

Wirtschaftliche Automatisierung der Routenzugbeladung – Technische Gestaltung von Routenzügen – Ergonomische Prozessgestaltung – Hochfrequente Produktionsversorgung – Reduzierung technikbedingter Vorlaufzeiten -

Moderne Logistikkonzepte zur Fertigungs- und Montageversorgung basieren im zunehmenden Maße auf „just in time“ und „just in sequence“ Ansätzen. Das Vorhalten geringer Bestände am Arbeitsplatz bietet aus Unternehmenssicht zahlreiche Vorteile, da sich das von der Produktion gebundene Kapital (in Form von Fläche und Material) reduziert. Um die Produktion in kleineren Losgrößen und Behältern hochzyklisch zu versorgen, gewinnen innerbetriebliche Verkehre durch Routenzüge zunehmend an Bedeutung. Deren Implementierung stellt jedoch neue Herausforderungen an eine ergonomische und wirtschaftliche Prozessgestaltung.

Die Nachschubversorgung von Produktionsbereichen wird immer anspruchsvoller. Treiber dieses Trends ist vor allem die häufiger werdende Herstellung unterschiedlicher Produkte und Varianten auf den gleichen Fertigungsanlagen und die daraus folgende höhere Anzahl von unterschiedlichen Materialien, die in der Produktion bereitgestellt werden muss. Die dazu notwendige Materialverdichtung ist nur mit kleineren Behältern zu bewerkstelligen, die in hoher Frequenz für die Produktion bereitgestellt werden. Der Trend zu kleineren Behältern wird noch durch das Ansinnen bestärkt, die Bestände in der Produktion zu verringern. [5]

Um den Bestand in der Produktion zu reduzieren und die Versorgungssicherheit der Produktion trotzdem zu gewährleisten, ist eine Synchronisierung zwischen Produktion und Logistik erforderlich. [1, 3] Die Nachschubversorgung für die Produktion steht dabei im Zielkonflikt zwischen ressourcenarmen und damit kostengünstigen Strategien und einer sicherheitsorientierten und flexiblen Auslegung der Versorgungsprozesse. Eine Möglichkeit diesem Zielkonflikt zu begegnen ist der Einsatz von Routenverkehren für die Materialbereitstellung. Vor allem in der Automobilbranche setzt sich dieser Trend immer stärker durch. [2, 3, 5]

Als Routenzüge werden in der Praxis zumeist manuell bediente Flurförderfahrzeuge mit mehreren Anhängern eingesetzt. Dabei stellt die Handhabung von Kleinladungsträger (KLT) hohe ergonomische und wirtschaftliche Anforderungen an die Prozessgestaltung. Ein Lösungsansatz, welcher bei Systemen mit hohen Durchsätzen immer stärker fokussiert wird, ist eine automatische Beladung der KLT-Routenzüge. Die bisher umgesetzten Lösungen weisen meist einen hohen technischen Aufwand auf, was sich in einem hohen Investitions- und Flächenbedarf widerspiegelt.

Ein am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München entwickeltes Konzept beabsichtigt den technischen Aufwand für die KLT-Routenzugbeladung auf ein Minimum zu reduzieren ohne Abstriche in ergonomischen und wirtschaftlichen Zielsetzungen in Kauf zu nehmen.

Beladekonzepte für Routenzüge

Der Lagerstandort und die Gegebenheiten in der Produktion bestimmen wesentlich den Transportweg und den Aufwand für die Materialbereitstellung. Deutlich mehr Gestaltungsfreiraum besteht bei der Beladung der Routenzüge. So gibt es Konzepte bei denen der Routenzugfahrer die Anhänger im Lager bzw. Supermarkt selbst belädt (Abb. 1a). Bei anderen Umsetzungen übernimmt die Beladung der Anhänger ein weiterer Logistikmitarbeiter und der Routenzugfahrer wechselt auf einer Übergabefläche den gesamten Zug bzw. die Anhänger (Abb. 1b).

In einigen Betrieben erfolgt eine automatisierte Beladung der Routenzüge. Wesentliche Bestandteile der automatischen Routenzugbeladung sind ein automatisches Kleinteilelager für die Materialbevorratung sowie Fördertechnik, welche die KLT aus dem Lager zu einer Beladestation fördert. In den derzeit zum Einsatz kommenden, automatisierten Varianten wird der Routenzug nicht direkt beladen, sondern die Transportgestelle werden von den Anhängern abgenommen und mittels Fördertechnik der automatisierten Beladung zugeführt (Abb. 1c).

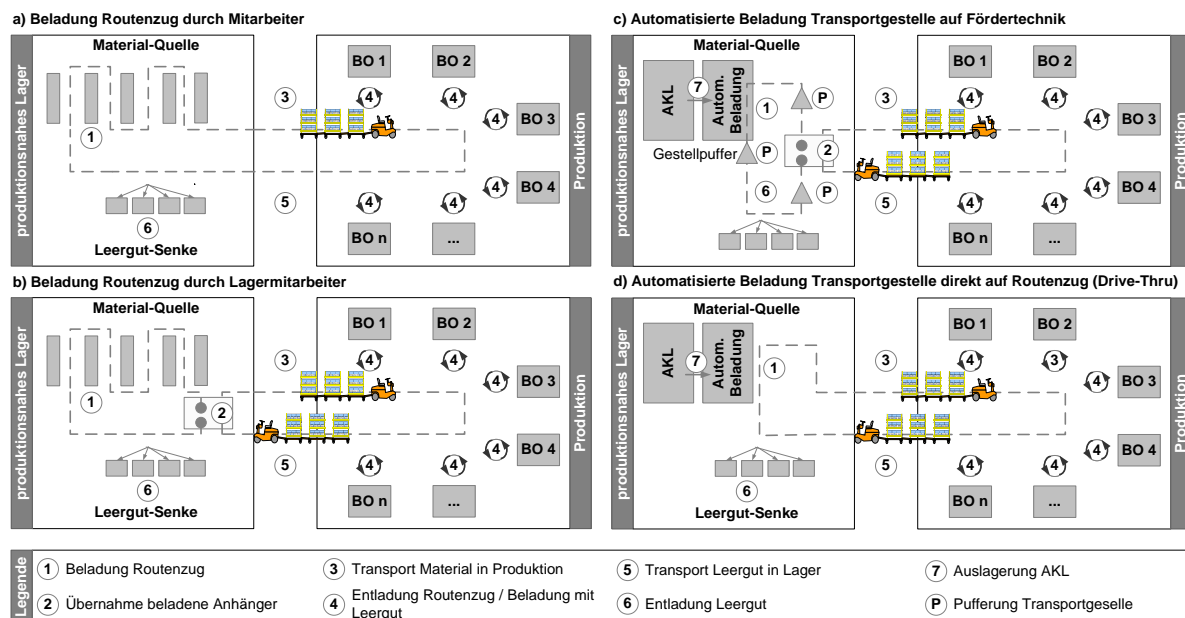


Abbildung 1: Beladekonzepte für Routenzüge

Ein neuer Ansatz, der vom Lehrstuhl fml in enger Kooperation mit der Jungheinrich AG Geschäftsbereich Logistiksysteme derzeit entwickelt und erprobt wird, ist in Abb. 1d dargestellt. Genutzt wird hierbei ein Drive-Thru Ansatz, bei dem der Routenzug im Lager an einer Beladestation anhält und dort automatisiert beladen wird. Die Beladestation selbst besteht aus Beladeregalen und einer technischen Vorrichtung (z. B. kleine Regalbediengeräte oder Hubbalken-Regalbediengeräte), die KLT in die Beladeregale sortiert. Mit diesen Beladeregalen werden die Transportgestelle auf dem Routenzug beschickt. Sowohl das Beladeregal als auch das Transportgestell sind Durchlaufregale. Die KLT werden dazu vom AKL ausgelagert, über die Fördertechnik zu den Beladestationen transportiert, dort ohne Zwischenspeicherung direkt in die Beladeregale sortiert und gesammelt auf einen Routenzug verladen (Abb. 2).



Abbildung 2: Drive-Thru Beladekonzept

Vorteile einer automatisierten Routenzugbeladung

Der Vorteil einer automatisierten Beladung ist die Möglichkeit, körperliche Belastungen bei diesem Vorgang weitestgehend zu eliminieren. Ein zweiter wesentlicher Vorteil ist das Verhindern von Fehlern bei der Beladung. Bei manuell bedienten Lagern besteht die Möglichkeit, dass der Mitarbeiter das falsche Material entnimmt. Solche Fehler werden meist erst am Bedarfsort entdeckt und müssen aufwendig behoben werden. Auch bei der Bereitstellung des Materials können Fehler reduziert werden, wenn der Routenzugfahrer bei der Materialbereitstellung unterstützt wird. Am einfachsten ist für den Mitarbeiter die Entnahme in einer festen Reihenfolge. Das Material wird dabei entsprechend der Auslieferreihenfolge auf dem Routenzug angeordnet. Damit wird der Suchaufwand bei der Entnahme und die Möglichkeit von Fehlern fast eliminiert.

Es gibt drei grundlegende Ansätze, wie die Reihenfolge (Sequenz) gebildet werden kann. Im einfachsten Fall wird das Material routenbezogen ausgelagert und ein Mitarbeiter stellt die Sequenz manuell her. Dieses Vorgehen birgt aber weitere Fehlerquellen. Der zweite Ansatz basiert auf der Idee, die Sequenz bereits im AKL mit den Regalbediengeräten (RBGs) herzustellen. Dies führt zu Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Lagergassen, die nicht optimal ausgelastet werden können. Das AKL muss entsprechend auf einen höheren Durchsatz ausgelegt werden. Ist die Materialfindung im Lager durch viele Randbedingungen eingeschränkt, kann dieses Konzept die Aufgabe nicht mehr erfüllen. Der am häufigsten praktizierte Ansatz ist die Sortierung in der AKL-Vorzone. Dies kann z. B. durch verschiedene Sortierstufen mit Fördertechnik erfolgen oder durch eine zusätzliche Handhabungsstufe mit Ein- und Auslagerung in einen hochdynamischen Puffer. Dieser Ansatz führt meist zu sehr hohen Investitionen und verlängert die Zeit, die das System für die Auslagerung und Bereitstellung benötigt. Dadurch muss die „Bestellannahme“ für eine Tour früher abgeschlossen werden, was zu einer Erhöhung der Wiederbeschaffungszeit führt. Darunter wird die maximale Zeit zwischen dem Materialabruf und der Bereitstellung in der

Produktion verstanden. Eine geringere Wiederbeschaffungszeit ermöglicht die Reduzierung der Bestände in der Produktion ohne den Versorgungstakt zu verringern.

Wechselwirkungen zwischen der Beladungs- und Lagebetriebsstrategie

Das neue Drive-Thru-Konzept des Lehrstuhls fml wurde in einer Simulationsstudie untersucht. Ziel war es, die Auswirkungen des Konzeptes auf das AKL und die Lagervorzone zu untersuchen. Ergebnis der Studie ist, dass der technische Aufwand in der Lagervorzone reduziert werden kann ohne die Leistung des AKL zu vermindern.

Zu einem definierten Zeitpunkt unmittelbar vor dem Beginn der Auslagerung aus dem AKL, wird anhand der vorliegenden Materialabrufe die Beladereihenfolge für die Transportgestelle einer Tour gebildet. Diese orientiert sich am Fahrweg des Routenzuges. Die Steuerung prüft die Beladereihenfolge und legt jeweils den genauen Zielort (Transportgestell, Schacht, Position im Schacht) fest. Ist dieser IT-Vorgang abgeschlossen, findet die Materialfindung durch das Lagerverwaltungssystem statt. Das AKL führt dann die freigegebenen Auslagerungen durch. Mit zeitlichem Versatz, bedingt durch die Förderzeit von RBG und Fördertechnik der Lagervorzone, kommen die ersten KLT an den Übergabepunkten der Beladestationen an. Diese Anlagen setzen die KLT in den festgelegten Schacht des Beladeregals um. Sind alle Behälter im Beladeregal eingelagert, so kann die Beladung der Transportgestelle auf dem Routenzug erfolgen. Für eine bessere Entkopplung zwischen Bereitstellung und Verladung kann die Kapazität der Beladeregale verdoppelt werden. Innerhalb der Beladeregale werden zunächst alle Behälter einer Tour in der Bereitstelltiefe gesammelt. Anschließend werden von der Steuerung die Stopper entriegelt und das gesamte Batch rollt in die Übergabetiefe, von welcher es schließlich auf den Routenzug übergeben wird. Dies bietet den Vorteil, dass bei eventuellen Unregelmäßigkeiten im Fahrplan des Routenzuges die Bereitstellung der nächsten Tour unabhängig davon erfolgen kann.

Da die Beladestation in jeden Schacht sortieren, jedoch nicht die Behälterreihenfolge innerhalb eines Schachts verändern kann, muss die richtige Reihenfolge schon über die Auslagerung durch das AKL sichergestellt sein. Deshalb werden alle KLT die als Zielort die gleiche Position innerhalb der Schächte haben, zu einer Auslagerwelle zusammengefasst. Die verschiedenen Auslagerwellen werden dann nacheinander dem AKL zur Auslagerung freigegeben. Da es pro Welle für jeden Schacht maximal einen KLT gibt, kann die Beladestation zuverlässig die Sequenz bilden. Innerhalb einer Welle bestehen somit für das AKL keine Anforderungen hinsichtlich der Reihenfolge. Die Auslagerungswellen können untereinander verknüpft werden. Sobald ein KLT den k-Punkt passiert hat, wird der nächste Behälter im entsprechenden Schacht aus der nachfolgenden Welle freigegeben. Dadurch wird die Anzahl an gleichzeitig auslagerbereiten KLT stabiler gehalten als bei der ersten Strategie und die Wartezeiten für die RBG werden reduziert.

Konstruktive Herausforderungen

Die Übergabe der KLT von den Beladeregalen an den Routenzug ist die kritische Schnittstelle des Konzeptes. Mit Blick auf eine möglichst schlanke und günstige Lösung wurde hier bewusst auf angetriebene Technik und Sensorik verzichtet. Innerhalb der Beladeregale

und bei der Übergabe auf den Routenzug werden die Behälter rein schwerkraftgetrieben auf geneigten Ebenen gefördert. Durch die Schwerkraftlösung ergeben sich jedoch auch mögliche Fehler.

Wie bereits vorher geschildert, sind die Beladeregale doppeltief ausgeführt, wodurch zwei Touren unabhängig voneinander durch die Beladestationen bereitgestellt werden können. Eine mögliche Fehlerquelle ergibt sich, falls nach Freigabe des Bereitstellpuffers einzelne Behälter nicht in die Übergabetiefe des Beladeregals rollen, was dazu führen kann, dass sich Behälter unterschiedlicher Touren vermischen. Dies muss durch geeignete konstruktive Maßnahmen unterbunden werden. Es hat sich gezeigt, dass hierbei besonders der Ebenen-Neigungswinkel, die Rollenauswahl, das Behältergewicht, sowie die Beschaffenheit und Verteilung des Ladegutes im Behälter eine besondere Rolle spielen. Prinzipiell wirkt sich ein höherer Neigungswinkel positiv auf die Prozesssicherheit aus. Allerdings kann dieser nicht beliebig erhöht werden, da beim Aufprall der KLT auf die Stopper Ladung herausfallen kann oder empfindliche Bauteile beschädigt werden können. Der Einsatz von speziellen Bremsrollen mit geschwindigkeitsabhängiger Bremswirkung kann helfen, die KLT vor den Stopperelementen sanft abzubremsen. Ein weiteres, entscheidendes Kriterium sind die Rollen selbst. Röllchenleisten bieten hier die besten Laufeigenschaften. Diese sollten jedoch in den mobilen Transportgestellen nicht verwendet werden, da die Gefahr bestünde, dass Behälter die Röllchen durch Beschleunigungskräfte und Vibrationen während der Fahrt beschädigen. Bei der Auswahl der Rollen sollten deshalb die Anlauf- und Rolleigenschaften genauer betrachtet werden. Das korrekte Losrollen der Behälter wird hier u.U. durch schlechte Kugellager mit einem zu hohen Anlaufmoment oder durch zu große Fertigungstoleranzen (Unwucht) behindert.

Eine weitere kritische Schnittstelle ist die Übergabe der Behälter von der Übergabetiefe der Beladeregale an den Routenzug. Mögliche Fehler sind hier, dass Behälter nicht losrollen oder im Übergabespalt, also der Teil, in dem keine Rolle im Eingriff mit dem Behälter ist, verkippen. Zunächst muss hierzu durch geeignete Vorrichtungen eine exakte Positionierung des Zuges relativ zu den Beladeregalen gewährleistet werden. Zur Vereinfachung der Positionierung in Fahrtrichtung wurden konstruktive Vorkehrungen getroffen. So sind die Schächte der Transportgestelle breiter ausgeführt als im Beladeregal, wodurch sich die Positionierungstoleranz bei mittiger Ausrichtung der Behälter im Schacht erhöht. Bei der Auslegung des Zuges wurden einstellbare und spielfreie Kupplungen verwendet. Weiterhin sind die Transportgestelle über Zentriereinrichtungen exakt auf den Anhängern ausgerichtet. Die eigentliche Positionierung des Zuges im Bahnhof übernimmt der Fahrer selbst. Durch einen Lasermarkierer am Schleppfahrzeug und einer korrespondierenden Markierungen am Hallenboden wird dem Fahrer die Geradeausfahrt im Bahnhof erleichtert und der optimale Anhaltepunkt angezeigt.

In Querrichtung wurde der Übergabespalt konstruktiv minimiert, indem die Rollen der Transportgestelle und Beladeregale bis an die Außenkante gezogen wurden. Um die Ungenauigkeit einer manuellen Anfahrt und Spuruntreue der Anhänger zu eliminieren, wird der Routenzug im Bahnhofsbereich über Räder an den Anhängern und Führungsschienen zwangsgeführt. Durch eine Visualisierung des optimalen Fahrweges auf dem Hallenboden wird der Fahrer bei Einfahrt in den Bahnhof unterstützt, damit der Querversatz der Anhänger bei Einlauf in die Führungsschienen möglichst gering ausfällt.

Sollte trotz der konstruktiven Maßnahmen dennoch ein Behälter nicht korrekt an den Routenzug übergeben werden, kann dieser Fehler manuell durch den Routenzugfahrer

behalten werden. Deshalb wurde bewusst eine Lösung gewählt, bei der der Routenzugfahrer jedes Beladeregal einzeln freigeben muss und er anschließend den korrekten Ablauf kontrollieren kann.

Vergleich der Konzepte für die Automatisierte Verladung

Durch den Verzicht auf eine Pufferung von beladenen Transportgestellen unterscheidet sich das Drive-Thru Konzept wesentlich von den derzeit eingesetzten, automatisierten Beladesystemen. Bei anderen Konzepten werden die Gestelle von den Anhängern gehoben, und entweder manuell (Konzept 1) oder über Palettenförderertechnik (Konzept 2) an die automatischen Beladestationen angedient, beladen und anschließend in einen Puffer für die Verladung auf den Routenzug bereitgestellt.

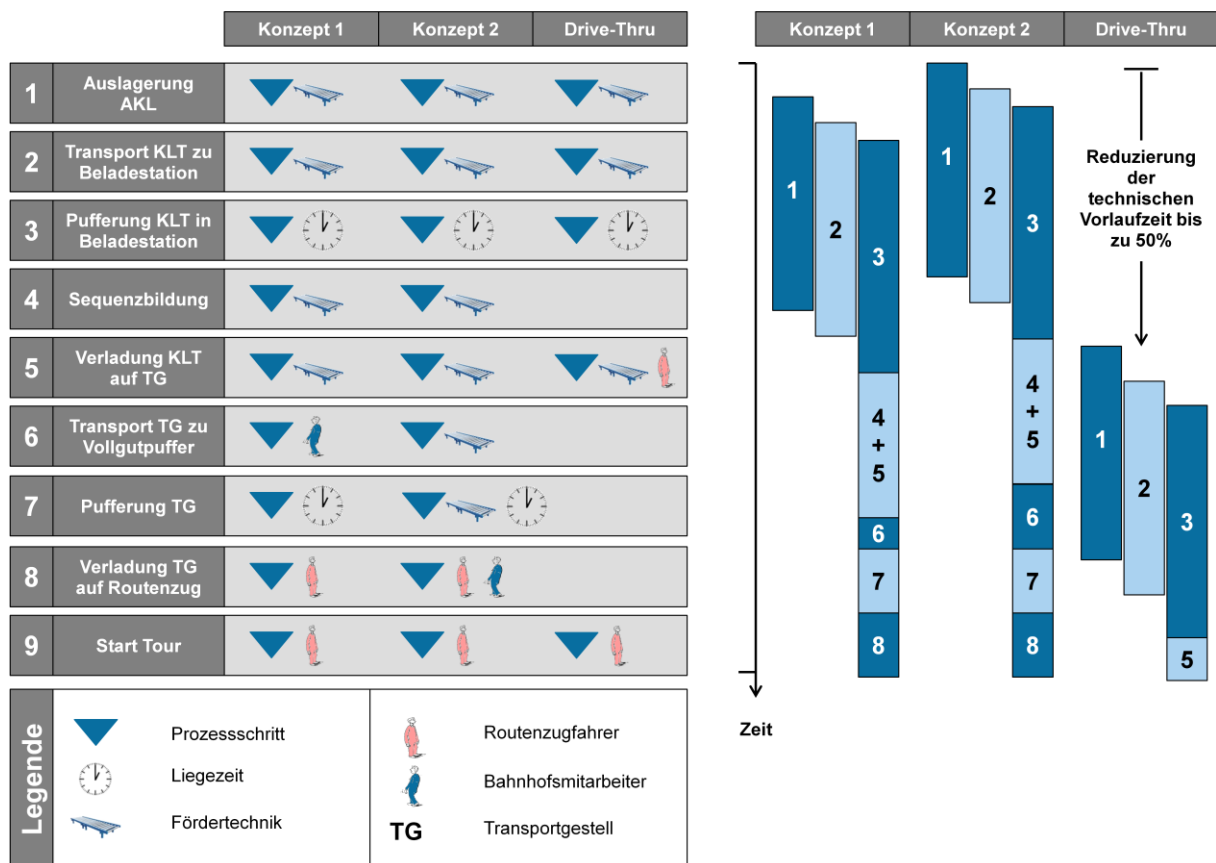


Abbildung 3: Handhabungsstufen innerhalb der unterschiedlichen automatisierten Beladekonzepte

Die notwendigen Prozess- und Handhabungsschritte der unterschiedlichen automatisierten Beladekonzepte sind in Abb. 3 gegenüber gestellt. Die Prozesskette aller 3 Konzepte beginnt damit, die KLT aus dem AKL auszulagern und über Fördertechnik an die Beladestationen zu fördern. Bei Konzept 1 und 2 werden die KLT anschließend durch eine automatische Beladevorrichtung aufgenommen und zwischengepuffert. Da die Beladestation nach Ankunft des ersten KLT im Bahnhof bereits mit der Befüllung des Puffers beginnen kann, können diese drei Prozesse bei allen Konzepten teilweise parallel ausgeführt werden.

Ein wesentlicher Unterschied des Drive-Thru Konzeptes ist, dass die Ladungsträger bereits in der richtigen Sequenz in die Beladeregale eingelagert werden und nicht wie bei Konzept 1 und 2 nochmals gehandhabt werden müssen. Des Weiteren entfallen im Unterschied zu den anderen Konzepten alle Handhabungsstufen für Transportgestelle, da diese nicht vom Routenzug abgehoben werden. Folglich werden auch keine Mitarbeiter oder technische Vorrichtungen benötigt. Der Verzicht auf Sequenzierstufen nach der Auslagerung aus dem AKL hat zur Folge, dass aus technischer Sicht signifikant weniger Zeit zur Zusammenstellung der Tour benötigt wird (Abb. 4). Diese lässt sich auch als technische Vorlaufzeit beschreiben. Als direkter Bestandteil der Wiederbeschaffungszeit führt eine Reduzierung der technischen Vorlaufzeit zu einer Verringerung der Wiederbeschaffungszeit um den gleichen Betrag. Bestellungen für eine Tour können länger entgegengenommen werden, wodurch sich der geforderte Meldebestand und auch die Bestände in der Fertigung reduzieren lassen. Gegenüber den anderen Automatikkonzepten ist das Drive-Thru Konzept bezüglich Investitions- und Flächenbedarf deutlich besser zu bewerten.

Der Wegfall des Sequenzierpuffers bewirkt andererseits eine zunehmende Kopplung der Beladung an das AKL. Sobald der erste Behälter für eine Tour am Bahnhof bereitgestellt wurde, ist dieser bis zum Start der entsprechenden Tour blockiert. Bedingt durch die frühe Festlegung der geforderten Ankunftsreihenfolge der Routenzüge am Bahnhof, ist das Drive-Thru Konzept bezüglich einer Entkopplung zwischen den Routenzügen schlechter zu bewerten. Die Zusammenstellung der nächsten Tour ist jedoch durch die zweifachtiefe Ausführung der Beladeregale möglich, wodurch sich ein begrenzter Entkopplungseffekt ergibt. Durch eine dynamische Fahrerzuweisung auf die unterschiedlichen Routen kann dieses Ziel weiter unterstützt werden.

Zusammenfassung

Interne Routenverkehre gewinnen besonders in der Automobilindustrie, aber auch in anderen Branchen, zunehmend an Bedeutung. [5] Durch die Transportbündelung unterschiedlicher Materialien und einer schneller getakteten Versorgung werden die internen Materialflüsse beruhigt und die Transportmittel gleichmäßiger ausgelastet. Gleichzeitig verringert sich das Verkehrsaufkommen und das Unfallrisiko in der Produktion sinkt.

Obwohl sich automatische Kleinteilelager mittlerweile zu einer weit verbreiteten Lösung für lagerhaltige Logistikkonzepte entwickelt haben, sinkt der Automatisierungsgrad bei der Routenzugbeladung rapide. In vielen Einsatzfällen werden die Züge vollständig manuell beladen, was zu einem hohen Mitarbeiterbedarf in Verbindung mit einer hohen körperlichen Belastung führt. In weniger verbreiteten automatischen Konzepten werden Routenzüge über mehrere Handhabungs- und Pufferstufen für Behälter und Transportgestelle beladen, was wiederum zu hohen Investitionen in Fördertechnik und Fläche, sowie zu langen Vorlaufzeiten führt.

In einem neuen Ansatz, welcher am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) entwickelt und erprobt wurde, werden die KLT direkt auf den Routenzug verladen, ohne dass Anhänger oder Transportgestelle gewechselt werden müssen. Dadurch ergeben sich im Gegensatz zu anderen automatisierten Konzepten Vorteile bzgl. Investitionen, Flächenbedarf, Durchsatz und ergonomischen Aspekten.

Durch die Reduzierung von Handhabungs- und Pufferstufen sinkt zudem die notwendige Vorlaufzeit. Material erreicht den Bedarfsort schneller, wodurch sich Bestände reduzieren lassen ohne den Versorgungstakt zu erhöhen.

Das Konzept wurde im Rahmen einer Simulationsstudie untersucht und in enger Zusammenarbeit mit der Jungheinrich AG Geschäftsbereich Logistiksysteme prototypisch umgesetzt und getestet (Abb. 4).



Abbildung 4: Drive-Thru Prototyp in der Versuchshalle des Lehrstuhl fml

Literaturverzeichnis

- [1] Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie, Springer Verlag Heidelberg, 2009
- [2] n.n. Vorbild Supermarkt in Logistik Heute, Nr. 11, 2009, pp.30-31
- [3] Dreher, S., Nürnberger, A., Kulus, D. Routenoptimierung in der Produktionslogistik in ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. Vol. 104, pp.131-135
- [4] Dickmann, P.,: Schlanker Materialfluss, Springer Verlag Heidelberg, 2009
- [5] Günthner, W. A.: Stand und Entwicklung von Routenzugsystemen für den innerbetrieblichen Materialtransport – Ergebnisse einer Studie, München, 2012