

Geinitz, Jens; Scheid, Wolf-Michael :

***Unerkannte Abhängigkeiten mindern die Leistungsfähigkeit
automatisierter Lager: Effekte "nebensächlicher" Sonderfälle***

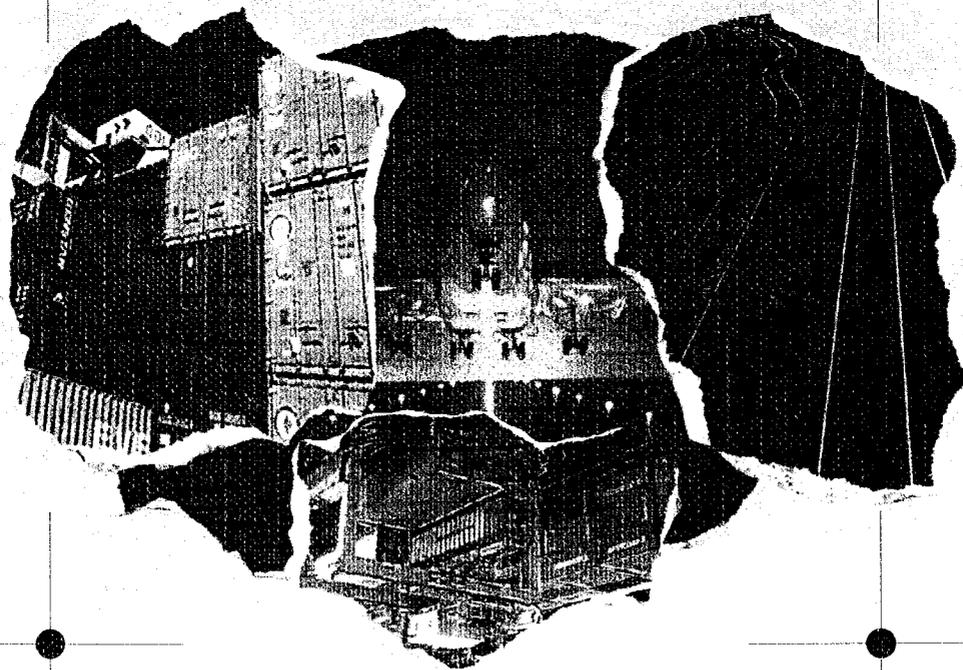
Zuerst erschienen in:

Logistik : Jahrbuch / Düsseldorf : Verl.-Gruppe Handelsbl., ISSN
1380-1703, 1999, S. 195 - 198

Logistik

Jahrbuch.

1999



handelsblatt

fachverlag

Effekte »nebensächlicher« Sonderfälle

Unerkannte Abhängigkeiten mindern die Leistungsfähigkeit automatisierter Lager

Prof. Dr.-Ing. Wolf-Michael Scheid*, Dipl.-Ing. Jens Geinitz**

Zu den Unterschieden zwischen manuellen und automatisierten Systemen zählt auch ein oft vernachlässigter Sachverhalt: Eine Automatisierung verzeiht keine Fehler, erlaubt nicht einmal ein Kaschieren von Defiziten bei späteren Veränderungen. In diesen Fällen sind logistische Abläufe daher erneut zu untersuchen und eventuell sogar anders zu strukturieren. Das richtige Vorgehen bei solchen Veränderungen in automatisierten Systemen verlangt nach gültigen Regeln und anzuwendenden Strategien, die allerdings nicht ohne Entwicklungsarbeiten verfügbar sind. Eine Warnung ist bereits an dieser Stelle wichtig, denn keinesfalls sollen derartige Bewertungen unerschwerlich darauf hinweisen, ein manuelles System sei eben doch die bessere Lösung.

Hingegen gilt als uneingeschränkte Tatsache, daß die Automatisierung durch nichts aufzuhalten ist. Abgesehen von rein wirtschaftlichen Belangen sprechen dafür die eindeutig transparenten Abläufe. Wie anders sollte eine Null-Fehler-Kommissionierung, wie ein tracing der Ware vom Vorlieferanten bis zum Endverbraucher sichergestellt werden. Diese Forderungen sind ein Muß, einmal für die Just-in-time-Belieferung der Kunden und Fertigungen. Im anderen Fall ist es heute teilweise bereits vorgeschrieben, eine chargengenaue Verfolgung von Pharmazeutika zu erreichen. In Verbindung mit Dokumentationsfragen oder eventuellen Rückrufmöglichkeiten im Rahmen der Produkthaftung werden diese Anforderungen immer bedeutungsvoller. Zudem ist die aktuelle Abfrage über den Status der Bearbeitung eines Logistik-Auftra-

ges oder den derzeitigen Aufenthaltsort georderter Ware via Internet schon lange keine Utopie mehr.

Optimierungs- und Sicherheitsstrategien

Schon zu einem frühen Zeitpunkt wurden Überlegungen vorgestellt, wie eine scheinbar teure Automatisierungslösung an Effizienz gewinnen kann. Das führte bei automatisierten Hochregallagern zur Bildung von Schnell- und Langsamläuferzonen, der Realisierung kombinierter Spiele und zu theoretischen Untersuchungen für die Wegeoptimierung bei der Kommissionierung in Regalgängen. Alle grundlegenden Arbeiten und daraus abgeleitete Regeln entstammen den 70er Jahren. Die Entstehungsgeschichte einschlägiger VDI-Richtlinien unterstreicht dies eindrucksvoll.

Ende der 70er Jahre gab es dann den Übergang zur überwiegenden Anwendung speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) und natürlich auch der Rechnersteuerungen. Zugleich wurde heftig um Notstrategien für den Fall des Falles gerungen. Hieraus resultieren

Überlegungen etwa zur Querschnittseinlagerung von Material oder Artikeln, zu redundanter Auslegung von Komponenten der Mechanik, vor allem aber der Steuerungs- und Rechnertechnik. Geplant wurde ein Weiterarbeiten mit dem System bei vermindertem Durchsatz oder Ausfall überlagerter Steuerungsebenen, und es wurden Vorgaben gemacht, wie nach Wiederanlaufen eines Hochregallagersystems die dadurch zwangsläufig gestörte Konsistenz zwischen physischem und logischem Materialfluß wiederherzustellen war.

Leistungsgrenzen automatisierter Systeme

In jüngster Zeit mehren sich die Fälle, in denen automatisierte Systeme der innerbetrieblichen Logistik an ihre Leistungsgrenzen zu stoßen scheinen.

Es sollte nicht verwundern, daß auch Logistik-Systemen in ihrem Durchsatzvermögen Grenzen gesetzt sind. Denn auch Systeme auf der Basis von Stetigförderern, Elektrohängebahnen oder fahrerlose Transportsysteme haben nur einen begrenzten Durchsatz.

Je weiter sich die erforderliche Systemleistung der rechnerischen Grenzleistung eines Engpasses nähert, um so eher sollte die Simulation als Hilfsmittel zum Einsatz kommen. So läßt sich indirekt feststellen, ob das System den gestellten Anforderungen genügen wird. Ist dies nicht der Fall, können mittels Simulation Alternativen geprüft werden. Beispielsweise können intelligente Strategien dazu führen, daß analytisch ermittelte Durchsatzwerte deutlich überschritten werden.

Leistungsgrenzen in der Praxis

Warum haben sich in der Praxis Leistungsgrenzen kaum bemerkbar gemacht? Abgesehen vom Einsatz automatisierter Hochregallager und Teilbereichen des innerbetrieblichen Transports bewegt sich die Anwendung der Automatisierung in der innerbetrieblichen Logistik, gemessen an den heute bereits vorhandenen technischen Möglichkeiten, noch im Promillebereich.

Logischerweise widmen sich die bekannten Simulationsanwendungen auch überwiegend den beiden

* Professur für Fabrikbetrieb an der Technischen Universität Ilmenau und Leiter des Instituts für rechnerunterstützte Produktion, IRP, der Fakultät Maschinenbau.

** Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fachgebiets Fabrikbetrieb, Institut für rechnerunterstützte Produktion.

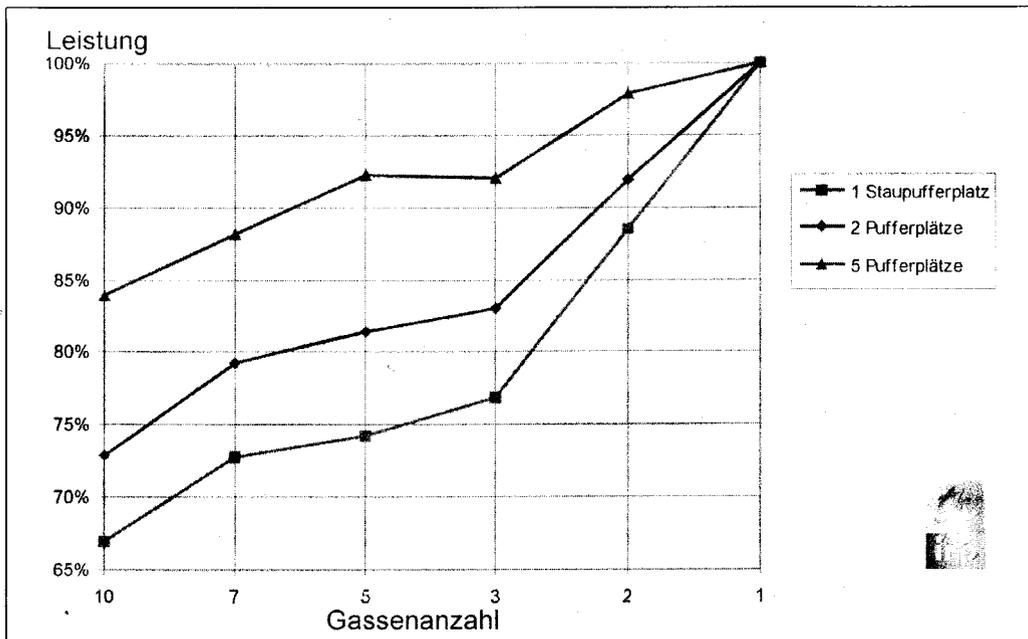


Abb. 1: Leistungsminderungen bei Einhaltung einer strikten Auslagerreihenfolge

genannten Anwendungsbereichen. Ziel ist in erster Linie die Minimierung der Zahl erforderlicher Regalbediengeräte bzw. Fahrwerke.

Das durchschnittliche Hochregallager besitzt beispielsweise lediglich 3 bis 5 Regalbediengeräte beziehungsweise Gassen. Einfache analytische Rechnungen zeigen, daß Leistungsgrenzen der zu- oder abführenden Fördertechnik je nach deren Gestaltung, etwa bei Palettenlagern, erst ab 8 bis 10 Gassen erreicht werden. Hinzu kommt, daß gerade im Hinblick auf die Nicht-Veränderbarkeit der Relation Bestand zu Umschlag bei dieser Technik alle (positiven) Zukunftsaussichten in die Planung des Systems einbezogen werden (erwartetes Wachstum, saisonale oder wöchentliche Spitzenbelastungen usw.). Entsprechend ist bei der Besichtigung eines beliebigen 3- bis 5-gassigen Hochregallagers meist festzustellen, daß nur 2 bis 3 der installierten Geräte zugleich mit Ein- oder Auslagerungsaufgaben beschäftigt sind.

Dies ist nicht durch mangelnde technische Zuverlässigkeit bedingt oder durch eine unbefriedigende Auftragslage des betreffenden Unternehmens, sondern logisches Ergebnis, einer, gemessen an den Vorgaben, richtigen Planung.

Im vorgenannten Normalfall war dann eine eventuelle Simulation eine schöne Untermauerung der Planung, eventuell sogar in Form einer Animation ein hervorragendes

Instrument zur Überzeugung der vom logistischen Geschehen fernen, die Investition jedoch entscheidenden Vorstände (»simulation as a management selling instrument«), jedoch im Prinzip schlicht überflüssig.

Überraschungen

Dennoch gibt es häufiger Fälle, in denen im praktischen Betrieb die

Anforderungen an den zu realisierenden Durchsatz ganz offensichtlich über den Möglichkeiten des vorhandenen Systems liegen. Wurde hier zuvor eine Simulation durchgeführt, so können eventuell Ursachen schnell gefunden werden.

Beispielsweise wird ein in Verbindung mit dem neuen System geänderter Logistik-Service, etwa Lieferung frei Haus in 36 Stunden (statt bisher 5 Tage) relativ schnell zu verändertem Bestellverhalten führen (kleinere Losgrößen, häufigere Bestellungen). Dies resultiert (ohne Wachstum!) in signifikant gesteigerten Anforderungen an den Durchsatz, faktisch dadurch natürlich in Einbußen an Produktivität. In vielen Planungen findet dieser Gesichtspunkt zu geringe oder gar keine Berücksichtigung.

Es lassen sich eine Vielzahl weiterer Punkte finden, die sich unter Planungsgrundlagen summieren.

Was aber, wenn sich für das unerwartete Systemverhalten keine derart einleuchtenden Plausibilitäten finden lassen?

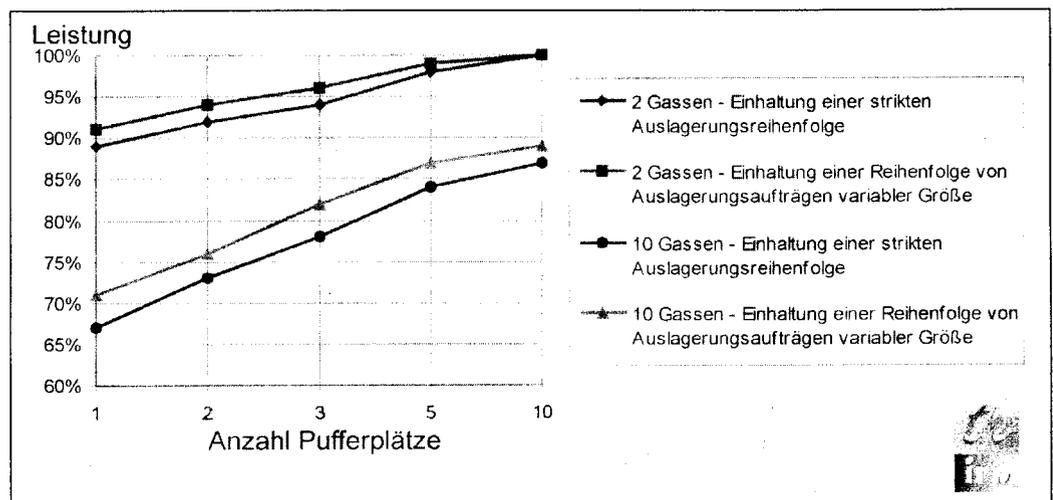


Abb. 2: Erreichbare Leistungen in Abhängigkeit der Größe der Staustrecken zwischen HRL und Förderbereich

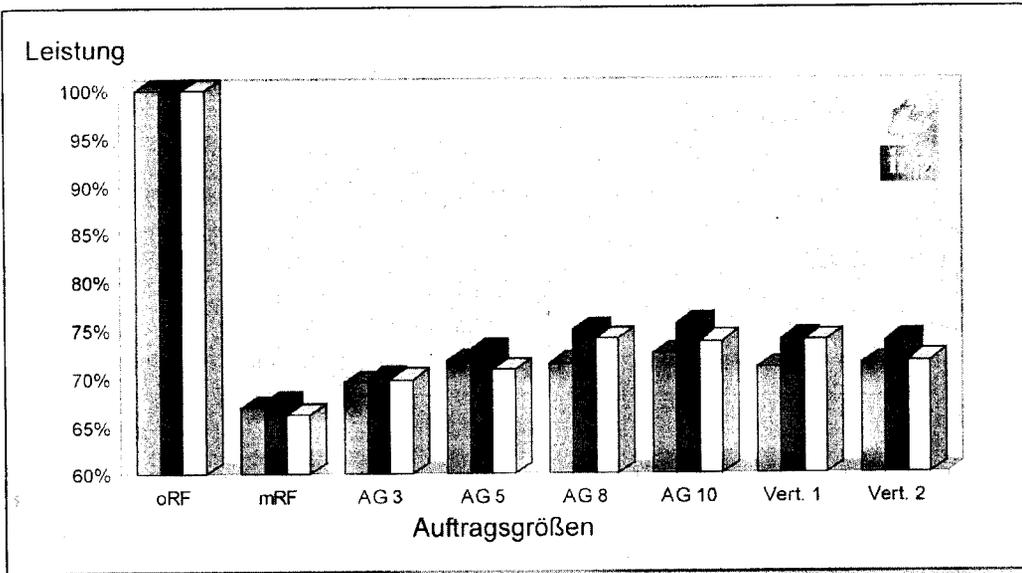


Abb. 3: Erreichbare Leistungen bei verschiedenen Auftragsgrößen (10 Gassen, 1 Staupufferplatz)

Unerkannte Abhängigkeiten

Der Systemplaner muß aus erwarteten Artikel- und Auftragsstrukturen, aus Prognosen zu Absatz, Wachstum, Arbeitszeitmodellen und sich ändernden Produktionsverfahren Planungsgrundlagen ableiten, die sich vorrangig in einheitlichen Lager- und Transporthilfsmitteln, in erforderlichen Transportvorgängen und Ein- bzw. Auslagerungsanforderungen je Zeiteinheit niederschlagen.

Vom konkreten Auftrag in der Ist- bzw. Soll-Struktur wird abstrahiert auf physische Bestands- und Bewertungsgrößen. Simulationen zielen vorrangig darauf ab, ob das konzipierte logistische System fähig ist, solchermaßen definierte Anforderungen an Puffer- und Durchsatzvermögen zu erfüllen.

In der Realisierungsphase wird dann natürlich auch Software für speicherprogrammierbare Steuerungen und überlagerte Rechner erstellt. Berücksichtigung finden bereits erwähnte Optimierungs- und Sicherheitsstrategien, natürlich auch die individuellen betrieblichen Anforderungen. Bei letzteren sollte es sich normalerweise um Verfeinerungen dessen han-

deln, was bereits zu den Planungsgrundlagen führte. Tatsächlich werden in die Erstellung des Pflichtenheftes jetzt jedoch (erstmalig?) eine Vielzahl von vermeintlichen Sonderfällen oder auch Selbstverständlichkeiten eingebracht, die zuvor, insbesondere bei der eventuellen Simulation, keine Rolle spielten.

Dazu ein triviales Beispiel: Die Ankunftszeit von Lkw für die Auslieferung sei im voraus bekannt. Es werden mit einem Sicherheitspuffer jeweils alle entsprechenden Aufträge zusammengefaßt und für die Auslagerung/Kommissionierung aufbereitet. Dies ermöglicht dann, etwa bei der Kommissionierung Ware-zu-Mann, das Abgreifen al-

ler im Zeitraster angeforderten Artikel bei nur einem einzigen Auslagerungsvorgang. Sofern das Kommissionierungsvolumen nicht zwingend mehrere Lagereinheiten »verbraucht«.

Das skizzierte System war einvernehmlich Grundlage der Dimensionierungsüberlegungen. Bei der Pflichtenhefterstellung erfolgt nun der Zwischenruf »Was ist mit dem Thekengeschäft? Wir können doch nicht die Selbstabholer aus der näheren Umgebung Stunden an der Warenausgabe warten lassen. Bisher wurden sie doch stets mit Vorrang behandelt!«

Natürlich ist allen klar, daß entsprechend Eilaufträge möglich sein müssen. Kein Problem ist, entsprechende Vorgaben ins Pflichtenheft aufzunehmen und in Software umzusetzen. Es handelt sich ja um vernachlässigbar geringe Mehrbelastungen.

In Anzahl Aufträgen, in Zugriffen, in D-Mark mag das stimmen. Gemessen in Bestands- und Bewegungsgrößen oder in Belastung

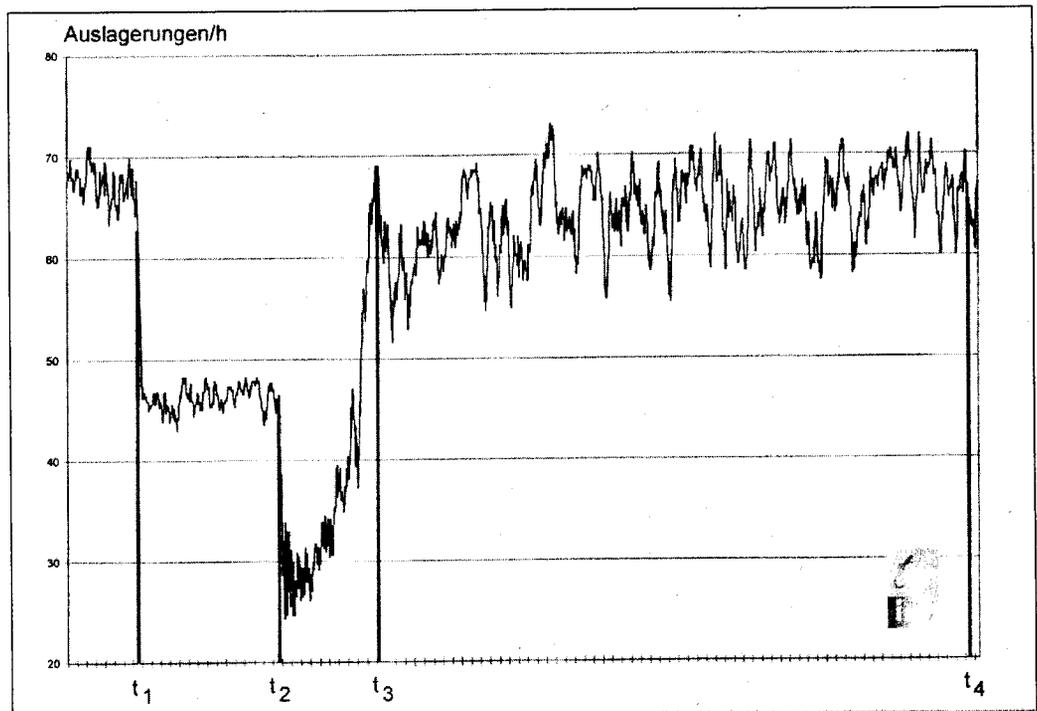


Abb. 4: Verlauf der Auslagerleistung bei Gassenausfall

von Pufferplätzen kann dies schon bei nur wenigen Eilaufträgen zu erheblicher Zusatzbelastung führen. Also auch hier: kleine Ursache, große Wirkung.

An zwei Beispielen sollen solche im Regelfall vom Praktiker nicht erwarteten Effekte nachvollziehbar und mit quantitativer Angabe ihrer Wirkung dargestellt werden.

Größenordnung möglicher Einbußen

In den meisten Distributionszentren wird Ware für das Beladen von Lkw zuvor bereitgestellt. Vorstellbar ist es, das Verladen selbst zu automatisieren. Vergleichsweise einfach ist dies, wenn Lkw mit Spezialausrüstung eingesetzt werden können. Das ist beispielsweise im Pendelverkehr (shuttle) zwischen einer Produktion und dem Distributionszentrum oder auch zwischen einer Vorfertigung und einer Montage (etwa Automobilindustrie) schon heute häufig gegeben.

Die automatisierte Be- und Entladung läßt sich unabhängig dimensionieren, wenn die zu be- und entladenden Einheiten exakt genug und definiert bereitgestellt werden.

Bei konventionellen Vorgängen würde an Hand der Ladeliste die Vollständigkeit des Vorgangs und die richtige Reihenfolge der Abläufe sichergestellt. Reihenfolgeprobleme treten auf beim Beispiel des Pendelverkehrs zwischen Vorfertigung und Montage oder im Streckengeschäft bei der Distribution. Logisch ist, daß auch das automatisierte System diese Reihenfolgeprobleme zu lösen hätte. Daß damit jedoch bei der Kopplung des automatisierten Lagers mit der automatisierten Beladung Durchsatzeinbußen des durch diese Kopplung gebildeten neuen Systems gegenüber dem Leistungs-

vermögen der getrennt arbeitenden Einzelsysteme (zwangsläufig) verbunden sind, vermag sich der Praktiker gefühlsmäßig kaum vorzustellen.

Tatsächlich können sich, abhängig von Anzahl der Gassen des Lagers und der je Gasse vorgesehenen Pufferplätze, deutliche Leistungsminderungen ergeben. Dies gilt selbst dann, wenn nicht zwingend eine strikte Reihenfolge zwischen jeder einzelnen Lager- und Transporteinheit sondern nur zwischen diskret voneinander zu unterscheidenden Einzelaufträgen variabler Größe einzuhalten ist. So zeigen die Bilder 1 und 2 als Ergebnis einer Simulationsstudie, daß beispielsweise schon bei einer strikten Reihenfolge das 3- bis 5-gassige Hochregallager (der Normalfall) Leistungseinbußen zwischen 10% und 25% erleidet. Die Reduzierung des Reihenfolgeproblems durch Unterscheidung lediglich von Aufträgen variabler Größe verbessert die Situation nur geringfügig (Bild 3).

Will man diese Effekte nicht einfach hinnehmen, muß im Einzelfall über geänderte Konfigurationen des gekoppelten neuen Systems nachgedacht werden.

Ein weiteres Beispiel betrifft nahezu jedes automatisierte Lager. Es ist bekannt, daß eine 100%ige Verfügbarkeit nicht realisierbar ist. Außerdem ist bekannt, daß übliche Nicht-Verfügbarkeiten bei 2% bis 5% liegen, und das schon beim Ein-Schicht-Betrieb bei 16 bis 80 Stunden pro Jahr. Verfügbarkeitsrechnungen und entsprechende

Richtlinien (VDI, FEM) sollen hier nicht weiter diskutiert werden.

Logisch erscheint, daß bei Ausfall einer Gasse eines 3-gassigen Lagers (Normalfall) mit einer Durchsatzeinbuße von 1/3 zu rechnen ist. Die schon erwähnten Optimierungs- und Sicherheitsstrategien (beispielsweise Querschnittseinlagerungen) sorgen dafür, daß Folgeprobleme möglichst gering gehalten werden. Fragt man den Praktiker, was nach Wiederinbetriebnahme der gestörten Gasse mit dem Durchsatz geschieht, so geht er von einem Wiederanstieg auf 1/1 aus, »vielleicht nicht sofort«. Daß es jedoch zunächst zu einem weiteren Einbruch (Beispiel Bild 4 zum Zeitpunkt t_2 um 1/3) kommt, erscheint ihm unglaublich und widersinnig. In der Praxis wird dieser hier nachgewiesene Effekt sicher kaum beobachtet worden sein, weil nicht sein kann, was nicht sein darf. Tatsächlich wird, nicht nur im dargestellten Beispiel, die einmal implementierte Sicherheitsstrategie der Querschnittseinlagerung in Verbindung mit dem Fifo-Prinzip Ursache dafür sein, daß Auslagerungen vorzugsweise aus dem zuvor gestörten Gang erfolgen (und dieser so auch einen höheren Anteil anstehender Einlagerungen auf sich zieht). Als Folge entstehen (unnötige) Wartezeiten für die beiden, auch zuvor nicht gestörten Gassen solange, bis sich wieder ein eingeschwungener Zustand eingestellt hat (Bild 4, Zeitpunkt t_4).

Will man einen solchen Effekt vermeiden, sind softwaremäßig Wiederanlaufoutlines vorzusehen,

die eine sofortige Rückkehr zum im Normalfall richtigen Strategie vermeiden.

Es ließen sich, angefangen von möglichen Problemen bei der erstmaligen Inbetriebnahme eines logistischen Systems, eine Vielzahl weiterer praxisrelevanter Fälle anführen, bei denen sich scheinbar unerwartet ähnliche leistungsmindernde Effekte einstellen.

Ausblick

Aus unterschiedlichsten Gründen nehmen die Anforderungen an das Leistungsvermögen logistischer Systeme generell zu. Zugleich werden weitere Teilbereiche der logistischen Kette automatisiert und zusätzliche Forderungen gestellt. Ziel ist die durchgängige Automatisierung.

Schon heute treten Einbrüche der tatsächlichen Leistung auf, die auf den ersten Blick unerklärlich erscheinen. Mit den bislang üblichen Simulationsanwendungen sind sie auch kaum im Planungsstadium voraussehbar. Die Beispiele zeigen, daß sich jedoch, bezogen auf eng umrissene Teil-Systeme, sehr wohl Plausibilitäten aufzeigen und Effekte nachvollziehbar quantifizieren lassen. Damit werden Gegenmaßnahmen möglich.

Dieses Instrumentarium ist zu verfeinern, bevor durch Kopplung vieler Teilsysteme die Transparenz des neu konzipierten logistischen Systems verlorengeht und scheinbar rational aus falsch verstandenen Ursache-Wirkungs-Prinzipien Fehlschlüsse gezogen werden.

■ Simulation zur Prüfung der Engpaß-Leistungsgrenzen

Simulation for checking bottleneck capacity limits

■ Kleine Eingriffe verursachen häufig Einbußen an Produktivität

Minor interventions often result in lower productivity