung der Fabrik von der Fabrikplanung über die Gestaltung der Produktionssysteme bis zu der Logistikanbindung sowie Produktionsplanung und -steuerung. Die Layoutplanung ist bei einer Variantenmix-Produktion bspw. deutlich weniger eingeschränkt, da keine starre Verkettung vorliegt. Sie stellt allerdings auch hohe Anforderungen an die Wandlungsfähigkeit des Layouts, vor allem wenn sich große Produktionsobjekte oder ganze Arbeitsstationen im Raum frei bewegen müssen. Die Herausforderung, Transportwege möglichst kurz auszulegen und den Flächenbedarf möglichst zu minimieren, sind hierbei nur exemplarisch genannt. Die Variantenmix-Produktion bietet bei der Gestaltung der Arbeitssysteme mit den inhärenten Prozessen sowie auch im Arbeitssystemverbund und zu angrenzenden Bereichen eine Vielzahl an Gestaltungsmöglichkeiten. Beispielsweise wird durch die variable Zuordnung der Arbeitsvorgänge zu Ressourcen und variable Reihenfolge der Durchführung von Arbeitsvorgängen die Arbeitsplatzgestaltung vor neue Herausforderungen gestellt. Die Planung des Qualifikationsbedarfs der Mitarbeitenden, sowie deren anschließende Kompetenzentwicklung und Führung erfordern neue Methoden und Ansätze. Im Zusammenwirken mit der Auslegung der Betriebsmittel und den organisatorischen Strukturen werden hier neue Spielräume zur Gestaltung von Robustheit, Veränderungsfähigkeit und Leistungsfähigkeit der Arbeitssysteme aufgespannt. Weiterhin sind die Logistikanbindung und die Auslegung der Beschaffungsmodelle sowie Konzepte der

---

Materialbereitstellung am Arbeitsplatz durch den Einsatz der Variantenmix-Produktion zu überdenken. Zuletzt muss auch die Produktionssteuerung für die Variantenmix-Produktion gestaltet und parametrisiert werden.

Neben dem aufgezeigten Forschungsbedarf für die neue Organisationsform der Produktion ergibt sich mit der entwickelten Beschreibungssystematik weiterer Forschungsbedarf in der Bewertung und Auswahl der geeignetsten Organisationsform für einen spezifischen Anwendungsfall. Durch die strukturierte und detaillierte Aufbereitung der differenzierenden Kriterien ist es möglich, anhand von bspw. Produkteigenschaften, die Systematik zu nutzen, um die aus wirtschaftlicher und produktionslogistischer Sicht geeignetste Organisationsform auszuwählen. Hierfür ist es erforderlich, die dieser Entscheidung zu Grunde liegenden Kriterien strukturiert zu bewerten und sie innerhalb der Systematik einzuordnen. Neben bereits erwähnten Produkteigenschaften, wie der Größe des Produktionsobjektes, können auch weitere Eingangsgrößen, wie die Varianz in den Auftragszeiten, die Varianz in den Arbeitsvorgängen oder der Flächenbedarf der Betriebsmittel, relevant sein. Diese gilt es zu bestimmen, zu analysieren und in einem methodischen Vorgehen zur Bewertung und Auswahl der geeigneten Organisationsform einzubetten.

## 7 Literaturverzeichnis

- Bellmann, Vivian (2019): Bewertung der Leistungsfähigkeit von Montagesystemen. [Dissertation], Garbsen: TEWISS Verlag. (Berichte aus dem IFA, 4/2019). ISBN: 978-3-95900-345-2.
- Beuthner, Andreas (2017): Audi-A8-Montage: Jenseits eingefahrener Wege. Automobil-Produktion Online verfügbar unter <https://www.automobil-produktion.de/technik-produktion/produktionstechnik/audi-a8-montage-jenseits-eingefahrener-wege-126.html>, zuletzt geprüft am 09.07.2021.
- Burggräf, Peter; Schuh, Günther (2021): Fabrikplanung. Handbuch Produktion und Management 4. 2., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin: Springer Vieweg. ISBN: 978-3-662-61968-1. DOI: 10.1007/978-3-662-61969-8.
- Dolezalek, Carl Martin; Ropohl, Günter (1967a): Ansätze zu einer produktionswissenschaftlichen Systematik der industriellen Fertigung. Teil 1: Grundriß der Systematik. In: *VDI-Z.* 109 (14), S. 636–640.
- Dolezalek, Carl Martin; Ropohl, Günter (1967b): Ansätze zu einer produktionswissenschaftlichen Systematik der industriellen Fertigung. Teil 2: Fertigungsmittel und Fertigungsprozeß. In: *VDI-Z.* 109 (16), S. 715–721.
- ElMaraghy, Hoda A. (2009): Changing and Evolving Products and Systems. In: ElMaraghy, Hoda A. (Hrsg.): *Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems*. London: Springer-Verlag London Limited, S. 25–45. ISBN: 978-1-84882-066-1.
- ElMaraghy, Hoda A.; Schuh, G.; ElMaraghy, W.; Piller, F.; Schönsleben, P.; Tseng, M.; Bernard, A. (2013): Product variety management. In: *CIRP Annals* 62 (2), S. 629–652. DOI: 10.1016/j.cirp.2013.05.007.
- Eversheim, Walter (1989): Organisation in der Produktionstechnik. Fertigung und Montage. 2. Aufl., Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH. (Studium und Praxis, 4). ISBN: 978-3-642-64800-7. DOI: 10.1007/978-3-642-61344-9.
- Eversheim, Walter (1996): Organisation in der Produktionstechnik. Grundlagen. 3. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (Studium und Praxis, 1). ISBN: 978-3-642-87737-7.
- Göppert, Amon; Hüttemann, Guido; Jung, Sven; Grunert, Dennis; Schmitt, Robert (2018): Frei verkettete Montagesysteme. Ein Ausblick. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 113 (3), S. 151–155. DOI: 10.3139/104.111889.
- Greschke, Peter Immanuel (2016): Matrix-Produktion als Konzept einer taktunabhängigen Fließfertigung [Dissertation], Essen: Vulkan-Verlag. ISBN: 978-3-8027-8344-9.
- Greschke, Peter Immanuel; Herrmann, Christoph (2014): Das Humanpotenzial einer taktunabhängigen Montage. Ein Konzept zur Vereinbarung gesteigerter Wirtschaftlichkeit mit besseren Arbeitsbedingungen. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 109 (10), S. 687–690. DOI: 10.3139/104.111218.
- Günther, Hans-Otto; Tempelmeier, Horst (2014): Produktion und Logistik. Supply Chain und Operations Management. 11. Aufl., Norderstedt: Books on Demand. ISBN: 978-3-735-72195-2.

- Herkommer, Günther (2017): Audi - Die Zukunft heißt 'Modulare Montage'. WEKA FACHMEDIEN GmbH Online verfügbar unter <https://www.computer-automation.de/feldebene/robotik/audi-die-zukunft-heisst-modulare-montage.138533.html>, zuletzt geprüft am 26.04.2021.
- Hoeschen, Rolf-Dieter. (1978): Planung von Montagesystemen im Rahmen der Technischen Investitionsplanung [Dissertation]. Ein Beitrag Ein Beitrag zur Montageplanung für Unternehmen mit Einzel- und Serienfertigung, Aachen.
- Huber, Walter (2018): Industrie 4.0 kompakt - Wie Technologien unsere Wirtschaft und unsere Unternehmen verändern. Transformation und Veränderung des gesamten Unternehmens, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN: 978-3-658-20798-4. DOI: 10.1007/978-3-658-20799-1.
- Kratzsch, Sabine (2000): Prozess- und Arbeitsorganisation in Fließmontagesystemen [Dissertation], Essen: Vulkan-Verlag. (Schriftenreihe des IWF). ISBN: 3-8027-8654-8.
- Kreikebaum, Hartmut (1979): Organisationstypen der Produktion. In: Kern, Werner (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 1392–1402. ISBN: 3-7910-8017-2.
- Kühling, Martin (2000): Gestaltung der Produktionsorganisation mit Modell- und Methodenbausteinen [Dissertation], Dortmund.
- KUKA AG (2020): Matrix-Produktion: ein Beispiel für Industrie 4.0 Online verfügbar unter <https://www.kuka.com/de-de/branchen/loesungsdatenbank/2016/10/solution-systems-matrix-produktion>, zuletzt geprüft am 09.07.2021.
- Lödding, Hermann (2016): Verfahren der Fertigungssteuerung. Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. 3. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-48458-6. DOI: 10.1007/978-3-662-48459-3.
- Lotter, Bruno (2012): Die Primär-Sekundär-Analyse. In: Lotter, Bruno und Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis. 2. Aufl. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 49-78. ISBN: 978-3-642-29061-9.
- Merz, Karl Peter (1987): Entwicklung einer Methode zur Planung der Struktur automatisierter Montagesysteme [Dissertation], Aachen: Shaker Verlag.
- Miese, Manfred (1976): Systematische Montageplanung in Unternehmen mit Kleinserienproduktion [Dissertation], Aachen: Girardet. (Schwerpunkt Industrielle Produktion). ISBN: 3773604017.
- Petersen, Ties (2005): Organisationsformen der Montage. Theoretische Grundlagen, Organisationsprinzipien und Gestaltungsansatz [Dissertation], Aachen: Shaker Verlag. ISBN: 3-8322-4208-2.
- Poll, Dietmar (2016): Das Ende des Fließbands Online verfügbar unter <https://www.produktion.de/trends-innovationen/das-ende-des-fließbands-306.html>, zuletzt geprüft am 29.07.2021.
- REFA (1991): Arbeitsgestaltung in der Produktion. 1. Aufl., München: Carl Hanser Verlag. (Methodenlehre der Betriebsorganisation). ISBN: 3-446-16372-7.
- Richter, Michael (2006): Gestaltung der Montageorganisation. In: Lotter, Bruno und Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 95-126. ISBN: 10 3-540-21413-5.

- Rümmler, Günter; Schilling, Werner (1982): Algorithmus zum Vorbestimmen der Organisationsform der Montage. In: *Fertigungstechnik und Betrieb* 32 (2), S. 110–111.
- Rümmler, Günter; Schilling, Werner; Brandes, Holger (1982): Möglichkeiten zur Reduzierung von Abstimmungsverlusten in Montagehandfließreihen. In: *Fertigungstechnik und Betrieb* 32 (6), S. 353–356.
- Schuh, Günther; Stich, Volker; Hering, Niklas; Meißner, Jan; Reschke, Jan (2013a): Ausblick. In: Schuh, Günther und Stich, Volker (Hrsg.): *Produktion am Standort Deutschland. Ergebnisse der Untersuchung 2013*. Aachen: FIR an der RWTH Aachen, S. 57–61. ISBN: 978-3-943024-15-9.
- Schuh, Günther; Stich, Volker; Meißner, Jan; Reschke, Jan; Schnittler, Volker (2013b): Ausgangssituation der Industrie und Ziel der Untersuchung. In: Schuh, Günther und Stich, Volker (Hrsg.): *Produktion am Standort Deutschland. Ergebnisse der Untersuchung 2013*. Aachen: FIR an der RWTH Aachen, S. 13. ISBN: 978-3-943024-15-9.
- Silberbach, Karsten (1997): *Der Einfluss organisatorischer und technischer Gestaltungskriterien auf die Bildung von Organisationsformen der Teilefertigung [Dissertation]*, Aachen: Shaker Verlag. (Berichte aus der Betriebswirtschaft). ISBN: 3-8265-5508-2.
- Tschätsch, Heinz (1996): *Praktische Betriebslehre. Lehr- und Arbeitsbuch*. 2. Aufl., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN: 978-3-528-13829-5. DOI: 10.1007/978-3-663-07823-4.
- Warnecke, Hans-Jürgen (1984): *Der Produktionsbetrieb. Eine Industriebetriebslehre für Ingenieure*, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-06542-6. DOI: 10.1007/978-3-662-06541-9.
- Wiendahl, Hans-Peter (2014): *Betriebsorganisation für Ingenieure*. 8. Aufl., München: Carl Hanser Verlag. ISBN: 978-3-446-44053-1.
- Wiendahl, Hans-Peter; Hegenscheidt, Matthias (2012): Verfügbarkeit von Montagesystemen. In: Lotter, Bruno und Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): *Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis*. 2. Aufl. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 331–364. ISBN: 978-3-642-29061-9.
- Zäh, Michael Friedrich; Möller, Niklas; Vogl, Wolfgang (2005): Symbiosis of Changeable and Virtual Production - The Emperor's New Clothes or Key Factor for Future Success? In: Zäh, Michael Friedrich und Reinhardt, Günther (Hrsg.): *1st International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2005)*. Garching. München: Utz, S. 3-11.

## 8 Autoren



**Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis** (\*1957) studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover und arbeitete anschließend als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fabrikanlagen und Logistik. Nach der Promotion zum Dr.-Ing. folgte die Habilitation und die Tätigkeit als Manager im Bereich Supply Chain Management in der Elektronik- und Maschinenbaubranche. Seit 2003 ist er Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik an der Leibniz Universität Hannover.



**Niklas E. Rochow, M.Sc.** (\*1991) studierte Wirtschaftsingenieur an der Leibniz Universität Hannover mit den Schwerpunkten Produktionstechnik sowie Operations Management. Seit 2017 ist er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover mit den Arbeits- und Forschungsschwerpunkten im Bereich der Produktions- und Arbeitsgestaltung tätig.



**Marilena Krause, M.Sc.** (\*1992) studierte Maschinenbau an der Technischen Universität Braunschweig mit den Schwerpunkten Produktionstechnik und Systemtechnik. Seit 2018 ist sie als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover in der Forschungsgruppe Fabrikplanung tätig.



**Dennis Pischke, M. Sc.** (\*1987) studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover und arbeitete von 2016 bis 2020 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in der Produktions- und Arbeitsgestaltung. Seit 2021 ist er als Prozessmanager bei der Volkswagen Group Service GmbH beschäftigt.



**Dr.-Ing. Melissa Seitz** (\*1989) studierte Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik an der Leibniz Universität Hannover. Von 2014 bis 2019 war sie als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover tätig. Ihre Arbeits- und Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich des Produktionsmanagements. Seit 2021 ist sie zudem Dozentin an der Leibniz-FH in Hannover.



**Dr.-Ing. Vivian K. Kuprat** (\*1986) studierte Wirtschaftsingenieur an der Leibniz Universität Hannover und arbeitete von 2014 bis 2019 als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover. Seit 2019 ist sie als Leiterin Forschung und Industrie über alle Arbeits- und Forschungsbereiche Fabrikplanung, Produktions- und Arbeitsgestaltung und Produktionsmanagement am IFA beschäftigt.