

Schwerpunkte

- Wir erklären das Konzept der Input-/Output-Steuerung.
- Wir stellen verschiedene Möglichkeiten zur Koordinierung der zu transformierenden Ressourcen, der Produktionsmittel und der Anforderungen an Ressourcen vor.
- Wir skizzieren ein Instrument zur Diagnose der Stabilität des Durchflusses von Stationen bzw. des Fertigungsbereichs als Ganzem: das Durchlaufdiagramm.
- Wir treffen die Unterscheidung zwischen geplanter Beschäftigung und Arbeitslast im Fertigungsbereich und daraus folgend zwischen Vorlaufzeit und Durchlaufzeit im Fertigungsbereich.

Weiter unten in diesem Buch beschäftigen wir uns mit vier verschiedenen kartenbasierten Steuerungssystemen: *Kanban*, ConWIP (Constant Work-in-Process), POLCA (Paired Cell Overlapping Loops of Cards with Authorization) und COBACABANA (Control of Balance by Card-Based Navigation). In diesem Kapitel konzentrieren wir uns auf die Gemeinsamkeiten dieser vier Systeme. Mit anderen Worten: Wir stellen die allgemeinen Prinzipien vor, die kartenbasierten Steuerungssystemen als solchen zugrunde liegen – die Input-/Output-Steuerung sowie die Verringerung von Umlaufbeständen.

Input-/Output-Steuerung

Allen vier kartenbasierten Steuerungssystemen liegen im Wesentlichen die beiden folgenden Prinzipien zugrunde:

- i) *das Prinzip der Input-/Output-Steuerung.* Es dient der Stabilisierung der Menge an Arbeit, die den Fertigungsbereich durchläuft; sowie
- ii) *das Prinzip der Verminderung von Umlaufbeständen.* Gefragt ist die Verringerung des Niveaus der Umlaufbestände („Work-in-Process“) im Fertigungsbereich.

Auszeit: Immer dann, wenn ein Zwischenprodukt im Umlauf nicht unmittelbar durch den Einsatz eines Produktionsmittels weiterbe- oder verarbeitet wird, liegt Verschwendung vor. Weiter oben haben wir gesehen, dass es sich dabei um offensichtliche Verschwendung handeln kann – das heißt eine Verschwendung, die sich leicht vermeiden lässt – oder um einen Puffer. Um die Umlaufbestände zu verringern, die als Puffer fungieren, muss zunächst mithilfe der Input-/Output-Steuerung (oder allgemeiner gesprochen mithilfe von Instrumenten zur Verschlinkung der Produktion) der Materialdurchlauf in der Fertigung stabilisiert werden. Das oben zuerst genannte Prinzip geht also im Regelfall dem zweitgenannten voraus.

Das oben Gesagte steht in engem Bezug zu dem Gedanken eines stabilen Fertigungsbereichs bzw. einer stabilen Station. Definieren wir nun also diese beiden Begriffe.

► **Stabiler Fertigungsbereich** Ein Fertigungsbereich wird als stabil angesehen, wenn innerhalb eines gewissen Zeitraums der Input an Arbeit dem Output gleich ist.

► **Stabile Station** Analog dazu wird eine Station als stabil angesehen, wenn der Input an Arbeit dem Output gleich ist.

Auszeit: Wenn wir uns unsere Definition eines Prozesses vor Augen führen – das, was mit einem Produkt oder einer Dienstleistung gemacht wird –, so erkennen wir, dass eine Tätigkeit (ein Prozess) nichts Stabiles sein kann. Eine Tätigkeit könnte beispielsweise darin bestehen, diesen mit „Auszeit“ bezeichneten Abschnitt zu lesen (als Teil des Prozesses der Lektüre dieses Buches). Der einzige Gegenstand, der stabil sein kann, ist das Produktionsmittel. In unserem Fall sind das SIE – die Person, die diese Auszeit (dieses Buch) liest. Wir können festhalten, dass Sie stabil sind, wenn die Anzahl der Auszeiten (oder der Bücher), die sie zu Ende lesen, gleich groß ist wie die Anzahl der Auszeiten (oder der Bücher), die sie zu lesen beginnen. Wie bereits erwähnt, ist es schwierig, scharf zwischen Produktionsmitteln und Produktionsort zu trennen. Im Rahmen unserer Definition eines stabilen Fertigungsbereichs betrachten wir den Fertigungsbereich als ein Aggregat von Produktionsmitteln.

Ist der Fertigungsbereich stabil, so heißt dies, dass die Beschäftigung (oder Auslastung) im gesamten Fertigungsbereich ein stabiles Niveau aufweist. Die Stabilität einer Station setzt voraus, dass die anstehende Menge an Arbeit bzw. das Maß der im Vorfeld der Station gelagerten Umlaufbestände stabil sind. Ein stabiler Fertigungsbereich bedeutet nicht notwendigerweise, dass auch die Stationen stabil sind; beispielsweise ist es denkbar, dass ein aus zwei Stationen bestehender Fertigungsbereich stets zehn Aufträge bearbeitet (und insofern stabil ist), dass aber manchmal alle zehn Aufträge vor der ersten

Station in der Warteschlange stehen, manchmal aber auch vor der zweiten. Wenn alle Stationen gleichmäßig ausgelastet sind, betrachten wir den Fertigungsbereich tatsächlich als stabil.

Stabilität alleine genügt jedoch nicht. Der Prozess, der sich im Fertigungsbereich vollzieht, sollte sowohl effizient als auch effektiv sein.

► **Effizienter Prozess** Ein Prozess gilt als effizient, wenn der Strom der zu transformierenden Ressourcen (der Güter-/Dienstleistungsstrom) verschwendungsfrei ist, das heißt, wenn während des Durchlaufs durch den Fertigungsbereich keine unnötigen Transportwege, keine Lagerbestände und keine Defekte auftreten. Ein effizienter Prozess unterscheidet sich von einem effizienten Produktionsmittel, das dadurch gekennzeichnet ist, dass bei seinem Einsatz keine unnötigen Bewegungen, keine Leerlaufzeiten und keine Überproduktion auftreten.

► **Effektiver Prozess** Ein Prozess gilt als effektiv, wenn sein Output den Ressourcenanforderungen entspricht. Mit anderen Worten sollte das Produkt/die Dienstleistung, das/die aus dem Prozess hervorgeht, gleich dem Produkt/der Dienstleistung sein, das/die aus dem Prozess hervorgehen sollte. Das tatsächliche Produkt/die Dienstleistung sollte also weder schlechter noch besser sein als das/die gewünschte. Auch ein besseres Produkt oder eine bessere Dienstleistung kann also insofern als verschwenderisch betrachtet werden, als es das Ergebnis einer Bearbeitung über das geforderte Maß hinaus ist.

Diese Definitionen lassen sich auf den kurzen Nenner bringen, wonach „Effizienz bedeutet, die Dinge richtig zu machen, während Effektivität bedeutet, die richtigen Dinge zu tun“ – ein geflügeltes Wort, das gemeinhin Peter Drucker zugeschrieben wird, einem Berater, der wichtige Beiträge zur Weiterentwicklung der Managementpraxis geleistet hat. Beispielsweise könnten Sie eine effiziente Klimaanlage besitzen, die insofern effizient ist, als sie heiße Luft sehr schnell und mit geringem Energieaufwand herunterkühlt; diese Anlage wäre jedoch nicht effektiv, wenn sie die Luft so stark herunterkühlen würde, dass Sie beginnen zu frieren.

Auszeit: In Wirklichkeit gibt es keinen Prozess, der zu 100 % effizient oder effektiv ist. Allerdings ist dieser „idealtypische“ (Weber 2014) Prozess der einzige Maßstab, den wir sauber definieren können. Stellen Sie sich einmal vor, wir würden von „fast null“ oder „annähernd null“ sprechen. Wenn Sie zwei Leute fragen, wie sie eine solche Aussage in einen messbaren Wert übersetzen würden, dann dürften Sie kaum ein und dieselbe Antwort erhalten. Ein effektiver/effizienter Prozess ist eine Idealvorstellung, die einen Maßstab zur Einstufung eines in der Realität beobachtbaren Prozesses liefert. Je weniger Verschwendung in diesem Prozess auftritt, desto effizienter/effektiver ist er.

Bei der Koordination sollten also zwei Kriterien berücksichtigt werden: zum einen eine stabile Auslastung des Fertigungsbereichs und zum andern die Effizienz/Effektivität des Prozesses, der im Fertigungsbereich vollzogen wird. James D. Thompson hat in seiner bahnbrechenden Arbeit zum Thema Organisationshandeln (1967) zwischen drei

Arten von Koordination unterschieden: Koordination durch Standardisierung, durch Planung und durch wechselseitige Anpassung.

► **Koordination durch Standardisierung** Hierbei werden sowohl die Ressourcenanforderungen als auch die zu transformierenden Ressourcen als auch die Produktionsmittel standardisiert, sodass alle drei Variablen synchron sind. In der Literatur zur schlanken Produktion spricht man von Standarderzeugnissen.

Koordination durch Standardisierung ist ein wichtiges Werkzeug schlanker Produktion. Wenn die Ressourcenanforderungen standardisiert werden, dann können die zu transformierenden Ressourcen ebenso wie die Produktionsmittel nach Maßgabe dessen im Sinne einer Abstimmung ebenfalls standardisiert werden. Diese Vorstellung ist für die Massenproduktion ganz wesentlich. Wenn auf einer Fertigungsanlage stets dasselbe Produkt in stets derselben Menge erzeugt wird, dann können das Material (die zu transformierenden Ressourcen) und die Produktionskapazität (der Komplex der Produktionsmittel) so aufeinander abgestimmt werden, dass eine perfekte Übereinstimmung erzielt wird.

► **Koordination durch Planung** Hierbei werden die (als bekannt vorausgesetzten) Ressourcenanforderungen zum Ausgangspunkt genommen, um die zu transformierenden Ressourcen sowie die Produktionsmittel so zu planen, dass bestimmte Leistungskennziffern erreicht werden. Beispiel für eine Leistungskennziffer ist die Produktionsdauer, das heißt die Zeit, die zur Herstellung einer festgelegten Reihe von Produkten in Anspruch genommen wird.

Koordination durch Standardisierung und Koordination durch Planung stehen in einer bestimmten Beziehung zueinander. Auch die Koordination durch Standardisierung bedarf eines Plans. Der wichtigste Unterschied für uns besteht in der Frage, ob die Ressourcenanforderungen standardisiert sind oder nicht. Sind sie es nicht, so muss jedes Mal dann, wenn die Anforderungen sich ändern, ein neuer Plan erstellt werden. Konzepte wie die Materialbedarfsplanung oder die Terminplanung basieren auf dem Prinzip der Koordination durch Planung. Bei der Koordination durch Planung werden beständig Pläne entworfen und überarbeitet, aber es wird nicht geprüft, inwieweit ein gegebener Plan tatsächlich erfüllt wird (es finden also keine wechselseitigen Anpassungen statt – mehr dazu weiter unten). Wenn ein Plan erstellt ist, dann wird die Produktion „gedrückt“ (weshalb diese Systeme oftmals als „Push-Systeme“ bezeichnet werden). Die Koordination durch Planung hängt folglich stark von korrekten Informationen ab – ein Zusammenhang, an dem der Großteil der heutigen Systeme zur Materialbedarfsplanung in der Praxis krankt. Wenn die Informationen ungenau sind, dann erfolgen Handlungen losgelöst von der Realität, was wiederum schwerwiegende Konsequenzen haben kann.

Auszeit: Nur die Koordination auf der Basis von Standardisierung ist perfekt in dem Sinne, dass sie keinerlei Verschwendung zulässt! Wenn die Ressourcenanforderungen standardisiert sind, dann können auch die zu transformierenden Ressourcen und die

Produktionsmittel standardisiert werden, um das Ziel einer Verschwendung von null zu erreichen. Abweichendes gilt für die Koordination durch Planung. Wenn Schwankungen auftreten, dann ergibt sich stets Puffer-Verschwendung in der einen oder anderen Form, selbst dann, wenn die Natur der Schwankungen im Vorhinein bekannt (das heißt nicht ungewiss) ist. Aus diesem Grund gibt es viele miteinander konkurrierende Ansätze zur Optimierung bzw. Terminplanung; wäre Nullverschwendung mehr als nur eine theoretische Möglichkeit, so würden all diese Ansätze zu denselben Ergebnissen führen – was faktisch kaum einmal der Fall ist, obwohl die Nachfrage als im Vorhinein bekannt vorausgesetzt wird.

► **Koordination durch wechselseitige Anpassung** Hierbei erfolgt ein Austausch von Informationen zwischen den Ressourcenanforderungen, den zu transformierenden Ressourcen und den Produktionsmitteln mit dem Ziel, bestimmte Leistungskriterien wie etwa geringe Vorlaufzeiten, geringe Umlaufbestände oder geringe Verspätungen sicherzustellen.

Kartenbasierte Steuerungssysteme werden eingesetzt, um das Prinzip der Koordination durch wechselseitige Anpassung zu realisieren. Sie beruhen darauf, dass Informationen zurückgemeldet werden. Kartenbasierte Steuerungssysteme sind kybernetischen Kreisen wie etwa einem Thermostat sehr ähnlich. Das Thermostat ist dasjenige Instrument, das der Heizungs-, Belüftungs- und Klimaanlage Rückmeldungen gibt, die dann je nach der Art der zurückgemeldeten Information Mechanismen zur Abkühlung oder Aufheizung auslösen. In Abb. 2.1 ist ein weiteres Beispiel dargestellt. Der Wasserstand in der Badewanne wird dadurch stabil gehalten, dass der Wasserzufluss nach Maßgabe der Menge des abfließenden Wassers gesteuert wird.

Tab. 2.1 fasst die drei beschriebenen Arten der Koordination und die zugehörigen Steuerungslösungen zusammen. Der Abstimmungsmechanismus hängt von der Variabilität bzw. der Unsicherheit der Ressourcenanforderungen ab. Dies folgt aus dem sogenannten Varietätstheorem (Ashby 1957), das besagt, dass die Variabilität (oder Flexibilität) der Steuerungslösung mindestens so groß sein muss wie die Variabilität des zu steuernden Systems. Analog dazu sollte die Reaktionsfreudigkeit oder Empfindlichkeit der Steuerungslösung mindestens so groß sein wie die dem zu steuernden System inhärente Ungewissheit.

Auszeit: Koordination durch Standardisierung bietet die besten Möglichkeiten zur Beseitigung von Verschwendung. Beispielsweise kann sie die einzige Möglichkeit sein, einen sogenannten One-Piece-Flow (oder Einzelstückfluss) zu realisieren, ohne dass dabei andere Formen von Verschwendung (zum Beispiel Wartezeiten) in größerem Umfang auftreten. (Durch die Steigerung der Produktionskapazität lässt sich immer ein Einzelstückfluss erreichen, doch führt dies stets zu Wartezeiten bzw. Leerlauf.) Koordination durch Standardisierung ist außerdem insofern einfach, als in ihrem Rahmen nur ein Plan benötigt wird. Nun könnten Sie fragen, weshalb jemand eine Koordination durch Planung oder durch wechselseitige Anpassung vorziehen könnte. Fragen Sie sich selbst:

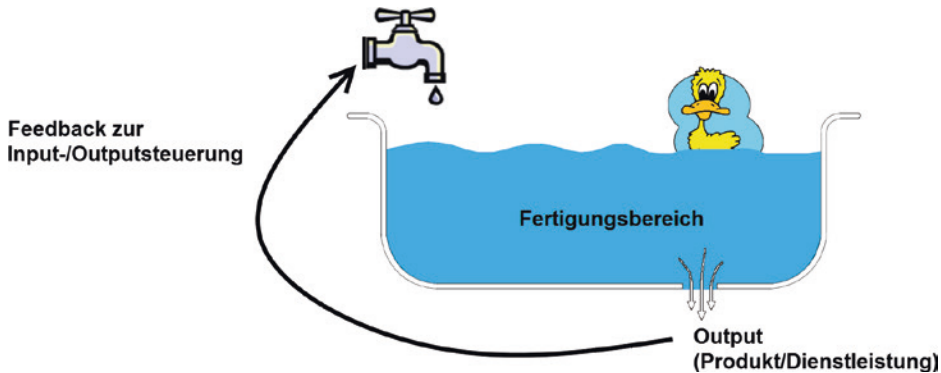


Abb. 2.1 Ein einfacher Steuerungskreislauf. Um den Wasserstand stabil zu halten, wird Wasser nur dann zugeführt (Input), wenn Wasser abfließt (Output)

Können Sie sich in der Rolle eines standardisierten Bedarfsträgers vorstellen? Wahrscheinlich haben auch Sie schon bei einer Service-Hotline angerufen und die Erfahrung gemacht, dass Sie dort nur standardisierte Antworten auf standardisierte Fragen erhalten, die Sie genauso gut im Internet hätten finden können. Oder stellen Sie sich vor, Sie wären krank, müssten sich in einem Krankenhaus behandeln lassen und Ihre Beschwerden dort entsprächen keinem standardisierten Krankheitsbild. Oder Sie würden gerne eine Pizza essen, aber bitte ohne Peperoni! Vielleicht kennen Sie Henry Fords ursprüngliche Herangehensweise bei Wünschen der Autokäufer: „Jeder Kunde kann einen Wagen in jeder gewünschten Farbe bekommen, Hauptsache, er wünscht den Wagen in Schwarz“ (Ford 1923, S. 71).

Sämtliche kartenbasierten Steuerungssysteme beruhen auf dem Prinzip der Koordination durch wechselseitige Anpassung. Sie umfassen eine Feedbackschleife zwischen dem Output und dem Input der Produktion – wobei der Output maßgeblich ist für den Input. Da die Arbeit im Fertigungsbereich durch den gewünschten Output „angezogen“ wird, werden kartenbasierte Steuerungssysteme häufig als „Pull-Systeme“ bezeichnet (*to pull* ist das englische Wort für „ziehen“). Ein „idealtypisches“ Pull-System ist ein System mit einem stetigen Materialdurchlauf in dem Sinne, dass die Menge an Produkten, die in das System eingespeist werden, stets der Menge an Produkten entspricht, die das System verlassen.

► **Input-/Output-Steuerungssystem** Ein Input-/Output-Steuerungssystem ist ein System, innerhalb dessen der Output den Input bestimmt. Das bedeutet, dass die Inputmenge vermittels einer Feedbackschleife angepasst werden muss, damit sie mit der Outputmenge Schritt halten kann und umgekehrt. Alle kartenbasierten Steuerungssysteme sind Input-/Output-Steuerungssysteme. Das Konzept der Input-/Output-Steuerung wurde von Oliver W. Wight (1970) und George W. Plossl (Plossl und Wight 1971) eingeführt.

Tab. 2.1 Die drei Arten der Koordination und die zugehörigen Steuerungslösungen

Koordination durch ...		Steuerungslösung		Vor-/Nachteile
Standardisierung	Ressourcenanforderungen sind ...	Standardisiert	Keine spezifische Lösung. Standardzeugnis – es wird ein Plan entworfen und umgesetzt, die Produktionsmittel werden standardisiert, sodass sie die standardisierten Ressourcenanforderungen erfüllen	Die einfachste und im Hinblick auf die Vermeidung von Verschwendung effektivste Lösung. Der Fertigungsbereich muss gegen die Außenwelt abgeschirmt werden – also auch gegen Einflüsse vonseiten des Kunden
		Variabel	Terminplanung (Optimierung); Materialbedarfsplanung	Erlaubt die Optimierung der zu transformierenden Ressourcen und der Produktionsmittel, ausgehend von einer bestimmten Reihe von Ressourcenanforderungen. Sehr empfindlich gegenüber den Folgen von Unsicherheit
Wechselseitige Anpassung		Ungewiss	Errichtung eines Steuerungskreises auf der Basis von Feedbackschleifen	Passender Umgang mit Unsicherheit; ergibt nicht notwendigerweise die (eine) optimale Lösung

Kurz gesagt: Input-/Output-Steuerungssysteme sorgen für eine Übereinstimmung zwischen dem Einsatz und dem Ausstoß der Produktion. Diese Übereinstimmung lässt sich über zwei verschiedene Wege erzielen:

- i) durch Anpassung des Outputs der Station/des Fertigungsbereichs, das heißt durch Steigerung der Kapazität entsprechend dem veränderten Input;
- ii) durch Steuerung des Inputs, der in die Station/den Fertigungsbereich eingeht.

Kartenbasierte Steuerungssysteme steuern den Input. Das bedeutet, dass eingehende Arbeit nicht direkt weitergeleitet, sondern zunächst zurückgehalten wird – entweder im ersten Prozessabschnitt (so bei *Kanban*, Con WIP und POLCA) oder in einem sogenannten Auftragspool im Vorfeld des Fertigungsbereichs (so bei COBACABANA). Abb. 2.2 veranschaulicht die Zusammenhänge.

► **Pool** Kartenbasierte Systeme sehen keine direkte Freigabe von Aufträgen an den Fertigungsbereich vor. Stattdessen werden die Aufträge zunächst zurückgehalten. Der Ort, an dem die Aufträge aufbewahrt werden, wird als Pool bezeichnet. Alle kartenbasierten Steuerungssysteme sind zumindest implizit mit einem Pool ausgestattet. Dabei kann es sich um den ersten Prozessabschnitt handeln (so bei *Kanban*, ConWIP und POLCA) oder einen sogenannten Auftragspool im Vorfeld des Fertigungsbereichs (so bei COBACABANA).

Die Aufträge werden nach Maßgabe der Outputmenge freigegeben. Die Information über die Outputmenge wird über eine Feedbackschleife vermittelt; dadurch werden die Umlaufbestände im Fertigungsbereich stabilisiert.

Aszeit: Das Konzept des Pools ist außerordentlich bedeutsam. Die Grundidee aller kartenbasierten Steuerungssysteme lautet, dass der Fertigungsbereich frei sein sollte von

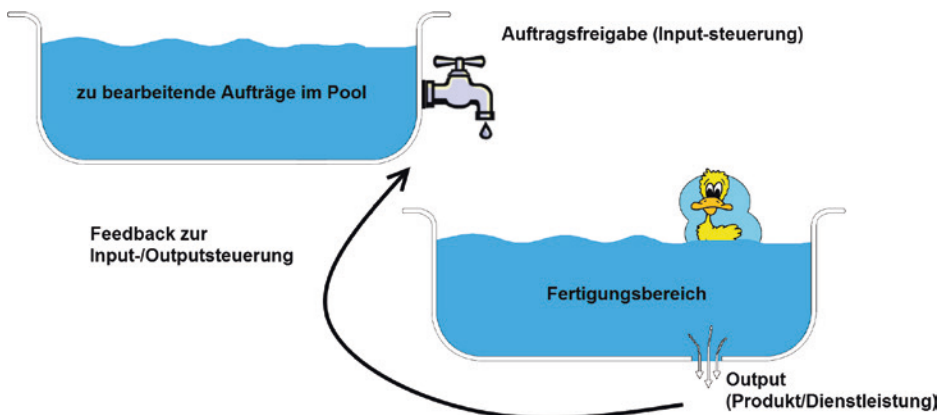


Abb. 2.2 Beispiel für ein Auftragsfreigabesystem

nicht notwendigen Umlaufbeständen. Deshalb werden im Pool Aufträge zurückgehalten und erst dann freigegeben, wenn ihre Ausführung gewünscht ist. Befinden sich Aufträge bzw. Vor-/Zwischenprodukte nicht im Fertigungsbereich, so müssen sie anderswo sein. Dieses „Anderswo“ ist entweder der Pool oder die Warteschlange vor der ersten Station im Prozess (die dann entsprechend als Pool fungiert). Die Arbeitsmenge im Pool bzw. vor der ersten Station im Prozess verkörpert sich entweder in zu transformierenden Ressourcen oder in Bestellbögen, auf denen Ressourcenanforderungen aufgeführt sind.

Alle kartenbasierten Systeme steuern die Freigabe von Aufträgen für den Fertigungsbereich bzw. seine einzelnen Stationen. Dazu setzen sie Beschäftigungsobergrenzen, sogenannte WIP-Caps ein.

► **Auftragsfreigabe (durch die vorgegebene Auslastung begrenzt)** Methoden zur Auftragsfreigabe steuern den Input in den Fertigungsbereich. Dazu werden Aufträge in einem Pool zurückgehalten und selektiv freigegeben. Bei Freigabemethoden, die mit auslastungsbezogenen Grenzen verknüpft sind, werden Aufträge nur dann freigegeben, wenn sich dies mit einer sogenannten WIP-Cap vereinbaren lässt.

► **WIP-Cap** Dies ist die Bezeichnung für den höchstens zulässigen Umlaufbestand (*Work-In-Process*) in einer Feedbackschleife. Je nach der Länge der Schleife handelt es sich dabei um den Höchstwert einer einzelnen Station oder einer ganzen Reihe von Stationen.

Abb. 2.3 veranschaulicht die Funktionsweise einer WIP-Cap. Wenn zwischen Station A (oder dem Pool) und dem Zwischenlager an Produkten, die von Station B bearbeitet werden sollen, eine Feedbackschleife gelegt ist und wenn die WIP-Cap auf drei Aufträge

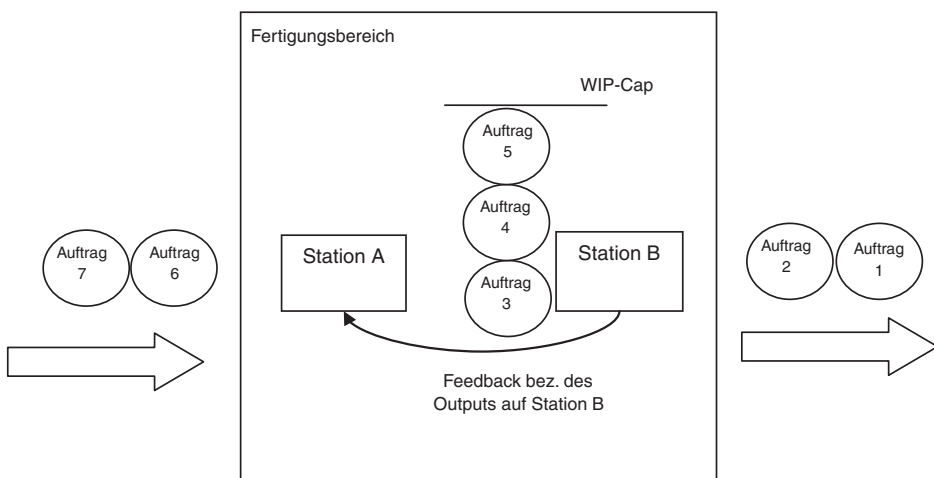


Abb. 2.3 Beispiel für eine WIP-Cap zwischen zwei Stationen

lautet, dann können in der Schleife nicht mehr als drei Aufträge enthalten sein. Mit anderen Worten: Wenn die Schleife drei Aufträge umfasst, dann kann auf Station A erst dann ein neuer Auftrag hereingenommen (und in der Schleife platziert) werden, wenn von Station B ein Auftrag bearbeitet wurde und die Schleife verlässt.

Auszeit: Die WIP-Cap ist der Grund dafür, dass Sie sich manchmal in die Schlange stellen müssen, wenn Sie eine Bar oder einen Nachtclub besuchen wollen. In der Regel gibt es eine Höchstzahl an Personen, die sich zur gleichen Zeit in der Bar aufhalten dürfen, beispielsweise aufgrund von Brandschutzvorschriften. Diese Höchstzahl entspricht unserer WIP-Cap. Wird diese Grenze erreicht, so müssen Leute, die die Bar besuchen wollen, draußen warten. Nur dann, wenn jemand die Bar verlässt, kann ein neuer Besucher eingelassen werden.

Damit dieses System funktioniert und die Einnahmen der Bar maximiert werden, braucht der Türsteher, der den Eingang kontrolliert, Rückmeldungen über die Zahl der Personen, die die Bar verlassen (und zwar in Echtzeit, das heißt, genau in dem Moment, in dem sie gehen). Es ist ein typisches Pull-System. Erfolgt das Feedback nicht rechtzeitig, so entgehen der Bar Einnahmen, da die Gäste, die die Bar verlassen, nicht sofort durch neue Gäste ersetzt werden (obwohl draußen Leute warten).

In einem Push-System gibt es keine Feedbackschleifen. Beispielsweise würde hier der Türsteher Leute so lange durch die vordere Tür einlassen, solange seiner Meinung nach die maximale Gästezahl noch nicht erreicht ist – und am Ende wäre die Bar hoffnungslos überfüllt. Käme die Bar an diesen Punkt, so würde der Brandschutzbeauftragte, wäre er zufällig anwesend, dem Betreiber die Lizenz entziehen.

Im Rahmen eines kartenbasierten Steuerungssystems bekäme jeder Gast an der Tür vor dem Eintritt in die Bar eine Zahlkarte ausgehändigt, die er zurückgeben müsste, sobald er geht (und die er mit einem Guthaben aufladen könnte, das er während seines Besuchs in der Bar zur Bezahlung seiner Bestellungen einsetzen könnte). Die stete Kontrolle der Zahl der verfügbaren Karten ist eine einfache Möglichkeit zur Steuerung und Maximierung der Zahl der Leute, die in der Bar einen Drink nehmen.

Wenn die Beschäftigung im Fertigungsbereich durch eine WIP-Cap begrenzt ist, dann kann ein zusätzlicher Auftrag nur dann angenommen werden, wenn die Bearbeitung eines anderen, bereits angenommenen Auftrags abgeschlossen ist. Diese Regel ist Ausdruck des Prinzips der Input-/Output-Steuerung, und sie dient dazu, die Beschäftigung innerhalb des Systems zu stabilisieren. Unterdessen kann (und sollte) die WIP-Cap herabgesetzt werden, um die Umlaufbestände zu senken und somit das zweite Prinzip zu verwirklichen. Dieses zweite Prinzip besagt, dass nur diejenigen Arbeiten im Fertigungsbereich ausgeführt werden sollten, die notwendig sind. Allerdings genügt es nicht, den beiden genannten Prinzipien zu folgen und entsprechend den Durchlauf zu stabilisieren und zu verringern. Damit die Abläufe effektiv sind, sollte ein neuer Auftrag, der für den Fertigungsbereich freigegeben wird, unter allen im Pool vorhandenen Aufträgen derjenige mit der größten Dringlichkeit sein. Anders gesagt, ist es wichtig sicherzustellen,

dass die vorgegebene Lieferfrist oder Vorlaufzeit eingehalten wird. Diesem Thema werden wir im dritten Kapitel nachgehen.

Auszeit: Ein Prozess ist dann effektiv, wenn er die Ressourcenanforderungen in jeder Hinsicht erfüllt (das heißt, wenn er das leistet, was der Kunde wünscht). Zu den Ressourcenanforderungen zählen beispielsweise Qualitätsmerkmale, der Liefertermin und bestimmte Eigenschaften des Produkts bzw. der Dienstleistung. Aspekte wie die Qualität des Produkts oder der Dienstleistung liegen allerdings außerhalb des Einflussbereichs kartenbasierter Steuerungssysteme. Insofern bedeutet Effektivität im Hinblick auf kartenbasierte Steuerungssysteme hauptsächlich die pünktliche Lieferung des Produkts bzw. die pünktliche Bereitstellung der Dienstleistung.

Visualisierung der Stabilität der Station oder des Fertigungsbereichs mit Durchlaufdiagrammen

Ein wichtiges Ziel der Input-/Output-Steuerung besteht darin, das Arbeitsaufkommen an jeder Station stabil zu halten. Inwieweit dieses Ziel erreicht wird, lässt sich am besten mithilfe einer sogenannten Input-/Output-Kurve bzw. eines Durchlaufdiagramms darstellen (vgl. etwa Conway et al. (1967); Wiendahl (1995)).

► **Durchlaufdiagramm** Ein Durchlaufdiagramm gibt den kumulierten Input und Output eines Produktionsmittels (zum Beispiel einer Station oder eines Chirurgen) oder eines Komplexes von Produktionsmitteln (zum Beispiel einer Fertigungsstätte, eines Krankenhauses oder einer Bar) wieder. Es ermöglicht die Beobachtung des Durchlaufs von Ressourcen durch ein Produktionsmittel oder eines Komplexes von Produktionsmitteln im Zeitablauf.

Im Vergleich mit Flussdiagrammen oder Wertstromaufzeichnungen, die auf einen Zeitpunkt oder einen Durchschnitt von Vergangenheitswerten bezogen sind, bieten Durchlaufdiagramme erheblich erweiterte Analysemöglichkeiten. Nehmen wir zum Beispiel an, in einem Betrieb entsprach der Umlaufbestand im Fertigungsbereich im Durchschnitt eines Jahres einer Menge, die für fünf Produktionstage ausreichte. Hinter diesem Durchschnittswert verbergen sich höchst unterschiedliche Einzelwerte. In gewissen Zeiten des betrachteten Jahres war womöglich die Nachfrage außergewöhnlich lebhaft und der Umlaufbestand stieg auf 20 Tage, während er an den restlichen Tagen des Jahres nur etwa für drei Tage ausreichte. Ein Durchlaufdiagramm macht derartige Schwankungen sichtbar und schafft so eine wichtige Voraussetzung für die Problemdiagnose.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass Flussdiagramme und Wertstromanalysen einzig und allein auf Prozesse bezogen sind. Demgegenüber haben wir weiter oben gesehen, dass der Begriff „stabiler Prozess“ kein sinnvolles Konzept darstellt. Gemeint ist eher, dass die Auslastung jeder Station (jedes Produktionsmittels) oder des Fertigungsbereichs (des Komplexes von Produktionsmitteln) stabil sein soll. Die Herstellung einer Mischung

von Prozessen (das heißt Produkten/Dienstleistungen), die zu einer gleichmäßigeren Auslastung der Stationen im Verhältnis untereinander führt, ist für die Input-/Output-Steuerung ganz entscheidend. Erinnern wir uns daran, dass das Ziel darin besteht, die Beschäftigung zu stabilisieren. Ein Durchlaufdiagramm macht sichtbar, inwieweit dieses Ziel erreicht wird.

Ein Durchlaufdiagramm besteht aus Kurven, die die kumulierte Menge an Arbeit darstellen, die im Fertigungsbereich und/oder auf einer bestimmten Station aufgewendet und anschließend von dort entnommen wird. Deshalb werden die in einem Durchlaufdiagramm enthaltenen Kurven auch als Input- und Output-Kurven bezeichnet. Auf der x-Achse (das heißt der waagerechten Achse) wird die Zeit abgetragen, auf der y-Achse (das heißt der senkrechten Achse) die kumulierte Arbeitsmenge. Letztere lässt sich in jeder beliebigen Einheit ausdrücken, also zum Beispiel als Bearbeitungszeit, Dienstleistungszeit, Patienten oder auch Pizzastücke.

Zur Anfertigung eines Durchlaufdiagramms erstellen wir zunächst eine Kurve, die den kumulierten Input repräsentiert. Jeder neue Arbeitsauftrag, der eintrifft, wird der Kurve hinzuaddiert. Abb. 2.4 verdeutlicht den Ablauf.

Im nächsten Schritt erstellen wir eine Output-Kurve. Diese ähnelt der Input-Kurve, ist im Verhältnis zu ihr jedoch zeitlich verschoben: Sobald ein Arbeitsauftrag ausgeführt ist, wird dessen Ergebnis der Output-Kurve hinzugefügt. Beide Kurven zusammen ergeben das Durchlaufdiagramm, wie in Abb. 2.5 dargestellt.

Die zu jedem gegebenen Zeitpunkt im System befindliche Arbeit ist gleich der Arbeit, die in das System eingespeist wurde, abzüglich der Arbeit, die dem System entnommen wurde. Daraus folgt, dass der Umlaufbestand dem vertikalen Abstand zwischen der Input- und der Output-Kurve entspricht. Demgegenüber gibt die waagerechte Distanz Auskunft über die Verweildauer der Arbeit im System. Die Output-Rate oder der

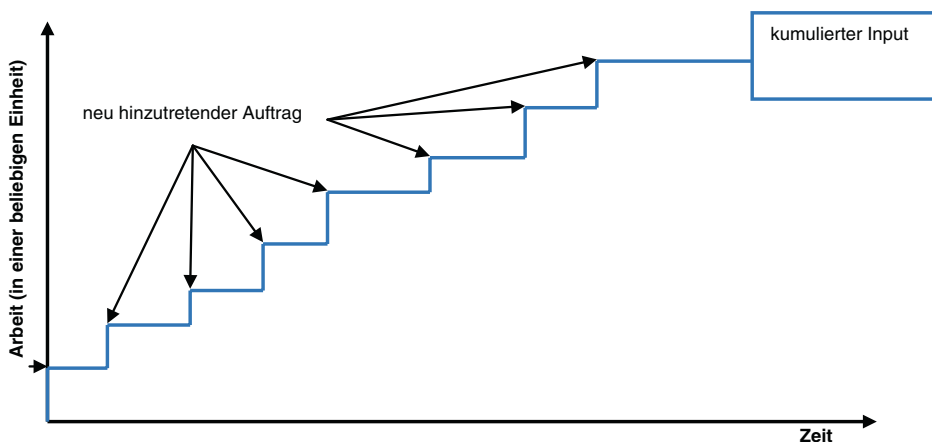


Abb. 2.4 Erstellung einer Input-Kurve

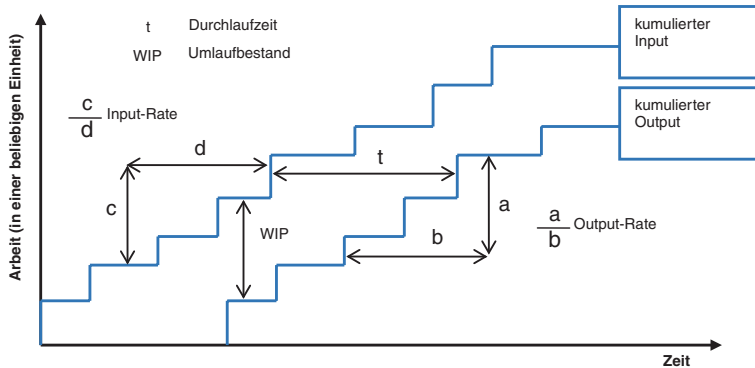


Abb. 2.5 Einfaches Durchlaufdiagramm. (Input-/Output-Kurve)

Durchsatz werden anhand der Kurvensteigung dargestellt. Das Durchlaufdiagramm bringt ein grundlegendes Prinzip des Produktionsmanagements zum Ausdruck: das sogenannte Little-Theorem (Little 1961). Das Little-Theorem besagt, dass in einem stabilen System – das heißt in einem System, in dem die Input- und die Output-Kurve parallel verlaufen und auf längere Sicht miteinander Schritt halten – die durchschnittliche Durchlaufzeit dem Umlaufbestand im Verhältnis zum durchschnittlichen Durchsatz entspricht.

Auszeit: Womöglich kennen Sie Littles Theorem in einer abweichenden Darstellung. Das Theorem lässt sich auch folgendermaßen formal ausdrücken:

$$\text{Umlaufbestand} = \text{Durchsatz} \times \text{Verweildauer im System (Durchlaufzeit)}$$

Wir haben die Gleichung umgestellt, um zum Ausdruck zu bringen, dass die Verweildauer oder Durchlaufzeit das Ergebnis der Höhe des Umlaufbestands und der Durchlauftrate ist bzw. durch diese beiden Variablen determiniert wird. Zeit ist immer eine Resultante! Sie lässt sich nicht direkt beeinflussen, sondern nur vermittelt über die Beeinflussung der Höhe des Umlaufbestands und/oder der Durchlauftrate. Das Little-Theorem ist insofern bedeutsam, als es den Umlaufbestand mit der Zeit in Beziehung setzt.

Im Rahmen ihres Strebens nach verbesserter Leistung besteht das primäre Ziel vieler Unternehmen nicht darin, die Umlaufbestände zu verringern, sondern die Durchlaufzeiten zu verkürzen (das heißt ihre Lieferzeiten zu verkürzen und ihre Reaktionsbereitschaft zu vergrößern). Das eine lässt sich ohne das andere nicht erreichen (es sei denn, man steigert die Outputrate). Wenn ein Unternehmen seine Umlaufbestände senkt, dann kann es sein, dass sich dadurch beim Großteil der Aufträge die Durchlaufzeit verkürzt. Doch es kann auch dazu führen, dass es bei einer Reihe besonderer, sowohl für das Unternehmen als auch für seinen Kunden wichtiger Aufträge in Verzug gerät.

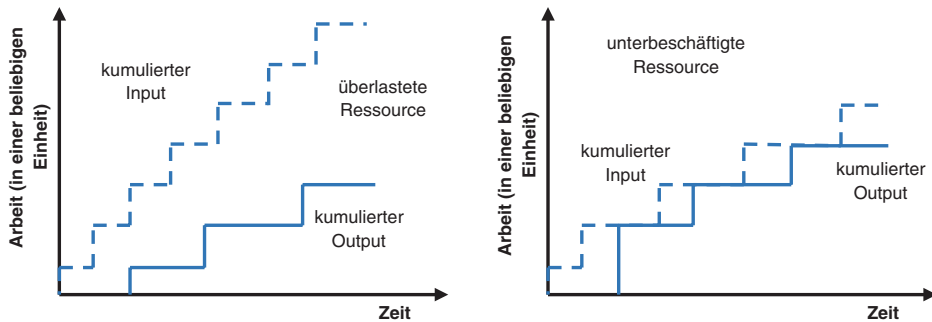


Abb. 2.6 Über- und Unterbeschäftigung im Durchlaufdiagramm

Zeitweilig überlastete oder unterbeschäftigte Ressourcen lassen sich nun mithilfe des Durchlaufdiagramms leicht erkennen (siehe Abb. 2.6). In Perioden der Überlastung entsteht Verschwendung in Form von unerwünschten Lagerbeständen, da zu transformierende Ressourcen sich aufstauen und die Durchlaufzeiten zunehmen; in Zeiten der Unterbeschäftigung kommt es zu Verschwendung in Form von Wartezeiten. Ein wichtiger Schlüssel zu verbesserter Leistung kann deshalb darin liegen, die Kapazitätsauslastung zu verstetigen, indem Teile des Arbeitsaufkommens in Perioden mit schwacher Auftragslage verlagert werden.

Auszeit: Die einfachste Möglichkeit zur Verstetigung der Kapazitätsauslastung besteht darin, einen Auftragspool einzuführen. Weiter unten werden wir zeigen, dass kartenbasierte Steuerungssysteme genau dadurch die Beschäftigung im Fertigungsbereich stabilisieren. Diese Möglichkeit stellt sich allerdings nicht auf der Ebene, auf der Beschäftigung geschaffen wird, das heißt im Verkauf. Um Zeiten der Unterbeschäftigung zu vermeiden, setzten viele Unternehmen eine Strategie der „Überbuchung“ ein (so zum Beispiel Fluggesellschaften), oder sie reagieren auf nachfrageschwache Zeiten mit Verkaufsförderungsaktionen. Das allerdings kann unerwünschte Überbelastungsperioden nach sich ziehen, wenn die Sonderpreise im Verkauf unerwartet stark wirken. Eine alternative Lösung könnte darin bestehen, die eigenen Wettbewerbsstärken auszureizen und so die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, Aufträge zu gewinnen. Thürer et al. (2014) haben beispielsweise gezeigt, dass eine den je gegebenen Produktionsfähigkeiten eines Unternehmens angepasste Lieferzeit einen Beitrag zur Stabilisierung der Beschäftigung leisten kann. Wenn beispielsweise die Auslastung zunimmt, sinkt die freie Kapazität, und die den Kunden offerierten Lieferzeiten verlängern sich. Dadurch sinkt die Wahrscheinlichkeit, einen Auftrag zu gewinnen. Wenn umgekehrt die Auslastung allmählich zurückgeht, so steigt die freie Kapazität, sodass kürzere und somit konkurrenzfähigere Lieferzeiten angeboten werden können; dies wiederum steigert die Wahrscheinlichkeit, Aufträge zu gewinnen. So wird die Auslastung im Zeitablauf verstetigt. Alternativ dazu können kürzere Lieferzeiten angeboten werden, indem die Kapazität ausgeweitet wird. Allerdings sollten sich die Kosten der zusätzlichen Kapazität im Preis widerspiegeln, was wiederum

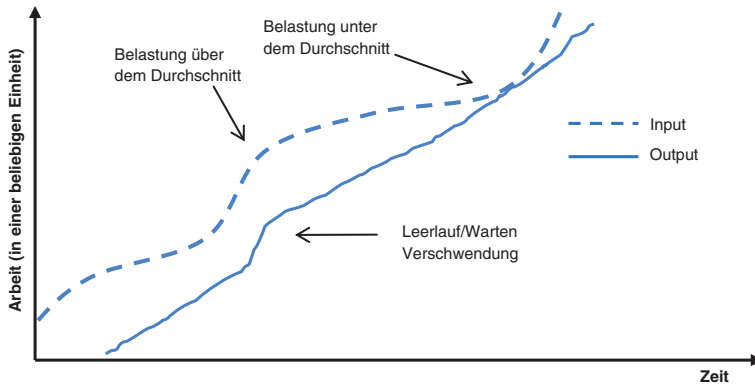


Abb. 2.7 Verschwendung in Form von Wartezeit im Durchlaufdiagramm

die Wahrscheinlichkeit senkt, Aufträge zu gewinnen und so denselben verstetigenden Zyklus begründet wie oben beschrieben.

In der Praxis beobachten wir oftmals, dass Unternehmen umstandslos jeden Auftrag annehmen. Das ist allerdings keine sinnvolle Strategie, wenn von Beginn an abzusehen ist, dass die zugesagte Lieferzeit unrealistisch ist oder dass die Kosten der Einhaltung der zugesagten Lieferzeit (das heißt die Zuschläge für Überstunden) letztlich die kalkulierte Marge weit übersteigen. In beiden Fällen kann das Unternehmen nichts gewinnen, dafür aber eine Menge verlieren.

Wenn sich das Unternehmen von einer zeitweiligen Überbeschäftigung erholt, wird auch die Verschwendung in Form von Wartezeit offenbar. Abb. 2.7 illustriert den Zusammenhang. Die stark ansteigende Neigung der Kurve in der Erholungsphase zeigt, dass das Produktionsmittel zu höheren Outputs fähig ist. Hierin kommt die im Durchschnitt ungenutzte Kapazität des Produktionsmittels zum Ausdruck – das heißt die ihm eigene Verschwendung in Form von Wartezeit. Es handelt sich dabei um einen Puffer, da die Kapazitätsreserve vorgehalten wird, um das System für den Fall einer Erhöhung des Inputs (das heißt gegen Schwankungen) abzusichern. Würde diese Reserve abgebaut, so würde dadurch Verschwendung in Form von Lagerbeständen geschaffen – wie aus dem Verlauf der Input-/Output-Kurven ersichtlich. Wir haben es hier also per Definition mit Puffer-Verschwendung zu tun.

Die Grundidee kartenbasierter Steuerungssysteme lautet, Umlaufbestände zu stabilisieren und zu verringern. Auch dieser Gedanke lässt sich nun mittels Durchlaufdiagramm veranschaulichen (siehe Abb. 2.8). Kartenbasierte Steuerungssysteme sind mit einem Mechanismus zur Freigabe von Aufträgen ausgestattet, mittels dessen die im Betrieb angenommenen Aufträge (die geplante Arbeit) in die beiden folgenden Kategorien unterteilt wird: i) Arbeit im Fertigungsbereich (freigegebene Arbeit oder Arbeit im Umlauf) sowie ii) Arbeit im Pool (noch nicht freigegebene Arbeit).

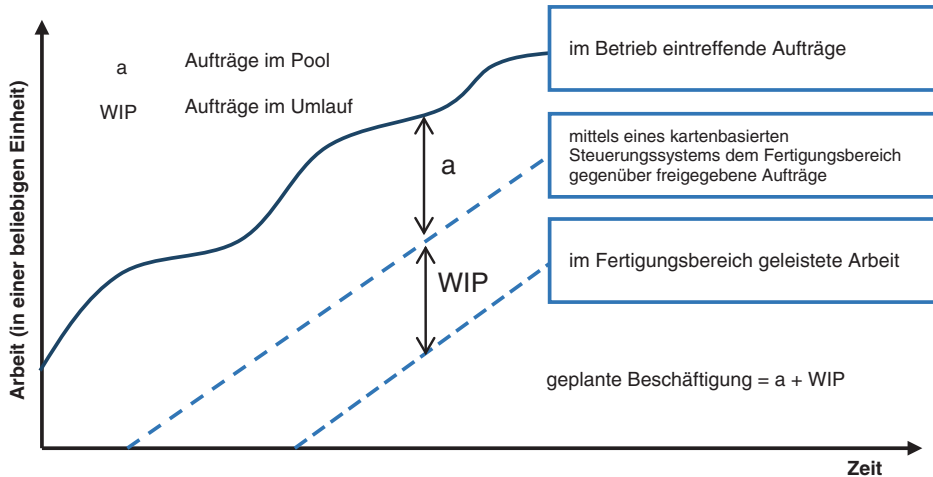


Abb. 2.8 Der Grundgedanke kartenbasierter Steuerungssysteme, dargestellt in einem Durchlaufdiagramm

Die Unterscheidung zwischen geplanter Beschäftigung und Aufträgen im Umlauf ist bedeutsam. Die beiden Begriffe lassen sich folgendermaßen definieren:

► **Aufträge im Umlauf (freigegebene Aufträge)** Derjenige Teil der Aufträge, der für den Fertigungsbereich freigegeben wurde (und der zur Bearbeitung ansteht oder in Bearbeitung ist).

► **Geplante Beschäftigung** Die Gesamtheit der Aufträge, die der Betrieb angenommen hat. Sie besteht aus den Aufträgen, die auf ihre Freigabe warten (das heißt, die sich im Pool befinden), und den Aufträgen im Umlauf (die mithin für den Fertigungsbereich bereits freigegeben sind).

Wenn alle Aufträge sofort freigegeben, das heißt, dem Fertigungsbereich gegenüber nicht zunächst zurückgehalten werden, dann sind die geplante Beschäftigung und die im Umlauf befindlichen Aufträge identisch. Wenn jedoch ein System zur Auftragsfreigabe angewandt wird, dann werden die im Umlauf befindlichen Aufträge zu einer Teilmenge der geplanten Beschäftigung. Eine gesonderte Auftragsfreigabe steuert den Strom der Aufträge aus dem Pool in den Fertigungsbereich mit dem Ziel, die tatsächliche Beschäftigung bzw. die Menge der umlaufenden Aufträge zu stabilisieren, nicht aber die geplante Beschäftigung. Sie dient dem Schutz des Fertigungsbereichs vor Schwankungen der geplanten Beschäftigung. Die geplante Beschäftigung wird durch den Verkauf bzw. die Abgabe von Angeboten gesteuert, wie weiter oben in der Auszeit dargelegt.

Alle drei Beschäftigungsgrößen – die geplante Beschäftigung, der Auftragsbestand im Pool und die Aufträge im Umlauf – stehen in einem je bestimmten Bezug zu der Zeit, während derer die Aufträge im System verweilen. Die folgenden Maße mit zeitlichem Bezug lassen sich unterscheiden (siehe auch Abb. 2.9):

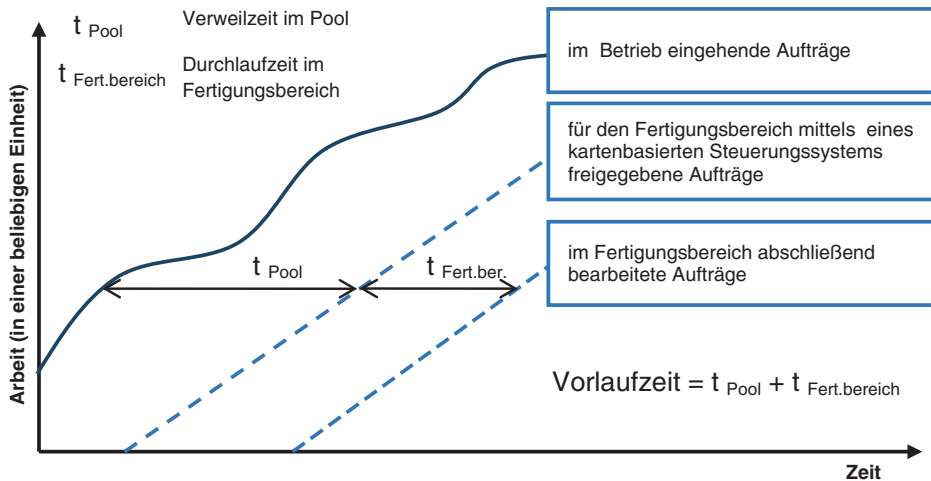


Abb. 2.9 Die Komponenten der Vorlaufzeit

► **Vorlaufzeit** Die gesamte Zeit, während derer die Aufträge im gesamten System verweilen, das heißt im Betrieb. Sie setzt sich zusammen aus der Verweilzeit im Pool und der Durchlaufzeit im Fertigungsbereich.

► **Verweilzeit im Pool** Die Zeit, während derer die Aufträge außerhalb des Fertigungsbereichs (oder am Eingang zur ersten Station) verweilen und auf ihre Freigabe warten.

► **Durchlaufzeit im Fertigungsbereich** Die Zeit, während derer die Aufträge im Fertigungsbereich umlaufen. Sie besteht aus den Durchlaufzeiten auf jeder Station, die mit den Aufträgen befasst ist. Die stationsbezogenen Durchlaufzeiten wiederum setzen sich aus den Bearbeitungs-, den Einrichtungs- und den Wartezeiten zusammen.

Auszeit: Das oben Gesagte deutet auf eine wichtige Tatsache hin. Die meisten kartenbasierten Steuerungssysteme stabilisieren lediglich die Beschäftigung und damit die Durchlaufzeit im Fertigungsbereich. Allerdings treten gewisse Steuerungsprobleme insofern auf, als für Kunden die gesamte Vorlaufzeit relevant ist (das heißt die Verweilzeit im Pool zusammen mit der Durchlaufzeit im Fertigungsbereich).

Stellen Sie sich beispielsweise vor, Sie bestellen eine Pizza und in der Pizzeria erhalten Sie die Auskunft, dass dort die Zubereitungszeit der Pizza von einer Stunde auf zehn Minuten verkürzt wurde. Doch man sagt Ihnen nicht, dass nunmehr die Ihnen zugedachte Pizza 50 min lang in der Warteschlange der Kundenbestellungen verweilt, bevor der Auftrag in der Küche aufgenommen wird! Was würden Sie am Ende denken, wenn man Ihnen endlich Ihre Pizza serviert? Sie brauchen nicht zu antworten ...

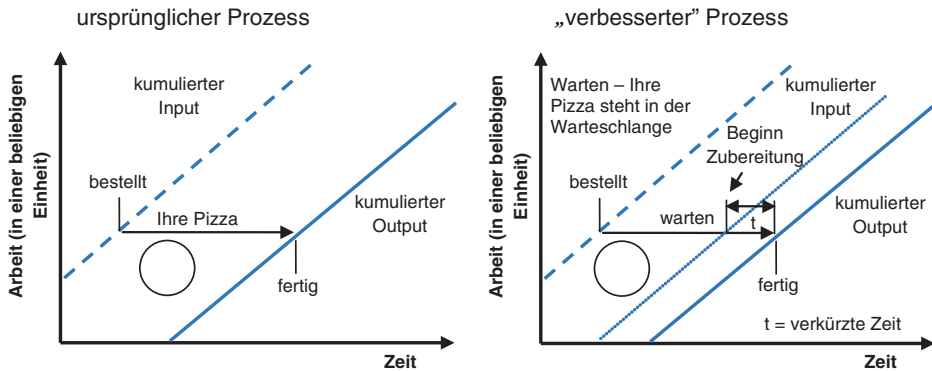


Abb. 2.10 Durchlaufzeit und Vorlaufzeit – ein Beispiel zur Illustration des Unterschieds

Wenn die Produktionsstückzahl nicht gesteigert wird (zum Beispiel durch die Senkung von Wartezeiten und/oder die Ausschaltung unnötiger Bewegungsabläufe), dann bleibt die Zahl der Pizzas, die pro Stunde ausgeliefert werden, unverändert. Das einzige, was sich ändert, ist die Stelle, an der ihre Bestellung auf ihre Ausführung wartet. Die für Sie als Kunde relevante Vorlaufzeit hingegen bleibt gleich (siehe Abb. 2.10).

Letztlich nützt es Ihnen also gar nichts, dass die Durchlaufzeit eines Auftrags von einer Stunde auf zehn Minuten verkürzt wurde. Worin aber besteht dann der Nutzen kartenbasierter Steuerungssysteme? Im Folgenden stellen wir eine Reihe von Argumenten vor:

- Die Lagerbestände werden verringert (in unserem Beispiel bleiben die Zutaten für Ihre Pizza frisch).
- Abwandlungen des Rezepts (zum Beispiel die Verwendung von Gorgonzola anstelle von Mozzarella) lassen sich unkompliziert umsetzen, während das Produkt (die noch unbelegte Pizza) im Pool wartet.
- Aufträge (Pizzabestellungen) können leicht nach ihrer Dringlichkeit sortiert werden – zum Beispiel kann ein wichtiger Kunde, der hereinkommt und seine Pizza binnen zehn Minuten braucht, seine Pizza auch innerhalb von zehn Minuten bekommen.

Zusammenfassung

Alle vier kartenbasierten Steuerungssysteme, die Gegenstand dieses Buches sind, basieren auf dem Prinzip der Input-/Output-Steuerung. Sie steuern den Input in den Fertigungsbereich bzw. an den ihn konstituierenden Stationen unter Berücksichtigung der Outputmenge. Dazu wird eine sogenannte WIP-Cap eingesetzt, das heißt eine Obergrenze für die Zahl der Aufträge, die in den Fertigungsbereich eingespeist werden dürfen. Gibt es eine solche Obergrenze, so wird ein neuer Auftrag nur dann für die Fertigung freigegeben, wenn ein bereits umlaufender abschließend bearbeitet wurde. Auf diese Weise wird das erste Prinzip

kartenbasierter Steuerungssysteme verwirklicht und entsprechend das Niveau der Beschäftigung im Fertigungsbereich stabilisiert. Die WIP-Cap kann herabgesetzt werden, um das zweite Prinzip zu realisieren – die Verringerung der Umlaufbestände. Inwieweit eine Fertigung tatsächlich stabil ist, lässt sich mithilfe eines Durchlaufdiagramms diagnostizieren. In einem solchen Diagramm werden der kumulierte Input und der kumulierte Output eines Produktionsmittels oder eines Komplexes an Produktionsmitteln aufgezeichnet.

Die Regulierung des Inputs nach Maßgabe des Outputs hat zwei strukturelle Folgen, die allen vier kartenbasierten Steuerungssystemen gemeinsam sind:

1. Aufträge werden nicht unmittelbar für den Fertigungsbereich freigegeben; stattdessen werden sie zunächst in eine Warteposition gesetzt. Es wird also ein sogenannter Pool gebildet, in dem die zur Bearbeitung anstehenden Aufträge auf ihre Freigabe warten. Es kann sich dabei um einen ausdrücklich als solchen bezeichneten Pool handeln, aber auch nur um eine Warteschlange im Vorfeld der ersten Station des Produktionsprozesses. Der Pool kann aus Dokumenten oder aus physischen „Objekten“ bestehen, beispielsweise aus Materialien oder Patienten.
2. Über den Output muss ein Feedback gegeben werden (sodass weitere Inputs freigegeben werden können). Alle vier kartenbasierten Steuerungssysteme sind folglich mit Feedbackschleifen ausgestattet. Wie wir sehen werden, hängt die Eignung eines kartenbasierten Steuerungssystems zur Lösung eines gegebenen Steuerungsproblems davon ab, wie die Feedbackschleifen gestaltet sind (das heißt, wer wem mittels welchen auf den Karten festgehaltenen Informationen Feedback gibt).

Die Input-/Output-Steuerung schafft nicht notwendigerweise effektivere oder effizientere Prozesse. Ein kartenbasiertes Steuerungssystem gilt nur dann als effizient, wenn es Verschwendung verringert, zum Beispiel indem es eine bessere Balance der Kapazitätsauslastung im Verhältnis der produktiven Ressourcen untereinander herstellt. Währenddessen lässt sich ein kartenbasiertes Steuerungssystem als effektiv betrachten, wenn es die pünktliche Bereitstellung eines Produkts bzw. einer Dienstleistung sicherstellt. Deshalb sollten die Aufträge, die im Pool und im Fertigungsbereich zur Bearbeitung anstehen, anhand eines Dringlichkeitsmaßstabs wie etwa dem frühesten Liefertermin sortiert werden. Diese Forderung ist Gegenstand des nächsten Kapitels.

Schwerpunkte im Rückblick

- *Wir haben den Begriff der Input-/Output-Steuerung erklärt.* Die einfachste Möglichkeit zur Realisierung einer stabilen Beschäftigung besteht darin, den Input nach dem Output zu bemessen. Diese sogenannte Input-/Output-Steuerung ist das oberste Prinzip aller kartenbasierten Steuerungssysteme, die in diesem Buch behandelt werden. Das zweite Prinzip besagt, dass die Umlaufbestände des Systems nach Möglichkeit beständig verringert werden sollten.

- *Wir haben verschiedene Möglichkeiten zur Koordination der zu transformierenden Ressourcen, der Produktionsmittel und der Ressourcenanforderungen vorgestellt.* Koordination lässt sich durch Standardisierung, Planung oder wechselseitige Anpassung bewerkstelligen. Die Mehrzahl der Ansätze schlanker Produktion verfolgt die Koordination durch Standardisierung (Standardaufträge). Die zu transformierenden Ressourcen ebenso wie die Produktionsmittel werden unter Abstimmung mit standardisierten Ressourcenanforderungen vereinheitlicht. Der Mehrzahl der Terminplanungs- und Optimierungsansätze (beispielsweise der Materialbedarfsplanung) liegt das Prinzip der Koordination durch Planung zugrunde. Um die zu transformierenden Ressourcen, die Produktionsmittel und die Ressourcenanforderungen aufeinander abzustimmen, wird ein Plan erstellt. Da die Ressourcenanforderungen nicht einheitlich sind, lässt sich aller Wahrscheinlichkeit nach keine perfekte Koordination erzielen. Überdies muss jedes Mal dann, wenn Änderungen auftreten, ein neuer Plan erstellt werden. Koordination durch Planung erfolgt ohne Berücksichtigung von Feedbacks bezüglich der Frage, ob vorweggenommene künftige Situationen tatsächlich eintreten. Wurde ein Plan erst einmal erstellt, so wird er auch ausgeführt. Demgegenüber wird im Rahmen einer Koordination durch wechselseitige Anpassung mit Feedbacks unter Bezugnahme auf die je gegebene Situation gearbeitet. Kartenbasierte Steuerungssysteme verkörpern diese Art der Koordination. Feedbacks bezüglich des Outputs werden genutzt, um den Input in das System zu steuern.
- *Wie haben ein Instrument zur Diagnose der Stabilität von Stationen/des Fertigungsbereichs skizziert: das Durchlaufdiagramm.* Ein Durchlaufdiagramm stellt den kumulierten Input und den kumulierten Output in Bezug auf ein Produktionsmittel (oder einen Komplex von Produktionsmitteln) im Zeitablauf dar. Es illustriert das Theorem von Little, und es erlaubt eine bildliche Darstellung der Fluktuation der Kapazitätsauslastung im Zeitablauf.
- *Wir haben den Unterschied zwischen geplanter Auslastung/Auslastung des Fertigungsbereichs und daraus folgend der Vorlaufzeit/der Durchlaufzeit im Fertigungsbereich herausgearbeitet.* Kartenbasierte Steuerungssysteme halten Inputs zurück, die im Fertigungsbereich nicht benötigt werden. Auf diese Weise wird die Arbeit des Systems unterteilt in Aufträge im Fertigungsbereich und Aufträge im Pool (das heißt Aufträge, die auf Freigabe warten). Die geplante Beschäftigung ergibt sich aus der Summe dieser beiden Größen. Folglich können wir auch zwischen zwei Arten von Stromgrößen unterscheiden: der Vorlaufzeit, die sich von der Auftragsannahme bis zur Fertigstellung des Auftrags erstreckt (und die mit der geplanten Beschäftigung verknüpft ist), und der Durchlaufzeit in der Fertigung (die mit dem in der Fertigung umlaufenden Bestand an Aufträgen verknüpft ist). In der Mehrzahl der Fälle ist aus der Sicht des Kunden die Vorlaufzeit die relevante Größe.

Literatur

- Ashby, W. R. (1957). *An introduction to cybernetics*. London: Chapman & Hall.
- Conway, R., Maxwell, W. L., & Miller, L. W. (1967). *Theory of scheduling*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- Ford, H. (1923). *My life and work, in collaboration with Samuel Crowther*. Garden City: Doubleday, Page & Company.
- Little, J. (1961). A proof of the theorem $L = \lambda W$. *Operations Research*, 8, 383–387.
- Plossl, G. W., & Wight, O. W. (1971). *Capacity planning and control*. St. Louis: APICS International Conference.
- Thompson, J. D. (1967). *Organizations in action. Social science bases for administrative theory* (1. Aufl.). New York: Mc Graw-Hill.
- Thürer, M., Stevenson, M., Silva, C., Land, M. J., Fredendall, L. D., & Melnyk, S. A. (2014). Lean control for make-to-order companies. Integrating customer enquiry management and order release. *Production & Operations Management*, 23(3), 463–476.
- Weber, M. (2014). *Wirtschaft und Gesellschaft. Soziologie, Studienausgabe der Max Weber Gesamtausgabe* (Bd. I/23). Tübingen: Mohr Siebeck.
- Wiendahl, H.-P. (1995). *Load-oriented manufacturing control*. Berlin: Springer.
- Wight, O. (1970). Input/Output control. A real handle on lead time. *Production and Inventory Management Journal*, 11(3), 9–31.

Kartenbasierte Steuerungssysteme für eine schlanke
Arbeitsgestaltung

Grundwissen Kanban, ConWIP, POLCA und COBACABANA

Thürer, M.; Stevenson, M.; Protzman, C.W.

2016, XXIII, 192 S. 80 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-12507-3