

*Scheid, Wolf-Michael :*

***Prozessrechner in Warenverteilanlagen***

---

*Zuerst erschienen in:*

Fördermittel-Journal : FJ ; Kennzifferzeitschrift für Materialfluss,  
Lager u. Transport. - München : Europa-Fachpr.-Verl., ISSN 0015-  
5233 - ISSN 0013-5674, Sonderdr. Warenverteil- und Lagersysteme,  
Ausg. Nr. 1 (1973), 5 S.

---

# **Sonderdruck**

---

## **Warenverteil- und Lagersysteme**

---

Dipl.-Ing. W. M. Scheid

### **Prozeßrechner in Warenverteilanlagen**

---

---

Sonderdruck aus „fördermittel journal“, Europa Fachpresse-Verlag  
Ausgabe Nr. 1, Erscheinungsjahr 1973

---

**DEMAG**  
Systemtechnik

Dipl.-Ing. Wolf-Michael Scheid:

# Prozeßrechner in Warenverteilanlagen

**Automatisierte Einheitslager stellen heutzutage im Rahmen von Warenverteilanlagen nichts prinzipiell Neues mehr dar. Die Automatisierung des Materialflusses und damit die Beschränkung des Menschen auf die Überwachung des Ablaufs wird weithin nicht mehr als Risiko angesehen, wie die steigende Zahl der im Betrieb und im Bau – und mehr noch die in der Planung – befindlichen Anlagen beweist.**

**Zielsetzung dieses Aufsatzes ist es, Möglichkeiten des Prozeßrechnereinsatzes in Warenverteilanlagen aufzuzeigen und Hinweise zur Beurteilung solcher Möglichkeiten für den jeweils vorliegenden Einzelfall zu geben.**

Das heißt zu fragen: Was ist im Lager automatisierbar? Wie kann die Automatisierung realisiert werden? Schließlich die Frage: Ist sie technisch sinnvoll und im Rahmen des gesamten Systems (z. B. der zu planenden oder zu erweiternden Warenverteilanlage) wirtschaftlich?

## Automatisierungsmöglichkeiten

1. Voraussetzung für jegliche Automatisierung von Einlagerung, Lagerung, Auslagerung und Transport (also des Materialflusses) ist die Verwendung stets wiederkehrender gleichbleibender (standardisierter) Ladehilfsmittel (Paletten, Gitterboxpaletten, Norm-Behälter etc.).
2. Verlassen die Ladeeinheiten (Lade-

hilfsmittel und Ware) das Lager so wie sie eingelagert wurden — Einheitenlager — wirft die Automatisierung des Materialflusses keine wesentlichen Probleme auf.

3. Probleme stellen sich erst dann, sobald Ware kommissioniert wird. Hier stehen wir erst am Anfang einer Entwicklung, die mehr und mehr auch Kommissionierautomaten einführen wird. Zur Zeit sind hier Grenzen gesetzt, einmal durch die hohen Investitionsbeträge für derartige Kommissioniermaschinen, zum anderen durch deren derzeitige Beschränkung auf die Entnahme nur ganzer Verpackungseinheiten (deren geometrische Gestaltung Beschränkungen unterliegt). Dagegen ist es möglich, dem „menschlichen Kommissionierer“ Kommissionierhilfen zu geben, z. B.

durch automatisierte Fachanfahrt, Anweisungen zur Entnahme durch Anzeigetafeln oder Ausdrücke.

4. Schließlich ist es möglich, neben der Automatisierung von z. B. Regalförderzeugen, begleitfreien Transportfahrzeugen, Förderern etc. den Datenfluß und damit die Organisation des Gesamtsystems von „überflüssigem Papier“ und dessen Transport zu befreien (wie es zum Teil schon unter Punkt 3 angesprochen wurde).

Hier darf die Entwicklung zu integrierten Informationssystemen nicht außer acht gelassen werden, die zu aktualisierter Bestandsführung, automatischer Bestellauslösung, Trendhinweisen etc. führen wird, indem die Weitergabe von Daten der Materialwirtschaft zwischen den betroffenen Abteilungen

und die Erledigung von Routineaufgaben dem EDV-System übertragen wird.

Während die unter den beiden ersten Punkten angesprochenen Automatisierungsgebiete mit einer Kombination herkömmlicher Steuerungselemente (Mensch, Dekadenschalter, Lochkartensteuerung, festverdrahtete Materialflußsteuerung für Förderer, möglicherweise Verwendung eines Kleinrechners zur Führung von Lagerortsdateien und Bestand off-line) zu realisieren sind, bedingen die beiden zuletzt angesprochenen Punkte den Einsatz von Rechnern und Echtzeit-Datenverarbeitung (real time processing).

### Einsatz von Prozeßrechnern

Angesichts der durch Verwendung von Computern — kommerziellen Rechner, vor allem aber Prozeßrechnern — erzielbaren Vorteile erscheint es etwas unerklärlich, daß diese höchste Stufe der Automatisierung

■ *Steuerung der gesamten Lagermaschine nach vom Menschen vorgegebenen Regeln on-line durch Rechner*

zwar seit langem realisierbar ist, die Zahl der so ausgeführten Projekte aber erst in jüngster Zeit eine steigende Tendenz aufweist.

Denn obwohl bereits 1967 in Europa das erste rechnergesteuerte Lager gebaut wurde, dürfte sich heute die Zahl der im Betrieb befindlichen Anlagen erst auf weniger als 20 belaufen.

Ursache für diese nur als Zurückhaltung der Anwender zu interpretieren-

de Entwicklung dürfte deren Skepsis gegenüber der Datenverarbeitung sein, die oft von der zum Teil recht kostspieligen Erfahrung bei der Einführung der kommerziellen EDV herrührt und nun auf das zur Ausführung kommende Lagerprojekt übertragen wird. So wird meist das inzwischen bewährte Verfahren der Lochkartensteuerung und der festverdrahteten speziell angefertigten Wegeverfolgung für Förderer auch in den Fällen vorgezogen, in denen ein Vergleich mit dem Einsatz eines Prozeßrechners diesereindeutige ökonomische Vorteile verspricht.

Hier gilt es Vorurteile zu beseitigen. Dazu einige Thesen:

1. Prozeßrechner sind nicht störanfälliger als andere Systembausteine der heutigen Lagertechnik.
2. Eine Analyse sich anbietender Alternativen wird für größere und komplexe Lager- und Warenverteilanlagen den Rechnereinsatz stets als ökonomisch sinnvollste Lösung ausweisen.
3. Ein Maximum an Leistung der mechanischen Aggregate ist bei derartigen Anlagen in der Regel nur durch eine Rechner-Steuerung zu erreichen.
4. Ein Rechnereinsatz hat weitgehende Folgen für die Organisation des Gesamtbetriebes und führt auch außerhalb des reinen Lagerbetriebes zu Rationalisierungseffekten.

### Charakteristika von Prozeßrechnern

Prozeßrechner sind digitale Rechenanlagen, die für Belange der Echtzeit-

datenverarbeitung (real time processing) entwickelt wurden und sich auch unter extrem rauen Einsatzbedingungen bewährt haben. In ihrem technisch-organisatorischem Aufbau gibt es wesentliche Unterschiede zu den herkömmlichen kommerziell verwendeten Datenverarbeitungsanlagen.

Seit 1959 der erste Prozeßrechner zum Einsatz kam, haben einige Tausend Prozeßrechner Aufgaben in der Steuerung von Walzwerken, chemischen Prozessen, mechanischen Fertigungsanlagen, Verkehrssystemen und schließlich auch im Lager mit großer Zuverlässigkeit erfüllt. Bei einem Betrieb rund um die Uhr liegt die Verfügbarkeit bei 99,9%, d. h. es ergeben sich Ausfallzeiten von maximal 9 Stunden pro Jahr.

Da sich eine Reihe von Computerherstellern dem vielversprechenden Gebiet der Steuerung von Lagern zugewandt hat, trifft man heute im Lager eine Vielzahl unterschiedlicher Fabrikate an. Gemeinsam ist das „Konzept“ Prozeßrechner einzusetzen.

Diese Rechner wickeln nicht — wie die großen kommerziellen Anlagen, die für Lohnabrechnung, Fakturierung, Kalkulation etc. eingesetzt werden — eine Aufgabe nach der anderen ab (oder allenfalls 2 bis 3 scheinbar parallel im Multiprogramming). Sie arbeiten dann, wenn sie gebraucht werden und das nicht für eine, sondern für eine Vielzahl von Aufgaben, die alle in kürzester Zeit erledigt werden müssen. An einem Beispiel soll die Problematik verdeutlicht werden. In einem Lager stehen z. B. in der gleichen Minute folgende Fragen an:

*Wo soll Palette A eingelagert werden? Palette A befindet sich im Wareneingang.*

*Palette B befindet sich an einer Verzweigung. Soll sie ausgeschleust werden?*

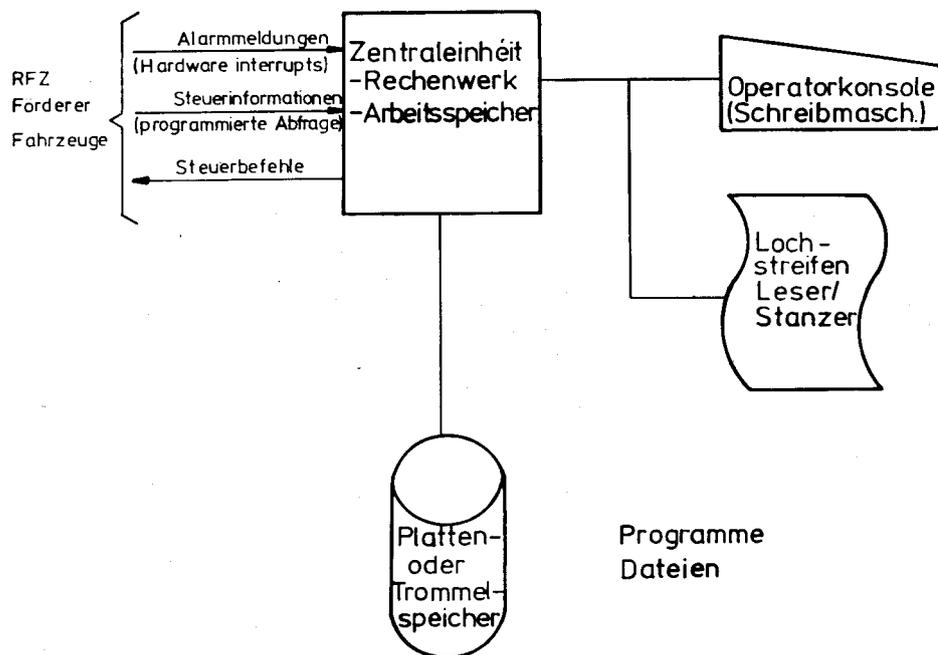
*Palette C wird gerade von einem Regalförderzeug aufgenommen.*

*Wohin soll sie transportiert werden?*

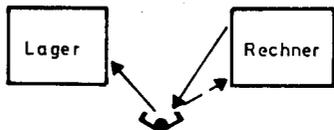
*Am Auslagerungspunkt wird ein automatisches Transportfahrzeug für Palette D benötigt. Welches Fahrzeug ist verfügbar?  
etc., etc.*

In der Realität werden all diese Fragen für eine Reihe verschiedener Paletten auftreten. Und viele Fragen mehr. Sie alle wiederholen sich von Minute zu Minute.

Zur Antwort benötigt man das „universale Genie“, das alle Punkte des Lagers kontrolliert, ständig die Übersicht behält und blitzschnell eindeutige Entscheidungen trifft. Diese Entscheidungen lassen sich unter Abwägung aller Möglichkeiten für jeden der genannten Fälle im vorhinein in

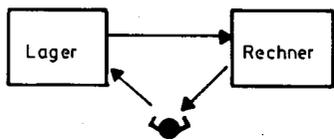


off - line



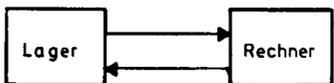
**Beispiel:** Verwaltung der Dateien durch Rechner off - line

on - line  
open - loop



**Beispiel:** Automatisches Erkennen eingehender Ladeeinheiten Lagerortsangabe wird vom Rechner ausgedruckt.

on - line  
closed - loop



**Beispiel:** wie oben, automatische Einlagerung durch Rechner.

2  
**Einteilung von Prozeßrechnersystemen**

Form schriftlich fixierter Anweisungen treffen — Tu dies, wenn das und das gilt! — Mit einem Wort, solche Anweisungen sind programmierbar. Nur müssen diese Programme auch zur rechten Zeit ausgeführt werden. Dies eben gewährleistet der Prozeßrechner. Er wird zum Beispiel von der Verzweigung her aufgefordert: *Sag mir, wird Palette B ausgeschleust?* Für den Rechner stellt sich das Problem zu entscheiden, ob dies die wichtigste Frage ist, die in diesem Moment zu entscheiden ist. Die Abwägung, welches die „wichtigste Frage“, die „nächst wichtigste Frage“ etc. sein kann, ist in Form von Prioritäten vorgegeben. Ein Verzögern der Antwort könnte z. B. im Falle von Palette B zur Folge haben, daß diese den Ausschleuspunkt passiert, obwohl sie aus-

geschleust werden sollte. Ist daher die Frage der Ausschleusung z. B. von Palette B die wichtigste Frage, die in diesem Moment gestellt wird, dann — und nur dann — wird sie unter Zuhilfenahme des entsprechenden Programms sofort entschieden. Die Prioritäten müssen schon bei der Konzipierung des Rechnersystems festgelegt werden. Hier entscheidet sich auch, wieviel unterschiedliche Prioritäten in kritischen Augenblicken benötigt werden, um das gerade laufende Programm zugunsten der Anfrage höchster Priorität zu unterbrechen (Anzahl der notwendigen Unterbrechungsebenen, interrupts). In Verbindung mit den durch den Rechner zusätzlich zu bewältigenden Verwaltungsaufgaben führen diese Überlegungen zur Beschreibung der an das Rechnersystem zu stellenden Anforderungen, zum Pflichtenheft für Hardware und Software des Rechners. Es wird sich immer um einen Rechner handeln, der ermöglicht

- von außen (durch Menschen und Aggregate) angesprochen zu werden, d. h. der ein besonderes Unterbrechungssystem hat, das durch Unterbrechung laufender Operationen dem Rechner mitteilt „prüfe, ob sofort etwas geschehen muß“ (levels of hardware-interrupts)
- daß solche Prüfungen aufgrund vorgegebener Routinen in kurzen Zeitabständen vorgenommen werden und zu diesem Zweck über eine besondere Uhr verfügt (real time clock)
- daß alle Operationen mit großer Schnelligkeit ablaufen und bei

einem Wechsel von einem Programm zu anderen alle Vorkehrungen zur Weiterarbeit am unterbrochenen Programm trifft (priority processing, Sicherung der Registerinhalte, Speicherschutz)

- daß bei Spannungsausfall alle Informationen über den Zustand des Gesamtsystems erhalten bleiben und womöglich automatische Wiederanlauf Routinen nach dem Wiederkehren der Spannung so weiterarbeitet, daß der Ausfall kaum bemerkt wird.

Alle diese Punkte unterscheiden einen modernen Prozeßrechner von den üblichen kommerziell eingesetzten Rechnern.

**Entscheidungskriterien für den Prozeß-Rechner-Einsatz**

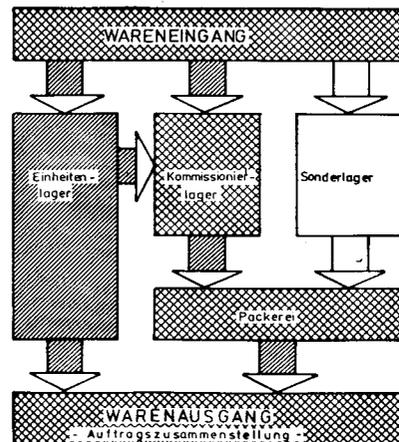
Die Frage des Rechnereinsatzes entscheidet sich vor allem an den Kosten. Investitionsaufwand und Betriebskosten für ein derart komplexes System können zwar für den speziellen Anwendungsfall ermittelt werden. Dennoch soll versucht werden, einige allgemeine Hinweise zu geben. Wichtigster Kostenfaktor ist neben der erforderlichen Rechner-Software die Größe des mit der Zentraleinheit (CPU — central processing unit) verbundenen Arbeitsspeichers (Kernspeicher, core memory). Hier sind Systeme von 4 K Worten bis 32 K Worten Kernspeicherkapazität bekannt. Eine Analyse von 14 Systemen,

Charakteristika von Prozeßrechnern

- schnelles Rechenwerk
- spezielles Unterbrechungssystem zur Unterbrechung von außen
- große Zahl mögl. Prioritäten
- viele schnelle Kanäle
- Echtzeituhr
- Speicherschutz

Prozeßrechner verarbeiten eine Vielzahl unterschiedlicher Vorgänge in kürzester Zeit nach Prioritäten

- |                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| voll automatisierbar:      | - Regalförderzeuge                |
|                            | - Förderer                        |
|                            | - begleitfreie Transportfahrzeuge |
|                            | etc.                              |
| teilweise automatisierbar: | - Lagerortszuteilung              |
|                            | - Bestandsführung                 |
|                            | - Kommissionierung                |
|                            | - Verpacken                       |
|                            | etc.                              |



3  
**Übersicht über die Charakteristika von Prozeßrechnern**

4  
**Automatisierungsmöglichkeiten von Warenverteilanlagen (Beispiel)**

die für die Lagersteuerung eingesetzt werden, ergab einen Schwerpunkt bei 16 K Worten. Mit steigenden Anforderungen dürfte sich dieser Wert auf 24 bis 32 K Worte erhöhen.

Aus derartigen Werten und aus einem Vergleich mit konventionellen Lochkartensteuerungen und festverdrahteten Materialflußverfolgungen lassen sich an Hand wesentlicher Einflußfaktoren wie z. B.

- Anzahl Lagerplätze
- Anzahl Regalförderzeuge
- Umschlagswerte in der Spitze
- Größe und Komplexität des Fördersystems
- besondere Sicherheitsvorkehrungen

allgemeine Tendenzen ablesen. So wird man bei großer Anzahl von Lagerorten und hoher Umschlagsleistung die Lagerortsdatei (Kartei) kaum noch manuell bewältigen können. Eine Erhöhung der Leistungen durch verstärkten Personaleinsatz ist hier nur begrenzt möglich.

Ohne Berücksichtigung besonderer Sicherheitsvorkehrungen aufgrund des Rechneinsatzes kann der Prozeßrechner hier schon bei ca. 5000 Lagerorten und 4 bis 5 Regalförder-

zeugen ökonomisch sinnvoll sein. Besondere Anforderungen an die Führung der Dateien (Fifo, Sperrung von Waren für gewisse Zeit, Vorrangsauslagerungen, Einlagerungsstrategien etc.) werden diese Grenze zu einer niedrigeren Zahl von Lagerorten und Regalförderzeugen hin verschieben. Besondere Anforderungen an die Sicherheit (ein Rechnerausfall soll z. B. nur Teile des Systems beeinträchtigen oder allenfalls die Gesamtleistung mindern, die Funktionsfähigkeit aber erhalten) wird die Grenze nach oben zu einer größeren Zahl von Regalförderzeugen und Lagerorten verschoben, wobei man bei etwa 6 bis 8 Regalförderzeugen und etwa 8000 Lagerorten eindeutige ökonomische Vorteile erzielen dürfte.

Derartige Grenzen sind im Einzelfall zu prüfen und zu verifizieren. Eine genaue Analyse und Planung kann auf keinen Fall durch die angegebenen Trends ersetzt werden. Zudem sind Erfolge zu berücksichtigen, die sich nur bei Einsatz eines Prozeßrechners erzielen lassen.

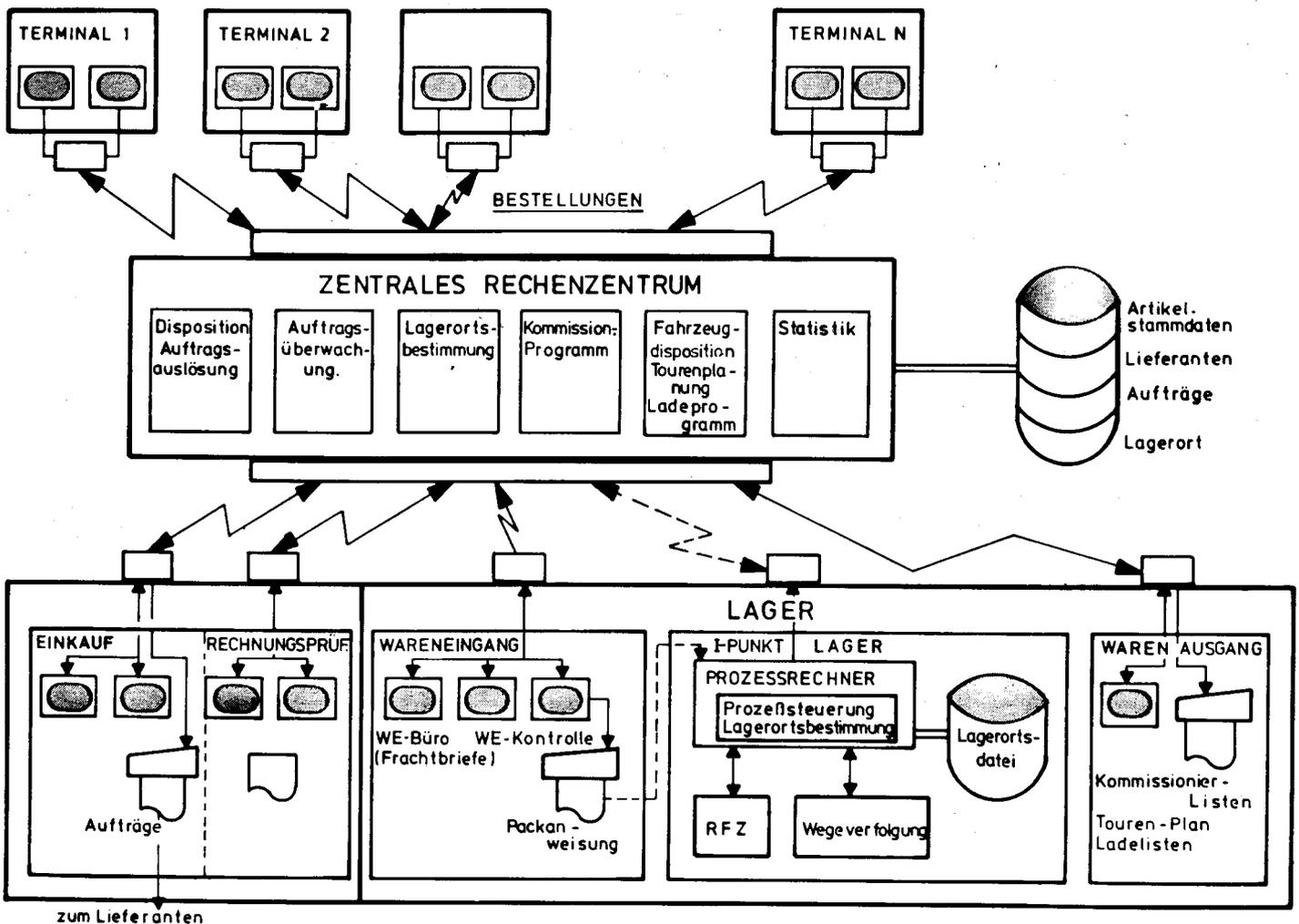
Hier sei genannt, daß etwa die Regalförderzeuge optimal nur dann genutzt werden können, wenn Zu- und Abför-

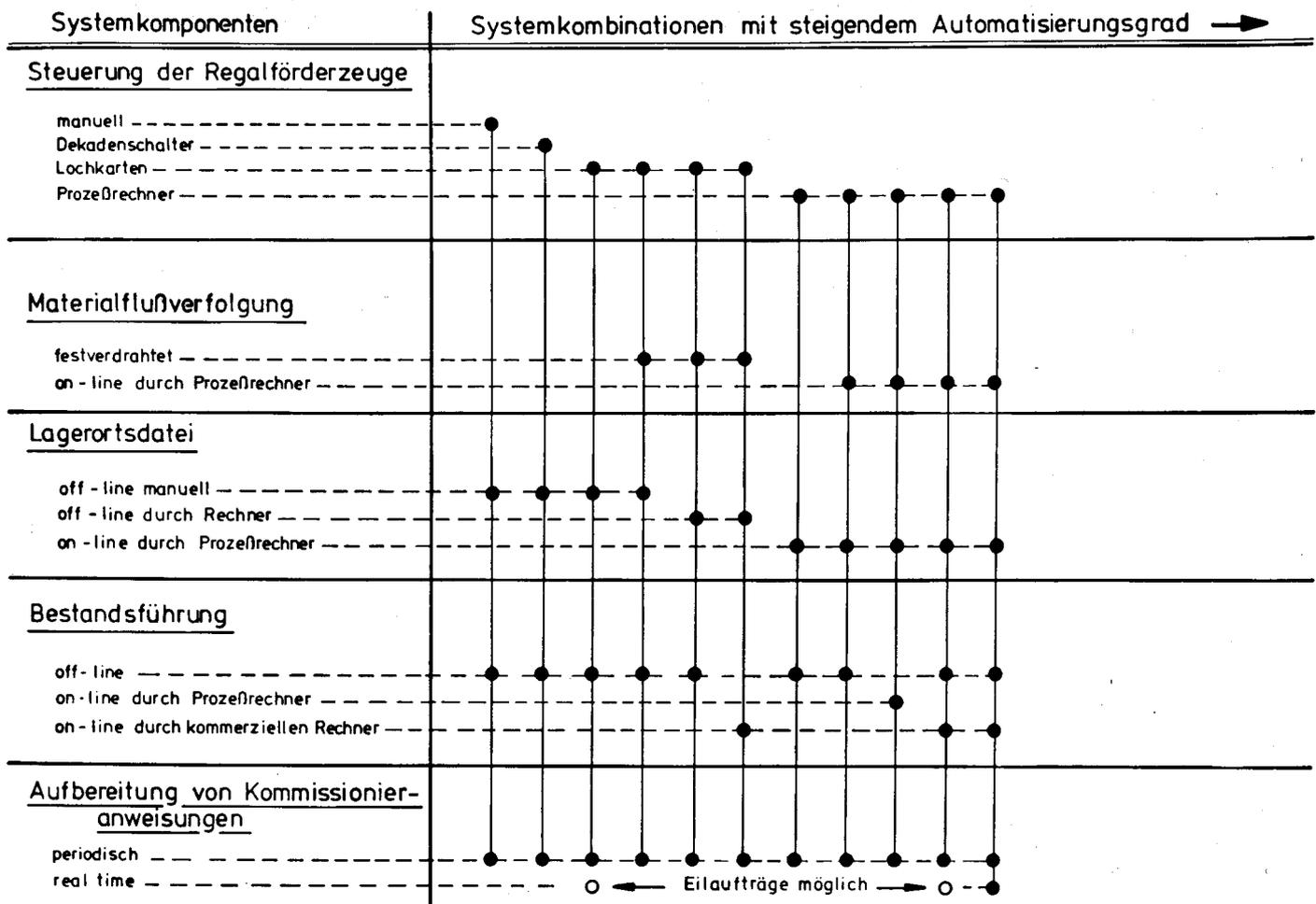
derer dies ermöglichen. In einem Beispiel aus der Praxis ließ sich eine Leistungssteigerung um 10% erreichen, indem die Förderer durch Verwendung bestimmter Optimierungsstrategien besser genutzt wurden. Speziell Fahrtwegoptimierungen bei kombinierten Spielen oder Spielen mit mehreren Ladeeinheiten können in größeren Anlagen letztlich nur durch Einsatz des Rechners realisiert werden, da das Personal mit der manuellen Zuordnung von Ein- und Auslagerungskarten selbst bei bester organisatorischer Vorbereitung überfordert wäre.

### Auswirkungen auf das betriebliche Gesamtsystem

Schließlich seien sekundäre Effekte genannt, die sich auf die Gesamtorganisation des Lagerbetreibers auswirken und ohne Einsatz einer on-line-Steuerung durch Prozeßrechner nicht realisierbar wären.

Führt der Rechner neben der Lagerorts- bzw. Belegfach- und Freifachdatei auch die Bestände, so kann über das Festhalten der Einlagerungs- und Auslagerungsweisungen eine aktuelle





## 6 Automatisierungsstufen am Beispiel des Hochregallagers

Bestandsführung erreicht werden. Zu- und Abgänge werden dann verbucht, wenn sie sich ereignen, nicht nach Sammlung aller Daten mit einer zeitlichen Verzögerung von Stunden bis Tagen. Ähnlich, wie mechanische Aggregate ihre Anfragen an das System richten, kann sich der Disponent im Einkauf bzw. Verkauf ständig über die Bestände der einzelnen Artikel informieren.

Der Einkäufer wird entsprechend Bestellungen beim Lieferanten auslösen oder sich etwa aufgrund von (dem Rechner vorgegebenen) Bestellpunkten dazu vom System her „auffordern“ lassen. Der Verkäufer kann dem Kunden selbst bei telefonischem Anruf sofort Auskunft über seine Lieferbereitschaft geben und den Lagerauftrag anschließend auslösen. Wird es ein Eilauftrag, erhalten die Regalförderzeuge via Rechner ihre Auslagerungsanweisungen bzw. der Kommissionierer mittels aktueller Leuchtanzeige (z. B. Bildschirmausgabe) oder einem Ausdruck seine Entnahmeanweisungen. Die Ware steht in kürzester Zeit im Warenausgang bereit.

Bisher sind derartige Systeme nur teilweise realisiert. Es ist zu überlegen, ob im Einzelfall diese Aufgaben nicht zwischen dem Prozeßrechner und

einem kommerziellen Rechnersystem geteilt werden sollen, indem beide z. B. on-line zusammenarbeiten. Ein derartiges Mehrrechnersystem erscheint sinnvoll, da die oben erwähnten Aufgaben zwar als Echtzeitaufgaben angesehen und durchgeführt werden können, sie aber nicht ähnlich zeitkritisch sind wie die Aufgaben der eigentlichen Lagersteuerung. Sie ziehen zudem komplizierte kommerzielle Verarbeitungsvorgänge nach sich (Rechnungsschreibung, Statistische Programme, Ermittlung von Trends, Bedarfsvoraussage, Ermittlung von Ladenhütern, Ermittlung der Bestandswerte und vieles anderes mehr). Eine so erreichte höchste Stufe komplexer Automatisierung der Materialwirtschaft durch rechnergesteuerten Material- und Datenfluß ermöglicht alle derzeit denkbaren Rationalisierungseffekte:

- überschaubare Kostenentwicklung für die absehbare Zukunft durch Minimierung des Personaleinsatzes.
- Minimierung erforderlicher Lagerkapazität durch freie Lagerordnung,
- Reduzierung der zu lagernden Bestände (ständige Kontrolle der Bestände, Kürzung der Bestellbearbeitungszeiten durch Rechnerunterstützung, Senkung der Sicherheits-

bestände auf ein tatsächlich erforderliches Maß, Reduzierung der Durchlaufzeiten im Lager),

- Optimierung der Absatz- und Einkaufs- bzw. Produktionspolitik durch Überwachung der Entwicklung (erkennen von Trends, Ladenhütern, veränderten Konsumgewohnheiten etc.),
- Maximierung des Servicegrades durch aktualisierte Bestandsführung und de-facto-Erweiterung des Sortiments (bessere Nutzung der Lagerkapazität ermöglicht die Lagerung eines breiteren Sortiments) sowie Minimierung der Auftragsdurchlaufzeiten.

Ob und wie Computer die Warenverteilung steuern, wird immer von der Analyse des Einzelfalls abhängen und in der Planung neben einem rein technisch-wirtschaftlichen Vergleich die erreichbaren sekundären Effekte in den Entscheidungsprozeß einbeziehen müssen.

Daher werden auch künftig die genannten Systeme nebeneinander existieren, wenn auch mit einem zunehmenden Anteil höher automatisierter Warenverteilanlagen zu rechnen ist.