

1. Fertigungsverfahren

Unter dem Begriff "Fertigungsverfahren" versteht man die "verschiedenen Möglichkeiten der organisatorischen Gestaltung des Fertigungsablaufs durch räumliche Zusammenfassung und Verteilung von Betriebsmitteln und Arbeitsplätzen zu fertigungstechnischen Einheiten".¹

Man unterscheidet hierbei vor allem die zwei Extrempositionen der Werkstattfertigung und der Fließfertigung voneinander, jedoch sind in den meisten Betrieben Kombinationen aus beiden Verfahren oder beide Verfahren nebeneinander üblich.², was als Gruppenfertigung bezeichnet wird.

Auf das Verfahren der Baustellenfertigung, das sich vor allem im Hoch- und Tiefbau sowie im Großmaschinenbau findet, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen.

1.1. Fließfertigung

Bei der Fließfertigung werden die Potentialfaktoren und Arbeitsplätze räumlich so angeordnet, daß ein möglichst fortlaufender, kontinuierlicher Produktionsablauf erreicht wird. Dabei wird der Fertigungsvorgang an sich in einzelne Teilvorgänge zerlegt. Die Zeiten pro Verrichtung eines jeden Teilvorgangs, also die Taktzeiten, entsprechen einander entweder genau oder sind Vielfache dieser Zeit, so daß die einzelnen Produktionsschritte exakt aufeinander abgestimmt werden können und somit keine Zeitverluste entstehen. Beträgt zum Beispiel die Dauer eines Arbeitsganges ein Vielfaches der Taktzeit, so werden verschiedene Arbeitsplätze parallelgeschaltet, während zu lange dauernde Produktionsvorgänge so oft in Teilarbeitsgänge zerlegt werden, bis sie in der Länge der Taktzeit entsprechen.

Wenn man nun manche Bearbeitungsvorgänge unter keinen Umständen in gemeinsame Taktzeiten einpassen kann, muß man von der zeitlichen Abstimmung abweichen und die Fließbandfertigung geht in eine Transferstraßenfertigung oder Reihenfertigung über³, in die man auch nach dem Grad der Automation unterscheidet.

Die Fließfertigung findet sich vor allem in der chemischen, der Mineralöl- und Brauindustrie, aber auch in der Fahrzeugindustrie, im Verlags- und Druckergewerbe sowie in der Süßwarenindustrie.⁴

¹ Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 407

² vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 411

³ vgl. Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 1994, S. 123

⁴ vgl. ebenda, S. 123

1.1.1. Fließbandfertigung

Bei der Fließbandfertigung erfolgt der Transport der Werkstücke von einem Arbeitsplatz zum nächsten mittels eines Fließbandes bzw. einer fahrerlosen Transporteinrichtung. Im Zuge der Arbeitshumanisierung sind die heutigen modernen Fließbänder so beschaffen, daß entweder die dort arbeitenden Kräfte während ihrer Tätigkeit mitfahren, was man als sogenannte "wandernde Fußböden" bezeichnet, oder die Werkstücke – wie beispielsweise bei der Montage von Autos – derart gedreht bzw. gehoben oder gesenkt werden, daß die Arbeitskräfte in aufrechter Körperhaltung ihre Tätigkeit verrichten können. Durch dieses sogenannte "Schwenkgehänge" wird die anstrengende und körperlich belastende Überkopfarbeit vermieden.⁵

1.1.2. Transferstraßenfertigung

Bei der Transferstraßenfertigung erfolgt im Gegensatz zur reinen Fließbandfertigung nicht nur der Transport der Werkstücke mittels Fließband automatisch, sondern daneben auch die Bearbeitung der einzelnen Teile, die vollautomatisch in die nötige Lage gebracht werden, und sogar die Kontrolle und das Erkennen von Ausschuß aufgrund von Fehlerhaftigkeit. Die Mitarbeiter haben bei dieser Produktionsform nur noch überwachende Funktion. Allerdings wird bei diesem Fertigungsverfahren die räumliche Anordnung der Produktionsfaktoren gemäß dem Fertigungsablauf und die zeitlich bestimmte, lückenlose Folge von Arbeitsgängen immer noch beibehalten.

1.1.3. Die Reihenfertigung

Im Gegensatz zur Transferstraßenfertigung sind bei der Reihenfertigung zwar die Stationen der Produktion räumlich entsprechend dem Produktionsprozeß angeordnet, allerdings fehlt hier die exakte zeitliche Abstimmung der einzelnen Arbeitsverrichtungen. Folglich ist bei dieser Form der Fließfertigung neben Rückflüssen auch ein Überspringen von Produktionsstellen möglich.⁶ Aus diesem Grunde sind auch Zwischenlager vorgesehen.

Der Mitarbeiter hat bei dieser Art der Produktion die Möglichkeit, in gewissen Grenzen das Arbeitstempo selbst zu bestimmen.

⁵ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1986, S. 322

⁶ vgl. Corsten, H.: Produktionswirtschaft, 1990, S.33

1.1.4. Vorteile der Fließfertigung

Der Hauptvorteil der Fließfertigung liegt in der Kürze der Durchlaufzeiten und der Tatsache, daß zwischen den einzelnen Arbeitsverrichtungen keine Wartezeiten entstehen.

Dadurch, daß höchstens eine kurzzeitige Zwischenlagerung nötig ist – wie bei der Reihenfertigung –, und kaum Bestände an Halbfabrikaten vorhanden sind, können somit die Lagerhaltungs- und Zinskosten gering gehalten werden. Des weiteren werden die Lagerhaltungskosten noch zusätzlich reduziert durch die genaue Kalkulierbarkeit des Verbrauchs an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, da durch die stetige Bandgeschwindigkeit die Bestellmenge exakt geplant werden kann.

Neben der Bestellmenge kann man auch genauere Aussagen über die Ausbringungsmenge treffen, und folglich können Liefertermine in einem engeren Zeitraum angegeben werden als dies ein anderes Fertigungsverfahren erlauben würde.

Zudem kann der gesamte Fertigungsprozeß bei der Fließfertigung sehr gut überschaut werden und ist somit kontrollierbar. Außerdem erfordert er wenig Aufwand für spezielle Arbeitsvorbereitungen und Produktionssteuerung.

Einen weiteren Vorteil dieses Fertigungsverfahrens stellt die hohe Produktivität dar, zu der die Mitarbeiter gelangen, weil ihre Geschicklichkeit zunimmt, da ja immer wieder die gleichen Tätigkeiten bzw. Handgriffe ausgeführt werden.⁷

Das Fließprinzip ermöglicht durch optimale Raumnutzung einen geringeren Raumbedarf als zum Beispiel die Werkstattfertigung, wodurch man wiederum Kosten sparen kann. Da zudem die innerbetrieblichen Transportkosten vergleichsweise gering sind, ist auch hier wieder eine Kostenersparnis gegenüber der Werkstattfertigung zu verzeichnen.⁸

Insgesamt können durch die weitgehende Zerlegung der Arbeitsgänge alle denkbaren Rationalisierungsmöglichkeiten ausgenutzt werden. Bei der Herstellung homogener Produkte gelangt man durch die Fließfertigung zu Spezialisierungsvorteilen gegenüber anderen Herstellern.⁹

Voraussetzung für eine Produktion mittels Fließfertigung ist allerdings, daß die Erzeugnisse voll ausgereift sind, da eine Produktionsänderung eine Stillegung der gesamten Fertigungsstraße nach sich ziehen würde und mit einem enormen Kostenaufwand verbunden wäre.

⁷ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S.408

⁸ vgl. Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 1994, S. 123

⁹ vgl. Bühner, R.: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 1994, S. 238

1.1.5. Nachteile der Fließfertigung

Diesen Vorteilen der Fließfertigung stehen aber auch einige Nachteile gegenüber. Der vermutlich größte Nachteil der Fließfertigung ist der hohe Kapitalbedarf, der zur Errichtung einer Fertigungsstraße notwendig ist, denn man benötigt für jede Fertigungsstraße einen kompletten Satz Anlagen, in denen die investierten Geldbeträge über viele Jahre hinweg gebunden sind. Die Abschreibungs- und Zinsbelastung ist vor allem bei automatischer Fließfertigung sehr hoch. Aus diesem Grunde wird das Unternehmen dann Beschäftigungsschwankungen gegenüber recht empfindlich, weil bei einem Beschäftigungsrückgang diese aus dem hohen Kapitaleinsatz resultierende Abschreibungs- und Zinsbelastung nicht vermindert werden kann, da auch bei reduzierter Bandgeschwindigkeit oder auch Kurzarbeit die Fertigungsstraße vollständig bleiben muß, denn sie kann entweder gar nicht oder nur mit einem enormen Kostenaufwand verkleinert werden. Aus eben diesem Grund kann die Fließfertigung auch gegenüber Nachfrageschwankungen oder an geänderte Kundenwünsche, also beispielsweise eine andere Mode oder ein allgemein geänderter Geschmack, nicht flexibel angepaßt werden.

Ein weiteres Manko der Fließfertigung ist die Tatsache, daß Löhne im allgemeinen zu fixen Kosten werden, und die Lohnkosten pro Stück ziemlich hoch sind, denn Löhne müssen unabhängig von der Menge der produzierten Einheiten bezahlt werden und alle Arbeitsplätze müssen immer besetzt sein.¹⁰ Somit wird das Verfahren der Fließfertigung sehr störanfällig, weil der Ausfall einer Maschine oder einer Arbeitskraft den gesamten Fertigungsprozeß lahmlegen kann. Deswegen stehen stets Ersatzteile und sogenannte "Springer" bereit, damit die Störung im Bedarfsfalle schnell behoben werden kann.¹¹ Außerdem werden teilweise auch zum kurzfristigen Ausgleich solcher Störungen an verschiedenen Stellen Pufferlager eingerichtet, was allerdings wieder eine erhöhte Kapitalbindung zur Folge hat.

Neben all diesen Kostenargumenten ist aber auch zu bedenken, daß eine solche Form der Herstellung für die beschäftigten Kräfte eine hohe psychische und physische Belastung darstellt, da sie ständig unter Zeitdruck stehen und auch immer wieder dieselben monotonen Handgriffe ausführen. Deswegen kommt es häufiger zu Unzufriedenheit am Arbeitsplatz, Nervosität, Schlafstörungen und zum Teil sogar zu Herzbeschwerden. Mit zunehmender Arbeitsunzufriedenheit steigen jedoch – wie die Erfahrung gezeigt hat – die Abwesenheit der Mitarbeiter, die Fluktuation und der Ausschuß der produzierten Einheiten.

Im Zuge der Arbeitshumanisierung wurde deswegen im Lauf der Jahre die Taktzeit verlängert, wodurch jeder Arbeitskraft eine größere Aufgabe zugewiesen werden konnte.¹² Dieses sogenannte "Job Enlargement" führt dazu, daß die Arbeit an sich anspruchsvoller wird und der Mitarbeiter sich in gewissen Grenzen selbstverwirklichen kann. Daneben kann auch durch einen Arbeitsplatzwechsel für eine gewisse Erweiterung des Blickfeldes gesorgt werden, was unter dem Begriff der "Job Rotation" bekannt ist. Durch "Job Enrichment", also die Arbeitsbereicherung durch erhöhten Entscheidungs- und Kontrollspielraum,¹³ wird zumeist die Verantwortung erhöht, und somit wird eine Aufwertung der Arbeitsstelle erreicht.

1.2. Werkstattfertigung

¹⁰ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 409

¹¹ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 323

¹² vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 336

¹³ vgl. Bea, F./Dichtl, E./Schweitzer, M.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1994, S. 455

Im Gegensatz zum Verfahren der Fließfertigung wird bei der Werkstattfertigung der Weg der Werkstücke vom Standort der Potentialfaktoren und Arbeitsplätze bestimmt, welche zu Werkstätten ähnlicher Verrichtungen – wie beispielsweise Schreinerei und Schleiferei – zusammengefaßt sind. Ein Fertigungsauftrag hat dann im allgemeinen mehrere Werkstätten zu durchlaufen.¹⁴

Das Verfahren der Werkstattfertigung ist überall dort zweckmäßig, wo eine räumliche Anordnung der Maschinen entsprechend dem Produktionsverlauf oder eine genaue Abstimmung der einzelnen Arbeitsgänge nicht möglich ist. Angewendet wird die Werkstattfertigung vor allem im Bereich Maschinenbau, in der elektronischen und optischen Industrie sowie in der Gummiverarbeitung.¹⁵

¹⁴ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 410

¹⁵ vgl. Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 1994, S. 121

1.2.1. Vorteile der Werkstattfertigung

Die Werkstattfertigung erlaubt hohe Flexibilität, was den wohl größten Vorteil gegenüber der Fließfertigung darstellt. In Anbetracht der vom Markt geforderten Vielfalt an Produkten bei sinkender Lebensdauer und immer kleiner werdender Losgröße ist sie die dominierende Organisationsform der Teilefertigung, da bei diesem Fertigungsverfahren in der Regel Universalmaschinen eingesetzt werden, die für unterschiedlichste Zwecke verwendet werden können und somit die Anpassungsfähigkeit an Nachfrageschwankungen und an sich ändernde Modetrends relativ groß ist.¹⁶

Auch ist können in den einzelnen Werkstätten Arbeitsplätze geschaffen oder stillgelegt werden, ohne daß eine Umstellung des gesamten Produktionsprozesses erforderlich ist.

Durch den geringeren Anteil der Fixkosten ist die Kapitalbindung bei diesem Fertigungsverfahren nicht so hoch wie bei dem der Fließfertigung.

Für die Mitarbeiter eines Betriebes mit Werkstattfertigung ist dies vor allem deshalb von Vorteil, weil sie im Gegensatz zur Fließfertigung ihr Arbeitstempo weitgehend selbst bestimmen können und sich auch mit ihrer Arbeit identifizieren, da ihre Werkstatttätigkeit nicht nur in bezug auf die Arbeitsverrichtungen, sondern auch hinsichtlich der Produktarten relativ vielschichtig und abwechslungsreich ist. Folglich ist auch eine durch Monotonie hervorgerufene psychische Belastung der Arbeitskräfte – wie dies bei der Fließfertigung oft der Fall ist – bei der Werkstattfertigung gering.¹⁷

1.2.2. Nachteile der Werkstattfertigung

Da bei der Werkstattfertigung die einzelnen Produkte bis zu ihrer Fertigstellung im allgemeinen mehrere Werkstätten durchlaufen und davon manche sogar mehrmals, sind bei diesem Verfahren relativ lange Transportwege und infolgedessen höhere Transportkosten zu verzeichnen.¹⁸ Durch eine räumlich günstige Anordnung der Werkstätten kann man die Transportkosten zwar reduzieren bzw. minimieren, allerdings übertreffen sie diejenigen der Fließfertigung dennoch bei weitem.

¹⁶ vgl. Bühner, R.: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 1994, S. 230

¹⁷ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S.411

¹⁸ vgl. Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 1994, S. 121

Neben den Transportkosten sind jedoch auch die Durchlaufzeiten der Werkstücke recht hoch, was nicht nur eine Folge der längeren Transportwege, sondern auch der oftmals entstehenden Wartezeiten in den einzelnen Werkstätten ist. Diese wiederum ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Bearbeitungszeiten der verschiedenen Produkte und machen eine Zwischenlagerung der Halbfertigfabrikate nötig, wodurch dann zusätzliche Zins- und Lagerkosten verursacht werden.¹⁹

Nun könnte man versuchen, diese Durchlaufzeiten zu minimieren. Allerdings steht demgegenüber sicherlich als zweites Ziel die Forderung nach optimaler Kapazitätsauslastung aller Betriebsteile, also vor allem Vermeidung von Unterbeschäftigung. Das gleichzeitige Erreichen beider Ziele setzt jedoch gleiche Bearbeitungszeiten bei jeder Station voraus, was de facto nur bei speziellen Formen der industriellen Massenproduktion, also der Fließfertigung, realisierbar ist.²⁰

Ansonsten kollidieren diese Zielsetzungen im allgemeinen miteinander, da die Forderung nach Minimierung der Durchlaufzeiten zu zeitweiliger Unterbeschäftigung führt. Die Forderung nach optimaler Kapazitätsauslastung hingegen hat Warteschlangen zur Folge.

In diesem Zielkonflikt, nämlich die Durchlaufzeit der Werkstücke zu minimieren und andererseits die Kapazitätsauslastung der Betriebsmittel zu maximieren, sieht Gutenberg das "Dilemma der Ablaufplanung",²¹ was sicherlich einer der größten Nachteile der Werkstattfertigung ist.

Zur Lösung dieses Problems gibt es diverse Produktionsplanungs- und Produktionssteuerungssysteme, auf die hier nicht näher eingegangen wird, da dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Neben den oben bereits genannten Nachteilen bleibt noch zu erwähnen, daß der Produktionsablauf bei der Werkstattfertigung in der Regel recht unübersichtlich ist und einen hohen Verwaltungsaufwand erfordert.

Zudem ist der Ausschuß bei diesem Fertigungsverfahren größer als bei dem der Fließfertigung, da bei Letzterem immer wieder dieselben Verrichtungen anfallen, während bei der Werkstattfertigung ständig veränderte Arbeitsgänge ausgeführt werden.

¹⁹ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 410

²⁰ vgl. Hahn, O.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1994, S. 178

²¹ vgl. Bühner, R.: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 1994, S. 226

1.3. Gruppenfertigung

Zwischen den beiden Extremfällen der organisatorischen Gestaltung, also der Fließ- und der Werkstattfertigung, sind Zwischenformen wie die Gruppenfertigung anzusiedeln. Bei diesem Fertigungsverfahren werden zwar die Produktionsfaktoren für die jeweiligen Fertigungsschritte ähnlich der Werkstattfertigung zu Gruppen zusammengefaßt, allerdings werden die Produktionsmittel innerhalb einer jeden Gruppe gemäß dem Fließprinzip angeordnet.²² Auf diese Art und Weise versucht man, die Vorteile der beiden Organisationstypen auszunutzen und Nachteile weitgehendst auszuschalten. Durch die oben geschilderte Anordnung von Produktionsmitteln lassen sich beispielsweise die Durchlaufzeiten der Werkstücke verringern sowie die Transportwege verkürzen.

Diese Form der Fertigung ist vor allem dann geeignet, wenn die Fließfertigung aufgrund zu kleiner Serien für den gesamten Fertigungsablauf nicht anzuwenden ist, aber dennoch gewisse Teile für viele oder sogar alle Erzeugnisse des Produktionsprogramms nötig sind. Hier wird dann für die Herstellung das Einrichten von Fließbändern rentabel, obwohl diverse Arbeitsvorgänge dennoch in Werkstätten vorgenommen werden.²³

1.3.1. Vorteile der Gruppenfertigung

Im Vergleich zur reinen Werkstattfertigung wird bei der Form der Gruppenfertigung der Fertigungsprozeß beschleunigt, da die Transportwege verkürzt werden und somit auch die Transportkosten sinken. Zudem nimmt die Übersichtlichkeit über den Produktionsablauf im Vergleich zur reinen Werkstattfertigung zu.

Außerdem können die bei der Werkstattfertigung für Halbfertigfabrikate entstehenden Zins- und Lagerkosten, die aufgrund der auftretenden Wartezeiten anfallen, eingespart werden.²⁴

²² vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1996, S. 557

²³ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 411

²⁴ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 412

1.3.2. Nachteile der Gruppenfertigung

Gegenüber der reinen Werkstattfertigung ist bei der Gruppenfertigung die Anpassungsfähigkeit der Fertigung an Beschäftigungs- und Nachfrageschwankungen und Modeveränderungen vermindert. Allerdings ist sie immer noch bei weitem elastischer und flexibler als bei der reinen Fließfertigung, da Umstellungen relativ schnell möglich sind, denn ein Teil der Fertigung wird noch in Werkstätten vorgenommen, deren zumeist verwendete Universalmaschinen vielseitig verwendbar sind. Des weiteren wirken sich eventuell auftretende Störungen bzw. Stockungen, die nur eine einzelne Gruppe von Betriebsmitteln und Arbeitsplätzen betreffen, nicht sofort auf den gesamten Fertigungsverlauf aus.²⁵

2. Fertigungstypen

Unterteilt man die Fertigungsverfahren nicht – wie zu Beginn der Arbeit geschildert – gemäß der räumlichen Anordnung der Betriebsmittel, sondern nimmt man eine Einteilung danach vor, wie viele Produkte der gleichen Art in einem Betrieb gleichzeitig oder unmittelbar nacheinander hergestellt werden, so bezeichnet man diese Verfahren als Fertigungstypen. Hierbei muß man prinzipiell zwischen Einzelfertigung, Variantenfertigung und Massenfertigung unterscheiden.²⁶

2.1. Einzelfertigung

Die Einzelfertigung ist ein Fertigungstyp, bei dem jedes Produkt in der Regel nur ein einziges Mal hergestellt wird, wobei sich die gleiche oder eine ähnliche Produktion im Laufe der Zeit wiederholen kann.

Betriebe mit Einzelfertigung haben kein festes Produktionsprogramm, sondern fertigen auf Bestellung und unter Einbeziehung spezieller Kundenwünsche alles an, was mit den vorhandenen Produktionsanlagen und Arbeitskräften hergestellt werden kann.²⁷ Aus diesem Grund ist auch das bei der Einzelfertigung verwendete Produktionsverfahren das der Werkstattfertigung, da deren Universalmaschinen vielseitig einsetzbar sind, wodurch man flexibel auf Kundenwünsche eingehen kann.

²⁵ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 411f

²⁶ vgl. Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1986, S. 407

²⁷ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 329

Ein besonderes Problem der Einzelfertigung liegt in der Terminplanung. Diese wird aufgrund der guten Übersichtlichkeit meist mit Hilfe der Netzplantechnik durchgeführt. Hierbei wird der Fertigungsprozeß in Teilvorgänge gegliedert, von denen jeweils der Zeitbedarf und der Vorgang bekannt ist, der unmittelbar vorausgehen muß. Aus diesen Einzelvorgängen läßt sich dann mit Hilfe des Netzplans (vgl. Anhang, Abbildung 1b) das Gesamtprojekt zusammenfügen, wobei verschiedene Produktionswege möglich sind. Denjenigen Weg mit dem größten Zeitbedarf nennt man den "kritischen Weg" (siehe Abbildung 1c). Alle anderen Wege weisen gegenüber diesem Mindestzeitbedarf Pufferzeiten auf.²⁸

Typische Beispiele der Einzelfertigung sind der Wohnungs- und Industriebau, der Groß-Maschinenbau, der Schiffsbau und der Brückenbau.

2.2. Variantenfertigung

Bei der Variantenfertigung, die in der Literatur teilweise auch als Serienfertigung bezeichnet wird, werden größere, aber begrenzte Stückzahlen unterschiedlicher Produkte hergestellt und die Produktionsanlagen entsprechend umgerüstet, was mit hohem Kostenaufwand, den sogenannten Rüstkosten, verbunden ist.²⁹ Hieraus ergibt sich auch eines der Probleme der Serienfertigung, denn einerseits sinken mit größer werdendem Fertigungslos die Umrüstkosten pro produziertem Stück, was man unter dem Begriff der Auflagendegression faßt, aber andererseits nimmt mit steigender Losgröße die durchschnittliche Lagerungsdauer der Werkstücke zu. Das heißt, daß die Aufbewahrungskosten, also Lager-, Zins- und Versicherungskosten, mit zunehmendem Fertigungslos größer werden. Die optimale Losgröße liegt nun dort, wo die Summe aus Umrüst- und Aufbewahrungskosten, also die Gesamtkosten, minimal sind (siehe Abbildung 2, Anhang). Die optimalen Losgrößen der unterschiedlichen Varianten müssen dann im Zuge der Losgrößenplanung aufeinander zeitlich abgestimmt werden,³⁰ um möglichst kostensparend produzieren zu können. Auch kann man durch eine geeignete Variantenfolge die Umrüstkosten pro Variantenzyklus minimieren.

Vorteilhaft ist die Serienfertigung deswegen, weil innerhalb der Serien Normung und Typung erfolgen können, womit ein Rationalisierungseffekt erzielt wird.

Andererseits weist die Variantenfertigung im Vergleich zur Einzelfertigung eine geringere Flexibilität auf und Kundenwünsche können nicht mehr in dem Maß erfüllt werden.³¹

2.3. Massenfertigung

Bei der Massenfertigung wird stets das gleiche Produkt in unbegrenzter Stückzahl hergestellt und es wird immer wieder derselbe Fertigungsvorgang wiederholt.³²

Da keine Umrüstkosten der Produktionsanlagen anfallen, bietet sich in besonderem Maße ein automatisierter Produktionsprozeß an, zumal der Betrieb so die Rationalisierungsmöglichkeiten, die durch die großen Stückzahlen gegeben sind, am besten ausnutzen und niedrige Stückkosten erzielen kann.

²⁸ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 329

²⁹ Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 1994, S. 109

³⁰ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 331f

³¹ vgl. Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 1994, S. 109

³² vgl. Bea, F./Dichtl, E./Schweitzer, M.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1994, S. 84

Nachteilig an diesem Fertigungstyp ist vor allem die mangelnde Flexibilität, die ihre Ursache im Einsatz von Spezialmaschinen bei der Produktion hat. Dadurch kann es bei Nachfrageänderungen, die zum Beispiel durch ein verändertes Konsumverhalten der Käufer aufgrund von Modebewegungen hervorgerufen sind, zu extrem kostenaufwendigen Produktionsumstellungen kommen.

3. Neue fertigungstechnische Erscheinungsformen

Sowohl bei der Werkstattfertigung als auch bei der Fließfertigung haben neue Technologien Einzug gehalten, mit deren Hilfe eine Flexibilisierung der Produktion erreicht werden kann.

So können beispielsweise bei der Werkstattfertigung durch den Einsatz von computergesteuerten Produktionsanlagen die Bearbeitungsvorgänge weitgehend automatisiert werden. Diese computergestützte Produktion, die man unter dem Begriff CAM, also Computer Aided Manufacturing, faßt, führt zu einer Verringerung der Rüst- und Nebenzeiten bei der Umstellung auf unterschiedliche Werkzeuge. Auch wird der Ausschuß gesenkt, da die einzelnen Fertigungsvorgänge ohne Bearbeitungsfehler ablaufen.³³

Bei der Fließfertigung machen es neue Technologien möglich, daß man auch hier auf sich schnell vollziehende Modeänderungen und daraus resultierende Nachfrageverschiebungen flexibel reagieren und die Produktion den geänderten Kundenwünschen anpassen kann.

Im einzelnen kommt es zu einer Steigerung der Produktivität und einer verbesserten Kapazitätsauslastung der Maschinen. Außerdem kann durch die computergestützte Fertigung ein hohes Qualitätsniveau sichergestellt werden. Zudem senkt ein Einsatz dieser Technologien die Durchlaufzeit sowie die Lagerhaltungs- und Rüstkosten.

Nachteilig an diesen neuen Fertigungskonzepten sind die – im Vergleich zu herkömmlichen Produktionsanlagen – um sehr viel höheren Investitionskosten, die vor allem in der Anfangsphase aufgrund eines größeren Personal- und Planungsaufwands entstehen.

Allerdings bleibt zu berücksichtigen, daß diese Kosten mit zunehmender Zuverlässigkeit und Erfahrung im Umgang mit Rechnern sowie einer verbesserten Software sinken.³⁴

3.1. Computergesteuerte Maschinen

NC (Numerical Control)-Maschinen werden digital mit Hilfe von Rechnern gesteuert, denen über Disketten eindeutige Arbeitsprogramme eingegeben werden, die Informationen über den Bearbeitungsvorgang und das Werkstück enthalten. Da eine Änderung des NC-Programms nur durch Neueingabe vorgenommen werden kann, weist eine NC-Maschine nur geringe Flexibilität auf.³⁵

Dieses Manko wurde durch die Entwicklung von CNC (Computerized Numerical Control)-Maschinen behoben, die mit Kleinrechnern ausgestattet sind, die direkte Änderungen an der Maschine durch Programmeingaben erlauben. Hierdurch erhöht sich die Flexibilität gegenüber NC-Maschinen deutlich.

Verbindet man nun mehrere NC- oder CNC-Maschinen mit einem Rechner, der diese direkt steuert, die Versorgung der einzelnen Maschinen mit Programmen übernimmt, deren Systemzustand prüft sowie Meßdaten sammelt und Korrekturen in der Produktion einleitet, so spricht man von einem DNC (Direct Numerical Control)-System.³⁶

³³ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 328

³⁴ vgl. Bühner, R.: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 1994, S. 282

³⁵ vgl. Corsten, H.: Produktionswirtschaft, 1990, S. 251

³⁶ vgl. Corsten, H.: Produktionswirtschaft, 1990, S. 252

Diese computergestützte Fertigung hat in der Werkstattfertigung mittlerweile sehr an Bedeutung gewonnen.

3.2. Flexible Fertigungszelle

Eine flexible Fertigungszelle umfaßt auf der Grundlage einer CNC- oder DNC-Steuerung zudem eine Versorgungseinrichtung für wechselnde Werkzeuge sowie eine Spann- und Beladestation.³⁷

Die flexible Fertigungszelle ist sozusagen eine computergesteuerte Kleinwerkstatt, die besondere Flexibilität aufweist, da unterschiedliche Fertigungsaufgaben ohne größere Umrüstverluste ausgeführt werden können, weil die notwendigen Umrüstprozesse weitgehend in den Produktionsablauf integriert sind.

Besonders vorteilhaft an der flexiblen Fertigungszelle ist, daß sich in ihr die Durchlaufzeiten verkürzen. So konnte beispielsweise der Pumpenhersteller Sulzer-Weise GmbH seine Durchlaufzeiten um beinahe 70 Prozent senken. Außerdem konnten auch die Bestände und die Kosten für die Arbeitsplanung und Programmierung verringert werden.³⁸

3.3. Flexible Fertigungssysteme

Werden mehrere flexible Fertigungszellen über ein gemeinsames Steuerungs- und Transportsystem miteinander verbunden, so bezeichnet man dies als flexibles Fertigungssystem (FFS). Dieses läßt sich im wesentlichen in drei Komponenten unterteilen, nämlich das Bearbeitungs-, das Materialfluß- und das Informationssystem.³⁹

Das Bearbeitungssystem beinhaltet die Werkzeugmaschinen, den Werkzeugspeicher und –wechsler, die Spannmittel-, Meß- und Prüfeinrichtungen und auch die numerische Steuerung mit Speichereinheit. Die Bearbeitung von unterschiedlichen Werkstücken ist in frei wählbarer Reihenfolge möglich.

Das Materialflußsystem schließt die Werksstückver- und -entsorgung sowie den Werkzeugwechsel mit ein, der in flexiblen Fertigungszellen entsprechend den vorzunehmenden Bearbeitungsvorgängen automatisch aus dem Werkzeugspeicher erfolgt.

Dem Informationsflußsystem obliegen die Steuerungs- und Überwachungstätigkeiten, wozu unter anderem die Informationsverteilung und das Überwachen der Werkstücke, aber auch der Werkzeuge gehört.⁴⁰

³⁷ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 327

³⁸ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 1996, S. 328

³⁹ vgl. ebenda, S. 327

⁴⁰ vgl. Corsten, H.: Produktionswirtschaft, 1990, S. 252

Generelles Ziel der FFS ist es, die Vorteile der Werkstattfertigung mit denen der Fließfertigung zu verbinden, also hohe Produktivität bei gleichzeitig hoher Flexibilität zu realisieren.

FFS können fertigungstechnisch schnell an Kundenwünsche angepaßt werden, indem die Reihenfolge der zu durchlaufenden Maschinen und die NC-Programme verändert werden. Die Durchlaufzeit der Werkstücke verringert sich erheblich und mit ihr auch die Kapitalbindung. Hinzu kommt eine Verminderung der Umrüstzeiten und –kosten, da die Umrüstvorgänge in den Bearbeitungsverlauf integriert sind. Somit werden auch Maschinenstillstandszeiten weitgehend umgangen, was wiederum eine Abnahme der Kapitalbindung bewirkt.⁴¹

3.4 Flexible Transferstraße

Diese in der Fließfertigung verwendete Organisationsform geht von der traditionellen Fließ- und Werkstattfertigung aus, also von materialflußorientierter Reihenfolge der Bearbeitungsstationen und zeitlicher Abstimmung der Arbeitsvorgänge. Allerdings werden dann mehrere automatische Produktionseinrichtungen durch ein Transportsystem verknüpft. Ziel dabei ist es, eine schnellere Umrüstbarkeit zu erreichen, um sich reibungslos an wechselnde Fertigungsaufgaben anpassen zu können, was mit Hilfe des Einsatzes von NC-Maschinen und Industrierobotern möglich wird.⁴²

In der flexiblen Transferstraße werden verschiedene Varianten eines Produktes gefertigt, wobei sich beim Variantenwechsel der Rüstvorgang auf den Austausch von Werkzeugen und NC-Programmen beschränkt, was zu einer hervorragenden Erweiterungs- und Umbaufähigkeit führt. Die flexible Transferstraße weist eine hohe Produktivität auf, da die flexible Transferstraße bei einer aufgrund von Modeänderungen nötig gewordenen Umstellung von einer Produktvariante auf eine andere weitgehend ausgelastet bleibt. Dies ist zum Beispiel vor allem in der Automobilindustrie vorteilhaft, da es hier oftmals vorkommt, daß sich die Nachfrage nach einem Fabrikat – beispielsweise dem Golf – zugunsten eines anderen, also zum Beispiel dem Passat, verschiebt.

⁴¹ Hansmann, K.-W.: Industrielles Management, 1994, S. 126

⁴² vgl. ebenda, S. 128

3.5. Flexible Fertigungsinsel

Bei dieser Organisationsform stehen weniger technische als vielmehr arbeitsorganisatorische Gesichtspunkte im Vordergrund, weswegen auf diese Form auch nur kurz eingegangen wird.

Bei der Fertigungsinsel werden Teile, die man mit gleichen Betriebsmitteln fertigen kann, zu Teilefamilien zusammengefaßt. Alle zur Fertigung dieser Teilefamilien nötigen Maschinen und Betriebsmittel werden gemäß dem Objektprinzip räumlich und organisatorisch angeordnet.

In jeder Fertigungsinsel arbeiten ca. acht bis zehn Mitarbeiter, denen umfangreiche Aufgaben zugewiesen werden. Diese teilautonomen Arbeitsgruppen bieten in Verbindung mit den Möglichkeiten neuer, flexibler Fertigungstechniken, also NC-Steuerung bzw. FFS, erhebliche Wirtschaftlichkeitspotentiale.⁴³

Fertigungsinseln eignen sich in erster Linie für die Großserienfertigung, was Volvo bereits 1974 erkannte, als im Werk Kalmar die Gruppenmontage eingeführt wurde, und was sich auch die Hoesch-Kaltwalzwerke zu Beginn der 80er Jahre zu Nutzen gemacht haben.⁴⁴

3.6. Fazit

Bedient man sich bei der Fertigung neuer Technologien, wie z.B. flexiblen Fertigungszellen bzw. flexiblen Transferstraßen, so verliert das Problem der Umrüstkosten und mit ihm das der optimalen Losgröße und Variantenfolge erheblich an Bedeutung, da die Maschinen so programmiert werden können, daß sie sich innerhalb kürzester Zeit selbständig auf eine neue Produktvariante einstellen. Man kann also exakt so produzieren, wie die Aufträge eingehen. Dies ist dann das umfassende Konzept der Just-in-Time-Produktion, bei dem es weder Rohstoff- noch Fertigfabrikatelager gibt, wodurch eine Kostenersparnis zu verzeichnen ist. Das gilt für Werkstattfertigung ebenso wie für Fließfertigung.

Als besonders wirkungsvoll hat sich auch das Holprinzip erwiesen, bei dem sich jede Stelle die gerade benötigten Teile bei der vorgelagerten Stelle besorgt. Dies geschieht dann mit Hilfe von Pendelkarten, japanisch KANBAN, die den Bedarf der nachgelagerten Stelle signalisieren. Voraussetzung für dieses System ist ein nicht allzu breites Variantenspektrum, damit nicht ständig Neuplanungen erforderlich sind. Zudem wird auch ein ausgeprägtes Verantwortungsbewußtsein der Mitarbeiter und ein hoher Qualitätsstandard vorausgesetzt. Bei erreichter Prozeßsicherheit verlieren Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme dann ihre Bedeutung.⁴⁵

Literaturverzeichnis

- Bea, Franz/Dichtl, Erwin/Schweitzer, Marcell: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3 Leistungsprozeß, 6. Aufl., Stuttgart, 1994
- Bühner, Rolf: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 7. Aufl., München, 1994
- Corsten, Hans: Produktionswirtschaft: Einführung in das industrielle Produktionsmanagement, München, 1990
- Hahn, Oswald: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 2. Aufl., München, 1994

⁴³ vgl. Bühner, R.: Betriebswirtschaftliche Organisationslehre, 1994, S. 265

⁴⁴ vgl. ebenda, S. 268f

- Hansmann, Karl-Werner: Industrielles Management, 4. Aufl., München, 1994
- Schneeweiß, Christoph: Einführung in die Produktionswirtschaft, 4. Aufl., Berlin, 1992
- Schmalen, Helmut: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft: Studienausgabe, 10. Aufl., Köln, 1996
- Wöhe, Günther: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 16. Aufl., München, 1986
- Wöhe, Günther: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 19. Aufl., München, 1996

⁴⁵ vgl. Schmalen, H.: Grundlagen und Probleme der Allgemeinen Betriebswirtschaft, 1996, S. 334