

Industrial Engineering

Standardmethoden zur Produktivitätssteigerung
und Prozessoptimierung



<http://shop.refa.de/shop/details.php?id=207>

PRINT ISBN 978-3-446-44786-8
E-PDF ISBN 978-3-446-44787-5

1. Auflage 2011
2. Auflage 2015

© Copyright 2015 by REFA Bundesverband e.V., Darmstadt

Nachdruck oder fotomechanische Wiedergabe sowie Speicherung und Verarbeitung in digitalisierter Form sind ohne ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers untersagt.

Bei nicht mit Quellenangabe versehenen Bildern handelt es sich um eigene Darstellungen.

Produktionssteuerungsmethoden

Alternative Bezeichnungen

Fertigungssteuerungsmethoden, Produktionsplanungs- und -steuerungsmethoden (PPS-Methoden)

Ziel

Wahl eines geeigneten Verfahrens zur Fertigungssteuerung

Weg

- Charakterisierung der eigenen Fertigung,
- Auswahl einer geeigneten Fertigungssteuerung in Abhängigkeit von den Zielen des Unternehmens

Ergebnisse

- Minimierung und Begrenzung der Bestände entlang der Wertschöpfungskette
- Vermeidung von Überproduktion
- Einsparung von Flächen und Ladungsträgern/Behältern

	gering	mittel	hoch
Einsatzaufwand			X
Schulungsaufwand			X

	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Dauer der Ergebnisrealisierung			X

Rahmenbedingungen für den erfolgreichen Einsatz

Die Anforderungen und Bedingungen an die Fertigungssteuerung eines Unternehmens sind in der Regel komplex und umfangreich. Die Fertigungssteuerung muss den betrieblichen Rahmenbedingungen eines Unternehmens angepasst werden. Die Anforderung besteht also insbesondere darin, eine Fertigungssteuerung auszuwählen und zu implementieren, mit welcher die betrieblichen Zielsetzungen bei der gegebenen Fertigungsumgebung am besten erreicht werden können (vgl. Lödding 2008).

Einzel Schritte der Methode

Prinzip:

Das Tätigkeitsfeld der Fertigungssteuerung beinhaltet sämtliche Aufgaben, die zur Einplanung, Steuerung und Durchführung eines Auftrags nach den Vorgaben der Fertigungsplanung notwendig sind. Diese umfassen die Soll- und Ist-Zeit zur Herstellung eines Teils, die Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die Herstellungsart sowie die Fertigungs- bzw. Betriebsmittel.

Aufgaben der Fertigungssteuerung:

- Erzeugung, Terminierung und Freigabe der Aufträge (nach Prüfung der Verfügbarkeit der zur Fertigung benötigten Ressourcen) für die Fertigung
- kurzfristige Festlegung von Einzelkapazitäten (Arbeitszuordnung)
- Maschinenbelegung
- Verfolgung des Auftragsfortschritts
- Verantwortung für die termingerechte Ablieferung der Fertigungsaufträge

Aufgabe der Fertigungssteuerung ist es, die Reihenfolge der Aufträge so zu koordinieren und aufeinander abzustimmen, dass bei kurzer Durchlaufzeit (DLZ) die Kapazitätsauslastung von Betriebsmitteln und Personal möglichst gleichmäßig und optimal ist und keine unnötigen Bestände an halbfertigen oder fertigen Erzeugnissen zwischen den Prozessschritten entstehen (vgl. Nebel 2007 und Lötting 2008).

Vorgehensweise:

Die Verfahren der Fertigungssteuerung wurden für Anwendungsgebiete und Einsatzbedingungen entwickelt, welche je nach Produkt und Art der Fertigung sehr unterschiedlich sein können. Die Berücksichtigung der Einsatzbedingungen ist eine notwendige Voraussetzung für die optimale Auswahl und Implementierung einer Fertigungssteuerung.

Zur Auswahl der Verfahren der Fertigungssteuerung lassen sich verschiedene Ansätze nach unterschiedlichen Differenzierungskriterien herleiten (vgl. Bild 1).

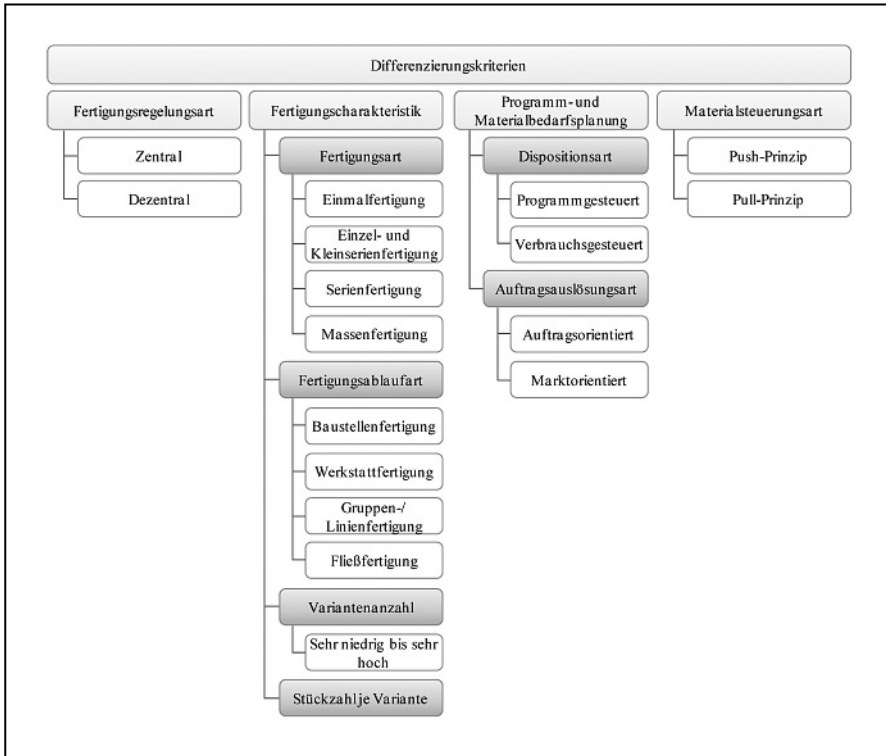


Bild 1: Differenzierung von Fertigungssteuerungsverfahren (vgl. Lödding 2008)

Die Wahl der Materialsteuerungsart hat entscheidenden Einfluss auf die Bestände eines Unternehmens und gewinnt vor dem Hintergrund des Ansatzes „Ganzheitliche Produktionssysteme“ zunehmend an Bedeutung. Grundsätzlich kann dabei zwischen dem Push- und dem Pull-Prinzip unterschieden werden. Bild 2 zeigt verschiedene Verfahren, die den beiden Prinzipien zugeordnet werden können und später wieder aufgegriffen und erläutert werden.

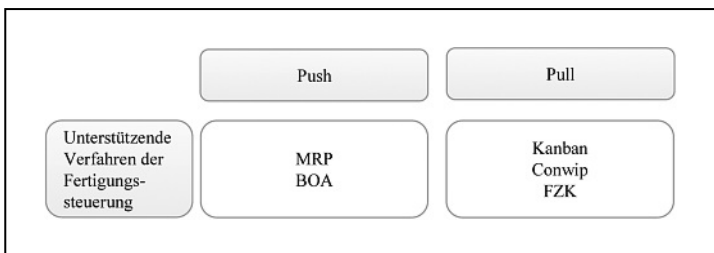


Bild 2: Vergleich zwischen Push- und Pull-Prinzip (vgl. Lödding 2008)

Das **Push- oder Schiebe-Prinzip** kann als klassische Form der Materialsteuerung bezeichnet werden. Bei dieser Steuerungsart werden die Aufträge am Anfang des Herstellungsprozesses eingesteuert und entlang der gesamten Wertschöpfungskette (vom Rohmaterial bis zum Enderzeugnis) von Arbeitssystem zu Arbeitssystem bzw. Einzelprozess „geschoben“. Zur Realisierung eines kontinuierlichen und voll ausgelasteten Produktionsprogramms wird im ersten Schritt eine detaillierte Planung des Produktionsprogramms bzw. der Auftragseinplanung und -reihenfolge unter Berücksichtigung eines definierten Endtermins vorgenommen. Grundlage für dieses Produktionsprogramm sind die Auftragseingänge der Kunden, aus welchen sämtliche Bedarfe ermittelt und ggf. zu Losen zusammengefasst werden. Darauf aufbauend erfolgt die Abstimmung der terminlichen und kapazitiven Auslastung der Arbeitssysteme und Betriebsmittel. Es entsteht ein Gesamtplan für die jeweilige Planungsperiode.

Aufgrund von ungeplanten Maschinenausfällen, Störungen oder Eilaufträgen kann es jedoch permanent zu kurzfristigen Umplanungen und Revidierungen des einmal festgelegten Produktionsprogramms kommen, um die geplanten Liefertermine dennoch halten zu können. Dadurch werden immer mehr Aufträge in das System hineingeschoben. Durch die fehlende Synchronisation von Auftragsein- und -ausgang kommt es zum Bestandsaufbau innerhalb der Produktion – das System „bläht“ sich, wie in Bild 3 zu sehen, immer weiter auf. Zwischen den fertigen Aufträgen am Ende der Prozesskette und denjenigen, die neu in die Fertigung eingesteuert werden, besteht keine Kopplung, d. h. es besteht kein Zusammenhang zwischen der Auftragsabmeldung und der Auftragsauslösung.

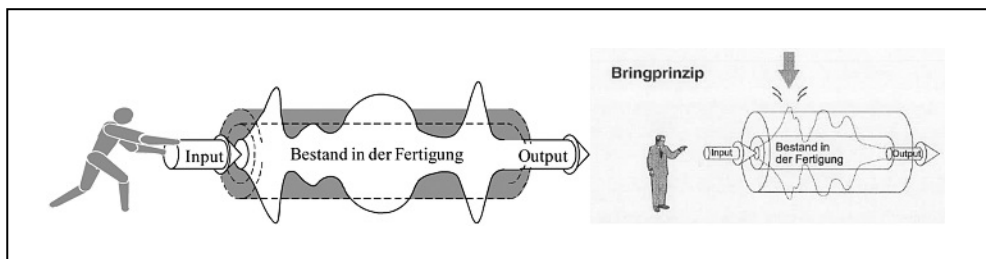


Bild 3: Das Push-Prinzip (nach Wildemann 2004)

Innerhalb der Fertigung schiebt jeder Prozess die von ihm gefertigten oder montierten Teile in einen Puffer/Bestand für den nachfolgenden Prozess. Bei einer Fertigung mit großen Losen kann die Größe dieser Zwischenpuffer eine Reichweite von mehreren Tagen umfassen und damit zu enormen Zwischenbeständen führen. Kommt es beim nachfolgenden Prozess zu Verzögerungen oder Störungen, wodurch kein weiteres Material aus dem vorgelagerten Puffer entnommen wird, so wird dieser, durch die fehlende Kopplung der Prozesse, dennoch vom vorhergehenden Prozess immer weiter gefüllt und der Bestand steigt kontinuierlich an.

Für ein einwandfrei funktionierendes Push-System dürfen also im Produktionsprozess aufgrund des kontinuierlichen und unkontrollierten Bestandsaufbaus keine Engpässe oder Prozessstörungen auftreten. Weiterhin müssen die Durchlaufzeiten der einzelnen Prozessschritte sowie die Gesamtdurchlaufzeit bekannt und konstant sein bzw. nur minimal schwanken, damit eine belastbare zeitliche Auftragsabwicklung und -fertigung gewährleistet ist. Für die Planung der Kapazitäten von Mensch und Maschinen ist ein entsprechend langer Vorlauf der Programmplanung erforderlich und es darf zu keinen oder nur geringen Kapazitätsausfällen kommen. Aus den automatisch entstehenden hohen Beständen resultieren sämtliche Formen der Verschwendung (vgl. Takeda 1996), wodurch fehlerhafte Teile erst spät erkannt werden, mit der Konsequenz enormer Qualitätsprobleme und einer hohen Nacharbeit.

Obwohl der eigentlichen Auftragsfreigabe im Rahmen der Push-Steuerung ein langer und aufwendiger Planungsprozess vorausgeht, ist es nur schwer realisierbar, die geplanten Endtermine mit den tatsächlichen Auftragsfertigungen in Einklang zu bringen. Kapazitätsausfälle und Störungen können aufgrund mangelnder Vorhersagbarkeit so gut wie nicht in der Planung berücksichtigt werden, zusätzlich kommt es durch Eilaufträge zu permanenten Umplanungen, was zu weiterem Bestandsaufbau innerhalb der Fertigung führt.

Durch das immer frühere Einplanen und Freigeben von Aufträgen wird versucht, den unsicheren Kapazitätsprognosen und den unzuverlässigen Durchlaufzeiten entgegenzuwirken. Es kommt zu einem Kreislauf, der sich unter Umständen immer weiter „aufschaukelt“ und die Bestände innerhalb der Produktion weiter wachsen lässt.

Die Materialsteuerung nach dem Push-Prinzip ist also durch einen hohen Steuerungsaufwand, hohe Bestände und damit lange Durchlaufzeiten gekennzeichnet, wodurch auf sich ändernde Kundenwünsche nicht ausreichend flexibel reagiert werden kann (vgl. Geiger et al. 2003).

Das **Pull-Prinzip bzw. Zieh-Prinzip** stellt das Gegenteil zum Push-Prinzip dar. Bei dieser Vorgehensweise löst ein Kundenauftrag einen Bedarf an dem im Materialfluss jeweils vorgelagerten Prozess (im Idealfall dem letzten Prozess der Fertigungskette) aus. Der Auftrag wird sozusagen durch das Unternehmen „gezogen“. Die Endmontage bestellt also bspw. bei der Vormontage, die Vormontage bei der Fertigung und die Fertigung bei der Materialbeschaffung. Demnach werden alle Produktionsvorgänge direkt oder indirekt durch einen Verbrauch ausgelöst. Die Kundenaufträge werden an dem sogenannten Schrittmacherprozess, den Takt definierenden Prozess, eingesteuert. Dieser entnimmt zur Bearbeitung und Durchführung seiner Arbeitsaufgabe/Arbeitsinhalte ein Bauteil oder Material aus einem definierten Bestand/Puffer des ihm vorgelagerten Prozesses. Dieser wiederum füllt den Bestand/Puffer mit der entnommenen Menge wieder auf und zieht hierfür wiederum das entsprechende Material aus dem Bestand des ihm vorgelagerten Prozesses. Dadurch setzt sich

der Prozess des Ziehens (vgl. Bild 4) durch den gesamten Fertigungsprozess bis zur ersten Station der Kette fort. Teile werden also nur an Arbeitsstationen geliefert, wenn sie dort gebraucht werden. Dadurch bleibt der Bestand innerhalb des Systems (wie aus dem Bild abzuleiten) auf einer definierten Höhe.

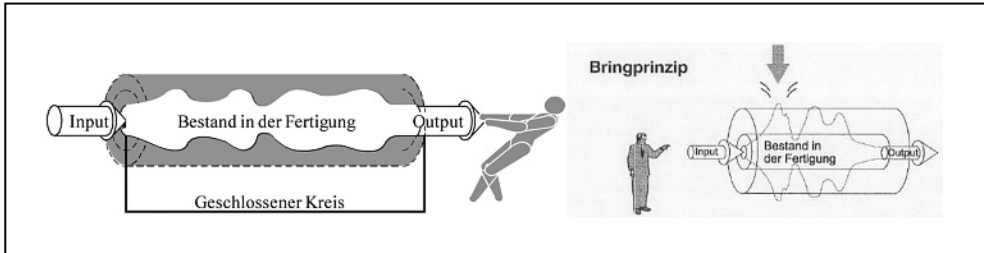


Bild 4: Das Pull-Prinzip (nach Wildemann 2004)

Durch diese sich selbst steuernden Regelkreise zwischen den Prozessen bzw. Produktionsstufen ist, im Gegensatz zum Push-Prinzip, keine detaillierte Produktionsplanung für jeden einzelnen Produktionsprozess mehr erforderlich. Die Regelkreise ermöglichen eine Dezentralisierung der Steuerung und Bestandskontrolle und somit eine Übertragung der direkten Produktionssteuerung an die für den jeweiligen Prozess verantwortlichen Mitarbeiter.

Beim Pull-Prinzip sind Materialfluss und Informationsfluss gegenläufig. D. h. die Bedarfsinformationen werden von Prozess zu Prozess, entgegengesetzt zum Materialfluss, weitergegeben (vgl. Takeda 1996). Die notwendige Voraussetzung hierfür ist ein möglichst kontinuierlicher Materialfluss (vgl. Corsten 2007).

Im Idealfall werden mithilfe der Materialsteuerung nach dem Pull-Prinzip keine zusätzlichen Bestände zwischen den Prozessen aufgebaut. Der definierte Bestand bleibt erhalten, da nur eine Entnahme auch ein Auffüllen auslöst. Durch die geringen Bestände muss jedoch sichergestellt werden, dass ausschließlich fehlerfreie Teile an einen nächsten Prozess weitergegeben werden. Eine notwendige Voraussetzung hierfür sind stabile Produktionsprozesse.

Ein Kerngedanke des Pull-Prinzips ist die Vermeidung von Verschwendung, wobei eine 100-Prozent-Auslastung der Maschinenkapazitäten eine untergeordnete Rolle spielt. Je nach Auftragslage kann es für Anlagen und Mitarbeiter zu einem Wechsel in der Auslastung kommen. Flexible Arbeitszeitmodelle bei gleichzeitiger Inkaufnahme oder Einplanung von Stillständen (abhängig von der Taktung) der Produktionsanlagen sind somit eine notwendige Voraussetzung.

Zusammenfassend kann das Pull-Prinzip durch niedrige definierte Bestände innerhalb des Prozesses und eine sich selbst steuernde Vorgehensweise charakterisiert werden. Durch die sich selbst regelnde, dezentrale Steuerung benötigt das Pull-

Prinzip im Vergleich zum Push-Prinzip einen geringeren Steuerungsaufwand. Der nachgelagerte Prozess stößt bei Verbrauch/Bedarf den vorgelagerten Prozess an, der Produktionsablauf regelt sich dezentral von selbst.

Je nach Art und Charakteristik der Fertigung (vgl. Bild 1) sind verschiedene Verfahren der Fertigungssteuerung geeignet (vgl. Bild 5 und 6), welche nachfolgend von der detaillierter vorgestellten Methode der Kanban-Steuerung abgegrenzt werden.

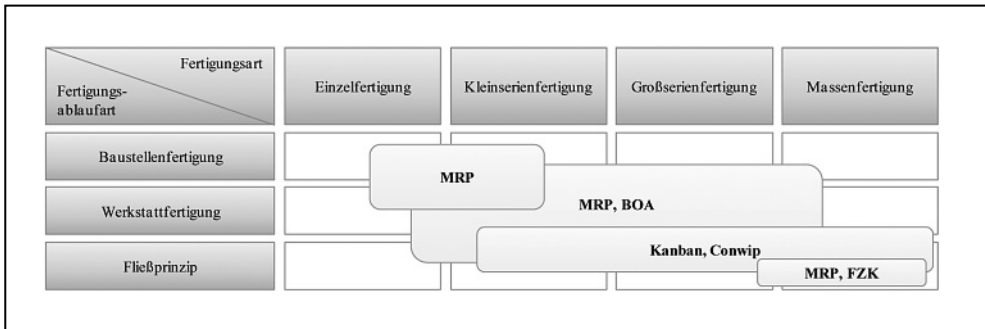


Bild 5: Einsatzbereich der Steuerungsverfahren (nach Piontek 2002, S. 107)

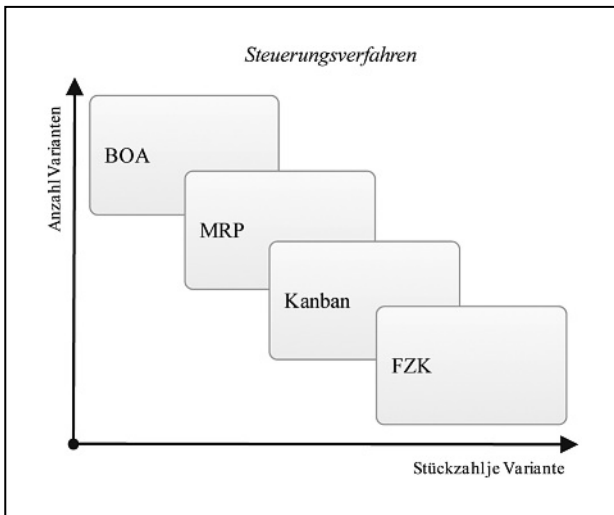


Bild 6: Variantenverteilung (nach Zülch 1989, S. 59 und Breker 1994, S. 39)

Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA)

Die BOA wurde in den 1970er-Jahren mit dem Ziel entwickelt, mittels zentraler Bestandssteuerung das Minimum der Durchlaufzeit zu erreichen und deren Beständigkeit zu sichern (vgl. Wiendahl 1989 und Adam 2001). Aufträge werden in diesem Konzept nur dann zur Produktion freigegeben, wenn eine bestimmte Wahr-

scheinlichkeit gewährleistet ist, dass die Aufträge rechtzeitig fertig werden und bei keinem der zu durchlaufenden Arbeitssysteme eine Belastungsgrenze überschritten wird (vgl. Lödging 2008). Bei der BOA durchlaufen die Aufträge und damit die Bauteile bzw. das Material die einzelnen Maschinen und Arbeitssysteme (AS) mit unterschiedlichen Bearbeitungszeiten, bis sie auf der letzten Stufe zu einem Endprodukt zusammentreffen (vgl. Vahrenkamp 2004 und Wiendahl 1989). Vor jedem AS besteht ein beliebig großer Speicher zur Zwischenlagerung von Halbfertigteilen. Darin wartende Teilaufträge werden als Bestand bezeichnet. Bei der Abarbeitung der Bestände werden Prioritätsregeln angewandt (Vahrenkamp 2004). Jedem AS wird ein Abzinsungsfaktor zugeordnet, welcher angibt, mit welchem Prozentsatz die Auftragszeiten in den Bestandskonten nachfolgender AS berücksichtigt werden (vgl. Wiendahl 1997). Je geringer die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens ist, desto kleiner ist der Abzinsungsfaktor. Ziel der BOA ist, die optimale mittlere Durchlaufzeit einzustellen, indem die mittlere Durchlaufzeit über die maschinelle Leistung und den Werkstattbestand gesteuert werden kann. Diese Steuerungsmöglichkeit ergibt sich aus dem Zusammenhang, dass sich die mittlere Leistung als Quotient aus der mittleren Durchlaufzeit und dem mittleren Bestand ergibt (vgl. Vahrenkamp 2004). Wartende Aufträge vor einer Maschine haben den Zweck, Leerzeiten der Maschinen, die durch Warten auf Aufträge entstehen, zu minimieren. Je größer der Bestand vor einer Maschine, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit der Leerzeiten und infolgedessen die Leistung der Maschine um so höher. Dies stellt für diese AS einerseits einen ausreichenden Arbeitsvorrat sicher, führt aber andererseits zu höheren Schwankungen der Bestände. Zudem ist die BOA ein äußerst anspruchsvolles und komplexes Verfahren, welches die Rückmeldung jedes Arbeitsgangs erfordert und nicht über eine kartenbasierte Lösung umgesetzt werden kann. Hier ist eine spezielle Planungssoftware erforderlich (vgl. Lödging 2008).

Material Requirements Planning (MRP I) oder Manufacturing Resource Planning (MRP II)

Das Verfahren MRP I umfasst die inner- und außerbetriebliche Materialbedarfsplanung, die Bestellplanung, den Kapazitätsabgleich, die Feinterminierung sowie die Kontrolle des Fertigungsfortschritts. MRP II kann als Weiterentwicklung von MRP I gesehen werden und ergänzt dieses bspw. um die Aspekte der Zeitwirtschaft (vgl. Piontek 2002). Beide Verfahren übernehmen zentral für sämtliche Produktionsbereiche alle Planungs- und Steuerungsaufgaben. Grundsätzlich steht die höchstmögliche Auslastung der Kapazitäten im Vordergrund. Das MRP-II-Verfahren stellt der Produktionsprogrammplanung eine strategische Planungsebene voran, die ebenfalls die Aufgabenbereiche Vertriebsplanung und Entwicklungsplanung enthält. Auf Basis der Kundenaufträge erfolgt eine Stücklistenauflösung von Erzeugnissen (Primärbedarf), aus der der Bedarf an Rohstoffen, Teilen und Gruppen (Sekundärbedarf) zur Fertigung des Primärbedarfs abgeleitet werden kann. Aus dieser ersten Rechnung werden die Bruttobedarfe ohne Berücksichtigung der Lagerbestände ermittelt. In ei-

ner zweiten Rechnung zur Mengenplanung werden, unter Berücksichtigung der Bestände im Lager, die Nettobedarfe, also die tatsächlich benötigten Materialmengen, ermittelt. Die Nettobedarfe werden im Anschluss periodenweise zusammengefasst und bilden den Ausgangspunkt für die Terminplanung. Mithilfe diverser Verfahren zur Losgrößenberechnung werden Fertigungs- und Montagelose gebildet und diese im Anschluss, unter Berücksichtigung des verfügbaren Kapazitätsangebotes im Rahmen der Kapazitätsterminierung, freigegeben. Das so entstandene Produktionsprogramm bildet die Vorgabe für die Werkstattsteuerung. Diese hat die Aufgaben der Durchsetzung der erstellten Planungsvorgaben (Fertigungsaufträge) in der Eigenfertigung, also die Feinterminierung der Fertigungsaufträge, die Veranlassung der arbeitsgangbezogenen Werkstattaufträge sowie die Überwachung des Fertigungsfortschritts (vgl. Scheer 1990).

Fortschrittzahlenkonzept (FZK)

Das FZK wurde in den 1960er-Jahren von der Automobilindustrie mit dem Ziel entwickelt, das Bestandsniveau an Rohstoffen und Bauteilen, mithilfe von Kennzahlen, möglichst niedrig zu halten (vgl. Adam 2001). Der gesamte Fertigungsbereich wird in sogenannte Kontrollblöcke unterteilt. Ein Kontrollblock entspricht einer geschlossenen, autonom zu steuernden Fertigungsabteilung, die über einen definierten Eingang und einen definierten Ausgang verfügt. Der Materialfluss zwischen den einzelnen Kontrollblöcken verläuft grundsätzlich nur in eine Richtung (vgl. Vahrenkamp 2004). Das FZK basiert auf der Annahme, dass das gesamte System durch eine zentrale Kennzahl, in Form der Fortschrittzahl, gesteuert wird. Die Fortschrittzahl ist die über einen bestimmten Zeitraum kumulierte Stückzahl eines Teils (vgl. Vahrenkamp 2004). Für jedes Bauteil oder Produkt werden sowohl im Eingangsbereich als auch im Ausgangsbereich jedes Kontrollblocks jeweils die Fortschrittzahlen geführt. Die Ist-Fortschrittzahl zählt die Menge an Teilen, die, beginnend an einem Stichtag, bis zu einem bestimmten Zeitpunkt tatsächlich produziert oder beschafft wurde. Die Soll-Fortschrittzahl kennzeichnet die Menge, die als Vorgabe bis zu dem definierten Zeitpunkt zur Realisierung des Produktionsprogramms zu fertigen ist (vgl. Vahrenkamp 2004 und Lödding 2008). Die Ist- und Soll-Fortschrittzahlen am Eingang eines Kontrollblocks geben demnach die tatsächlichen bzw. geplanten Materialzugänge und somit die Belastung des Blocks wieder. Die Ist- und Soll-Fortschrittzahlen der Ausgänge geben den tatsächlichen bzw. geplanten Abgang und damit die Leistung des Blocks aus. Die Steuerung erfolgt mithilfe der Differenzbildung dieser beiden Kennzahlen. Nach der dezentralen Bestimmung der Soll-Fortschrittzahlen erfolgt die Planung und Steuerung der weiteren Produktionsschritte eigenverantwortlich durch die Kontrollblöcke. Somit werden die Losgrößenbildung, die Termin- und Kapazitätsplanung sowie die Ablaufplanung dezentral durch die Mitarbeiter der Kontrollblöcke durchgeführt (vgl. Vahrenkamp 2004).

Constant Work in Process (Conwip)

Die Conwip-Steuerung wurde Anfang der 1990er-Jahre von Hopp und Spearman entwickelt (vgl. Rücker 2006) mit dem Ziel, die Durchlaufzeiten und den Bestand in der Linie möglichst gering zu halten (vgl. Vahrenkamp 2004). Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein konstantes Bestandsniveau in der Linie definiert. Einlastungen in die Linie, also die Freigabe von Aufträgen, sind nicht erlaubt, wenn der Bestand über das fixierte Limit steigt (vgl. Hopp und Spearman 2001). Bei der Conwip-Steuerung kommen, ähnlich der Kanban-Steuerung, Karten zum Einsatz, durch welche die Bereitstellung von Bauteilen dezentral gesteuert wird. Ein Auftrag darf freigegeben werden, sobald der Bestand innerhalb der Fertigungslinie das definierte Bestandslimit unterschreitet (vgl. Lödding 2008). Ein neuer Auftrag wird dann zusammen mit der Conwip-Karte, welche während des gesamten Fertigungsdurchlaufs bei diesem Auftrag verbleibt, in die Fertigung gegeben. Nach der Fertigstellung am letzten AS wird die Conwip-Karte frei und autorisiert die Fertigungsfreigabe des nächsten anstehenden Auftrags. Der Aufbau einer Conwip-Steuerung gleicht ebenfalls der der Kanban-Steuerung. Mehrere Arbeitssysteme, welche über Zwischenpuffer miteinander verbunden sind, bilden eine Produktionslinie, die in nur einer Richtung von den Bauteilen durchlaufen wird (vgl. Hopp und Spearman 2001). Die gesamte Fertigung wird dabei in nur einem einzigen Regelkreis, nicht wie bei der Kanban-Steuerung in mehreren, erfasst. Innerhalb dieses Regelkreises wird die Bestandshöhe geregelt. Die Conwip-Steuerung eignet sich für die Fertigung von kleinen bis mittleren Seriengrößen mit hoher Variantenvielfalt, hoher Materialflusskomplexität und Fertigungssegmenten mit häufig wechselnden Produkten (vgl. Schneider 2000).

Anwendungsbeispiel

Kanban-Steuerung:

Das Kanban-Prinzip bzw. die Kanban-Steuerung hat ihren Ursprung in den Methoden und Werkzeugen des Toyota Produktionssystems. Kanban steht dabei als japanisches Wort für Karte, die in dieser Form der Steuerung das tragende Element ist. Die Kanban-Steuerung wurde von Taiichi Ohno in der Zeit zwischen 1948 und 1978 entwickelt und bei Toyota erfolgreich eingeführt (vgl. Ihme 2006). Mit dem Ziel der kontinuierlichen Bestands- und Durchlaufzeitreduzierung werden die Mitarbeiter der direkten Bereiche, also der Fertigung, unmittelbar in die Steuerungsabläufe eingebunden, wodurch eine dezentrale Steuerungssystematik gegeben ist (vgl. Adam 2001). Ein zentraler Eingriff bzw. eine zentrale langfristige Planung wie im Push-Prinzip ist nicht mehr erforderlich. Der gesamte Produktionsprozess wird in mehrere unabhängige, sich selbst steuernde Regelkreise unterteilt, welche in der Verantwortung der für den jeweiligen Prozess zuständigen ausführenden Mitarbeiter liegen. Ausgehend vom letzten Prozessschritt, an dem das Endprodukt entnommen wird, wird der Bedarf, symbolisiert durch die Kanban, ziehend an den jeweils vorgelagerten Prozess weitergegeben (vgl. Weber 2007).

Somit ist die Kanban-Steuerung eine Pull-Steuerung und funktioniert nach dem Supermarktprinzip, d. h. eine Lücke, die durch entnommenes Material entsteht, wird umgehend mit dem gleichen Material aufgefüllt. Steuerungselement ist dabei die Kanban. Auf dieser sind alle relevanten Daten, wie Bestellmenge, Kunde oder Materialdaten, hinterlegt, die nötig sind, um die nachgelagerte Stelle eines Prozesses mit Material zu versorgen (Wannenwetsch 2007).

Für die Einführung eines Kanban-Systems müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein. Die Produktion sollte im Fließprinzip aufgebaut sein, d. h. es sollte ein gleichmäßiger Fluss mit standardisierter Arbeit und einem sich wiederholenden Rhythmus geschaffen werden. Durch die Nivellierung des Produktionsprogramms kann eine ruhige und ausgeglichene Produktion realisiert werden (Vergleich Methode Produktionsnivellierung) (vgl. Takeda 1996).

Kennzeichen der Kanban-Steuerung sind klare Regeln und visuelle Anzeigen, wodurch die Transparenz in der Produktion gesteigert wird.

Für das Funktionieren des Kanban-Prinzips und eine reibungslose und effiziente Steuerung sind folgende Regeln jedoch nachhaltig einzuhalten und zu verfolgen (vgl. Schulte 2001):

- Jeder nachfolgende Prozess darf nur die Menge aus einem Puffer entnehmen, die tatsächlich benötigt wird.
- Jeder vorgelagerte Prozess darf erst dann mit der Herstellung des Nachschubs beginnen, wenn eine Entnahme aus dem Puffer erfolgt ist bzw. eine Kanban den Produktionsbeginn auslöst. Dadurch werden die Arbeitssysteme miteinander verknüpft und synchronisiert.
- Jeder vorgelagerte Prozess darf nur die Menge an Material bereitstellen bzw. produzieren, die vom nachfolgenden Prozess entnommen und durch Kanban angefordert wurde.
- Nur fehlerfreie Teile dürfen weitergegeben werden. Sollten fehlerhafte Teile vorhanden sein, müssen diese zunächst gesperrt und das weitere Verfahren bestimmt werden.
- Änderungen der Menge der sich im Umlauf befindenden Kanban bzw. an den Karten selbst dürfen nur durch einen Kanban-Verantwortlichen durchgeführt werden.
- Teile dürfen nur in zuvor definierten Mengen gelagert und transportiert werden.
- Kanban-gesteuertes Material und Teile dürfen im Puffer/Supermarkt nur an den dafür vorgesehenen und gekennzeichneten Plätzen abgestellt werden.
- Alle festgelegten Termine müssen zu 100 Prozent eingehalten werden, da es sonst zu Produktionsstillständen kommen kann.

Die Umsetzung einer Kanban-Steuerung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Grundsätzlich wird zwischen der 1- und 2-Karten-Steuerung unterschieden. Weitere Realisierungen sind natürlich möglich und den jeweiligen Prozessen und Bedingungen eines Unternehmens anzupassen.

Beim 2-Karten-System (siehe Bild 7 zwischen den Prozessen 2 und 3) wird die Steuerung bzw. der Informations- und Materialfluss zwischen zwei Prozessen durch zwei verschiedene Kanban-Arten (Produktions- und Transport-Kanban) geregelt. Wird von Prozess 3 ein Standardbehälter geleert bzw. entnommen, so wird die daran befindliche Transport-Kanban an den vorgelagerten Supermarkt geleitet. Ein sich darin befindender voller Standardbehälter wird entnommen und die daran befindliche Produktions-Kanban mit der Transport-Kanban ausgetauscht. Dieser Behälter wird dann zum Supermarkt von Prozess 3 gebracht und füllt dort die entstandene Lücke wieder auf. Die ursprüngliche am Behälter befindliche und entfernte Produktions-Kanban wird an Prozess 2 weitergeleitet (z. B. in einen Kanban-Briefkasten oder an ein Board) und löst dort die Nachfertigung der entnommenen Teile bzw. Menge aus.

Prozess 2 benötigt zur Nachproduktion ebenfalls Material oder Teile, die er aus einem ihm vorgelagerten Supermarkt entnimmt, welcher von Prozess 1 befüllt wird. Zwischen den Prozessen 1 und 2 wird in Bild 7 die 1-Karten-Systematik dargestellt. Entnimmt Prozess 2 Material oder einen Behälter aus dem Supermarkt, so wird die daran befindliche Produktions-Kanban an Prozess 1 geleitet, welcher für das Auffüllen bzw. Nachproduzieren der entstanden Lücke verantwortlich ist. Das nachproduzierte Material wird dann wieder mit der Produktions-Kanban versehen an den Supermarkt geliefert.

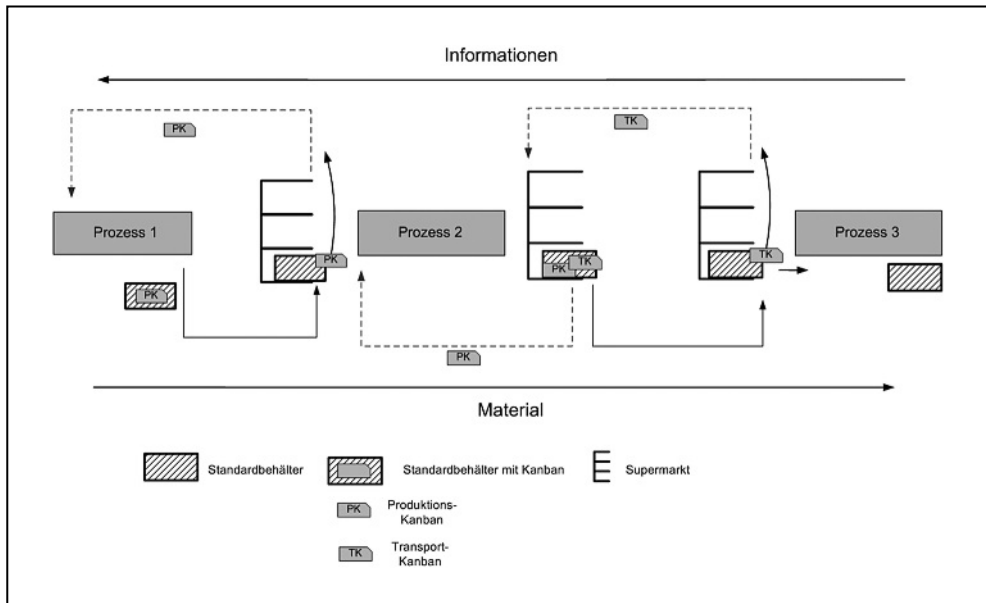


Bild 7: Kanban-Systematik (vgl. Vahrenkamp 2004)

Durch diese Abläufe entstehen die bereits beschriebenen sich selbst steuernden Regelkreise. Jeder Prozess zieht nur die benötigten Teile in der notwendigen Stückzahl zum geforderten Zeitpunkt aus dem vorgelagerten Prozess, welcher nur das produziert, was der nachgelagerte Prozess verlangt.

Die Planung, Einführung und Umsetzung einer Kanban-Steuerung folgt dann folgenden Schritten:

Schritt 1 Abgrenzung des für die Kanban-Steuerung vorgesehenen Gegenstandsbereichs (Teilearten, Leistungseinheiten). Mittels Materialflussanalyse kann überprüft werden, inwieweit die Voraussetzungen für das Kanban-System (gerichteter, relativ konstanter Materialfluss) gegeben sind. Die Auswahl der Kanban-Teile erfolgt z. B. mittels ABC-XYZ-Analyse (Vergleich Methode ABC-XYZ-Analyse), da es häufig sinnvoll ist, je nach Materialbedarf unterschiedliche Steuerungsmethoden einzusetzen.

Schritt 2 Festlegung und Dimensionierung der einzelnen Kanban-Regelkreise (Losgrößen, Kanban-Anzahl, Standorte der Kanbans im Regelkreis). Bei komplexeren Materialflusssystemen empfiehlt sich der Einsatz von Simulationstechnik zur Verifizierung der Planung.

Durch die Dimensionierung werden die Bestände im Puffer/Supermarkt, die Teile je Ladungsträger sowie die Anzahl der sich im Umlauf befindenden Kanban berechnet und festgelegt.

Bei der Einführung des Systems ist darauf zu achten, dass ein kontinuierlicher Materialfluss gewährleistet ist und gleichzeitig die Kapitalkosten der Bestände minimiert werden. Gerade zum Planungsbeginn ist es wichtig, die genaue Kanban-Menge zu definieren. Wird die Anzahl der Kanban zu gering gewählt, kann der Produktionsfluss abbrechen, wobei eine zu hohe Anzahl zu hohen Pufferlagerbeständen und damit erhöhten Lagerkosten führen kann.

Bei der Berechnung der Kanban sind folgende Parameter zu berücksichtigen, wobei je nach Unternehmen unterschiedliche Formeln zur Berechnung zu finden sind:

- Abdeckung der Wiederbeschaffungszeit und der durchschnittlichen Verbrauchsmenge
 - Berücksichtigung des Bedarfs pro Periode
 - Berücksichtigung der Produktions- und Informationszeiten incl. Rüst- und Transportzeiten
 - siehe auch Durchlaufzeit bei Methode Wertstromdesign;
- Abdeckung der Produktionslosgröße;
- Abdeckung von Entnahmespitzen;
- Abdeckung von unterschiedlichen Schichtmodellen;
- Abdeckung von Sicherheitszeitfenstern
 - Schwankungen in den Prozessen
 - Schwankungen bei der Entnahmemenge des Kunden.

Die theoretisch berechneten Kanban-Mengen sollten periodisch überprüft und ggf. angepasst werden. Zu Beginn ist, aufgrund von Prozessunsicherheiten, die Einplanung eines höheren Sicherheitsbestandes zu empfehlen, welcher jedoch bei Stabilisierung des Systems schrittweise zu reduzieren ist.

Bei der Gestaltung der Kanban sollten folgende Informationen je nach Anwendungsfall berücksichtigt werden:

- Artikelnummern/Identifizierungsnummern/Materialnummern;
- Materialbezeichnung;
- Angaben über Art und Füllmenge der Transportbehälter;
- Bezeichnungen der Quellen und Senken (Prozesskunde und -lieferant);
- Arbeitsanweisungen/Qualitätsdaten;
- Nummer der Kanban-Karte;
- zugehöriges Arbeitssystem;
-

Hauptdaten und grundsätzlicher Aufbau einer Kanbankarte				
Ursprung	Termin	Ziel	Teile-Nummer	
Serien-Nummer von bis		Behälter		Menge
Bezeichnung			Auftrag	

Quelle: IfaA 2008

Bild 8: Beispiel für die Gestaltung einer Kanban-Karte

Schritt 3 Ausrichtung der Auftragsdisposition nach dem Pull-Prinzip. Im Idealfall erhält dabei die letzte Leistungseinheit in der Auftragskette den Fertigungsauftrag. Die Unteraufträge werden durch die Kanban-Regelkreise quasi automatisch erzeugt. Verkomplizierend wirkt dabei, wenn es nicht in die Kanban-Regelkreise einbezogene Leistungseinheiten in der Auftragskette gibt. Diese sind nach anderen Steuerungsverfahren in die Auftragskette zu integrieren (erhöhter Steuerungsaufwand bei Mischformen, die sich in der Praxis bspw. durch lange Beschaffungszeiten häufig nicht vermeiden lassen).

Schritt 4 Schulung der Mitarbeiter
Neben der Befähigung zum Umgang mit den Kanbans müssen die Mitarbeiter das Kanban-System in seiner Wirkung vermittelt bekommen. Planspiele (z. B. mit LEGO-Bausteinen) haben sich dazu als wirksame Hilfsmittel bewährt.

Eigenverantwortung der Mitarbeiter

Sie müssen qualifiziert und direkt in die Qualitätsverantwortung eingebunden werden. Die Mitarbeiter sind für die Beschaffung und Auslieferung der von ihnen produzierten Teile selbst verantwortlich.

Schritt 5 Betriebsstart des Kanban-Systems
Jede leere Kanban wird an die im Materialfluss vorgelagerte Leistungseinheit zurückgegeben, wobei eine volle Kanban von dort geholt wird. Das Fehlen einer vollen Kanban regt die vorgelagerte Leistungseinheit zum erneuten „Auffüllen“ einer Kanban an. Dabei sollte es nicht zum Aufbau von „Kanban-Beständen“ (z. B. Bereithalten mehrerer voller Kanbans „zur Sicherheit“) kommen.

Schritt 6 Anlaufoptimierung

Im engen Zusammenwirken von Logistikplanung, Auftragssteuerung und Mitarbeitern ist die Anlaufphase insbesondere bzgl. Durchlaufzeit und Bestandsniveau zu dokumentieren. Statistische Auswertungen (z. B. mittels Durchlaufzeitanalysen) liefern Optimierungsansätze zur verbesserten Abstimmung der Regelkreise. Geringe Losgrößen bei wenigen vollen Kanbans im Umlauf sind Symptome für ein hochgradig abgestimmtes Kanban-System.

Hilfsmittel

- ABC-XYZ-Analyse
- Morphologisches Merkmalsschema zur Charakterisierung einer Fertigung
- Materialflussanalyse
- Durchlaufzeitanalyse/Wertstromdesign
- KVP-Workshop

Literaturhinweise

Adam, D.: Produktionsmanagement. Wiesbaden: Gabler, 2001

Breker, J.: Ein Beitrag zur ganzheitlichen Planung und Validierung von Produktionssystemen. Dortmund, Technische Universität, Fakultät Maschinenbau, Diss., 1994

Corsten, H.: Produktionswirtschaft – Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. München: Oldenbourg, 2007

Geiger, G.; Hering, E.; Kummer, R.: Kanban – Optimale Steuerung von Prozessen. München: Hanser, 2003

Günther, H.-O.; Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005

Hopp, W.J.; Spearman, M.L.: Factory Physics – Foundations of Manufacturing Management. Boston: McGraw-Hill, 2001

IfaA – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozessoptimierung. Köln: Wirtschaftsverlag Bachem, 2008

Ihme, J.: Logistik im Automobilbau – Logistikkomponenten und Logistiksysteme im Automobilbau. München: Hanser, 2006

Lödning, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung – Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008

- Nebi, T.: Produktionswissenschaft. München: Oldenbourg, 2007
- Piontek, J.: Produktion. Stuttgart: Kohlhammer, 2002
- Rücker, T.: Optimale Materialflusssteuerung in heterogenen Produktionssystemen. Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag, 2006
- Scheer, A.-W.: CIM – Computer Integrated Manufacturing – Der computergestützte Industriebetrieb. Berlin, Heidelberg: Springer, 1990
- Schneider, H.: Produktionsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2000
- Schulte, G.: Material- und Logistikmanagement. München, Wien: Oldenbourg, 2001
- Spearman, M.L.; Zazanis, M.L.: Push and Pull Production Systems: Issues and Comparisons. In: Operations Research 40 (1992), Nr. 3, S. 521-532
- Takeda, H.: Das System der Mixed Production. Landsberg/Lech: Verlag moderne Industrie, 1996
- Vahrenkamp, R.: Produktionsmanagement. München: Oldenbourg, 2004
- Wannenwetsch, H.: Integrierte Materialwirtschaft. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007
- Weber, R.: Kanban-Einführung – Das effiziente kundenorientierte Logistik- und Steuerungskonzept für Produktionsbetriebe. Renningen: Expert, 2007
- Wiendahl, H.-P.: Belastungsorientierte Fertigungssteuerung – Praxis und Weiterentwicklung. München: Hanser, 1989
- Wiendahl, H.-P.: Fertigungsregelung – Logistische Beherrschung von Fertigungsabläufen auf Basis des Trichtermodells. München, Wien: Hanser, 1997
- Wildemann, H.: Produktionssysteme – Leitfaden zur methodengestützten Reorganisation der Produktion. München: TCW, 2004
- Zülch, G.: Der strategische Steuerungsraum – Ein Ansatz zur Systematisierung von Strategien der Fertigungssteuerung. In: VDI-Zeitschrift 139 (1989), Nr. 5, S. 58-65