

# Realisierung einer Fließfertigung in der Komponentenfertigung eines Nutzfahrzeugherstellers

Heike Finnah

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Fabrikorganisation, Leonhard-Euler-Straße 5, 44227 Dortmund

Fließfertigung als integraler Bestandteil Ganzheitlicher Produktionssysteme spielt eine entscheidende Rolle im Rahmen einer effizienten Produktion von Gütern in hohen Stückzahlen. Um einen Fluss zu erreichen, müssen die interdependenten Methoden analysiert und nacheinander eingeführt werden. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse eines Projektes bei einem Nutzfahrzeughersteller vorgestellt. Es wurde eine Fertigungseinheit betrachtet, die eine Vorfertigung mit einer hohen Variantenanzahl darstellt. Auf Basis einer umfangreichen Analyse wurden Maßnahmen abgeleitet, die im späteren Projektverlauf auch sukzessive umgesetzt worden sind.

## 1 Einführung

Zur Steigerung der Effizienz in den Produktionsprozessen stützt sich das Unternehmen auf ein ganzheitliches Produktionssystem mit dem Fokus Qualität und robuste Prozesse zu fördern und Just-in-time zu produzieren. Es zeigt Wege, wie die Herausforderungen der Zukunft [1-4] gemeistert werden können und sieht vor, bereichsadäquate Lösungen mit Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette zu schaffen. Gerade bei ehrgeizigen Zielen und einschlägigen Veränderungen im Unternehmensumfeld bedürfen aktuelle Fertigungskonzepte der ständigen Überprüfung und Optimierung [5]. Vor diesem Hintergrund wurde die Komponentenfertigung als Vorfertigung mit hoher Variantenzahl näher betrachtet und Umsetzungspotenziale für eine Fließfertigung mit Hilfe geeigneter Instrumente identifiziert. Neben dem Aufzeigen inhärenter Potenziale wird auf die Richtung für Entwicklungen und mögliche Umgestaltungen der Komponentenfertigung hingewiesen.

## 2 Grundlagen der Fließfertigung

Mit Bezug auf Produktionsunternehmen bezeichnet Fließfertigung allgemein einen Organisationstyp der Fertigung, der durch die lückenlose Anordnung von Betriebsmitteln und Arbeitsplätzen in Fertigungslinien oder -straßen charakterisiert ist [6]. Die Fließfertigung gilt neben der Werkstattfertigung, Inselfertigung und Reihenfertigung als eine der vier wesentlichen Ablaufarten. Die Ablaufart wird durch die Merkmale Anordnung der Fertigungsmittel und Transportbeziehungen zwischen diesen charakterisiert. [7] An anderen Stellen in der klassischen Literatur wird den beiden Merkmalen räumliche Anordnung und bezogene Transporte das Kriterium kapazitätsmäßige Abstimmung hinzugefügt und der Begriff Fertigungsformen verwendet. Ausschlaggebend für die Fließfertigung sind bei der Strukturierung nicht wie bei der Werkstattfertigung die Ähnlichkeit von Betriebsmitteln, sondern die Objektorientierung. Sind bei der Fließfertigung Eingriffe in den Produktionsprozess nicht möglich oder nicht vorgesehen, so handelt es sich um die höchste Ausprägungsform als kontinuierliche Fließfertigung [7]. Weitere Begriffsbestimmungen verwenden Fließfertigung als Oberbegriff und subsumieren hierunter Reihenfertigung, Fließbandfertigung und Transferstraßen [8]. An anderer Stelle wird statt der Fließfertigung das Flussprinzip als Oberbegriff verwendet und Reihenfertigung, Zwanglauffertigung und Fließfertigung als Unterbegriffe gewählt [9]. Die Fließfertigung erscheint somit auf verschiedenen Definitionsebenen und in unterschiedlicher Ausgestaltung. Zur besseren Abgrenzung der Begrifflichkeiten nehmen für die Fließfertigung im Sinne der schlanken Produktion Begriffe wie Variantenfließfertigung Einzug in die einschlägige Literatur [10]. Die Begriffsbestimmung von Fließfertigung oder Variantenfließfertigung im Sinne der schlanken Produktion ist Grundlage dieses Beitrags; s. hierzu auch [11-23].

- One-Piece-Flow
- First In First Out
- U-Layout
- Mehrmaschinen-bedienung
- Elimination of muri, mura and muda
- Mehrmannprozesse vermeiden
- räumliche Nähe der Fertigungseinheiten
- Low Cost Automation
- Schnelles Rüsten
- Mehrfachqualifi-zierte Mitarbeiter
- Ergonomie
- Bedarfsgerechte Bereitstellung
- prozessotpimale Ladungsträger
- kurzzyklische Produktions-versorgung
- spezieller Mitarbeiter für die Versorgung
- zentrales Produktions-versorgungslager
- ziehende Steuerung anhand des Verbrauchs des nachgelagerten Prozesses

Dies sind die wesentlichen Merkmale und Gestaltungsrichtlinien der Fließfertigung, die im Rahmen des Projektes erarbeitet worden sind. Diese Gestaltungsrichtlinien können in die Bereiche Produktionsprozesse, Materialfluss und Informationsfluss zugeordnet werden.

### **3 Instrumente und Methoden für die Analyse und Umsetzung der Fließfertigung**

Zur Umsetzung der Fließfertigung bei diesem Unternehmen wurden insbesondere drei Instrumente bzw. Methoden betrachtet:

1. Value Stream Mapping
2. Kriterienliste
3. Vorgehensmodell (Procedure Model)

Mit der Orientierung am Wert und dem Ziel der Reduzierung sämtlicher nicht wertschöpfender Tätigkeiten hat sich value stream mapping als wesentliches Werkzeug innerhalb von Lean Production entwickelt. Auf schnelle Art lassen sich durch die Wertstromanalyse mit einfachen Symbolen Zusammenhänge von Informations-, Materialfluss und Produktionsprozessen darstellen [26]. Bei der anfänglichen Durchführung der Wertstromanalyse wird zunächst das Produktspektrum aufgrund von Gemeinsamkeiten zu Produktfamilien formiert. Auf Grundlage z.B. der Verkaufszahlen des abgelaufenen Geschäftsjahres werden im Anschluss die Kundenbedarfe modelliert. Im dritten Schritt findet ein Rundgang durch die Fabrik als eigentliche Wertstromaufnahme statt. Abschließend können Verbesserungspotenziale ausgewiesen werden [27].

Aber wo setzt die Verbesserungsaktivität sinnvollerweise an? Diese Antwort soll mit Hilfe einer Kriterienliste gegeben werden. An die Kriterienliste werden folgende Anforderungen gestellt:

1. Priorisierung von Prozessen zur weitergehenden Analyse
2. Bewertungsmaßstab zur Gegenüberstellung von Istzustand und optimiertem Zustand

Die Kriterienliste (s. Abbildung 3-1) basiert auf dem Zusammenhang von Verschwendung und Fließfertigung. Kontinuierlicher Fluss wird mit dem Ziel generiert, Verschwendung aus den Prozessen zu eliminieren [28]. Das Prinzip einer Fließfertigung bringt somit an den Stellen den größten Nutzen, wo viel Verschwendung besteht. Neben der Identifizierung von Verschwendungen ist auch die Überprüfung von Voraussetzungen zu einem gewissen Grad durch die Kriterienliste möglich. Die Voraussetzungen finden sich vor allem in der Verschwendungsart fehlerhafte Produkte wieder.



Fertigungsschritte im Werk. Die Kunden der Komponenten aus Halle 104 sind der Rohbau, die Montage mit Fluss über die Lackiererei und externe Kunden. Externe Kunden sind zum einen andere Schwesterwerke. Zum anderen werden Ersatzteile sowohl für Komponenten der aktuellen Serie als auch von Vorserien gefertigt und im werksexternen Ersatzteillager bevorratet.

Im Rahmen dieses Projektes werden drei Kostenstellen (KST) der Komponentenfertigung in Halle 104 analysiert. Wenn im Folgenden vereinfachend von Halle 104 die Rede ist, so sind ausschließlich diese drei KST gemeint. Es handelt sich um die KST 231.6 (Handarbeitsgruppe), KST 232.6 (Buckelfertigung) und die KST 227.6 (Querträgerfertigung). Die KST 227.6 untergliedert sich in die drei Bereiche Querträgerhandfertigung, Roboterquerträgerfertigung und Federbockfertigung. Die Analyse im Rahmen dieses Projektes bezieht sich neben der kostenstellenmäßigen Beschränkung auf Serienteile und berücksichtigt die Ersatzteilerfertigung außerhalb der Serie nur am Rande.

Die KST sowie die untergliederten Bereiche der KST unterscheiden sich je Segment bezüglich der eingesetzten Betriebsmittel. Die Verbauorte der Sachnummern befinden sich schwerpunktmäßig im Rohbau und mit dem Lack als einen weiteren Vorfertigungsschritt in der Montage. Für diese beiden Senken werden im Rahmen der Wertstromaufnahme zwei Hauptwertströme identifiziert und bilden die Grundlage weiterer Analysen dieses Beitrages.

## 4.2 Bildung von Produktfamilien

Um bei einer großen Anzahl von Sachnummern einen Überblick zu erhalten, sollte eine Strukturierung der Sachnummern aufgrund von Gemeinsamkeiten vorgenommen werden. Werden in einem Unternehmen nur wenige unterschiedliche Produkte gefertigt, so kann für jedes einzelne Produkt ein Wertstrom skizziert und analysiert werden. Bei Variantenfertigern mit sehr großen Produktpaletten, die sich z.T. ähneln bietet sich zur Reduzierung der Komplexität und besseren Übersichtlichkeit die Bildung von Produktfamilien an [27].

Die Baugruppen an sich bilden aufgrund der Ähnlichkeit der Produkte in Bezug auf Abmessungen und der Ähnlichkeit in den Prozessschritten Produktfamilien. Viele Baugruppen werden mit Hilfe der selben Vorrichtungen gefertigt und eine Betrachtung auf Baugruppenebene bietet sich somit an. Diese Form der Strukturierung in Baugruppen zur Bildung von Produktfamilien ist für den Bereich der Handarbeitsgruppe (KST 231.6) primär sinnvoll, da viele sehr unterschiedliche Produkte gefertigt werden. Für den Bereich der Querträgerhandfertigung wird eine Produktfamilie gebildet. Es werden in diesem Bereich zwar unterschiedliche Vorrichtungen und Maschinen verwendet, die Bauteile ähneln sich allerdings stark in ihrer Erscheinung und sämtliche Querträger der Querträgerhandfertigung in Halle 104 beinhalten lediglich einen Prozessschritt, das Punkten. Analog wurde die Strukturierung der Querträgerroboterfertigung vorgenommen. In diesem Bereich werden von einem Mitarbeiter Teile in einen Roboter eingelegt und nach Bearbeitung entnommen. Die Produkte weisen in Bezug auf ihre Beschaffenheit Ähnlichkeiten auf und die Bearbeitung in Halle 104 besteht aus einem Prozessschritt. Die Produktfamilien der Federbockfertigung bestehen analog zur Querträgerhandfertigung aus Vorrichtungen und Punktzangen. Alle Produkte, die lediglich einen Prozessschritt des Punkten durchlaufen, bilden eine Produktfamilie. Weitere Produktfamilien bilden die Fertigung der Zusammenbau Abschleppöse, der Zusammenbau Konsole, der Zusammenbau Träger und der Zusammenbau Untergruppen. Bei der Fertigung kommen jeweils unterschiedliche Roboter und manuelle Fertigungsschritte zum Einsatz und mehrere aufeinanderfolgende Prozessschritte werden durchlaufen. Im Buckelbereich handelt es sich dagegen mit einer Ausnahme um Produkte, die aus einem Prozessschritt in diesem Bereich bestehen und mit Buckel-, Mutter- und Punktmaschinen produziert werden. Nach den Maschinentypen wurden die Produktfamilien in diesem Bereich gebildet.

### 4.3 Kundenbedarfsanalyse

Die betrachteten Komponenten im Rahmen dieses Projektes sind zum größten Teil Sekundärbedarf, der in der Montage oder im Lack in das Produkt eingeht oder in einem der Schwesterwerke verbaut wird. Zu einem kleineren Teil handelt es sich um Primärbedarf an Ersatzteilen. Er wurde eine Aufstellung der Gesamtbedarfe über 9 Monate durchgeführt, die einen aussagekräftigen Zeitraum umfassen.

Als Instrument zur Strukturierung der Kundenbedarfe eignet sich eine ABC-Analyse. Typisch sind Stückzahlgrenzen von 70% der kumulierten Menge für A-Teile, 20% der kumulierten Menge für B-Teile und 10% der kumulierten Menge für C-Teile. Hintergrund der Analyse ist die Feststellung, dass auf eine kleine Artikelanzahl eine anteilig hohe Stückzahlmenge fällt und diese aufgrund ihrer mengenmäßigen Relevanz eine besondere Betrachtung erfahren soll.

Neben den Kundenbedarfen wird die erarbeitete Kriterienliste zur Priorisierung von Produktfamilien eingesetzt. Wenn auch sämtliche Produkte und schlussendlich das gesamte Werk in einen einzigen Fluss gebracht werden sollen, lohnt sich eine Fließfertigung bei einigen Produkten mehr als bei anderen.

### 4.4 Wertstromaufnahme

Eine wesentliche Leistung von Wertströmen besteht darin, eine übersichtliche Visualisierung und Kommunikationsgrundlage zu schaffen. Bei der hohen Anzahl von Produkten in der Komponentenfertigung ist es der Übersichtlichkeit dienlich, im ersten Schritt generelle Flüsse der Produkte zu erfassen und Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede herauszustellen.

Der Wertstrom über den Lack zur Montage wird im Folgenden als Hauptwertstrom 1 bezeichnet und der Wertstrom mit Verbauort der Teile im Rohbau wird Hauptwertstrom 2 genannt. Für die Hauptwertströme werden im Folgenden die Produktionsprozesse sowie Material- und Informationsflüsse betrachtet. Die Produktionsprozesse der Wertstromanalyse beziehen sich an dieser Stelle primär auf die Vorfertigungsprozesse in Halle 104. Unter Produktionsprozessen der Vorfertigungen werden dabei sämtliche Fertigungsschritte in der Halle 104 verstanden.

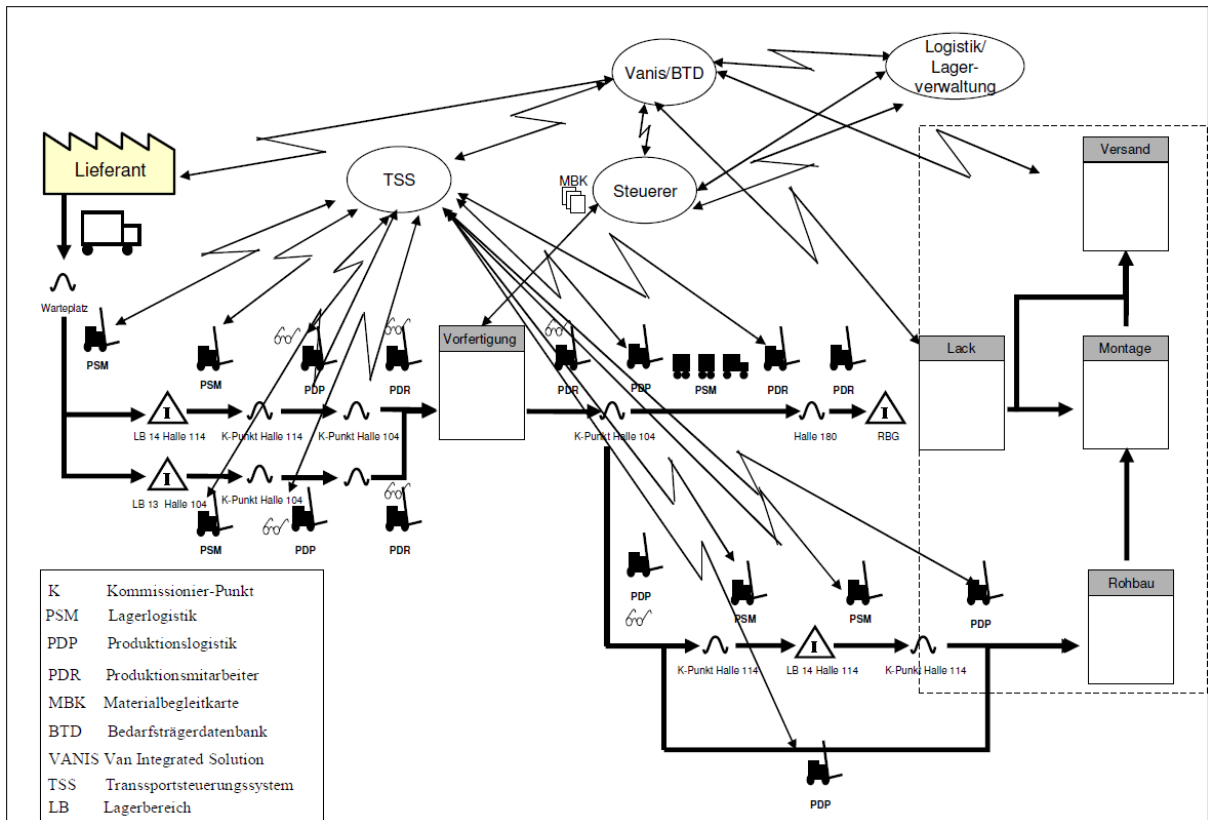


Abbildung 4-1: Wertstrom Halle 104

Produktionsprozesse bestehen im Wesentlichen aus Maschinen, Anlagen und Arbeitsplätzen. Typische Merkmale für diese Komponenten werden in einem Prozesskasten für den Wertstrom eingezeichnet [27].

Der Materialfluss für einzelne Aufgabengebiete wird im Werk Düsseldorf den Zuständigkeitsbereichen der Logistik respektive der Produktion zugeordnet (Abbildung 4-1). Die Logistiktätigkeiten werden von den Zuständigkeitsbereichen der Lagerlogistik, Produktionslogistik und z.T. von den einzelnen Produktionsbereichen übernommen, wobei Aufgabengebiete und Schnittstellen determiniert sind.

Neben der Anbindung an Kunden bzw. Prozessschritte außerhalb der Halle 104, sind Materialflüsse innerhalb der Halle 104 zwischen den einzelnen Bereichen und innerhalb eines Bereiches von Interesse und bedürfen einer detaillierteren Betrachtung. Während bei produktorientierten Fertigungsformen Materialflüsse leicht erkennbar sind, besteht die erste Herausforderung in Halle 104 darin, Prozessabfolgen der im Wesentlichen nach dem Verrichtungsprinzip organisierten Fertigung zu identifizieren. Es existieren Belegungspläne, d.h. Zuordnungen der Fertigungsschritte einzelner Produkte zu Maschinen. Zu Beginn der Arbeit gab es allerdings keine übergeordneten Abfolgepläne für sämtliche Prozessschritte der einzelnen Produkte. Es war weiterhin nicht möglich aus den Systemen eine derartige Übersicht unter annehmbarem zeitlichen Aufwand zu generieren. Ein großer Anteil der Analyse wurde folglich darauf verwendet, die Materialflüsse zu identifizieren. Zum einen erfolgte die Erhebung der Materialflüsse auf Basis der Belegungspläne und zum anderen durch Informationen der Steuerer der einzelnen Fachbereiche.

#### 4.5 Anwendung der Kriterienliste und Priorisierung von Produktfamilien

Zur Analyse der Effizienz der Fertigungsprozesse einzelner Produktfamilien kann auf Basis der angestellten Ist-Analyse die in Kapitel 3 vorgestellte Kriterienliste eine aufwandsarme Aussage über

die inhärenten Verschwendungen innerhalb der Produktfamilien liefern. Es reicht allerdings nicht aus, die Summe der Verschwendungen der Produktfamilien zu betrachten. Diese sollen mit der Stückzahl gewichtet werden, um an Aussagekraft im Rahmen der Verschwendungsanalyse zu gewinnen.

Die Kundenbedarfe wurden für die Produktfamilien übernommen. In Abbildung 4-2 ist auf der x-Achse der Kriterienwert und auf der y-Achse der Gesamtbedarf untergliedert nach den drei betrachteten Kostenstellen dargestellt. Im festgelegten Priorisierungsbereich 1 finden sich keine Produktfamilien, d.h. Verbesserungsaktivitäten können bei Produktfamilien des Priorisierungsbereiches 2 ansetzen. Insgesamt fallen in diesen Bereich 10 Produktfamilien der unterschiedlichen Kostenstellen.

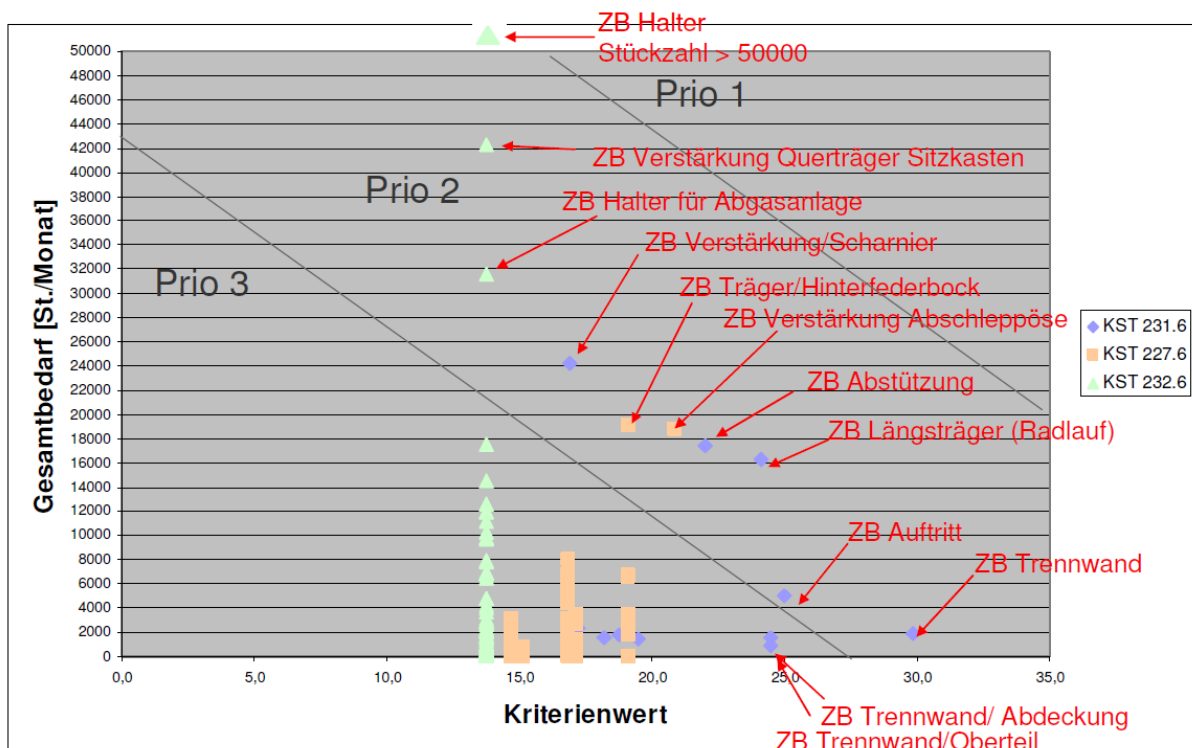


Abbildung 4-2: Priorisierungsmatrix

Neben der Priorisierung von Produktfamilien durch die Anwendung der Priorisierungsmatrix sollen weitere Faktoren und Bedingungen bei der Auswahl beachtet werden:

1. Komplexität/Dauer der Umstellung
2. Investitionskosten
3. Bearbeitungsschritte in Halle 104

Die Komplexität und Dauer der Umstellung soll sich in Grenzen halten, so dass die Umsetzung im Rahmen dieser Arbeit verfolgt werden kann. Die Investitionskosten sollen weiterhin auch vor dem Hintergrund der geringen Amortisationszeiten auf einem relativ geringen Niveau liegen. Als dritte Bedingung soll die Anzahl der Bearbeitungsschritte an sich in die Auswahl eingehen. Mit der Systemgrenze für die Umsetzung auf Ebene der Halle 104 sollen Produktfamilien, die in Bezug auf die Layoutgestaltung ein gewisses Potenzial bieten und somit über einen Bearbeitungsschritt hinausgehen favorisiert werden. Unter Einbeziehung der genannten Faktoren der Zusammenbau Auftritt zur beispielhaften Umsetzung einer Fließfertigung ausgewählt.



## 4.6 Bewertung

In Hinblick auf das Ziel der Umsetzung einer Fließfertigung ist die bestehende Fertigungsform in der Halle 104 von Bedeutung. Bei der bestehenden Fertigungsform handelt es sich um eine Werkstattfertigung. Im Rahmen einer Werkstattfertigung sind layoutbedingt viele Transportvorgänge notwendig und es werden hohe Bestände aufgrund von Zwischenlagerungen gebunden. Die Komponentenfertigung ist dagegen bisher nach dem Werkstattprinzip organisiert und ist nicht vollständig in die PPS der Hauptlinie integriert.

Die am Wertstrom angelegten Schwachstellen und abgeleitete Handlungsfelder für die größtenteils bestehende Werkstattfertigung sind in die drei Kategorien Ineffizienz, Inflexibilität, Variabilität und Intransparenz gegliedert.

Die Analyse der Ineffizienz wird aus dem Blickwinkel der 7 Arten der Verschwendung erfolgen und die resultierende Durchlaufzeit bzw. den Flussgrad berücksichtigen. Inflexibilität in Bezug auf Durchlaufzeit und Produktionsmengen besteht u.a. aufgrund der Fertigung von großen Losen mit überwiegend vorherrschenden Layouts nach dem Verrichtungsprinzip. Die Ausweitung der Flexibilität an der Hauptlinie schränkt somit die Flexibilität und Planbarkeit in Halle 104 ein und das „Verleihen“ von Mitarbeitern sollte nur in Ausnahmefällen erfolgen. Als weiteres Element von Inflexibilität können aufgrund unterschiedlicher Qualifizierungen nicht alle Produktionsmitarbeiter für sämtliche Tätigkeiten eingesetzt werden. Die Variabilität wird in Hinblick auf die Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen, Standardisierung, Reifegrad der Produkte und Prozessfähigkeit betrachtet. Die Maschinenverfügbarkeit ist, soweit sie an dieser Stelle überhaupt verallgemeinert werden kann, relativ hoch. In den Bereichen Roboterquerträgerfertigung, Querträgerhandfertigung und Ferderbockfertigung sind standardisierte Arbeitsblätter vorhanden. Der Reifegrad der Produkte ist schwierig pauschal zu beurteilen und Bedarf einer Analyse der einzelnen Produkte bzw. Produktfamilien. Intransparent sind die Prozessfolge und Vorgänge wie Rüsten. Es ist nicht sofort erkennbar, ob nachgefragte Produktionsmengen eingehalten werden oder wann der nächste Rüstvorgang erfolgen soll. Die Fertigung von Langsamläufern oder Ersatzteilen basiert darüber hinaus zum großen Teil auf personenbezogenem Wissen der Steuerer und ist nicht ausreichend dokumentiert.

## 5 Stufenweise zum Idealzustand

Der Idealzustand orientiert sich an dem Ideal der schlanken Produktion, wobei das Optimum durch vollkommene Verschwendungseliminierung und Wertschöpfung charakterisiert wird. Im Idealfall sind sämtliche Merkmale einer Fließfertigung erfüllt, Gestaltungsrichtlinien umgesetzt und das Zieldreieck aus Qualität, Kosten und Lieferung optimal. Dieses Ziel ist theoretischer Natur und unerreichbar [9]. Es gibt dennoch die Richtung vor, vermeidet Orientierungslosigkeit und stößt Ideen für den nächsten Schritt an [30]. Der Bedarf wird lediglich an einer Stelle der Wertschöpfungskette eingesteuert und liegt ganz vorne in der Wertschöpfungskette. Im Idealzustand wären sämtliche Fertigungsschritte an die Hauptproduktionslinie verlagert bzw. direkt angebunden z.B. in Fischgrätenform. Bei einer Neuplanung gestaltet sich dieser Aspekt weitaus einfacher oder ist ganzheitlich überhaupt nur möglich im Gegensatz zu einem hier vorliegenden Brownfield. Eine Herausforderung liegt darin, die Lackiererei als Zwischenfertigungsschritt vor dem Verbau in der Montage auf Einzelstückfluss auszulegen und in eine Fließfertigung durch das gesamte Werk zu integrieren.



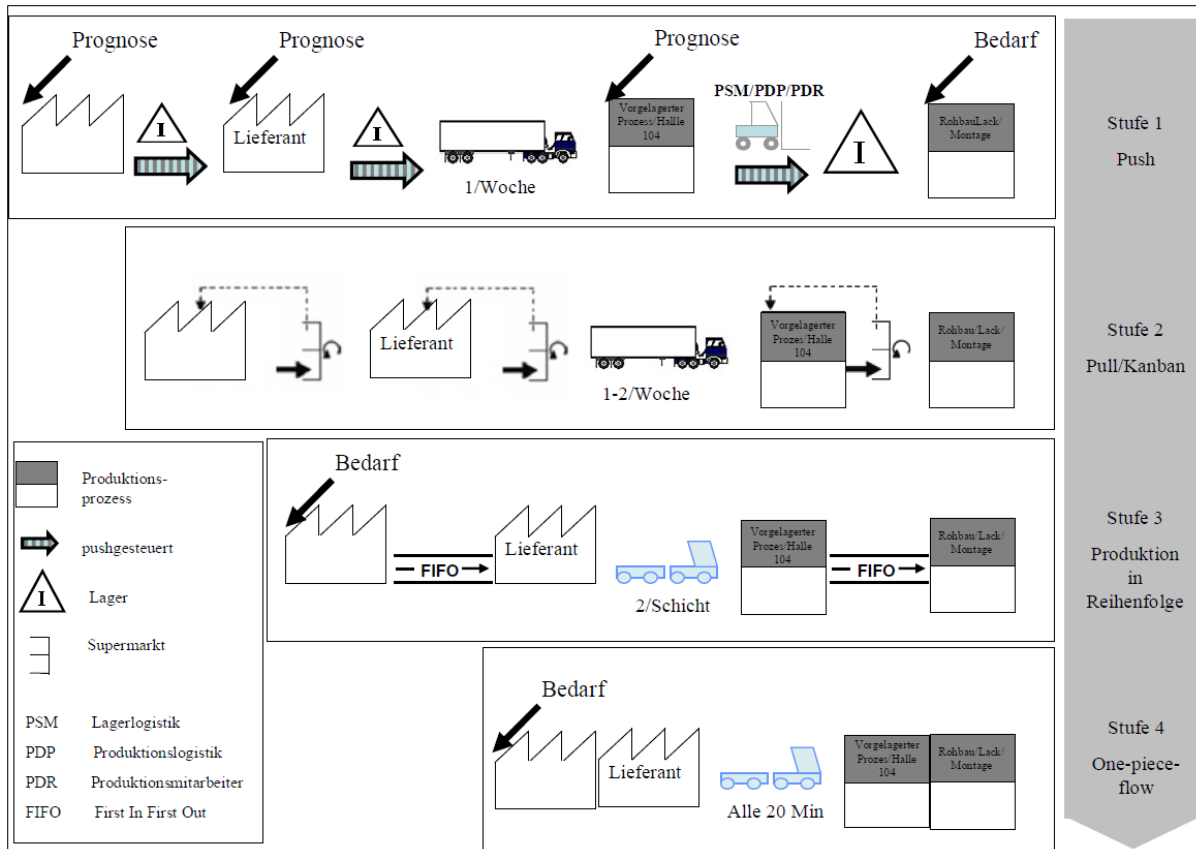


Abbildung 5-1: Entwicklungsstufen zum Idealzustand

Die bestehende Fertigung in Halle 104 befindet sich im Sinne der Abbildung 5-1 auf Entwicklungsstufe 1. Es handelt sich um eine Fertigung nach dem Verrichtungsprinzip mit Push-Steuerung. Im ersten Schritt können z.B. einzelne Prozesse innerhalb der Vorfertigung in Halle 104 objektorientiert angeordnet und in einen Fluss gebracht werden.

Um zur zweiten Stufe zu gelangen und die Produktion am Verbrauch auszurichten sowie geringere Bestände vorzuhalten, bietet sich die Einrichtung von Supermärkten am Ende einer Linie an [25]. Bei dem Übergang von Stufe 1 zu Stufe 2 ist eine Anpassung der PPS notwendig. Wenn eine nach dem Werkstattprinzip organisierte Fertigung zukünftig auch unter Anbindung an angrenzende Bereiche nach dem Fließprinzip gestaltet werden soll, so bietet sich in der variantenreichen Serienproduktion eine Steuerung über Kanban an. Als Belieferungsform kommt anstatt der Belieferung durch einen Stapler und den Werkringverkehr ein Routenzug in Frage. Auf diese Weise könnten darüber hinaus die Routen der benachbarten Halle 114 ggf. besser ausgelastet werden. Alternativ können auch zunächst Stapler für den direkten Transport von Halle 104 zu Halle 114 eingesetzt werden, anstatt Teile einzulagern. Eine derartige Belieferung besteht schon bei Engpässen am Band.

Zur Erreichung der dritten Stufe wird die nachfüllende Produktion weiter nach vorne in der Wertschöpfungskette zum Lieferanten verlegt und die Supermärkte abgeschafft. Die Prozesse und der Auslieferungsbereich werden zu einem einheitlichen System, d.h. sie arbeiten in der Reihenfolge, die der externe Kunde vorgibt. Lieferschwankungen werden unter Einbezug des Lieferanten aufgefangen [30]. Zum Einsatz können FIFO-Bahnen oder ein Behälter-FIFO kommen. Die FIFO-Bahnen sind z.B. in Form von Rutschen realisiert. Für die Einrichtung von FIFO-Bahnen wäre auf jeden Fall die Anzahl der gefahrenen Schichten von Vorfertigung und Hauptlinie abzustimmen. Die FIFO-Bahnen sind nur für eine begrenzte Pufferung von Teilen gedacht. Eine Restriktion bildet hierbei die Fläche. Durch die FIFO-Bahnen könnten allerdings Bestände abgebaut werden und Regale eliminiert werden, so dass in Bezug auf die den Verbau der Querträger zu den noch bestehenden Flächen weiterer Raum hinzukäme.

Die vierte Stufe weist einen weiteren Unterschied auf. Der Unterschied zur Vorgängerstufe besteht in der vollkommenen Synchronisation und nicht nur Gewährleistung des FIFO-Prinzips, sondern Fertigung im One-Piece-Flow in Sequenz der Kundenwünsche. Es bestehen keine Puffer zwischen einzelnen Bearbeitungsschritten, sondern ein Teil wird einzeln produziert und dem nächsten Bearbeitungsschritt zugeführt. Hierzu wäre es notwendig, genau den Kundenbedarf für eine hohe Variantenzahl zu bedienen und innerhalb der Taktzeit der Hauptlinie zu liegen [30].

## 6 Fazit

Auf der Makroebene wurde eine bereichsweite Analyse der Komponentenfertigung durchgeführt und Produktfamilien mit inhärenten Potenzialen zur priorisierten Umsetzung von Fließfertigung identifiziert. Für die Komponentenfertigung wurde gemäß dem Vorgehensmodell auf Basis des Istzustandes ein Idealzustand formuliert und Entwicklungsstufen als nächste Sollzustände heruntergebrochen und somit ein Ausblick für zukünftige Entwicklungen gegeben. Durch die Objektorientierung innerhalb der Fließfertigung werden neben der Verschlinkung des Prozesses Flexibilität und Transparenz gefördert und langfristig standardisierte Arbeit erzielt. Zur Reduzierung von Überproduktion und als Möglichkeit zur umfassenden Implementierung fließender Prozesse soll das „Verleihen“ von Mitarbeitern an die Hauptlinie reduziert werden. Für die Erreichung der nächsten Stufen auf dem Weg zur schlanken Fabrik empfiehlt sich für die Komponentenfertigung eine Pull-Steuerung durch den nachgelagerten Prozess. Realisiert werden kann diese für die Halle 104 durch Einrichtung eines Supermarktes, Integration von Knopfbruf oder Einrichtung bzw. Anbindung an den bereits bestehenden Routenverkehr. Diese Umgestaltung kann weiterhin die zahlreichen Logistikschnittstellen reduzieren und einen Anstoß zur detaillierten Logistikplanung geben. Im Zuge dessen können zudem die Gemeinkosten detaillierter aufgeschlüsselt und zurechenbarer gemacht werden.

Das Projekt hat belegt, dass die Motivation als „Wollen und Können“ der Mitarbeiter ein entscheidender Faktor ist; s. auch [31]. Durch offene Kommunikation sollen die Mitarbeiter weiter eingebunden werden und noch bestehende Skepsis weiter abbauen. Das „Können“ als zweite Komponente kann durch eine Schulung in der bestehenden Lean-Insel in der Montage unterstützt. Positive Resonanz zeigten die Gestaltungsrichtlinien als bildhafte und einfache Unterstützung und können in nächsten Projekten als Aushang und Orientierung dienen. Die Schulung, Einsatz von einfachen Instrumenten und entsprechende Anerkennung der Leistung der Mitarbeiter kann den gewünschten Erfolg von Verbesserungsprojekten fördern.

## 7 Literatur

[1] Reynolds, E.B. & Uygun, Y. 2017. „Strengthening Advanced Manufacturing Innovation Ecosystems: The Case of Massachusetts“. In: Technological Forecasting and Social Change – An International Journal. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.003>

[2] Güller, M.; Karakaya, E.; Uygun, Y. & Hegmanns, T. 2017. „Simulation-based Performance Evaluation of the Cellular Transport System“. In: Journal of Simulation. <https://doi.org/10.1057/s41273-017-0061-1>, pp. 1-14, 2017.

[3] Karakaya, E.; Uygun, Y.; Güller, M. & Kuhn, A. 2016. „Development of an Agent-based Simulation for the Cellular Transport System and Scenario-based Performance Analysis“. In: International Journal of Electrical, Electronics, and Data Communication. Vol. 4 No. 1, pp. 17-20, 2016.

- [4] Güller, M.; Uygun, Y.; Noche, B. 2015. „Simulation-based Optimization for a Capacitated Multi-Echelon Production-Inventory System“. In: Journal of Simulation. Vol. 9 No. 4., pp. 325-336, 2015.
- [5] Besenfelder, C.; Kaczmarek, S. & Uygun, Y. 2013. „Process-based Cooperation Support for Complementary Outtasking in Production Networks of SME“. In: International Journal of Integrated Supply Management. Vol. 8, Nos. 1/2/3, pp. 121-137, 2013.
- [6] DIN 33415: Fließarbeit - Begriffe, Merkmale
- [7] Schuh, G.: Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. 3., völlig neu bearbeitete Auflage., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg 2006.
- [8] Kiener, S.: Produktions-Management. Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung. 8., vollst. überarb. und erw. Aufl., Oldenbourg, München 2006.
- [9] Boysen, N.; Fliedner, M.; Scholl, A.: Level-Scheduling bei Variantenfließfertigung. [http://www.wiwi.unijena.de/Entscheidung/alb/Boysen%20et%20al.%20\(2006\)%20-%20Level-Scheduling%20bei%20Variantenfließfertigung.pdf](http://www.wiwi.unijena.de/Entscheidung/alb/Boysen%20et%20al.%20(2006)%20-%20Level-Scheduling%20bei%20Variantenfließfertigung.pdf). 09.05.2010.
- [10] Boysen, N.; Hansmann, K.-W.: Variantenfließfertigung. 1. Aufl., Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden 2005.
- [11] Uygun, Y., Keßler, S., Stausberg, J. R. 2009. „Verbreitung Ganzheitlicher Produktionssysteme Erkenntnisse aus einer deutschlandweiten Studie.“ In: Werkstattstechnik online, 3/2009, pp. 136-140.
- [12] Droste, M.; Kessler, S.; Uygun, Y. 2008. „Ganzheitliche Produktionssysteme für Logistikdienstleister“. In: ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 9/2008, pp. 594 – 597.
- [13] Uygun, Y., Keßler, S., Droste, M. 2010. „Ganzheitliche Produktionssysteme bei Logistikdienstleistern - Eine empirische Analyse.“ In: Industrie Management 01/2010, pp. 45-48.
- [14] Uygun, Y. & Straub, N. 2011. „Human-centred Model for Application of Lean Production in Networks“. In: H. ElMaraghy (Ed.): Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability. Springer: New York, pp. 660-665.
- [15] Kortmann, C. & Uygun, Y. 2007. „Ablauforganisatorische Gestaltung der Implementierung von Ganzheitlichen Produktionssystemen.“ In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 10/2007, pp. 635-639.
- [16] Uygun, Y. & Wagner, S. U. 2011. „Guidelines for Human-based Implementation of Lean Production“. In: N. Duffie (Ed.): Proceedings of 44th CIRP International Conference on Manufacturing Systems - New Worlds of Manufacturing. Omnipress: Madison, Wisconsin.
- [17] Uygun, Y.; Hasselmann, V.-R.; Piastowski, H. 2011. „Diagnose und Optimierung der Produktion auf Basis Ganzheitlicher Produktionssysteme.“ In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 1-2/2011, pp. 55-58.
- [18] Keßler, S. & Uygun, Y. 2007. „Ganzheitliche Produktionssysteme. Systematische Entscheidungsunterstützung beim Implementieren.“ In: *Industrie Management*, 3/2007, pp. 63-66
- [19] Uygun, Y. & Straub, N. 2013. „Supply Chain Integration by Human-centred Alignment of Lean Production Systems.“ In: H.-J. Kreowski, B. Scholz-Reiter, K.-D. Thoben (Eds.): Lecture Notes in Logistics. Springer: Berlin, pp. 93-112.

- [20] Uygun, Y. 2013. "Entwicklung eines Diagnosesystems für Ganzheitliche Produktionssysteme". Shaker Publishing: Aachen.
- [21] Uygun, Y.; Ringeln, M.; Straub, N. 2015. "Das Pull-Prinzip". In: U. Dombrowski (Ed.): Ganzheitliche Produktionssysteme. Springer: Berlin, pp. 110-128.
- [22] Keßler, S.; Stausberg, J.; Uygun, Y. 2007. „Ganzheitliche Produktionssysteme entlang der Wertschöpfungskette“. In: *PPS-Management*, 1/2007, pp. 58-60.
- [23] Uygun, Y. & Straub, N. 2013. „Supply Chain Integration by Human-Centred Alignment of Lean Production Systems“. In: Kreowski HJ., Scholz-Reiter B., Thoben KD. (eds): Dynamics in Logistics. Lecture Notes in Logistics. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 93-112.
- [24] Uygun, Y. 2011. GPS-Diagnose - Diagnose und Optimierung der Produktion auf Basis Ganzheitlicher Produktionssysteme. Abschlussbericht zum AiF-Forschungsvorhaben 16269. Dortmund
- [25] Uygun, Y. 2017. „Systematic Support for Continuous Optimization of Lean-Based Manufacturing Systems“. <http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-18153>, 2016
- [26] Dickmann, P.: Schlanker Materialfluss. Mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg 2007.
- [27] Erlach, K.: Wertstromdesign. Der Weg zur schlanken Fabrik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg 2007.
- [28] Liker, J. K.; Braun, A.: Der Toyota-Weg. 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. 6., leicht veränd. Aufl., FinanzBuch-Verl., München 2009.
- [29] Rother, M.: "Good System, Good Thinking" - ein Interview mit Mike Rother. [http://www.lean-managementakademie.de/Good\\_System\\_\\_Good\\_Thinking.355.0.html?&L=1%22](http://www.lean-managementakademie.de/Good_System__Good_Thinking.355.0.html?&L=1%22).
- [30] Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem. Just-in-time für das ganze Unternehmen. 6., aktualisierte Aufl., mi-Wirtschaftsbuch FinanzBuch-Verl., München 2009.
- [31] Uygun, Y. & Schmidt, A. 2011. „Performance Measurement for Interorganisational Collaborations of SMEs“. In: H.-J. Kreowski, B. Scholz-Reiter, K.-D. Thoben (Eds.): Dynamics in Logistics. Springer: Berlin et al., pp. 169-190, 2011.