

GEWISSUNTERRICHT

Prof. Dr. H.-U. Küpper

Ablauforganisation

BWA

BETRIEBSWIRTSCHAFTS-AKADEMIE

[1979]



Der Autor

Prof. Dr. Hans-Ulrich Küpper,

1945 in Ebingen/Württemberg geboren, studierte nach einer kaufmännischen Lehre Betriebswirtschaft an der Universität München. Anschließend war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Wirtschaftswissenschaftlichen Seminar der Universität Tübingen bei Prof. Dr. M. Schweitzer. 1974 promovierte er mit einer Arbeit zur betrieblichen Mitbestimmung. Von 1975 bis 1977 war er Habilitand der Deutschen Forschungsgemeinschaft und habilitierte sich im November 1977 mit einer Arbeit über Produktions- und Organisations-
theorie. 1978 übernahm er zuerst eine Professur an der Universität Stuttgart und anschließend eine ordentliche Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Produktion und Kosten, an der Universität Essen – Gesamthochschule. Forschungsschwerpunkte von ihm sind die Produktions- und Kostentheorie, die Produktionsplanung, die Unternehmungsrechnung sowie die Organisationstheorie. Seit 1971 ist er auch in der Erwachsenenbildung tätig.

**Universitäts-
Bibliothek
München**

Ablauforganisation

Von
Prof. Dr. Hans-Ulrich Küpper

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Gegenstand der Ablauforganisation	3
I. Grundfragen der Organisation von Unternehmungen	3
II. Zusammenhang zwischen Aufbau- und Ablauforganisation	6
III. Abgrenzung der Ablauforganisation	8
1. Elemente der Ablauforganisation	8
2. Beziehungsarten der Ablauforganisation.	9
B. Probleme der Ablauforganisation	12
I. Problemstufen der Ablauforganisation.	12
1. Analyse der Arbeitsprozesse (Arbeitsanalyse)	12
2. Gestaltung der Arbeitsprozesse (Arbeitssynthese)	15
II. Problembereiche der Ablauforganisation	17
1. Ablauforganisation von Produktionsprozessen	18
2. Ablauforganisation von Informationsprozessen	27
III. Problemphasen der Ablauforganisation	29
1. Datenermittlung und Datenprognose in der Ablauforganisation	30
2. Entscheidungsfindung in der Ablauforganisation	30
3. Durchführung und Kontrolle ablauforganisatorischer Entscheidungen	31
C. Ziele der Ablauforganisation	33
I. Notwendigkeit der Formulierung von Zielen der Ablauforganisation	33
II. Herleitung von anwendbaren Unterzielen der Ablauforganisation	35
1. Einteilung der Ziele der Ablauforganisation	35

2. Auftragsorientierte Ziele der Ablauforganisation	37
3. Arbeitsträgerorientierte Ziele der Ablauforganisation	38
III. Beziehungen zwischen den Zielen der Ablauforganisation	41
1. Kennzeichnung von Zielbeziehungsarten	42
2. Kennzeichnung von Beziehungen zwischen einzelnen Zielen der Ablauforganisation	42
D. Erhebungs- und Darstellungstechniken der Ablauforganisation	44
I. Methoden der Datenermittlung und Datenprognose	44
1. Gliederung der Arbeitszeiten	44
2. Verfahren der Zeitaufnahme	50
3. Systeme vorbestimmter Zeiten	53
II. Techniken zur Abbildung und Überwachung von Prozeßabläufen	56
1. Ablaufkarten	57
2. Gantt-Diagramme (Balkendiagramme)	60
3. Netzplantechnik	64
E. Entscheidungsmodelle der Ablauforganisation	71
I. Entscheidungsmodelle als Instrumente der Ablauforganisation	71
1. Bedeutung und Formen der Optimierung in der Ablauforganisation	71
2. Überblick über Entscheidungsmodelle der Ablauforganisation	72
II. Optimierungsverfahren der Ablauforganisation	73
1. Beispiel für die Anwendung der Differentialrechnung in der Ablauforganisation	73
2. Beispiel für ein graphisches Verfahren der Ablauforganisation	77
3. Beispiel für ein Entscheidungsbaumverfahren der Ablauforganisation	80
III. Heuristische Verfahren der Ablauforganisation	87
1. Beispiel für ein heuristisches Verfahren zur Fließbandabstimmung	88
2. Prioritätsregeln der Reihenfolgeplanung	91
IV. Grenzen der Anwendung von Entscheidungsmodellen in der Ablauforganisation	93
Antworten zu den Fragen	95
Literaturhinweise	104

A. Gegenstand der Ablauforganisation

I. Grundfragen der Organisation von Unternehmungen

Lernziel:

Grundlage für eine Untersuchung der Ablauforganisation sind Kenntnisse über den Gegenstand und die Probleme der Organisation von Unternehmungen. Nach Durcharbeiten dieses Abschnitts sollten Sie daher in der Lage sein,

- die Elemente der Organisation von Unternehmungen zu beschreiben,
- die organisatorischen Beziehungsarten zu kennzeichnen und
- den Problembereich der Organisation von Unternehmungen abzugrenzen.

Zur Erstellung von Gütern werden in Unternehmungen viele unterschiedliche Tätigkeiten durchgeführt. Man bezieht von anderen Unternehmungen Stoffe, die im Fertigungsbereich häufig über mehrere Stufen hinweg kombiniert und bearbeitet werden, bis die Endprodukte fertiggestellt sind. Dann werden die erzeugten Endprodukte an die Kunden der Unternehmung verkauft. Diese Herstellung und Verwertung von Produkten kann als Sachziel der Unternehmung bezeichnet werden. Dabei verfolgen Unternehmungen in einer Marktwirtschaft in der Regel ökonomische Ziele wie die Erwirtschaftung von Gewinnen und die Sicherung der Liquidität. Häufig haben sie auch soziale Ziele wie die Sicherung von Arbeitsplätzen und die Förderung von Arbeitszufriedenheit. Um diese Ziele zu verwirklichen, müssen die unmittelbar auf Beschaffung, Fertigung und Absatz der Produkte ausgerichteten Tätigkeiten geplant, kontrolliert und organisiert werden. Neben den unmittelbar produktbezogenen Tätigkeiten gibt es also eine Reihe von nur mittelbar produktbezogenen Tätigkeiten. Zu diesen gehört die Gestaltung der Organisation einer Unternehmung.

Die verschiedenen Tätigkeiten in einer Unternehmung werden in der Regel von Personen unter Zuhilfenahme von Arbeitsmitteln wie Maschinen und Werkzeugen an Objekten durchgeführt. Zu diesen gehören vor allem die zu bearbeitenden Rohstoffe sowie Zwischen- und Endprodukte. **Subjekte, Arbeitsmittel und Objekte** bilden die grundlegenden Elemente zur Organisation einer Unternehmung. Diese Elemente werden bei der Ausführung von Tätigkeiten kombiniert, indem die Subjekte unter Verwendung von Arbeitsmitteln an den Objekten **Verrichtungen** ausführen. Damit werden Beziehungen zwischen den zu einer Unternehmung gehörenden Subjekten, Arbeitsmitteln und Objekten sowie den von, mit bzw. an ihnen vollzogenen Verrichtungen geschaffen. Die bewußte Gestaltung dieser Beziehungen bezeichnet man als Organisation. Den Gegenstand der Organisation kann man demnach wie folgt kennzeichnen:

Organisation bedeutet die bewußte Gestaltung der Beziehungen zwischen den Subjekten, Arbeitsmitteln und Objekten sowie den von den Subjekten mit Arbeitsmitteln an Objekten ausgeführten Verrichtungen.

Dabei verwendet man den Begriff Organisation sowohl für die Tätigkeit des Organisierens als auch für das Ergebnis dieser Tätigkeit, das in der Ausprägung dieser Beziehungen zum Ausdruck kommt.

Beispiel:

Zur Herstellung der Rückenlehne eines Bauernstuhls müssen Bretter zugeschnitten werden. Dieser Arbeitsgang wird von einem Schreiner (Subjekt) durchgeführt, indem er mit einer Kreissäge (Arbeitsmittel) unter Verwendung eines vorgegebenen Sägemusters (Arbeitsmittel) ein Brett (Objekt) zusägt (Verrichtung). Hierdurch werden Beziehungen zwischen dem Schreiner, seiner Kreissäge, seinem Sägemuster, dem Brett und dem Sägevorgang geschaffen.

Um den Problembereich der Organisation zu kennzeichnen, müssen die möglichen Beziehungsarten untersucht werden, die zwischen den Organisationselementen Subjekt, Arbeitsmittel, Objekt und Verrichtung bestehen. Als grundlegend können folgende sechs Beziehungsarten angesehen werden:

- Gruppierungsbeziehungen,
- Raumbeziehungen,
- Zeitbeziehungen,
- Arbeitsbeziehungen (Transport- und Kommunikationsbeziehungen),
- Machtbeziehungen,
- Gefühlsbeziehungen.

Eine erste Klasse von Beziehungen wird gebildet, indem man Subjekte zu Subjekten, Arbeitsmittel zu Arbeitsmitteln, Objekte zu Objekten und Verrichtungen zu Verrichtungen zuordnet. Hierdurch entsteht jeweils eine Gruppe gleichartiger Elemente. Deshalb bezeichnet man die so geschaffenen Beziehungen als **Gruppierungsbeziehungen**. Beispielsweise entsteht durch die Gruppierung gleichartiger Objekte, die von einer Maschine nacheinander und ohne zwischenzeitliche Umrüstung bearbeitet werden, ein Fertigungslos.

Alle Tätigkeiten in einer Unternehmung werden an bestimmten Orten und zu bestimmten Zeiten vollzogen. Darüber hinaus beansprucht jede Tätigkeit eine bestimmte Zeitdauer. Daraus ergeben sich räumliche und zeitliche Beziehungen zwischen den Organisationselementen. **Raumbeziehungen** folgen aus der räumlichen Anordnung der Subjekte, Arbeitsmittel und Objekte. Sie können durch den Abstand zwischen den jeweiligen Standorten und durch die Richtung erfaßt werden. Wenn eine Person unter Zuhilfenahme eines Werkzeugs bestimmte Verrichtungen an einem Werkstück auszuführen hat, so müssen die Elemente Subjekt, Arbeitsmittel und Objekt sich in der Regel an demselben Ort befinden, einander also räumlich zugeordnet werden.

Zeitbeziehungen bestehen zwischen den Verrichtungen, die von Subjekten und Arbeitsmitteln an den Objekten durchgeführt werden. Betrachtet man den Vollzug der Verrichtungen im Zeitablauf, so wird erkennbar, welche Verrichtungen gleichzeitig und welche nacheinander ausgeführt werden. Durch die Festlegung der zeitlichen Reihenfolge verschiedener Verrichtungen wird daher der Ablauf der Tätigkeiten gestaltet.

Zur Durchführung von Verrichtungen müssen die Objekte nicht nur von Subjekten und Arbeitsmitteln bearbeitet werden. Da vielfach an einem Objekt nacheinander verschiedene Verrichtungen auszuführen sind, müssen sie häufig von einem Bearbeitungsplatz zum nächsten weitergegeben werden. Hierdurch entstehen **Arbeitsbeziehungen** zwischen den unterschiedlichen Subjekten und/oder Arbeitsmitteln. Handelt es sich um die Weitergabe von körperlichen Gegenständen wie Werkstücken oder Endprodukten, so spricht man von **Transportbeziehungen**. Dagegen entstehen durch die Übermittlung von Informationen **Kommunikationsbeziehungen**. Ein Austausch von Informationen findet in Unternehmungen vor allem zwischen den dort tätigen Menschen statt. Jedoch werden auch Informationen zwischen Subjekten und Arbeitsmitteln (z. B. Datenverarbeitungsanlagen) übermittelt.

Zwischen den zu einer Unternehmung gehörenden Personen gibt es ferner Macht- und Gefühlsbeziehungen. Eine **Machtbeziehung** liegt vor, wenn eine Person oder Personengruppe die Möglichkeit hat, auf die Entscheidungen und das Handeln einer anderen Person oder Personengruppe einzuwirken. Aus den formell geregelten Machtbeziehungen in einer Unternehmung folgt die hierarchische Über- und Unterordnung ihrer Subjekte.

Gefühlsbeziehungen (sozio-emotionale Beziehungen) kennzeichnen die gefühlsmäßigen Einstellungen, welche die Personen gegenseitig empfinden. So können zwei nebeneinander tätige Mitarbeiter bzw. eine Leitungsperson und ihr Untergebener in ihren Gefühlen einander positiv oder negativ gesonnen sein. Diese Beziehungsart läßt sich durch formelle Regelungen nicht festlegen, weil Gefühle nicht von außen bestimmt werden können. Jedoch können formelle Regelungen einen Einfluß auf die Ausprägung der Gefühlsbeziehungen haben.

Gegenstand der Organisation ist somit die Gestaltung der gekennzeichneten Beziehungsarten zwischen den zu einer Unternehmung gehörenden Subjekten, Arbeitsmitteln und Objekten sowie den von, mit bzw. an ihnen ausgeführten Verrichtungen. Die Gestaltung dieser Beziehungen ist darauf ausgerichtet, die von der Unternehmung gewählten sachlichen, ökonomischen und sozialen Ziele möglichst gut zu verwirklichen. Grundlage von Entscheidungen über die Organisation der Unternehmung ist ihr Wissen über die Auswirkungen verschiedener möglicher Gestaltungsformen dieser Beziehungsarten auf die Unternehmungsziele, also insbesondere auf das Produktionsprogramm, auf Gewinn und Liquidität sowie auf Arbeitsplatzsicherheit und Arbeitszufriedenheit. Aussagen über derartige Zusammenhänge sind Gegenstand der **Organisationstheorie**.

Fragen:

1. Welche organisatorischen Elemente kann man in einer Unternehmung unterscheiden? Geben Sie für jede Klasse von Elementen ein Beispiel an.
2. Welche grundlegenden organisatorischen Beziehungsarten kann man unterscheiden?
3. Versuchen Sie, den Gegenstand der betrieblichen Organisation in einem Satz zu kennzeichnen!

II. Zusammenhang zwischen Aufbau- und Ablauforganisation

Lernziel:

Anhand dieses Abschnittes sollen Sie eine erste Vorstellung über

- die Problembereiche der Aufbauorganisation,
- die Problembereiche der Ablauforganisation sowie
- die gegenseitigen Beziehungen zwischen Aufbau- und Ablauforganisation bekommen.

Die Probleme der Organisation von Unternehmungen gliedert man im allgemeinen in zwei Bereiche, die Aufbau- und die Ablauforganisation. Jeder Bereich erfaßt bestimmte Aspekte der Organisation. Zur **Aufbauorganisation** rechnet man institutionelle Probleme und Bestandsphänomene. In ihr werden insbesondere Macht-, Kommunikations- und Gefühlsbeziehungen zwischen den in einer Unternehmung tätigen Personen untersucht. Grundlegend sind dabei die Fragen, welche Aufgaben die verschiedenen Personen zu erfüllen haben und wie diese Personen durch formelle Festlegung von Machtbeziehungen in eine hierarchische Rangordnung gebracht werden. Die Aufgaben stellen die Handlungsziele dar, die durch den Vollzug von Tätigkeiten erreicht werden sollen. Durch ihre Angabe werden die auszuführenden Tätigkeiten lediglich global vorgegeben. Darüber hinaus untersucht man innerhalb der Aufbauorganisation das Auftreten und Wirken von Stäben und Kollegien der Unternehmung.

Die konkrete Gestaltung der Tätigkeiten in Raum und Zeit bildet den Gegenstand der **Ablauforganisation**. In ihr untersucht man die Bewegungsvorgänge bei der Ausführung der Aufgaben. Sie erstreckt sich auf die Prozeßphänomene der Unternehmung. An die Stelle der für die Aufbauorganisation maßgeblichen Aufgaben treten in der Ablauforganisation die Arbeitsprozesse.

Beispiel:

Im Rahmen der Aufbauorganisation einer Möbelfabrik wird einem Schreiner die Aufgabe übertragen, die verschiedenen Bretter zuzuschneiden, die als Sitzflächen bzw. Rückenlehnen zur Herstellung von Bauernstühlen benötigt werden. Zur Gestaltung der Ablauforganisation gehört es, daß der Schreiner die einzelnen Teilarbeiten oder Arbeitsgänge beim Sägen der Bretter festlegt und darüber entscheidet, an welchen seiner verschiedenen Kreissägen er die Arbeiten durchführt, wieviel gleiche Bretter er jeweils nacheinander an einer Maschine sägt und in welcher Reihenfolge er die Bretter für die Sitzfläche und die Bretter für die Rückenlehne sägt.

Da sich Aufbau- und Ablauforganisation auf dieselben Elemente der Unternehmung und deren Tätigkeiten beziehen, bestehen zwischen ihnen äußerst enge Beziehungen. Die Festlegung von Aufgaben als Handlungszielen der Subjekte bildet den Ausgangspunkt für die

Analyse und Gestaltung der Arbeitsprozesse, die zur Aufgabenerfüllung konkret vollzogen werden müssen. Deshalb ist die Form der Aufbauorganisation Grundlage und Voraussetzung der Entscheidungen über die Ablauforganisation. Es muß bestimmt sein, welchen Personen die Aufgaben übertragen sind, um festlegen zu können, an welchen Orten, in welcher Reihenfolge und zu welchen Zeitpunkten die notwendigen Arbeiten von ihnen durchzuführen sind. Daraus ergibt sich:

Die Ausprägung der Aufbauorganisation ist eine wichtige Bestimmungsgröße für die Gestaltung der Ablauforganisation.

Andererseits läßt sich die Aufbauorganisation einer Unternehmung nicht festlegen, ohne daß man gewisse Vorstellungen über die Ablauforganisation besitzt. Maßgeblich für die Entscheidungen über Tatbestände der Aufbauorganisation, insbesondere über die Aufgabenverteilung und die hierarchische Ordnung in der Unternehmung, ist die Zielerreichung, die sich bei jeder möglichen Organisationsform ergibt. Die Erreichung der Unternehmungsziele hängt aber auch von der verwirklichten Ablauforganisation ab. Deshalb müssen für die Abschätzung der Wirkungen verschiedener Formen der Aufbauorganisation auf die Unternehmungsziele bestimmte, ihr zugehörige Ausprägungen der Ablauforganisation unterstellt werden. Aufbau- und Ablauforganisation erfassen unter Betonung jeweils anderer Beziehungsarten verschiedene Aspekte des einen Unternehmungsprozesses.

Ferner hat die Ablauforganisation einen bedeutsamen Einfluß auf die Aufbauorganisation, wenn der Ablauf von Produktionsprozessen durch technische Bedingungen vorgegeben ist. Dann bilden die technisch vorbestimmten Produktionsabläufe den Ausgangspunkt für die Gestaltung von Tatbeständen der Aufbauorganisation. Folglich hat die Ablauforganisation Einfluß auf die Aufbauorganisation und deren Auswirkungen auf die Erreichung der Unternehmungsziele. Demnach ist als Ergebnis festzuhalten:

Aufbau- und Ablauforganisation beeinflussen sich gegenseitig, weil beide unterschiedliche Aspekte des einen Unternehmungsprozesses untersuchen.

Fragen:

4. Nach welchen Aspekten kann man Aufbau- und Ablauforganisation unterscheiden?
5. Zeigen Sie, inwiefern einerseits die Aufbauorganisation Bestimmungsgröße für die Gestaltung der Arbeitsabläufe ist und andererseits die Ablauforganisation die Gestaltung der Aufbauorganisation beeinflusst.

III. Abgrenzung der Ablauforganisation

Lernziel:

Mit diesem Abschnitt soll Ihnen eine genaue Abgrenzung des Gegenstandes der Ablauforganisation ermöglicht werden. Hierzu müssen Sie

- die für ablauforganisatorische Fragestellungen maßgeblichen Elemente und
- die in der Ablauforganisation untersuchten Beziehungsarten kennzeichnen können.

Anhand der allgemeinen Kennzeichnung von Aufbau- und Ablauforganisation ist es nun möglich, den Gegenstand der Ablauforganisation klar herauszuarbeiten. Hierfür sind die organisatorischen Elemente und die zwischen ihnen bestehenden Beziehungsarten anzugeben, die bei der Untersuchung und Lösung von Problemen der Ablauforganisation betrachtet werden.

1. Elemente der Ablauforganisation

Die Ablauforganisation befaßt sich mit den in einer Unternehmung durchgeführten Arbeitsprozessen. Diese werden von Subjekten unter Verwendung von Arbeitsmitteln an Objekten im Zeitablauf vollzogen. Deshalb bilden die Arbeitssubjekte, die Arbeitsmittel, die Arbeitsobjekte und die von, mit bzw. an ihnen ausgeführten Verrichtungen die Elemente der Ablauforganisation.

Subjekte sind alle Personen, die in der Unternehmung Arbeitsprozesse durchführen. Als **Arbeitsmittel** verwenden sie insbesondere Maschinen, Vorrichtungen und Werkzeuge sowie die zum Betreiben von Anlagen notwendigen Betriebsstoffe. Daneben stellen auch Informationen wie Kenntnisse über Rechenverfahren, Buchhaltungssysteme, Kalkulationsverfahren, EDV-Programme u. ä. Arbeitsmittel dar. Je nach Mechanisierungsgrad sind die Arbeitsmittel lediglich Hilfsmittel bei der Durchführung von Verrichtungen durch den Menschen, oder sie führen selbständig Verrichtungen aus. Dann besteht die Mitwirkung des Menschen, beispielsweise an Automaten, nur noch in der Bedienung und gegebenenfalls Steuerung der Anlagen.

Zu den **Objekten**, an denen die Arbeitsprozesse vollzogen werden, gehören neben den eingesetzten Roh- und Hilfsstoffen, Zwischen- und Endprodukten auch geistige Objekte in Form von Informationen. Zum Beispiel werden bei der Entwicklung einer Werbestrategie Informationen über die Werbebotschaft und deren Veröffentlichung als Anzeige in einer Zeitung verarbeitet.

Als wichtigste **Verrichtungen** sind die Zuführung (Beschaffung, Gewinnung), die Umwandlung (Fertigung, Verarbeitung), die Lagerung (Speicherung) und die Verwertung (Absatz, Übermittlung) von körperlichen oder geistigen Objekten zu unterscheiden. Die Aufgabe der Ablauforganisation besteht vor allem in der Analyse und Gestaltung dieser

von Arbeitssubjekten und Arbeitsmitteln an Arbeitsobjekten durchzuführenden Vorrichtungen. Meist ist es notwendig, sie in einzelne Teilvorrichtungen zu untergliedern, um die Möglichkeiten zur Gestaltung ihrer Beziehungen zu erkennen.

2. Beziehungsarten der Ablauforganisation

Die Bewegungsvorgänge in der Unternehmung hängen davon ab, wie die organisatorischen Elemente gruppiert sind, wie die Arbeitsprozesse in Raum und Zeit angeordnet werden und wie die Transportbeziehungen ausgeprägt sind. Gegenstand der Ablauforganisation ist somit die Untersuchung und Gestaltung folgender vier Beziehungsarten:

- Gruppierungsbeziehungen,
- Raumbeziehungen,
- Zeitbeziehungen,
- Transportbeziehungen.

Durch die **Gruppierung** von Subjekten bzw. von Arbeitsmitteln wird insbesondere die Kapazität einzelner Teileinheiten der Unternehmung bestimmt. Beispielsweise ist die Zahl der Arbeiter, die zu einer Schicht, einer Arbeitsgruppe oder einer Montagekolonne gehören, maßgebend für deren Leistungsvermögen. In entsprechender Weise wird die Leistungsmenge einer Werkstatt pro Tag oder pro Monat von der Zahl der in ihr zusammengefaßten gleichartigen Maschinen beeinflusst.

Um ein Produkt zu erzeugen, muß vielfach eine Reihe von Vorrichtungen durchgeführt werden. Die Menge aller Vorrichtungen, die zur Herstellung eines Produkts notwendig sind, nennt man den **Stückprozeß** dieses Produkts. Ein Stückprozeß ist also durch die Gruppierung der zu ihm gehörenden Vorrichtungen charakterisiert. Ferner ist er davon bestimmt, inwieweit in ihm Rohstoffe bzw. Zwischenprodukte kombiniert und/oder aufgespalten werden. Dieses Merkmal wird als **Vergenz** bezeichnet (konvergierend = zusammenlaufend, divergierend = auseinandergehend). Es beschreibt den Objekt- oder Materialfluß und damit die Gruppierungsbeziehungen der zu einem Stückprozeß gehörenden Objekte. Als wichtigste Vergenztypen unterscheidet man glatten, konvergierenden, divergierenden und umgruppierenden Objektfluß. Bei **glatten** (durchgängigen) Prozessen wird eine Produktart aus einer Material- oder Stoffart erzeugt. Der Arbeitsprozeß beschränkt sich auf die Umformung oder Umwandlung des eingesetzten Stoffes. Dagegen wird bei **konvergierendem** Objektfluß eine Produktart durch die Vereinigung mehrerer Stoffarten hergestellt. Es werden mechanische Montage- oder chemische Synthesevorgänge vollzogen. Ein **divergierender** Objektfluß liegt vor, wenn aus einer Stoffart mehrere Produktarten gefertigt werden. Charakteristisch für diesen Vergenztyp ist die Aufspaltung des eingesetzten Stoffes. Werden dagegen in einem Arbeitsprozeß mehrere Stoffarten eingesetzt, aus denen verschiedene Produktarten erzeugt werden, so nennt man den Objektfluß **umgruppierend**.

Die Analyse und Gestaltung der Arbeitsprozesse erstreckt sich vor allem auf räumliche und zeitliche Beziehungen. Durch die gegenseitige **räumliche** Zuordnung von Arbeitskräften und Arbeitsmitteln werden die **Arbeitsträger** geschaffen, welche die Arbeitspro-

zesse vollziehen. Ihnen müssen die Objekte räumlich zugeordnet werden, die von ihnen zu bearbeiten sind. Der zeitliche Ablauf von Arbeitsprozessen richtet sich insbesondere nach der **zeitlichen Reihenfolge**, in der die verschiedenen Verrichtungen von den Arbeitsträgern an den Objekten durchgeführt werden. Durch die zeitliche Aneinanderreihung von Verrichtungen, die ein Arbeitsträger an gleich- oder verschiedenartigen Objekten ausführt, entsteht eine Folge von Arbeitsgängen, die man **Gangfolge** nennt. Die Festlegung derartiger Gangfolgen für jeden Arbeitsträger sowie die gegenseitige Abstimmung der Gangfolgen verschiedener Arbeitsträger bildet eine wichtige Aufgabe der Ablauforganisation.

Bei vielen Produktionsprozessen ist die Reihenfolge der Verrichtungen, die zur Erzeugung eines Produktes nacheinander durchgeführt werden müssen, aufgrund technologischer Bedingungen vorgegeben. Jedoch gibt es auch Stückprozesse, bei denen die Reihenfolge dieser Verrichtungen zumindest teilweise frei wählbar ist. Dann gehört auch die Bestimmung der **Verrichtungsfolge** innerhalb eines Stückprozesses zu den Aufgaben der Ablauforganisation.

Schließlich sind im Rahmen der Ablauforganisation die Transportbeziehungen zwischen den Arbeitsträgern zu untersuchen und zu gestalten. Ihre Ausprägung ist von der räumlichen Anordnung der Arbeitsträger und den Verrichtungsfolgen der Stückprozesse abhängig.

Aus den Raumbeziehungen zwischen den Arbeitsträgern und den zwischen ihnen möglichen Transportbeziehungen ergibt sich der **Organisationstyp der Fertigung**. Er stellt eine wichtige Bestimmungsgröße für die Ablauforganisation dar. Als grundlegende Organisationstypen der Fertigung unterscheidet man die Werkstattfertigung und die Fließfertigung. Bei **Werkstattfertigung** sind Arbeitsträger, die artgleiche Verrichtungen durchführen, nach dem Verrichtungsprinzip in Werkstätten zusammengefaßt. Die Reihenfolge, in welcher die Werkstätten durchlaufen werden, kann für alle Produktarten verschieden sein. Daher besteht eine Vielzahl möglicher Transportbeziehungen zwischen den Arbeitsträgern innerhalb der Werkstätten und zwischen den Werkstätten.

Demgegenüber sind die Arbeitsträger bei **Fließfertigung** nach dem Objekt- oder Fließprinzip angeordnet. Die technologische Reihenfolge der Verrichtungen bestimmt die räumliche Anordnung der Arbeitsträger. Die auf einer Fertigungslinie erzeugten Produkte weisen im Normalfall dieselbe Reihenfolge ihrer Verrichtungen auf. Deshalb ist die Zahl möglicher Transportbeziehungen sehr klein.

Neben diesen beiden grundlegenden Organisationstypen der Fertigung gibt es mehrere Zwischentypen, bei denen Merkmale der beiden beschriebenen Typen kombiniert auftreten.

Fragen:

6. Welche verschiedenen Beziehungsarten werden zum Gegenstand der Ablauforganisation gerechnet?
7. Beschreiben Sie anhand von Beispielen, was man unter einem Stückprozeß und was man unter einer Gangfolge versteht.
8. Geben Sie je ein Beispiel für Produkte an, deren Objektfluß glatt, konvergierend, divergierend bzw. umgruppierend ist.
9. Nennen Sie Beispiele für Fertigungsprogramme, die in Werkstattfertigung bzw. in Fließfertigung hergestellt werden.

B. Probleme der Ablauforganisation

Nach der grundsätzlichen Kennzeichnung des Gegenstands der Ablauforganisation sowie ihrer Abgrenzung zur Aufbauorganisation sind die einzelnen Probleme der Ablauforganisation zu untersuchen. Dabei ist herauszuarbeiten, mit welchen Fragestellungen sich die Ablauforganisation in erster Linie befaßt.

I. Problemstufen der Ablauforganisation

Lernziel:

In diesem Abschnitt sind die beiden wichtigen Problemstufen der Arbeitsanalyse und der Arbeitssynthese zu klären. Aufgrund dieses Abschnitts sollen Sie

- die Aufgaben der Arbeitsanalyse und die Möglichkeiten zur Zerlegung von Arbeitsprozessen wiedergeben können,
- die Notwendigkeit und Bedeutung der Arbeitsanalyse für die Gestaltung der Arbeitsprozesse erkennen sowie
- die Festlegung der Arbeitsgänge und der Beziehungsarten als Gegenstand der Arbeitssynthese kennzeichnen können.

Um den Ablauf von Arbeitsprozessen zu organisieren, müssen grundsätzlich zwei Schritte vollzogen werden. In einem ersten Schritt ist festzustellen, aus welchen Elementen und Teilen sich die Arbeitsprozesse zusammensetzen. Dann sind in einem zweiten Schritt die Beziehungen zwischen diesen Elementen zu gestalten. Deshalb lassen sich als grundlegende Problemstufen der Ablauforganisation die Analyse der Arbeitsprozesse oder Arbeitsanalyse und die Gestaltung der Arbeitsprozesse oder Arbeitssynthese unterscheiden. Durch die Arbeitsanalyse wird untersucht, in welche einzelnen Bestandteile sich die Arbeitsprozesse zerlegen lassen. Demgegenüber bringt das Wort Arbeitssynthese zum Ausdruck, daß in ihr die ermittelten Bestandteile der Arbeitsprozesse zusammengefügt und geordnet werden.

1. Analyse der Arbeitsprozesse (Arbeitsanalyse)

Eine Gestaltung von Arbeitsprozessen setzt voraus, daß man die einzelnen Elemente kennt, die beim Ablauf der Arbeitsprozesse durchzuführen sind. Daher ist die Zerlegung der Arbeitsprozesse, die man Arbeitsanalyse, Arbeitsteilung oder Arbeitszerlegung nennt, eine wichtige Voraussetzung für die organisatorische Gestaltung des Prozeßablaufs. Man

muß in ihr untersuchen (analysieren), welche verschiedenen Teile zu einem Arbeitsprozeß gehören. Erst dann läßt sich erkennen, welche Möglichkeiten zur Gestaltung ihrer Beziehungen bestehen.

Beispiel:

Besteht der Arbeitsprozeß in der Herstellung der Rückenlehne eines Bauernstuhles, so müssen die einzelnen Verrichtungen des Aussägens, des Hobelns und des Lackierens angegeben werden, bevor man festlegen kann, von wem, mit welchen Maschinen und Werkzeugen sowie in welcher zeitlichen Reihenfolge die Einzeltätigkeiten durchzuführen sind.

Elemente eines Arbeitsprozesses sind das Arbeitssubjekt, das den jeweiligen Prozeß durchzuführen hat sowie die Arbeitsmittel, die Arbeitsobjekte und die Verrichtungen. Die Arbeitsanalyse umfaßt nicht nur die Kennzeichnung dieser Elemente, sondern ihre Unterteilung oder Zerlegung in Einzelelemente oder Arbeitsteile. Für diese Zerlegung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die beiden wichtigsten Vorgehensweisen bestehen einerseits in der Unterteilung des Arbeitsprozesses nach der Art der einzelnen Teilverrichtungen und andererseits in der Unterteilung nach der Art der bearbeiteten Arbeitsobjekte.

Bei der **Zerlegung nach Verrichtungsarten** werden die Verrichtungen immer tiefer in einzelne Teilverrichtungen bzw. Verrichtungselemente gegliedert. Diese Zerlegung kann bis zu elementaren Körperbewegungs-, Seh-, Hör-, Sprech- oder Denkvorgängen vorgenommen werden. Beispielsweise können die einzelnen Handgriffe angegeben werden, die zu einem bestimmten Sägevorgang gehören. Für die meisten Arbeitsprozesse besitzt die verrichtungsmäßige Zerlegung die größte Bedeutung.

Bei der **Arbeitsanalyse nach Objekten** wird zum einen festgestellt, an welchen verschiedenen Objekten innerhalb eines Arbeitsprozesses Verrichtungen durchgeführt werden. Diese Form der Arbeitszerlegung ist vor allem bei umfassenderen Arbeitsprozessen sowie bei Montageprozessen bedeutsam, wenn eine größere Zahl von Einzelteilen montiert wird. Legt man beispielsweise das Herstellen eines Radiogehäuses fest, so ist zu untersuchen, welche Teilerzeugnisse und Einzelteile hierbei bearbeitet und kombiniert werden müssen. Zum andern kann sich die Arbeitsanalyse nach Objekten auf die Kennzeichnung von Arbeitsmitteln beziehen, wenn diese Gegenstand der Verwaltung oder Bearbeitung sind. Ein Beispiel der objektmäßigen Zerlegung eines Arbeitsprozesses ist in Abbildung 2 wiedergegeben.

Neben der verrichtungsmäßigen und der objektmäßigen Zerlegung der Arbeitsprozesse besteht die Möglichkeit, die zu einem Arbeitsprozeß gehörenden Planungs-, Entscheidungs-, Durchführungs- und Kontrolltätigkeiten herauszuarbeiten. Dabei wird analysiert, inwieweit ein Arbeitsprozeß Teile enthält, in denen sein Vollzug im voraus gedanklich geplant, über unterschiedliche Vollzugsmöglichkeiten entschieden, konkrete Bearbeitungshandlungen ausgeführt und anschließend deren Ergebnis kontrolliert werden muß. In diesem Fall liegt eine **'phasenmäßige' Zerlegung** des Arbeitsprozesses vor. Ferner kann man untersuchen, in welchem Umfang neben den eigentlichen Bearbeitungshandlungen **Verwaltungsaufgaben** wie das Ausfüllen von Laufkarten oder Akkordscheinen auftreten. Die

phasenmäßige Arbeitsanalyse und die Analyse von Verwaltungsaufgaben sind aber im allgemeinen nicht so wichtig wie die Analyse der einzelnen Verrichtungen, Arbeitsobjekte und Arbeitsmittel.

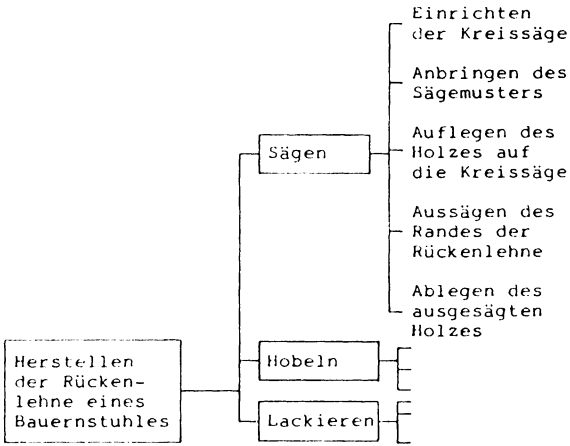


Abb. 1: Beispiel für eine verrichtungsmäßige Zerlegung eines Arbeitsprozesses

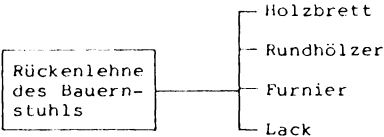


Abb. 2: Beispiel für eine objektmäßige Zerlegung eines Arbeitsprozesses

Die Arbeitsanalyse kann unterschiedlich tief vorgenommen werden. Man erkennt diesen Tatbestand daran, daß beispielsweise Verrichtungen verschieden weit bis zu einzelnen Griffelementen und elementaren Bewegungsvorgängen zerlegbar sind. Die sich bei der Zerlegung ergebenden Elemente des Arbeitsprozesses nennt man Arbeitsteile. Entsprechend den aus Abbildung 1 und 2 ersichtlichen Gliederungen ergeben sich Arbeitsteile unterschiedlicher Ordnung, die hierarchisch angeordnet werden können. So stellen in Abbildung 1 das Herstellen der Rückenlehne ein Arbeitsteil höchster Ordnung, das Sägen ein Arbeitsteil mittlerer Ordnung und das Einrichten der Kreissäge ein Arbeitsteil niedrigster Ordnung dar. Kleinste Arbeitsteile können die Elemente des Arbeitsprozesses sein, die sich weder zur Beschreibung noch in ihrer zeitlichen Erfassung weiter untergliedern lassen. Die Tiefe der Zerlegung in Arbeitsteile oder Vorgangselemente hängt davon ab, bis in welche Einzelheiten man den Arbeitsablauf organisieren will. Sie wird vor allem

durch zwei Tatbestände begrenzt. Einmal muß die Arbeitsanalyse selbst noch wirtschaftlich sein; sie darf nicht zu aufwendig werden. Zum andern kann es zweckmäßig sein, nicht alle Teilelemente von Arbeitsprozessen festzulegen, um den Mitarbeitern einen Handlungsspielraum zu lassen.

Durch die Arbeitsanalyse werden die Möglichkeiten zur organisatorischen Gestaltung der Arbeitsprozesse erkennbar. Erst durch die klare Herausarbeitung der einzelnen Arbeitsteile wird ersichtlich, in welcher unterschiedlicher Weise diese den Arbeitskräften sowie Arbeitsmitteln zugeordnet werden können und welche verschiedenen Möglichkeiten beispielsweise bestehen, sie zeitlich nacheinander durchzuführen. Demnach gilt:

Je genauer in der Arbeitsanalyse die Arbeitsprozesse in ihre Arbeitsteile zerlegt werden, desto besser werden die verschiedenen Möglichkeiten zur Organisation des Arbeitsablaufs ersichtlich.

2. Gestaltung der Arbeitsprozesse (Arbeitssynthese)

Nachdem die einzelnen Arbeitsteile bestimmt sind, müssen ihre Beziehungen gestaltet und damit der gesamte Arbeitsprozeß geordnet werden. Da hiermit eine Verknüpfung (= Synthese) zwischen den in der Arbeitsanalyse herausgearbeiteten Arbeitsteilen geschaffen wird, nennt man diese Stufe der Ablauforganisation Arbeitssynthese.

Eine wichtige praktische Bedeutung innerhalb der Arbeitssynthese besitzt die **Festlegung von Arbeitsgängen** oder Arbeitsvorgängen. Als Arbeitsgang bezeichnet man im allgemeinen die Zusammenfassung von Arbeitsteilen, die als abgeschlossener Teilprozeß behandelt werden können und an einem Arbeitsobjekt von einer Person oder Personengruppe durchführbar sind. Maßgeblich für diese Kennzeichnung von Arbeitsgängen ist demnach, daß ein Arbeitsgang eine in sich geschlossene Menge von Arbeitsteilen umfaßt. Dies ist gegeben, wenn nach seinem Vollzug der Arbeitsträger und die von diesem verwendeten Arbeitsmittel in die Ausgangssituation zurückkehren, um anschließend dieselbe Arbeitsgangart an einem anderen Objekt oder eine andere Arbeitsgangart durchzuführen. Ferner muß der Arbeitsgang aus Tätigkeiten an einem einzigen Objekt bestehen und von einer einzigen Person bzw. gegebenenfalls Personengruppe vollziehbar sein.

Beispiel:

Bei der Herstellung einer Rückenlehne für einen Bauernstuhl kann das Sägen der Rückenlehne als eigener Arbeitsgang festgelegt werden. Diese Tätigkeit wird an einem Objekt, dem Holzbrett, vollzogen und kann von einer einzigen Person ausgeführt werden. Sie stellt einen abgeschlossenen Vorgang dar, der sich aus den Arbeitsteilen des Einrichtens der Kreissäge, Zuführens des Holzbrettes, Anbringens des Sägemusters, Auflegens des Holzes auf die Kreissäge, Aussägens des Randes der Rückenlehne und Ablegens des ausgesägten Holzes zusammensetzt. Nach Vollzug dieses Arbeitsganges kehren die Arbeitskraft und die Kreissäge wieder in ihre ursprüngliche Ausgangssituation zurück, um einen weiteren Sägevorgang z. B. an einer gleichartigen Rückenlehne oder für die Sitzfläche auszuführen.

Man kann also einen Arbeitsgang wie folgt kennzeichnen:

Ein Arbeitsgang stellt einen raumzeitlich abgeschlossenen Arbeitsteil bzw. Teilprozeß dar, der von einer Person oder Personengruppe an einem Objekt unter Verwendung von Arbeitsmitteln vollzogen wird.

In der Praxis bilden die Arbeitsgänge den zentralen Ausgangspunkt für die Ablauforganisation. Die Zahl der Arbeitsteile niedrigerer Ordnung, die zu einem Arbeitsgang zusammengefaßt werden, richtet sich nach dem Grad der Arbeitsteilung in einer Unternehmung. Je mehr Arbeitssubjekte an einem Produktionsprozeß mitwirken (sollen), desto kleiner wird man die Arbeitsgänge halten. Bei hohem Grad der Arbeitsteilung übernimmt jede Person nur wenige kleine Arbeitsteile. Die Bildung der Arbeitsgänge hängt des Weiteren von der Zusammensetzung der zu bearbeitenden Objekte und von der Technologie des Produktionsprozesses ab.

Wenn Inhalt und Umfang der Arbeitsgänge festgelegt sind, richtet sich die Ablauforganisation auf die Gestaltung der **Beziehungen zwischen den Arbeitsgängen**. Entsprechend der Kennzeichnung des Gegenstands der Ablauforganisation in Abschnitt A gehören zur Arbeitssynthese die Gestaltung der Raumbeziehungen, der Gruppierungsbeziehungen, der Zeitbeziehungen und der Transportbeziehungen.

Zur Festlegung von **Raumbeziehungen** kann die Arbeitsverteilung gerechnet werden. Sie beinhaltet die sachliche und räumliche Zuordnung der verschiedenen Arbeitsgänge an den Objekten zu den Arbeitsträgern. Durch sie wird also festgelegt, welche Arbeitssubjekte unter Zuhilfenahme der Arbeitsmittel bestimmte Verrichtungen an welchen Objekten auszuführen haben. Sofern darüber hinaus die Reihenfolge der Arbeitsgänge innerhalb eines Stückprozesses nicht technologisch vorgegeben ist, umfaßt die Arbeitsverteilung auch die Bestimmung der Reihenfolge der Arbeitsträger innerhalb eines Stückprozesses.

Die Gestaltung der **Gruppierungsbeziehungen** betrifft einerseits die Festlegung von Arbeitskapazitäten durch die Zusammenfassung von Subjekten und/oder Arbeitsmitteln mit gleicher qualitativer Leistungsfähigkeit. Ferner bezieht sie sich auf die Zusammenfassung von Arbeitsobjekten, an denen gleichzeitig oder nacheinander gleichartige Arbeitsgänge zu vollziehen sind. So bildet man z. B. „Chargen“, indem gleich- oder verschiedenartige Objekte gemeinsam an einem Arbeitsträger (z. B. einem Schmelz- oder Brennofen) eingesetzt, gleichzeitig dessen Produktionsbedingungen ausgesetzt und als Ganzes gemeinsam wieder entnommen werden. Chargen treten beispielsweise beim Brennen von Keramikartikeln auf. Führt man dagegen nacheinander denselben Arbeitsgang an verschiedenen Werkstücken auf einer Maschine durch, ohne daß diese umgerüstet wird, so bildet die Menge der „gruppierten“ Objekte ein „Fertigungslos“.

Die Gestaltung der **Zeitbeziehungen** betrifft die Festlegung der zeitlichen Reihenfolge der Arbeitsgänge bei jedem Arbeitsträger, d. h. die Festlegung der Gangfolge. Sie umfaßt aber nicht nur die Bestimmung der Reihenfolge, in der die Arbeitsgänge an gleich- oder verschiedenartigen Objekten nacheinander durchgeführt werden. Zu ihr gehört auch die Bestimmung der Arbeitsgeschwindigkeit oder Intensität. Über die Veränderung der Arbeitsgeschwindigkeit, mit der die Verrichtungen von den verschiedenen Arbeitsträgern vollzogen werden, lassen sich deren Leistungen abstimmen. Darüber hinaus schließt die Fest-

legung der Zeitbeziehungen die Entscheidung über die genaue zeitliche Anordnung der Arbeitsgänge ein. Hieraus ergeben sich die Zeitpunkte des Beginns sowie des Endes eines jeden Arbeitsganges.

Sofern die Arbeitsgänge an einem Objekt von verschiedenen Arbeitsträgern nacheinander vollzogen werden, die sich an unterschiedlichen Orten befinden, enthält der Stückprozeß auch **Transportbeziehungen**. Deren Gestaltung ist ebenfalls Gegenstand der Arbeitssynthese. Sie hängt eng mit der Arbeitsverteilung zusammen, weil die Transportbeziehungen von der Zuordnung der Arbeitsgänge und Objekte zu den an verschiedenen Orten befindlichen Arbeitsträgern sowie von der Reihenfolge der Arbeitsgänge je Stückprozeß beeinflußt werden.

Fragen:

10. Welche synonymen Begriffe verwendet man für die Analyse von Arbeitsprozessen?
11. Kennzeichnen Sie die Bedeutung der Arbeitsanalyse.
12. Entwickeln Sie zwei Beispiele für Arbeitsprozesse und zerlegen Sie diese nach verschiedenen Merkmalen.
13. Von welchen Größen würden Sie die Tiefe der Zerlegung in Arbeitsteile abhängig machen?
14. Durch welche Merkmale wird ein Arbeitsgang abgegrenzt?
15. Nennen Sie zwei praktische Beispiele für Arbeitsgänge aus verschiedenen Industriebereichen. Zeigen Sie an jedem Beispiel die Merkmale des Arbeitsganges auf.
16. Welche Beziehungen bestehen zwischen der Bildung von Arbeitsgängen und der Arbeitsteilung in einer Unternehmung?
17. Welche Beziehungsarten müssen in der Arbeitssynthese zwischen den Arbeitsgängen geordnet werden?

II. Problembereiche der Ablauforganisation

Lernziel:

In diesem Abschnitt sollen Sie die Problembereiche der Ablauforganisation im einzelnen kennenlernen. Sie sollen

- einerseits beschreiben können, welche Problemstellungen bei der Organisation des Ablaufs von Produktionsprozessen zu lösen sind,
- andererseits sollen Sie Kenntnisse über die Ablauforganisation von Informationsprozessen gewinnen.

Zur Ablauforganisation zählt man im allgemeinen eine Reihe spezieller Probleme, die in Unternehmungen gelöst werden müssen. Der Gegenstand dieser „Problemgebiete der Ablauforganisation“ ist im folgenden näher zu kennzeichnen. Ferner ist zu untersuchen, in welchen verschiedenen Formen diese Probleme auftreten und welche Größen bei ihrer Lösung zu berücksichtigen sind.

Vielfach denkt man bei der Darstellung von Problemen der Ablauforganisation lediglich an Produktionsprozesse materieller Art. Jedoch gibt es auch bei der Gestaltung von Informationsprozessen die Möglichkeit und Notwendigkeit zur Organisation ihres Ablaufs. Diesen Prozessen ist daher ein eigener Abschnitt gewidmet.

1. Ablauforganisation von Produktionsprozessen

Die wichtigsten Problemgebiete der Ablauforganisation könnten in Anlehnung an die dargestellten Beziehungsarten gegliedert werden. In Praxis und Wissenschaft ist aber eine Einteilung gebräuchlich, die auf diesen Beziehungsarten beruht, ihrer Gliederung jedoch nicht genau entspricht. Es handelt sich um folgende fünf Problemgebiete:

- Probleme der Arbeitsverteilung,
- Gruppierungsprobleme,
- Reihenfolgeprobleme,
- Probleme der Leistungsabstimmung,
- Transportprobleme.

a) Probleme der Arbeitsverteilung

Versucht man, diese fünf Problemgebiete in eine sachliche Folge zu bringen, so ist zuerst die Arbeitsverteilung zu betrachten. Zu ihr gehören neben der **Abgrenzung von Arbeitsgängen** in erster Linie die **Verteilung der Objekte** sowie der an ihnen durchzuführenden **Arbeitsgänge auf die Arbeitsträger**. Nachdem darüber entschieden ist, welche Arbeitsteile zu einem in sich geschlossenen Arbeitsgang zusammengefaßt werden, ist zu bestimmen, **wer** diese Tätigkeiten an **welchen** konkreten Objekten durchführt. Dabei handelt es sich um eine sachliche und räumliche Zuordnung der Objekte zu den Arbeitsträgern. Objekte sind die Werkstücke und die für sie herausgeschriebenen Fertigungsaufträge, die den Produktionsprozeß durchlaufen. Sie müssen den einer Unternehmung zur Verfügung stehenden Arbeitsträgern zugeteilt werden, damit diese die notwendigen Arbeitsgänge an ihnen vollziehen. Arbeitsträger sind die in der Unternehmung eingesetzten Arbeitskräfte und Maschinen sowie die von ihnen verwendeten sonstigen Arbeitsmittel. Für jeden einzelnen Arbeitsgang wird demnach bei den anstehenden Aufträgen festgelegt, von welchen Arbeitsträgern er auszuführen ist. Gibt es für einen Arbeitsgang lediglich einen Arbeitsträger, der sie beherrscht, so muß sie diesem übertragen werden. In diesem Fall tritt kein Entscheidungsproblem der Arbeitsverteilung auf. Häufig gibt es in einer Unternehmung aber mehrere Arbeitsplätze, an denen gleichartige Arbeitsgänge ausgeführt werden können. Dann muß darüber entschieden werden, wie die zu bearbeitenden Objekte und Aufträge auf diese zu verteilen sind.

Beispiel:

Die Firma zur Herstellung von Bauernmöbeln besitzt drei ähnliche Kreissägen. Weil diese in verschiedenen Jahren angeschafft worden sind, unterscheiden sie sich in der Sägegenauigkeit und im Stromverbrauch. Die älteste Kreissäge weist schlechtere Werte auf, wird aber wegen der hohen Zahl von Aufträgen auch benötigt. Jede Maschine wird von einer Arbeitskraft bedient. Maschine, Arbeitskraft und zugehörige Werkzeuge bilden jeweils einen Arbeitsträger und werden als ein Arbeitsplatz bezeichnet. Zu Beginn einer jeden Woche entscheidet der Meister darüber, wie die für diese Woche anstehenden Aufträge den verfügbaren drei Arbeitsplätzen zugeteilt werden.

Maßgebliche **Bestimmungsgrößen** für die Entscheidung über die Arbeitsverteilung sind die qualitative Leistungsfähigkeit und die Auslastung der Arbeitsträger. Jeder Arbeitskraft bzw. jeder Maschine können nur die Aufträge und Arbeitsgänge zugeteilt werden, zu deren qualitätsgerechter Durchführung sie in der Lage sind. Sofern es sich um Arbeitsgänge handelt, bei denen die Tätigkeit des Menschen im Vordergrund steht und Maschinen höchstens als Hilfsmittel eingesetzt werden, sind also besonders die Fähigkeiten der Arbeitskräfte maßgebend. Handelt es sich dagegen um vorwiegend technisch bestimmte Arbeitsgänge, so sind Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der verfügbaren Maschinen ausschlaggebend. Ferner hängt die Arbeitsverteilung davon ab, wieviel Aufträge und Arbeitsgänge jedem Arbeitsträger insgesamt zugeteilt werden sollen. Hieraus ergibt sich die Auslastung eines jeden Arbeitsträgers.

b) Gruppierungsprobleme

Die Festlegung von Gruppierungsbeziehungen kann sich auf die verschiedenen organisatorischen Elemente beziehen, auf Arbeitssubjekte, Arbeitsmittel und Arbeitsobjekte. **Gruppierungsprobleme bei Arbeitssubjekten** stellen vor allem die Entscheidung über die Stärke von Arbeitsgruppen, Arbeitskolonnen und Arbeitsschichten dar. Hierbei werden Arbeitskräfte mit einander entsprechenden Fähigkeiten zu einer Gruppe zusammengefaßt, die gleichartige Arbeitsgänge auszuführen haben. Durch die Zahl der eine Gruppe bildenden Personen wird das mengenmäßige Leistungsangebot bestimmt.

Ähnlich sind die Probleme der Gruppierung von Maschinen, weil in vielen Fällen Arbeitskräfte und Maschinen als Arbeitsträger gemeinsam wirksam werden. Jedoch ist die **Gruppierung gleichartiger Maschinen** in der Regel auf eine längere Sicht vorzunehmen als die Zusammenfassung von Personen zu einer Gruppe, da Personen räumlich beweglicher sind. Durch die Zusammenfassung von Maschinen, welche in großem Umfang gleichartige Arbeitsgänge ausführen können, werden insbesondere Werkstätten gebildet. Deshalb bezieht sich diese Art von Gruppierungsproblemen besonders auf die Bestimmung von Werkstattgrößen, die in der Zahl der zusammengefaßten Maschinen und deren mengenmäßiger Kapazität gemessen werden, sowie in dem Umfang der zu jedem Zeitpunkt bereitgestellten Leistungsstufen.

Zu den laufenden Entscheidungen in der Produktion gehört die **Bestimmung von Losgrößen**. Hierunter versteht man die Anzahl gleichartiger Objekte, die ohne Umrüstung einer Maschine von dieser zeitlich nacheinander gefertigt werden. Dieses Problem tritt auf, wenn eine Maschine nacheinander verschiedenartige Objekte bearbeiten muß und für jede dieser Produktarten umgerüstet werden muß. Beispielsweise ist für jede Produktart ein anderes Werkzeug (z. B. ein anderer Drehstuhl) einzusetzen, eine andere Abmessung einzustellen und Probelaufe durchzuführen, um die Genauigkeit der Maschine einzurichten. Diese Umrüstungsvorgänge sind für jedes Los lediglich einmal durchzuführen. Bei der Entscheidung über die Losgrößen muß man vor allem die Kosten des Umrüstvorganges sowie die Lager- und Zinskosten der vor und/oder nach der Maschine gelagerten Produkte berücksichtigen. Gegebenenfalls sind auch Kosten für den Ausfall oder die Verzögerung der Produkte zu beachten, wenn nachfolgende Arbeitsgänge warten müssen. Bei diesem Problem stehen sich zwei gegensätzliche Kostenverläufe gegenüber. Die Kosten der Umrüstung fallen für jedes Los nur einmal an. Sie verteilen sich daher bei kleinen Losen auf wenige Produkte, bei großen Losen auf viele. Mit zunehmender Losgröße nehmen also die Rüstkosten je Stück ab. Demgegenüber steigen mit zunehmender Losgröße die Zahl der vor und/oder nach der Maschine gelagerten Produkte bei geschlossener Produktion und damit die hierfür anfallenden Lager- und Zinskosten. Dabei ist zu unterstellen, daß die Produkte losweise an jede Maschine befördert werden und erst nach Bearbeitung aller Produkte gemeinsam zum nächsten Arbeitsgang weitergegeben werden. Diese Form der Produktion nennt man **geschlossene Produktion**. Werden die Produkte hingegen einzeln angeliefert und weitergegeben, so spricht man von **offener Produktion**. Bei der zweiten Produktionsweise hat die Losgröße keinen Einfluß auf die Zahl der gelagerten Zwischenprodukte, deshalb tritt hier innerhalb des Fertigungsbereichs das charakteristische Losgrößenproblem nicht auf.

Die Höhe der vor einer Maschine gelagerten Zwischenprodukte ist von der Bearbeitung in vorausgehenden Arbeitsgängen bzw. beim ersten Arbeitsgang von der Bereitstellung der Rohstoffe abhängig. In entsprechender Weise beeinflussen der betrachtete Arbeitsgang und dessen Losgröße die Möglichkeit der Weiterarbeit in nachfolgenden Arbeitsgängen. Sofern bei geschlossener Produktion der nachfolgende Arbeitsgang auf die Bearbeitung des gesamten Loses warten muß, kann es zu Unterbrechungen und zum Stillstand von Maschinen kommen. Ferner kann der Absatz von Produkten verzögert werden. Dies kann zu Kosten führen, weil für die Terminverzögerungen vertraglich vereinbarte Strafen zu zahlen sind oder weil Kunden anderweitig bestellen.

Über die **Chargengrößen** ist nur bei speziellen Produktionsprozessen zu entscheiden, vor allem an Hoch-, Schmelz- oder Brennöfen. Dieses Entscheidungsproblem tritt deshalb weniger häufig als das Losgrößenproblem auf. Maßgebend für seine Festlegung sind in erster Linie die mengenmäßige Kapazität der Anlagen, in welcher die zu einer Charge zusammengefaßten Produkte gemeinsam behandelt werden, sowie die qualitativen Anforderungen an die Produkte. Beispielsweise kann es notwendig sein, bestimmte Produkte zu einer Charge zusammenzufassen, damit sie die genau gleichen Qualitätseigenschaften erhalten.

c) Reihenfolgeprobleme

Zu den wichtigsten Aufgaben der Ablauforganisation gehört die Lösung von Reihenfolgeproblemen. An diese Probleme denkt man vielfach in erster Linie bei der Untersuchung des Produktionsablaufs. Über die verschiedenartigen Reihenfolgeprobleme gibt Abbildung 3 einen Überblick.

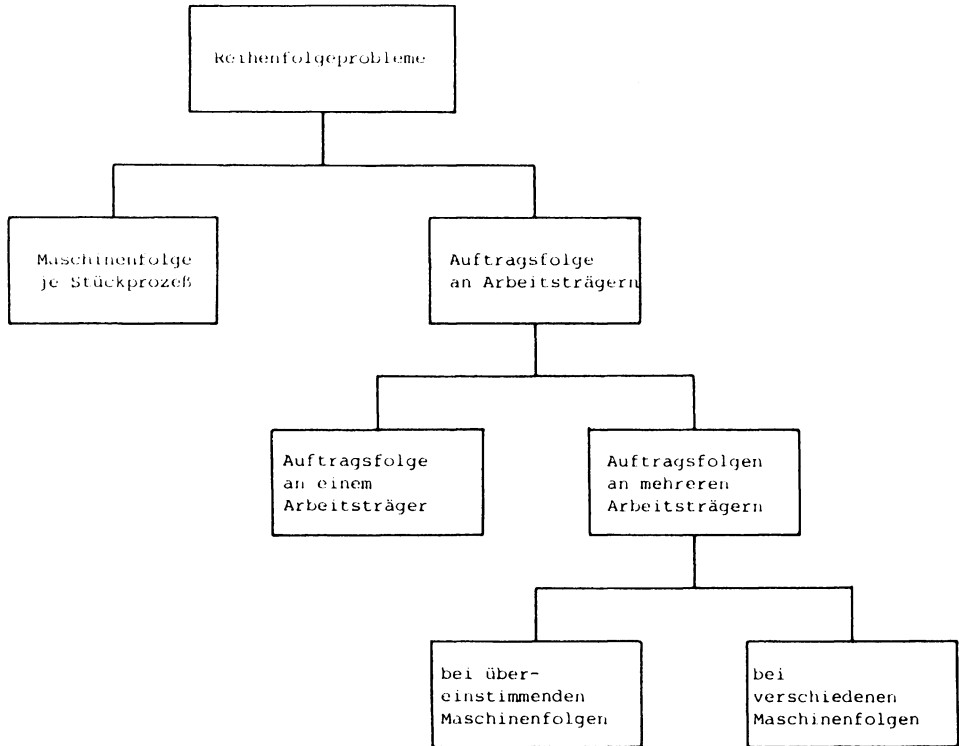


Abb. 3: Überblick über die Reihenfolgeprobleme der Ablauforganisation

Grundsätzlich lassen sich zwei getrennte Typen von Reihenfolgeproblemen unterscheiden. Der erste Problemtyp bezieht sich auf die **Reihenfolge der Arbeitsgänge innerhalb eines Stückprozesses**. Hier handelt es sich darum, in welcher Folge verschiedene Verrichtungen an einem Werkstück bzw. an den zu einem Endprodukt gehörenden verschiedenen Werkstücken nacheinander durchzuführen sind. Eng damit verbunden ist die Frage, in welcher Reihenfolge die verschiedenen Arbeitsträger von demselben Werkstück eines Stückprozesses durchlaufen werden. Man kann diese Art von Reihenfolge vereinfachend als **Maschinenfolge** je Stückprozeß bezeichnen. Sie gehört nur dann zu den Entscheidungstatbeständen der Ablauforganisation, wenn sie nicht durch technologische Bedingungen vorgegeben ist. Beispielsweise liegt mit der Wahl eines bestimmten Fertigungsverfahrens für einen Spiralbohrer die Reihenfolge der Arbeitsgänge durch technische Gegebenheiten fest.

Viel häufiger tritt der zweite Problemtyp auf, in welcher **Reihenfolge verschiedenartige Objekte von demselben Arbeitsträger** bearbeitet werden sollen.

Beispiel:

In der Firma zur Herstellung von Bauernmöbeln sind folgende Aufträge zu erledigen: a) Herstellung von 20 Bauernstühlen, b) Herstellung von 2 Bauertischen, c) Herstellung eines Bauernschrankes. Für jeden Auftrag müssen bestimmte Sägearbeiten ausgeführt werden, so daß man jeweils Teilaufträge zum Sägen herausschreiben muß. Im Rahmen der Reihenfolgeplanung ist nun festzulegen, in welcher zeitlichen Folge die Bauernstühle, die Bauertische und der Bauernschrank bzw. deren Teilaufträge gefertigt werden sollen.

Die Objekte, für welche die Reihenfolge festzulegen ist, bilden die einzelnen Zwischenprodukte bzw. Werkstücke oder die Lose. Für jedes dieser Produkte bzw. Lose ist im allgemeinen ein Fertigungsauftrag ausgeschrieben, so daß zu bestimmen ist, in welcher Reihenfolge die verschiedenen Aufträge über einen Arbeitsträger laufen. Deshalb nennt man diese Art von Reihenfolge auch **Auftragsfolge** je Arbeitsträger. Die Ausprägung des Auftragsfolgeproblems ist maßgeblich von der Arbeitsverteilung abhängig. Durch die Arbeitsverteilung wird nämlich bestimmt, welche verschiedenen Aufträge jeder Arbeitsträger zu bearbeiten hat und welche Aufträge damit bei ihm in eine Reihenfolge zu bringen sind.

Die Zahl der möglichen Reihenfolgen, d. h. der Reihenfolgealternativen (Alternative = Wahlmöglichkeit) hängt vom Umfang des betrachteten Reihenfolgeproblems ab. Man kann einmal lediglich das Auftragsfolgeproblem eines einzigen Arbeitsträgers betrachten. Zum anderen kann es darum gehen, für die Aufträge die Reihenfolgen festzulegen, in der sie über mehrere Arbeitsträger laufen.

Beispiel:

Im ersten Fall ist zu bestimmen, in welcher Reihenfolge die einzelnen Aufträge bzw. Teilaufträge für das Aussägen der Teile der Bauernstühle, Bauertische und des Bauernschrankes von einer Kreissäge bearbeitet werden. Im zweiten Fall geht es um das Problem, in welcher Reihenfolge die Arbeitsgänge Sägen, Hobeln und Lackieren an allen diesen Aufträgen durchgeführt werden.

Das einfachste Auftragsfolgeproblem liegt also vor, wenn die **Reihenfolge mehrerer Aufträge an einem Arbeitsträger** zu bestimmen ist. Sind zum Beispiel einer Maschine zwei Aufträge 1 und 2 zugeteilt, so bestehen die beiden Auftragsfolgealternativen 12 (d. h. 1 vor 2) sowie 21 (d. h. 2 vor 1). Muß diese Maschine dagegen die drei Aufträge 1, 2 und 3 bearbeiten, so erhält man folgende sechs verschiedene Reihenfolgemöglichkeiten: 123, 132, 213, 231, 312, 321. Bei vier Aufträgen ergeben sich schon $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$, bei fünf Aufträgen $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 = 120$ Auftragsfolgealternativen, bei zehn Aufträgen sind es $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot 9 \cdot 10 = 3\,628\,800$ Auftragsfolgealternativen. Man sieht, daß die Zahl möglicher Auftragsfolgen mit zunehmender Auftragszahl sehr schnell ansteigt.

Univ. Bibl.
München

Für die Entscheidung über die Auftragsfolge verschiedener Aufträge an einem Arbeitsträger sind vor allem die Rüstzeiten maßgebend. In einer Reihe von Fällen hängt die Dauer der Umrüstung einer Maschine auf eine Produktart von der zuvor bearbeiteten Produktart ab. Dann bezeichnet man die Rüstzeiten als reihenfolgeabhängig. Über die Festlegung der Auftragsfolge kann daher die für einen gesamten Auftragsbestand benötigte Rüstzeitensumme verändert werden. Dagegen sind die Bearbeitungszeiten für jedes Stück im allgemeinen nicht von der Auftragsreihenfolge abhängig.

Der Gegenstand des Reihenfolgeproblems wird umfangreicher, wenn man nicht nur einen einzelnen Arbeitsträger, sondern alle von einem Auftragsbestand zu durchlaufenden Arbeitsträger betrachtet. Werden an den Aufträgen mehrere Arbeitsgänge nacheinander von verschiedenen Arbeitsträgern durchgeführt, so ist für die Dauer ihres Produktionsdurchlaufs nicht nur die Reihenfolge an einem Arbeitsträger bedeutsam. Vielmehr ist die Reihenfolge über alle Arbeitsträger und deren Arbeitsgänge festzulegen.

Dabei sind zwei wichtige Formen dieses mehrstufigen Auftragsfolgeproblems zu trennen. **Erstens** können die Maschinenfolgen für alle Aufträge übereinstimmen. Dann liegt im allgemeinen eine Ausprägung der Fließfertigung vor. Für alle zum Auftragsbestand gehörenden Aufträge ist hier die Reihenfolge der zu durchlaufenden Arbeitsträger je Stückprozeß gleich. Beispielsweise müssen sie alle zuerst von Maschine A, dann von Maschine B, dann von Maschine C usw. bearbeitet werden. Legt man ferner für alle Arbeitsträger dieselbe Auftragsfolge fest, so ist die Zahl der Reihenfolgealternativen gleich dem obigen einfacheren Problem, bei dem nur die Auftragsfolge an einem Arbeitsträger bestimmt wird.

Zweitens gibt es Fälle, in denen die Aufträge wohl von denselben Arbeitsträgern bearbeitet werden, (fast) jeder Auftrag die Arbeitsträger aber in einer anderen Reihenfolge durchläuft. In diesem Fall sind die Maschinenfolgen je Stückprozeß verschieden. Hierdurch wird das Reihenfolgeproblem wesentlich umfangreicher.

Beispiel:

Zwei Aufträge 1 und 2 durchlaufen die beiden Maschinen A und B in der Reihenfolge AB (d. h. A vor B) bei Auftrag 1 bzw. BA (d. h. B vor A) bei Auftrag 2. Dann bestehen an jeder Maschine die Reihenfolgealternativen 12 sowie 21, also insgesamt folgende vier Reihenfolgealternativen:

Alternative \ Maschine	A	B
	(1)	12
(2)	12	21
(3)	21	12
(4)	21	21

Die Zahl der möglichen Reihenfolgen erhöht sich bei diesem Problem sehr schnell. Sie wächst einerseits mit der Zahl der zu durchlaufenden Arbeitsträger, andererseits mit der Zahl der zu bearbeitenden Aufträge.

Beispiel:

Die beiden Aufträge 1 und 2 durchlaufen drei Maschinen A, B und C in den Reihenfolgen ABC. Dann ergeben sich folgende acht Reihenfolgealternativen:

Maschine	A	B	C
Alternative			
(1)	12	12	12
(2)	12	12	21
(3)	12	21	12
(4)	12	21	21
(5)	21	12	12
(6)	21	12	21
(7)	21	21	12
(8)	21	21	21

Schon bei drei Aufträgen und zwei Arbeitsträgern gibt es insgesamt 36 Reihenfolgealternativen, bei vier Aufträgen auf zwei Arbeitsträgern sind es 576 und bei sieben Aufträgen auf zwei Arbeitsträgern 25 401 600. Daran wird erkennbar, daß diese Reihenfolgeprobleme mit zunehmender Auftrags- und/oder Maschinenzahl sehr schnell einen nur schwer beherrschbaren Umfang annehmen und mit vertretbarem Aufwand nicht mehr exakt lösbar sind.

Am schwierigsten sind die zu treffenden Reihenfolgeentscheidungen, wenn die verschiedenartigen Reihenfolgeprobleme gleichzeitig auftreten. Dann sind beispielsweise zugleich die Maschinenfolgen der Aufträge und die Auftragsfolgen über mehrere Arbeitsträger hinweg zu bestimmen.

Maßgebliche Größen bei der Lösung von Reihenfolgeproblemen sind die Bearbeitungszeiten und die Rüstzeiten der Aufträge an jedem Arbeitsträger. Ferner sind die Maschinenfolgen je Auftrag von großer Bedeutung, sofern und soweit sie durch technische Gegebenheiten festliegen. Schließlich stehen die Reihenfolgeprobleme in enger Beziehung zum Problem der Arbeitsverteilung.

d) Probleme der Leistungsabstimmung

Eine weitere Eingriffsmöglichkeit in den Produktionsablauf besteht in der Leistungsabstimmung. Zu diesem Problembereich lassen sich verschiedene Probleme rechnen, bei denen die Leistung der Arbeitsträger beeinflußt wird.

Unabhängig vom Organisationstyp der Fertigung kann das Problem auftreten, die **Produktionsgeschwindigkeit** für jeden Arbeitsträger festzulegen. Hiermit wird bestimmt, wie schnell und mit welcher Intensität jeder Arbeitsträger die ihm übertragenen Objekte bearbeitet. Aus dieser Entscheidung ergeben sich die Bearbeitungszeiten je Stück, die **Stückzeiten**. Die Produktionsgeschwindigkeit hat in der Regel Auswirkungen auf die Kosten für den Verbrauch von Betriebsstoffen wie Energie oder Schmier- und Kühllölen sowie den Werkzeugverbrauch, der bei vielen Maschinen von ihr abhängig ist.

Über die Gestaltung der Produktionsgeschwindigkeiten, die Arbeitsverteilung, die Auftragsfolgen sowie die Einfügung von Arbeitspausen läßt sich eine **Abstimmung der Leistungen verschiedener Arbeitsträger** erreichen. Man versucht hierbei, die Leistungen aufeinanderfolgender oder in einer Werkstatt bzw. Abteilung zusammengefaßter Arbeitsträger so einander anzupassen, daß ihre Durchschnittsleistungen (weithin) übereinstimmen. Dabei ist von dem Arbeitsträger mit der geringsten Leistung auszugehen. Es ist zu prüfen, ob sich dessen Produktionsgeschwindigkeit steigern läßt. Daneben lassen sich die Leistungen der anderen Arbeitsträger anpassen, indem man ihre Produktionsgeschwindigkeiten senkt oder nach Durchführung eines bzw. mehrerer Arbeitsgänge Pausen einlegt. Sofern verschiedene Aufträge Produkte mit unterschiedlichen Stückzeiten enthalten, kann man versuchen, durch geeignete Verteilung der Aufträge auf die Arbeitsträger und entsprechende Auftragsfolgeplanung die Leistungsunterschiede auszugleichen. Dann bearbeitet beispielsweise ein Arbeitsträger pro Zeiteinheit doppelt so viele Produkte von Auftrag 1 als der andere Arbeitsträger von Auftrag 2.

Besondere Bedeutung hat die **Leistungsabstimmung im Fall der taktierten Fließfertigung**. Bei diesem Organisationstyp der Fertigung werden gleich- oder verschiedenartige Produkte auf einer Fertigungslinie hergestellt, deren Arbeitsplätze räumlich nacheinander entsprechend der (bei allen Produkten gleichen) Arbeitsgangfolge angeordnet sind. Darüber hinaus wird allen zu einer Fertigungslinie gehörenden Arbeitsträgern ein gleicher Arbeitstakt vorgegeben. Dieser gibt die Zeitdauer an, in der sie einen Arbeitsgang ausführen müssen. Durch die Vorgabe eines solchen gleich langen Arbeitstaktes für alle Arbeitsträger wird eine vollständige Leistungsabstimmung angestrebt. Man nennt dieses Problem der Leistungsabstimmung von taktierten Fertigungslinien auch **Bandabgleichung**.

Maßgebliche Größen für die Bandabgleichung sind die durchzuführenden Arbeitsteile bis zur Fertigstellung des Zwischen- oder Endproduktes, die vorgegebenen Reihenfolgebedingungen je Stückprozeß sowie die Zahl und Leistungsfähigkeit der Arbeitsträger, welche die Fertigungslinie bilden sollen. Diese Arbeitsträger heißen auch Stationen der Fertigungslinie.

Das Problem der Bandabgleichung läßt sich in zweierlei Weise lösen. Zum einen kann man die für alle Arbeitsträger oder Stationen der Fertigungslinie gleiche Taktzeit im voraus festlegen. Danach ermittelt man die niedrigste Stationenzahl und günstigste Arbeitsverteilung. Dabei werden die verschiedenen Arbeitselemente, die von der Fertigungslinie durchzuführen sind, so zu Arbeitsgängen zusammengefaßt und den Stationen zugeordnet, daß die Anzahl der Stationen möglichst gering gehalten wird. Zum anderen kann man die Stationenzahl, d. h. die Zahl der zum Fließband gehörenden Arbeitsträger, vorgeben und dann die Arbeitsteile so auf sie verteilen, daß die Taktzeit möglichst klein wird. Beide Ansätze zur Lösung des Problems der Leistungsabstimmung bei taktierter Fließ-

fertigung sollen zu einer möglichst günstigen Auslastung der gesamten Fertigungslinie führen.

e) *Transportprobleme*

Als letzter Problembereich der Ablauforganisation sind Transportprobleme anzusprechen. Hierbei handelt es sich um die Weitergabe der Stoffe, Zwischen- oder Endprodukte vom ersten bis zum letzten Arbeitsgang. Die Ausprägung der Transportbeziehungen hängt einerseits von den Stückprozessen und den in ihnen durchzuführenden Arbeitsgängen ab. Andererseits wird sie davon bestimmt, welche Arbeitsträger die Arbeitsgänge ausführen müssen und wo sich deren Standorte befinden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, welche Transportmittel zur Verfügung stehen.

Zur Lösung der Transportprobleme sind die **Transportwege** festzulegen. Es ist zu entscheiden, auf welchem Wege die zu befördernden Objekte von einem Arbeitsträger zum nächsten gelangen. Ferner muß man bestimmen, in welchem Umfang verschiedenartige Produkte oder Lose zusammengefaßt und **gemeinsam befördert** werden. Schließlich ist der Einsatz der verfügbaren **Transportmittel** festzulegen. Beispielsweise kann man ein Transportmittel lediglich zwischen zwei Arbeitsträgern hin- und herfahren lassen, während andere Transportmittel „Rundreisen“ zwischen mehreren Arbeitsträgern vornehmen.

Fragen:

18. Kennzeichnen Sie das Problem der Arbeitsverteilung bei folgenden Fertigungstypen:
 - a) Herstellung von Schlafzimmerschränken in einer Möbelfabrik,
 - b) Montage von Schlagbohrmaschinen auf Fließbändern,
 - c) Herstellung handbemalter Porzellanteller.
19. Bei welchen Produktionstypen treten Losgrößenprobleme auf? Nennen Sie mehrere praktische Beispiele!
20. Kennzeichnen Sie an einem praktischen Beispiel die Alternativen der Losgrößenentscheidung und zeigen Sie jeweils die Konsequenzen der Alternativen auf die
 - a) Rüstzeiten und Rüstkosten,
 - b) Lager- und Zinskosten,
 - c) Durchlaufzeiten,
 - d) Entwicklung der Liefertermine.
21. Zeichnen Sie die Entwicklung des Lagerbestandes für kleine Lose, große Lose sowie bei Auftreten von Fehlern.
22. Kennzeichnen Sie die wichtigsten Elemente, die bei der Planung von Auftrags- und Produktreihenfolgen in der Fertigung zu beachten sind.

23. Geben sie einen systematischen Überblick über die verschiedenen Problemstellungen der Reihenfolgeplanung. Bestimmen Sie im Fall glatter Stückprozesse für jede Problemstellung der Auftragsfolgen die Zahl möglicher Lösungen (n = Zahl der Aufträge, m = Zahl der Maschinen).
24. Berechnen Sie (mit Taschenrechner) die Zahl der Auftragsfolgealternativen für folgende Problemstellungen:
 - a) Auftragsreihenfolge an einem Arbeitsträger bei 4, 5 und 8 Aufträgen,
 - b) Auftragsreihenfolgen an mehreren Arbeitsträgern mit unterschiedlichen Maschinenfolgen für $n = 2$ und 4 Aufträge sowie $m = 2, 4$ und 6 Maschinen.
25. Kennzeichnen Sie die Tatbestände, die bei der Bandabgleichung festzulegen sind.
26. In welchen Ausprägungen wird das Bandabgleichungsproblem im allgemeinen gelöst?
27. Welche Zielsetzung wird bei der Bandabgleichung verfolgt?

2. Ablauforganisation von Informationsprozessen



Probleme der Ablauforganisation treten nicht nur bei den Prozessen zur Beschaffung, Fertigung und zum Absatz materieller Produkte auf. Sie bestehen auch bei der Vielzahl von Prozessen, in denen Informationen bereitgestellt, gespeichert und verarbeitet werden. Diese Informationsprozesse werden bislang in Praxis und Wissenschaft nicht im gleichen Umfang als Gegenstand der Ablauforganisation betrachtet, weil ihre Objekte, die Informationen, weniger gut meßbar sind als materielle Güter. Während die an materiellen Objekten durchgeführten Verrichtungen im allgemeinen genau beschrieben und gemessen werden können, lassen sich Vorgänge der Gewinnung von Informationen (z. B. über Kundenwünsche), der Verarbeitung von Informationen (z. B. der Ausarbeitung einer Werbestrategie durch eine Stabsgruppe) und der Informationsspeicherung (z. B. in Aktenform) weniger gut erfassen. Dabei sind insbesondere Inhalt und Bedeutung der jeweils behandelten Informationen schwer meßbar. Andererseits zwingt der Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung immer mehr zu einer genauen Erfassung und Gestaltung der von ihr durchgeführten Informationsprozesse. Mit diesem Instrument wird eine äußerst große Zahl von Informationen verarbeitet, gespeichert und ausgewertet. Die hohen Kosten der EDV machen es unumgänglich, den Ablauf der mit ihr vollzogenen Prozesse zu organisieren. Jedoch ist zu beachten, daß entsprechende Organisationsprobleme bei allen anderen Informationsprozessen bestehen, die nicht mit Hilfe der EDV durchgeführt werden.

Grundsätzlich erscheint es möglich, bei Informationsprozessen dieselben **Problemgebiete** der Arbeitsverteilung, Gruppierung, Reihenfolgegestaltung und Leistungsabstimmung zu kennzeichnen wie bei Produktionsprozessen. Wesentlicher Inhalt von Informationsprozessen sind dabei einerseits Planung sowie Entscheidung und andererseits die Kontrolle von Vorgängen in der Unternehmung.

Durch Planungs- und Entscheidungsprozesse werden das Handeln der Unternehmung gedanklich im voraus durchgespielt und aufgrund dieser Überlegungen Entschlüsse gefaßt, wie einzelne Handlungen konkret auszuführen sind. Um diese gedanklichen Prozesse zu vollziehen, muß man sich Informationen über die Handlungsmöglichkeiten und deren Konsequenzen beschaffen. Ferner sind die Handlungsalternativen zu bewerten und eine von ihnen auszuwählen. An den Planungs- und Entscheidungsprozessen ist in der Regel eine Vielzahl von Personen beteiligt. Nach Durchführung der Entscheidung hat die Kontrolle durch eine Gegenüberstellung von Plangrößen und tatsächlichen Istwerten zu erfolgen.

Beispiel:

In der Firma zur Herstellung von Bauernmöbeln soll das Fertigungs- und Absatzprogramm für den kommenden Monat festgelegt werden. Hierzu müssen von einem der Geschäftsleitung unterstellten Stab Informationen über die zu erwartenden Aufträge und die einzelnen Kundenwünsche gewonnen werden. Ferner besorgt dieser Stab Informationen über die in der Fertigung befindlichen Aufträge und die im Planungsmonat zur Verfügung stehende Kapazität. Aufgrund dieser Informationen entwickeln die Mitglieder des Stabes mehrere Alternativen für die Gestaltung des Fertigungs- und Absatzprogramms. Sie geben jeweils an, welche Erlöse und Kosten bei den Alternativen zu erwarten sind. Dann entscheiden die Mitglieder der Geschäftsleitung anhand der vom Stab erarbeiteten Informationen über das Fertigungs- und Absatzprogramm im Planungsmonat. Bei ihrer Entscheidung können zusätzliche Gesichtspunkte wie die längerfristige Marktstrategie hereinspielen. Die Entscheidung wird anschließend vom Stab genau formuliert und von der Geschäftsleitung unterschrieben. Diese Anweisung geht an die Bereichsleiter des Verkaufs und der Fertigung.

Für die Gestaltung von Informationsprozessen können ebenfalls **Arbeitsgänge** festgelegt werden. Diese umfassen die Teilarbeiten, die an einer Informationsart durch ein Arbeitssubjekt durchführbar sind. Ferner ist festzulegen, wer die verschiedenen Arbeiten übernimmt, die im Rahmen der Planung, Entscheidung oder Kontrolle anfallen. Damit wird die Arbeitsverteilung festgelegt.

Gruppierungsprobleme der Planung, Entscheidung oder Kontrolle beziehen sich vor allem auf die Bestimmung der Anzahl von Personen, die beispielsweise in einem Stab gleichartige Tätigkeiten übernehmen, sowie die Zusammenfassung gleichartiger Informationen, die miteinander bearbeitet werden.

Besonderes Gewicht neben der Arbeitsverteilung besitzen auch bei Informationsprozessen **Reihenfolgeprobleme**. So ist festzulegen, in welcher Reihenfolge unterschiedliche Planungs- und Entscheidungstatbestände beispielsweise des Beschaffungs-, Fertigungs-, Absatz-, Finanz- oder Personalbereichs nacheinander durch einen Stab oder ein Entscheidungskollegium wie den Vorstand behandelt werden. Weiter muß die Reihenfolge geregelt werden, in der die notwendigen Tätigkeiten der Informationsgewinnung, der Beratung, des Treffens von Vor- bzw. Teilentscheidungen usw. bei einem bestimmten Tatbestand durchgeführt werden. Die neuere Forschung hat deutlich werden lassen, daß die Reihen-

folge der Problembehandlung und ihrer Einzelschritte auf die letztlich getroffene Entscheidung einen maßgebenden Einfluß haben kann.

Die Prozesse der Informationsgewinnung, -verarbeitung und -auswertung erfordern weit- hin Einfallsreichtum, Phantasie und genaues Überlegen. Aus diesem Grund läßt sich geistige Leistung in weiten Bereichen nur schwer messen und nicht genau regeln. Lediglich bei Informationsprozessen, wie sie mit der EDV und den hiermit verbundenen oder sonstigen Verwaltungsprozessen beispielsweise des Ablochens, des Buchens oder des Ausfüllens von Laufkarten auftreten, sind Leistungsmaße angebbar. Deshalb kann auch nur für derartige Prozesse der Informationsbearbeitung eine Leistungsabstimmung versucht werden.

Fragen:

28. Nennen Sie Beispiele für Informationsprozesse, die in Unternehmungen durchgeführt werden.
29. Wie könnte ein Arbeitsgang innerhalb eines Informationsprozesses abgegrenzt werden? Entwickeln Sie konkrete Beispiele.
30. Inwiefern treten in Informationsprozessen Probleme der Arbeitsverteilung sowie Reihenfolgeprobleme auf?
31. Untersuchen Sie, in welchem Umfang einer organisatorischen Regelung des Ablaufs von Informationsprozessen Grenzen gesetzt sind.

III. Problemphasen der Ablauforganisation

Lernziel:

Mit der Durcharbeit dieses Abschnitts sollen Sie Kenntnisse über die Phasen erlangen, die bei der Lösung von Problemen der Ablauforganisation vollzogen werden müssen.

Bei der Lösung von Problemen der Ablauforganisation ist eine Reihe von Tätigkeiten durchzuführen, die sich als Problemphasen der Ablauforganisation näher beschreiben lassen. Auf diese Tätigkeiten sind die Instrumente anwendbar, die in späteren Kapiteln wiedergegeben werden. Wichtig erscheint zumindest eine Einteilung in drei Phasen:

- ① Datenermittlung und Datenprognose,
- ② Entscheidungsfindung,
- ③ Durchführung und Kontrolle.

Jede dieser Phasen ist durch eigene Problemstellungen sowie besondere Instrumente ihrer Bewältigung gekennzeichnet.

1. Datenermittlung und Datenprognose in der Ablauforganisation

Voraussetzung für eine begründete Entscheidung über ablauforganisatorische Tatbestände ist die Kenntnis der jeweils maßgeblichen Daten. Deshalb ist eine erste Phase auf die Datenermittlung ausgerichtet. Hierbei benötigt man Informationen über Istzustände. Beispielsweise muß man wissen, welche Kundenbestellungen vorliegen, welche Arbeitskräfte und Maschinen der Unternehmung zur Verfügung stehen und wie groß die vorhandenen finanziellen Mittel sind.

Durch die Ablauforganisation werden die Produktionsabläufe zukünftiger Perioden geregelt. Daher müssen ihre Entscheidungen auch auf einer Vorhersage zukünftiger Größen, d. h. auf **Prognosen**, beruhen. So sind nicht nur die gegenwärtig vorhandenen Maschinen und Arbeitskräfte, sondern vor allem die in dem Zeitraum verfügbaren maßgebend, für den die Ablauforganisation geregelt wird. Deshalb ist zu prognostizieren, welche Arbeitskräfte zum Beispiel wegen Krankheit und welche Maschinen wegen Störungen in dieser Zeit ausfallen könnten. Weiter ist zu prognostizieren, inwiefern sich der Bestand an Arbeitskräften und Maschinen durch Neueinstellungen und Neuanschaffungen sowie durch Abgänge verändert. Ferner müssen Voraussagen über die Absatzentwicklung und die zu fertigenden Aufträge gemacht werden.

Bei der Datenprognose geht man vielfach von den **Istdaten** aus und überträgt sie auf die Zukunft. Dies ist für die Ablauforganisation weithin berechtigt, weil sich ihre Entscheidungen meist auf einen sehr nahe in der Zukunft liegenden Zeitraum beziehen. Deshalb kann man oft unterstellen, daß sich eine Reihe von Daten in dieser Zeit nicht ändert. Beispielsweise kann man annehmen, daß Stückzeiten für gleichartige Produkte auf denselben Maschinen höchstens geringfügigen Schwankungen unterliegen. Jedoch ist stets zu prüfen, ob sich nicht **Voraussetzungen** ändern, durch die eine andere Voraussage getroffen werden muß.

In der Ablauforganisation besteht demnach ein enger Zusammenhang zwischen der Ermittlung von Istdaten und der Prognose zukünftiger Daten. Bei einer Vielzahl von Größen über verfügbare Arbeitskräfte, Maschinen und Arbeitsmittel, die zu bearbeitenden Produkte sowie die Bearbeitungs- und Rüstzeiten der Arbeitsträger wird man die in Gegenwart oder Vergangenheit verwirklichten Größen messen und von diesen auf die entsprechenden zukünftigen Größen schließen. Deshalb nimmt die Ermittlung der Istdaten gerade für die Ablauforganisation einen breiten Raum ein. Sie ist darüber hinaus auch für die Kontrolle der durchgeführten Entscheidungen wichtig.

2. Entscheidungsfindung in der Ablauforganisation

Datenermittlung und Datenprognose sind lediglich Grundlagen für das Treffen ablauforganisatorischer Entscheidungen. Die Ausprägung der ablauforganisatorischen Entscheidungsprozesse wird davon bestimmt, welche **Personen** an ihnen mitwirken. Bei diesen handelt es sich einmal um die Entscheidungsträger, die aufgrund formeller Regelungen zum Treffen der einzelnen Entscheidungen berechtigt sind. Zum anderen können weitere Personen durch Information und Beratung an der Entscheidungsfindung teilhaben. Diese Personen sind häufig den Entscheidungsträgern in Stäben zugeordnet.

Die Entscheidungsfindung in der Ablauforganisation wird von **Entscheidungen in anderen Bereichen** der Unternehmung beeinflusst. Die Handlungsmöglichkeiten der Ablauforganisation hängen insbesondere von den Entscheidungen über die Einstellung, Entlassung und den Einsatz des Personals, die Anschaffung und den Verkauf von Anlagen sowie die Ausprägung des Fertigungs- und Absatzprogramms ab. Weiter ist für sie maßgebend, welche Ziele von der Unternehmungsleitung vorgegeben werden. Für die Entscheidungsfindung ist auch bestimmend, wie die Aufbauorganisation der Unternehmung gestaltet ist und wie die Entscheidungen der verschiedenen Bereiche gegenseitig abgestimmt sind. In der Praxis werden die Entscheidungen der verschiedenen Unternehmungsbereiche vielfach nacheinander festgelegt. Dann ist die Ablauforganisation an die ihr vorgegebenen Entscheidungen über die verfügbaren Arbeitsträger und Arbeitsmittel sowie die aufgrund der Programmplanung auszuführenden Aufträge gebunden. Durch die ihr vorgegebenen Bedingungen ist ihr Entscheidungsspielraum stark eingeschränkt. Eine derartige „sukzessive“ Planung, bei der die Entscheidungen nacheinander getroffen werden, führt aber dazu, daß wichtige Einflüsse der Ablauforganisation auf die ihr vorgelagerten Bereiche höchstens in begrenztem Umfang berücksichtigt werden. Andererseits wirft eine „simultane“, d. h. gleichzeitige Planung der verschiedenen Bereiche sehr große Probleme auf, weil hierbei eine überaus große Zahl von Informationen in komplizierten Lösungsverfahren verarbeitet werden muß.

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Entscheidungsfindung ist, daß ablauforganisatorische Entscheidungen **kurzfristiger** Art sind und daher laufend und in kurzen Zeitabständen getroffen werden müssen. Während beispielsweise Investitionsentscheidungen bei Maschinen in der Regel den Produktionsprozeß auf Jahre hinaus beeinflussen, haben Entscheidungen über die Auftragsfolge an einer Maschine nur für eine kurze Zeitdauer Auswirkungen auf die Produktion. Deshalb umfaßt die Ablauforganisation weithin Entscheidungen, die täglich, wöchentlich oder monatlich zu fällen sind. Ferner werden Entscheidungen über Losgrößen, Arbeitsverteilung, Reihenfolgen, Leistungsabstimmung und Transport im allgemeinen den unteren Instanzen übertragen. Für sie sind üblicherweise die Arbeitsvorbereitung bzw. die einzelnen Meister zuständig.

3. Durchführung und Kontrolle ablauforganisatorischer Entscheidungen

Wenn ablauforganisatorische Entscheidungen gefällt sind, müssen sie den sie ausführenden Personen übermittelt werden. An die Entscheidungsfindung schließt sich die **Durchsetzung** und **Durchführung** an. Ein erstes Problem liegt darin, die Mitarbeiter so zu **beeinflussen**, daß sie die gegebenen Anweisungen einhalten. Maßgeblich hierfür ist die Ausprägung des Führungsstils in der Unternehmung. Der Mitarbeiter muß die Entscheidung klar verstehen und willens sein, sie im getroffenen Sinne zu verwirklichen. Zweitens hängt die Art der Durchführung davon ab, daß die bei der Entscheidungsfindung zugrunde gelegten Plandaten mit den tatsächlichen Größen übereinstimmen. Treten **unerwartete Datenänderungen** wie eine Maschinenstörung auf oder waren die Daten fehlerhaft, die der Entscheidungsfindung zugrunde lagen, kann der Mitarbeiter die Entscheidung nicht wie gewünscht ausführen.

Eng verbunden mit der Durchführung ist die **Kontrolle**. Durch sie soll überprüft werden, ob und inwieweit die vorgegebenen Entscheidungen tatsächlich ausgeführt worden sind. Dabei sind die Informationen über die getroffenen Entscheidungen sowie verabschiedeten Pläne den Informationen über die konkreten Handlungen in der Unternehmung gegenüberzustellen. Aus dem Vergleich der beiden Informationsarten erhält man die Abweichungen zwischen Plan und Ist.

Sofern in der Kontrolle Plan-Ist-Abweichungen festgestellt worden sind, müssen deren **Ursachen und Auswirkungen** untersucht werden. Hierzu ist vor allem eine Durchsprache der Abweichungen mit den verantwortlichen Meistern und ggf. deren Mitarbeitern notwendig. Ferner ist zu prüfen, welche Auswirkungen die Abweichungen auf die Kosten und die Terminplanung haben. Daraus wird erkennbar, in welchem Umfang die ursprünglich getroffenen Ablaufentscheidungen geändert und welche zusätzlichen Maßnahmen eingeleitet werden müssen. Beispielsweise kann es zur Vermeidung von Terminverzögerungen nötig sein, für bestimmte Arbeitsplätze Überstunden anzusetzen.

Je **schneller** die Kontrolle auf die Verwirklichung folgt, desto eher lassen sich Mängel in der Durchführung, Datenänderungen sowie Planungsfehler erkennen und Anpassungsmaßnahmen ergreifen. Jedoch ist zu berücksichtigen, welche Kosten durch die Kontrolle selbst verursacht werden.

Somit wird deutlich, daß Durchführung und Kontrolle einschließlich der Entscheidungen über Anpassungsmaßnahmen eng miteinander zu verknüpfen sind. Diese Phasen sind nur sachlich klar zu trennen, zeitlich sollten sie eng gekoppelt werden und sich überlagern.

Fragen:

32. Zählen Sie die Daten auf, die zur Lösung von ablauforganisatorischen Problemen benötigt werden. Versuchen Sie zu beurteilen, wie leicht sich die Ist-Ausprägungen dieser Daten messen lassen.
33. Bei welchen Größen erscheint Ihnen eine Verwendung von Ist-Zahlen für die Prognose gerechtfertigt?
34. Welche Gesichtspunkte sind nach Ihrer Ansicht für die Durchsetzung ablauforganisatorischer Entscheidungen maßgebend?

C. Ziele der Ablauforganisation

I. Notwendigkeit der Formulierung von Zielen der Ablauforganisation

Lernziel:

Nach Durcharbeit dieses Abschnittes soll Ihnen deutlich sein, aus welchen Gründen es nötig ist, spezielle Ziele der Ablauforganisation aufzustellen. Ferner soll Ihnen einsichtig werden, daß an diese Ziele zwei Forderungen zu stellen sind. Sie sollen

- praktisch anwendbar und
- mit den Oberzielen der Unternehmung abgestimmt sein.

Die Lösung der in der Ablauforganisation anstehenden Probleme kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Bei jedem Entscheidungsproblem gibt es eine mehr oder weniger große Anzahl von Alternativen. Deshalb hat man schon frühzeitig nach Grundsätzen gesucht, die in der Ablauforganisation zu beachten sind. Sie sollen als Maßstab dafür dienen, wie die Aufgaben der Ablauforganisation zu erfüllen sind. Derartige **Prinzipien der Ablauforganisation** bringen allgemeine Richtlinien zu Ausdruck. Wichtig erscheinen insbesondere folgende Prinzipien (Nordsieck 1961):

- Der Arbeitsablauf ist so zu gestalten, daß die gestellten Aufgaben richtig und rechtzeitig erfüllt werden.
- Der Aufwand für die Aufgabenerfüllung soll möglichst klein gehalten werden.
- Arbeitsunterbrechungen sind zu vermeiden.
- Eine hohe Leistungsabstimmung ist anzustreben.

Ferner werden einzelne Grundsätze genannt, die als Instrumente zur Erreichung dieser Prinzipien dienen sollen wie z. B.:

- Die gestellte Aufgabe muß klar formuliert und dem Ausführenden mitgeteilt werden.
- Qualitäts- und Terminkontrollen sollen durchgeführt werden.
- Doppelarbeiten sind zu vermeiden.
- Es sollen keine überflüssige Lagerung, Kontrolle oder Transporte erfolgen.
- Die Arbeitsträger sind optimal auszulasten.

Betrachtet man diese Organisationsprinzipien näher, so stellen sie mehr oder weniger klare Anweisungen für das Handeln in der Ablauforganisation dar. Einige Prinzipien wie die Minimierung des Aufwands oder die Optimierung der Auslastung weisen auf allgemeine **Zielsetzungen** hin. Andere Prinzipien wie die Forderung, gestellte Aufgaben richtig und rechtzeitig zu erfüllen oder überflüssigen Transport zu vermeiden, sind so **allgemein**, daß aus ihnen nicht ableitbar ist, wie tatsächlich gehandelt werden soll.

Um die Aufgaben der Ablauforganisation zu erfüllen, muß eine Vielzahl von Entscheidungen getroffen und durchgeführt werden. Bei jeder Entscheidung ist eine Alternative auszuwählen. Dabei sind die Bedingungen zu beachten, die sich aus den begrenzt verfügbaren

Arbeitskräften, Arbeitsmitteln und finanziellen Mitteln ergeben. Um diese Wahl treffen zu können, muß ein **Ziel** vorgegeben werden. Dann kann man die Alternative wählen, bei der dieses Ziel am besten erreicht wird. Das bei einem Entscheidungsproblem geltende Ziel ermöglicht eine Bewertung der verschiedenen Alternativen, durch welche sie in eine Rangordnung gebracht werden. Zugleich bildet das Ziel die Größe, an der die Durchführung der Entscheidung kontrolliert und gegebenenfalls das Ausmaß einer Abweichung gemessen werden können.

Über die Formulierung von Zielen für die Ablauforganisation erscheint es eher möglich, zu eindeutigen Maßstäben der Entscheidungsfindung und Kontrolle zu gelangen als durch die Vorgabe allgemeiner Organisationsprinzipien. Jedoch sind die Ziele eindeutig und klar zu formulieren, damit sie auf die Probleme der Ablauforganisation unmittelbar angewandt werden können. Ferner müssen sie auf die Probleme der Ablauforganisation ausgerichtet und für die Mitarbeiter im Bereich der Ablauforganisation verständlich sein.

Die Entscheidungen der Ablauforganisation sollten aber auch mit den Entscheidungen anderer Bereiche abgestimmt sein. Deshalb müssen die Ziele der Ablauforganisation dazu dienen, die für die gesamte Unternehmung geltenden Ziele zu erreichen. Die ablauforganisatorischen Ziele sind aus den Oberzielen der Unternehmung herzuleiten.

Für die Ablauforganisation müssen also Unter- oder Teilziele formuliert werden, die zwei Forderungen erfüllen:

- (1) *Die Ziele der Ablauforganisation sollen unmittelbar auf die Probleme dieses Bereichs anwendbar sein.*
- (2) *Die Ziele der Ablauforganisation sollen auf die Erreichung der Oberziele der Unternehmung ausgerichtet sein.*

Eine genaue **Herleitung** von praktisch anwendbaren Teilzielen für die verschiedenen Bereiche aus den Oberzielen der Unternehmung wirft schwierige Probleme auf. Sie setzt nämlich voraus, daß die Unternehmung die Beziehungen zwischen Ober- und Unterzielen sowie zwischen den verschiedenen Unternehmungsbereichen kennt. Dies ist häufig nur in begrenztem Umfang der Fall. Deshalb ist man bei der Herleitung von Unterzielen meist auf die Vermutung angewiesen, daß das jeweilige Unterziel zur besseren Erfüllung der Oberziele beiträgt.

Die Entscheidungstatbestände der Ablauforganisation haben Einfluß auf das gesamte Zielsystem der Unternehmung. Der betriebliche **Erfolg** wird allgemein anhand der Differenz zwischen Leistungen und Kosten gemessen. Die Gestaltung des Produktionsablaufs wirkt sich direkt auf die Kosten der Produktion aus. Dies zeigt sich vor allem in der Höhe der Kosten für Arbeitskräfte und Arbeitsmittel, der Transport- und Lagerkosten sowie der Zinskosten für gelagerte Zwischenprodukte. Da sie die Zeitpunkte bestimmt, zu denen die Endprodukte fertiggestellt werden, beeinflußt sie aber auch die Absatzzeitpunkte und damit indirekt die Zeitpunkte des Erlöseingangs. Demnach wirkt sich die Ablauforganisation direkt auf die Kosten- und indirekt auf die Erlös- bzw. Leistungsseite des Erfolgs aus. Über die Fertigstellungstermine ist sie bestimmend für die Einhaltung zugesagter Liefertermine und hat damit Einfluß auf die Erreichung des **Produktziels**. Schließlich ist zu beachten, daß durch die Abgrenzung der Arbeitsgänge, ihre Verteilung auf die Arbeits-

kräfte sowie die Vorgabe von Fertigungszeiten, Taktzeiten oder sonstiger Leistungsnormen die Tätigkeit des einzelnen Mitarbeiters stark geregelt wird. Seine Arbeitszufriedenheit und Motivation hängen von diesen Regelungen mit ab. Deshalb hat die Ablauforganisation auch Auswirkungen auf die **sozialen Ziele** der Unternehmung. Dieser Tatbestand wird bislang bei Entscheidungen über die Ablauforganisation nur in geringem Umfang berücksichtigt.

II. Herleitung von anwendbaren Unterzielen der Ablauforganisation

Lernziel:

In diesem Abschnitt sollen Sie

- die verschiedenen gebräuchlichen Ziele der Ablauforganisation kennenlernen und
- in die Lage versetzt werden, für jedes Ziel genau anzugeben, auf welche Größen es sich bezieht und wie seine Erreichung gemessen wird.

1. Einteilung der Ziele der Ablauforganisation

Für die Ablauforganisation ist eine große Zahl verschiedenartiger Ziele entwickelt worden. Ein Teil dieser Ziele ist so klar bestimmt, daß sie unmittelbar auf Probleme der Ablauforganisation angewandt werden können. Andererseits sind gerade die Beziehungen dieser praktisch anwendbaren Ziele zu den Oberzielen der Unternehmung häufig nicht eindeutig bekannt.

Die unterschiedlichen Ziele der Ablauforganisation erfassen verschiedene Größen aus dem Produktionsprozeß. **Erstens** kann man sie danach unterscheiden, ob sie sich auf Arbeitsträger oder auf Arbeitsobjekte bzw. Aufträge beziehen.

Mehrere Ziele der Ablauforganisation geben die Auslastung von Maschinen bzw. ganzen Fertigungslinien oder die an Arbeitsträgern anfallenden Umrüstprozesse wieder. Sie enthalten also Eigenschaften der im Produktionsprozeß eingesetzten Arbeitsträger, deren Ausprägungen durch die Ablauforganisation beeinflußt werden. Derartige Ziele kann man als **arbeitsträgerorientierte Ziele** bezeichnen. Andere Ziele der Ablauforganisation erfassen die Durchlaufzeiten von Aufträgen, Lager- oder Transportzeiten von Produkten bzw. Aufträgen oder die Termineinhaltung bei Aufträgen. Diese Klasse von Zielen bezieht sich auf Eigenschaften von Aufträgen oder Produkten. Sie werden im folgenden als **auftragsorientierte Ziele** bezeichnet. Arbeitsträger und Aufträge stellen die beiden Elemente dar, auf welche sich die Ziele der Ablauforganisation im allgemeinen beziehen.

Zweitens kann man die Ziele der Ablauforganisation nach dem Maßstab gliedern, an dem ihre Ausprägung gemessen wird. Um für jedes Ziel dessen Erreichung angeben zu können, benötigt man einen eindeutigen Maßstab, so wie z. B. Entfernungen in Metern oder Gewichte in Kilopond gemessen werden. In der Ablauforganisation verwendet man vor allem drei verschiedene Maßstäbe: Zeitgrößen, Kostengrößen und Opportunitätskostengrößen.

Typische Beispiele für **Zeitgrößen** sind die Durchlaufzeiten von Aufträgen, die zeitlichen Terminverzögerungen bei Aufträgen oder die Leer- bzw. Stillstandszeiten von Maschinen. Der große Vorteil von Zeitgrößen liegt in ihrer verhältnismäßig einfachen Meßbarkeit. Sie lassen sich im allgemeinen genau angeben und sind daher unmittelbar praktisch anwendbar.

Dieser Vorzug ist bei **Kostengrößen** nicht in gleicher Weise gegeben. Beispielsweise ist nicht eindeutig klar, welche verschiedenen Kostenarten (für Personal, Miete, Güterpflege usw.) zu den Lagerkosten gerechnet werden sollen oder nicht. Ein anderes Problem ist, welcher Zinssatz (Fremdkapitalzinssatz, Durchschnittsverzinsung in der Unternehmung usw.) bei der Ermittlung von Zinskosten anzusetzen ist. Die genaue Abgrenzung der bei einem Entscheidungsproblem zu berücksichtigenden Kosten ist vielfach ein schwieriges Problem, weil die Kostenhöhe von mehreren Bestimmungsgrößen abhängt. Deshalb sind Kostenziele nicht so unmittelbar praktisch anwendbar wie in Zeitgrößen gemessene Ziele. Andererseits ist ihr Zusammenhang zum Erfolgsziel der Unternehmung deutlicher feststellbar. Wichtige Kostengrößen, die bei der Ablauforganisation von Bedeutung sind, bilden vor allem die Lager- und Zinskosten, Transportkosten, Rüstkosten, Kosten von Terminüberschreitungen sowie maschinenabhängige Beschleunigungskosten.

Opportunitätskosten stellen entgangene Gewinne bzw. Deckungsbeiträge dar. Sie geben an, auf welche Gewinne oder Deckungsbeiträge durch die Verwirklichung einer Alternative verzichtet werden muß. Beispielsweise kann durch eine Terminverzögerung der Unternehmung ein Nachfolgeauftrag des Kunden verloren gehen. Hierdurch entgeht der Unternehmung der aus diesem Auftrag erzielbare Gewinn. Die Höhe des entgangenen Gewinns bilden in diesem Fall die Opportunitätskosten der Terminverzögerung. Die Ermittlung von Opportunitätskosten stellt für Wissenschaft und Praxis ein äußerst schwieriges Problem dar, das in vielen Fällen noch nicht gelöst ist.

Wendet man die beiden Merkmale „Zielelement“ und „Zielmaßstab“ auf eine Gliederung der ablauforganisatorischen Ziele an, so erhält man entsprechend Abbildung 4 sechs verschiedene Klassen von Zielen. In Abbildung 4 sind in jede Klasse die Ziele eingetragen, die im folgenden behandelt werden.

Zielmaßstab Zielelement	Zeitgrößen	Kostengrößen	Opportunitätskosten- größen
Auftragsorientiert	Durchlaufzeiten Wartezeiten Lagerzeiten Zykluszeit Terminüberschreitung	Terminüberschreitungs- kosten Stückkosten	Verzögerungskosten
Arbeitsträgerorientiert	Kapazitätsauslastung Leerzeiten Rüstzeiten Bandwirkungsgrad	Rüstkosten Beschleunigungskosten	Leerkosten

Abb. 4: Einteilung der Ziele der Ablauforganisation

2. Auftragsorientierte Ziele der Ablauforganisation

Bei vielen Modellen zur Lösung von Reihenfolgeproblemen werden Ziele verfolgt, welche die Durchlaufzeiten erfassen. Unter der **Durchlaufzeit** eines Auftrags, Objekts oder Loses versteht man die Zeitspanne zwischen der Bereitstellung der Rohstoffe für den ersten Arbeitsgang und der Vollendung des letzten Arbeitsganges. Sie gibt also die Zeitdauer für die Bearbeitung der Objekte in der Fertigung über alle Arbeitsgänge hinweg wieder.

Ein erster Bestandteil der Durchlaufzeit eines Auftrags sind die Bearbeitungszeiten der zu ihm gehörenden Objekte in allen Arbeitsgängen. Ferner müssen die Aufträge häufig an den Arbeitsträgern warten, bis die vor ihnen bearbeiteten Aufträge fertiggestellt sind. Deshalb bilden die Warte- oder Lagerzeiten der Aufträge bzw. Objekte den zweiten Bestandteil der Durchlaufzeiten. Also gilt die Beziehung:

$$\begin{aligned} \text{Durchlaufzeit eines Auftrags} &= \text{Bearbeitungszeiten des Auftrags in allen Arbeitsgängen} \\ &+ \text{Wartezeiten des Auftrags vor allen Arbeitsgängen} \end{aligned}$$

Zu den Bearbeitungszeiten kann man auch Transportzeiten sowie bei vorgegebenen Losgrößen die Rüstzeiten rechnen.

Vielfach wird unterstellt, daß die Reihenfolge für einen vorgegebenen Bestand an Aufträgen festzulegen ist. Ein mögliches Ziel besteht dann darin, die Summe der Durchlaufzeiten aller Aufträge bzw. die mittlere oder durchschnittliche Durchlaufzeit je Auftrag möglichst gering zu halten, d. h. zu minimieren. Ferner geht man bei der Lösung von Reihenfolgeproblemen im allgemeinen davon aus, daß die Bearbeitungszeiten durch die gewählte Reihenfolge nicht beeinflußt werden. Unter dieser Bedingung wird eine Minimierung der Durchlaufzeitensumme durch eine Minimierung der Wartezeiten erreicht. Demnach führen diese beiden Ziele der Ablauforganisation bei gegebenen Bearbeitungszeiten zu derselben (optimalen = bestmöglichen) Lösung. Als Ergebnis ist also festzuhalten:

Bei gegebener Auftragszahl und gegebenen Bearbeitungszeiten führen folgende Ziele der Ablauforganisation zu derselben optimalen Lösung von Reihenfolgeproblemen:

- *Minimierung der Summe aus den Durchlaufzeiten aller Aufträge bzw. der mittleren Durchlaufzeit;*
- *Minimierung der Summe aus den Wartezeiten aller Aufträge bzw. der mittleren Wartezeit.*

Wenn man die Auftragsfolge an verschiedenen Arbeitsträgern für einen gegebenen Bestand an Aufträgen zu bestimmen hat, kann man auch nach der Zeitspanne vom Beginn des ersten bis zur Fertigstellung des letzten Auftrags fragen. Diese Zeitdauer nennt man seine **Zykluszeit**. Sie entspricht nicht der Summe aller Durchlaufzeiten, sondern der Durchlaufzeit des Auftrags, der als letzter beendet wird und damit die längste Durchlaufzeit besitzt. Das Ziel Minimierung der Zykluszeit führt nicht immer zu demselben Ergebnis wie die Minimierung der Durchlaufzeitensumme.

Auf einen anderen Aspekt sind diejenigen auftragsorientierten Ziele ausgerichtet, welche die Einhaltung von **Terminen** erfassen. Sie können zum Beispiel mit Zeitgrößen oder mit Kostengrößen formuliert sein. Bei der Messung in Zeitgrößen werden die zugesagten Liefertermine der Aufträge mit ihren Fertigstellungsterminen verglichen. Sofern der Fertigstellungs- und Auslieferungstermin später als der zugesagte Termin liegt, besteht eine Terminüberschreitung oder Terminverzögerung. Auf dieses Merkmal bezieht sich das Ziel:

– *Minimierung der Summe aus den Terminüberschreitungen aller Aufträge.*

Eine Überschreitung zugesagter Termine kann unmittelbare Auswirkungen auf die Kosten haben. Beispielsweise können im Kaufvertrag Konventionalstrafen vereinbart sein, die im Falle einer Terminüberschreitung zu zahlen sind. Durch eine Setzung des Ziels

– *Minimierung der Terminüberschreitungskosten*

wird hohe Termintreue zur Vermeidung von Kosten angestrebt. Die durch eine Terminüberschreitung anfallenden, direkt meßbaren Kosten kann man Terminüberschreitungskosten nennen.

Zu den auftrags- und produktorientierten Zielen ist auch die

– *Minimierung der Stückkosten*

zu rechnen. Diese Zielsetzung wird insbesondere bei der Bestimmung von Losgrößen verwandt. Man ermittelt alle Kosten der Produktion, die vom betrachteten Entscheidungsproblem beeinflußt werden. Zu diesen Kosten zählen Material- und Personalkosten, Rüstkosten sowie Lager- und Zinskosten. Um die Stückkosten zu erhalten, muß die Kostensumme durch die Zahl der herzustellenden Produkte dividiert werden. Bei diesem Ziel werden auch arbeitsträgerabhängige Kostenbestandteile wie die Rüstkosten berücksichtigt.

Auftragsorientierte Ziele der Ablauforganisation können auch **Opportunitätskosten** enthalten. So kann man versuchen, die Verzögerungskosten zu bestimmen, die sich aus den Terminüberschreitungen ergeben. Sie bestehen aus den Gewinnen oder Deckungsbeiträgen, die der Unternehmung durch eine verspätete Fertigstellung von Aufträgen entgehen. Hiermit soll insbesondere erfaßt werden, in welchem Umfang eine mangelnde Termineinhaltung zur Abwanderung bisheriger und möglicherweise zu gewinnender Kunden führt. Ferner kann man versuchen, die sich aus einer Verschlechterung des Images einer Unternehmung ergebenden Gewinneinbußen zu schätzen und in die Verzögerungskosten einzu beziehen. Da die Zielsetzung

– *Minimierung der Verzögerungskosten aller Aufträge*

eine Schätzung von Opportunitätskosten erfordert, ist sie praktisch schwer anwendbar und in der Ablauforganisation nur wenig gebräuchlich.

3. Arbeitsträgerorientierte Ziele der Ablauforganisation

Durch eine Reihe von arbeitsträgerorientierten Zielen erfaßt man die Auslastung der Arbeitsträger. In der Regel mißt man sie in Zeitgrößen. Die gesamte Zeit, während der ein

Arbeitsträger im Produktionsprozeß eingesetzt ist, nennt man seine **Belegungszeit**. Sie setzt sich aus den Bearbeitungszeiten, den Rüstzeiten und den Stillstands- oder Leerzeiten zusammen. Eine hohe Auslastung der Kapazität zeigt sich daran, daß die Summe der Bearbeitungs- und Rüstzeiten im Verhältnis zur gesamten Belegungszeit groß ist. Je kürzer die Zeiten sind, in denen die Arbeitsträger leerstehen und damit nicht genutzt werden, desto produktiver werden sie im allgemeinen eingesetzt. Man bestimmt daher die Kapazitätsauslastung wie folgt:

$$\text{Kapazitätsauslastung eines Arbeitsträgers} = \frac{\text{Bearbeitungs- + Rüstzeiten des Arbeitsträgers}}{\text{Belegungszeit des Arbeitsträgers}} \\ (= \text{Bearbeitungs- + Rüst- + Leerzeiten})$$

In der Ablauforganisation versucht man, bei allen Arbeitsträgern eine möglichst hohe Kapazitätsauslastung zu erreichen. Dieses Bestreben kommt in dem Ziel zum Ausdruck, die durchschnittliche Kapazitätsauslastung zu maximieren. Man erhält diese Größe durch Addition der Kapazitätsauslastungen aller Arbeitsträger und Division durch die Zahl der Arbeitsträger.

Beispiel:

In der Firma zur Herstellung von Bauernmöbeln ergeben sich für eine bestimmte Auftragsfolge die nachfolgend angeführten Bearbeitungs-, Rüst- und Leerzeiten von drei Kreissägen A, B und C in Stunden:

	A	B	C
Bearbeitungszeiten	30	29	18
Rüstzeiten	2	1	2
Leerzeiten	8	10	20
Belegungszeiten	40	40	40

Die Kapazitätsauslastung je Arbeitsträger ist dann:

$$A: \frac{32}{40} = 0,8; \quad B: \frac{30}{40} = 0,75; \quad C: \frac{20}{40} = 0,5.$$

Hieraus läßt sich die mittlere Kapazitätsauslastung wie folgt errechnen:

$$\frac{0,8 + 0,75 + 0,5}{3} = \frac{2,5}{3} = 0,683$$

Sofern die Arbeitsträger eine bestimmte Zahl von Aufträgen bearbeiten müssen, hängen die Bearbeitungszeiten im allgemeinen nicht von der gewählten Auftragsfolge ab. Häufig nimmt man auch an, daß die Rüstzeiten reihenfolgeunabhängig sind. Dann ergibt eine Minimierung der Gesamtbelegungszeiten der Arbeitsträger dieselbe optimale Lösung wie die Maximierung der durchschnittlichen Kapazitätsauslastung. Zu demselben Ergebnis führt darüber hinaus eine Minimierung der Summe aus den Leerzeiten aller Arbeitsträger. Als Ergebnis ist demnach festzustellen:

Durch die Ziele

- Maximierung der durchschnittlichen Kapazitätsauslastung,

- *Minimierung der Gesamtbelegungszeit,*
 - *Minimierung der Summe der Leerzeiten aller Arbeitsträger*
- wird die Auslastung der Arbeitsträger erfaßt. Jedes dieser Ziele weist bei gegebenen Bearbeitungs- und Rüstzeiten dieselbe Alternative als optimal aus.*

Hängen die Rüstzeiten davon ab, in welcher Reihenfolge verschiedene Aufträge bearbeitet werden, so strebt man häufig eine

- *Minimierung der Summe aller Rüstzeiten*

an. Da dieses Ziel nur einen Bestandteil der Belegungszeiten von Arbeitsträgern erfaßt, ist es nur auf einfache Teilprobleme der Ablauforganisation anwendbar.

Für die **Leistungsabstimmung bei Fließfertigung** benötigt man ebenfalls ein Ziel, das die Auslastung der Arbeitsträger wiedergibt. Bei taktierter Fließfertigung wird allen Arbeitsträgern einer Fertigungslinie derselbe Arbeitstakt vorgegeben. Jeder Arbeitsträger muß seinen Arbeitsgang in dieser Taktzeit ausführen. Als Taktzeit muß die längste Bearbeitungszeit gewählt werden, die ein Arbeitsträger für seinen Arbeitsgang benötigt. An den anderen Arbeitsträgern ist die Bearbeitungszeit für einen Arbeitsgang kleiner oder höchstens gleich der Taktzeit. Zur Messung der Kapazitätsauslastung müssen die Bearbeitungszeiten den Taktzeiten gegenübergestellt werden. Hierzu bildet man einerseits die Summe aller Bearbeitungszeiten an einem Objekt. Sie zeigt an, wie lange ein Objekt über alle Arbeitsträger oder Stationen der Fertigungslinie hinweg bearbeitet wird. Andererseits erhält man durch Multiplikation der Taktzeit mit der Anzahl an Arbeitsträgern bzw. Stationen der Linie die Belegungszeit zur Bearbeitung eines Objekts. Das prozentuale Verhältnis der beiden Größen nennt man **Bandwirkungsgrad**:

$$\text{Bandwirkungsgrad} = \frac{\text{Summe der Bearbeitungszeiten eines Objekts in allen Stationen einer Fertigungslinie}}{\text{Taktzeit} \cdot \text{Stationenzahl der Fertigungslinie}} \cdot 100$$

Bei taktierter Fließfertigung wird demnach häufig das Ziel

- *Maximierung des Bandwirkungsgrades*

zu verwirklichen versucht.

Arbeitsträgerorientierte Ziele können auch aus Kostengrößen formuliert werden. Als wichtige Ziele dieser Art kennt man die

- *Minimierung der Rüstkosten aller Arbeitsträger und die*
- *Minimierung der Beschleunigungskosten aller Arbeitsträger.*

Zu den Rüstkosten zählt man alle Kosten, die für eine Umrüstung der Maschinen aufgebracht werden müssen. Sie umfassen vor allem Kosten für den menschlichen Arbeitseinsatz bei der Umrüstung und Kosten für den Betriebsstoff- und Energieverbrauch während der Umrüstung. Als Beschleunigungskosten sind die Kosten anzusehen, die durch eine Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit gegenüber der kostengünstigsten Geschwindigkeit verursacht werden. Diese Kosten entstehen insbesondere durch einen vermehrten Verbrauch von Energie, Ölen, Schmierstoffen, Werkzeugen und sonstigen Betriebsstoffen.

Sowohl Rüst- wie Beschleunigungskosten sind nur auf sehr begrenzte Problemstellungen als Ziele der Ablauforganisation anwendbar. Die Rüstkostenminimierung kann als Ziel der Entscheidung über die Auftragsfolge an einem Arbeitsträger betrachtet werden. Wenn die Rüstkosten sich proportional zu den Rüstzeiten verhalten, führt das einfachere Ziel der Rüstzeitenminimierung zu demselben Ergebnis. Eine Minimierung der Beschleunigungskosten strebt man bei Entscheidungen über die Produktionsgeschwindigkeit der Arbeitsträger an.

Eine arbeitsträgerorientierte Zielsetzung, die sich auf Opportunitätskosten bezieht, stellt die

– *Minimierung der Leerkosten*

dar. Dieses Ziel soll die Auswirkungen einer mangelnden Kapazitätsauslastung auf den Unternehmenserfolg messen und möglichst niedrig halten. Hierzu ist es notwendig, die Leerzeiten der Arbeitsträger mit Opportunitätskosten zu bewerten. Es ist zu bestimmen, welche Gewinne oder Deckungsbeiträge der Unternehmung dadurch entgehen, daß die Arbeitsträger leerstehen. Man muß also abschätzen, welche Gewinne oder Deckungsbeiträge durch eine produktive Nutzung der Leerzeiten erwirtschaftet werden könnten. Die Ermittlung von Leerkosten ist äußerst schwierig.

Fragen:

35. Welche Forderungen sind an die Ziele der Ablauforganisation zu stellen? Kennzeichnen Sie die Bedeutung dieser Anforderungen an einem konkreten Beispiel.
36. Entwickeln Sie ein Zahlenbeispiel, indem Sie die durchschnittliche Kapazitätsauslastung bestimmen, wenn 5 Maschinen und deren Zeiten gegeben sind.
37. Entwickeln Sie ein Beispiel für die Berechnung des Bandwirkungsgrades einer Fertigungslinie mit 7 Stationen und einer Taktzeit von 50 Sekunden.

III. Beziehungen zwischen den Zielen der Ablauforganisation

Lernziel:

- In diesem Abschnitt sollen Sie lernen,
- welche Beziehungen zwischen Zielen allgemein bestehen können,
 - welche typischen Beziehungen zwischen einzelnen Zielen der Ablauforganisation unterstellt werden und
 - welche Beziehungen zwischen den Zielen der Ablauforganisation und den Oberzielen der Unternehmung angenommen werden.

1. Kennzeichnung von Zielbeziehungsarten

Will die Unternehmung verschiedene Ziele prüfen und zur Organisation des Produktionsablaufs verwenden, so muß sie die Beziehungen zwischen den Zielen kennen. Um zu einer abgestimmten Planung und Steuerung zu gelangen, sollte sie die verschiedenen Ziele in eine Ordnung bringen und damit ein **Zielsystem** aufbauen.

Zwischen zwei Zielen können drei grundlegende **Arten von Beziehungen** bestehen: gleichgerichtete (komplementäre), entgegengerichtete (konkurrierende) und unabhängige Zielwirkungen. Eine **gleichgerichtete** Zielwirkung liegt vor, wenn eine Steigerung der Erreichung eines Zieles zu einer Erhöhung der Zielerfüllung bei dem anderen Ziel führt. Mit der Verwirklichung des einen Zieles wird zugleich das andere Ziel erreicht. Im Fall gleichgerichteter Ziele kann man sich bei der Entscheidungsfindung auf die Beachtung eines Zieles beschränken. Demgegenüber hat bei **entgegengerichteten** oder konkurrierenden Zielen das Verfolgen eines Zieles die Konsequenz, daß man in bezug auf das andere Ziel keine optimale Lösung finden kann. Die Steigerung der Zielerreichung des einen Zieles hat eine Verminderung der Zielerreichung bei dem anderen Ziel zur Folge. Deshalb muß man sich bei der Entscheidungsfindung für eines der beiden konkurrierenden Ziele entscheiden oder einen Kompromiß zwischen beiden Zielen suchen. Von einer **unabhängigen** Zielwirkung kann man sprechen, wenn die Verfolgung des einen Ziels keinerlei Auswirkungen auf die Erreichung des anderen Zieles hat. Beide Ziele können unabhängig voneinander angestrebt und verwirklicht werden. Derartige Beziehungen sind in der Praxis selten, weil die meisten Entscheidungsprobleme von Unternehmungen miteinander verbunden sind.

2. Kennzeichnung von Beziehungen zwischen einzelnen Zielen der Ablauforganisation

Typische Beispiele für **gleichgerichtete** Ziele sind in der Ablauforganisation einerseits die Ziele Minimierung der Durchlaufzeitensumme und Minimierung der Summe aller Wartezeiten. Beide Ziele führen bei gegebenen Bearbeitungs- und Rüstzeiten zu derselben optimalen Lösung. Dieselbe Beziehung besteht zwischen den Zielen Maximierung der durchschnittlichen Kapazitätsauslastung, Minimierung der Gesamtbelegungszeit und Minimierung der Summe aller Leerzeiten. Ferner kann man annehmen, daß die Ziele Minimierung der Terminüberschreitungen und Minimierung der Terminüberschreitungskosten sowie die Ziele Minimierung der Rüstzeiten und Minimierung der Rüstkosten in vielen Fällen und weiten Bereichen gleichgerichtet sind. Dagegen können bei den Zielen Minimierung der Durchlaufzeitensumme und Minimierung der Zykluszeit gleichgerichtete und entgegengerichtete Wirkungen auftreten. In entsprechender Weise kann eine Minimierung der Durchlaufzeitensumme oft zur Termineinhaltung beitragen, in einer Reihe von Fällen aber auch dem Ziel Minimierung der Terminüberschreitungen entgegenstehen.

Am häufigsten wird auf eine **entgegengerichtete** Wirkung der Ziele Minimierung der Summe aller Durchlaufzeiten und Maximierung der durchschnittlichen Kapazitätsauslastung hingewiesen. Anhand einfacher Beispiele läßt sich zeigen, daß in einer Reihe von Fällen die durchlaufzeitenminimale Lösung eines Reihenfolgeproblems nicht mit der

Lösung übereinstimmt, bei der die Kapazitätsauslastung maximiert wird. Dieses Problem der Konkurrenz zwischen Durchlaufzeitenminimierung und Kapazitätsauslastungsmaximierung nennt man das **Dilemma der Ablaufplanung**. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß diese Zielkonkurrenz nur begrenzt auftritt. Die Geltung und Schärfe dieses Gegensatzes hängt von der Art des Produktionsprozesses und des zu lösenden Organisationsproblems ab. Vielfach ist es auch möglich, Lösungen zu finden, die in bezug auf beide Ziele befriedigend sind. Dann verzichtet man darauf, die Alternativen mit der niedrigsten Durchlaufzeitensumme oder der höchsten Kapazitätsauslastung zu verwirklichen. Man wählt vielmehr eine Alternative, die eine verhältnismäßig niedrige Durchlaufzeit aller Aufträge und eine verhältnismäßig hohe Kapazitätsauslastung aller Arbeitsträger gewährleistet.

Die Beziehungen zwischen den Zielen der Ablauforganisation sind bislang nur in begrenztem Umfang erforscht. Deshalb lassen sich noch keine allgemeingültigen und gut bestätigten Aussagen treffen. Zudem ist zu vermuten, daß die Ausprägung der Zielbeziehungen von einer hohen Zahl von Einflußgrößen abhängig ist, die ebenfalls bis heute zu wenig untersucht sind.

Auch die Beziehungen zwischen den Unterzielen der Ablauforganisation und den Oberzielen der Unternehmung sind bisher nicht eindeutig geklärt. Man ist deshalb auf Annahmen und Vermutungen angewiesen. Grundsätzlich wird unterstellt, daß sowohl die auftragsorientierten als auch die arbeitsträgerorientierten Ziele den Erfolgszielen der Unternehmung dienen. In der Regel sollen durch eine Minimierung der Durchlaufzeitensumme und eine Maximierung der Kapazitätsauslastung die Erlöse bei gegebenen Kosten für Personal und Arbeitsmittel erhöht werden. Dagegen sind die Ziele Minimierung der Stückkosten, der Terminüberschreitungskosten, der Rüst- und der Beschleunigungskosten auf eine Verringerung der Kosten bei gegebenen Erlösen ausgerichtet.

Da die Ziele der Ablauforganisation sich auf sehr unterschiedliche Größen des Produktionsprozesses beziehen und zwischen ihnen zumindest teilweise entgegengerichtete Zielwirkungen zu bestehen scheinen, ist eine genaue Überprüfung ihrer Zielwirkungen unerlässlich. Wenn man die Beziehungen zwischen den Zielen der Ablauforganisation sowie zu den Oberzielen der Unternehmung kennt, läßt sich auch bestimmen, welche Ziele für welche Problembereiche der Ablauforganisation vorzugeben sind. Erst auf diesem Weg kann man zu einem in sich geschlossenen und abgestimmten System ablauforganisatorischer Ziele gelangen.

Fragen:

38. Welche grundsätzlichen Beziehungsarten können zwischen Zielen bestehen?
39. Zeigen Sie anhand der dargestellten Beziehungsarten, welche typischen Beziehungen zwischen den Zielen der Ablauforganisation bestehen. Versuchen Sie, einen systematischen Überblick zu geben.
40. Wie wichtig erscheinen Ihnen die ablauforganisatorischen Zielkonflikte im Hinblick auf die Oberziele der Unternehmung?

D. Erhebungs- und Darstellungstechniken der Ablauforganisation

I. Methoden der Datenermittlung und Datenprognose

Lernziel:

Dieser Abschnitt vermittelt einen Überblick über die wichtigsten Methoden der Ermittlung und Prognose von Daten für die Ablauforganisation. Nach seiner Durcharbeit sollen Sie

- die wichtigsten Zeitarten kennen, in welche man die Arbeitszeiten in der Ablauforganisation gliedert,
- eine grundlegende Vorstellung über die Technik der Zeitaufnahme sowie
- über die Zeitermittlung mit Hilfe der „Systeme vorbestimmter Zeiten“ besitzen.

Grundlage bei der Entscheidungsfindung in der Ablauforganisation ist die Kenntnis der für das anstehende Problem maßgeblichen Daten. Deshalb bilden die Aufnahme von Istdaten und die Prognose von Plandaten einen wichtigen Teilbereich ablauforganisatorischer Tätigkeit. In der Praxis werden hierzu vor allem die vom Verband für Arbeitsstudien – REFA – entwickelten Methoden angewandt. Die Ergebnisse der Datenermittlung und Datenprognose dienen nicht nur der Ablauforganisation, sondern auch der Lohnermittlung und der Kostenrechnung.

1. Gliederung der Arbeitszeiten

Aus dem Überblick über die Ziele der Ablauforganisation ist erkennbar, daß in diesem Bereich in erster Linie Informationen über Zeitgrößen und über Kostengrößen verarbeitet werden. Kosteninformationen müssen von der betrieblichen Kosten- und Leistungsrechnung bereitgestellt werden. Daher liegt das Hauptgewicht der Datenermittlung in der Ablauforganisation auf der Ermittlung der Arbeitszeiten.

Die wichtigsten Zeitgrößen für die Ablauforganisation sind einerseits die Belegungszeiten von Arbeitsträgern und andererseits die Durchlaufzeiten von Aufträgen. Für eine genaue Zeitbestimmung müssen die Belegungs- bzw. Durchlaufzeiten in ihre einzelnen Teile zerlegt werden. Deshalb führt man eine **Zeitgliederung** durch. Aus ihr wird ersichtlich, welche verschiedenen Ablauf- und Zeitarten bei den Menschen und Arbeits- bzw. Betriebsmitteln sowie bei den Objekten bzw. Aufträgen anfallen.

Betrachtet man die Tätigkeiten von Menschen und Betriebsmitteln, so stehen für die Gestaltung des Produktionsdurchlaufs die **beeinflussbaren Zeiten** im Vordergrund. Deshalb sind die einzelnen Vorgänge und Ablaufarten nach ihrer Beeinflussbarkeit zu unterteilen. Dabei können voll beeinflussbare, bedingt beeinflussbare und unbeeinflussbare Abläufe

unterschieden werden. Bei voll beeinflussbaren Abläufen ist die Ausführungszeit allein vom Menschen abhängig, während dieser bei bedingt beeinflussbaren die Ausführungszeit lediglich bis zu einem gewissen Grad verändern kann. Typische Beispiele sind Montagetätigkeiten für voll beeinflussbare, Autofahren oder Löten für bedingt beeinflussbare sowie automatisierte Prozesse oder die Überwachung von Schaltpulten für unbeeinflussbare Abläufe.

Die **Arbeitsabläufe** werden entsprechend dem Vorgehen von REFA nach bestimmten Merkmalen gegliedert. Dabei verwendet man für die **Arbeitsträger** Mensch und Arbeits- bzw. Betriebsmittel dieselben Merkmale. Das von REFA entwickelte Gliederungsschema ist in Abbildung 5 wiedergegeben (REFA 1971, S. 23). Auf einer ersten Stufe wird unterschieden, ob der Arbeitsträger sich im Einsatz oder außer Einsatz befindet sowie ob Betriebsruhe vorliegt. Ferner ist eine Klasse für nicht erkennbare Fälle eingeführt. Menschen und Betriebsmittel sind im Einsatz, wenn sie (im Rahmen der festgelegten betrieblichen Arbeitszeiten) für die Ausführung von Arbeitsaufgaben verfügbar sind. Sie befinden sich außer Einsatz, wenn sie innerhalb der Arbeitszeit längerfristig nicht zur Verfügung stehen oder von der Unternehmung nicht beschäftigt bzw. mit Aufträgen belegt werden können. Zur Betriebsruhe gehören gesetzlich, tarifvertraglich oder betrieblich vereinbarte Arbeitspausen wie Betriebspausen, Feiertage oder Arbeitspausen bei Katastrophen.

Maßgeblich für die Ablauforganisation sind die Einsatzzeiten der Arbeitsträger. Die Zeiten, in denen sich Menschen und Betriebsmittel nicht im Einsatz befinden, sind in der Regel von der Ablauforganisation nicht oder nur sehr begrenzt veränderbar. Deshalb muß man in der Ablauforganisation versuchen, eine möglichst günstige Ausnutzung der Einsatzzeiten zu erreichen.

Wenn ein Arbeitsträger für die Produktion zur Verfügung steht, d. h. im **Einsatz** ist, kann er entweder tätig sein oder nicht. Nach REFA spricht man beim Menschen von „Tätigkeit“ und bei Betriebsmitteln von „Nutzung“. Die Tätigkeit des Menschen oder die Nutzung des Betriebsmittels sind entsprechend Abbildung 5 in drei verschiedene Teile zerlegt: Haupt-, Neben- und zusätzliche Tätigkeit bzw. Nutzung. Die **Haupttätigkeit** bzw. **-nutzung** dient der planmäßigen und unmittelbaren Erfüllung der Arbeitsaufgabe. Sie umfaßt die eigentliche Bearbeitung der Objekte. Dagegen bezieht sich die **Nebentätigkeit** bzw. **-nutzung** auf Vorgänge, die lediglich mittelbar zur Erfüllung der Arbeitsaufgaben beitragen. Während dieser Vorgänge wird an den Objekten kein Arbeitsfortschritt vollzogen. Beispiele für Nebentätigkeiten sind das Heranholen, Einfüllen oder Abzählen der Objekte, Beispiele für Nebennutzungen das Umrüsten oder Beschicken der Maschinen sowie der Austausch von Werkstücken oder Werkzeugen auf der Maschine. Unter die Klasse der **zusätzlichen Tätigkeiten** oder Nutzungen fallen Vorgänge, deren Auftreten und Ablauf im voraus nicht bestimmbar ist. Sie können z. B. wegen technischer oder organisatorischer Störungen vorkommen.

Für die Planung und Kontrolle von Arbeitszeiten in der Ablauforganisation ist es äußerst wichtig, die Zeiten zu erfassen, in denen Arbeitskräfte nicht tätig und Betriebsmittel nicht genutzt sind. Während dieser Zeiten liegt eine **Unterbrechung** ihrer Tätigkeit bzw. Nutzung vor. Nach REFA unterscheidet man vier verschiedene Arten der Unterbrechung:

- ablaufbedingtes Unterbrechen,

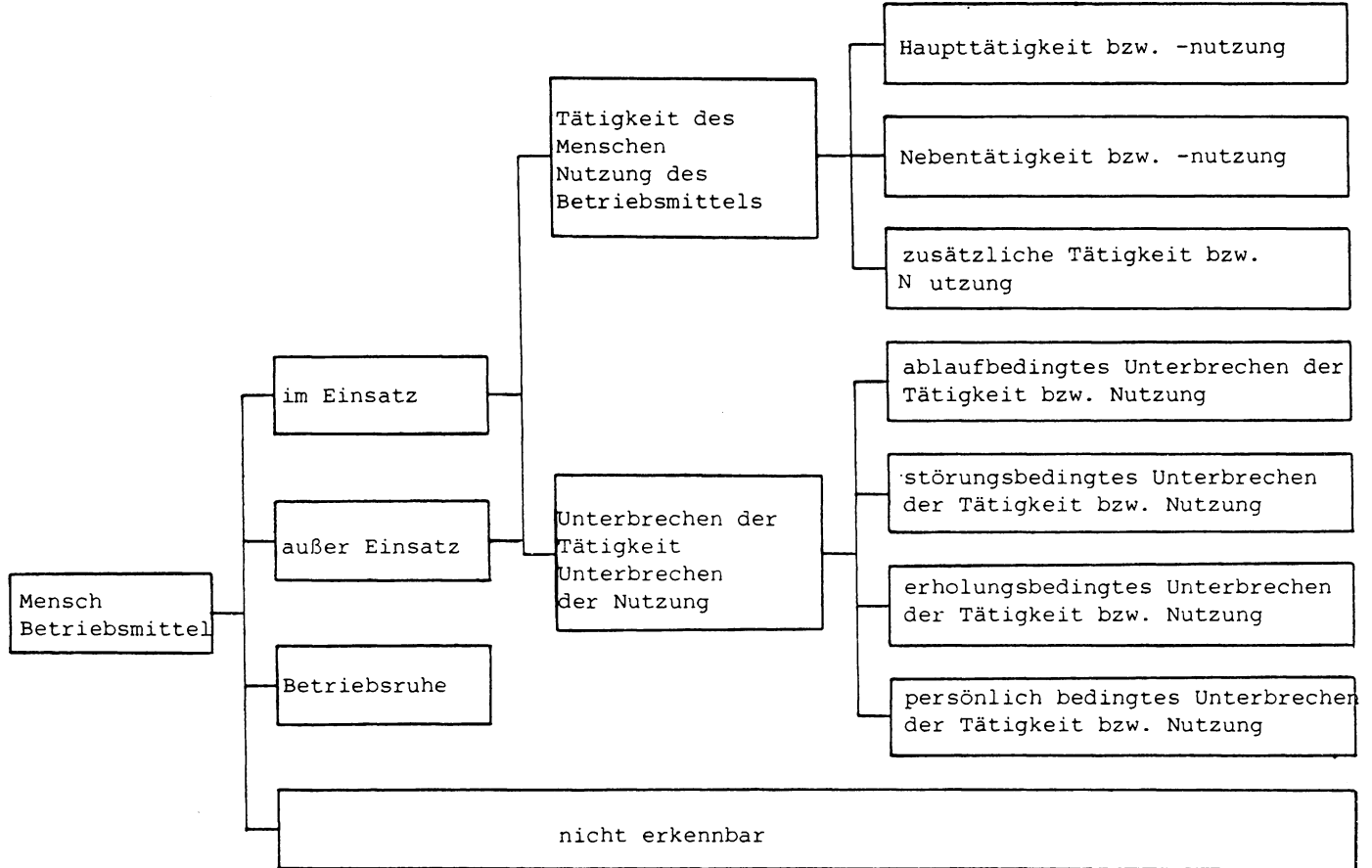


Abb. 5: Ablaufgliederung für Mensch und Betriebsmittel nach REFA

- störungsbedingtes Unterbrechen,
- erholungsbedingtes Unterbrechen,
- persönlich bedingtes Unterbrechen.

Aus der Reihenfolgeplanung ergibt sich vielfach, daß Arbeitsträger bis zur Bearbeitung eines Auftrags warten müssen. Derartige Leerzeiten lassen sich häufig nicht vermeiden, weil eine vollständige Leistungsabstimmung der Arbeitsträger bei der Herstellung verschiedenartiger Produkte nicht immer erreichbar ist. Die Dauer der Leerzeiten hängt von den Reihenfolgen ab und wird mit eingeplant. Diese Unterbrechungen sind *ablaufbedingt*. Sie möglichst niedrig zu halten, ist eine zentrale Aufgabe der Ablauforganisation und findet besonders in dem Ziel „Maximierung der durchschnittlichen Kapazitätsauslastung“ ihren Ausdruck.

Daneben können Leerzeiten von Menschen und Betriebsmitteln durch technische Störungen, organisatorische Störungen oder einen Mangel an Informationen verursacht werden. In diesen Fällen handelt es sich um eine **störungsbedingte Unterbrechung**

Dem Menschen müssen während der Arbeit immer wieder Pausen zur Erholung eingeräumt werden. Innerhalb dieser Zeit baut er seine Arbeitsmüdigkeit ab. Diese Art von Unterbrechung der Tätigkeit des Menschen oder der Nutzung von Betriebsmitteln ist **erholungsbedingt**.

Schließlich ist eine Reihe von Unterbrechungen darauf zurückzuführen, daß die eingesetzten Arbeitskräfte ihre persönlichen Bedürfnisse erfüllen. Beispielsweise holen sie sich Getränke, gehen zur Toilette oder führen untereinander Gespräche. Derartige Unterbrechungen nennt man **persönlich bedingt**.

An den **Arbeitsobjekten** sind ebenfalls verschiedene Ablaufarten zu beobachten. Die von REFA entwickelte Ablaufgliederung für Arbeitsobjekte ist in Abbildung 6 wiedergegeben. Aus ihr wird ersichtlich, daß sich die Ablaufarten einerseits auf Tätigkeiten am Objekt wie Einwirken, Fördern, zusätzliches Verändern und Prüfen, andererseits auf Wartezeiten des Liegens und Lagerns beziehen.

In der Ablauforganisation müssen für diese verschiedenen Ablaufarten die Zeitdauern ermittelt werden. Man spricht in Arbeitsstudien dabei von Vorgabezeiten, sofern die Zeiten neben Anteilen für das planmäßige Erfüllen der Arbeitsaufgaben auch Anteile für im voraus nicht genau bestimmbare Ablaufarten enthalten. Entsprechend Abbildung 7 wird für jede Ablaufart der Gliederung für Menschen und Betriebsmittel die zugehörige Zeitdauer ermittelt. Zur Bildung von Arbeitsgängen und zur Bestimmung der Belegungs- und Durchlaufzeiten werden die sich ergebenden Zeitarten in drei Klassen eingeteilt:

- Grundzeiten,
- Erholungszeiten,
- Verteilzeiten.

Diese drei Zeitarten besitzen in der Zeitmessung und Zeitplanung eine große Bedeutung. **Grundzeiten** sind die Sollzeiten für das planmäßige Ausführen der Arbeitsaufgaben. Sie umfassen beim Arbeitsträger Mensch die Haupt- und Nebentätigkeitszeiten sowie die ablaufbedingten Unterbrechungszeiten. Bei Betriebsmitteln gehören zu den Grundzeiten außer den Haupt- und Nebennutzungszeiten die Zeiten für ablaufbedingtes sowie für erholungsbedingtes Unterbrechen der Nutzung.

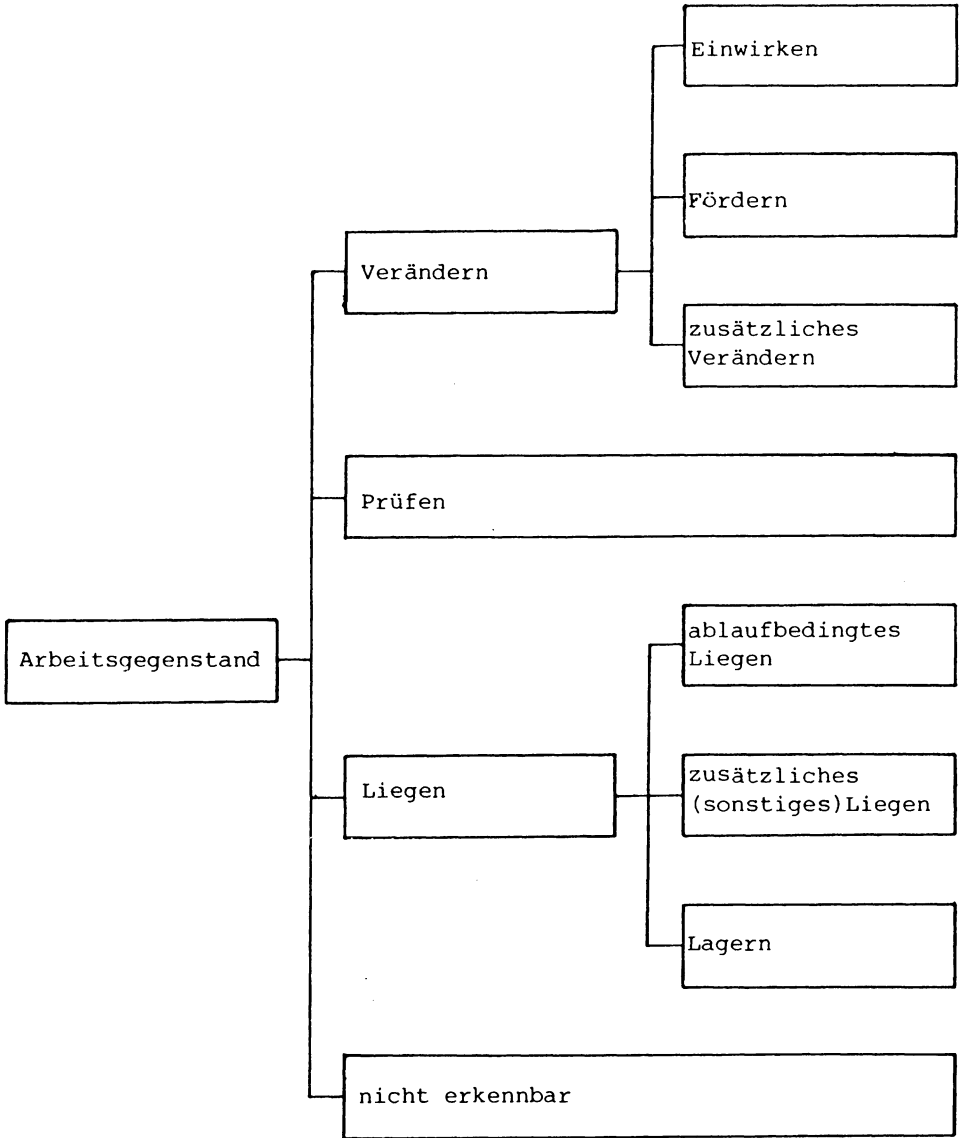


Abb. 6: Ablaufgliederung für Objekte nach REFA

Erholungszeiten werden lediglich bei der Zeitgliederung für den Arbeitsträger Mensch neben Grund- und Verteilzeit gestellt. Sie sind Vorgabezeiten für die Erholung, welche der Mensch infolge seiner Tätigkeit benötigt. Zu beachten ist, daß erholungsbedingte Unterbrechungszeiten innerhalb der Zeitgliederung für Betriebsmittel zur Grundzeit gerechnet werden.

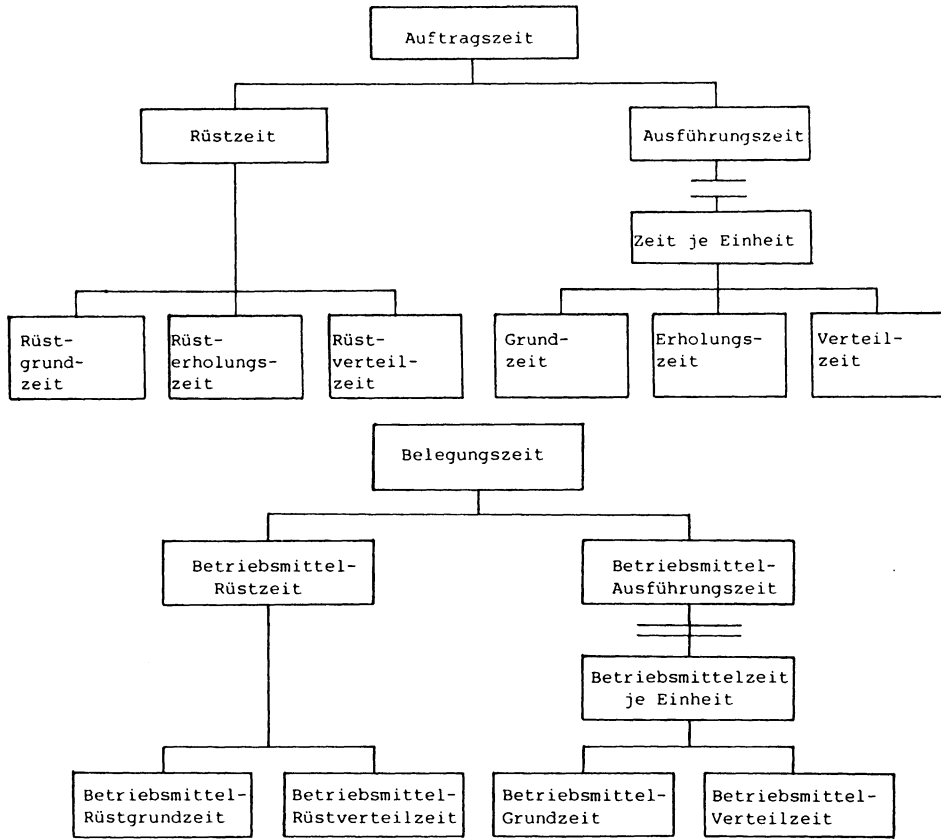


Abb. 7: Zeitgliederung für Menschen (Auftragszeit) und Betriebsmittel (Belegungszeit) nach REFA

Die restlichen Tätigkeitszeiten und Unterbrechungszeiten faßt man unter dem Begriff der **Verteilzeiten** zusammen. Sie stellen Sollzeiten dar, die zusätzlich zur planmäßigen Arbeitsausführung anfallen. Man teilt sie in sachliche und persönliche Verteilzeiten ein. Zu den sachlichen Verteilzeiten gehören beim Menschen und bei Betriebsmitteln die Zeiten für zusätzliche Tätigkeiten und störungsbedingte Unterbrechungen. Sachliche Verteilzeiten beziehen sich auf Vorgänge, die als Folge der Arbeitserfüllung notwendig sind. Persönliche Verteilzeiten haben dagegen kaum einen Zusammenhang zur Arbeitsaufgabe. Sie geben die Zeiten für ein persönlich bedingtes Unterbrechen der Tätigkeit des Menschen sowie eine damit verbundene Unterbrechung der Nutzung von Betriebsmitteln wieder.

Grund-, Verteil- und Erholungszeiten müssen stets für eine bestimmte Bezugsgröße angegeben werden. Beispielsweise ist zu unterscheiden, ob die Grundzeit als Zeit zur Bearbeitung eines einzelnen Produkts oder eines aus mehreren Produkten bestehenden Auftrags angegeben ist. Man bestimmt also jeweils die Zeitdauern, die als Grund-, Erholungs- oder Verteilzeit für eine Produkteinheit oder einen ganzen Auftrag anzusetzen sind.

Mit Hilfe der gekennzeichneten Ablauf- und Zeitarten ermittelt man entsprechend Abbildung 7 die **Vorgabezeiten**, welche eine Arbeitskraft oder ein Betriebsmittel zur Bearbeitung eines Auftrags benötigt. Die Zeit, die der Arbeitsträger Mensch für die Bearbeitung eines Auftrags benötigt, bezeichnet man als **Auftragszeit**. Sie wird in die Rüstzeit und die Ausführungszeit gegliedert. Beide Zeiten werden zuerst für den gesamten Auftrag berechnet. Anschließend bezieht man die Ausführungszeit des Gesamtauftrages auf die Produkteinheit und errechnet die Ausführungszeit je Einheit. Die Rüstzeit (für den gesamten Auftrag) und die Ausführungszeit je Einheit kann man dann in Grund-, Erholungs- und Verteilzeiten jeweils weiter unterteilen. In entsprechender Weise zerlegt man die Belegungszeit von Betriebsmitteln.

2. Verfahren der Zeitaufnahme

Ausgangspunkt für die Zeitaufnahme ist die Aufteilung der Auftrags- oder Belegungszeiten für den zu messenden Arbeitsgang. Ihre Aufgabe liegt in der Bestimmung der einzelnen Rüst- und Ausführungs- sowie Grund- und Verteilzeiten. Hierzu sind mehrere Methoden entwickelt worden. Gebräuchlich sind vor allem die **Verfahren der Zeitaufnahme von REFA** und die **Systeme vorbestimmter Zeiten**.

Zur Durchführung der Zeitaufnahme ist von REFA ein Standardprogramm ausgearbeitet worden. Dieses gibt die Einzelschritte der Zeitaufnahme genau an und enthält eine Reihe verschiedener Formulare. Anhand dieser Hilfsmittel wird die Zeitaufnahme in der Regel von ausgebildeten REFA-Fachleuten durchgeführt.

Grundsätzlich lassen sich fünf **Hauptschritte der Zeitaufnahme** unterscheiden:

- ① Beschreibung der zu messenden Arbeit,
- ② Messung der Grundzeiten,
- ③ Leistungsgradbeurteilung,
- ④ Ermittlung der Verteilzeiten,
- ⑤ Berechnung der Sollzeiten.

Der **erste Schritt** einer Zeitaufnahme besteht in der **genauen Kennzeichnung und Beschreibung der zu messenden Arbeit**. Man muß angeben, welche Arbeitsaufgabe durchzuführen ist und welche Arbeitsverfahren und Arbeitsmethoden hierbei verwendet werden. Es ist festzustellen, unter welchen Bedingungen sie vollzogen wird. Des weiteren ist zu untersuchen, welche einzelnen Tätigkeiten zu der Arbeit gehören und in welche Arbeitsteile der Ablauf gegliedert werden kann. Zugleich muß man prüfen, ob der Ablauf regelmäßige Wiederholungen aufweist. Die Beschreibung der Arbeit umfaßt auch die Kennzeichnung ihrer Einflußgrößen und die Angabe der Bezugsmengen (Auftrag oder Produkteinheit), für welche die Zeitgrößen anzugeben sind.

Maßgebliche Grundlage für die Bestimmung von **Vorgabezeiten** ist die **Messung der Grundzeiten** als **zweiter Schritt** der Zeitaufnahme. Entsprechend den Ablaufabschnitten der zu messenden Arbeit legt man **Meßpunkte** fest, welche den Anfang und das Ende der Abschnitte angeben. Nach REFA kann man zwei Verfahren der Zeitmessung einsetzen. Zum einen kann man das Meßgerät über die gesamte Aufnahmezeit hinweg laufen lassen und die abgelaufene „Fortschrittszeit“ bei jedem Meßpunkt ablesen sowie eintragen. Dieses

Verfahren nennt man **Fortschrittszeitmessung**. Anhand der aufgenommenen Zeiten der jeweiligen Meßpunkte lassen sich anschließend die Zeiten für die einzelnen Arbeitsabschnitte errechnen. Zum anderen kann man das Meßgerät nach Ablauf eines jeden Abschnittes stoppen und die Einzelzeit für den Abschnitt ablesen. Dann gibt erst die Summe der Einzelabschnitte die Dauer des gesamten Ablaufs wieder. Das zweite Verfahren bezeichnet man als **Einzelzeitmessung**.

Die Zeitmessung kann entweder als Fremdaufschreibung durch einen Fachmann für Arbeitsstudien oder als Selbstaufschreibung durch die betreffende Arbeitskraft oder Maschine vorgenommen werden. Für die Messung der Zeiten verwendet man Stoppuhren, Stempeluhren, spezielle Meßgeräte der Zeitaufnahme oder am Betriebsmittel eingebaute Meßgeräte. Die gemessenen Werte der Fortschritts- und Einzelzeiten werden in einen Zeitaufnahmebogen eingetragen.

Als **dritter Schritt** der Zeitaufnahme muß eine **Leistungsgradbeurteilung** vorgenommen werden. Wenn Arbeitskräfte unter gleichen Bedingungen dieselbe beeinflussbare Tätigkeit ausüben, stimmt die von ihnen jeweils benötigte Zeitdauer nur in wenigen Fällen überein. Deshalb kann die bei einer Arbeitskraft gemessene Zeitdauer nicht als allgemeines Maß für alle Mitarbeiter vorgegeben werden. Vielmehr ist die Leistung des einzelnen einer „Bezugsleistung“ gegenüberzustellen. Bei der Zeitaufnahme nach REFA verwendet man als Bezugsleistung die sogenannte (REFA-) Normalleistung. Sie stellt nicht einfach eine Durchschnittsleistung dar. Als **Normalleistung** wird von REFA die Leistung angesehen, bei welcher der Bewegungsablauf besonders harmonisch und ausgeglichen erscheint. Man kann diese Leistung von einer Arbeitskraft nur erwarten, wenn sie

- in erforderlichem Maß geeignet,
- geübt sowie
- voll eingearbeitet ist und
- ihre Fähigkeiten ungehindert entfalten kann.

Die Normalleistung beruht auf der Unterstellung eines besonders natürlichen und ausgeglichenen Bewegungsablaufs. Sie wird von REFA (1971, S. 136) wie folgt angegeben:

„Unter REFA-Normalleistung wird eine Bewegungsausführung verstanden, die dem Beobachter hinsichtlich der Einzelbewegung, der Bewegungsfolge und ihrer Koordinierung besonders harmonisch, natürlich und ausgeglichen erscheint. Sie kann erfahrungsgemäß von jedem in erforderlichem Maße geeigneten, geübten und voll eingearbeiteten Arbeiter auf die Dauer und im Mittel der Schichtzeit erbracht werden, sofern er die für persönliche Bedürfnisse und gegebenenfalls auch für Erholung vorgegebenen Zeiten einhält und die freie Entfaltung seiner Fähigkeiten nicht behindert wird.“

Da es sich bei der Normalleistung um keine meßbare Durchschnittsleistung handelt, hängt ihre Festlegung sehr stark von der Vorstellung und Objektivität der Personen ab, welche die Leistungsgradbeurteilung vornehmen. Sofern es sich hierbei um fachlich ausgebildete und in der Zeitaufnahme erfahrene Personen handelt, werden sie eine verhältnismäßig klare Vorstellung über die Normalleistung besitzen. Jedoch ist zu betonen, daß die Festlegung der Normalleistung stets subjektive Elemente enthält.

Vergleicht man die tatsächlich gemessene Leistung mit der vorgestellten Normalleistung, so läßt sich der Leistungsgrad beurteilen. Der beobachtete Leistungsgrad ergibt sich aus folgender Beziehung:

$$\text{Leistungsgrad} = \frac{\text{gemessene Ist-Mengenleistung}}{\text{vorgestellte Normalleistung}} \cdot 100$$

Beispiel:

Die Zeitaufnahme hat ergeben, daß ein Sägevorgang von der Arbeitskraft in 12 Minuten durchgeführt wird. In einer Stunde werden also 5 Arbeitsgänge im Sägen vollzogen. Die Normalleistung beträgt nach Vorstellung des REFA-Fachmannes 4 Arbeitsgänge pro Stunde. Dann erhält man einen Leistungsgrad von

$$\frac{5}{4} \cdot 100 = 125 \%$$

Vielfach kann der Arbeitsstudienfachmann, der den Leistungsgrad beurteilt, nicht vor der Zeitmessung angeben, wie hoch die Normalleistung im zu beobachtenden Arbeitsgang anzusetzen ist. Dann wird von ihm verlangt, daß er anhand des tatsächlich beobachteten Bewegungsablaufs schätzt, wie die tatsächliche Leistung im Verhältnis zur Normalleistung steht. Er muß also aus dem Bewegungsablauf der Arbeitskraft abschätzen, wie hoch deren Leistung über der Normalleistung liegt.

Beispiel:

Der Arbeitsstudienfachmann schätzt den Leistungsgrad des Mitarbeiters an der Kreissäge auf 125 %. Bei einer gemessenen Zeit von 12 Minuten je Arbeitsgang bzw. 5 Stück je Stunde gilt:

- Istmenge 125 % $\hat{=}$ 5 Stück

$$\begin{array}{l} \text{Sollmenge} \\ \text{der Normalleistung} \\ \text{je Stunde} \end{array} \quad 100 \% \hat{=} \frac{\text{Istmenge} \cdot 100}{\text{Leistungsgrad}} = \frac{5 \cdot 100}{125} = 4 \text{ Stück}$$

- Istzeit 125 % $\hat{=}$ 12 Minuten

$$\begin{array}{l} \text{Sollzeit} \\ \text{der Normalleistung} \\ \text{je Stück} \end{array} \quad 100 \% \hat{=} \frac{\text{Istzeit} \cdot \text{Leistungsgrad}}{100} \\ = \frac{12 \cdot 125}{100} = 15 \text{ Minuten.}$$

Der vierte Schritt einer Zeitaufnahme besteht in der Ermittlung der Verteilzeiten. Deren Dauer ist von zufälligen Einflüssen wie persönlichen Bedürfnissen oder Maschinenstörungen abhängig. Deshalb können diese Zeiten durch eine Zeitmessung nicht erfaßt werden. Vielmehr ist mit Hilfe statistischer Methoden zu versuchen, ihre Dauer zu schätzen. Die Dauer der Verteilzeiten wird dabei an zufällig ausgewählten Zeitpunkten erfaßt. Durch zahlreiche Messungen derselben Tätigkeiten läßt sich ihre durchschnittliche Dauer ersehen. Dann berechnet man, wie lange einzelne Verteilzeiten beispielsweise im Verhältnis zur

Grundzeit dauern. Dabei werden die Verteilzeiten nicht in absoluten Werten, sondern als Verteilzeitprozentsätze angegeben. Beispielsweise ermittelt man den Verteilzeitprozent-satz für die sachliche auftragsabhängige Verteilzeit wie folgt:

$$\frac{\text{Verteilzeitprozentsatz für sachliche auftragsabhängige Verteilzeit}}{\text{Verteilzeit}} = \frac{\text{sachliche auftragsabhängige Verteilzeit} \cdot 100}{\text{Grundzeit}}$$

Da innerhalb der Verteilzeiten keine Leistung erbracht wird, tritt das Problem der Leistungsbeurteilung hier nicht auf.

Der Zeitaufnahme liegt eine bestimmte Gliederung der Auftrags- oder Belegungszeit des zu messenden Arbeitsganges in Rüst- und Ausführungszeiten sowie in Grund-, Erholungs- und Verteilzeiten zugrunde. Addiert man die ermittelten Teilzeiten, so gelangt man zur Vorgabe- oder Sollzeit des betrachteten Arbeitsganges. Damit wird der **fünfte Schritt** einer Zeitaufnahme, die **Berechnung der Sollzeiten**, vollzogen.

Für die verschiedenartigen Probleme der Ablauforganisation ist einerseits die gesamte Vorgabezeit wichtig, andererseits benötigt man für bestimmte Fragestellungen lediglich die einzelnen Teilzeiten. Eine Reihe von Aufgaben der Ablauforganisation (z. B. die Reihenfolgeplanung) ist nämlich darauf ausgerichtet, den Anteil bestimmter Teilzeiten (z. B. der ablaufbedingten Unterbrechungszeiten) zu vermindern.

3. Systeme vorbestimmter Zeiten

Im Mittelpunkt der Verfahren zur Zeitaufnahme steht die Zeitenmessung von beobachteten Arbeitsabläufen. Daneben gibt es Verfahren zur Bestimmung und Prognose von Arbeitszeiten, die stärker auf einer gedanklich-theoretischen Untersuchung der Abläufe und ihrer Einflußgrößen beruhen. Besonders gebräuchlich sind das **MTM-Verfahren** (Methods Time Measurement = Methode der Zeitmessung) und das **Work-Factor-Verfahren**. Man faßt derartige Verfahren unter dem Begriff „Systeme vorbestimmter Zeiten“ zusammen.

Bei diesen Systemen werden Arbeitsabläufe allgemein untersucht. Grundlage sind standardisierte kleine Bewegungselemente wie „Hinlangen zum Werkzeug“, „Greifen des Werkzeugs“, „Halten des Werkzeugs“ u. a. Diese Elemente treten bei verschiedenen Verrichtungsarten auf. Deshalb lassen sich die beeinflussbaren Verrichtungen in sie zerlegen. Für diese standardisierten Bewegungselemente bestimmt man unter Berücksichtigung von Einflußgrößen allgemeingültige Zeiten. Dann kann die Zeitdauer einer einzelnen Verrichtung durch Zusammensetzung der Zeiten ihrer Bewegungselemente ermittelt werden.

Um eine Bestimmung der Zeiten durchzuführen, müssen zwei grundlegende Schritte vollzogen werden:

- (1) *Bestimmung der standardisierten Bewegungselemente und ihrer Zeiten,*
- (2) *Ermittlung der Vorgabezeiten für die zu planenden Arbeitsgänge.*

In dem **ersten Schritt** muß ein allgemeingültiges **System von Bewegungselementen** geschaffen werden. Es sind die Elemente festzulegen, aus denen sich alle beeinflussbaren Tätigkei-

ten zusammensetzen. Die Entwicklung der Systeme vorbestimmter Zeiten hat gezeigt, daß hierfür ungefähr 6–10 standardisierte Bewegungselemente ausreichen. Beispielsweise kann man folgende Bewegungselemente wählen (REFA 1971, S. 68):

- „Hinlangen ist das Bewegen der Hand zu einem Arbeitsgegenstand;
- Bringen ist das Bewegen eines Arbeitsgegenstandes mit Hilfe der Hand;
- Greifen ist das Schließen der Finger, um einen Arbeitsgegenstand zu fassen;
- Vorrichten ist das Drehen eines Arbeitsgegenstandes, um ihn in eine einbaugerechte Lage zu bringen;
- Fügen ist das In- oder Aneinanderfügen von Arbeitsgegenständen . . . ;
- Loslassen ist das Öffnen der Finger, die einen Arbeitsgegenstand festhielten.“

Anschließend sind die Zeitdauern für diese Bewegungselemente zu bestimmen. Dabei wird beachtet, daß die Zeitdauern von verschiedenen **Einflußgrößen** abhängig sind. Zum Beispiel hängt die Dauer eines Greifvorgangs davon ab, wo das zu greifende Werkstück liegt. Man legt also die Zeitdauer nicht nur für die verschiedenen Bewegungselemente, sondern auch in Abhängigkeit von den wichtigsten Einflußgrößen fest.

Grundlage für die Zuordnung der Zeiten zu den Bewegungselementen können quantitative und qualitative Einflußgrößen der Arbeitsabläufe sein. Die in Abhängigkeit von den Einflußgrößen ermittelten Zeiten der standardisierten Bewegungselemente werden dann entsprechend Abbildung 8 in Tabellenform aufgezeichnet.

Der **zweite Schritt** beinhaltet die **Bestimmung der Zeiten für die im Betrieb vorkommenden Arbeitsgänge**. Hierzu müssen zuerst die beeinflussbaren Verrichtungen dieser Arbeitsgänge in die standardisierten Bewegungselemente zerlegt werden. Dann ist zu untersuchen, wie die in den Zeittabellen erfaßten Einflußgrößen bei den Arbeitsgängen jeweils ausgeprägt sind. Anschließend werden aus den Tabellen die Zeitdauern der Bewegungselemente abgelesen. Auf diese Weise lassen sich für jeden Arbeitsgang die Teilzeiten seiner Bewegungselemente zur gesamten Vorgabezeit zusammensetzen.

Die Systeme vorbestimmter Zeiten sind für manuelle Arbeitsabläufe entwickelt worden. Ihr wichtigstes Anwendungsgebiet ist die Serien- und Massenfertigung. Jedoch können sie auch zur Rationalisierung von Kleinserien- und Einzelfertigungen herangezogen werden.

Eine Anwendung der Systeme vorbestimmter Zeiten dient nicht nur der Zeitprognose. Ihre Ergebnisse werden auch für die Bemessung der Lohnhöhe herangezogen. Die genaue Untersuchung und Zerlegung der Arbeitsgänge macht aber zugleich sichtbar, ob einzelne Bewegungsabläufe günstiger geregelt oder Arbeitsmittel zweckmäßiger angeordnet werden könnten. Insofern können die Systeme vorbestimmter Zeiten zur Verbesserung der Arbeitsgestaltung sowie der gegenseitigen Zuordnung von Subjekt, Objekten und Arbeitsmitteln verwendet werden. Jedoch ist zu beachten, daß die Standardisierung und Rationalisierung einen negativen Einfluß auf die Arbeitszufriedenheit des Mitarbeiters haben kann. Die Systeme vorbestimmter Zeiten werden von Arbeitnehmerseite teilweise kritisch betrachtet, weil in ihnen soziale Gesichtspunkte nicht berücksichtigt sind.

Beweg. Länge in cm	Normalzeitwerte				Beschreibung der Fälle
	R.A	R.B	R.C R.D	R.E	
bis 2	2,0	2,0	2,0	2,0	A Hinlangen zu einem alleinstehenden Gegenstand, der sich immer an einem genau bestimmten Ort befindet, in der Hand liegt oder auf dem die andere Hand ruht.
4	3,4	3,4	5,1	3,2	
6	4,5	4,5	6,5	4,4	
8	5,5	5,5	7,5	5,5	
10	6,1	6,3	8,4	6,8	
12	6,4	7,4	9,1	7,3	
14	6,8	8,2	9,7	7,8	B Hinlangen zu einem alleinstehenden Gegenstand, der sich an einem von Arbeitsgang zu Arbeitsgang veränderten Ort befindet.
16	7,1	8,8	10,3	8,2	
18	7,5	9,4	10,8	8,7	
20	7,8	10,0	11,4	9,2	
22	8,1	10,5	11,9	9,7	
24	8,5	11,1	12,5	10,2	C Hinlangen zu einem Gegenstand, der mit gleichen oder ähnlichen Gegenständen so vermischt ist, daß er ausgewählt werden muß.
26	8,8	11,7	13,0	10,7	
28	9,2	12,2	13,6	11,2	
30	9,5	12,8	14,1	11,7	
35	10,4	14,2	15,5	12,9	
40	11,3	15,6	16,8	14,1	
45	12,1	17,0	18,2	15,3	D Hinlangen zu einem Gegenstand, der klein ist oder sehr genau oder mit Vorsicht gegriffen werden muß.
50	13,0	18,4	19,6	16,5	
55	13,9	19,8	20,9	17,8	
60	14,7	21,2	22,3	19,0	
65	15,6	22,6	23,6	20,2	E Verlegen der Hand in eine nicht bestimmte Lage, sei es zur Erlangung des Gleichgewichtes, zur Vorbereitung der folgenden Bewegung oder um die Hand aus der Arbeitszone zu entfernen.
70	16,5	24,1	25,0	21,4	
75	17,3	25,5	26,4	22,6	
80	18,2	26,9	27,7	23,9	

Abb. 8: Beispiel für Bewegungszeitabelle bei MTM (vgl. REFA 1971, S. 73)

Fragen:

41. Aus welchem Grund ist eine Gliederung der Arbeitszeiten in verschiedene Teilzeitarten notwendig?
42. Kennzeichnen Sie die Ablaufarten, in welche die Arbeit von Menschen bzw. Betriebsmitteln nach REFA unterteilt wird. Geben Sie für jede Ablaufart bei Menschen bzw. Betriebsmitteln Beispiele an.
43. Aus welchen Gründen kann ein Betriebsmittel „außer Einsatz“ sein?
44. Kennzeichnen Sie die Gliederung der Belegungszeit und der Auftragszeit. Bezieht sich die Auftragszeit auf die Bearbeitungszeit eines Auftrags an einer Maschine?

45. Geben Sie einen Überblick über die wichtigsten Aufgaben, die zur Bestimmung der Sollarbeitszeiten durchgeführt werden müssen.
46. Welche Bedeutung hat die Leistungsgradbeurteilung in der Zeitaufnahme?
47. Nach welchen Merkmalen wird die Normalleistung abgegrenzt? Handelt es sich hierbei um eine Durchschnittsleistung? Wie beurteilen Sie den Begriff der Normalleistung?
48. Welche Teilzeitarten werden in den Systemen vorbestimmter Zeiten ermittelt.
49. Welche grundlegenden Bewegungselemente unterscheidet man? Kennzeichnen Sie jedes Bewegungselement.
50. Welche charakteristischen Unterschiede bestehen zwischen MTM- und WF-Verfahren?

II. Techniken zur Abbildung und Überwachung von Prozeßabläufen

Lernziel:

In diesem Abschnitt sollen Sie wichtige Darstellungstechniken der Ablauforganisation kennenlernen. Diese werden benötigt, um

- die Alternativen ablauforganisatorischer Entscheidungsprobleme und deren Auswirkungen auf die Ziele sowie
- den geplanten Ablauf der ausgewählten Ablaufalternativen wiederzugeben und
- den tatsächlichen Prozeßablauf zu überwachen.

Mit den Verfahren der Datenermittlung und -prognose werden die Zeiten der Arbeitsgänge bestimmt. Anschließend ist festzulegen, wie diese Arbeitsgänge auf die Arbeitsträger verteilt und zeitlich sowie räumlich verknüpft werden. Hieraus ergeben sich die Prozeßabläufe. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die Verteilung und Anordnung der Arbeitsgänge verbal zu beschreiben. Eine solche Darstellung ist jedoch sehr umfangreich und kann zu Fehlentscheidungen sowie Mißverständnissen führen. Deshalb ist es zweckmäßig, auch die Beschreibung von Prozeßabläufen zu standardisieren und durch die Verwendung formaler Zeichen zu vereinfachen. Hierfür sind verschiedene Techniken entwickelt worden. Sie sollen es ermöglichen, die Auswirkungen der verschiedenen ablauforganisatorischen Handlungsmöglichkeiten auf die betrieblichen Ziele zu ermitteln. Ablauforganisatorische Entscheidungen lassen sich erst treffen, wenn die Zielwirkungen der wichtigsten Alternativen bekannt sind. Nachdem eine Entscheidung gefällt ist, muß der geplante Prozeßablauf dargestellt werden. Diese Darstellung muß für die ausführenden Personen verständlich sein, damit sie klar erkennen, welche Handlungen sie durchführen sollen. Zugleich müssen durch die Darstellung der verschiedenen Stückprozesse und deren Abläufe die kapazitätsmäßigen, räumlichen und zeitlichen Beziehungen zwischen ihnen sichtbar

werden. Dann können bei unerwarteten Datenänderungen oder Abweichungen vom Plan leichter Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Die Darstellung der Prozeßabläufe dient ferner zur Überwachung des tatsächlichen Ablaufs. Durch die laufende Gegenüberstellung von Plan und Ist lassen sich Abweichungen rechtzeitig erkennen, deren Auswirkungen sowie Bedeutung abschätzen und geeignete Maßnahmen ergreifen.

1. Ablaufkarten

Ein einfaches und vielfach gebräuchliches Instrument zur Darstellung des Arbeitsablaufes sind Ablaufkarten (Arbeitsablaufkarten, Laufkarten). Sie geben die zu einem Stückprozeß gehörenden Arbeitsgänge wieder. Im allgemeinen wird für jeden Auftrag eine eigene Ablaufkarte herausgeschrieben.

Aus den Abbildungen 9 und 10 sind zwei Beispiele von Ablaufkarten ersichtlich. Im allgemeinen ist im Kopf einer Ablaufkarte der Auftrag durch Angabe der herzustellenden Produktart, der Losgröße sowie gegebenenfalls eines Fertigstellungstermins aufgezeichnet. Als wichtigste Daten gibt der Ablaufplan die **Arbeitsgänge** an, die der Auftrag durchlaufen muß. Sie sind in der ersten Spalte entsprechend der Operationenfolge numeriert und in der zweiten Spalte kurz benannt. Des weiteren kann der Ablaufplan entsprechend Abbildung 9 in den nachfolgenden Spalten die (geplanten) Rüstzeiten und Stückzeiten angeben. Weitere Spalten können für die Eintragung der Istzeiten sowie angefallenen Ausschußmengen vorgesehen sein.

Der Aufbau und die Verwendbarkeit des Ablaufplans werden vor allem durch die Art der Stückprozesse bestimmt. Glatte Stückprozesse lassen sich viel leichter in Ablaufkarten erfassen als verzweigte Abläufe. Das Beispiel einer Laufkarte in Abbildung 9 bezieht sich auf einen glatten Stückprozeß bei der Herstellung eines Spiralbohrers. Die räumliche und zeitliche Reihenfolge der Arbeitsgänge entspricht daher ihrer Folge (Spalten 1 und 2) auf der Laufkarte.

Demgegenüber ist in Abbildung 10 der Ablaufplan für einen **verzweigten** Prozeß abgedruckt. Diese Ablaufkarte enthält zusätzliche Ablaufdaten. Aus weiteren Spalten ist ersichtlich, welche **Verrichtungsart** im jeweiligen Arbeitsgang durchgeführt werden muß. Dabei wird von folgenden vier maßgeblichen Verrichtungsarten ausgegangen:

- O = Operation (Bearbeitung des Objekts)
- I = Inspektion (Kontrolle)
- T = Transport
- S = Stillstand (Lagerung, Verzögerung)

Durch Ankreuzen des vorgedruckten Buchstabens O, I, T bzw. S bei jedem Arbeitsgang kann die Verrichtungsart leicht bezeichnet werden. Zum anderen ist für jede Stelle bzw. jeden Arbeitsträger, der von einem Auftrag berührt werden könnte, eine Spalte vorgesehen. Dann läßt sich leicht angeben, von welchem Arbeitsträger ein Arbeitsgang durchzuführen ist. Durch Einzeichnen von gegabelten Pfeilen können ferner Verzweigungen dargestellt werden.

AUFTRAGSLAUFKARTE									
Bezeichnung		Auftrag	Menge	Beginn-termin	End-termin	Dringlichkeitsstufe	Ausstellungstag		
Spiralbohrer 1869		350006	500	386	433	3	4.01.79		
Typ	R/L	DIN	Nenn-Ø	Gesamt-länge	Spiral-länge	Steigung	Grad	Zeichnung	
N	R	1869	6,00	205,0	140,0	27,00	35	D 15/1	
Position		Kostenst.	Materialklasse		Sach-Nr.	Material-bezeichnung		Rohmaße	
001		81/201	702110/0625		01400	3343		6,25 D x 206	
Arbeits-gang	Arbeitsgang-Bezeichnung			Kosten-stelle	Rüstzeit (Min.)	Vorgabezeit (Min.)	Auftrags-zeit (Min.)	Beginn-termin	
010	Abstechen			40/161	8	0,050	33	387	
020	Härten			31/680	6	1,390	701	396	
	Härte Prüfung								
022	Anlassen			31/654		0,000	0,00	400	
030	Richten			33/912	2	0,940	472	403	
040	Vorschleifen			33/440	5	0,188	99	407	
050	Nuten-Schleifen			32/470	60	0,430	275	410	
070	Einstech-Schleifen			33/443	13	0,410	218	414	
080	Spitzen-Schleifen			33/580	4	0,190	99	418	
090	Kreuzanschliff			34/583	10	0,350	135	421	
091	Endkontrolle			16/102	2	0,042	23	424	
100	Stempeln			33/892	2	0,065	34,5	427	
110	Verpacken			33/974	2	0,103	53,5	430	
999	Fertigmeldung			16/101				433	

Abb. 9: Beispiel einer Laufkarte in der Spiralbohrerfertigung

ARBEITSABLAUF		Inhalt	
		Abteilung/Bereich	
Aufgenommen von		Geprüft von	
am		am	
Lfd. Nr.	Ablaufstufen	Verrichtung	Berührte Stellen
			Planungsabteilung Fertigungsleiter Lager f. Einsatzmat. Einkauf Sägerei Hobeln Schleiferei Zusammenbau Lackiererei Trockenraum Polsterei Kontrollstelle Absatzlager
1	Fertigungsauftrag	O I T S	1
2	Auftragsbearbeitung durch den Fertigungsleiter	∅ I T S	2
3	Materialbereitstellung	O I T S	3
4	Einkauf der Polsterstoffe	∅ I T S	4
5	Zuschnitte der Rohteile	∅ I T S	5
6	Hobeln der Rohteile	∅ I T S	6
7	Schleifen und Vorbereiten zum Lackieren	∅ I T S	7
8	Zusammenbau der Einzelteile	∅ I T S	8
9	Lackieren des Rahmens	∅ I T S	9
10	Trocknen	O I T S	10
11	Eingang der bestellten Polsterstoffe	O I T S	11
12	Polsterung	∅ I T S	12
13	Nacharbeiten und Kontrolle	O T S	13
14	Lagerung	O I T S	14

Abb. 10: Beispiel einer modernen Laufkarte mit Angabe der Verrichtungsart und verzweigtem Prozeß für die Herstellung eines Stuhles

Der jeweilige Aufbau von Ablaufkarten richtet sich nach der Art des betreffenden Produktionsprozesses. Für die einzelne Unternehmung kann der Aufbau zweckentsprechend angepaßt und verändert werden. Dabei sind gegebenenfalls die Anforderungen und die Leistungsfähigkeit einer vorhandenen Datenverarbeitungsanlage zu berücksichtigen.

Ablaufkarten sind im allgemeinen leicht verständlich und auch für den Mitarbeiter ohne spezielle Vorkenntnisse lesbar. Hierin liegt ihr Vorzug. In Form von Auftrags-Laufkarten sind sie bei Serien- und Sortenfertigung häufig ein unerläßliches Informationsinstrument, das die Aufträge bis zur Fertigstellung begleitet. Sie bilden den geplanten Durchlauf ab. Deshalb stellen sie weniger eine Technik zur Entscheidungsfindung als zur Durchsetzung und Überwachung der Planung dar.

2. Gantt-Diagramme (Balkendiagramme)

Ein wichtiges Instrument für die Planung und Kontrolle des zeitlichen Vollzugs von Prozeßabläufen sind Balkendiagramme. Nach ihrem Erfinder nennt man sie auch Gantt-Diagramme. Sie können entweder für einen einzelnen Auftrag oder für die Menge der zu bearbeitenden Aufträge gezeichnet werden.

Im ersten Fall gibt das Gantt-Diagramm den zeitlichen Fortschritt der an einem Auftrag durchzuführenden Arbeitsgänge wieder. Man spricht deshalb von einem **Auftragsfortschrittsplan**. Bei ihm ist entsprechend Abbildung 11 in der horizontalen Achse (= Abszisse) die Zeit angegeben. Auf der vertikalen Achse (= Ordinate) werden die zum Auftrag gehörenden Arbeitsgänge nacheinander abgetragen. Dann läßt sich einzeichnen, wie lange die einzelnen Arbeitsgänge dauern und wie sie zeitlich angeordnet werden. Hieraus ist insbesondere ersichtlich, inwiefern sich die Tätigkeiten in verschiedenen Arbeitsgängen überschneiden, weil zum Beispiel Teile frühzeitig bestellt werden müssen, um im nachfolgenden Arbeitsgang eingebaut werden zu können. Der Auftragsfortschrittsplan macht vor allem die zeitlichen Verknüpfungen zwischen den Arbeitsgängen eines Stückprozesses sichtbar. Des weiteren wird erkennbar, bei welchen Tätigkeiten zeitliche Reserven bestehen und welche Termine unbedingt eingehalten werden müssen, damit sich die Fertigstellung nicht verzögert.

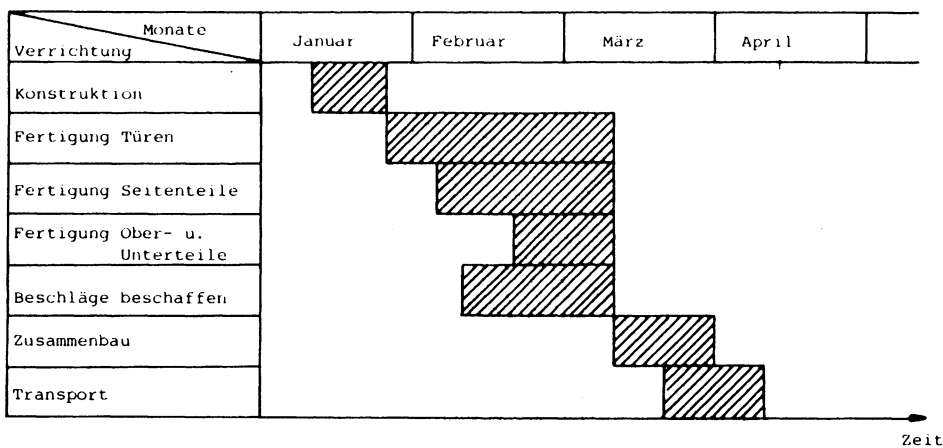


Abb. 11: Beispiel für einen Auftragsfortschrittsplan

Die zweite Art von Gantt-Diagrammen dient zur Abbildung des zeitlichen Durchlaufs **mehrerer** Aufträge. Sie ermöglicht insbesondere eine Darstellung der Zykluszeiten des Auftragsbestands, der Durchlauf- und Wartezeiten seiner Aufträge sowie der Belegungs- und Leerzeiten der sie bearbeitenden Arbeitsträger. Damit sind Gantt-Diagramme ein wichtiges Instrument, um die Auswirkungen verschiedener Reihenfolgealternativen der Aufträge auf ablauforganisatorische Ziele sichtbar zu machen. Bei dieser Art von Gantt-Diagrammen gibt es zwei Möglichkeiten. Beide Male trägt man in der Horizontalen (= Abszisse) wiederum die Zeit ab. Auf der Vertikalen (= Ordinate) können entweder die verschiedenen Aufträge bzw. Produkte oder die Arbeitsträger bzw. Maschinen abgetragen werden. Man erhält dann **auftragsbezogene** oder **maschinenbezogene** Gantt-Diagramme.

Beispiel:

Es sollen die Produktionsdurchläufe von drei Aufträgen ($j = 1, 2, 3$) abgebildet werden, die nacheinander von vier Maschinen ($m = A, B, C, D$) bearbeitet werden. Die Bearbeitungszeiten eines jeden Auftrags j auf jeder Maschine m sind in Abbildung 12 angegeben.

j \ m	A	B	C	D
1	2	3	2	4
2	2	1	4	3
3	3	2	4	1

Abb. 12: Beispiel für die Bearbeitungszeiten von drei Aufträgen auf vier Maschinen

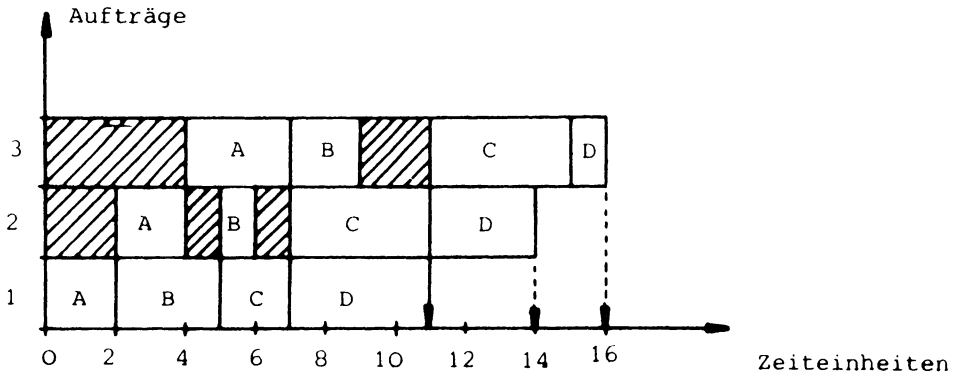
In einem ersten Fall wird für alle Aufträge eine **übereinstimmende** Maschinenfolge A B C D angenommen. Jeder Auftrag muß also zuerst von Maschine A, dann von B, anschließend von C und zum Schluß von Maschine D bearbeitet werden. Ferner wird geschlossene Produktion vorausgesetzt. Ein Auftrag wird also erst zum nächsten Arbeitsträger weitergegeben, wenn alle zu ihm gehörenden Produkte bearbeitet sind. Wenn die Aufträge in der Folge 1, 2, 3 bearbeitet werden, lassen sich die auftrags- und maschinenbezogenen Gantt-Diagramme von Abbildung 13 zeichnen.

In dem auftragsbezogenen Gantt-Diagramm sind auf der Vertikalen die Aufträge in der Reihenfolge ihrer Bearbeitung aufgetragen. Die Kästchen in der Abbildung geben an, wie lange der jeweilige Auftrag von einer Maschine bearbeitet wird. In Abbildung 13a wird zum Beispiel Auftrag 2 von der Maschine A vom Zeitpunkt 2 bis 4, von der Maschine B von 5 bis 6, von der Maschine C von 7 bis 11 und von der Maschine D von 11 bis 14 bearbeitet. In die Kästchen dieser Bearbeitungszeiten werden die Bezeichnungen der Maschine eingetragen.

Aus dem auftragsbezogenen Gantt-Diagramm lassen sich die Durchlaufzeiten der Aufträge unmittelbar ablesen. Sie betragen 11, 14 und 16 Zeiteinheiten (beispielsweise Wochen). Ferner sind die schraffiert gezeichneten Wartezeiten leicht erkennbar, die in diesem

Beispiel bei Auftrag 1 null, bei Auftrag 2 vier und bei Auftrag 3 sechs Zeiteinheiten ausmachen. Die Zykluszeit beträgt bei dieser Auftragsfolge 16 Zeiteinheiten. Nur mittelbar sind aus dem auftragsbezogenen Gantt-Diagramm die Belegungszeiten der Maschinen ersichtlich. Man kann erkennen, daß die Maschine A bis zum Zeitpunkt 7, Maschine B bis 9, Maschine C bis 15 und Maschine D bis 16 belegt ist.

a)



b)

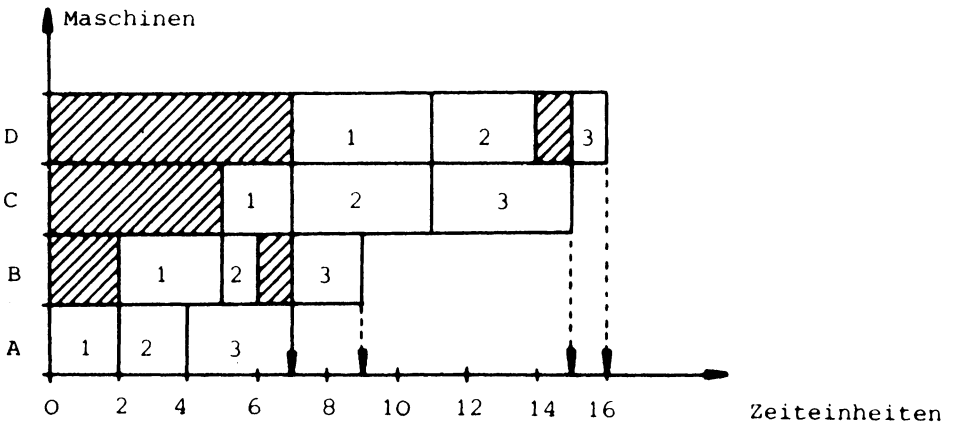


Abb. 13: Beispiel für a) auftragsbezogene und b) maschinenbezogene Gantt-Diagramme bei der Auftragsfolge 1, 2, 3

In Abbildung 13b lassen sich aus dem maschinenbezogenen Gantt-Diagramm die Belegungs- und Leerzeiten der Maschinen unmittelbar ablesen. Dieses Gantt-Diagramm gibt denselben Prozeßablauf wie das auftragsbezogene von Abbildung 13a wieder. In ihm sind jedoch auf der Vertikalen (Ordinaten) die vier Maschinen A, B, C und D aufgetragen. Die durch die Auftragsnummern gekennzeichneten Kästchen zeigen hier die Belegungszeiten der Maschinen durch die jeweiligen Aufträge, während die schraffierten Kästchen deren Leerzeiten darstellen. So sieht man beispielsweise, daß die Maschine B bis zum Zeitpunkt

2 leersteht, bevor sie den ersten Auftrag bearbeitet. Danach ist sie bis zum Zeitpunkt 5 von Auftrag 1, von 5 bis 6 von Auftrag 2 und von 7 bis 9 von Auftrag 3 belegt. Die Belegungszeiten der vier Maschinen A, B, C und D betragen 7, 9, 15 und 16 Zeiteinheiten, ihre Leerzeiten 0, 3, 5 und 8 Zeiteinheiten. Die Durchlaufzeiten der Aufträge sind an der Maschine D erkennbar. Sie betragen 11, 14 und 16 Zeiteinheiten.

Das auftragsbezogene und das maschinenbezogene Gantt-Diagramm geben denselben Tatbestand wieder. Aus ihnen sind auch dieselben Informationen ablesbar. Nur sind in einem Fall die Durchlaufzeiten der Aufträge, im anderen Fall die Belegungszeiten der Maschinen leichter und anschaulicher zu erkennen. Jedes Gantt-Diagramm gilt nur für eine bestimmte Auftragsfolge. Es gibt also eine einzige Reihenfolgealternative wieder.

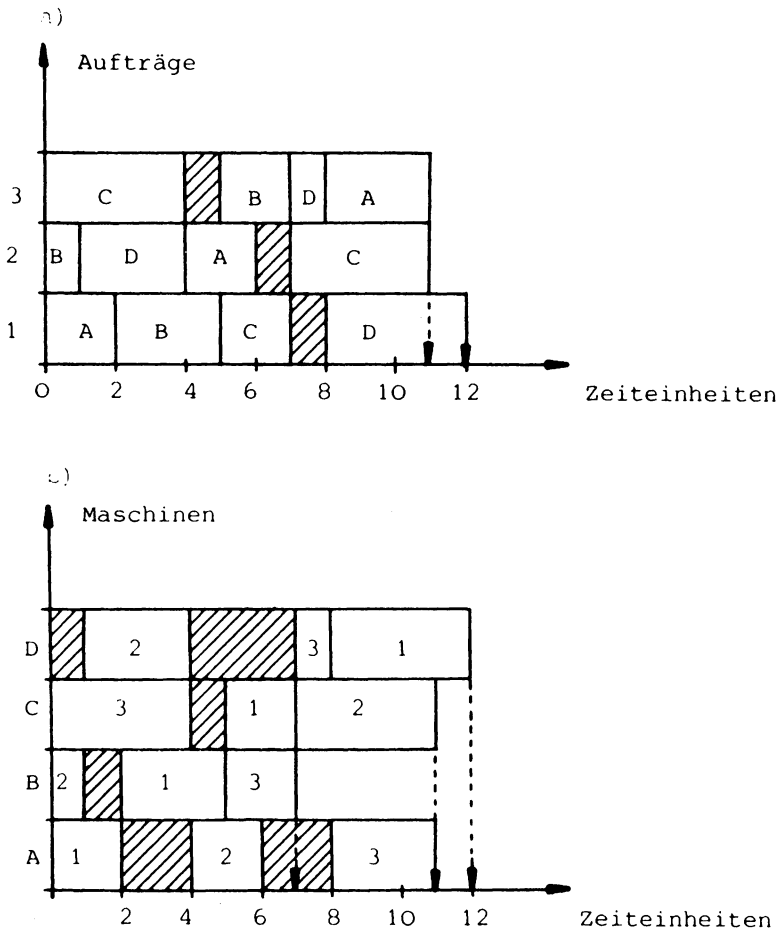


Abb. 14: Beispiel für a) auftragsbezogenes und b) maschinenbezogenes Gantt-Diagramm bei unterschiedlichen Maschinenfolgen

In einem zweiten Fall wird davon ausgegangen, daß sich die **Maschinenfolgen der drei Aufträge unterscheiden**. Auftrag 1 durchläuft die Maschinen in der Reihenfolge A B C D, Auftrag 2 in der Reihenfolge B D A C und Auftrag 3 in der Reihenfolge C B D A. Die Auswirkungen der möglichen Auftragsfolgealternativen an jeder Maschine auf die Zykluszeit, Durchlaufzeiten und Belegungszeiten können wiederum durch auftrags- bzw. maschinenbezogene Gantt-Diagramme abgebildet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei nicht übereinstimmenden Maschinenfolgen an jedem Arbeitsträger eine andere Auftragsfolge zweckmäßig sein kann. Wenn auf Maschine A die Auftragsreihenfolge 1 2 3, auf Maschine B die Reihenfolge 2 1 3, auf Maschine C die Reihenfolge 3 1 2 und auf Maschine D die Reihenfolge 2 3 1 gilt, erhält man die in Abbildung 14 dargestellten Gantt-Diagramme.

Auftrags- und maschinenbezogene Gantt-Diagramme sind einmal in der **Entscheidungsfindung** gebräuchlich für die Darstellung der zeitlichen Wirkungen von Auftragsfolgealternativen. Mit ihnen lassen sich die Wartezeiten von Aufträgen und die Leerzeiten von Arbeitsträgern gut veranschaulichen. Dabei darf jedoch die Zahl der berücksichtigten Aufträge und Arbeitsträger nicht zu groß werden, sonst ist eine übersichtliche Darstellung der Bearbeitungs- und Belegungszeiten kaum mehr möglich. Daneben werden Gantt-Diagramme zur **Abbildung und Überwachung der laufenden Fertigung** im Rahmen der Fertigungssteuerung eingesetzt. Sie können als **Schautafeln** angebracht werden, deren Horizontale die Zeitachse wiedergibt und auf deren Vertikalen die in der Produktion eingesetzten Arbeitsträger abgetragen sind. Mit Hilfe von Steckkarten können die Belegungszeiten der Arbeitsträger durch die Aufträge laufend angegeben und gegebenenfalls verändert werden. Auf diesen Schautafeln kann man dann für jeden Zeitpunkt ablesen, welcher Arbeitsträger mit welchem Auftrag belegt ist und bei welchem Arbeitsträger sich ein bestimmter Auftrag befindet.

3. Netzplantechnik

Für die Planung und Kontrolle des Prozeßablaufs bei Großprojekten ist die Netzplantechnik entwickelt worden. Sie ist beispielsweise anwendbar bei der Entwicklung und Herstellung von Bauten wie Brücken oder Fertigungshallen, von Flugzeugen oder Raketen, aber auch für die Planung und Kontrolle der Organisation von Großveranstaltungen wie Messen oder Sportfesten.

Charakteristisch für die Netzplantechnik ist die Darstellung der zu einem Prozeßablauf gehörenden Tätigkeiten und Erzeugnisse sowie Reihenfolgebeziehungen in Form von Knoten und Pfeilen. Mit diesen wird der zeitliche Vollzug aller bis zur Beendigung eines Projektes durchzuführenden Tätigkeiten abgebildet. Dabei werden vor allem die Verknüpfungen zwischen den Tätigkeiten sichtbar gemacht. Ferner wird berechnet, bei welchen Tätigkeiten keine Verzögerungen auftreten dürfen und bei welchen zeitliche Reserven

bestehen. Darüber hinaus können zusätzliche Gesichtspunkte wie die kostenmäßigen Wirkungen einer Beschleunigung von Tätigkeiten oder die kapazitätsmäßigen Wirkungen einer zeitlichen Verschiebung von Tätigkeiten berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Netzplantechnik sind verschiedene **Verfahren** entwickelt worden. Häufig angewandt werden besonders die Methoden CPM (Critical Path Method), PERT (Program Evaluation and Review Technique) und MPM (Metra Potential Method). Die verschiedenen Verfahren unterscheiden sich vorrangig in der Darstellungsform von Tätigkeiten, Ereignissen und Reihenfolgebeziehungen, in der Berücksichtigung von unsicheren Erwartungen über die Zeitdauern der Tätigkeiten und in der Einbeziehung von Kosten- und Kapazitätsüberlegungen.

Eine ausführliche Beschreibung der Netzplantechnik und eine Kennzeichnung verschiedener Verfahren gehen über den Rahmen dieser Schrift hinaus. Deshalb werden im folgenden lediglich die charakteristischen Merkmale von CPM dargestellt. Wichtigste Bausteine dieses Verfahrens sind

- **Pfeile**, welche die Tätigkeiten sowie technologische und logische Reihenfolgebeziehungen wiedergeben und
- **Knoten**, durch welche zeitliche Ereignisse abgebildet werden.

Für den Projektbeginn sowie das Projektende sind die Ereignisse Start und Ende festzulegen. Ereignisse sind der Beginn oder das Ende von Tätigkeiten. Sie werden vom Anfangsknoten ausgehend fortlaufend durchnummeriert. Alle Knoten bis auf den Anfangs- und den Endknoten des Projekts weisen zumindest einen zuführenden und mindestens einen wegführenden Pfeil auf. Beispielsweise geben die in Abbildung 15 dargestellten Knoten und Pfeile an, daß nacheinander zwei Tätigkeiten durchzuführen sind. Der Knoten 1 kennzeichnet das Anfangereignis, Knoten 3 das Endereignis. Der mittlere Knoten 2 gibt das Ereignis wieder, daß die erste Tätigkeit beendet ist und die zweite Tätigkeit begonnen werden kann. Die Tätigkeiten (Vorgänge oder Aktivitäten) werden durch die Nummern der sie begrenzenden Ereignisse als Tätigkeit (1,2) bzw. (2,3) bezeichnet. Über den Pfeilen ist die Zeitdauer der Tätigkeiten abgetragen. Sie wird bei CPM als eindeutig bekannt und sicher („deterministisch“) unterstellt. In Abbildung 15 beträgt die Tätigkeitsdauer von (1,2) sieben Zeiteinheiten (z. B. Tage oder Wochen), von (2,3) neun Zeiteinheiten.

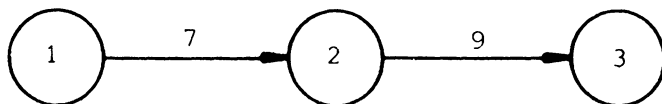


Abb. 15: Beispiel für die Verbindung von Knoten und Pfeilen in einem Netzplan

Bei der Organisation von größeren Projekten ist die Verknüpfung zwischen den verschiedenen Tätigkeiten von großer Bedeutung. Häufig müssen verschiedene Tätigkeiten abgeschlossen sein, bevor mit einer oder mehreren nachfolgenden begonnen werden kann. Derartige Reihenfolgebedingungen lassen sich im Netzplan einfach ausdrücken.

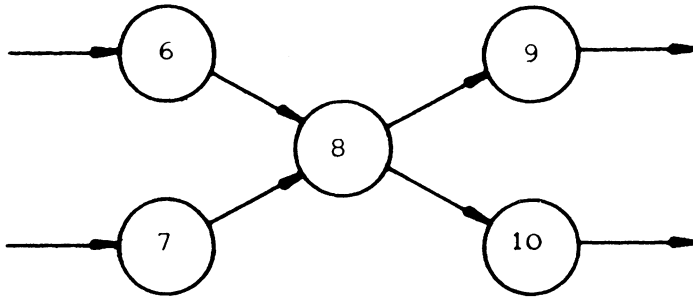


Abb. 16: Beispiel für die zeitliche Verknüpfung von Tätigkeiten in einem Netzplan

In Abbildung 16 wird eine solche Verknüpfung durch das Ereignis 8 erfaßt. Grundsätzlich gilt nämlich folgende Regel:

Die auf ein Ereignis folgenden Tätigkeiten dürfen erst begonnen werden, wenn alle zu diesem Ereignis (= Knoten) führenden Tätigkeiten (= Pfeile) abgeschlossen sind.

Deshalb können in Abbildung 16 die Tätigkeiten (8,9) und (8, 10) erst angefangen werden, wenn sowohl die Tätigkeit (6, 8) als auch die Tätigkeit (7, 8) beendet sind.

Des weiteren sind beim Aufbau eines CPM-Netzplanes folgende Regeln zu beachten:

- Zwei Knoten dürfen höchstens durch einen Pfeil unmittelbar miteinander verbunden sein.
- Wiederholungen von Tätigkeiten dürfen nicht durch Schleifen dargestellt werden, sie müssen in aufeinanderfolgende Tätigkeiten aufgelöst werden.

Sofern zwischen zwei Ereignissen zwei (oder mehr) verschiedene Tätigkeiten vollzogen werden müssen, führt man sogenannte **Scheintätigkeiten** (Scheinvorgänge) ein. Durch sie wird entsprechend Abbildung 17 ein weiteres Ereignis definiert. Die Zeitdauer von Scheintätigkeiten ist gleich Null. Sie werden im Netzplan gestrichelt gezeichnet.

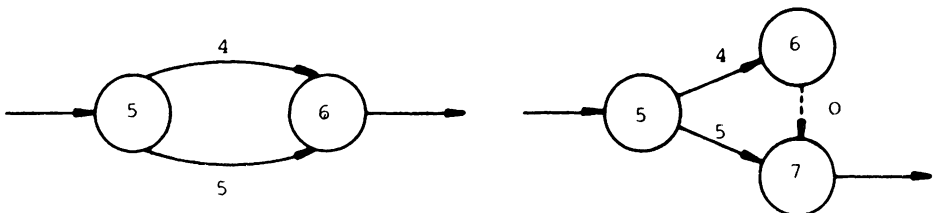
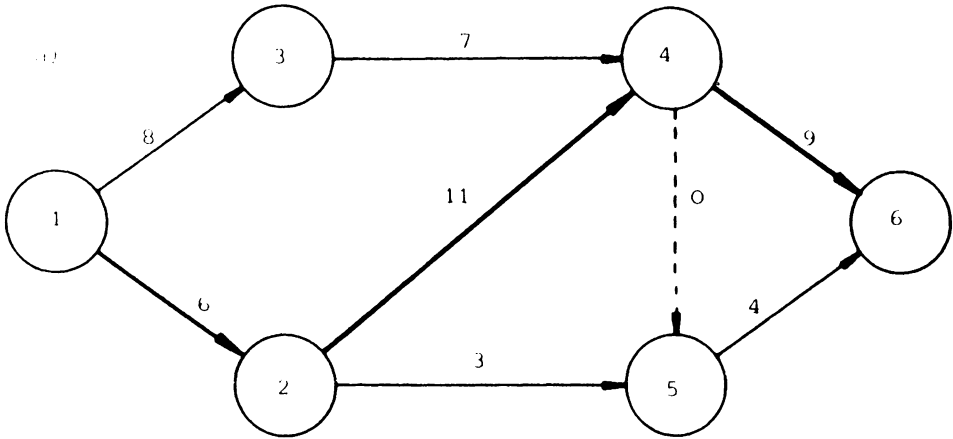


Abb. 17: Beispiel für die Vermeidung einer doppelten Verbindung zweier Ereignisse durch die Einführung einer Scheintätigkeit

Scheintätigkeiten werden ferner zur Kennzeichnung von logischen oder technologischen Bedingungen verwendet. Durch sie läßt sich beispielsweise die festgelegte Reihenfolge von Aufträgen an Arbeitsträgern erfassen.

Grundlegende Bestandteile bei Aufbau und Untersuchung eines Netzplanes sind die Strukturanalyse und die Zeitanalyse. In der **Strukturanalyse** wird das Gesamtprojekt in einzelne Vorgänge sowie Ereignisse zerlegt und die Tätigkeiten, Verknüpfungen sowie Ereignisse ohne Berücksichtigung der Zeitdauern nach den oben angegebenen Regeln als Netzplan gezeichnet (vgl. Abbildung 18 a). Jedes Ereignis wird numeriert. Aus den Pfeilen zwischen den Ereignissen für echte Tätigkeiten und Scheintätigkeiten werden die (techno-)logischen Verknüpfungen dieses Prozeßablaufs ersichtlich.



b)

Tätigkeit	Dauer	Frühestens		Spätestens		Totale Pufferzeit
		Start	Ende	Start	Ende	
(1,2)	6	0	6	0	6	0 *
(1,3)	8	0	8	2	10	2
(2,4)	11	6	17	6	17	0 *
(2,5)	3	6	9	19	22	13
(3,4)	7	8	15	10	17	2
(4,5)	0	17	17	22	22	5
(4,6)	9	17	26	17	26	0 *
(5,6)	4	17	21	22	26	5

Abb. 18: Beispiel für a) die graphische Darstellung und b) die Berechnung eines Netzplanes

In der **Zeitanalyse** wird der zeitliche Ablauf des Projektes vom Anfangs- bis zum Endereignis untersucht. Hierzu müssen die Zeitdauern der einzelnen Tätigkeiten (Vorgangsdauern) bekannt sein bzw. festgelegt werden. Dann führt man zwei verschiedene **Zeitberechnungen** durch:

- ① In der vorwärtslaufenden Rechnung geht man vom Zeitpunkt Null für das Anfangsereignis aus und ermittelt, zu welchen Zeitpunkten jede Tätigkeit frühestens begonnen und frühestens abgeschlossen werden kann. Dabei ist stets zu beachten, daß alle zu einem Ereignis führenden Vorgänge beendet sein müssen, bevor die nachfolgende(n) Tätigkeit(en) frühestens begonnen werden kann (können). Bei der vorwärtslaufenden Berechnung sucht man die frühesten Start- und Endtermine vom ersten bis zum letzten Ereignis und ermittelt den frühest möglichen Endtermin des gesamten Projekts.
- ② Ausgehend von diesem Endtermin rechnet man rückwärts die spätestmöglichen End- und Anfangszeitpunkte für alle Tätigkeiten aus. Im Gegensatz zur ersten Rechnung geht man hier also davon aus, daß von verschiedenen möglichen End- und Startterminen jeder Tätigkeit stets der spätest mögliche gewählt wird.

Diese Berechnungen sind für ein Beispiel in Abbildung 18 b durchgeführt.

Vergleicht man die frühesten mit den spätesten Startterminen (bzw. Endterminen) so stimmen beide bei einer Reihe von Tätigkeiten überein. Durch die Verbindung dieser Tätigkeiten ergibt sich ein Weg durch den Netzplan. Dieser wird als der **kritische Weg** bezeichnet und ist in Abbildung 18a durch verstärkte Striche markiert. Verzögert sich eine Tätigkeit auf diesem Weg, dann läßt sich der berechnete Endtermin des gesamten Projekts nicht mehr einhalten. Bei den anderen Tätigkeiten besteht eine zeitliche Differenz zwischen den frühest- und spätestmöglichen Start- (bzw. End-)terminen. Diese Differenz nennt man die **totale Pufferzeit**. Sie gibt an, daß die entsprechende Tätigkeit um die berechnete Differenz zeitlich verschoben oder verzögert werden kann, ohne daß der Projektendtermin verzögert wird, sofern alle vorausgehenden Tätigkeiten frühestmöglich und alle nachfolgenden spätestmöglich durchgeführt werden. Damit führt die Zeitanalyse zu wichtigen Informationen für die zeitliche Planung und Überwachung des Projektablaufs.

Bei der zeitlichen Überwachung des Projektablaufs muß dem kritischen Weg besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, da sich bei ihm Verzögerungen auf den Endtermin übertragen. Dagegen bieten Tätigkeiten mit Pufferzeiten Möglichkeiten zu zeitlichen Verlagerungen ohne Verschiebung des Endtermins. Will man die Projektdauer verringern, so müssen zuerst die Tätigkeiten auf dem kritischen Weg gekürzt werden.

Neben den totalen Pufferzeiten lassen sich noch weitere Pufferzeiten berechnen, bei denen beispielsweise alle vorausgehenden Tätigkeiten spätestmöglich und/oder alle nachfolgenden frühestmöglich vollzogen werden.

Die Struktur- und die Zeitanalyse dienen lediglich zur Prognose, Beschreibung und Kontrolle des zeitlichen Projektablaufs. Werden Kostenüberlegungen für eine Verkürzung von Tätigkeiten zur Erreichung eines früheren Endtermins und Kapazitätsüberlegungen zur gleichmäßigen Auslastung der eingesetzten Arbeitsträger angeschlossen, läßt sich die

Netzplantechnik auch zur Lösung von Optimierungsproblemen heranziehen. Dann umfasst sie als weitere Elemente eine **Kosten-** und eine **Kapazitätsanalyse**.

Fragen:

51. Zwei Aufträge $j = 1, 2$ werden in gleicher Maschinenfolge ABC von den Maschinen $m = A, B, C$ bearbeitet. Die Bearbeitungszeiten der Aufträge je Maschine (einschließlich Rüstzeiten) sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

j \ m	Maschine		
	A	B	C
Auftrag 1	5	4	7
2	3	5	4

Zeichnen Sie die auftrags- und die maschinenbezogenen Gantt-Diagramme für die auf allen Maschinen gleichen Auftragsfolgen 1, 2. Wie groß sind die Summe der Durchlaufzeiten, der Wartezeiten, der Leerzeiten sowie die Gesamtbelegungs- und die Zykluszeit?

52. Drei Aufträge $j = 1, 2, 3$ durchlaufen 4 Maschinen $m = A, B, C, D$ in unterschiedlicher Maschinenfolge. Es gelten die angeführten Maschinenfolgen

- $j = 1: A B D C$
- $j = 2: C B A D$
- $j = 3: A B C D$

Die Bearbeitungszeiten je Maschine (einschl. Rüstzeiten) sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

j \ m	A	B	C	D
	1	6	3	5
2	4	2	5	1
3	3	4	1	6

- a) Zeichnen Sie das auftragsbezogene Gantt-Diagramm, wenn auf Maschine A die Auftragsfolge 3 1 2, auf Maschine B die Auftragsfolge 3 1 2, auf Maschine C die Auftragsfolge 2 3 1 und auf Maschine D die Auftragsfolge 3 1 2 gelten. Ermitteln Sie die Ausprägungen der unter Aufgabe 51 genannten Ziele.
- b) Zeichnen Sie das maschinenbezogene Gantt-Diagramm, wenn auf Maschine A die Auftragsfolge 3 1 2, auf Maschine B die Auftragsfolge 3 2 1, auf Maschine C die Auftragsfolge 2 3 1 und auf Maschine D die Auftragsfolge 3 1 2 lautet. Ermitteln Sie die Ausprägungen der Ziele.

53. Bei der Planung eines Projekts geht man von folgenden Tätigkeiten und deren Zeitdauern aus:

Tätigkeiten	(1,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)	(3,6)	(3,8)	(4,6)	(5,7)	(6,9)	(7,9)
Dauer	2	2	3	5	6	6	4	7	3	0

Tätigkeiten	(7,10)	(7,11)	(8,12)	(9,10)	(10,12)	(11,12)
Dauer	4	2	8	3	4	6

- Zeichnen Sie den zu diesem Beispiel gehörenden Netzplan.
- Berechnen Sie die Projektdauer, die totalen Pufferzeiten und den kritischen Weg.
- Welche Informationen vermitteln die totalen Pufferzeiten?

E. Entscheidungsmodelle der Ablauforganisation

I. Entscheidungsmodelle als Instrumente der Ablauforganisation

Lernziel:

- In diesem Abschnitt soll Ihnen verdeutlicht werden,
- zu welchem Zweck Entscheidungsmodelle in der Ablauforganisation eingesetzt werden können und
 - welche verschiedenen Arten von Entscheidungsmodellen man kennt.

1. Bedeutung und Formen der Optimierung in der Ablauforganisation

Die Probleme der Ablauforganisation zeichnen sich dadurch aus, daß die bei ihrer Lösung zu betrachtenden Tatbestände wie Durchlauf- oder Belegungszeiten, Kapazitäten und Kosten weithin in Zahlen erfaßbar sind. Deshalb lassen sie sich in quantitativen (d. h. aus Zahlen bestehenden) Modellen abbilden. Diese sollen die wichtigsten Zusammenhänge des jeweils betrachteten Problems entsprechend den in Wirklichkeit vorliegenden Beziehungen wiedergeben. Mit derartigen Modellen kann man versuchen, die beste oder eine gute Lösung des Problems zu finden, die dann durchgeführt wird.

Modelle zur Lösung von Entscheidungsproblemen müssen zunächst zwei Bestandteile enthalten:

- **Alternativen** und eine
- **Zielvorstellung**.

Sie müssen erstens die möglichen Alternativen bei der anstehenden Entscheidung abbilden. In der Regel ist der Handlungsspielraum einer Unternehmung bei jedem Problem beschränkt. Deshalb gehört zur Kennzeichnung der Alternativen auch die Angabe ihrer Begrenzungen. Zweitens muß eine Zielvorstellung aufgestellt werden. Aus ihr ist ersichtlich, welches Ziel verfolgt wird und in welchem Ausmaß es erreicht werden soll.

Eine Unternehmung ist im allgemeinen bestrebt, für eine Lösung anstehender Entscheidungsprobleme die bestmögliche Alternative zu finden. Hierzu sind **Entscheidungsmodelle** ein wichtiges Hilfsmittel, weil an ihnen verschiedene Lösungen „durchgespielt“ werden können. Die bestmögliche Alternative nennt man **optimal**. Grundsätzlich kann eine Unternehmung verschiedene Arten der Zielerreichung anstreben. Den höchsten Anspruch setzt sie, wenn sie die höchstmögliche Ausprägung (z. B. der Kapazitätsauslastung) oder die geringstmögliche Ausprägung (z. B. der Kosten) verwirklichen will. Dann strebt sie eine Maximierung bzw. Minimierung ihres Zieles an. Geringere Anforderungen werden gestellt, sofern sie sich mit einer begrenzten Erreichung ihres Ziels zufrieden gibt. Dann spricht man von „befriedigender“ Zielerreichung bzw. von Satisfizierung.

2. Überblick über Entscheidungsmodelle der Ablauforganisation

Zur Lösung quantitativer Entscheidungsmodelle benötigt man Verfahren, mit denen sich die optimale oder eine befriedigende Alternative ermitteln läßt. In der Ablauforganisation ist eine Reihe verschiedenartiger Lösungsverfahren anwendbar. Sie unterscheiden sich vor allem durch folgende Merkmale:

- *Ermittlung einer Lösung mit Hilfe eines exakten oder eines nicht-exakten Verfahrens,*
- *Beschreiten eines numerischen oder nicht-numerischen Lösungsweges,*
- *Verwendung eindeutig bekannter (=deterministischer) oder mit Wahrscheinlichkeitswerten versehener (=stochastischer) Größen.*

Ferner gibt es eine größere Zahl unterschiedlicher Rechenverfahren zur numerischen Lösung von Ablaufproblemen.

Von grundlegender Bedeutung ist die Unterscheidung zwischen exakten und nicht-exakten Verfahren. Bei den **exakten Verfahren** wird aus den verfügbaren Daten die eindeutig optimale Alternative ermittelt. Dagegen gibt die Lösungsmethode bei **nicht-exakten Verfahren** keine Garantie, daß diese Alternative ermittelt wird. In der Regel führt sie lediglich zu einer befriedigenden Alternative. Da die optimale Alternative bei derartigen Verfahren nicht bekannt ist, läßt sich auch nicht sagen, wie weit die ermittelte Lösung vom absoluten Optimum entfernt ist. Gerade in der Ablauforganisation muß man häufig auf nicht-exakte Verfahren zurückgreifen, weil man kein exaktes Lösungsverfahren für das betrachtete Problem kennt oder weil die Bestimmung der optimalen Lösung zu aufwendig wäre. Wichtige nicht-exakte Verfahren sind heuristische Verfahren und Simulationsverfahren. Die heuristischen Verfahren bestehen aus einfachen Entscheidungsregeln, deren Anwendung nach einer begrenzten Zahl von Schritten zu einer brauchbaren Alternative führt. In Simulationsverfahren werden mehrere Lösungsalternativen unter Berücksichtigung des Zufallsprinzips ermittelt. Von diesen kann dann die beste ausgewählt werden. Simulationsverfahren dienen auch dazu, die Qualität heuristischer Regeln zu untersuchen.

Für die meisten Probleme der Ablauforganisation lassen sich **numerische Lösungsverfahren** heranziehen. In diesen wird mit Zahlen gerechnet. Jedoch sind auch Verfahren entwickelt worden, bei denen die Lösung **graphisch** oder mit Regeln der **Strukturierungs algebra** gefunden wird.

Schließlich kann man bei der Aufstellung und Lösung von Entscheidungsmodellen die **Ungewißheit** zukünftiger Daten berücksichtigen. Vielfach besitzt die Unternehmung lediglich eine Vorstellung, wie wahrscheinlich das Eintreffen zukünftiger Ereignisse ist. Dieses Wissen kann in Form statistischer Wahrscheinlichkeitsverteilungen wiedergegeben und im Modell erfaßt werden. Dann spricht man von einem stochastischen Modell. Legt man dagegen bei jeder Größe einen einzigen Wert zugrunde, dessen Eintreffen zumindest im Modell als sicher unterstellt wird, so handelt es sich um ein deterministisches Modell. Da stochastische Modelle zusätzlich statistische Kenntnisse voraussetzen, beschränkt sich in dieser Schrift die Kennzeichnung von Optimierungsverfahren der Ablauforganisation auf deterministische Modelle.

II. Optimierungsverfahren der Ablauforganisation

Lernziel:

In diesem Abschnitt sollen Sie

- Verfahren kennenlernen, mit denen die optimale Lösung von Einzelproblemen der Ablauforganisation exakt ermittelt werden kann, und dabei
- die Vorgehensweise, die Anwendungsmöglichkeiten sowie die Grenzen exakter Optimierungsverfahren in der Ablauforganisation erkennen.

Im folgenden werden verschiedene exakte Verfahren der Ablauforganisation vorgestellt, mit denen sich die eindeutig beste Lösung eines Entscheidungsproblems bestimmen läßt. Aus der Vielzahl bekannter Lösungsverfahren können hier nur einige Beispiele dargestellt werden. Zur Kennzeichnung eines jeden Lösungsverfahrens wird ein anderes Entscheidungsproblem der Ablauforganisation herangezogen. Daran wird erkennbar, daß häufig zur Lösung unterschiedlicher ablauforganisatorischer Probleme verschiedenartige Optimierungsverfahren eingesetzt werden können.

1. Beispiel für die Anwendung der Differentialrechnung in der Ablauforganisation

Mit Hilfe der Differentialrechnung werden insbesondere optimale Lösungen von Losgrößenproblemen ermittelt. Hierzu bestimmt man die Kosten, deren Höhe von der Entscheidung über die Fertigungslosgröße abhängt, entwickelt aus ihnen die losgrößenabhängige Stückkostenkurve und leitet deren kleinsten Wert, das Stückkostenminimum, als optimale Lösung her.

Beim **Grundmodell der optimalen Losgröße** geht man von der einfachsten Problemstellung (vgl. Abschnitt B II 1 b) aus. Man legt folgende vereinfachenden Bedingungen zugrunde:

- einstufige Fertigung,
- Betrachtung lediglich eines Produktes,
- gleichbleibende Absatzgeschwindigkeit,
- ständige Lieferbereitschaft (d. h. keine Fehlmengen),
- alle Daten sind bekannt (d. h. vollkommene Information),
- kein Sicherheitsbestand,
- konstante Kostengrößen,
- unendlich hohe Fertigungsgeschwindigkeit,
- keine Beschränkungen des Lagerraums und der finanziellen Mittel.

Es wird also unterstellt, daß zur Herstellung eines Produktes lediglich ein Arbeitsgang auf einer Maschine durchgeführt werden muß. Man entscheidet nur über die Losgröße dieses Produktes und vernachlässigt seine Beziehungen zu den anderen Produkten der Unternehmung.

Dieses Produkt wird mit gleichbleibender Geschwindigkeit abgesetzt. Die gesamte Absatzmenge der Planungsperiode (z. B. ein Jahr) ist bekannt. Sie beträgt M (z. B. 10 000) Stück. Die Unternehmung muß zu jedem Zeitpunkt lieferbereit sein. Deshalb dürfen keine Fehlmengen auftreten. Ferner sollen alle zur Lösung dieses Entscheidungsproblems erforderlichen Daten bekannt sein. Es liegt somit „vollkommene Information“ vor. Die Unternehmung kennt also alle Kostengrößen, die für die Entscheidung wichtig sind. Zusätzlich wird unterstellt, daß sich diese Kostengrößen in der Planungsperiode nicht ändern. Des weiteren wird angenommen, daß die Herstellung der Fertigungslose keine Zeit beansprucht und sämtliche zu einem Los gehörenden Produkte gleichzeitig auf das (Absatz-) Lager kommen. Schließlich sollen weder der verfügbare Lagerraum noch die finanziellen Mittel begrenzt sein.

Alternativen dieses Problems sind beispielsweise die Herstellung von zehn kleinen Losen zu je 1 000 Stück oder von zwei großen Losen zu je 5 000 Stück. Bei kleinen Losen muß der Rüstvorgang öfter durchgeführt werden. Dagegen zeigt die Entwicklung des Lagerbestandes, die in Abbildung 19 wiedergegeben ist, daß der durchschnittliche Lagerbestand wesentlich niedriger ist als bei großen Losen.

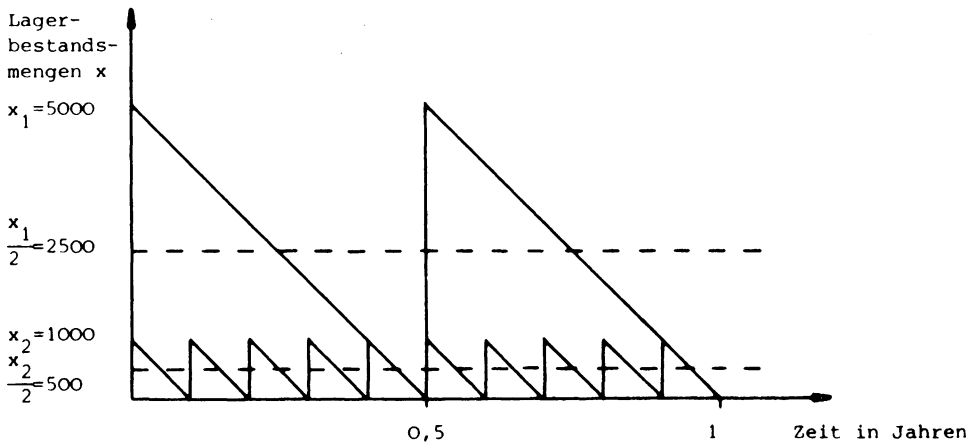


Abb. 19: Entwicklung des Lagerbestandes bei kleinen und großen Losen

Im Falle einer Fertigung von insgesamt 10 Losen zu je 1 000 Stück sind im Durchschnitt $\frac{1\,000 + 0}{2} = 500$ Stück am Lager, bei 2 Losen zu je 5 000 Stück dagegen $\frac{5\,000 + 0}{2} = 2\,500$ Stück.

Die gesamten Kosten eines Loses bestehen aus den Kosten K_H seiner Herstellung und den Kosten K_L seiner Lagerung.

Zu den **Kosten der Herstellung** gehören die Rückkosten R und die variablen Fertigungskosten pro Stück h , die vor allem die Material- und die Lohneinzelkosten umfassen. Die Rückkosten R fallen bei jedem Rüstvorgang an. Sie sind von der Zahl der Lose, aber nicht von der Losgröße abhängig. Dagegen entstehen die variablen Fertigungskosten h für jedes

einzelne Stück. Die Kosten der Herstellung K_H für ein Los setzen sich demnach wie folgt zusammen, wenn x die Losgröße bezeichnet:

$$K_H(x) = R + h \cdot x$$

Die **Kosten der Lagerung** K_L erfassen zum einen die eigentlichen Lagerkosten, die zum Beispiel durch die Pflege der gelagerten Produkte, durch den bereitgestellten Lagerraum und das im Lager tätige Personal entstehen. Diese Kosten werden in einem Lagerkostensatz l berücksichtigt. Er gibt den prozentualen Anteil der Lagerkosten bezogen auf den Wert der gelagerten Güter an. Ferner entstehen Zinskosten für das in den gelagerten Produkten gebundene Kapital. Diese werden in einem prozentualen Zinskostensatz p berücksichtigt. Beispielsweise können der Lagerkostensatz $l = 12\%$ und der Zinskostensatz $p = 8\%$ betragen. Um die Kosten der Lagerung K_L zu bestimmen, muß man diese Lager- bzw. Zinskostensätze mit dem Wert des durchschnittlich gebundenen Lagerbestands und der Zeitdauer seiner Bindung multiplizieren. Bei jedem Los ist die Hälfte der Losgröße,

d. h. $\frac{x}{2}$, durchschnittlich am Lager gebunden. Den Wert des Lagerbestands erhält man durch Multiplikation der Menge $\frac{x}{2}$ mit den variablen Fertigungskosten pro Stück h . Die Lagerdauer eines Loses beträgt $\frac{x}{M}$ Zeiteinheiten, wenn die Planungsperiode ein Jahr ist. Abbildung 19 zeigt, daß z. B. bei einer Losgröße von 5 000 Stück jedes Los durchschnittlich $\frac{5\,000}{10\,000} = \frac{1}{2}$ Jahr am Lager ist. Dagegen ergibt sich bei einer Losgröße von 1 000 Stück eine durchschnittliche Lagerdauer von $\frac{1\,000}{10\,000} = \frac{1}{10}$ Jahr.

Somit setzen sich die Kosten der Lagerung nach folgendem Ausdruck zusammen:

$$K_L(x) = \frac{x}{2} \cdot h \cdot \frac{x}{M} \cdot \frac{(l + p)}{100}$$

Lagerwert Lager- Lager- und
dauer Zinskostensatz

Zur Bestimmung der optimalen Losgröße müssen die pro Stück anfallenden Kosten k ihren kleinsten Wert annehmen. Man erhält die Stückkosten k , indem man die Kosten der Herstellung $K_H(x)$ und der Lagerung $K_L(x)$ eines Loses addiert sowie die Summe durch die Losgröße dividiert:

$$k(x) = \frac{K_H(x) + K_L(x)}{x} = \frac{R}{x} + h + \frac{x}{2} \cdot \frac{h}{M} \cdot \frac{(l + p)}{100}$$

Die Kurve der Stückkosten ergibt sich durch Addition der drei Kurven für die Rüstkosten pro Stück $\frac{R}{x}$, die variablen Fertigungskosten pro Stück h sowie die Lager- und Zinskosten pro Stück $\frac{x}{2} \cdot \frac{h}{M} \cdot \frac{(l + p)}{100}$ entsprechend Abbildung 20.

Für die Herleitung des Optimums ist nach den Regeln der Differentialrechnung die erste Ableitung $k'(x)$ der Stückkostenfunktion $k(x)$ zu bilden und gleich Null zu setzen. Man erhält:

$$k'(x) = -\frac{R}{x^2} + 0 + \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{M} \cdot \frac{(1+p)}{100} = 0$$

$$\text{bzw. } \frac{x^2}{R} = \frac{200 \cdot M}{h \cdot (1+p)}$$

$$\text{bzw. } x^2 = \frac{200 \cdot M \cdot R}{h \cdot (1+p)}$$

Damit ergibt sich für die optimale Fertigungslosgröße x_0 :

$$x_0 = + \sqrt{\frac{200 \cdot M \cdot R}{h \cdot (1+p)}}$$

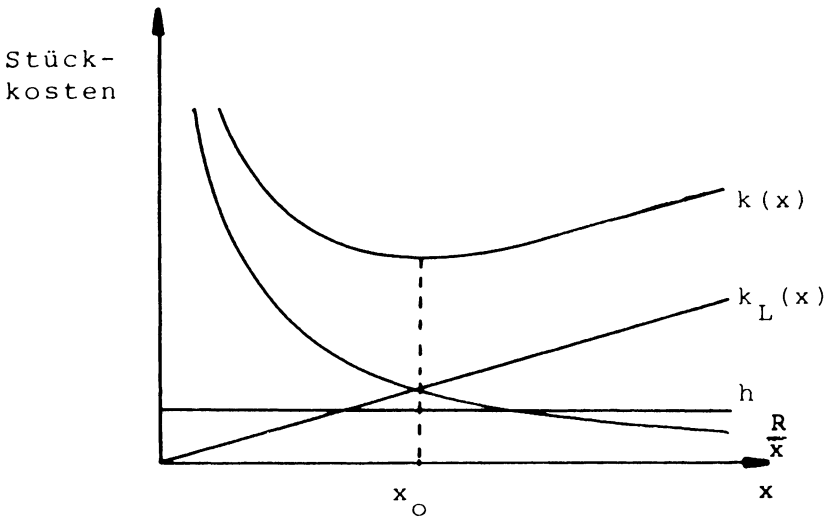


Abb. 20: Verlauf der Stückkostenkurve zur Bestimmung der optimalen Losgröße

Es läßt sich zeigen, daß diese optimale Lösung in der Graphik stets beim Schnitt der Kurve für die Rüstkosten je Stück mit der Kurve für die Lager- und Zinskosten je Stück liegt.

Beispiel:

In der Sägerei muß entschieden werden, in welcher Losgröße Bretter gesägt werden, die unmittelbar nach ihrer Bearbeitung auf das Absatzlager kommen und von dort verkauft werden. Der Jahresbedarf beträgt 10 000 Stück. Lager- bzw. Zinskostensatz sind 12 % bzw. 8 % pro Jahr. Die Kosten für die Umrüstung der Kreissäge betragen $R = 40,-$ DM, die variablen Fertigungsstückkosten $h = 25,-$ DM. Demnach errechnet sich die optimale Losgröße zu

$$x_0 = \sqrt{\frac{200 \cdot 10000 \cdot 40,-}{25,- \cdot (12 + 8)}} = \sqrt{160\,000} = 400 \text{ Stück.}$$

Aufgrund der stark vereinfachenden Annahmen ist dieses Grundmodell der optimalen Losgröße nur auf wenige praktische Probleme oder lediglich als grobe Schätzung anwendbar. Jedoch werden aus ihm die grundlegenden, einander gegenüberstehenden Kostenbestandteile sowie das methodische Vorgehen bei Anwendung der Differentialrechnung ersichtlich.

Dieses Modell ist in vielfacher Hinsicht **erweitert** worden, indem zum Beispiel die Zeitdauer der Fertigung eines Loses oder die Beziehungen zwischen den Losen verschiedener Produktarten einbezogen werden. Hierdurch läßt sich eine größere Nähe zu praktischen Problemen erreichen. Jedoch werden Modellansatz und Lösungsverfahren mathematisch schwieriger.

Fragen:

54. Kennzeichnen Sie folgende Merkmale des Modells der optimalen Fertigungslosgröße:
- abgebildetes Entscheidungsproblem,
 - Prämissen,
 - berücksichtigte Kostengrößen,
 - Herleitung des Optimums.
55. Wie lassen sich die einzelnen Kostenfunktionen ermitteln.?
56. Wie beurteilen Sie das Modell?

2. Beispiel für ein graphisches Verfahren der Ablauforganisation

Das von Akers (1956) entwickelte graphische Verfahren ermöglicht die Bestimmung der optimalen Reihenfolge von zwei Aufträgen, die in unterschiedlicher Maschinenfolge über dieselben Maschinen laufen. Die Alternativenzahl muß jedoch relativ klein sein. Dieses Lösungsverfahren ist also auf Reihenfolgeprobleme anwendbar, bei denen folgende Bedingungen erfüllt sind:

- zwei Aufträge,
- vorgegebene nicht übereinstimmende Maschinenfolgen,
- vorgegebene konstante Bearbeitungszeiten für jeden Auftrag auf jeder Maschine sowie
- Minimierung der Zykluszeit als Ziel.

Beispiel:

Die Schreinerei muß zwei verschiedene Aufträge bearbeiten. Auftrag 1 durchläuft die vier Maschinen der Schreinerei in der Reihenfolge A B C D, während für Auftrag 2 die Maschinenfolge B C A D gilt. Die Bearbeitungszeiten betragen:

Auftrag \ Maschine	Maschine			
	A	B	C	D
1	6	2	2	1
2	3	3	2	4

In welcher Reihenfolge sind die beiden Aufträge auf jeder Maschine zu bearbeiten, wenn die Zykluszeit möglichst kurz werden soll?

Bei dieser Problemstellung gibt es an jeder Maschine nur zwei mögliche Auftragsfolgealternativen: 1 vor 2 oder 2 vor 1. In der graphischen Lösung trägt man auf jeder Achse einen Auftrag ab. Für dieses Beispiel gibt in Abbildung 21 die Horizontale (Abszisse) die Bearbeitungszeiten für den Auftrag 2, die Vertikale (Ordinate) die Bearbeitungszeiten für den Auftrag 1 wieder. Die Summe der Bearbeitungszeiten beträgt bei Auftrag 1 elf, bei Auftrag 2 zwölf Zeiteinheiten.

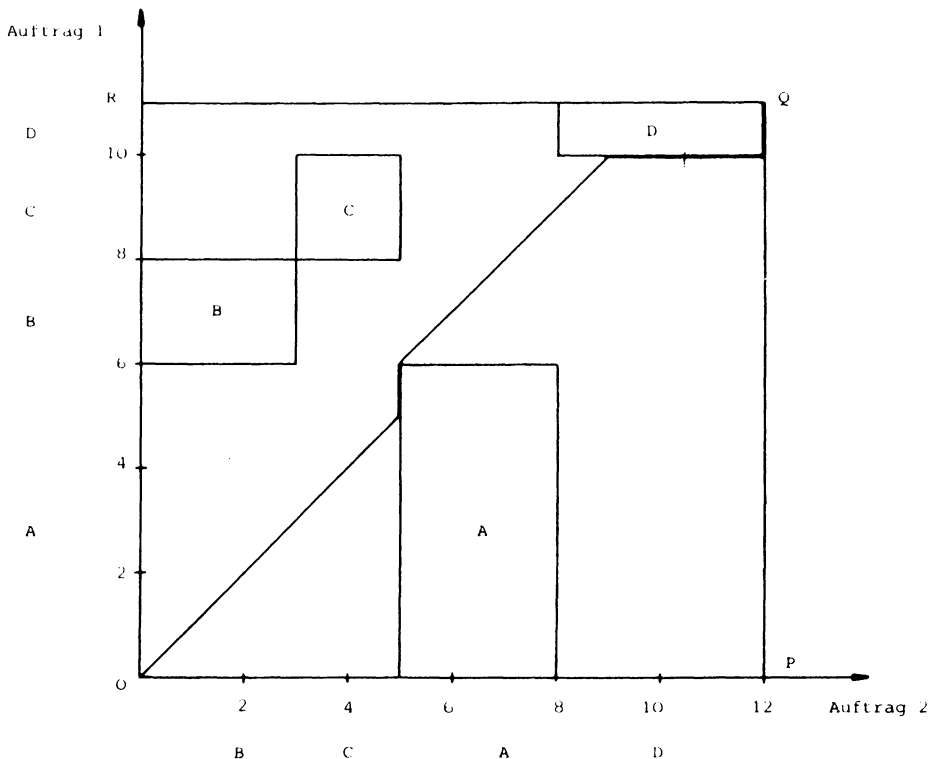


Abb. 21: Beispiel für die graphische Lösung eines Reihenfolgeproblems

In das hieraus gebildete Rechteck OPQR werden entsprechend den Bearbeitungszeiten Rechtecke für die verschiedenen Maschinen eingezeichnet. Wie in Abbildung 21 dargestellt, erhält man diese Rechtecke, indem man entlang der Vertikalen die Bearbeitungszeiten des Auftrags 1 entsprechend dessen Maschinenfolge ABCD sowie entlang der Horizontalen die Bearbeitungszeiten des Auftrags 2 entsprechend dessen Maschinenfolge BCAD abträgt. Die Lösung des Problems besteht darin, innerhalb des Rechtecks OPQR eine Verbindungslinie von O nach Q zu finden, die folgende Bedingungen erfüllt:

- ① Die Linie OQ darf nur innerhalb des Rechtecks OPQR verlaufen sowie gebrochen, aber nicht unterbrochen sein.
- ② Die Linie OQ darf nur horizontal, vertikal-steigend oder mit einer Steigung von 45° verlaufen.
- ③ Die Linie OQ darf durch keines der Rechtecke A, B, C und D hindurchführen.
- ④ Die Länge der Linie OQ muß möglichst klein sein.

Aufgrund der Bedingung ④ ist eine Verbindungslinie OQ zu suchen, die möglichst viele diagonale Strecken enthält. Die kürzeste Linie entspricht der Reihenfolgealternative mit der geringsten Zykluszeit. Die graphisch gefundene Verbindungslinie ist dann ökonomisch zu interpretieren. Eine diagonale Linie gibt an, daß beide Aufträge gleichzeitig auf verschiedenen Maschinen bearbeitet werden. Verläuft die Linie dagegen vertikal (horizontal), so wird nur Auftrag 1 bzw. 2 bearbeitet, während der andere Auftrag warten muß. Liegen die Rechtecke für die Maschine oberhalb der Linie OQ, so wird auf dieser Maschine Auftrag 2 vor Auftrag 1 bearbeitet. Bei Aufträgen unterhalb der Linie OQ gilt die Auftragsfolge 1 vor 2.

Bei Anwendung dieser Regeln lassen sich für das angeführte Beispiel entsprechend Abbildung 21 die im Hinblick auf die Zykluszeit optimalen Auftragsfolgen ermitteln:

Maschine	Auftragsfolge
A	1 vor 2
B	2 vor 1
C	2 vor 1
D	2 vor 1

Das zu dieser Lösung gehörende Gantt-Diagramm gibt Abbildung 22 wieder. Wartezeiten entstehen, weil Auftrag 2 vor Maschine A eine Zeiteinheit und Auftrag 1 vor Maschine D drei Zeiteinheiten warten müssen.

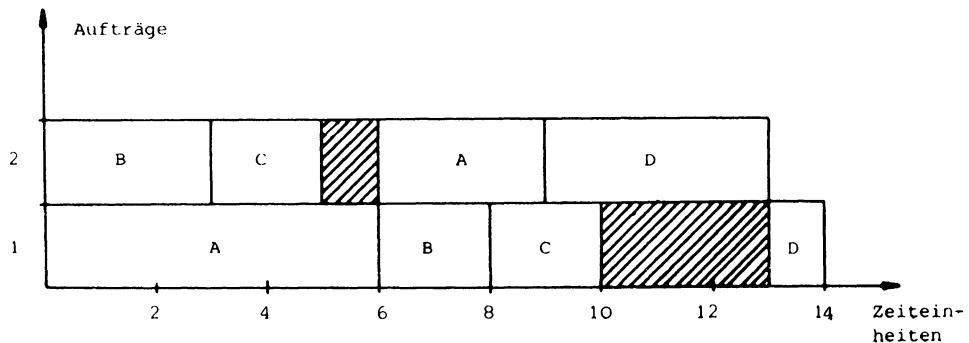


Abb. 22: Gantt-Diagramm für das Beispiel des graphischen Lösungsverfahrens

Dieses graphische Verfahren ist auch auf drei und mehr Aufträge erweitert worden (Mensch 1968, Siegel 1974).

3. Beispiel für ein Entscheidungsbaumverfahren der Ablauforganisation

Ein wichtiges Merkmal von Reihenfolgeproblemen liegt in der großen Zahl an Alternativen, unter denen die optimale zu suchen ist. Grundsätzlich könnte man die beste Lösung finden, indem man für **sämtliche** Alternativen die Zielausprägungen bestimmt. Dabei müßte man alle Alternativen aufzählen und berechnen. Ein derartiges Vorgehen nennt man **Vollenumeration** (enumerare = aufzählen). Wegen der großen Zahl möglicher Alternativen ist eine Vollenumeration im allgemeinen undurchführbar. Daher sind Verfahren der Ablauforganisation entwickelt worden, mit denen sich die Zahl der zu berücksichtigenden Alternativen immer stärker einschränken läßt.

Bei den Entscheidungsbaumverfahren zerlegt man die gesamte Alternativenmenge in Teilmengen. Wie bei einem Baum wird die Menge aller denkbaren Lösungen in „Äste“ aufgespalten, die jeweils Teilmengen einzelner Alternativen wiedergeben. Jeder Ast bezeichnet die Festlegung einer bestimmten Variablen, beispielsweise die Einordnung eines konkreten Auftrags in die Auftragsfolge einer Maschine. Aus diesem Grund nennt man diese Lösungsmethoden „Entscheidungsbaumverfahren“. Zu dieser Klasse von Optimierungsverfahren gehören die **Dynamische Planungsrechnung**, die **Begrenzte Enumeration** (Müller-Merbach) sowie die **Branch-and-Bound-Methode**. Das zuletzt genannte Verfahren wird hier anhand eines Beispiels beschrieben.

Die **Branch-and-Bound-Methode** läßt sich durch drei grundlegende Merkmale kennzeichnen:

- *Erstens wird die gesamte Alternativenmenge in Teilmengen zerlegt, indem man für jeweils festgelegte Variablenwerte Zweige (Zweig = branch) bildet. Dieses Verzweigen nennt man „Branching“.*
- *Zweitens wird jeder an einer Verzweigung gebildete Ast, der zu einer Alternativenmenge führt, mit Hilfe eines verhältnismäßig leicht berechenbaren „Bounds“ (bound = Grenze) bewertet. Dieser stellt einen Grenzwert der Zielfunktion dar, der im Fall der Minimierung bei den Alternativen dieses Astes keinesfalls unterschritten wird.*
- *Drittens werden nur die Äste bis zur letzten Verzweigung durchgerechnet, deren Bounds unter den Grenzwerten der anderen Äste liegen. Damit wird erreicht, daß man oft nur für eine begrenzte Zahl der möglichen Alternativen die Ausprägung der Zielfunktion ausrechnen muß, um zur optimalen Lösung zu gelangen.*

Die Branch-and-Bound-Methode stellt ein Optimierungsverfahren dar, durch das sich die optimale Lösung von Reihenfolgeproblemen bei nicht allzu umfangreichen Problemstellungen häufig mit einem relativ begrenzten Rechenaufwand ermitteln läßt. Sie gehört daher unter den Optimierungsverfahren zu den am ehesten praktisch anwendbaren Verfahren. Ferner kann man den Rechenaufwand vermindern, indem man auf die Bestim-

mung des Optimums verzichtet und lediglich einen oder mehrere günstige Zweige durchrechnet.

Bei Anwendung der Branch-and-Bound-Methode kann man unterschiedliche Bounds zugrunde legen. Ein Verfahren führt um so schneller zur optimalen Alternative, je näher die für die Zweige berechneten Bounds an dem besten Zielfunktionswert dieses Zweiges liegen. Andererseits ist der Rechenaufwand zur Berechnung der Bounds im allgemeinen größer, wenn der Bound den Zielfunktionswert genauer abschätzt. Die meisten Verfahren des Branch-and-Bound legen bei Reihenfolgeproblemen das Ziel **Minimierung der Zykluszeit** zugrunde.

Branch-and-Bound-Verfahren sind für Auftragsreihenfolgeprobleme bei übereinstimmender und bei nicht übereinstimmender Maschinenfolge entwickelt worden. Ferner lassen sie sich auf Reihenfolgeprobleme bei der Fahrt zwischen verschiedenen Standorten anwenden. Dabei wird eine Rundreise festgelegt. Man ermittelt die Reihenfolge, in der eine Zahl vorgegebener Standorte nacheinander anzufahren ist.

Besonders günstig ist der Rechenaufwand der Branch-and-Bound-Methode bei Reihenfolgeproblemen, wenn die **Maschinenfolge** der Aufträge **übereinstimmend** und auch die **Auftragsfolge** auf allen Maschinen **gleich** sein soll. Bei zwei- und dreistufigen Prozessen mit übereinstimmender Maschinenfolge weist die optimale Lösung in bezug auf die Ziele Minimierung der Zykluszeit oder der Gesamtbelegungszeit stets übereinstimmende Auftragsfolgen auf. Deshalb läßt sich bei derartigen Problemen die optimale Lösung mit der Branch-and-Bound-Methode verhältnismäßig leicht bestimmen. Dies wird im folgenden durch ein Zahlenbeispiel verdeutlicht.

Beispiel:

In der Schreinerei sind fünf verschiedene Aufträge $j = 1, \dots, 5$ zu bearbeiten. Sie durchlaufen die Arbeitsplätze Sägen ($m = A$), Furnieren ($m = B$) und Zusammenbau ($m = C$) alle in der gleichen Reihenfolge. Durch den Betriebsleiter ist die Auftragsfolge zu wählen, bei der die Zykluszeit am niedrigsten ist. Die Bearbeitungszeiten der fünf Aufträge j an den drei Arbeitsträgern m in Tagen sind aus Abbildung 23 ersichtlich:

j \ m	A	B	C	Summe über die Arbeitsträger $m=B$ und $m=C$
1	5	2	7	9
2	3	6	9	15
3	8	5	4	9
4	5	5	2	7
5	2	4	4	8
Summe über alle Aufträge	23	22	26	

Abb. 23: Bearbeitungszeiten im Branch-and-Bound-Beispiel

Zur Lösung dieses Entscheidungsproblems mit der Branch-and-Bound-Methode ist ein **Entscheidungsbaum** aufzustellen. Dieser weist **Knoten** für Teilmengen von Alternativen sowie Zweige für jeweils festzulegende Variablenwerte auf. Die Variablen bestehen in der Zuordnung eines jeden Auftrags an eine der fünf möglichen Positionen der Auftragsfolge. Der erste Knoten, welcher die Nummer 0 erhält, umfaßt die gesamte Alternativmenge. Er umfaßt bei diesem Beispiel übereinstimmender Maschinenfolgen sowie übereinstimmender Auftragsfolgen $5! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 = 120$ Alternativen. Von diesem Knoten aus sind fünf Verzweigungen möglich. Es kann nämlich Auftrag 1, Auftrag 2, Auftrag 3, Auftrag 4 oder Auftrag 5 an die erste Stelle der Auftragsfolge gesetzt werden. Für jede Alternative erhält man einen Knoten. Damit ist die gesamte Alternativmenge in fünf verschiedene Teilmengen aufgespalten, die sich nicht überschneiden, da an erster Stelle der Auftragsfolge nur einer der fünf Aufträge stehen kann.

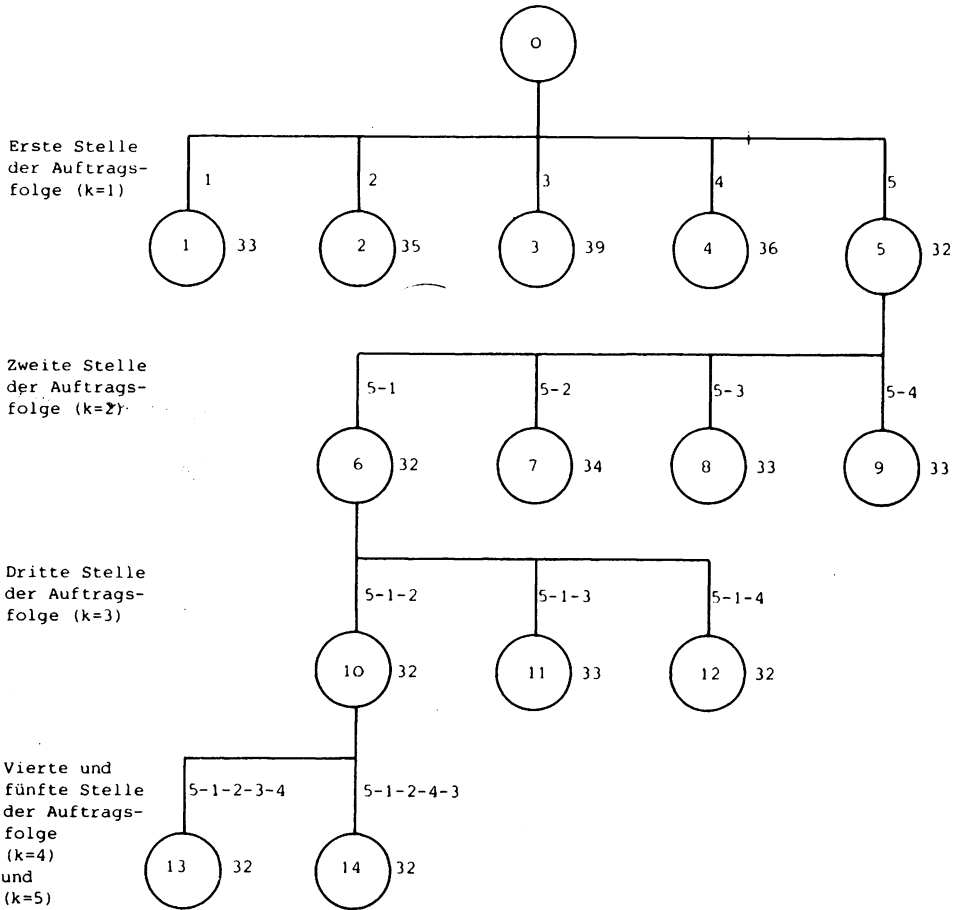


Abb. 24: Entscheidungsbaum des Branch-and-Bound-Beispiels

Knoten	Stelle der Auftrags- folge	Zuzu- ord- nen- der Auftrag	Ende der Belegungszeit von: Arbeitsträger					E_{jA}^k	E_{jB}^k	L_{jC}^k	$LB(k, j)$	Folge- knoten
			A bis Auftrag an Stelle $k-1$	A bis Auftrag an Stelle k	B bis Auftrag an Stelle $k-1$	B bis Auftrag an Stelle k	C bis Auftrag an Stelle $k-1$					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
0	1	1	0	5	0	7	0	$23+7=30$	$22+5+2=29$	$26+7=33$	33	1
		2	0	3	0	9	0	$23+7=30$	$22+3+2=27$	$26+9=35$	35	2
		3	0	8	0	13	0	$23+7=30$	$22+8+2=32$	$26+13=39$	39	3
		4	0	5	0	10	0	$23+9=32$	$22+5+4=31$	$26+10=36$	36	4
		5	0	2	0	6	0	$23+7=30$	$22+2+2=26$	$26+6=32$	32	5
5	2	1	2	7	6	8	10	$23+7=30$	$18+7+2=27$	$22+10=32$	32	6
		2	2	5	6	11	10	$23+7=30$	$18+6+2=26$	$22+12=34$	34	7
		3	2	10	6	11	10	$23+7=30$	$18+10+2=30$	$22+11=33$	33	8
		4	2	7	6	11	10	$23+9=32$	$18+7+4=29$	$22+11=33$	33	9
6	3	2	7	10	9	15	17	$23+7=30$	$16+10+2=28$	$15+17=32$	32	10
		3	7	15	9	14	17	$23+7=30$	$16+15+2=33$	$15+17=32$	33	11
		4	7	12	9	14	17	$23+9=32$	$16+12+4=32$	$15+17=32$	32	12
10	4	3	10	18	16	21	26	$23+7=30$	$10+18+2=30$	$6+26=32$	32	13
		4	10	15	16	21	26	$23+9=32$	$10+16+4=30$	$6+26=32$	32	14

Abb. 25: Berechnung des Branch-and-Bound-Beispiels

Das zentrale Problem der Branch-and-Bound-Methode besteht darin, für jede dieser fünf Verzweigungen einen **Bound** zu berechnen. Dieser gibt an, wie groß die Zykluszeit **mindestens** sein wird, wenn Auftrag 1, 2, 3, 4 oder 5 an erster Stelle steht. Die tatsächliche Zykluszeit darf keinesfalls kleiner als der jeweilige Bound sein. Die hierzu notwendigen Berechnungen sind in Abbildung 25 durchgeführt. Zur näheren Erläuterung werden ferner die Gantt-Diagramme von Abbildung 26 herangezogen.

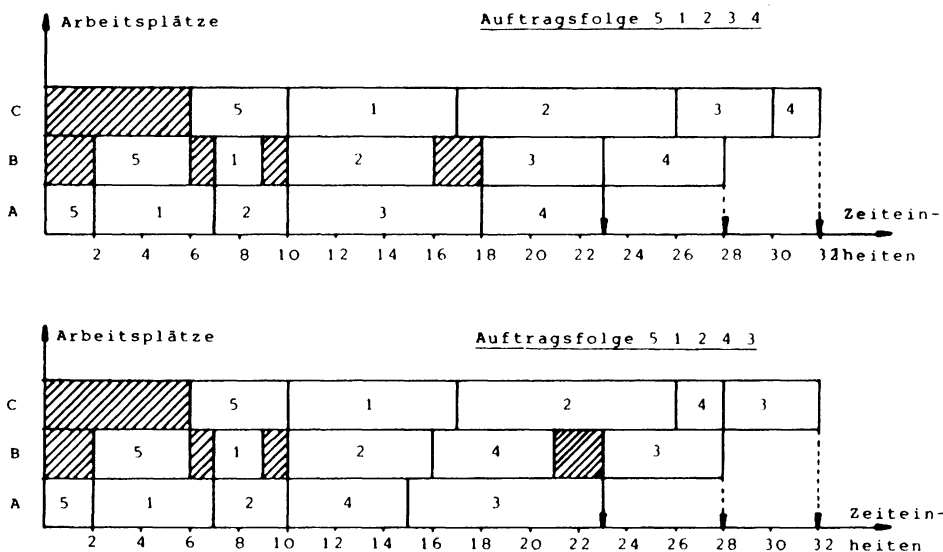


Abb. 26: Gantt-Diagramme für die im Branch-and-Bound-Beispiel berechneten Alternativen

Der zur Lösung dieses Beispiels verwendete **Lower Bound** (= untere Grenze) als unterer Grenzwert für die Zykluszeit ergibt sich bei jedem Knoten aus den Bounds b_{jm}^k für jeden der drei Arbeitsträger. Dabei kennzeichnet j den Auftrag (1, ..., 5), m den Arbeitsträger (A, B, C) und k die Stelle der Auftragsfolge. Es handelt sich hier um **maschinenorientierte Bounds**. Für jeden Arbeitsträger kann sich der Bound als Summe von drei Werten zusammensetzen:

- (1) Summe der Bearbeitungszeiten der noch von diesem Arbeitsträger zu bearbeitenden Aufträge
- + (2) Zeitpunkt, zu dem frühestens mit der Bearbeitung dieser Aufträge an diesem Arbeitsträger begonnen werden kann
- + (3) Mindestdauer für die Bearbeitung der noch nicht zugeordneten Aufträge an den nachfolgenden Arbeitsträgern.

Der Bound b_{jA}^k für den **ersten Arbeitsplatz Sägen** und den an die k -te Stelle einzuordnenden Auftrag j wird wie folgt berechnet:

b_{jA}^k = Summe der Bearbeitungszeiten aller Aufträge $j = 1, \dots, 5$ an Arbeitsträger A
 + niedrigster Wert der Summe aus den Bearbeitungszeiten an den nachfolgenden Arbeitsträgern B und C für jeden der Aufträge außer dem an die k-te Stelle eingeordneten.

Der frühestmögliche Bearbeitungszeitpunkt der Aufträge ist am ersten Arbeitsplatz gleich Null und muß daher nicht gesondert addiert werden. Im betrachteten Beispiel ist bei Knoten 0 dieser Bound b_{jA}^k für alle Aufträge außer dem vierten gleich 30. Die Summe der Bearbeitungszeiten am Arbeitsplatz A beträgt 23. Wird z. B. Auftrag 1 an die erste Stelle (d. h. $j = 1$ bei $k = 1$) gesetzt, so ist zu 23 der kleinste Wert aus den Summen der Bearbeitungszeiten in B und C für die Aufträge 2, 3, 4 oder 5, d. h. aus den Werten $6 + 9 = 15$, $5 + 4 = 9$, $5 + 2 = 7$ und $4 + 4 = 8$ zu addieren. Dieser kleinste Wert ist 7. Also ergibt sich $b_{1A}^1 = 23 + 7 = 30$. Entsprechend lassen sich die anderen Werte berechnen.

Für den Bound b_{jB}^k des **zweiten Arbeitsplatzes Furnieren** wird folgende Regel verwendet:

b_{jB}^k = Summe der Bearbeitungszeiten an Arbeitsträger B für alle Aufträge außer den in übergeordneten Knoten schon zugeordneten Aufträgen bis zur Stelle k-1
 + größerer Wert aus
 ○ Belegungszeit des ersten Arbeitsträgers durch die bisher zugeordneten Aufträge sowie dem Auftrag an der Stelle k
 ○ Belegungszeit des zweiten Arbeitsträgers durch die bisher zugeordneten Aufträge bis zur Stelle k-1
 + niedrigster Wert der Bearbeitungszeiten aller Aufträge am letzten Arbeitsträger C außer den schon zugeordneten Aufträgen sowie außer dem Auftrag an der Stelle k.

Um diesen Bound zu berechnen, sind in Abbildung 25 die Hilfsspalten (5) „Ende der Belegungszeit von Arbeitsträger A bis Auftrag an Stelle k“ bzw. (6) „Ende der Belegungszeit von Arbeitsträger B bis Auftrag an Stelle k-1“ eingeführt. Der größere Wert dieser beiden Spalten gibt an, wann der zuzuordnende Auftrag j frühestens am zweiten Arbeitsträger begonnen werden kann, weil er erst zu diesem Zeitpunkt auf A fertiggestellt ist bzw. weil erst zu dieser Zeit der Arbeitsträger B den vorhergehenden Auftrag an der Stelle k-1 beendet hat. Bei Knoten 0 sind noch alle Aufträge in B zu bearbeiten. Die Summe der Bearbeitungszeiten an diesem Arbeitsträger für alle fünf Aufträge ist 22. Berechnet man b_{1B}^1 , also die Alternative, daß Auftrag $j = 1$ als erster ($k = 1$) bearbeitet wird, so sind zu 22 fünf Zeiteinheiten als das Ende der Belegungszeit von A durch Auftrag 1 zu addieren. Ferner muß der kleinste Wert aus den Bearbeitungszeiten eines der anderen Aufträge 2 bis 5 am nachfolgenden Arbeitsträger C hinzugezählt werden. Für Auftrag 1 ist dies der Wert 2 von Auftrag 4 in C. Auf diese Weise erhält man $b_{1B}^1 = 22 + 5 + 2 = 29$. Entsprechend lassen sich die anderen Bounds für B berechnen.

Am **dritten Arbeitsplatz Zusammenbau** werden die Aufträge fertiggestellt. Deshalb vereinfacht sich die Regel zur Berechnung von b_{jC}^k wie folgt:

- b_{jC}^k = Summe der Bearbeitungszeiten an Arbeitsträger C für alle Aufträge außer den in übergeordneten Knoten schon zugeordneten Aufträgen bis zur Stelle k-1
- + größerer Wert aus
- Belegungszeit des zweiten Arbeitsträgers durch die bisher zugeordneten Aufträge sowie den Auftrag an der Stelle k
 - Belegungszeit des dritten Arbeitsträgers durch die bisher zugeordneten Aufträge bis zur Stelle k-1.

Zur Berechnung dieses Bounds enthält Abbildung 25 die Hilfsspalten (7) „Ende der Belegungszeit von Arbeitsträger B bis Auftrag an Stelle k“ bzw. (8) „Ende der Belegungszeit von Arbeitsträger C bis Auftrag an Stelle k-1“. Der größere Wert aus diesen beiden Spalten ist zu der Summe der Bearbeitungszeiten in C für die noch nicht zugeordneten Aufträge einschließlich des Auftrags an der Stelle k zu addieren. Auf diese Weise erhält man z. B. $b_{1C}^1 = 26 + 7 = 33$.

Aus den berechneten Bounds b_{jm}^k sind an jeder Stelle k der Auftragsfolge für die betrachteten Aufträge j die **Lower Bounds** LB (k, j) nach folgender Regel auszuwählen:

$$LB(k, j) = \text{Größter Wert der drei Bounds } b_{jA}^k, b_{jB}^k \text{ und } b_{jC}^k.$$

Wenn Auftrag j = 1 an die erste Stelle (k = 1) rücken soll, ist dies der größte Wert aus 30, 29 und 33, also 33.

Die auf diese Weise berechneten Lower Bounds sind Abschätzungen für die Zykluszeit. Man untersucht deshalb den Knoten weiter, der den kleinsten Lower Bound aufweist, in diesem Beispiel demnach den Knoten 5. Es gilt die Regel:

Verzweige den Knoten, der den niedrigsten Lower Bound aufweist.

Dies bedeutet, daß im Beispiel Auftrag 5 an die erste Stelle der Auftragsfolge gesetzt wird. Durch die anschließende Verzweigung des ausgewählten Knotens 5 wird untersucht, ob nach Auftrag 5 der Auftrag 1 (Knoten 6), der Auftrag 2 (Knoten 7), der Auftrag 3 (Knoten 8) oder der Auftrag 4 (Knoten 9) bearbeitet werden soll. Hierzu werden nach den oben angegebenen Regeln wiederum die Bounds b_{jm}^2 für die Alternativen j = 1, 2, 3 oder 4 nach Auftrag 5 sowie hieraus die Lower Bounds dieser Alternativen berechnet. Das Rechenverfahren kann mit Hilfe der Tabelle in Abbildung 25 sowie der in Abbildung 26 aufgezzeichneten Gantt-Diagramme der durchgerechneten Alternativen verdeutlicht werden.

Die Berechnung der Bounds b_{jA}^2 für den ersten Arbeitsplatz weist keine Besonderheiten gegenüber dem ersten Knoten auf. Es ist lediglich zu beachten, daß die Bearbeitungszeiten des schon zugeordneten Auftrags 5 bei b_{jB}^2 und b_{jC}^2 nicht addiert werden dürfen. Deshalb ist b_{jA}^2 jetzt $23 + 7 = 30$. Beim Bound des zweiten Arbeitsträgers ist die Summe der Belegungszeit (22) um die Bearbeitungszeit des zugeordneten Auftrags 5, d. h. um 4, zu vermindern. Zu dieser Zahl sind der größere Wert der Spalten (5) oder (6) sowie der niedrigste Wert aus den Summen der Restbearbeitungszeiten für die nicht zugeordneten Aufträge zu addieren. Der Wert in Spalte (4) entspricht der Bearbeitungszeit des zugeord-

neten Auftrags 2 in A. Hierzu sind in Spalte (5) die Bearbeitungszeiten der anderen Aufträge in B addiert. Spalte (6) ergibt sich als Summe der Bearbeitungszeiten von Auftrag 5 in A und B. Die Werte dieser Spalte sind aus den Gantt-Diagrammen für die bisher zugeordneten Aufträge abzulesen. Addiert man zu diesen Werten jeweils die Bearbeitungszeiten der noch nicht zugeordneten Aufträge, so erhält man die Werte in Spalte (7). Die Werte von Spalte (8) sind wiederum aus dem Gantt-Diagramm ersichtlich. Durch Anwendung der genannten Regeln gelangt man bis zur Verzweigung des Knotens 10. Die ihm folgenden Knoten 13 und 14 kennzeichnen die Auftragsfolgealternativen 5 1 2 3 4 und 5 1 2 4 3. Beide weisen eine Zykluszeit von 32 Tagen auf.

Nach der Berechnung dieses Astes bis zur letzten Verzweigung ist zu überprüfen, ob irgendein anderer Knoten einen Lower Bound besitzt, dessen Wert niedriger als der berechnete ist. Hierzu setzt man den berechneten Wert 32 als höchstzulässigen Zielfunktionswert an. Dieser wird **Upper Bound** (= obere Grenze) genannt. Sofern kein Lower Bound eines anderen Knotens unter diesem Wert liegt, hat man die optimale Alternative erreicht. Andernfalls sind der bzw. die Knoten zu verzweigen, deren Lower Bound niedriger ist. Also gilt die Regel:

Wähle den Wert der durchgerechneten Alternative als höchstzulässigen Zielfunktionswert oder Upper Bound. Streiche alle Knoten, deren Lower Bounds größer als dieser Wert sind und verzweige die Knoten, die niedrigere Lower Bounds aufweisen. Verzweige diese Knoten so lange weiter, bis entweder alle berechneten Lower Bounds gleich oder größer als der Upper Bound sind oder die letzte Verzweigung erreicht ist. Setze das Verfahren so lange fort, bis kein Lower Bound eines Knotens mehr unter dem Zielfunktionswert einer bis zum letzten Knoten durchgerechneten Alternative liegt.

Im berechneten Beispiel ist der Lower Bound von Knoten 13 als Upper Bound zu setzen. Kein anderer Knoten besitzt einen niedrigeren Lower Bound. Damit ist das Optimum erreicht. Jedoch hat sich für Knoten 14 der gleiche Lower Bound ergeben. Demnach sind in diesem Beispiel die beiden Alternativen 5 1 2 3 4 und 5 1 2 4 3 optimal.

Der **Rechenaufwand** hängt bei dem Branch-and-Bound-Verfahren davon ab, wieviele Knoten verzweigt werden müssen. Im allgemeinen muß man lediglich eine begrenzte Zahl von Knoten verzweigen und erreicht hierdurch eine wesentliche Verminderung des Rechenaufwands gegenüber einer Vollenumeration aller Alternativen.

III. Heuristische Verfahren der Ablauforganisation

Lernziel:

- In diesem Abschnitt sollen Sie
- die wichtigsten Merkmale heuristischer Verfahren kennenlernen und
 - anhand von Rechenbeispielen das Vorgehen bei einzelnen heuristischen Verfahren üben.

Da die Alternativenmenge bei den Entscheidungsproblemen der Ablauforganisation vielfach überaus groß ist, sind exakte Optimierungsverfahren für die Lösung praktischer Probleme oft zu rechenaufwendig. Man greift dann auf nicht-exakte Verfahren zurück, bei denen mit weniger Rechenaufwand eine günstige Alternative gefunden werden soll. Damit verzichtet man auf die Verwirklichung der besten Lösung.

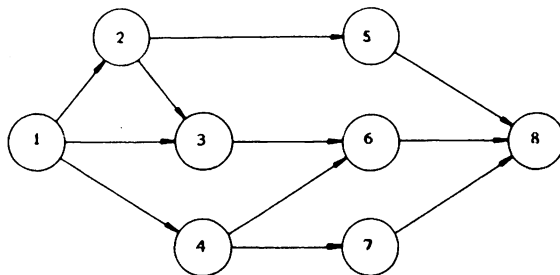
Charakteristisches Merkmal heuristischer Verfahren der Ablauforganisation sind Regeln, über die man zu einer günstigen Lösung des anstehenden Entscheidungsproblems gelangt. In diesen verwendet man Kennziffern, die einen Hinweis darauf geben sollen, welche Variablenwerte zu einer guten Ausprägung der Zielfunktion führen. Beispielsweise geben diese Kennziffern bei Reihenfolgeproblemen an, welche Aufträge bevorzugt werden sollen.

1. Beispiel für ein heuristisches Verfahren zur Fließbandabstimmung

Bei der **Leistungsabstimmung von Fließbändern** sind Arbeitselemente so den Stationen der Fertigungslinie zuzuteilen, daß der Bandwirkungsgrad möglichst groß ist (vgl. Abschnitt B II 1 d). Dabei sind technologisch vorgegebene Reihenfolgebedingungen zu beachten. Diese kann man unter anderem mit Hilfe eines Netzwerkes darstellen. Dessen Knoten kennzeichnen die auszuführenden Tätigkeiten oder Arbeitselemente, während die Pfeile zwischen den Knoten hier die Reihenfolgebedingungen wiedergeben.

Beispiel:

An einem Fließband sollen 8 verschiedene Tätigkeiten ausgeführt werden. Aufgrund technologischer Bedingungen müssen die Tätigkeiten 5, 6 und 7 vor der Tätigkeit 8; 4 vor 6 und 7; 3 vor 6; 2 vor 3 und 5 sowie 1 vor 2, 3 und 4 erfolgen. Das entsprechende Netzwerk sowie die Bearbeitungszeiten je Arbeitselement (= Elementzeiten) sind in Abbildung 27 angegeben. Bei achtstündiger täglicher Arbeitszeit sollen pro Tag mindestens 40 Stück hergestellt werden. Die Stationenzahl der Fertigungslinie ist so zu wählen, daß der Bandwirkungsgrad möglichst günstig wird.



Arbeitselemente	1	2	3	4	5	6	7	8
Bearbeitungszeit (in Minuten)	6	5	4	4	6	4	5	4

Abb 27: Netzwerk und Bearbeitungszeiten des Beispiels der Fließbandabstimmung

In diesem Beispiel ist die Tagesproduktion vorgegeben. Aus ihr ergibt sich eine Taktzeit t von höchstens

$$t = \frac{8 \text{ Stunden zu } 60 \text{ Minuten}}{40 \text{ Stück}} = 12 \text{ Minuten je Stück.}$$

Bei einer längeren Taktzeit könnten nur weniger als 40 Stück pro Tag erzeugt werden.

Der höchste Bandwirkungsgrad wird bei vorgegebener Taktzeit erreicht, indem man die Stationenzahl minimiert. Zur Lösung dieses Problems ist eine größere Zahl von heuristischen Verfahren entwickelt worden (Vgl. zum Überblick Bussmann u. a. 1968, Hahn, R. 1972). Ein heuristisches Verfahren haben W. B. Helgeson und D. B. Bernie ausgearbeitet. Bei diesem Verfahren werden die Arbeitselemente mit Hilfe von **Positionsgewichten** nacheinander zugeteilt. Diese Positionsgewichte stellen Kennziffern dar, welche ausdrücken sollen, wie dringend eine möglichst frühzeitige Zuteilung des jeweiligen Arbeitselementes ist.

Mit diesem Verfahren sollen die Arbeitselemente 1 bis 8 unter Beachtung der im Netzwerk abgebildeten Reihenfolgebedingungen und unter Einhaltung der Taktzeit von höchstens 12 Minuten auf die Stationen verteilt werden. Dabei soll die Stationenzahl möglichst klein sein.

Das Positionsgewicht eines Arbeitselementes wird berechnet, indem man zu dessen Bearbeitungszeit die Bearbeitungszeiten der nachfolgenden Arbeitselemente addiert. Wie man aus Abbildung 28 ersieht, entspricht daher das Positionsgewicht 38 des ersten Elements der Summe aller Bearbeitungszeiten. Dagegen ergibt sich z. B. das Positionsgewicht 17 des vierten Elements als Summe der Bearbeitungszeiten für die Elemente 4, 6, 7 und 8. Anschließend werden die Elemente entsprechend ihrer Positionsgewichte in eine Rangfolge gebracht.

Arbeitselement	Bearbeitungszeiten		Positionsgewicht	Rang
	des Elements	der nachfolgenden Elemente		
1	6	$5 + 4 + 4 + 6 + 4 + 5 + 4 = 32$	38	1
2	5	$4 + 6 + 4 + 4 = 18$	23	2
3	4	$4 + 4 = 8$	12	4
4	4	$4 + 5 + 4 = 13$	17	3
5	6	4	10	5
6	4	4	8	7
7	5	4	9	6
8	4	0	4	8

Abb. 28: Bestimmung der Positionsgewichte zur Fließbandabstimmung

Die Zuteilung der Arbeitselemente ist in Abbildung 29 vorgenommen. Man setzt zuerst die Taktzeit gleich 12. Dann versucht man, die Elemente in der Reihenfolge ihrer Positionsgewichte den Stationen so zuzuordnen, daß bei jeder Station die Taktzeit nicht überschritten wird. Dabei können Elemente mit höherem Positionsgewicht übersprungen wer-

Taktzeit	Stationen	Arbeits- element	Bearbei- tungs- zeit	Verfü- gbare Zeit	Leerzeit nach Zuord- nung	Zuge- wiesene Ele- mente	Bele- gungs- zeit	Bandwir- kungsgrad
12	1	1 2	6 5	12 6	6 1	1, 2	11	$\frac{38 \cdot 100}{48}$ $= 79,17 \%$
	2	4 3 6	4 4 4	12 8 4	8 4 0	3, 4, 6	12	
	3	5 7	6 5	12 6	6 1	5, 7	11	
	4	8	4	12	8	8	4	
11	1	1 4	6 4	11 5	5 1	1, 4	10	$\frac{38 \cdot 100}{44}$ $= 86,36 \%$
	2	2 3	5 4	11 6	6 2	2, 3	9	
	3	5 7	6 5	11 5	5 0	5, 7	11	
	4	6 8	4 4	11 7	7 3	6, 8	8	
10	1	1 4	6 4	10 4	4 0	1, 4	10	$\frac{38 \cdot 100}{40}$ $= 95,00 \%$
	2	2 3	5 4	10 5	5 1	2, 3	9	
	3	5 6	6 4	10 4	4 0	5, 6	10	
	4	7 8	5 4	10 5	5 1	7, 8	9	
9	1	1	6	9	3	1	6	$\frac{38 \cdot 100}{45}$ $= 84,44 \%$
	2	2 4	5 4	9 4	4 0	2, 4	9	
	3	3 7	4 5	9 5	5 0	3, 7	9	
	4	5	6	9	3	5	6	
	5	6 8	4 4	9 5	5 1	6, 8	8	

Abb. 29: Berechnung der Fließbandabstimmung nach dem heuristischen Verfahren von Helgeson und Bernie

den, wenn ihre Bearbeitungszeit die noch verfügbare Zeit überschreitet. Aus diesem Grund kann bei einer Taktzeit von 12 Minuten das fünfte Element nicht mehr der zweiten Station zugeordnet werden. Vielmehr wird das sechste Element vorgezogen. Dabei sind aber die technologischen Reihenfolgebedingungen zu beachten. So kann das dritte Element erst verteilt werden, nachdem das erste und das zweite zugeordnet sind. Für eine Taktzeit von 12 Minuten gelangt man entsprechend Abbildung 29 zu einer Verteilung auf vier Stationen. Die jeder Station zugewiesenen Elemente und die Belegungszeit je Station als Summe aus deren Bearbeitungszeiten sind aus Abbildung 29 ersichtlich. Bei einer Taktzeit von 12 Minuten beträgt der Bandwirkungsgrad

$$\frac{11 + 12 + 11 + 4}{4 \cdot 12} \cdot 100 = \frac{3800}{48} = 79,17 \%$$

Das heuristische Verfahren von Helgeson und Bernie sieht in einem weiteren Schritt vor, diese Lösung zu verbessern. Die Taktzeit wird jeweils um eine Zeiteinheit verkürzt, bis mehr als die ermittelten vier Stationen benötigt werden. Hierdurch wird der Bandwirkungsgrad erhöht, weil bei konstanter Summe der Bearbeitungszeiten (38) die benötigte Zeit der Stationen schrittweise abnimmt (von 48 über 44 bis auf 40).

Man bestimmt demnach die Verteilung der Arbeitselemente auf die Stationen für eine Taktzeit von 11 Minuten und dann von 10 Minuten. Dabei steigt der Bandwirkungsgrad von 79,17 % über 86,36 % auf 95 %. Vermindert man die Taktzeit weiter auf 9 Minuten, so reichen vier Stationen nicht mehr aus. An dieser Stelle wird das Verfahren abgebrochen. Als Lösung wird also eine Verteilung der Arbeitselemente 1 und 4 auf die erste, 2 und 3 auf die zweite, 5 und 6 auf die dritte sowie 7 und 8 auf die vierte Station ermittelt. Diese Lösung hat lediglich befriedigenden Charakter und muß nicht die absolut beste darstellen. Mit diesem heuristischen Verfahren kann schnell eine Lösung gefunden werden.

2. Prioritätsregeln der Reihenfolgeplanung

Ein in der Praxis sehr gut anwendbares Instrument der Reihenfolgeplanung bilden „Prioritätsregeln“. Bei diesem Verfahren der Auswahl von Reihenfolgealternativen werden den Aufträgen Kennzahlen zugeteilt. Die vor einem Arbeitsplatz wartenden Aufträge werden nach ihren Prioritäten in eine Rangfolge gebracht. Als nächster wird jeweils der Auftrag mit der höchsten Priorität bearbeitet.

Prioritätsregeln sind nach einer Vielzahl von Merkmalen entwickelt worden. Als Beispiele können hier nur einige wenige Prioritätsregeln angeführt werden:

① Kürzeste Operationszeit-Regel (KOZ-Regel):

Als nächster ist der Auftrag zu bearbeiten, der die kürzeste Bearbeitungszeit an dem betreffenden Arbeitsträger aufweist.

② Fertigungsrestzeitregel:

Als nächster ist der Auftrag zu bearbeiten, dessen Summe aus den verbliebenen Bearbeitungszeiten der noch von ihm zu durchlaufenden Arbeitsträger am niedrigsten ist.

③ Schlupfzeitregel:

Als nächster ist der Auftrag zu bearbeiten, bei dem die Differenz zwischen geplantem Liefertermin und der Summe aus den verbleibenden Bearbeitungszeiten am niedrigsten ist.

④ Dynamische Wertregel:

Als nächster ist der Auftrag mit dem größten Herstellwert zu bearbeiten.

⑤ First-Come-First-Serve-(FCFS-)Regel:

Als nächster ist der Auftrag zu bearbeiten (to serve = bedienen), der als erster (first = zuerst) an diesen Arbeitsträger gekommen (to come = kommen) ist.

Die Prioritätsregeln können sich wie die Regeln ①, ②, ④ und ⑤ auf ein Merkmal beziehen. Daneben können sie wie die Regel ③ mehrere Merkmale kombinieren. Derartige kombinierte Prioritätsregeln lassen sich durch Verbindung einfacher Prioritätsregeln in vielfältiger Weise bilden. Man erkennt daran, daß die Reihenfolgeplanung mit Hilfe von Prioritätsregeln ein Verfahren darstellt, das sehr vielseitig gestaltet sein kann. Prioritätsregeln dienen als heuristische Regeln dazu, auf einfachem Wege eine möglichst gute Lösung bei Reihenfolgeproblemen zu finden. Ihr großer Vorteil besteht darin, daß sie auch auf sehr umfassende Problemstellungen anwendbar sind. Im Unterschied zu den exakten Optimierungsverfahren ist ihre Anwendbarkeit nicht auf eine begrenzte Zahl von Aufträgen und Maschinen bzw. Arbeitsträgern beschränkt. Ein Problem besteht jedoch in der Frage, welche Ziele der Ablauforganisation bei der jeweils vorliegenden Produktionsstruktur durch die verschiedenen Prioritätsregeln am besten erfüllt werden. Die Unternehmung benötigt Informationen darüber, welche Prioritätsregeln sie im Hinblick auf die von ihr verfolgten Ziele anwenden kann.

Diese Frage läßt sich durch Simulationsmodelle untersuchen. In diesen werden für eine vorgegebene Produktionsstruktur verschiedenartige Möglichkeiten der Größe und Zusammensetzung des Auftragsbestandes, der Bearbeitungszeiten sowie der Ankunft von Aufträgen vor den einzelnen Arbeitsträgern „durchgespielt“. Mit Hilfe der EDV läßt sich berechnen, wie sich der Produktionsablauf vollzieht, wenn die Reihenfolge der Aufträge vor jedem Arbeitsträger nach einer vorzugebenden Prioritätsregel erfolgt. Indem man verschiedene und zufällig ausgewählte Auftragszusammensetzungen simuliert, kann man erkennen, ob bestimmte Prioritätsregeln gleichartige Auswirkungen auf die Ziele der Ablauforganisation haben.

Bislang ist schon eine große Zahl derartiger Simulationen durchgeführt worden (zum Überblick vgl. Seelbach u. a. 1975, S. 150 ff.). Wegen der verschiedenartigen Modellbedingungen sind deren Ergebnisse nur in beschränktem Maße vergleichbar. Sie stimmen aber weitgehend darin überein, daß die Kürzeste-Operationszeit-Regel (KOZ-Regel) im Hinblick auf die Maximierung der durchschnittlichen Kapazitätsausnutzung zu sehr guten Lösungen führt. Jedoch können bei dieser Prioritätsregel starke Abweichungen von zugesagten Lieferterminen auftreten. Deshalb erscheint sie zur Erreichung des Ziels minimaler Terminabweichungen wenig geeignet. Dieses Ziel wird vielmehr mit der Schlupfzeitregel besonders gut verwirklicht.

Als Beispiel einer Untersuchung verschiedener Prioritätsregeln mit Hilfe eines Simulationsmodells sind in Abbildung 30 die Ergebnisse einer Arbeit von Klaus Hoss (1965, S. 157 f.) wiedergegeben. Er hat untersucht, wie sich die Kürzeste-Operationszeit-Regel, die Fertigungsrestzeitregel, die Dynamische Wertregel und die Schlupfzeitregel auf die Ziele maximale Kapazitätsausnutzung, minimale Durchlaufzeit, minimale Zwischenlagerungskosten sowie geringe Terminabweichungen auswirken.

Prioritätsregel Optimierungsziel		1	2	3	4
		Kürzeste Operationszeit-Regel	Fertigungsrestzeit-Regel	Dynamische Wert-Regel	Schlupfzeit-Regel
1	Maximale Kapazitätsausnutzung	ca. 84–99 % sehr gut	ca. 80–95 % gut	ca. 79–92 % mäßig	ca. 80–94 % gut
2	Minimale Durchlaufzeit	sehr gut	gut	mäßig	mäßig
3	Minimale Zwischenlagerungskosten	gut	mäßig	sehr gut	mäßig
4	Geringe Terminabweichungen	schlecht	mäßig	mäßig	sehr gut

Abb. 30: Ergebnisse der Untersuchung von Hoss über die Auswirkungen von Prioritätsregeln auf Ziele der Ablauforganisation

IV. Grenzen der Anwendung von Entscheidungsmodellen in der Ablauforganisation

Lernziel:

In diesem Abschnitt sollen Sie erkennen,
– durch welche Größen die Anwendbarkeit von Entscheidungsmodellen in der Ablauforganisation besonders eingeschränkt wird.

In Wissenschaft und Praxis ist eine äußerst große Zahl von Entscheidungsmodellen entwickelt worden, von denen hier nur sehr wenige Beispiele dargestellt werden konnten. Dennoch sind die Möglichkeiten zum Finden optimaler Lösungen von Problemen der Ablauforganisation begrenzt.

Eine wichtige Grenze besteht in der praktischen Lösbarkeit von exakten Optimierungsverfahren. Ihre Anwendung ist im allgemeinen auf verhältnismäßig einfache Problemstellungen beschränkt. So lassen sich Optimierungsverfahren für Reihenfolgeprobleme häufig nur für wenige Aufträge und Maschinen bzw. Arbeitsträger lösen. Bei umfassenden Problemen mit einer großen Zahl von Aufträgen und Maschinen werden der Rechenaufwand und die Zeitdauer zur Lösung zu groß, sofern sich überhaupt eine exakte Lösung ermitteln lässt.

Häufig fehlen für umfassende Problemstellungen exakte Optimierungsverfahren. Zum Beispiel setzen Losgrößenmodelle Anwendungsbedingungen voraus, die in der Praxis oftmals nicht erfüllt sind.

Die Anwendung von Optimierungsverfahren bedingt, daß die jeweils benötigten Daten über Bearbeitungszeiten, Rüstzeiten, Maschinenfolgen usw. (eindeutig) bekannt sind. Dies ist aber nicht immer der Fall. Darüber hinaus kann die Ermittlung der in die Modelle eingehenden Größen wie z. B. reihenfolgeabhängiger Rüstzeiten oder bestimmter Kostensätze einen überaus großen Aufwand erfordern.

Soweit sich exakte Optimierungsverfahren nicht anwenden lassen, bietet sich die Verwendung von heuristischen Verfahren an. Diese zeichnen sich im allgemeinen durch ein sehr weites Anwendungsfeld aus, das auch umfangreiche Problemstellungen wie Reihenfolgeprobleme mit vielen Aufträgen und Maschinen einschließt. Sie weisen aber zwei wichtige Nachteile auf. Zum einen wird in ihnen nicht die absolut beste (maximale oder minimale) Alternative ermittelt, sondern lediglich eine befriedigende. Man weiß auch nicht, wie weit die berechnete Lösung von der absolut besten entfernt ist. Zufällig kann man sie sogar ermittelt haben. Zum anderen weiß man bei einer Zahl heuristischer Verfahren nicht genau, inwieweit die ermittelten Lösungen für die verschiedenen Ziele der Ablauforganisation geeignet sind. Gut bestätigte und allgemein verwendbare Aussagen über diesen Zusammenhang gibt es bisher nur für wenige heuristische Regeln.

Ein weiteres Problem liegt in der Möglichkeit, daß sich in der Wirklichkeit wichtige Daten sehr kurzfristig ändern können. Beispielsweise können neue Aufträge hinzukommen, die dringend bearbeitet werden müssen oder kann sich bei einem Auftrag der Liefertermin verkürzen, weil der Kunde die Produkte plötzlich sehr schnell benötigt. Ferner können Arbeitskräfte bzw. Maschinen unerwartet ausfallen oder Nacharbeiten wegen Ausschuß nötig werden. Derartige unerwartete Datenänderungen lassen sich nur in wenigen Verfahren berücksichtigen. Dann ist beim Auftreten solcher Änderungen häufig eine neue Berechnung durchzuführen, was den Lösungsaufwand stark erhöht.

Schließlich besteht eine grundlegende Grenze für die Anwendung von Entscheidungsmodellen der Ablauforganisation in der mangelnden Berücksichtigung von Beziehungen zwischen verschiedenen Problemen. Einerseits bestehen enge Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Problemen der Ablauforganisation. Insbesondere hängen die Festlegung von Los- oder Auftragsgrößen, Arbeitsverteilung, Reihenfolgen und Produktionsgeschwindigkeiten eng zusammen. So bestimmen Auftragsgröße und Produktionsgeschwindigkeit die Bearbeitungszeit eines Auftrags auf einer Maschine, was für die Lösung des Reihenfolgeproblems äußerst wichtig ist. Andererseits bestehen enge Beziehungen zwischen der Ablauforganisation und der Produktionsprogrammplanung sowie der Beschaffungs-, der Absatz-, der Personal-, der Investitions- und der Finanzplanung. Durch diese anderen Planungsbereiche werden wichtige Bestimmungsgrößen der Ablauforganisation festgelegt. Zum Beispiel ergibt sich aus der Programmplanung, für welche Produkte der Ablauf zu organisieren ist, und aus der Investitionsplanung, welche Maschinen hierfür verfügbar sind. Praktisch anwendbare Entscheidungsmodelle, welche diese wichtigen gegenseitigen Beziehungen exakt erfassen, sind bisher noch nicht entwickelt worden.

Antworten zu den Fragen

1. Organisatorische Beziehungen bestehen in Unternehmungen zwischen den Elementen Subjekte, Arbeitsmittel, Objekte und Verrichtungen. Subjekte sind beispielsweise die Arbeiter im Fertigungsbereich, Arbeitsmittel die dort eingesetzten Drehbänke, Objekte die zu bearbeitenden Stahlrohlinge und Verrichtungen das Abdrehen des Stahls.
2. Als grundlegende organisatorische Beziehungsarten kann man Gruppierungs-, Raum-, Zeit-, Arbeits-, Macht- und Gefühlsbeziehungen unterscheiden.
3. Betriebliche Organisation bedeutet die bewußte Gestaltung der Gruppierungs-, Raum-, Zeit-, Arbeits- und Machtbeziehungen zwischen den Subjekten, Arbeitsmitteln, Objekten und Verrichtungen einer Unternehmung.
4. In der Aufbauorganisation untersucht man institutionelle und Bestandsphänomene, in der Ablauforganisation dagegen Bewegungsphänomene. Ansatzpunkt für die Aufbauorganisation sind die Aufgaben der Unternehmung, Ansatzpunkt der Ablauforganisation die Arbeitsprozesse.
5. Die Aufgabenverteilung als wichtiger aufbauorganisatorischer Tatbestand bestimmt die Möglichkeiten zur raum-zeitlichen Gestaltung des Ablaufs von Arbeitsprozessen. Demnach ist die Aufbauorganisation einerseits bestimmend für die Ablauforganisation. Andererseits hängt die Auswirkung der Aufbauorganisation auf die Erreichung der Unternehmungsziele von der Ausprägung der Ablauforganisation ab. Ferner sind technisch vorgegebene Produktionsabläufe häufig bestimmend für die Möglichkeiten zur Gestaltung der Aufbauorganisation.
6. Zum Gegenstand der Ablauforganisation rechnet man die bewußte Gestaltung der Gruppierungs-, Raum-, Zeit- und Transportbeziehungen.
7. Unter einem Stückprozeß versteht man die Menge der Verrichtungen, die zur Erzeugung des Endprodukts durchgeführt werden müssen. Bei der Herstellung von Spiralbohrern müssen z. B. die Arbeitsgänge Abstechen, Härten, Anlassen, Richten, Vorschleifen, Nutenschleifen, Einstechschleifen, Spitzenschleifen, Kontrollieren, Stempeln und Verpacken durchgeführt werden.

Unter einer Gangfolge versteht man die zeitliche Reihenfolge der Verrichtungen, die von einem Arbeitsträger nacheinander durchgeführt werden. Beispielsweise werden auf einer Fräsmaschine nacheinander 100 Spiralbohrer mit einem Durchmesser von 6 mm und anschließend 60 Spiralbohrer mit einem Durchmesser von 10 mm gefräst.
8. Ein glatter Objektfluß liegt bei der Herstellung von Spiralbohrern vor, ein konvergierender bei Bohrmaschinen, ein divergierender bei der Erzeugung von Benzin und Heizöl aus Erdöl, ein umgruppierender häufig bei chemischen Produkten wie Kunststoffen.
9. In Werkstattfertigung werden z. B. Großbehälter hergestellt, in Fließfertigung im allgemeinen Autos.
10. Für die Analyse von Arbeitsprozessen verwendet man synonym (d. h. mit derselben Bedeutung) die Begriffe Arbeitszerlegung, Arbeitsteilung und Arbeitsanalyse.

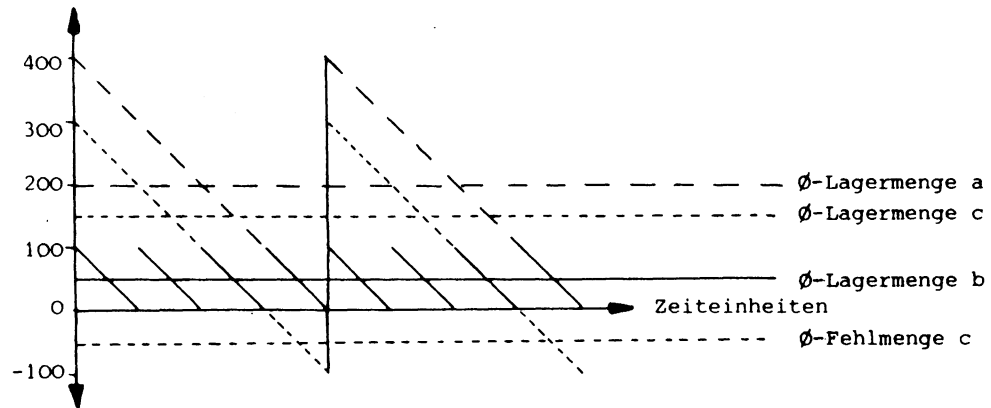
11. In der Arbeitsanalyse werden Arbeitsprozesse in einzelne Teile zerlegt. Die Zerlegung kann unterschiedlich tief vorgenommen werden. Je weiter die Arbeitszerlegung durchgeführt wird, desto mehr werden die Möglichkeiten zur organisatorischen Gestaltung offengelegt.
12. a) Herstellung eines Spiralbohrers, Zerlegung nach Verrichtungen: Abstechen, Härten, Anlassen, Richten, Vorschleifen, Nutenschleifen, Einstechschleifen, Spitzenschleifen, Kontrollieren, Stempeln, Verpacken.
b) Herstellung eines Schrankes, Zerlegung nach Arbeitsobjekten: Boden, Rückwand, Seitenwände, Furniere, Scharniere, Einlegeböden.
13. Die Tiefe der Zerlegung eines Arbeitsprozesses wird bestimmt durch den Grad der Arbeitsteilung in der Unternehmung, das Ausmaß an gewünschter organisatorischer Gestaltung, die Art der durchzuführenden Tätigkeiten, die Wirtschaftlichkeit der Arbeitsanalyse sowie den gewünschten Handlungsspielraum, der den Mitarbeitern gelassen werden soll.
14. Abgeschlossener Teilprozeß, Durchführung von einer Person oder Personengruppe, Durchführung an einem Objekt.
15. Fräsen einer Spirale in einen Stahl bei der Herstellung von Spiralbohrern. Aussägen eines Holzbrettes. Beide Arbeitsgänge werden an einer Maschine von einer Arbeitskraft durchgeführt. Nach dem Fräsen bzw. nach dem Aussägen wird jeweils das nächste Werkstück eingelegt, der Vorgang ist also raumzeitlich abgeschlossen.
16. Auf je mehr Personen ein einzelner Stückprozeß aufgeteilt werden soll, desto kleiner sind die Arbeitsgänge zu gestalten. Umfassen die Arbeitsgänge dagegen viele einzelne Arbeitsteile, so ist die von einer Person durchzuführende Arbeitsaufgabe umfangreicher. Dann ist der gesamte Produktionsprozeß entweder nur auf sehr wenige Arbeiter verteilt oder es führen viele Arbeitskräfte dieselben Tätigkeiten durch.
17. Raum-, Gruppierungs-, Zeit- und Transportbeziehungen.
18. a) Verteilung der Arbeitsgänge „Rückwände herstellen“, „Seitenwände herstellen“, „Türen herstellen“, „Böden herstellen“ sowie „Zusammenbau“ auf die in der Unternehmung tätigen Arbeitsträger, die an bestimmten Arbeitsplätzen angeordnet sind.
b) Aufteilung der einzelnen Montagetätigkeiten auf die Stationen des Fließbandes.
c) Verteilung der verschiedenartigen Porzellanteller sowie der an ihnen durchzuführenden Bemalungen auf die in einem Betrieb tätigen Künstler.
19. Losgrößenprobleme treten bei Mehrproduktunternehmungen auf, die Serien- und Sortenprodukte herstellen. Voraussetzung ist hierbei, daß die Produkte auf den einzelnen Maschinen nacheinander und nicht gleichzeitig bearbeitet werden müssen. Praktische Beispiele sind die Herstellung von Metallwerkzeugen wie Fräsern, Spiralbohrern und Schneideisen, die serienmäßige Herstellung von Möbeln sowie die Produktion von Bohrmaschinen.
20. Als Beispiel kann die Fertigung von Fräsern angeführt werden. Sofern nacheinander verschiedene Sorten und Abmessungen von Fräsern auf denselben Maschinen bearbeitet werden, bestehen die Alternativen dieser Losgrößenentscheidung darin, ob bei-

spielsweise nacheinander 100, 500 oder 1 000 Fräser desselben Typs gefertigt werden sollen. Je größer die Lose sind, desto

- geringer sind die Rüstzeiten und Rüstkosten, die auf eine Produkteinheit entfallen,
- desto höher sind die Lager- und Zinskosten der fertiggestellten Fräser, sofern der Absatz relativ gleichmäßig erfolgt,
- desto länger sind bei geschlossener Produktion die Durchlaufzeiten, weil jedes Los insgesamt auf jeder Stufe länger bearbeitet wird und die Bearbeitung eines jeden Loses auf jeder Stufe länger dauert, und
- desto weniger lassen sich vorgezogene Liefertermine befriedigen, weil die Durchlaufzeit eines Auftrags länger dauert.

21.

Lagermenge



Fehlmenge

22. Technologisch vorgegebene Maschinenfolgebedingungen, Bearbeitungszeiten der Produkteinheiten und Aufträge an den einzelnen Arbeitsplätzen, Arbeitsverteilung, zugesagte Liefertermine, Kapazitäten der Arbeitsträger sowie die verfolgten Ziele.

23. I. Maschinenfolge je Stückprozeß

II. Auftragsfolgen an Arbeitsträgern

1. Auftragsreihenfolge an einem Arbeitsträger:

$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n - 1) \cdot n$$

2. Auftragsreihenfolge verschiedener Aufträge an mehreren Arbeitsträgern bei übereinstimmender Maschinen- und Auftragsfolge: $n!$

3. Reihenfolge verschiedener Aufträge an mehreren Arbeitsträgern bei übereinstimmenden Maschinenfolgen aber möglicherweise nicht übereinstimmenden Auftragsfolgen: $(n!)^m$.

4. Reihenfolge verschiedener Aufträge an mehreren Arbeitsträgern bei nicht übereinstimmenden Maschinen- und Auftragsfolgen: $(n!)^m$.

24. a) $4! = 24$; $5! = 120$; $8! = 40\,320$.

b) $(2!)^2 = 4$; $(2!)^4 = 16$; $(2!)^6 = 64$.

$$(4!)^2 = 576$$
; $(4!)^4 = 331776$; $(4!)^6 = 191\,102\,976$.

25. – Verteilung der durchzuführenden Arbeitselemente auf die sich am Band befindlichen Stationen oder Arbeitsträger (vorgegebene Reihenfolgebedingungen sind zu beachten).
 - Zahl der Stationen, die an einem Fließband eingerichtet werden sollen.
 - Taktzeit.
26. Das Bandabgleichungsproblem wird im allgemeinen in zwei verschiedenen Ausprägungen gelöst:
 - a) Man gibt die Taktzeit vor und minimiert die Zahl notwendiger Stationen.
 - b) Man gibt die Zahl der Stationen vor und minimiert die Taktzeit.
27. Als Ziel wird bei der Bandabgleichung im allgemeinen ein möglichst hoher Bandwirkungsgrad verfolgt. Dieses Ziel entspricht einer hohen Kapazitätsauslastung der an einem Fließband tätigen Arbeitsträger.
28. Ermitteln von Istkosten zur Durchführung einer Nachkalkulation, Ermitteln von zu erwartenden Nachfragemengen und Preisen sowie Beschaffung von Informationen über die Entwicklung der Beschaffungspreise wichtiger Rohstoffe.
29. Ein Arbeitsgang könnte innerhalb eines Informationsprozesses ebenfalls so abgegrenzt werden, daß es sich um einen raumzeitlich abgeschlossenen Vorgang handelt, der von einer Person oder Personengruppe an einem Informationsobjekt durchgeführt wird. Beispiele hierfür sind das Berechnen einer Kalkulation, die Erstellung der monatlichen Umsatzstatistik oder das Treffen der Entscheidung über ein Investitionsobjekt durch die Unternehmensleitung.
30. Auch bei Informationsprozessen ist zu entscheiden, wer die einzelnen Tätigkeiten der Gewinnung, Speicherung, Verarbeitung und Übermittlung von Informationen durchführen soll. Ferner ergeben sich Reihenfolgeprobleme, indem festzulegen ist, welche einzelnen Informationstätigkeiten nacheinander auszuführen sind.
31. Eine organisatorische Regelung des Ablaufs von Informationsprozessen ist vor allem durch die beschränkte Meßbarkeit von Informationen begrenzt. Insbesondere der Inhalt und die Bedeutung von Informationen lassen sich bislang nicht messen. Ferner sind Informationsprozesse vielfach von persönlichen Merkmalen stark abhängig. Die Gewinnung von Ideen läßt sich beispielsweise nicht organisatorisch vorschreiben. Deshalb könnte eine zu weit gehende Regelung von Informationsprozessen dazu führen, daß sie schlechter durchgeführt werden.
32. Wichtige Daten, die zur Lösung von ablauforganisatorischen Problemen benötigt werden, sind insbesondere: Bearbeitungszeiten von Produkten an Arbeitsplätzen, Maschinenfolgebedingungen, zugesagte Liefertermine, Herstellkosten, Rüstkosten, Lagerhaltungs- und Zinskosten. Die Istaussprägungen dieser Daten lassen sich insofern verhältnismäßig leicht messen, als es sich um innerbetriebliche Größen handelt. Bei den zu bestimmenden Kostengrößen besteht vor allem das Problem, daß verschiedene Kostenarten von mehreren Einflußgrößen abhängig sein können.
33. Eine Verwendung von Istzahlen für die Prognose erscheint gerechtfertigt, wenn die äußeren Umstände sich gegenüber dem Zustand der Istmessung nicht wesentlich geändert haben. Dies kann häufig unterstellt werden, wenn zwischen dem Zeitpunkt der

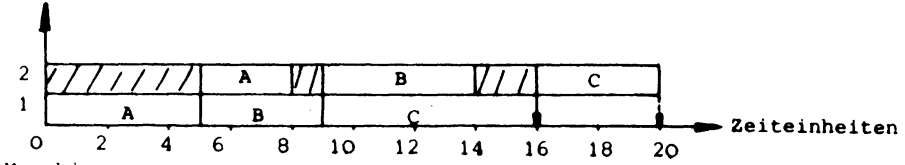
Messung des Istzustandes und dem Eintritt der prognostizierten Größe keine zu große Differenz besteht.

34. Maßgeblich für die Durchsetzung ablauforganisatorischer Entscheidungen sind die Beeinflussung der Mitarbeiter mit Hilfe eines geeigneten Führungsstils sowie das Eintreffen der prognostizierten Daten.
35. Die Ziele der Ablauforganisation müssen unmittelbar anwendbar sein sowie zur Erreichung der Oberziele der Unternehmung dienen. Beispielsweise ist das Ziel Gewinnmaximierung auf die Festlegung von Auftragsreihenfolgen nicht unmittelbar anwendbar, weil die Beziehungen zwischen der Auftragsreihenfolge und der Höhe des Gewinns nicht direkt erkennbar sind.
36. Die verfügbare Kapazität der fünf Maschinen je Woche sei 36, 38, 32, 40 sowie 34 Stunden. Die Summe ihrer Bearbeitungs- und Rüstzeiten in einer Woche sind 30, 28, 22, 16 und 30 Stunden. Dann beträgt ihre Kapazitätsauslastung 0,7.
37. Die Bearbeitungszeiten in den sieben Stationen betragen: 40, 43, 45, 39, 42, 47 und 49 Sekunden. Dann ist der Bandwirkungsgrad gleich $305 : 50 = 6,1$.
38. a) Gleichgerichtete Zielwirkungen,
b) entgegengerichtete Zielwirkungen,
c) unabhängige Zielwirkungen.
39. Gleichgerichtete Zielwirkungen:
 - Minimierung der Durchlaufzeiten und Minimierung der Wartezeitensumme;
 - Maximierung der mittleren Kapazitätsauslastung, Minimierung der Gesamtbelegungszeit und Minimierung der Leerzeitensumme;
 - Minimierung der Terminüberschreitungen und Minimierung der Terminüberschreitungskosten;
 - Minimierung der Rüstzeiten und Minimierung der Rüstkosten;
 - Minimierung der Durchlaufzeiten und Minimierung der Terminüberschreitungen (in begrenztem Umfang).Entgegengerichtete Zielwirkungen:
 - Minimierung der Durchlaufzeitensumme und Maximierung der durchschnittlichen Kapazitätsauslastung;
 - Maximierung der mittleren Kapazitätsauslastung und Minimierung der Terminüberschreitungen.
40. Allgemein gültige Aussagen lassen sich bislang noch nicht machen, da über die Beziehungen zwischen den Zielen der Ablauforganisation und den Oberzielen der Unternehmung keine bestätigten Hypothesen vorliegen. Im Hinblick auf die anderen Planungsbereiche der Unternehmung scheint die Bedeutung der Zielkonflikte zwischen den verschiedenen Zielen der Ablauforganisation begrenzt zu sein.
41. Die Arbeitszeiten setzen sich aus Zeiten für unterschiedliche Arbeitsarten zusammen, die von verschiedenartigen Einflußgrößen abhängig sind. Die Dauern der einzelnen Teilzeiten lassen sich mit unterschiedlicher Genauigkeit prognostizieren. Durch eine Gliederung der Arbeitszeiten ist daher eine genauere Prognose möglich.

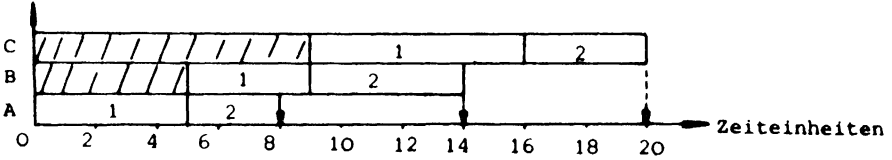
42. Ablaufarten bei der Tätigkeit des Menschen:
 Haupttätigkeit (z. B. Bauernstuhl bemalen), Nebentätigkeit (z. B. Farbe mischen), zusätzliche Tätigkeit (z. B. Warten auf das nächste Werkstück), störungsbedingtes Unterbrechen (Warten auf die Reparatur der Kreissäge), Erholen (z. B. Ausruhen am Arbeitsplatz), persönlich bedingtes Unterbrechen (z. B. Privatgespräch mit Kollegen), Ablaufart nicht erkennbar (z. B. Arbeiter außerhalb des Beobachtungsbereiches).
- Ablaufarten bei der Nutzung eines Betriebsmittels:
 Hauptnutzung (z. B. Fräsen), Nebennutzung (z. B. Einspannen von Werkstücken), zusätzliche Nutzung (z. B. Nacharbeit), ablaufbedingtes Unterbrechen (z. B. Kontrolle der Einstellung), störungsbedingtes Unterbrechen (z. B. Stromausfall), erholungsbedingtes Unterbrechen (z. B. Erholung des bedienenden Arbeiters), persönlich bedingtes Unterbrechen (z. B. bedienender Arbeiter holt Vesper und stellt Maschine ab), Ablaufart nicht erkennbar.
43. Ein Betriebsmittel kann außer Einsatz sein, weil ein Auftrag fehlt (z. B. marktbedingter Auftragsmangel), ein Planungsfehler vorliegt oder eine längerfristige Störung des Betriebsmittels besteht.
44. Belegungszeit und Auftragszeit werden in Rüst- und Ausführungszeit gegliedert. Beide Teilzeiten teilt man weiter in Grundzeiten und Verteilzeiten ein. Bei der Auftragszeit tritt zusätzlich bei Rüst- und Ausführungszeit je eine Erholungszeit auf. Die Auftragszeit bezieht sich auf den Auftragsträger Mensch. Sie umfaßt die Arbeitszeiten des Menschen an einem Auftrag.
45. Beschreibung und Gliederung der zu messenden Arbeit, Messung der Grundzeiten, Beurteilung des Leistungsgrades, Schätzung der Verteilzeiten und Berechnung der Soll-Arbeitszeiten.
46. Durch die Schätzung des Leistungsgrades versucht man, aus den individuell gemessenen Arbeitszeiten auf allgemein vorzugebende Zeiten zu schließen. Die Leistungsgradbeurteilung bezieht sich nicht nur auf die Grundzeiten.
47. Der Arbeiter muß in erforderlichem Maß geeignet, geübt sowie voll eingearbeitet sein und seine Fähigkeiten ungehindert entfalten können. Die Bewegungsausführung muß harmonisch, natürlich und ausgeglichen erscheinen. Die Normalleistung stellt keine Durchschnittsleistung dar. Der Begriff der Normalleistung bezieht sich auf einen fiktiven Tatbestand. Die Normalleistung ist nicht beobachtbar, ihre Schätzung ist nicht frei von Willkür.
48. In den Systemen vorbestimmter Zeiten werden die Grundzeiten ermittelt.
49. Grundlegende Bewegungselemente sind:
 Hinlangen (Bewegen der Hand zum Gegenstand),
 Bringen (Bewegen des Arbeitsgegenstandes mit der Hand),
 Greifen (Schließen der Finger zur Erfassung des Gegenstandes),
 Vorrichten (Drehen des Arbeitsgegenstandes),
 Fügen (In- oder Aneinanderfügen von Gegenständen),
 Loslassen (Öffnen der Finger, um den Arbeitsgegenstand freizugeben).

50. Hauptunterschied besteht darin, daß das Work-Factor-Verfahren nur quantitative Einflußgrößen, das MTM-Verfahren daneben auch qualitative Einflußgrößen der Arbeitsabläufe berücksichtigt.

51. Aufträge

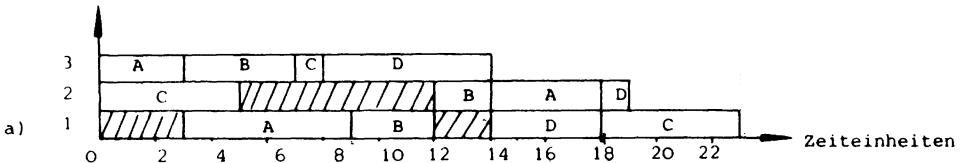


Maschinen



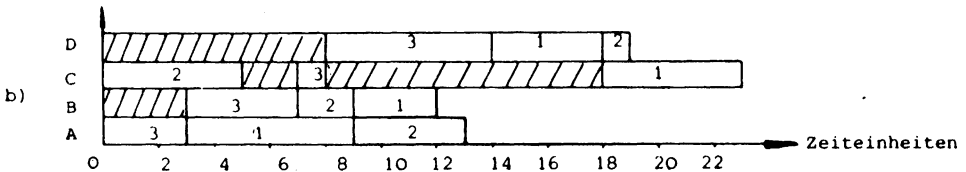
Summe der Durchlaufzeiten: $16+20 = 36$
 Summe der Wartezeiten: $5+1+2 = 8$
 Gesamtbelegungszeit: $8+14+20 = 42$
 Summe der Leerzeiten: $5+9 = 14$
 Zykluszeit: 20

52. Aufträge



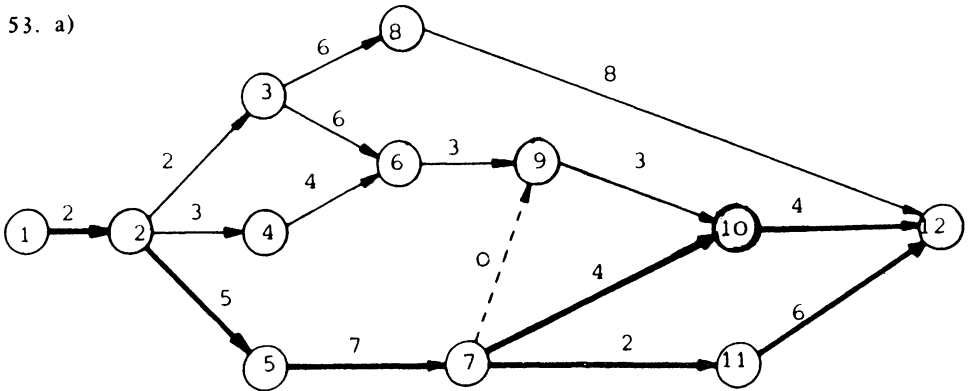
Summe der Durchlaufzeiten: $14+19+23 = 56$
 Summe der Wartezeiten: $3+2+7 = 12$
 Gesamtbelegungszeit: $18+14+23+19 = 74$
 Summe der Leerzeiten: $5+3+2+2+10+8 = 30$
 Zykluszeit: 23

Maschinen



Summe der Durchlaufzeiten: $23+19+14 = 56$
 Summe der Wartezeiten: $3+2+2+5 = 12$
 Gesamtbelegungszeit: $13+12+23+19 = 67$
 Summe der Leerzeiten: $3+2+10+8 = 23$
 Zykluszeit: 23

53. a)



b)

Tätigkeit	Dauer	Frühestens		Spätestens		Totale Pufferzeit
		Start	Ende	Start	Ende	
(1, 2)	2	0	2	0	2	0 +
(2, 3)	2	2	4	4	6	2
(2, 4)	3	2	5	5	8	3
(2, 5)	5	2	7	2	7	0 +
(3, 6)	6	4	10	6	12	2
(3, 8)	6	4	10	8	14	4
(4, 6)	4	5	9	8	12	3
(5, 7)	7	7	14	7	14	0 +
(6, 9)	3	10	13	12	15	2
(7, 9)	0	14	14	15	15	1
(7, 10)	4	14	18	14	18	0 +
(7, 11)	2	14	16	14	16	0 +
(8, 12)	8	10	18	14	22	4
(9, 10)	3	14	17	15	18	1
(10, 12)	4	18	22	18	22	0 +
(11, 12)	6	16	22	16	22	0 +

c) Die totalen Pufferzeiten informieren darüber, welche Tätigkeiten in welchem Umfang zeitlich verschoben werden können, sofern alle vorausgehenden Tätigkeiten frühestmöglich und alle nachfolgenden Tätigkeiten spätestmöglich vollzogen werden.

54. Abgebildetes Entscheidungsproblem:

Menge der Produkteinheiten, die ohne Umrüstung der Maschine nacheinander bearbeitet werden.

Prämissen:

Einstufige Fertigung, Betrachtung eines Produktes, gleichbleibende Absatzgeschwindigkeit, keine Fehlmengen, alle Daten bekannt, kein Sicherheitsbestand, konstante Kostengrößen, unendlich hohe Fertigungsgeschwindigkeit sowie keine Lagerraum- oder Finanzmittelbeschränkungen.

Berücksichtigte Kostengrößen:

Losgrößenunabhängige Kosten (vor allem Rüstkosten),
Losgrößenabhängige Kosten (variable Fertigungskosten),
Lagerkosten, Zinskosten.

Herleitung des Optimums:

Entwicklung der Stückkostenfunktion in Abhängigkeit von der Losgröße, die erste Ableitung der Stückkostenfunktion wird gleich Null gesetzt und nach der Losgröße aufgelöst.

55. Rüstkosten und variable Fertigungskosten lassen sich aus der betrieblichen Kostenrechnung ermitteln. Der Periodenbedarf muß von der Absatzabteilung geschätzt werden. Der Lagerkostensatz ergibt sich aus den in einer Periode anfallenden Kosten des Lagers, die auf den Wert des durchschnittlich gebundenen Lagerbestandes bezogen werden. Der Zinssatz sollte sich danach richten, welche Rendite die Unternehmung bei einer Anlage der Mittel in anderen Bereichen erreichen könnte. Insbesondere die Bestimmung der Lager- und Zinskosten wirft schwierige Probleme auf.
56. Das Grundmodell der optimalen Losgröße beruht auf sehr einschränkenden Prämissen. Hierdurch ist der Anwendungsbereich dieses Modells gering. Es bildet jedoch die Grundlage, um praxisnähere Modelle zu entwickeln. Ferner ist es geeignet, die wichtigsten Einflußgrößen und zu berücksichtigenden Kostenarten bei Losgrößenentscheidungen deutlich zu machen.

Literaturhinweise

- Akers, Sheldon B., Jr., A Graphical Approach to Production Scheduling Problems. In: Operations Research 1956, S. 244–245.
- Bussmann, Karl F. u. a., Ein Vergleich von Fließbandabstimmungsverfahren. In: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Produktionsplanung. Hrsg. von Karl F. Bussmann und Peter Mertens, Stuttgart 1968, S. 313–356.
- Hahn, Rainer, Produktionsplanung bei Linienfertigung. Berlin, New York 1972.
- Helgeson, W. P. und D. P. Bernie, Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique. In: The Journal of Industrial Engineering (12) 1961, S. 394–398.
- Hoss, Klaus, Fertigungsablaufplanung mittels operationsanalytischer Methoden unter besonderer Berücksichtigung des Ablaufplanungsdilemmas in der Werkstattfertigung. Würzburg, Wien 1965.
- Kern, Werner, Optimierungsverfahren in der Ablauforganisation. Essen 1967.
- Kosiol, Erich, Organisation der Unternehmung. Wiesbaden 1962.
- Mensch, Gerhard, Ablaufplanung. Köln, Opladen 1968.
- Müller-Merbach, Heiner, Optimale Reihenfolgen. Berlin, Heidelberg, New York 1970.
- Nordsieck, Fritz, Betriebsorganisation. Betriebsaufbau und Betriebsablauf. 3. Auflage, Stuttgart 1968.
- REFA, Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 2. Datenermittlung. München 1971.
- Schweitzer, Marcell, Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen. Berlin 1964.
- Schweitzer, Marcell, Einführung in die Industriebetriebslehre. Berlin, New York 1973.
- Seelbach, Horst unter Mitarbeit von Hendrik Fehr, Jens Hinrichsen, Peer Witten und Horst-Günther Zimmermann, Ablaufplanung. Würzburg, Wien 1975.
- Siegel, Theodor, Optimale Maschinenbelegungsplanung. Zweckmäßigkeit der Zielkriterien und Verfahren zur Lösung des Reihenfolgeproblems. Berlin 1974.