

Nr. 65

A. Hars

A.-W. Scheer

Entwicklungsstand von Leitständen^[1]

Dezember 1989

[1]Dieser Beitrag entstand im Auftrag des Instituts für Sozialwissenschaftliche Forschung (ISF), München.

Inhaltsverzeichnis

I. Ausgangslage	1
II. Kriterien zur Beurteilung von Leitständen	5
A. Belegungsplanung	7
1. Netzzusammenhang	7
2. Planungskomponenten	7
3. Planungshäufigkeit	9
4. Planungsprinzip	10
B. Einsatzbereich	16
C. Benutzeroberfläche	19
D. Integration	27
1. Schnittstelle zum PPS-System	27
2. Schnittstelle zur BDE	28
3. Schnittstellen zu anderen EDV-Systemen	30
III. Einsatzbeispiel	31
IV. Zusammenfassung	33
Literaturverzeichnis	

I. AUSGANGSLAGE

In der Mehrzahl der Industrieunternehmen werden heute PPS-Systeme eingesetzt. Sie weisen jedoch einige Schwachstellen auf. PPS-Systeme sind auf eine Unterstützung der eher mittelfristigen Planungsfunktionen der Material- und Zeitwirtschaft ausgerichtet. Defizite zeigen sich sowohl bei der Unterstützung der langfristig orientierten Primärbedarfsplanung als auch bei den kurzfristigen Funktionen im Rahmen der Fertigungssteuerung. Die Unterstützung sinkt, je mehr sich die Planung der Realisierung nähert.^[1] Den Unterstützungsgrad der einzelnen Funktionen zeigt die Abbildung 1a durch die Größe der um die einzelnen Funktionen gelegten Rechtecke. Abbildung 1b zeigt demgegenüber eine ausgewogene Verteilung des Unterstützungsgrades, wie er für künftige PPS-Systeme zu fordern ist.^[2]

Die Lücke bei der EDV-Unterstützung, die heute bei vielen Industrieunternehmen im kurzfristigen Planungsbereich sichtbar ist, wird dadurch verstärkt, daß sich in vielen Industriezweigen eine Wandlung von einem Anbieter- zu einem Käufermarkt vollzogen hat. Die Anforderungen an Termintreue, kurze Lieferzeiten und kleine Fertigungslosgrößen - bis hinunter zur Losgröße 1 - sind beträchtlich gestiegen. Die Gewährleistung der Flexibilität in der Produktion ist für eine wirksame Fertigungssteuerung deshalb unerlässlich.

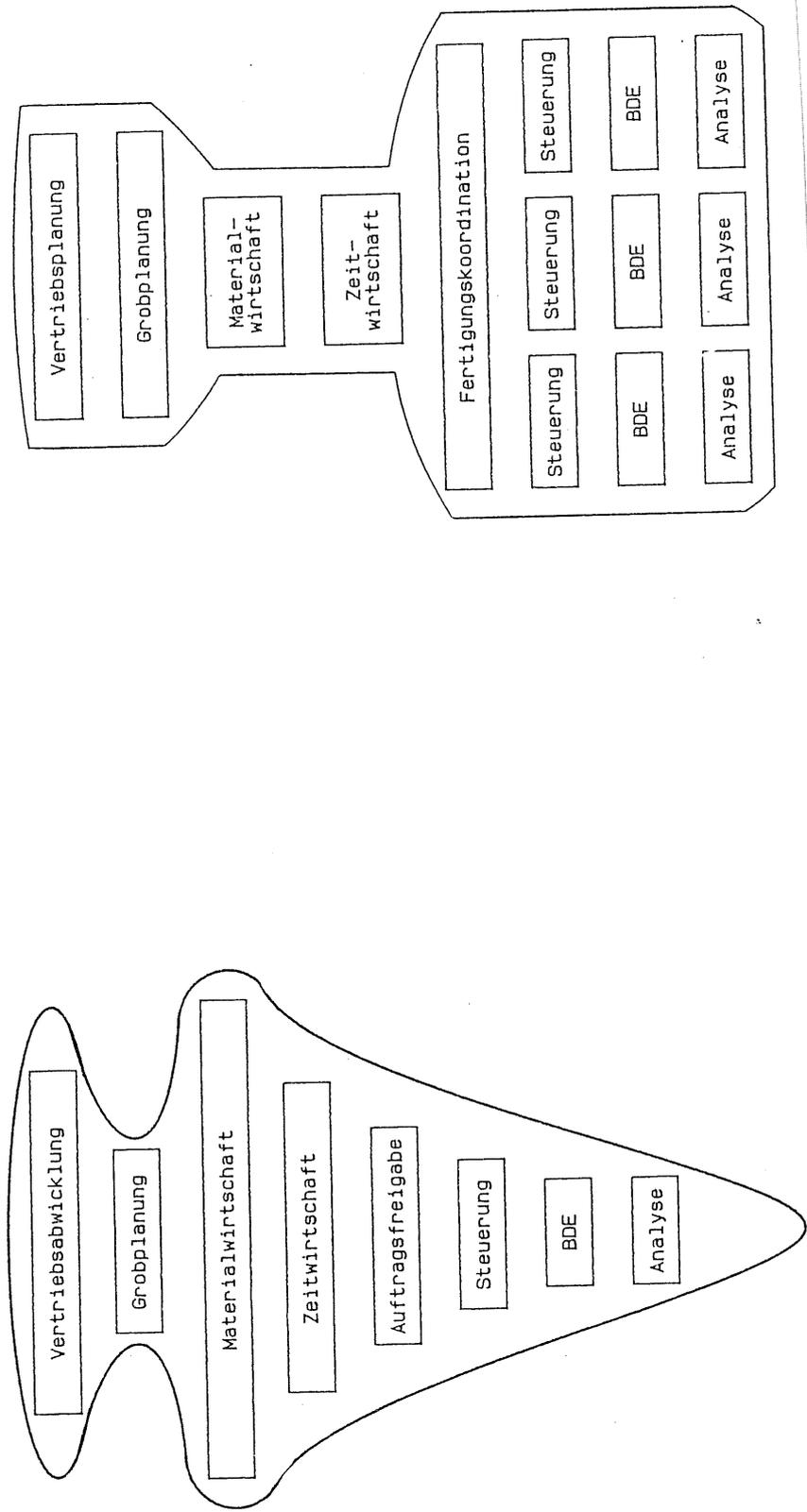
Auch die Einführung von Fertigungsstrukturen nach dem Objektprinzip gewinnt zunehmend an Interesse. Diese Fertigungsinselstrukturen benötigen Hilfsmittel zur Unterstützung bei der kurzfristigen Planung innerhalb der Inseln und insbesondere für die Koordinierung der einzelnen Fertigungsinseln.^[3]

Diese Probleme führten zu der Entwicklung neuer Konzepte für EDV-Systeme in der Fertigungssteuerung. Als Ergebnis dieser Bemühungen drängen seit wenigen Jahren EDV-Systeme auf den

^[1] vgl. Scheer, A.-W.: *Neue Architektur für EDV-Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 53, 1986, S.3.*

^[2] vgl. ebenda S.19.

^[3] vgl. Loos, P.; Ruffing, T.: *Verteilte Produktionsplanung und -steuerung unter Einsatz von Mikrocomputern. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 52, 1986.*



a) gegenwärtige Gewichtung

b) zukünftige Gewichtung

Aus: Scheer, A.-W.: Neue PPS-Architektur, 1986, S.3 und S.19.

Markt, für die sich die Bezeichnung elektronischer oder grafischer Leitstand durchgesetzt hat.^[4] Leitstände sind durch eine gegenüber herkömmlichen EDV-Systemen deutlich verbesserte benutzerfreundliche grafische Oberfläche gekennzeichnet und bilden die Plantafel auf dem Bildschirm nach. Sie fußen auf einem interaktiven, den Disponenten einbeziehenden Planungskonzept. Bei Leitständen handelt es sich um dedizierte, eigenständig einsetzbare Systeme, die über eine eigene Datenbasis verfügen und auf einer Workstation oder einem Personal Computer implementiert sind. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit zeigt Abbildung 2 eine Übersicht über einige Leitstände.

Der Begriff "Leitstand" ist eine Analogie zu dem klassischen Leitstand in einem Industriebetrieb, dessen auffälligstes Element ebenfalls die Plantafel war. Der Einsatz eines Leitstandes ist aber nicht primär auf die Organisationsform einer zentralen Werkstattsteuerung ausgerichtet, die häufig mit der Einrichtung eines klassischen Leitstands verbunden wird.

Eine scharfe Abgrenzung zwischen Leitständen und anderen Systemen der Fertigungssteuerung ist schwerlich möglich. Heute unterscheiden sie sich zwar noch bei der Benutzeroberfläche und dem Umfang der eingesetzten Hardware. Schon der Funktionsumfang eignet sich jedoch kaum als Kriterium. Dazu ist zum einen der Funktionsumfang anderer in der Fertigungssteuerung eingesetzter EDV-Systeme nicht genügend homogen. Zum anderen ist bei Leitständen eine Tendenz zu einer Ausweitung des Funktionsumfangs zu beobachten.

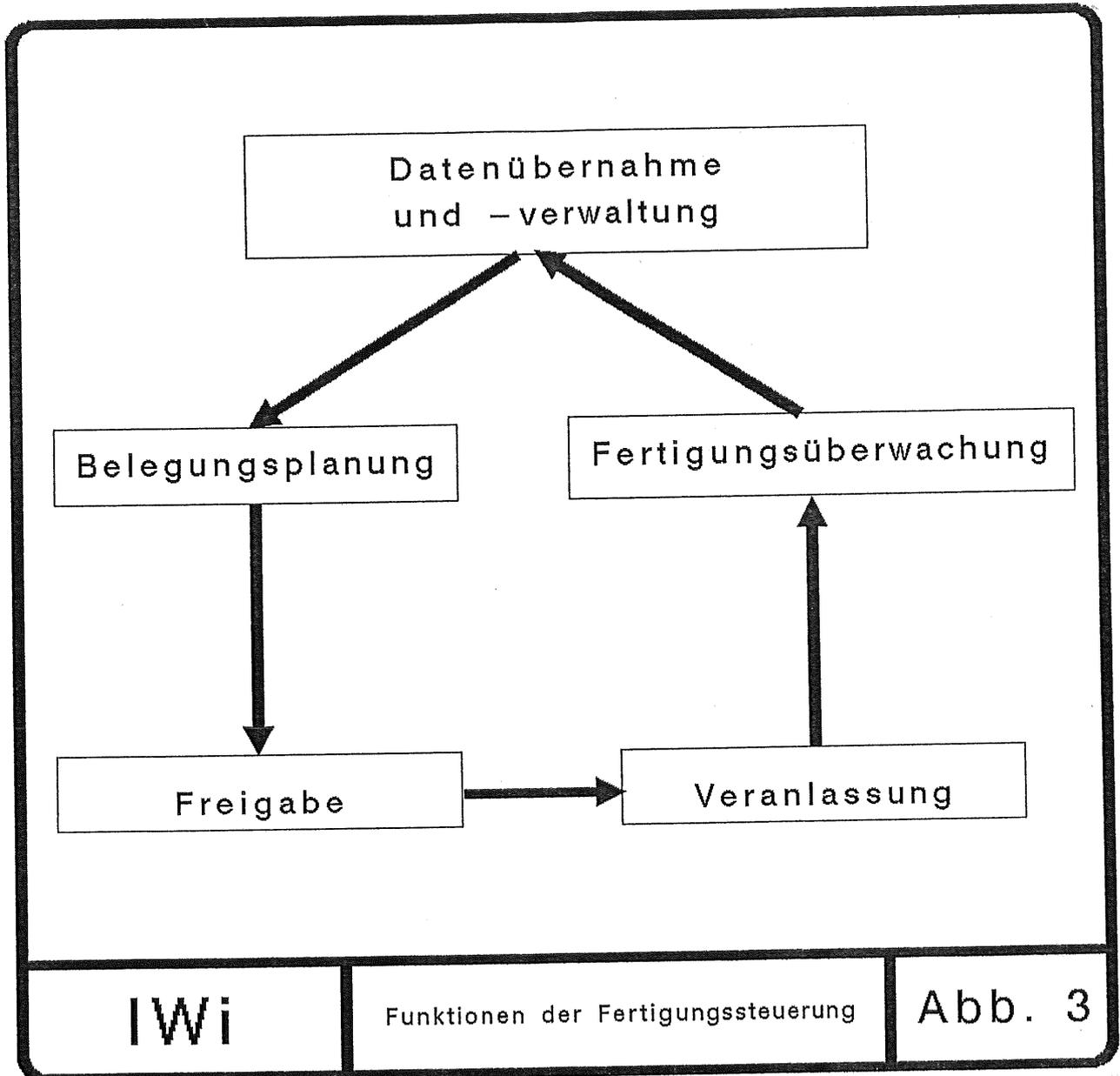
^[4] Eine Übersicht über EDV-Systeme in der Fertigungssteuerung enthält: Friedrichs, P., Gromotka, W.: Fertigungsleitsysteme. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 11, August 1989, S.97-105.

Anbieter	Adresse	Bezeichnung Leitstand	Hardware	Betriebssystem	Grafikoberfläche	Datenbank
AHP Havermann und Partner Gesellschaft für Informationsverarbeitung mbH	Robert-Koch-Str. 1a 8033 Planegg Tel. 089/8573057	CIM-Leitstand	PC/AT PS/2	PC-DOS	Eigene	Eigene
Dr. Ing. Klaus Brankamp System Produktionsplanung GmbH	Max-Planck-Str. 9 4006 Erkrath 1 Tel. 0211/250740	INTEPS-LPS	PC/AT	PC-DOS	Graphical Development Toolkit	ADIMENS
dispo-Organisation	Postfach 4140 5760 Arnsberg Tel. 02932/4181	dispo-Commander	AT-386	PC-DOS	Windows	Eigene
IDS Prof. Scheer Ges. für integrierte Datenverarbeitungssysteme mbH	Halbergstr. 3 6600 Saarbrücken Tel. 0681/66509-0	Intelligenter Leitstand Fi-2	DEC-VAX HP 9000 u.a.	UNIX	X-Windows	ORACLE
Infor GmbH	Barbarastr. 12 6605 Friedrichsthal Tel. 06897/857198	infor-CIM-Leitstandsystem	PC/AT PS/2	PC-DOS	Eigene	Eigene
Krupp Atlas Datensysteme GmbH	Sebaldsbr. Heerstr. 235 2800 Bremen Tel. 0421/4570	AFL 1300	MPR 130	Eigenes	Eigene	Eigene
Prof. Kurbel	Universität Dortmund 4600 Dortmund 50 Tel. 0231/7553157	L1	PC/AT PS/2	PC-DOS	MS-Windows	ORACLE
PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme GmbH	Kurfürstendamm 61 1000 Berlin 15 Tel. 030/884230	PIUSS-O	PC/XT	PC-DOS	Eigene	Eigene
Siemens AG	Otto-Hahn-Ring 6 8000 München 83 Tel. 089/63648528	Jobplan	Apollo WS 30	AEGIS	DOMAIN	Eigene

lei_uebs.gem

II. KRITERIEN ZUR BEURTEILUNG VON LEITSTÄNDEN

Die Fertigungssteuerung läßt sich in die in der folgenden Abbildung (Abbildung 3) dargestellten fünf Funktionen aufspalten:



Die Datenübernahme und -verwaltung umfasst die Übernahme von Auftrags- oder Arbeitsgangdaten (allgemein: Vorgangsdaten) aus dem übergeordneten PPS-System. Sie erlaubt das selbständige Anlegen und Löschen von Vorgängen in der Produktion. Dies ermöglicht die Behandlung von Eilaufträgen, den Betrieb auch bei ei-

ner Unterbrechung der Verbindung zum PPS-System und den Betrieb in Unternehmen, die über kein übergeordnetes EDV-System verfügen. Außerdem gehört die Änderung der Vorgänge zu der Datenübernahme und -verwaltung. Dadurch können vom PPS-System übergebene Vorgänge auf die Verhältnisse in der Produktion angepaßt werden.

Die Belegungsplanung ist die hervorstechende Funktion bei einem Leitstand. Sie ordnet die Ressourcen und Vorgänge einander unter Berücksichtigung von Kapazität und Verfügbarkeit zeitlich zu. Die Belegungsplanung wird in Abschnitt II.A eingehender dargestellt.

Auf die Belegungsplanung folgt die Freigabe. Für einen sehr kurzfristigen Zeitraum wird ein Teil des Belegungsplanes festgeschrieben und dadurch von der Planungsphase in die Realisierungsphase überführt. Durch die Freigabe werden eine Vielzahl von Planungsschritten und -zuordnungen bindend und können nur unter Schwierigkeiten wieder rückgängig gemacht werden.

Aufgabe der Veranlassung ist die Zuteilung von Arbeitsanweisungen auf der Grundlage der freigegebenen Vorgänge. Die Empfänger von Arbeitsanweisungen sind dabei entweder das Personal oder nachgeordnete Informationssysteme, wie z.B. ein DNC-System oder ein Transportsystem. Die Arbeitsanweisung kann dabei eine feste oder eine variable Auftragsreihenfolge beinhalten.

Im Anschluß an die Veranlassung erfolgt die Fertigungsüberwachung. Sie ermittelt die Abweichung zwischen Soll und Ist und ist Grundlage für eine rechtzeitige Reaktion auf Störungen. Die Fertigungsüberwachung gliedert sich in die Überwachung des Auftragsfortschrittes, die Erkennung von Störungen und die Ermittlung der Qualität der gefertigten Produkte.

Die Qualität der Funktionen Datenübernahme und -verwaltung, Veranlassung und Fertigungsüberwachung ist eng mit der Implementierung von Schnittstellen zu dem PPS-System, dem Betriebsdatenerfassungssystem und dem DNC-System verbunden. Sie werden in dem Abschnitt II.D. näher betrachtet.

A. Belegungsplanung

Bei der Planung handelt es sich um die originäre Funktion eines Leitstandes. Vier Aspekte sind hierbei zu berücksichtigen:

1. Netzzusammenhang

Ein (Fertigungs-)Auftrag besteht in der Regel aus mehreren Arbeitsgängen, die z.B. auf unterschiedlichen Maschinen bearbeitet werden. Ein Teil der Leitstände betrachtet bei der Planung lediglich den Arbeitsgang, ohne die Vorgänger- und Nachfolgerbeziehungen zu den anderen Arbeitsgängen desselben Auftrags zu berücksichtigen. Diese Leitstände lassen den Netzzusammenhang, verschiedentlich auch Auftragszusammenhang genannt, außer acht. Nur ein Teil der Leitstände berücksichtigt mit dem Netzzusammenhang die Beziehungen zwischen den einzelnen Arbeitsgängen eines Auftrags. Ein Vergleich wird dabei häufig durch die unterschiedliche Verwendung der Begriffe erschwert.

Das Fehlen des Netzzusammenhangs macht einen Leitstand für den Einsatz in einer Fertigungsinselorganisation ungeeignet, weil dort die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Arbeitsgängen eines Auftrags nicht vernachlässigt werden können. Auch in einem Unternehmen mit einer Werkstattstruktur kann der Netzzusammenhang nur dann unberücksichtigt bleiben, wenn die Werkstätten voneinander relativ unabhängig planen können. Das ist umso eher der Fall, je geradliniger und standardisierter der Auftragsfluß durch die einzelnen Werkstätten ist und je höher eventuelle Pufferbestände zwischen den einzelnen Werkstätten sind.

2. Planungskomponenten

Bei der Planung müssen dem Arbeitsgang eine bzw. mehrere Ressourcen zugeteilt werden. Je nach der betrieblichen Situation können das Maschinen, Personal, Werkzeug, Vorrichtungen, NC-Programme, Material und Transporteinrichtungen sein. Ressourcen, die einem Planungsobjekt mit Hilfe des Leitstandes zugeteilt werden können, seien als Planungskomponenten bezeichnet.

Leitstände sind bisher vorwiegend auf eine einzige Planungskomponente, die Maschinen, ausgerichtet. Dies ist eine Folge davon, daß die Entwicklung von Leitständen von der Plan-
tafel ausging, mit deren Hilfe die Maschinenbelegung dargestellt werden konnte.

Prinzipiell läßt sich mit einem Leitstand analog zur Maschinenbelegungsplanung eine Personalbelegungsplanung durchführen. Dabei wird die Planungskomponente Maschine durch die Komponente Personal ersetzt. Abgesehen von den Schwierigkeiten, ein solches Konzept gegenüber der Belegschaft durchzusetzen, können dabei weitere Problembereiche identifiziert werden. Die Beziehungen zwischen Personal und Auftrag bzw. Arbeitsgang sind vielfältiger als sie es gewöhnlich zwischen einer Maschine und Auftrag/Arbeitsgang sind. Häufig müssen z.B. bei einem Arbeitsgang mehrere Personen zusammenarbeiten. Derartige Mehrfachzuordnungen zwischen Arbeitsgang und Personal sind jedoch komplexer, als dies bei den Maschinen z.B. beim Splitting von Arbeitsgängen der Fall ist. Auch das Verteilen von Aufgaben innerhalb einer Gruppe müßte berücksichtigt und dargestellt werden können. Eine Entsprechung dazu gibt es bei der Maschinenbelegung nicht. Gleiches gilt für die Mehrmaschinenbedienung. Diese Problemfelder bieten deshalb noch weiten Spielraum für die Weiterentwicklung von Leitständen.

Darüber hinaus wirft die simultane Planung von verschiedenen Planungskomponenten Probleme auf. So ist es bis heute nicht möglich, Personal- und Maschinenbelegung gleichzeitig und gleichberechtigt zu planen. Vielmehr ist die Planung hierarchisch aufgebaut. Dabei wird nur die Maschinenbelegung nach gewissen Regeln geplant. Bei den anderen Planungskomponenten wird lediglich eine Verfügbarkeitsprüfung durchgeführt. Ist z.B. ein Werkzeug für einen bestimmten Arbeitsgang zu dem gewünschten Zeitpunkt nicht verfügbar, so wird der Arbeitsgang als zu diesem Zeitpunkt nicht einplanbar betrachtet. Eine Anpassung der Werkzeugbelegung bleibt ausgeschlossen. Die Belegung von Werkzeugen erfolgt im Falle der Verfügbarkeit durch eine Reservierung. Die Verfügbarkeitsprüfung wird häufig für das Material, seltener für Werkzeuge und Vorrichtungen angeboten. Für das Personal wird selten eine explizite Verfügbarkeitsprüfung

durchgeführt. Die Verfügbarkeit des Personals schlägt sich jedoch in den Schichtmodellen nieder, die die Zeiten enthalten in denen die Maschinen genutzt werden können.

Eine besondere Schwierigkeit für die simultane Planung mehrerer Komponenten liegt auch in der Darstellungsform. Die Belegung eines Arbeitsganges durch mehrere Komponenten müßte auf dem Bildschirm darstellbar sein. Ansätze zur Lösung dieses Problems finden sich z.B. in dem "Klammern" von Arbeitsgängen. Dabei werden zwei Arbeitsgänge systemintern durch eine Bedingung so verknüpft, daß ihre Bearbeitung gleichzeitig stattfinden muß. Durch die Aufspaltung eines Arbeitsganges in zwei geklammerte Arbeitsgänge läßt sich dann erreichen, daß ein Arbeitsgang, der eine Maschine belegt, gleichzeitig auch z.B. eine Person belegt. Ein Ansatz zur Darstellung des Verfügbarkeitsstatus ist die farbige Markierung einer Maschine bzw. eines Arbeitsganges für den Fall, daß eine Ressource fehlt. Das Problem der simultanen Darstellung mehrerer Planungskomponenten kann jedoch bisher nicht als gelöst bezeichnet werden.

3. Planungshäufigkeit

Die Planungsfrequenz beschreibt die Häufigkeit der Durchführung einer Belegungsplanung mit Hilfe des Leitstandes. Der Planungsfrequenz ist der Planungszeitraum gegenüberzustellen. Er beschreibt den Zeitraum, für den eine explizite Planung erfolgt. Der Planungshorizont ist der Zeitraum bis zum Ende des beim letzten Planungslauf erstellten Belegungsplans. Er nimmt zwischen zwei Planungsläufen kontinuierlich ab. Bei einer zyklischen Planung erfolgt erst dann ein neuer Planungslauf, wenn der Planungshorizont erreicht ist. Der Nachteil dieses häufig bei herkömmlichen PPS-Systemen angewandten Verfahrens^[5] liegt jedoch in der hohen Abweichung zwischen geplanter und tatsächlicher Situation in der Fertigung bei der Annäherung an den Planungshorizont. Der Plan ist dann bereits veraltet.

Dies wird durch die Anwendung des Prinzips der rollierenden Planung vermieden, bei der bereits vor Erreichen des Planungs-

[5] vgl. Herterich, R., Zell, M.: Dezentrale Fertigungssteuerung. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 5, Mai 1989, S.21.

horizontes ein neuer Planungslauf erfolgt; die Planungsfrequenz ist dadurch gesteigert. Für einen Planungszeitraum von einer Woche kann z.B. eine tägliche oder schichtweise Planung erfolgen, so daß der Zeitraum zwischen zwei Planungsläufen sehr viel geringer als der Planungszeitraum ist.

4. Planungsprinzip

Das Planungsprinzip ist das Verfahren zur Erstellung eines Planes. Dabei sind zwei Grundprobleme zu unterscheiden:

Einmal muß eine Zuordnung von Arbeitsgängen zu bestimmten Maschinen erfolgen. Innerhalb von einer Betriebsmittelgruppe mit funktionsgleichen Maschinen muß eine Maschine ausgewählt werden, auf der der Arbeitsgang zu fertigen ist. Dieses Problem wird als Alternativenproblem bezeichnet. Zum Alternativenproblem gehört auch die Möglichkeit, einen Arbeitsgang in mehrere Teile aufzuteilen und auf verschiedenen Maschinen zu fertigen.

Zum anderen muß die Reihenfolge bestimmt werden, in der die Arbeitsgänge, die einer Maschine zugeordnet sind, auf der Maschine bearbeitet werden sollen. Das Reihenfolgeproblem enthält besondere Lösungsmöglichkeiten, zum Beispiel das Raffieren von Arbeitsgängen. Dabei werden ähnliche Arbeitsgänge unmittelbar hintereinander gefertigt, so daß die Rüstzeit für den zweiten Arbeitsgang entfällt. Außerdem ist die Überlappung von Arbeitsgängen möglich.

Grundsätzlich kann man zwei extreme Planungsprinzipien unterscheiden, die in der Regel in Mischformen verwirklicht sind:

Das erste Planungsprinzip ist die automatische Planung, die völlig ohne Eingriff des Bedieners erfolgt. Mit ihrer Hilfe sollen alle einplanbaren Arbeitsgänge bzw. Aufträge möglichst günstig eingeplant werden.

Leitstände stellen meist nur einfache Heuristiken für die automatische Belegungsplanung zur Verfügung. Heuristiken sind Näherungsverfahren zur Erreichung eines bestimmten Zieles, die

nicht unbedingt die optimale Lösung zu erreichen in der Lage sind.^[6] Aus verständlichen Gründen ist eine detaillierte Beschreibung der Heuristiken von den Leitstandherstellern nicht zu erhalten. Deshalb können die Heuristiken im folgenden nur in den Grundzügen dargestellt werden.

Alle Heuristiken enthalten eine Entscheidungskomponente und eine Komponente, die die Planungsrichtung bestimmt. Im Prinzip können alle Heuristiken für jede Planungsrichtung ausgerichtet werden. Demzufolge bietet ein Leitstand für seine Heuristiken meist die Auswahl zwischen einer Vorwärtsterminierung und einer Rückwärtsterminierung. Bei einer Vorwärtsterminierung wird jeweils vom frühestem Startzeitpunkt ausgehend vorwärts, also in die Zukunft, geplant. Begonnen wird dementsprechend jeweils mit dem ersten Arbeitsgang eines Auftrags. Der Vorteil einer Vorwärtsterminierung ist eine tendenziell starke Auslastung der Maschinen in der Gegenwart und das Erhalten von Pufferzeiten bis zum spätesten Endtermin.

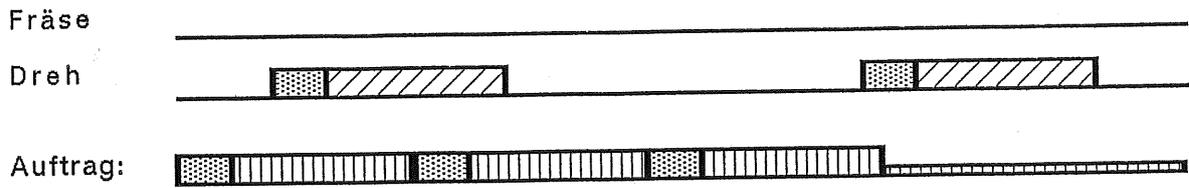
Bei einer Rückwärtsterminierung wird vom spätesten Endtermin ausgehend rückwärts geplant. Ausgegangen wird dabei jeweils vom letzten Arbeitsgang eines Auftrags. Der Vorteil einer Rückwärtsterminierung besteht in einer Verringerung der Lagerzeiten für die Fertigprodukte.

Manche Leitstände ermöglichen eine Kombination der beiden Planungsrichtungen, die als Terminierung vom Engpaß aus bezeichnet wird. Ausgehend von einer Engpaßmaschine erfolgt eine Rückwärtsterminierung für die davor liegenden Arbeitsgänge und darauf eine Vorwärtsterminierung für die später liegenden Arbeitsgänge der jeweiligen Aufträge. Der Vorteil einer Terminierung vom Engpaß aus liegt in einer Verringerung der Durchlaufzeiten von Aufträgen, die den Engpaß passieren müssen.

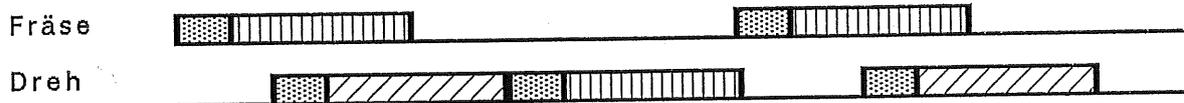
Abbildung 4 zeigt die Anwendung der verschiedenen Terminierungsrichtungen für die Einplanung eines Auftrages, der aus drei Arbeitsgängen besteht. Der erste und der dritte Arbeitsgang sind auf einer Fräsmaschine, der zweite Arbeitsgang ist

^[6] vgl. Müller-Merbach, H.: *Operations Research*. 2. Auflage, München 1971, S.290.

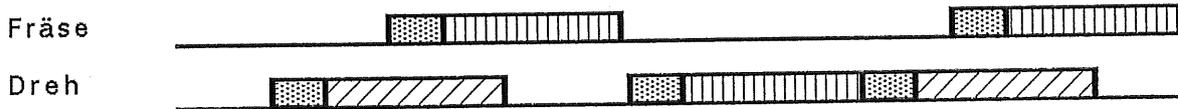
Ausgangslage:



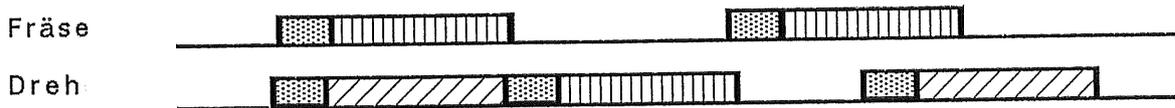
Fall 1: Vorwärtsterminierung



Fall 2: Rückwärtsterminierung



Fall 3: Terminierung vom Engpaß aus



auf einer Drehmaschine zu fertigen. Die Arbeitsgänge dieses Auftrags sind durch die senkrechte Schraffur gekennzeichnet. Die Drehmaschine ist eine Engpaßmaschine, die bereits teilweise mit anderen, schräg schraffierten Arbeitsgängen belegt ist.

Die Entscheidungskomponente der heute angewendeten Heuristiken basiert auf einfachen Prioritätsregeln. Die Einplanung von Arbeitsgängen richtet sich entweder nach extern vorgegebenen Prioritäten des Auftrags, z.B. nach der Bedeutung des Auftrags für das Unternehmen oder nach Prioritätsziffern, die aus Kenngrößen des jeweiligen Auftrags oder Arbeitsganges gewonnen wurden. Beispiele dafür sind

- die kürzeste Operationszeit,
- die längste Verweildauer in einer Warteschlange,
- der geringste Abstand vom Endtermin.

Die Leistungsfähigkeit dieser Heuristiken ist gering.^[7]

Bis heute gibt es in der Theorie keine Ansätze, die eine Erstellung eines optimalen Maschinenbelegungsplanes bei einer vorgegebenen Zielgröße mit realistischem Zeitaufwand ermöglichen. Schon bei relativ einfachen Annahmen ist es nicht mehr möglich, den optimalen Plan für eine bestimmte Zielgröße unter all den möglichen Belegungsplänen zu ermitteln. Dazu ist das Problem zu komplex.

Darüber hinaus muß berücksichtigt werden, daß eine Zielgröße, die die Zielerreichung in der Fertigung meßbar macht, meist so nicht vorgegeben werden kann. Dies wäre aber eine Vorbedingung für eine automatische Planung. Gäbe man z.B. die mittlere Durchlaufzeit als Zielgröße vor, so würde man dennoch immer wieder eine erhebliche Verlängerung der Durchlaufzeit anderer Aufträge in Kauf nehmen, damit ein besonders wichtiger Auftrag seinen Termin einhält. Verwendete man umgekehrt die Termineinhaltung als Zielgröße, so würde man u.U. eine Terminverletzung bei einem unwichtigen Auftrag akzeptieren, um die Auslastung an einer Engpaßmaschine gleichmäßiger zu gestalten. Auch durch Formen der Gewichtung läßt sich dieses Problem nicht

^[7] vgl. Wiendahl, H.-P., Lüssenhop, T.: Wirkung von Prioritätsregeln. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 1, Januar 1989, S.36-41.

lösen. Die Vorgabe einer allgemeingültigen Zielgröße ist daher nicht möglich. Auch aus diesem Grund wäre eine vollständig automatische Planung nicht durchführbar.

Ebenso schwer würde es fallen vorzugeben, unter welchen Bedingungen ein Algorithmus bei der Planung "von sich aus" ein Splitting vornehmen muß oder z.B. die Kapazität einer Maschine durch die Einführung von Überstunden anpassen darf. Für solche Aufgaben sind Entscheidungen des Bedieners unerlässlich.

Aus diesen Gründen zielen Leitstände nicht darauf ab, eine vollständig automatische Planung durchzuführen, die den Bediener ersetzen könnte.

Vielmehr ist zu beobachten, daß Leitstände Funktionen zu einer eingeschränkten automatischen Planung zur Verfügung stellen, die für bestimmte Fälle vom Benutzer aufgerufen werden können.

Dazu gehört die Bestimmung einer günstigen Reihenfolge und Verteilung von Arbeitsgängen innerhalb einer Betriebsmittelgruppe. Nach einfachen, den Erfordernissen des Unternehmens angepaßten Heuristiken werden die Arbeitsgänge, die der Betriebsmittelgruppe zugeteilt wurden, aber noch nicht freigegeben sind, in eine Reihenfolge gebracht. Dabei können z.B. tendenziell Arbeitsgänge bestimmter Rüstklassen bestimmten Maschinen zugeordnet werden; die Reihenfolge kann sich eher an den Terminen oder an der Durchlaufzeit ausrichten.

Wegen der Unzulänglichkeiten der automatischen Planung ist die interaktive Planung von großer Bedeutung. Der Leitstand fungiert dabei als elektronische Version einer Plantafel, bei der die objektorientierte Logik der Plantafel durch das einfache Stecken der einzelnen Arbeitsgänge mit Hilfe der Maus praktisch unverändert angewandt werden kann. Dabei ist es mit einem grafischen Leitstand einfacher, Vorgänge wie das Splitten und Raffieren durchzuführen sowie probeweise Änderungen der Planung vorzunehmen als mit einer klassischen Plantafel. Nicht alle Leitstände ermöglichen jedoch das direkte Verschieben von Arbeitsgängen mit der Maus.

Eine Verbesserung der interaktiven Planung kann durch eine Funktion zur gezielten automatischen Einplanung eines einzelnen, z.B. mit der Maus ausgewählten, Auftrags erreicht werden. Dabei wird ein einzelner Auftrag Arbeitsgang für Arbeitsgang im Wege der Vorwärtsterminierung bzw. der Rückwärtsterminierung für den nächstgünstigen bisher unbelegten Zeitraum automatisch der jeweiligen Maschine zugeteilt.

Darüber hinaus gibt es bei manchen Leitständen eine analoge Funktion, mit der man auch einzelne Arbeitsgänge automatisch einer Maschine zuordnen lassen kann. Beide Funktionen sind nur bei sehr wenigen Leitständen realisiert. Sie sind aber eine wichtige Unterstützung der interaktiven Planung.

Bisher fehlt bei fast allen Leitständen eine computergestützte Auswertung eines interaktiv oder automatisch erstellten Maschinenbelegungsplanes. Dazu müßten für einen Plan verschiedene Meßgrößen ermittelt werden. Das könnten z.B. die mittlere Durchlaufzeit, die Anzahl der Terminüberschreitungen, die Kapazitätsauslastung, die mittlere Anzahl der begonnenen, aber noch nicht fertiggestellten Aufträge, die Summe der Rüstkosten an einer Maschine o.ä. sein. Dies würde es dem Benutzer ermöglichen, unterschiedliche Pläne nach den Kriterien zu vergleichen, die zu seiner Zielgröße am stärksten korrelieren. Auf diese Weise könnte er den besten Plan auswählen.

Solche Ansätze werden häufig mit dem Begriff Simulation belegt, obwohl es sich hier nicht in strengem Sinn um eine Simulation handelt. Gemeint ist jeweils die Veränderung eines Planes, wobei die Änderungen jederzeit rückgängig gemacht werden können und der neue Plan mit einem oder mehreren anderen Plänen verglichen werden kann. Solche Möglichkeiten zur Simulation werden nur von zwei Leitständen unterstützt. Die Möglichkeit, daß Veränderungen, die an der Plantafel gemacht werden, zurückgenommen werden können, bieten mehrere Leitstände an.

Ein Leitstand bietet eine weitere Option zur Verbesserung eines gegebenen Maschinenbelegungsplanes. Auf der Grundlage von Meßgrößen, anhand derer die Vorteilhaftigkeit eines Planes ermittelt werden kann, versucht er durch Vertauschen von Arbeitsgän-

gen iterativ einen vorteilhafteren Plan zu generieren. Dieses Verfahren ist bei keinem anderen Leitstand implementiert. Es zeigt aber, daß Meßgrößen, die die Bewertung eines Plans ermöglichen, Grundlage für eine gezielte, auch interaktive Verbesserung des Plans nach der Zielsetzung des Bedieners sein können. Hier liegen noch umfangreiche Verbesserungsmöglichkeiten für Leitstände.

B. Einsatzbereich

Leitstände können Planungsfunktionen in unterschiedlichen Fertigungsstrukturen übernehmen.

Bei einer Fließfertigung, die von einer prozeßorientierten Fertigung zu unterscheiden ist, ist der Einsatz eines Leitstandes wenig sinnvoll, denn dabei sind nur geringe Planungsprobleme zu erwarten. In solchen Fertigungsstrukturen werden grafische EDV-Systeme eingesetzt, die zwar teilweise als Leitstände bezeichnet werden. Sie dienen jedoch nicht der kurzfristigen Planung, sondern sind ein Hilfsmittel zur Prozeßvisualisierung. Als solches sind sie eine Komponente eines Betriebsdatenerfassungssystems.

Bei einer Werkstattfertigung gibt es vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz eines Leitstandes. Man unterscheidet zwei unterschiedliche Organisationsformen der Werkstattsteuerung.

Die eine Organisationsform ist die zentrale Werkstattsteuerung. Bei ihr übernimmt eine zentrale Stelle die dispositiven Funktionen. Die Planung wird einzig von der zentralen Stelle durchgeführt. Die untergeordneten Stellen, Meister und Vorarbeiter, übernehmen nur noch Aufgaben der Menschenführung und technische Aufgaben.^[8] Für diese Organisationsform galt ein Leitstand lange Zeit als prädestiniert. Die zentrale Werkstattsteuerung hat jedoch einige Nachteile: Sie bedarf einer gut ausgebauten Betriebsdatenerfassung, um die Fertigungssituation zu überwachen und eingreifen zu können, und ist dennoch wenig flexibel.

^[8] vgl. Hackstein, R., Strack, M.: *Organisation und Effizienz der Werkstattsteuerung*. In *Fortschrittliche Betriebsführung/Industrial Engineering* 36 Nr. 2, 1987, S.76-82.

Für eine zentrale Werkstattsteuerung werden häufig umfangreichere EDV-Systeme eingesetzt, die bisher über eine wenig benutzerfreundliche Oberfläche verfügen und nur in begrenztem Maß eine interaktive Planung erlauben. Häufig sind dies den PPS-Systemen nahestehende EDV-Systeme. Der Schwerpunkt liegt bei ihnen auf einer automatischen Planung. Die Komplexität des Planungsproblems ist durch die Vielzahl an Maschinen, für die gleichzeitig eine Planung durchgeführt werden muß, sehr hoch. Mehr als 50 Maschinen sind für eine zentrale Werkstattsteuerung keine Seltenheit. Auf einem Bildschirm läßt sich nur ein kleiner Teil aller Maschinen darstellen. Dadurch wird die Implementierung eines interaktiven Planungskonzeptes erschwert.

Leitstände können für die zentrale Werkstattsteuerung eingesetzt werden. Dabei lassen sich jedoch nicht alle Maschinen gleichzeitig auf der elektronischen Plantafel darstellen. Die Anzahl der Maschinen, die auf einer Bildschirmseite gleichzeitig darstellbar sind, variiert je nach Leitstand zwischen ca. 5 und 20 Maschinen. Eine Reduzierung der Anzahl der Maschinen, die auf einer Bildschirmseite dargestellt werden müssen, läßt sich dadurch erreichen, daß verschiedene Bereiche nahezu unabhängig voneinander geplant werden. Dazu erfolgt eine Einteilung in Betriebsmittelgruppen oder Werkstätten, die jeweils einzeln geplant werden. Die Nachteile der zentralen Werkstattsteuerung werden durch diese Aufteilung jedoch nicht ausgeglichen, sondern lediglich die Planung bei der zentralen Werkstattsteuerung verbessert.

Anstelle einer zentralen Steuerung läßt sich mit Leitständen ein Konzept der dezentralen Werkstattsteuerung verwirklichen. Die Werkstätten werden dabei nicht mehr einzeln von einer zentralen Stelle geplant, sondern in jeder Werkstatt erfolgt eine eigene Planung mit Hilfe eines Leitstandes. Die dezentrale Werkstattsteuerung gilt heute als ein wichtiges Einsatzgebiet von Leitständen.^[9] In dem Maß, wie die Verflechtung der Werkstätten untereinander zunimmt, wird bei einer dezentralen Werk-

^[9] vgl. Strack, M.: *Elektronische Leitstände - Ein Thema für den Mittelstand?* In Scheer, A.-W. (Hrsg.): *CIM Im Mittelstand, Fachtagung Saarbrücken 24.-25.2.1989*, S.29-46.

stattsteuerung der Bedarf für eine Abstimmung zwischen den einzelnen Werkstattleitständen steigen.

Ein Leitstand eignet sich für den Einsatz in einer Fertigungsinselorganisation. Dazu muß er jedoch in der Lage sein, als Planungsobjekt den Netzzusammenhang und nicht nur den einzelnen Arbeitsgang zu unterstützen. Dazu sind nicht alle Leitstände fähig. Auch bei einer Fertigungsinselorganisation ist die Möglichkeit einer Abstimmung zwischen den Leitständen der einzelnen Fertigungsinseln von großer Bedeutung.

Der Ausschnitt aus der Fertigung, für den mit einem Leitstand eine Belegungsplanung durchgeführt wird, sei der Dispositionsbereich des Leitstandes. Bei einer Fertigung, in der mehrere Leitstände eingesetzt werden, sind die Vorgänge in den einzelnen Dispositionsbereichen nicht voneinander unabhängig, weil es Aufträge gibt, die mit einzelnen Arbeitsgängen in verschiedenen Dispositionsbereichen bearbeitet werden. Eine Werkstattorganisation ist gerade dadurch gekennzeichnet, daß ein Auftrag mit seinen Arbeitsgängen in verschiedenen Dispositionsbereichen gefertigt wird. Auch bei einer Fertigungsinselorganisation gibt es häufig Aufträge, die für bestimmte Arbeitsgänge die Fertigungsinsel verlassen müssen. Diese Arbeitsgänge gelangen dadurch in den Dispositionsbereich eines anderen Leitstandes. Die Einplanung im zweiten Dispositionsbereich ist abhängig von der Planung der davorliegenden Arbeitsgänge im ersten Dispositionsbereich.

Die Mehrzahl der Leitstände verfügt nicht über eine Funktion zur Koordinierung der einzelnen Dispositionsbereiche. Verzögerungen in dem einen Dispositionsbereich können in dem zweiten Dispositionsbereich dann nicht berücksichtigt werden. Das Fehlen einer solchen Koordinierungsfunktion ist ein deutlich hemmender Faktor auf dem Weg zu einer effizienten und flexiblen Planung. Es besteht die Gefahr, daß voneinander isolierte Planungsinseln entstehen.

Ein einziger Leitstand verwirklicht derzeit ein solches Konzept mit Hilfe einer Koordinierungsebene, die zwischen den einzelnen Leitständen und dem PPS-System eingeführt wird. Sie überwacht

den inhaltlichen und terminlichen Zusammenhang von Arbeitsgängen auch über mehrere Dispositionsbereiche hinweg. Zudem verfügt die Koordinierungsebene über eine Schnittstelle zum PPS-System und verteilt die vom PPS-System übergebenen Aufträge auf die einzelnen Dispositionsbereiche.

Die damit verbundene Hierarchisierung der Fertigungssteuerung führt zu einer abgestimmten Planung in der Fertigung und parallel dazu zu einer größeren Flexibilität und Eigenverantwortung in den einzelnen Teilbereichen, indem einzelne selbstregulierende Regelkreise aufgebaut werden.

C. Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche ist die Schnittstelle, über die die Kommunikation zwischen Mensch und Computer abgewickelt wird.

Als Ausgabemedium steht ein Grafikbildschirm im Vordergrund. Er macht die Visualisierung z.B. eines Maschinenbelegungsplanes erst möglich. Eine Reihe von Leitständen verfügt neben dem Grafikbildschirm noch über einen alphanumerischen Bildschirm, der zur Anzeige von Daten dient. Auf ihm können z.B. die zu einem Auftrag gehörenden Daten in Tabellenform dargestellt werden. Leitstände, die auf einen separaten Datenbildschirm verzichten, zeigen für einen selektierten Auftrag oder Arbeitsgang in der Regel Kurzinformationen an und erlauben die Anzeige ausführlicher Daten über entsprechende Fenster.

Das wichtigste Eingabemedium ist die Maus. Die Funktion der Maus kann auch durch einen Lichtgriffel oder durch einen Rollball ersetzt werden. Dies sind jedoch Ausnahmen. Die Bedeutung der Tastatur wird immer mehr reduziert. Bei den Leitständen mit einer weit entwickelten Benutzeroberfläche erfolgt nur ein sehr geringer Teil der Interaktionen über die Tastatur. Sie ist nur notwendig für Eingaben, bei denen eine Auswahl aus Vorgaben nicht möglich ist. Das gilt z.B. für die zurückgemeldete Menge eines Fertigungsauftrages, u.U. die genaue Bezeichnung einer Störung etc.

Ergänzend zu dem Einsatz von Grafik-Bildschirm als Ausgabemedium und der Maus als Eingabemedium ist die Software-Oberfläche entscheidend für die Kommunikation zwischen Mensch und Computer. Alle Leitstände verfügen über Menütechnik, eine Reihe von Leitständen wenden darüber hinaus die Fenstertechnik an. Die am weitesten entwickelten Leitstände greifen auf eine Standard-Grafikoberfläche, wie z.B. Windows, zurück und unterstützen damit auch Pull-Down-Menüs und Pop-Up-Fenster. Die anderen Leitstände verfügen, weil es sich um eigenerstellte Grafiksoftware handelt, nur über einen Teil der Funktionen einer Standard-Oberfläche. Die Grafikoberfläche ist die dritte Entwicklungsstufe einer Benutzeroberfläche. Während konventionelle EDV-Systeme noch auf den Stufen eins und zwei ohne Grafik bzw. allenfalls mit einer improvisierten Textgrafik angesiedelt sind, wird die vierte Stufe aus einer bildlichen Darstellung des Fertigungsablaufs auf dem Monitor bestehen.^[10] Die Animation wird bisher bei noch keinem Leitstand eingesetzt. Abbildung 5 zeigt die Entwicklungsstufen einer Benutzeroberfläche.

Zur besseren Visualisierung der Planungssituation verfügen die Leitstände über verschiedene Darstellungsmöglichkeiten. Alle Leitstände stellen die eingeplanten Arbeitsgänge je Maschine in Abhängigkeit von der Zeit dar. Bei einem solchen Maschinenbelegungsplan werden die Arbeitsgänge als Balken dargestellt, deren Länge der Belegungszeit entspricht und die nebeneinander in einer Zeile dargestellt werden. Jede Zeile symbolisiert dabei eine Maschine. Die Arbeitsgänge werden teilweise farblich oder alphanumerisch gekennzeichnet, um ihre Zugehörigkeit zu einem bestimmten Auftrag zu verdeutlichen. Dies geht jedoch sehr schnell zu Lasten der Übersichtlichkeit des Planes. In der Abbildung 6 ist in der oberen Hälfte des Bildschirms ein solcher Maschinenbelegungsplan dargestellt.

Eine Variante des Maschinenbelegungsplanes zeigt jeden Auftrag in einer neuen Zeile. Diese Darstellungsform findet sich bei einem Leitstand. Dadurch können auf einer Bildschirmseite nur wenige Maschinen mit ihrer Belegung gleichzeitig dargestellt

^[10] vgl. Zell, M., Kern, S.: *Graphikeinsatz in der Produktionsplanung und -steuerung*. In GI e.V. (Hrsg.): *Neue Entwicklungen zur graphischen Unterstützung im Produktionsbereich*, Tagungsprotokoll vom 8.12.88, S.2-27.

Kapazitätsplanung KAPPLAN BKT 503 12.12.88 - 13.12.88
 Arbeitsplatz: 305-3 Bes.APL: Fraesmashine 3
 Bereich: Wz-F

Datum	Auftrag	Status	SPSt.	Bedarf	Angebot
12.12.	77321034-88	A	16.12.	12.4	
12.12.	77321034-78	B	14.12.	6.3	
12.12.	77441033-23	B	11.12.	18.3	
12.12.	74320044-87	C	20.12.	3.2	
12.12.	74320043-87	C	15.12.	40.2	24.0
SUMME					
SUMME				168.5	
SUMME				4.6	
13.12.	75920044-38	A	15.12.	3.4	
13.12.	77521034-74	A	20.12.	7.5	
13.12.	77451033-45	C	20.12.	21.0	24.0
SUMME					
SUMME				87.5	

AUFTRAG: DATUM: PF1:HL PF2:Ump1 PF3:Ausw PF4:Best PF5:FOLGAPL BM 340150

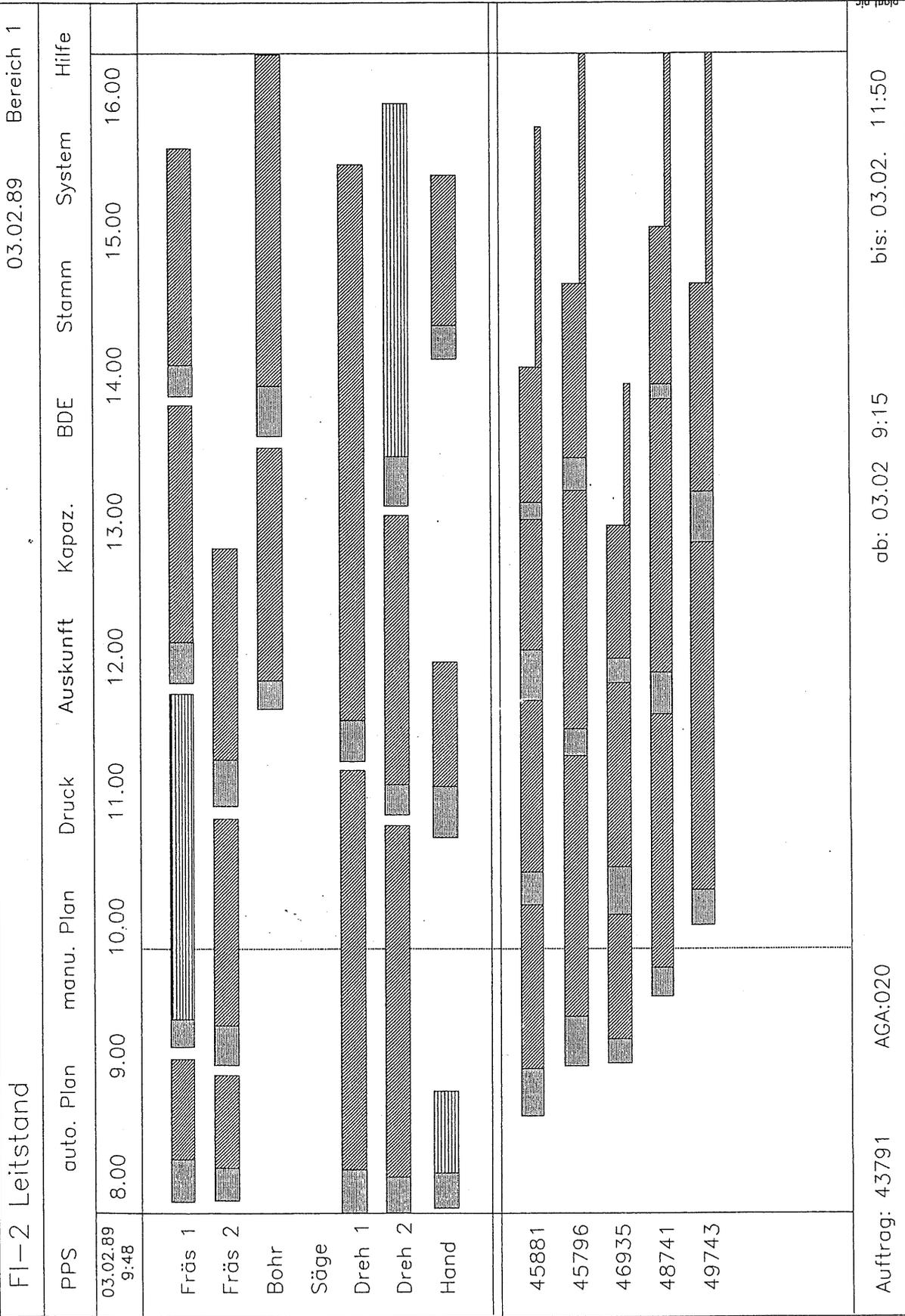
Kapazitätsübersicht KAP/UEBS BKT 503 12.12.88 - 23.12.88
 Arbeitsplatz: 305-3 Bes.APL: Fraesmashine 3
 Bereich: Wz-F

Datum	Bedarf	Angeb	Bed	%
12.12.	40.2	24.0	168.5	XXXXXXX
13.12.	21.0	24.0	107.5	XXXXXXX
14.12.	30.0	24.0	125.0	XXXXXXX
15.12.	32.4	24.0	135.0	XXXXXXX
16.12.	32.4	24.0	135.0	XXXXXXX
19.12.	28.5	24.0	118.8	XXXXXXX
20.12.	48.2	24.0	205.0	XXXXXXXXX
21.12.	28.0	24.0	152.0	XXXXXXXXX
22.12.	13.2	24.0	95.8	XXXXXXX
23.12.	13.2	24.0	95.8	XXXXXXX

Datum: PF1:HL PF2:Ump1 PF3:Ausw PF4:Best PF5:FOLGAPL BM 340065

Fl-2 Leistungsplan

PPS	ende	Plan	menge	Plan	Deckt	Anzahl	Kapaz.	BE	Stamm	System	Hilfe
1	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
2	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
3	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
4	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
5	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
6	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
7	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
8	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
9	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
10	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
11	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
12	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
13	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
14	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
15	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
16	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
17	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
18	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
19	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
20	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
21	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
22	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
23	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
24	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
25	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
26	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
27	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
28	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
29	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
30	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
31	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
32	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
33	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
34	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
35	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
36	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
37	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
38	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
39	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
40	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
41	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
42	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
43	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
44	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
45	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
46	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
47	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
48	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
49	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
51	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
52	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
53	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
54	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
55	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
56	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
57	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
58	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
59	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
60	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
61	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
62	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
63	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
64	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
65	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
66	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
67	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
68	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
69	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
70	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
71	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
72	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
73	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
74	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
75	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
76	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
77	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
78	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
79	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
80	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
81	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
82	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
83	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
84	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
85	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
86	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
87	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
88	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
89	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
90	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
91	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
92	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
93	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
94	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00				
95	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00</				



werden. Dem Verlust an Darstellungsumfang steht nur ein geringer Gewinn an Information über die Bezeichnung der Arbeitsgänge gegenüber. Zusätzlich wird deshalb noch eine Auftragsbelegungsübersicht angeboten, bei der alle Maschinen eingeblendet werden, auf denen Arbeitsgänge des ausgewählten Auftrags gefertigt werden.

Neben dem Maschinenbelegungsplan gibt es meist eine Darstellung, die die noch nicht eingeplanten Arbeitsgänge bzw. Aufträge zeigt. Dies wird als Auftragspool bezeichnet. Der Auftragspool enthält z.B. in jeder Zeile einen Auftrag mit seinen Arbeitsgängen, soweit sie noch nicht eingeplant sind. Ein schmaler Balken gibt die Pufferzeit an, innerhalb derer ein Auftrag ohne Verletzung seines frühesten Starttermins oder spätesten Endtermins verschoben werden kann. Die untere Hälfte von Abbildung 6 zeigt einen solchen Auftragspool.

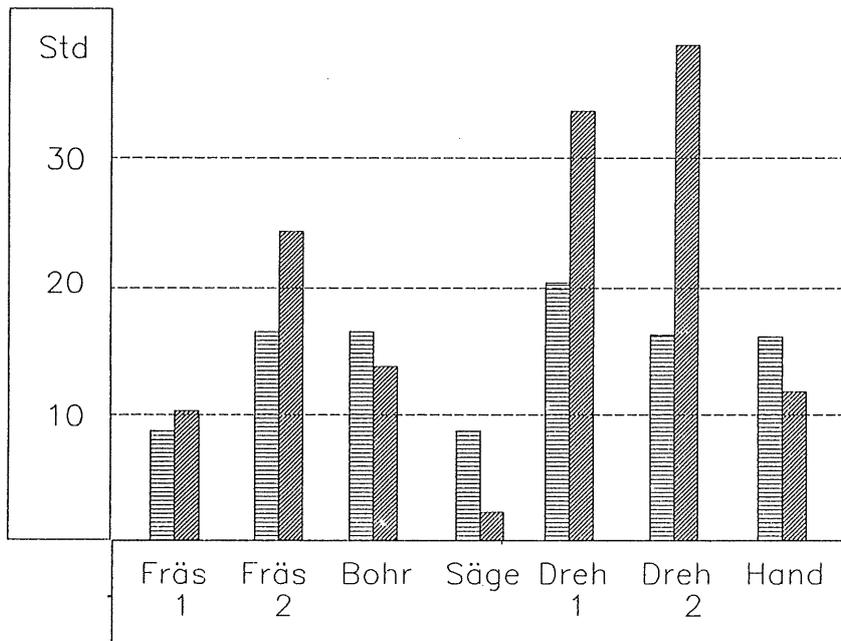
Die Darstellung des Auftragspools ist bei den unterschiedlichen Leitständen noch recht verschieden. Bei manchen Systemen muß der Auftragspool separat aufgerufen werden. Die Entwicklung geht dahin, den Auftragspool und den Maschinenbelegungsplan gleichzeitig auf dem Bildschirm anzuzeigen. Das ist notwendig für interaktive Verfahren der Einplanung. Mit der Maus kann dann ein Arbeitsgang oder ein Auftrag aus dem Auftragspool angeklickt werden und einer bestimmten Maschine zu einer bestimmten Zeit zugeordnet werden.

Neben diesen Übersichten verfügen die meisten Leitstände über Belastungsübersichten, die für bestimmte Zeiträume für die Maschinen oder Betriebsmittelgruppen die verfügbare Kapazität und den Kapazitätsbedarf aus dem Auftragspool anzeigen. Ein schematisches Beispiel zeigt Abbildung 7.

Mehrere Leitstände verfügen über eine waagerechte Zeitachse, ein sogenanntes Zeitlineal. Es läßt sich mit Hilfe der Maus verschieben, um andere Ausschnitte des Planes zu erhalten. Außerdem läßt sich die Skalierung verändern, z.B. in einem Bereich von einer halben Schicht pro Bildschirmseite bis zu einem Zeitraum von mehreren Monaten pro Bildschirmseite. Auf einem

Kapazitätsbelastungsübersicht

vom 04.02.89 8:00 bis 05.02.89 8:00



Kapazität



Belastung

dazugehörigen Zeitfenster läßt sich die Zeit für einen bestimmten Punkt auf dem Bildschirm ablesen.

Die Verschiebung des Zeitlineals und die Veränderung der Skalierung sind zwei für den Benutzer besonders wichtige Funktionen. Sie gleichen den Nachteil der geringen Darstellungsfläche, den der Leitstand gegenüber der klassischen Plantafel hat, aus. Deshalb sind Funktionen, die es ermöglichen, ein Zeitlineal zu zentrieren oder das Zeitlineal so zu verschieben, daß ein Auftrag oder Arbeitsgang im Mittelpunkt steht, besonders wichtig. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß der Bediener auf dem Bildschirm die (zeitliche) Orientierung verliert.

An einem Leitstand können Rückmeldungen eingegeben werden. Außerdem lassen sich dort Veränderungen an bestehenden Aufträgen sowie das Einfügen neuer Aufträge durchführen. Diese Handlungen sind je nach Benutzeroberfläche unterschiedlich komfortabel.

Die Bedienungsfreundlichkeit eines EDV-Systems hängt von mehreren Faktoren ab:

Die Übersichtlichkeit ist bei Leitständen im Vergleich zu den konventionellen EDV-Systemen durch den Einsatz der Grafik sehr hoch. Die Angabe von Kurzinformationen auf dem unteren Teil des Bildschirms oder auf einem separaten Textbildschirm, verbunden mit der grafischen Maschinenbelegung, bewahrt den Bediener vor Interpretationsschwierigkeiten. Einschränkungen sind bei einem zu farbenfrohen Bildschirm zu machen. Die Kennzeichnung jedes Auftrags durch eine andere Farbe oder durch ein anderes Muster geht sehr schnell zu Lasten der Übersichtlichkeit der Gesamtdarstellung.

Die Bedienungslogik entspricht der menschlichen Logik. Leitstände unterstützen die von der Plantafel gewohnte objektorientierte Denkweise des Benutzers durch Manipulation der Aufträge und Arbeitsgänge mit der Maus.

Mehr oder weniger umfangreiche Plausibilitätsprüfungen sichern die Konsistenz der Eingaben und weisen den Bediener auf Fehler hin. Dabei ist zwischen zwei Konzepten zu unterscheiden: bei den meisten Systemen werden starre Plausibilitätsregeln eingesetzt, deren Einhaltung zwingend ist. Seltener werden flexible Plausibilitätsregeln eingesetzt, die den Benutzer auf Fehler hinweisen, darauf aber ein Verletzen der Plausibilitätsregel zulassen. Dabei wird sinnvollerweise der Intelligenz des Benutzers Vorrang vor der Intelligenz des EDV-Systems, das in seinen Regeln nicht auf alle in der Fertigung möglichen Situationen abgestimmt sein kann, eingeräumt.

Die Anforderungen an die Merkfähigkeit des Bedieners sind bei Leitständen mit einer Standardoberfläche sehr niedrig. Es müssen keine Befehlssequenzen auswendig gelernt werden, weil die Alternativen bei jeder Handlung explizit angegeben sind. Hier bestehen allerdings Unterschiede zwischen den einzelnen Leitständen, da ein Teil der Leitstände nicht über eine hochentwickelte Oberfläche verfügt.

Die Komplexität der Transaktionen, die mit einem Leitstand ausgeführt werden, ist recht niedrig. Grundsätzlich sind drei Gruppen von Transaktionen zu unterscheiden: Die erste Gruppe umfasst die Einstellung von Parametern für die automatische Unterstützung. Die zweite Gruppe von Transaktionen umfasst die Manipulationen an der Plantafel. Diese Transaktionen sind aufgrund der Mausunterstützung einfach. Die dritte Gruppe von Transaktionen enthält die Datenpflege. Hierzu sind die Rückmeldungen, die Meldungen von Störungen und die Pflege der Stammdaten zu zählen. Zur Pflege der Stammdaten gehört z.B. auch die Veränderung der Schichtmodelle. Diese dritte Gruppe bedarf am ehesten eines höheren Einarbeitungsaufwandes, weil hierbei Betriebsspezifika zu beachten sind.

Insgesamt ist die Bedienerfreundlichkeit von Leitständen deshalb sehr hoch. Die Bedienerfreundlichkeit steigt mit der Anwendung einer Standardoberfläche. Leitstände benötigen aus diesen Gründen kein EDV-technisch besonders qualifiziertes Personal zur Bedienung.

D. Integration

Leitstände sind dedizierte EDV-Systeme. Sie können deshalb prinzipiell auch ohne Verbindung zu anderen EDV-Systemen arbeiten. Das ist zwar nicht die Regel, es ist aber von Vorteil für den Einsatz bei Unternehmen, die erst über eine geringe EDV-Unterstützung verfügen und für den Testbetrieb. Ein Leitstand kann so in der Anwendung getestet werden, auch ohne zuerst eine Anbindung an ein übergeordnetes PPS-System realisieren zu müssen.

Für den Einsatz in der Fertigung werden aber immer Kopplungen zu anderen EDV-Systemen realisiert. Dies kann auch schrittweise geschehen, was die sofort notwendigen Umstellungen in der Fertigung bei der Einführung begrenzt.

1. Schnittstelle zum PPS-System

Alle Leitstände sehen Schnittstellen zu bestimmten PPS-Systemen vor und bieten die Entwicklung von Schnittstellen für andere Systeme an.

Das PPS-System übergibt die Aufträge bzw. Arbeitsgänge grob terminiert an den Leitstand. Das PPS-System versieht sie dazu mit einem frühesten Start- und einem spätesten Endtermin. Innerhalb von dieser Spanne soll der Leitstand das Planungsobjekt exakt terminieren. Es ist auch möglich, daß das PPS-System exakt terminierte Aufträge bzw. Arbeitsgänge vorgibt, z.B. bei Eilaufträgen.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten der Datenübergabe: Entweder werden die vollständigen Daten eines Planungsobjektes mit allen zugehörigen Arbeitsplandaten an den Leitstand übergeben, oder es werden lediglich Kopfdaten vom PPS-System an den Leitstand übergeben. Bisher scheinen alle Leitstände das erste Verfahren zu verwenden. Im zweiten Fall müssen am Leitstand dann die Arbeitsplandaten hinzugefügt werden. Dadurch wird es

möglich, Funktionen der Arbeitsvorbereitung zurück in die Fertigung zu verlagern. Besonders bei Fertigungsinseln ist dies sinnvoll.

Durch die Verbindung zum PPS-System wird eine Verringerung des Belegflusses zwischen dem PPS-System und der Fertigung erreicht. Bisher werden die Auftragspapiere in einer großen Zahl von Unternehmen noch zentral gedruckt. Die Einführung eines Leitstandes hat dann eine Verringerung der Übergangszeiten, die für den Druck und den Transport der Auftragspapiere notwendig sind, zur Folge. Auch wenn die Auftragspapiere heute schon dezentral gedruckt werden, hat ein Leitstand den Vorteil, daß die Quote falsch abgelegter und verschwundener Auftragspapiere sinkt. Die Überschwemmung der Fertigung mit vom PPS-System freigegebenen Aufträgen führt nicht mehr zu einem Verlust der Übersicht in der Fertigung. Die Übersicht über die vom PPS-System freigegebenen Aufträge wird dadurch erst mit einem Leitstand wirklich möglich.

Die Verbindung zwischen Leitstand und PPS-System ist nicht einseitig. Der Leitstand meldet fertiggestellte Aufträge, Meilensteine und voraussichtlich längerwährende Störungen einzelner Betriebsmittel an das PPS-System. Die Meilensteine versetzen das PPS-System in die Lage, die eigene Planung mit dem Fortschritt in der Fertigung abzugleichen und dadurch realitätsnaher zu planen. Auch dadurch wird eine Verbesserung des Kommunikationsflusses zwischen Produktionsplanung und -steuerung und der Fertigung erzielt.

2. Schnittstelle zur BDE

Eine zweite Integrationsrichtung ist die Kopplung des Leitstandes mit der Betriebsdatenerfassung. Auch hier gilt, daß ein Leitstand nicht unbedingt auf die Verbindung zu oder den Einsatz eines BDE-Systems angewiesen ist.

Die Betriebsdatenerfassung kann den Leitstand mit unterschiedlichen Informationen versorgen:

Zum einen kann die Betriebsdatenerfassung den Auftragsfortschritt erfassen. Dazu kann die Rückmeldung der Arbeitsgänge über BDE-Terminals erfolgen. Die Werker melden die Fertigstellung eines Arbeitsganges über ein BDE-Terminal. Die Frage der Lohnauszahlung muß dann von dem Zeitpunkt der Rückmeldung entkoppelt werden. Ohne eine Entkopplung von Lohndatenverarbeitung und Produktionsdatenverarbeitung wird eine pünktliche Rückmeldung über die BDE kaum zu erreichen sein.

Es ist aber auch möglich, die Rückmeldung direkt am Leitstand durchzuführen. Die Belege werden gesammelt und z.B. über einen Barcodeleser eingegeben. Dies muß vor jedem Planungslauf geschehen. Nachteilig ist, daß in diesem Fall der Auftragsfortschritt nicht ständig aktuell am Leitstand dargestellt ist. Dadurch ist es dem Disponenten nicht möglich, die Entwicklung in der Fertigung am Leitstand zu überblicken und Situationen, bei denen ein Eingreifen notwendig ist, zu erkennen. Das ist umso weniger schwerwiegend, je übersichtlicher die Fertigungssituation ist.

Eine zweite Funktion der BDE besteht in der Meldung von Störungen an den Leitstand. Eine Störung wird zum Beispiel durch einen rot gefärbten Balken auf dem Bildschirm angezeigt. Bei manchen Leitständen ist die Erzeugung eines akustischen Signals möglich, das auf die Störung aufmerksam macht. Auch hier ist bei allen Leitständen eine Eingabe unmittelbar am Leitstand möglich.

Ein Leitstand kann darüber hinaus verwendet werden, um eine ganze Reihe von Betriebsdaten für Auskunfts- und Statistikfunktionen zu erfassen. Es zeichnet sich die Tendenz ab, daß die BDE-Funktionen sukzessive ausgebaut werden. Schließlich kann ein Leitstand die zentrale Speicherung von Betriebsdaten übernehmen und sie von dort aus anderen Systemen zur Verfügung stellen.

Aus Absatzgesichtspunkten sind Leitstände sehr offen für BDE-Geräte verschiedener Hersteller und Standards konzipiert. Dadurch eignet sich ein Leitstand als Integrationsmedium für die

BDE-Systeme in der Fertigung. Dieser Effekt wird durch die Verbindung eines Leitstandes zu den anderen EDV-Systemen in der Fertigung noch verstärkt.

3. Schnittstellen zu anderen EDV-Systemen

Neben der BDE- und der PPS-Schnittstelle ist bei manchen Leitständen auch eine Kopplung zu den DNC-Systemen möglich. Diese Verbindung ist in der Regel jedoch nur gering ausgebaut und muß anwenderspezifisch implementiert werden. In der Regel verwaltet ein Leitstand nicht mehr als die Nummer und den Status eines NC-Programmes. Für die Veranlassung erfolgt z.B. eine Übergabe der Nummer eines NC-Programmes an das DNC-System. Das DNC-System beschafft dann dieses NC-Programm. Entweder lädt das DNC-System darauf das NC-Programm selbsttätig auf die entsprechende NC-Maschine, oder der Bediener der NC-Maschine ruft das Programm von dem DNC-System ab.

Bei manchen Leitständen ist eine Verfügbarkeitsprüfung für NC-Programme möglich.

In der Regel bestehen keine Verbindungen zu eventuell vorhandenen Materialflußsteuerungssystemen und zu Werkzeug- und Lagerverwaltungssystemen. Auch hier sind jedoch von Fall zu Fall Individuallösungen möglich.

III. EINSATZBEISPIEL

Im folgenden wird anhand eines Bedienungsablaufs an einem Leitstand dargestellt, wie ein typischer Einsatz eines Leitstandes in einem Unternehmen erfolgen kann:

Zu Beginn einer Schicht plant der Disponent mit dem Leitstand die Belegung für die nächste Schicht. Dazu werden zunächst die Rückmeldungen der fertiggemeldeten Arbeitsgänge an dem Leitstand eingegeben, falls dies nicht schon über die BDE geschehen ist. Die Rückmeldedaten der Aufträge werden an das PPS-System vom Leitstand weitergegeben. Dabei achtet der Disponent auf zu weit in der Vergangenheit liegende, noch nicht fertiggemeldete Arbeitsgänge. Er forscht nach der Ursache der Verzögerung, falls nötig.

Der Disponent prüft, ob Störungen an einzelnen Betriebsmitteln vorhanden sind oder andauern und aktualisiert diese falls nötig.

Er überprüft die neuen, vom PPS-System für einen Horizont von z.B. einer Woche übergebenen Aufträge. Dabei begutachtet er die einzelnen Aufträge und informiert sich über eventuelle Besonderheiten. Er stellt fest, ob bestimmte Aufträge besonders viel Ressourcen benötigen, oder ob Eilaufträge durchgeführt werden müssen. Aufträge, die besonders wichtig sind, ordnet er bereits vorläufig einer Maschine zu einem weiter in der Zukunft liegenden Zeitpunkt zu, auch wenn die eigentliche Planung noch nicht bis dorthin erfolgen wird.

Mit Hilfe der Kapazitätsbelastungsübersicht überprüft er, ob daraus auf einzelnen Maschinen besondere Überbelastungen auftreten. U.U. läßt er alle Aufträge nach einer Vor- oder Rückwärtsterminierung simulativ einplanen, um abzuschätzen, wo Kapazitätsengpässe innerhalb der nächsten Woche entstehen könnten.

Im nächsten Schritt wendet er sich der eigentlichen Planung z.B. der nächsten beiden Schichten zu: Dazu plant er aus dem Auftragspool ihm wichtig erscheinende Arbeitsgänge auf einzel-

nen Maschinen automatisch ein. Er klickt diese Arbeitsgänge im Auftragspool an. Er prüft, ob er an einzelnen Betriebsmittelgruppen Verbesserungen durch Splitten oder Raffen erhalten kann. Nötigenfalls plant er Überstunden ein, indem er ein Schichtmodell kurzfristig verändert, um die Kapazität einer Maschine dem Kapazitätsbedarf anzupassen.

Nach Bedarf setzt er gezielt an einzelnen Betriebsmittelgruppen Algorithmen ein, um die Reihenfolge nach betriebspezifischen Kriterien zu verbessern oder Vorschläge für ein günstiges Splitting oder überlapptes Fertigen zu erhalten.

Wenn die Planung für diesen Zeithorizont erfolgt ist, läßt er die Arbeitspapiere drucken. Sie werden dann den jeweiligen Mitarbeitern zugeteilt. Eine Veranlassung kann auch durch die BDE erfolgen.

Diese Arbeiten mit dem Leitstand sind in der Regel in weniger als eine Stunde pro Schicht durchführbar.

Ist der Leitstand mit einer BDE verbunden, so überwacht der Disponent den Auftragsfortschritt während der gesamten Schicht am Leitstand zeitaktuell. Wenn einzelne zeitkritische Arbeitsgänge verzögert werden, führt der Disponent vom Leitstand aus entsprechende Maßnahmen durch.

Auf Störungen kann der Disponent sofort reagieren. Je nach Leitstand und Verbindung zur BDE wird ihm eine Störung akustisch und grafisch angezeigt, bei fehlender Anbindung an die BDE muß er eine Störung selbst eingeben. Er erkennt, welche Aufträge und Arbeitsgänge von der Störung betroffen sind und kann die Folgen der Störung abschätzen. Wenn zeitkritische Aufträge von der Störung betroffen sind, so wird er eine sofortige Umplanung durchführen. Dazu ordnet er die entsprechenden Arbeitsgänge anderen Maschinen zu, indem durch Verschieben schon geplanter Arbeitsgänge, die noch nicht freigegeben sind, freie Kapazitäten geschaffen werden.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

Der Bereich der kurzfristigen Planung wird derzeit von PPS-Systemen nur unzureichend unterstützt. Die Qualität der kurzfristigen Planung ist aber entscheidend für die Flexibilität in der Fertigung, die Einhaltung von Lieferterminen, die Verringerung der Durchlaufzeit und der Bestände und für die Nutzung neuer Organisationsstrukturen.

Leitstände ermöglichen die Maschinenbelegungsplanung; für andere Planungskomponenten sind höchstens Verfügbarkeitsprüfungen möglich. Leitstände bieten meist Heuristiken zur automatischen Planung an; diese sind aus systematischen Gründen aber nicht sehr leistungsfähig. Deshalb liegt das Schwergewicht auf der interaktiven Planung, bei der Heuristiken gezielt zur Unterstützung eingesetzt werden können.

Leitstände lassen sich sowohl für eine zentrale als auch für eine dezentrale Fertigungssteuerung einsetzen. Sie können auch in einer Fertigungsinselstruktur eingesetzt werden, sofern sie den Netzzusammenhang unterstützen. Für den dezentralen Einsatz von Leitständen ist eine Funktion zur bereichsübergreifenden Koordinierung der Fertigungsprozesse notwendig.

Die Oberfläche von Leitständen ist sehr benutzerfreundlich. Als primäres Eingabemedium wird eine Maus verwendet, als Ausgabe-medium ein Graphikbildschirm. Manche Leitstände verfügen darüber hinaus über einen Textbildschirm. Am benutzerfreundlichsten sind die Leitstände mit einer Standardoberfläche.

Leitstände verfügen über Schnittstellen zum PPS-System und meist zur BDE. DNC-Funktionen unterstützen sie nur rudimentär. Leitstände bieten durch die Flexibilität ihres Einsatzes und ihre Benutzerfreundlichkeit die Möglichkeit, als Informationsknotenpunkt in der Fertigung zu fungieren, um den herum sich eine CIM-Struktur entwickeln läßt.

Literaturverzeichnis

- Friedrichs, P., Gromotka, W.: Fertigungsleitsysteme. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 11, August 1989, S.97-105.
- Hackstein, R., Strack, M.: Organisation und Effizienz der Werkstattsteuerung. In: Fortschrittliche Betriebsführung/Industrial Engineering 36 Nr. 2, 1987, S.76-82.
- Herterich, R., Zell, M.: Dezentrale Fertigungssteuerung. In: VDI-Zeitschrift 131 Nr. 5, Mai 1989, S.19-26.
- Loos, P.; Ruffing, T.: Verteilte Produktionsplanung und -steuerung unter Einsatz von Mikrocomputern. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 52, 1986.
- Müller-Merbach, H.: Operations Reseach. 2. Auflage, München 1971.
- Scheer, A.-W.: CIM - Der computergesteuerte Industriebetrieb. Springer-Verlag, 4. Auflage 1989, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo.
- Scheer, A.-W.: Neue Architektur für EDV-Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung. Veröffentlichungen des Institut für Wirtschaftsinformatik, Heft 53, 1986.
- Strack, M.: Elektronische Leitstände - Ein Thema für den Mittelstand? In Scheer, A.-W. (Hrsg.): CIM im Mittelstand, Fachtagung Saarbrücken 24.-25.2.1989, S.29-46.
- Zell, M., Kern, S.: Graphikeinsatz in der Produktionsplanung und -steuerung, In Gesellschaft für Informatik (GI) e.V. Fachauschuß Informatik in Produktion und Materialwirtschaft (Hrsg.): Neue Entwicklungen zur graphischen Unterstützung im Produktionsbereich. Tagungsprotokoll vom 8.12.88., S.2-27.