

Auswirkungen des Betriebs von Distributionszentren auf den Verkehr

Prof. Dr.-Ing. Bernd Noche
Universität Duisburg-Essen

1. Einleitung

Bei der Entwicklung von Distributionskonzepten und dem Aufbau der entsprechenden Strukturen wird versucht, Kunden termingerecht zu beliefern bei möglichst niedrigen Kosten. Die Auswirkungen auf den Verkehr werden dabei in der Regel kaum beachtet. Andererseits hat aber der Verkehr einen erheblichen Einfluss auf den Betrieb der Distributionssysteme und –netze. Wenn LKW verspätet eintreffen, kann der gesamte Verladungsprozess ins Stocken geraten, Kapazitäten sind zunächst ungenutzt und werden später – wenn der LKW eintrifft – überlastet.

Distributionssysteme, die nicht anforderungsgerecht die Waren bereitstellen, nehmen den Fahrern Spielräume, die sie beim Transport benötigen. Dies kann zu Verletzungen von Vorschriften führen: Lenkzeiten, Ruhezeiten in Wohngebieten (Lärmschutz), Geschwindigkeiten usw. und natürlich auch zu Überlastungen von Kreuzungen und Strecken.

Logistikketten müssen also Verkehrsaspekte berücksichtigen, Verkehrssysteme müssen andererseits aber auch im Auge behalten, wie Distributionsnetze betrieben werden. Im folgenden Beitrag wird exemplarisch anhand von Beispielen aufgezeigt, wie Distributionssysteme betrieben werden und wie die Systemlast für den Verkehr dadurch beeinflusst wird.

2. Planung von Distributionszentren

Dieser Schritt ist immer das Ergebnis eines Distributionskonzeptes und durch dieses Konzept wird auch das Anforderungsprofil an das einzelne Distributionszentrum festgelegt. Die Kernfrage, die sich aber immer wieder stellt, ist: Wie flexibel muss der Entwurf für kommende neue Anforderungen sein? Es gibt eine Reihe von Einflussfaktoren, die bei der Planung beachtet werden müssen – natürlich auf der Basis wirtschaftlicher Überlegungen.

Fließprinzip: In einer idealen logistischen Lösung wird die Ware (Nachschub, Kommissionierung) nur einmal angefasst und gelagert oder versendet. Eine Abweichung von diesem Grundsatz ist nur dann sinnvoll, wenn sich nennenswerte Kostenvorteile ergeben.

Kundenorientierung: Die Erfüllung der Servicekriterien, die für den Kunden den entscheidenden Nutzen bringen, sind zentraler Planungsgegenstand, Kriterien wie Auslastung von Anlagen und Personal sind dann zweitrangig.

Ganzheitlichkeit: Die Logistik erfordert immer einen Blick für das Ganze, d. h., es reicht nicht aus, nur einzelne Warenströme zu optimieren oder den reinen Kommissioniervorgang – es kann sein, dass ein Gesamtoptimum erreicht wird, obwohl die Einzelprozesse für sich nicht optimal ausgefeilt sind.

Qualitätserfüllung: Es gibt Gestaltungskriterien, die aus dem Corporate Identity heraus definiert werden, wie z. B. keine Kratzer auf der Packung, kein Staub oder Fingerabdrücke, keine Druckerschwärze, Geschenkbeigaben usw. Diese Anforderungen können sich direkt auf die Prozessgestaltung auswirken oder den pick and pack-Anteil erheblich beeinflussen.

Aus diesen übergeordneten logistischen Leitgedanken lassen sich auch goldene Regeln für die Planung ableiten, wie z. B.:

- Kommissionierer soll kommissionieren und nicht laufen!
- Die Umschlagsgeschwindigkeit eines Artikels muss mit der Kommissionierungsgeschwindigkeit harmonisieren!
- Möglichst wenige Kommissionierzonen und einheitliche Kommissionierstrategien vorsehen!
- Der Personaleinsatz muss grundsätzlich flexibel gestaltet werden!

Die Lösungsansätze, die für die Ausgestaltung der Distributionssysteme in Frage kommen, stehen immer zueinander im Gegensatz: Manuelle Konzepte gegen automatische Systeme. In der Regel werden kombinierte Lösungsansätze den Anforderungskriterien am ehesten gerecht.

Die Entwicklung in Richtung auf e-Commerce bringt besondere Anforderungen mit sich. Dies sind beispielsweise beim b2c:

- Trend hin zu kleineren Sendungen
- Breite Streuung der Aufträge über das Artikelsortiment
- Schnelle bzw. kurzfristige Lieferungen
- Besonders hoher Retourenanteil
- Hoher Servicegrad bei der Informationsbereitstellung (tracking and tracing)
- Stärkung von pick and pack-Konzepten

Seit jeher steht die Logistik im Spannungsfeld zwischen hoher Auslastung von Kapazitäten und niedrigen Beständen, zwischen kurzen Durchlaufzeiten und hoher Termintreue. In dieser Hinsicht hat sich durch die Einführung des e-Commerce nichts geändert.

3. Simulation von Distributionszentren

Anhand eines Beispiels aus einem Distributionszentrum für Ersatzteile in Spanien wird im folgenden aufgezeigt, welche Daten für derartige Modelle benötigt werden, wie die Modelle aufgebaut sind und welche Ergebnisse im einzelnen in diesem Fall besonders interessieren.

Im vorliegenden Fall sollte ein Distributionszentrum neu organisiert werden. Es handelt sich dabei um ein Ersatzteillager in der Automobilindustrie. Durch den Einsatz neuer Medien (wie z. B. Internet) sollten größere Vertragswerkstätten täglich beliefert werden – im Gegensatz zur Vergangenheit, in der eine Kombination aus Wochenlieferungen und Eilaufträgen realisiert wurde.

Durch die Reorganisation sollte ein höherer Lieferservice erreicht werden und ein höherer Umsatz, da in den Werkstätten die Teileverfügbarkeit oft durch externe Autoteilehändler erhöht wurde. Des weiteren versprach man sich durch dieses Konzept eine Reduzierung der Eilaufträge, die über einen externen Dienstleister abgewickelt wurden.

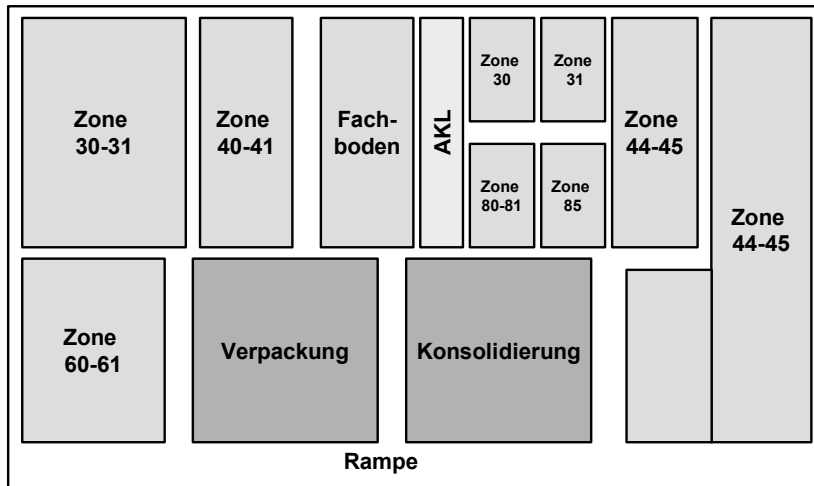


Bild 1: Layout des Distributionszentrums

Das Layout des Ersatzteilzentrums ist in Bild 1 dargestellt. Es werden sehr viele verschiedene Lagerzonen unterschieden – auch bedingt durch das Artikelsortiment und durch Entwicklungen, die Lagerstrukturen geschaffen haben, die unterschiedliche Behältertypen erfordern. Integriert ist ein automatisches Kleinteilelager (AKL) als einzige automatische Komponente im System. Für die Auftragszusammenführung ist ein Konsolidierungsbereich vorgesehen sowie ein Verpackungsbereich, der auch zur Verdichtung der Aufträge benötigt wird.

Den einzelnen Lagerflächen werden bestimmte Artikel zugeordnet. Dies hängt nicht nur mit den Abmessungen und dem Gewicht der Artikel zusammen, sondern auch mit ihrer Umschlaggeschwindigkeit. Für das Sortiment wurde aufgrund der neuen Konzeption ein mögliches Auftragspektrum erarbeitet. Es enthält Informationen aus den aktuellen Auftragslasten, ist aber transformiert worden von Wochenlieferungen auf Tageslieferungen und enthält eine Erhöhung des Umsatzvolumens aufgrund von Prognosen.

Die in Bild 2 dargestellte Auftragslast zeigt die im Mai 2005 erwartete Verteilung von Aufträgen sowie den erwarteten Anteilen von Eilaufträgen einschließlich der VOR (vehicle off road)-Aufträge.

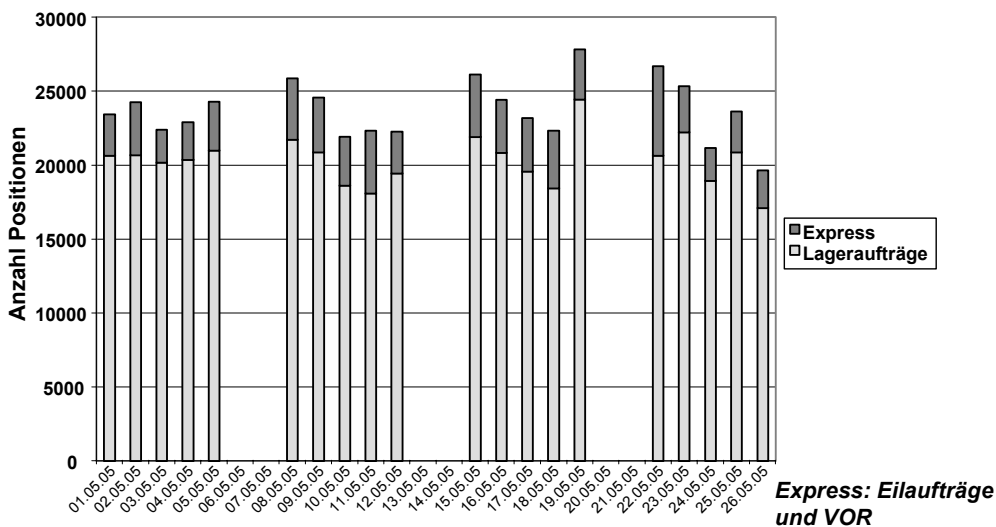


Bild 2: Auftragsvolumen pro Tag (Normal- und Eilaufträge) Mai 2005

Diese Aufträge sind einzelnen Routen zugeordnet. Je nach Entfernung zum Ersatzteillager ergeben sich unterschiedliche Abfahrzeitpunkte der LKW, die bei der Kommissionierung berücksichtigt werden müssen.

Route	Routen Nr.	Abfahrt	Beginn Kommissionierung
Portugal (täglich)	1	17:00	06:00
Sur (täglich)	2	18:00	06:00
Las Palmas (dienstags)	3	19:30	06:00
Ceuta-Melilla (donnerstags)	4	19:30	06:00
Galicia (täglich)	5	19:00	06:00
Levante (täglich)	6	20:00	06:00
Baleares (täglich)	7	21:00	06:00
Norte (täglich)	8	21:00	06:00
Cataluna (täglich)	9	21:00	06:00
Madrid (täglich)	10	21:00	06:00

Bild 3: Routentabelle des Ersatzteillagers

Der Beginn der Kommissionierung ist einheitlich auf 6 Uhr festgelegt worden und kann aufgrund von tariflichen Randbedingungen auch nicht geändert werden. Eilaufträge müssen grundsätzlich bis 19.30 Uhr bereitgestellt werden. Der vorgesehene 24 Stunden-Service gestattet den Werkstätten die Einlastung von Lieferaufträgen von 8 Uhr morgens bis 18 Uhr am späten Nachmittag. Allerdings erhalten die Aufträge je nach Uhrzeit einen speziellen Status.

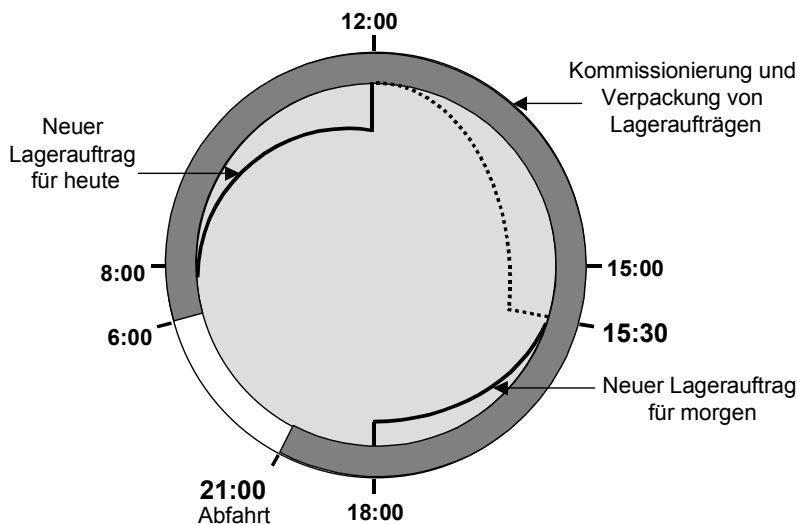


Bild 4: Auftragsarten im Zeitverlauf

Aufträge, die im Zeitfenster von 8 Uhr bis 12 Uhr einlaufen, gelten als Normalaufträge, die über Nacht ausgeliefert werden. Zwischen 12 Uhr und 15.30 Uhr können Eilaufträge eingelastet werden – es ist sichergestellt, dass diese Aufträge auch über Nacht ausgeliefert werden. Ab 15.30 Uhr können weitere Aufträge

eingelastet werden. Sie bilden allerdings einen Arbeitsvorrat für den nächsten Tag und sind vom 24 Stunden-Service ausgenommen.

Die in Bild 5 dargestellten Auftragsankunftszeiten erreichen Spitzenwerte von ca. 400 Aufträgen pro Minute. Ab 10 Uhr zieht das Geschäft an, zwischen 11 Uhr und 12 Uhr erreichen die meisten Lieferaufträge das Distributionszentrum. Eine neue Spitzenlast wird zwischen 15 Uhr und 15.30 Uhr erreicht, d. h. kurz vor Annahmeschluss von Eilaufträgen.

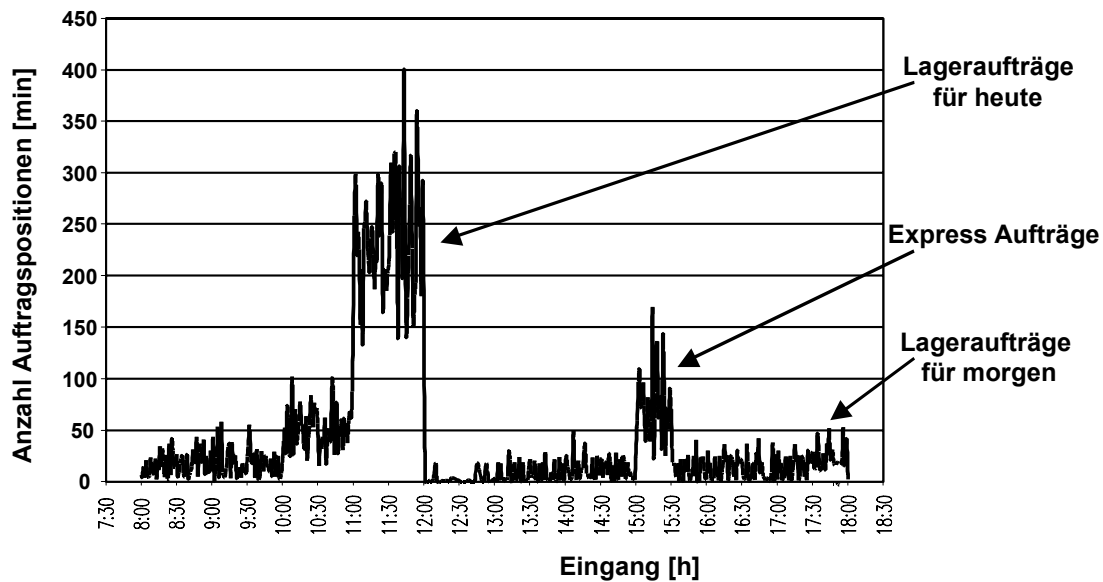


Bild 5: Zeitverteilung der Aufträge über den Tag hinweg

Auf der Basis dieser Daten und solcher Informationen wie z. B. Personaleinsatz, Schichtmodell und einer Reihe von Ablaufstrategien wird ein Simulationsmodell aufgebaut. Das Ergebnis der Simulationsläufe sind eine Reihe von Diagrammen, die die Dynamik des Distributionssystems beschreiben.

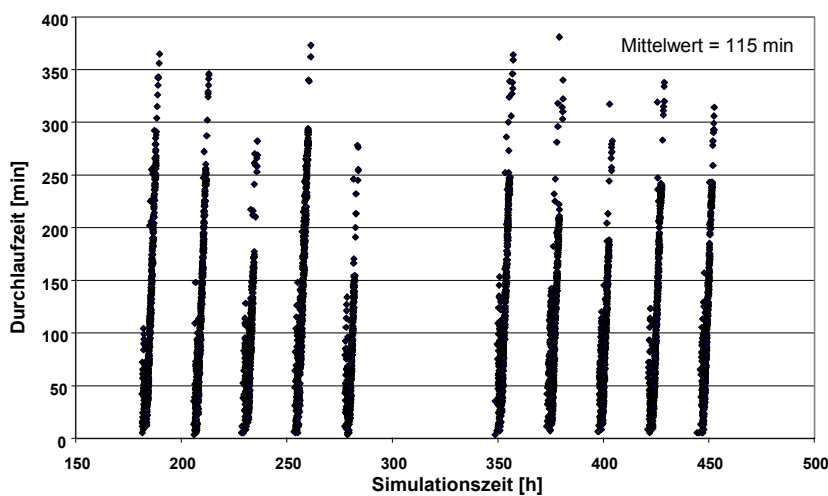


Bild 6: Verteilung der Durchlaufzeiten für Eilaufträge im Zeitraum von 2 Wochen

Eine wichtige Kenngröße ist insbesondere die Durchlaufzeit. Die in Bild 6 dargestellte Verteilung zeigt die Durchlaufzeit der Eilauftragspositionen an 10 Tagen. Obwohl im Prinzip ein Mittelwert von ca. 2 Stunden

eingehalten werden kann, zeigt sich, dass an allen Tagen die Zeitschranke von 4 Stunden überschritten wird und dass teilweise bis zu ca. 6 Stunden Eilaufträge unterwegs sind.

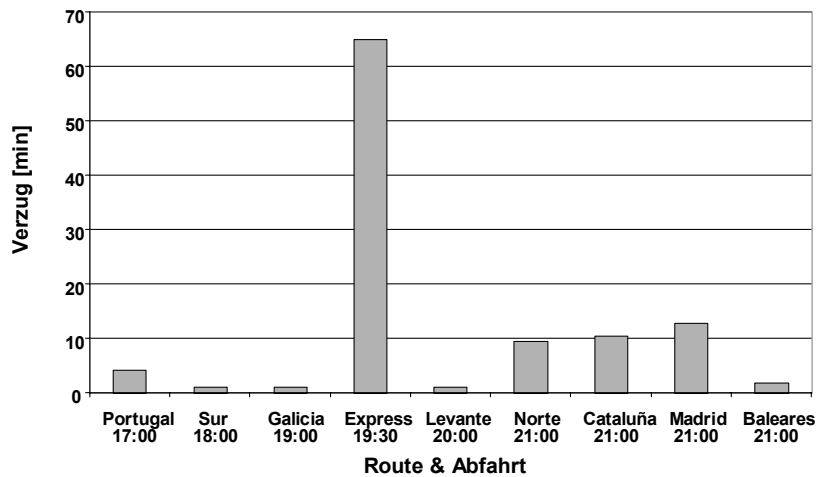


Bild 7: Verspätungen der LKW bei der Abfahrt aus den Distributionszentren

Ein Gütemaß für die Beurteilung des Konzepts ist der in Bild 7 dargestellte Lieferservice der Routen. Der Lieferservice ist ein Mittelwert, der alle Verspätungen des simulierten Monats berücksichtigt. Bei der Berechnung des Servicegrades wird davon ausgegangen, dass der LKW an der Rampe wartet, bis er die letzte Sendung seiner Route erhält. Als Alternative hätte man auch den LKW zum vorgesehenen Zeitpunkt starten lassen und als Gütemaß die Anzahl der Sendungen zählen können, die den LKW verpasst haben. Es zeigt sich, dass eine Reihe von Routen keine nennenswerten Verspätungen aufweisen, drei Routen haben einen mittleren Verzug von 10 Minuten und die Eilaufträge kommen im Durchschnitt eine Stunde zu spät.

Bei einer genaueren Betrachtung der Verspätungszeiten der Eilaufträge (Bild 8) wird erkennbar, dass die minimale Verspätungszeit bei 40 Minuten liegt und maximal bei 2 Stunden.

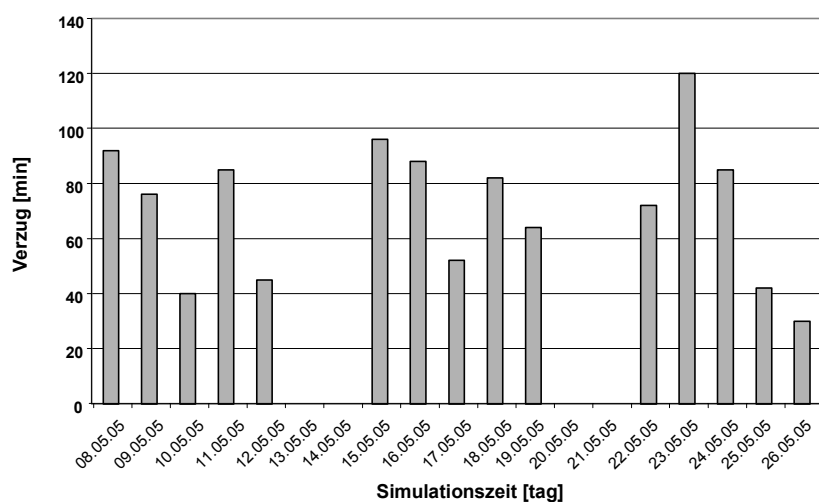


Bild 8: Verspätungen der Eilaufträge an einzelnen Tagen

Diese Werte sind völlig unakzeptabel, das Konzept kann nicht funktionieren.

Besser sieht da schon die Situation bei den Verspätungen für die Normalaufträge aus (Bild 9):

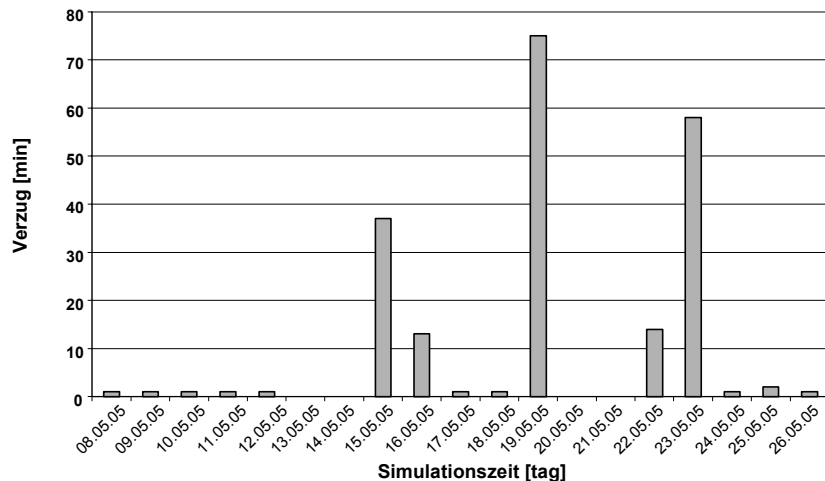


Bild 9: Verspätungen der Normalaufträge für die Route Madrid an einzelnen Tagen

In der Regel sind keine nennenswerten Verspätungen zu erkennen. Das Problem ergibt sich aber dadurch, dass bedingt durch unglückliche Auftragskonstellationen an drei Tagen erhebliche Verspätungen (bis über eine Stunde!) registriert werden. Welche Konsequenzen dies im einzelnen nach sich ziehen könnte ist zunächst nicht absehbar - es könnte sein, dass man diese Ausnahmen akzeptiert – wenn sie allerdings zu häufig vorkommen, wird das Vertrauen der Werkstätten erschüttert, so dass die Sicherheitsbestände wieder hochgefahren würden.

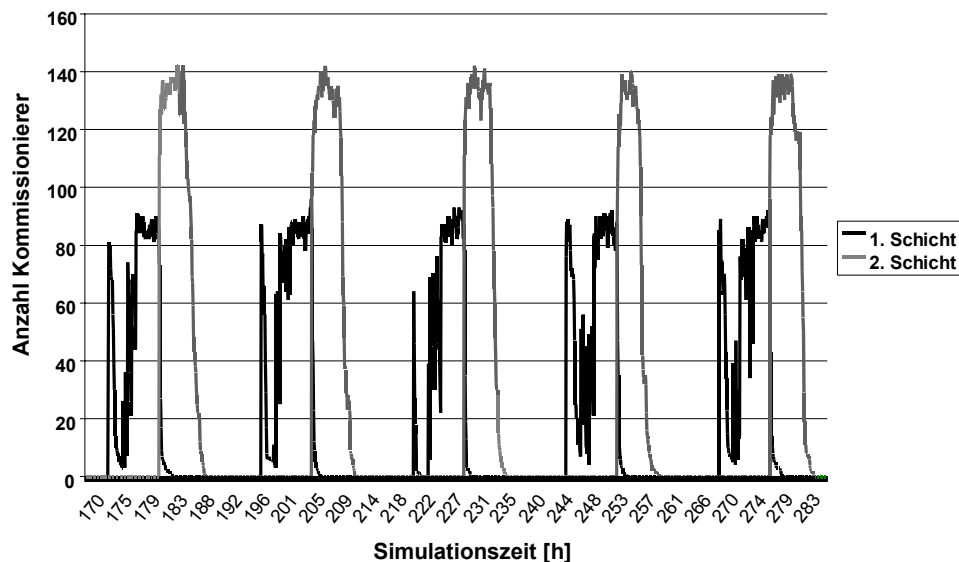


Bild 10: Einsatz von Kommissionierern in den beiden Schichten

Ein weiteres Problem wird in Bild 10 ersichtlich. Die Auslastung des Personals kann nicht über längere Zeit auf einem hohen Niveau gewährleistet werden. Es kommt immer wieder vor, dass für einzelne Kommissionierungszonen nicht genügend Aufträge vorliegen. Grundsätzlich dürfte es schwierig sein, eine Auslastungsquote bei Personal von deutlich über 90 % zu erreichen. Eine niedrige Auslastung des Personals geht oft einher mit ineffizienten Kommissioniertouren, so dass hier auch Potential für weitere Optimierungen vorhanden ist.

Die im Beispiel dargestellte Gestaltungsvariante des Distributionssystems kann so nicht umgesetzt werden – es werden fast alle Ziele, die mit dem neuen Konzept verfolgt werden sollen, verfehlt. Es zeigt sich, dass die Artikelzuordnung zu den Zonen überdacht werden muss, dass die Schichtenteilung nicht aufrecht erhalten werden kann und dass durch das Stoßgeschäft die Verpackungsplätze zum Engpass werden, d. h., der pick-and-pack-Anteil muss durch geeignete Investitionen erheblich erhöht werden.

4. Auswirkungen des Fuhrparks

Bei der Gestaltung der Logistiksysteme geht es insbesondere um die Optimierung der gesamten Logistikkette. Der Kunde steht natürlich im Vordergrund, allerdings hat auch der Kunde Belieferungsspielräume, die in einer fairen Kunden-Lieferanten-Beziehung bekannt sein müssen. In Bild 11 sind zwei Varianten einer Kundenbelieferung eines Automobilwerkes mit Motoren dargestellt. In der ersten Variante wird unterstellt, dass das Unternehmen einen eigenen Fuhrpark mit 6 LKW betreibt. In der zweiten Variante wird angenommen, dass die Transporte durch Spediteure durchgeführt werden können. Wenn man alle Randbedingungen beachtet, kann gezeigt werden, dass bei einem eigenen Fuhrpark ab 18.30 Uhr noch 7 Transporte bewältigt werden müssen, während bei der Versorgung mit Spediteuren in diesem Zeitraum 6 Transporte anfallen. Dadurch ergeben sich in den Werken unterschiedliche Puffer- bzw. Lagerbedarfe und unterschiedliche Verkehrsfrequenzen – je nach Tageszeit. Im konkreten Fall wurde erwogen, die Transporte an Spediteure zu vergeben, weil dadurch ein gleichmäßiger Betrieb der Logistikkette sichergestellt werden kann.

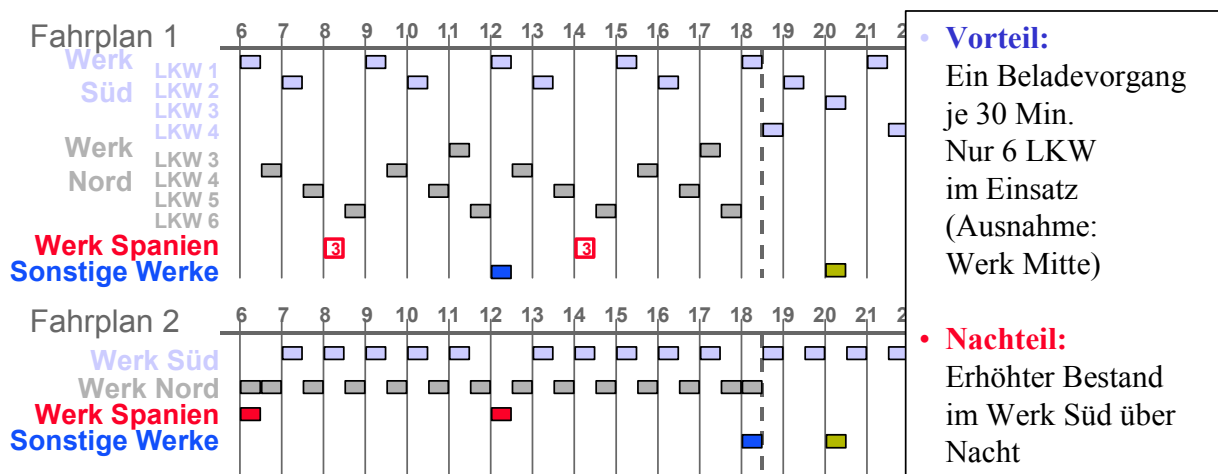


Bild 11: Fahrplangestaltung und Fuhrparkvarianten

5. Steuerung eines Distributionszentrums

Es zeigt sich immer wieder, dass der Einsatz des Personals ein Schlüsselfaktor für die Wirtschaftlichkeit der Distributionszentren ist. In den Simulationen kann durch geeignete Einsatzstrategien der Auslastungsgrad hochgehalten werden. Komplizierter ist es, diese Steuerungsstrategien im operativen Tagesgeschäft umzusetzen. Dies ist nur durch den Einsatz von entsprechenden modernen Informationstechnologien

möglich. Eine Realisierungsmöglichkeit bieten Leitstände – sie unterstützen den Disponenten bei einer Reihe von Aufgaben:

- Simulation der Auftragseinlastung für Kommissionierer, Verpacker usw.
- Visualisierung von Engpässen
- Darstellung der Auslastung der einzelnen Kommissionierbereiche
- Reaktion auf Störungen und Verzögerungen
- Ermittlung von Kapazitäten (Personal)
- Hilfestellung bei der Gleichauslastung des Systems
- Überwachung der Ressourcen
- Überwachung der tatsächlichen Abläufe

Ein Beispiel für den Einsatz einer Plantafel wird in Bild 12 dargestellt.

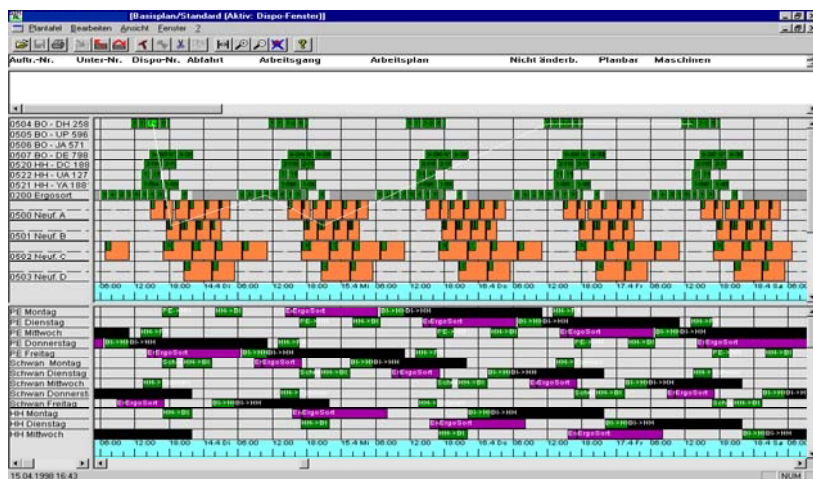


Bild 12: Leitstand für den Betrieb eines Distributionszentrums

In diesem Fall wird die Auslastung des Fuhrparks, die Auslastung des Lieferzentrums und das Durchschleusen der Aufträge überwacht und gesteuert. Des Weiteren wird aufgezeigt, ob Fremdspeditionen eingeschaltet werden müssen und wie der Einsatz von Fahrzeugen synchronisiert werden muss.

Die in Bild 13 dargestellte Parametermaske zeigt eine Systemeinstellung beim Betrieb eines Distributionszentrums.

Section	Parameter	Value	Unit
AKL	Auslagerung	40	sec/Pos
	Kommissionierung	40	sec/Pos
	Pick&Pack-Zuschlag	60	sec/Auftrag
	Transport zum Packsorter	360	sec/Auftrag
Sonder- / Rohr- / Zylinder (klein) - Lager	Auslagerung	240	sec
	Transportstapler	45	sec
Zylinder (groß) - Lager	Auslagerung	240	sec
	Transportstapler	45	sec
Packen	Packen	50	sec/Pos
	Packen Seefracht	75	sec/Pos
	VersandZuschlag	60	sec/Auftrag
HRL	Gestell anmelden	120	sec/Fahrt
	Fahrzeiten im Gang	1.2	sec/Platz
	Pickzeit pro Quant	60	sec
	Gangwechsel	60	sec
	Fahrzeiten vor Gang	4.8	sec/Gang
Transportstapler	zur Packerei	40	sec
	zur Kommissionierung	20	sec
HRL-Kommissionierung	Gestell anmelden	40	sec/Auftrag
	Pickzeit	120	sec/Pos
	Transportstapler	20	sec
Versand	Uhrzeit Versand:	19:00:00	Uhr
	Prioritäten:	<input checked="" type="checkbox"/> 0 <input checked="" type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 40 <input type="checkbox"/> 60	

Bild 13: Systemparametermaske eines Leitstandes

Mit diesen Daten werden Abschätzungen für die Auslastung der Kommissionierer durchgeführt. Ziel ist es, insbesondere auch dafür zu sorgen, dass die Fläche an den Verpackungsplätzen und im Warenausgang nicht überläuft. Dies passiert immer dann, wenn viele angefangene Aufträge bereitgestellt werden, aber auf einzelne Pickpositionen noch gewartet werden muss. Wenn dies geschieht, reicht die Fläche nicht mehr aus und Fehler bei der Artikelzuordnung zu Kunden häufen sich. Auf diese Weise sorgt der Leitstand auch für eine niedrigere Fehlerquote im Versand.

6. Fazit

Die Verbreitung des e-Commerce führt in den Distributionszentren zu erheblichen Problemen. Einerseits verändern sich die Auftragsstrukturen – sie werden sehr viel kleinteiliger, andererseits verändert sich auch der Anspruch des Kunden, der praktisch immer einen 24 Stunden-Service erwartet.

Dadurch ändern sich die Distributionskonzepte und natürlich auch der induzierte Verkehr.

Es ist ganz klar: Der Wunsch der Unternehmen, die Belieferungsstruktur so aufzubauen, dass eine möglichst kostengünstige Belieferung erfolgen kann, geht davon aus, dass es im großen und ganzen keine großen Einflüsse durch den Verkehr auf den Straßen gibt. Dies kann aber in Zukunft nicht sicher erwartet werden. Wenn beispielsweise durch viele kleinteilige Sendungen erheblich mehr Fahrzeuge auf der Straße zu finden sind oder sich zu bestimmten Zeiten stauen, hat dies Auswirkungen auf den Lieferservice. Über Bündelungen kann der Füllgrad großer LKW erhöht werden, durch den Aufbau ungeeigneter Distributionszentren können aber diese Fahrzeuge lange auf ihre Be- und Entladung warten. Dadurch könnten Kostenvorteile verloren gehen und neue Verkehrsbelastungen entstehen.

In der Wissenschaft geht es in einem ersten Schritt darum, diese Wirtschaftsverkehre besser zu verstehen, die Wechselwirkungen zu erkennen und den Antrieb für die Art und die Intensität genau zu isolieren. Erst, wenn die Mechanismen vollständig verstanden worden sind, wird es gelingen, durch geeignete Maßnahmen den Verkehr aus seiner Entstehungen heraus zu beeinflussen.