

Materialflusstechnologie - Anforderungen und Konzepte für wandelbare Materialflusssysteme

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. W. A. Günthner, TU München

Dipl.-Ing. Michael Wilke, TU München

1. Einleitung

In Zeiten hart umkämpfter Märkte, der Globalisierung und den immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen kann oftmals nur derjenige Wettbewerber Vorteile am Markt erzielen, der in der Lage ist, schnell und flexibel auf die sich verändernden Marktbedingungen zu reagieren. Die Markentreue der Kunden nimmt ab, Kunden fordern kurze Lieferzeiten, haben hohe Ansprüche hinsichtlich Qualität und technischer Funktionalität von Produkten und erwarten günstige Preise. Zusätzlich verlangt der Kunde nach mehr, als nur aus einer vorgegebenen Variantenauswahl sein Produkt auszuwählen. Er möchte seine Wünsche optimal erfüllt wissen und legt Wert auf die Individualität seiner Anschaffung.

Die Erfüllung dieser Anforderungen erfordert einen grundlegenden Neuaufbau der Fabrikstrukturen. Zukünftige Fabriken müssen in der Lage sein, sich schnell auf die individuellen Kundenwünsche einstellen zu können. Dies verlangt kurze Reaktionszeiten und eine sehr hohe Flexibilität im Aufbau und in den Abläufen. Mit der Produktion kundenindividueller Güter reduziert sich die Größe der Fertigungslose. Damit steigert sich die Zahl der abzuwickelnden Produktionsaufträge und so der gesamte materialflusstechnische und steuerungstechnische Aufwand erheblich [3, 5].

Heute hingegen geht die Produktion in kleinen Losgrößen noch mit sehr hohen Produktions- und Logistikkosten einher. Automatisierte Lösungen des Materialflusses rechnen sich erst wirtschaftlich bei größeren Serien. Dazu bedeutet in der Regel ein „Mehr“ an Automatisierung heutzutage ein „Weniger“ an Flexibilität und umgekehrt. Dies führt dazu, dass gegenwärtige automatische Materialflusssysteme als unflexibel gelten und ihre Komplexität bei aufwendigen Systemen schwer zu beherrschen ist.

Standardisierte Prozesse wie sie bei der Serienproduktion vorkommen, lassen sich am einfachsten automatisieren und erfordern zudem eine geringe Flexibilität. Ganz im Gegensatz dazu steht die Produktion von Kleinserien oder Einzelstücken. Sie verlangt hohe Flexibilität in den Produktionsprozessen sowie wandelbare Materialflusstrukturen. Deshalb kommen heutzutage in dynamischen

Produktionsstrukturen meist nur manuelle Fördersysteme, wie z.B. Stapler und Hubwagen zum Einsatz. Dies erfordert jedoch flexible Arbeitszeitmodelle und hohe Personalkosten, um jederzeit schnell und in hoher Qualität die Wünsche des Kunden erfüllen zu können. Deshalb bedarf es für die Verfolgung der Produktion kundenindividueller Güter neuer automatisierter Ansätze in der innerbetrieblichen Logistik, um die Kostenschere gegenüber der Serienfertigung zu verkleinern, wandelbare Materialflusssysteme zu generieren und gleichzeitig eine hohe Verfügbarkeit durch Reduzierung der Komplexität zu gewährleisten.

2. Anforderungen an ein wandelbares Materialflusssystem

In Ergänzung zur Flexibilität, die als Möglichkeit zur Veränderung in vorgehaltenen Dimensionen und Szenarien bezeichnet werden kann, müssen wandelbare Materialflusssysteme zusätzlich die Anforderung erfüllen, auf ungeplante und nicht vorgedachte eintretende Ereignisse reagieren zu können.

Ein Materialflusssystem wird entsprechend dem angebotenen Produktspektrum und dem anfänglichen Produktionsumfeld ausgelegt. Daraus ergibt sich das Potenzial des Materialflusssystems. Dieses Potenzial entsteht aus der Fördergutflexibilität, der Layoutflexibilität und der Durchsatzflexibilität der materialflusstechnischen Komponenten und lässt sich als operative Wandelbarkeit bezeichnen. Dabei definieren sich die Flexibilitätskriterien wie folgend:

- **Fördergutflexibilität:**
Das System muss in der Lage sein, unterschiedlichste Produkte, unabhängig von deren Abmessung und Gewicht, transportieren zu können.
- **Layoutflexibilität:**
Jeder Ort in der Fabrik muss bedient werden können, bzw. das Materialflusssystem muss sich schnell auf veränderte Materialflüsse einstellen können.
- **Durchsatzflexibilität:**
Durchsatzflexible Materialflusssysteme müssen sich den Leistungsänderungen der Produktion durch geeignete Maßnahmen anpassen können.

Mit der operativen Wandelbarkeit werden Schwankungen im laufenden Betrieb, wie zum Beispiel Auftragsmengenschwankungen und geringfügige Änderungen innerhalb des vorgegebenen Produktspektrums, in kurz- und mittelfristiger Hinsicht

gehandhabt. Um zu gewährleisten, dass ein Materialflusssystem in der Lage ist, auf jedes ungeplante Ereignis bzw. Aufgabe reagieren zu können, müssten diese drei Anforderungen zu 100 Prozent erfüllt sein. Dies wäre aber sowohl technisch wie auch wirtschaftlich nicht zu realisieren.

Für die Gestaltung eines Materialflusssystems, das aber auf ungeplante Ereignisse reagieren kann und trotzdem noch einen wirtschaftlichen Betrieb erlaubt, müssen deshalb folgende Eigenschaften zusätzlich erfüllt werden:

- **Erweiterungsfähigkeit:**
Eine Erweiterung des Produktionsbereiches erfordert von Materialflusssystemen, dass sowohl neue Produktionsbereiche als auch zusätzliche Übergabepplätze innerhalb bestehender Bereiche bedient werden können. Darunter versteht man die Möglichkeit, ein bestehendes Materialflusssystem durch Hinzufügen von systemeigenen Modulen zu erweitern.
- **Integrationsfähigkeit:**
Sie beschreibt nicht nur die Fähigkeit, Materialflusssysteme auf steuerungstechnischer Seite in Leit- oder PPS-Systeme zu integrieren, sondern auch die Fähigkeit, technische und steuerungstechnische Verkettungen mit anderen Materialflusssystemen einzugehen. In Ergänzung zur Erweiterungsfähigkeit bezieht sich die Integrationsfähigkeit deshalb auf das Hinzufügen von verschiedenartigen Materialflussmodulen/-systemen. Diese Integration muss hersteller- und systemunabhängig sein. Um die Integrationsfähigkeit zu gewährleisten, ist es notwendig, dass die einzelnen Systeme über offene, erweiterungsfähige mechatronische Schnittstellen und Kommunikationsfähigkeiten verfügen. In wandelbaren Materialflusssystemen zählt die Integrationsfähigkeit als Ausschlusskriterium und muss auf jeden Fall erfüllt sein.

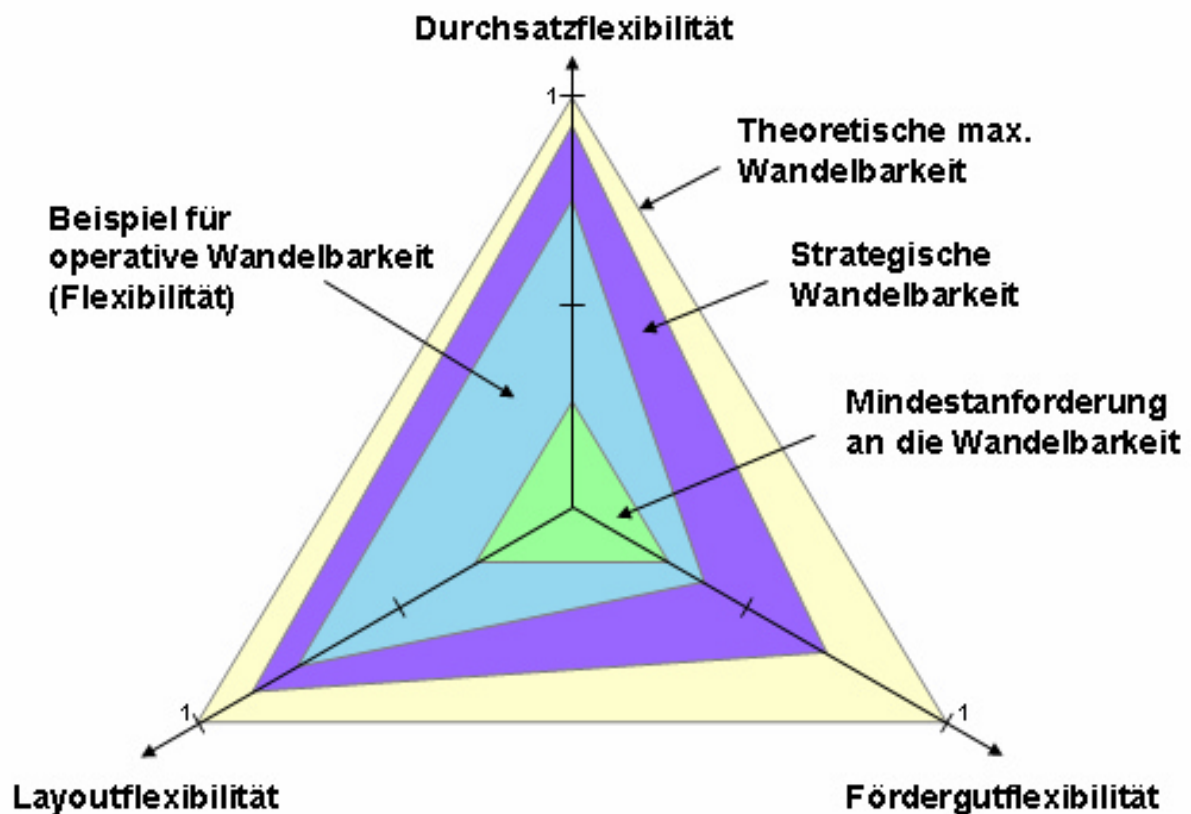


Bild 1: Beurteilung der Wandelbarkeit eines Materialflusssystems (Beispiel)

Mit den zusätzlichen Eigenschaften Erweiterungsfähigkeit und Integrationsfähigkeit besitzt das Materialflusssystem die Fähigkeit, auf vorab nicht geplante Änderungen reagieren zu können. Diese Art der Reaktionsfähigkeit wird als strategische Wandelbarkeit bezeichnet. Dabei werden Reaktionen auf Änderungen mit eher mittel- und langfristigem Charakter wie z.B. der Umstieg auf ein neues, völlig verschiedenartiges Produktspektrum beschrieben. Die strategische Wandelbarkeit macht sich dabei in der Erhöhung der Wandelbarkeitskriterien Fördergutflexibilität, Layoutflexibilität und Durchsatzflexibilität bemerkbar (vgl. Bild 1). Anhand dieser Kriterien ist es möglich, über die Fläche des sich ergebenden Dreieckes die Wandelbarkeit (operativ und strategisch) eines Materialflusssystems quantitativ zu bewerten und somit eine Basis für den Vergleich verschiedener materialflusstechnischer Varianten zu liefern. Eine Gewichtung hinsichtlich gewünschter Anforderungen (z.B. Layoutflexibilität) erreicht man mit der Verwendung eines Formfaktors.

3. Defizite bisheriger Automatisierungslösungen

Die Wandelbarkeit und die Leistungsfähigkeit eines automatisierten Materialflusssystems ergeben sich zum einen aus der Leistungsfähigkeit und der Flexibilität der einzelnen materialflusstechnischen Komponenten (Lastaufnahmemittel, Transportmittel, Lagertechnik usw.) und zum anderen aus dem Zusammenspiel dieser Komponenten. Dieses Zusammenspiel besteht aus physischen Prozessen wie z.B. der Lastübergabe und aus Kommunikationsprozessen zur Steuerung der Vorgänge. Gerade in komplexen automatisierten Systemen gestaltet sich dieses Zusammenspiel schwierig und ist für die Starrheit und Komplexität heutiger automatisierter Materialflusssysteme verantwortlich. Analysen über die Defizite der Automatisierungslösungen anhand von technischen Umsetzungen und entsprechender Fallstudien aus der Literatur [6, 2] mit dem Fokus auf der Wandelbarkeit der Anlagen zeigen, dass die Automatisierungslösungen meist aus einer zentralen Steuerung (SPS, PC, IPC) mit überwiegend dezentral über einen Feldbus angeschlossenen Aktoren und Sensoren oder intelligenten Feldgeräten bestehen. Die Bustechnologie ersetzt hierbei hauptsächlich die frühere klassischen Parallelverdrahtungen der zentralen Automatisierung und erlaubt zusätzlich, Informationen für die Parametrierung und Diagnose zu übertragen. Aber trotz des Einsatzes von Feldbussystemen stellen die umgesetzten Automatisierungslösungen meist abgeschlossene Systeme dar und sind nur veränder- und erweiterbar hinsichtlich vorgeplanter Parameter. Die Kommunikation zwischen weiteren Systemen bzw. Systemkomponenten findet dabei über proprietäre Schnittstellen statt.

Bedingt durch die hohen Anforderungen an moderne Materialflusssysteme nimmt die Komplexität der zu steuernden Aufgaben zu und führt zu komplexen Automatisierungssystemen mit sehr vielen Steuerungsvorgängen und großen zu verarbeitenden Datenmengen. So stellen schon der Betrieb und die Wartung hohe Anforderungen an das Personal, und spätestens bei einem erforderlichen Umbau bzw. einer Erweiterung der Anlage entsteht ein erheblicher Engineeringaufwand, der bis zur Größenordnung einer kompletten Neuplanung des entsprechenden Systems reichen kann. Eine weitere Ursache hierfür ist die getrennte Optimierung von mechanischen, elektrischen und steuerungstechnischen Komponenten der Maschinen bzw. der Materialflussmodule. So wird die Software nach softwaretechnischen, objektorientierten Methoden gestaltet, anstatt den mechanischen Aufbau und dessen Funktionalität abzubilden. Gerade beim Umbau eines komplexen automatischen Systems entstehen hier Probleme, da die Systemgrenzen der Mechanikmodule nicht mit den Systemgrenzen der

Softwaremodule übereinstimmen. Damit zeigt sich, dass die heutigen Automatisierungslösungen für Materialflusssysteme die Anforderungen an die Wandelbarkeit moderner Materialflusssysteme, nicht ausreichend erfüllen.

Einen Lösungsansatz hierfür bietet eine funktionsorientierte Modularisierung des Materialflusssystem auf Basis der verteilten Automatisierung.

4. Funktionsorientierte Modularisierung in der Materialflusstechnik

Für die Konzeption eines automatisierten wandelbaren Materialflusssystem und dessen materialflusstechnischen Komponenten, das den Anforderungen der kundenindividuellen Produktion genügt, lässt sich als Gestaltungsmethode eine funktionsorientierte Modularisierung in Verbindung mit einer mechatronischen Betrachtungsweise anwenden. Bei dieser Methode wird das Materialflusssystem aus mechatronischen Modulen aufgebaut, deren Modulgrenzen entsprechend der Funktionalität gezogen, und die nach dem Konzept der verteilten Automatisierung automatisiert sind.

Das Konzept der verteilten Automatisierung, auch verteilte Intelligenz bzw. Distributed Automation genannt, vereint die Vorteile der zentralen und dezentralen Automatisierung miteinander. Alle Teilnehmer stellen autonome mechatronische Module dar, deren gesamte Funktionalität in Form von Mechanik, Pneumatik, Hydraulik, Elektrik und Steuerung zu einer mechatronischen Funktionseinheit vereinigt wird. Gepflegt und spezifiziert wird dieser offene Standard für die Automatisierungstechnik von der IDA-Organisation (Interface for Distributed Automation) [8] aber auch weitere Organisationen wie die PROFIBUS Nutzerorganisation bieten ähnliche Konzepte an [4].

Gerade von dem Automatisierungskonzept der Materialflussmodule hängt es ab, ob ein Materialflusssystem wandelbar und wirtschaftlich sein kann und ob der Zielkonflikt zwischen hoher Produktivität durch Automatisierung und der damit verbundenen sinkenden Flexibilität aufgelöst werden kann. Das Konzept der verteilten Automatisierung verknüpft die Vorteile einer zentralen Automatisierung (eine Datenbasis und ein Steuerungsprogramm => Keine Redundanz) mit denen einer dezentralen Automatisierung (geringer Komplexität, Modularisierung möglich). Bei diesem Konzept besteht ein System aus autonomen mechatronischen Funktionseinheiten, die über eine mechatronische Schnittstelle miteinander gekoppelt werden können. Die Kommunikation zwischen den Modulen findet auf einer durchgängigen, systemunabhängigen Verbindungsschicht auf Basis von

Ethernet, XML (Extensible Markup Language) und SOAP (Simple Object Access Protocol) [7] statt. Dieser Aufbau bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Da die Systemgrenzen von Mechanik, Elektrik und Steuerung identisch sind, lassen sich die Module unabhängig von einander testen, in Betrieb nehmen und austauschen. Somit verkürzen sich die Inbetriebnahmezeiten, da Parallel- und Teilinbetriebnahmen bzw. Vorabtests beim OEM möglich sind. Außerdem erhöht sich die Verfügbarkeit des Gesamtsystems, da die Applikationen vor Ort im Gerät autark ablaufen und Steuerungsfehler sich eindeutig dem ausgefallenen Modul zu ordnen lassen (Vermeidung von redundanten Steuerungsvorgängen). Diese Vorteile ermöglichen eine Realisierung der beiden geforderten Wandelbarkeitskriterien Erweiterungsfähigkeit und Integrationsfähigkeit auf Seiten der Automatisierungsebene.

Die Datensprache XML (Extensible Markup Language), die aus dem IT-Bereich stammt, erlaubt einen offenen und beliebig erweiterbaren Datenaustausch. Neben der eigentlichen Information werden gleichzeitig auch die Datenbezeichnung und das Datenformat übermittelt. Somit kann jeder Teilnehmer, der z.B. etwas mit dem Begriff „Auftragsnummer“ anfangen kann, diese Information auch verwerten, da die Information über das Datenformat und damit die Kodierung mitgeliefert wird. Aber auch der Mensch kann XML-kodierte Daten unter zur Hilfenahme eines Web-Browsers einfach und optisch aufgearbeitet lesen. Dadurch schafft man die Voraussetzungen, dass automatisierte Maschinen in einem wandelbaren Materialflusssystem miteinander kommunizieren können und dazu in einer Sprache, die auch der Mensch verstehen kann.

Wendet man dieses beschriebene Konzept beispielsweise auf eine Elektrohängebahn/Hängekrananlage an, die aus autonomen, intelligenten, dezentral gesteuerten Fahrzeugen besteht, ergibt sich der folgende Aufbau (Bild 2).

Ein Fahrzeug (Katze) besteht aus mehreren Basiselementen, wie z.B. dem Antrieb, dem Hubwerk und der Wegerfassung. Diese Basiselemente sind autonome Funktionseinheiten mit mechatronischen Systemgrenzen und bilden zusammenschaltet wiederum ein autonomes Element wie z.B. ein Fahrzeug einer EHB. Die Eigenschaften, Fähigkeiten und Schnittstellen des Elementes entstehen aus der Synthese der Eigenschaften, Fähigkeiten und Schnittstellen der Basiselemente. Sollten bei dieser Synthese die Systemgrenzen der Basiselemente sich miteinander vermischen, stellt das neu entstandene Element wiederum das kleinste Basiselement dar.

Die Fahrbahn bildet wie ein Fahrzeug ein autonomes mechatronisches Element im Materialflusssystem und hat die Aufgabe den Fahrzeugen die Wege zu den verschiedenen Orten des Materialflusssystem zur Verfügung zu stellen. Eine Fahrbahn lässt sich in passive und aktive Wegelemente klassifizieren. Aktive Elemente unterscheiden sich von den passiven, indem sie Bewegungen bzw. Veränderungen des Fahrweges vornehmen können. Somit müssen bei passiven Elementen nur die mechanischen (Traglast, Geometrie usw.) und elektrischen Schnittstellen (Stromversorgung usw.) des Elementes beschrieben werden. Bei den aktiven Elementen hingegen kommt die Beschreibung der steuerungstechnischen Schnittstelle hinzu, da in diesen Elementen Steuerungsvorgänge stattfinden.

Entsprechend des Konzeptes der verteilten Automatisierung muss der Aufbau und die Funktionalitäten der Fahrbahn steuerungstechnisch hinterlegt werden. Dies geschieht, in dem die aktiven Elemente (Verzweigungen) als globale Wegpunkte betrachtet werden, die über passive Elemente miteinander verbunden sind und so den gesamten Fahrweg darstellen. Trägt man nun die globalen Wegpunkte in die Zeilen und Spalten einer Matrix ein und füllt deren Eigenschaftsfelder mit den Daten der passiven Wegelemente, erhält man das steuerungstechnische Abbild des Fahrbahnnetzes.

Basiselemente des Elements Fahrzeug (Bsp.: Katze einer EHB)	Basiselemente der Fahrbahn (Bsp.: Elektrohängebahn/Hängekrananlage)	
	Passive Basiselemente	Aktive Basiselemente
<ul style="list-style-type: none"> • Fahrwerk (Antrieb, Bremsen, Räder, Fahrgestell, Energiezuführung) • Lastaufnahmemittel • Hubwerk • Sicherheitseinrichtungen (Kollisionsschutz, Lastabsturz) • Kommunikationsmodul • Wegmesssystem ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrschienen (Kurven/Geraden) • Befestigungen • Tragwerk 	<ul style="list-style-type: none"> • Verzweigungen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Weichen ○ Drehscheiben ○ Kranbrücken ○ Kreuzungen • Vertikale Umsetzeinrichtungen (Etagenförderer, Hub-/Senkstationen)

Bild 2: Bsp.: Modularisierung einer EHB-Anlage

5. Fahrzeugsteuerungskonzept für wandelbare Materialflusssysteme

Aufbauend auf den Wandelbarkeitsanforderungen und unter Berücksichtigung des Konzeptes der verteilten Automatisierung wurde am Lehrstuhl fml folgendes Fahrzeugsteuerungskonzept für ein wandelbares Materialflusssystem entwickelt, das anhand des folgenden Analogiebeispiels veranschaulicht werden soll.

Das Straßennetz mit den Autofahrern stellt ein wandelbares Materialflusssystem dar. Jeder Autofahrer kann jeden Ort erreichen und dabei die unterschiedlichsten Dinge transportieren. Und das unabhängig von den anderen Autofahrern. Möchte ein Autofahrer von München nach Dortmund fahren, plant er seine Route mit einer Straßenkarte und orientiert sich unterwegs an den Ortsschildern bzw. Wegweisern. Dabei spielt es für ihn im Gegensatz zu einem automatisierten System keine Rolle, ob er an zwei oder mehreren

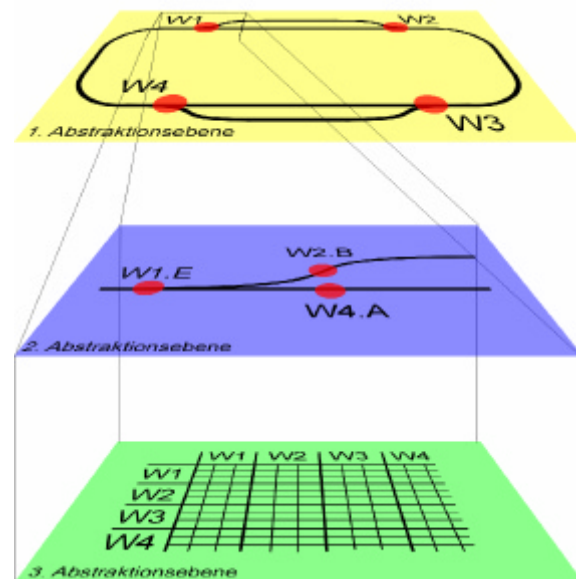


Bild 3: Abstraktionsschritte

Abzweigungen vorbeikommt oder sogar eine Umleitung fahren muss. Dadurch erweist sich der Autofahrer durch seine Wandelbarkeit gegenüber einem starren Automatisierungssystem überlegen. In dem entwickelten Fahrzeugsteuerungskonzept wird gezeigt, wie man das Verhalten eines Autofahrers auf ein automatisiertes Materialflusssystem (Bsp. EHB) übertragen und so die gleiche Wandelbarkeit zu erzielen kann. Dazu wird jeder Verzweigung ein globaler Waypoint zugewiesen (1. Abstraktionsschritt, Bild 3). In einem zweiten Abstraktionsschritt betrachtet man das System mechatronisch. Da eine Weiche drei mechanische Ein- bzw. Ausgänge besitzt, muss also jedem Ein-/Ausgang ein lokaler Waypoint zugeordnet werden. Diese Waypoints sind einfache Transponder, die an der Schiene befestigt sind und über eine eindeutige Kennung verfügen. Die Transponder stellen gewissermaßen die informationstechnische Abbildung der realen Verzweigungen dar. Man kann sie mit Wegweisern an einer Kreuzung vergleichen. Des Weiteren wird für die Wegplanung noch eine Art Straßenkarte benötigt. Darum werden in einem dritten Abstraktionsschritt die Waypoints mit ihren Verbindungen und den

Eigenschaften dieser Verbindungen in eine Matrix eingetragen. Zu den Eigenschaften gehören z.B. die Länge, die Kapazität, die Durchfahrtsrichtung, usw.

Die Waypointmatrix (Bild 4) stellt einen gemeinsamen Datenpool dar, auf den sowohl die Fahrzeuge, wie auch die Weichenmodule zugreifen. Sie spiegelt das Layout, die Eigenschaften und den aktuellen Zustand des Materialflusssystems wieder. Die Informationen in der Matrix sind mit der Datensprache XML kodiert. So lässt sich die Matrix jederzeit für neue Funktionen und Teilnehmer erweitern und verändern, ohne dass in die Programmierung der bestehenden Teilnehmer eingegriffen werden muss.

Im Detail läuft die Wegplanung folgendermaßen ab. Bekommt nun ein Fahrzeug den Auftrag von W1 nach W3 zu fahren, liest es sich die zentral abgelegte Waypointmatrix aus und plant selbstständig seinen Weg. Die geplante Route wird in die Matrix eingetragen, und die Waypointmatrix zurück auf einen zentralen Server geschrieben. Danach ist das nächste Fahrzeug an der Reihe sich die Matrix auszulesen und seinen Weg zu planen. Ebenso lesen die Weichenmodule die Matrix aus und erfahren so, wie sie sich zu stellen haben.

Zu den Vorteilen dieses Steuerungskonzeptes gehört es, dass es layoutflexibel ist, da jede physische Veränderung des Schienenverlaufes schnell und einfach an einem Ort, der Waypointmatrix, steuerungstechnisch hinterlegt wird. Dafür müssen die Steuerungsprogramme der Fahrzeuge nicht umprogrammiert werden, wie es sonst bei dezentral gesteuerten Fahrzeugen nötig wäre.

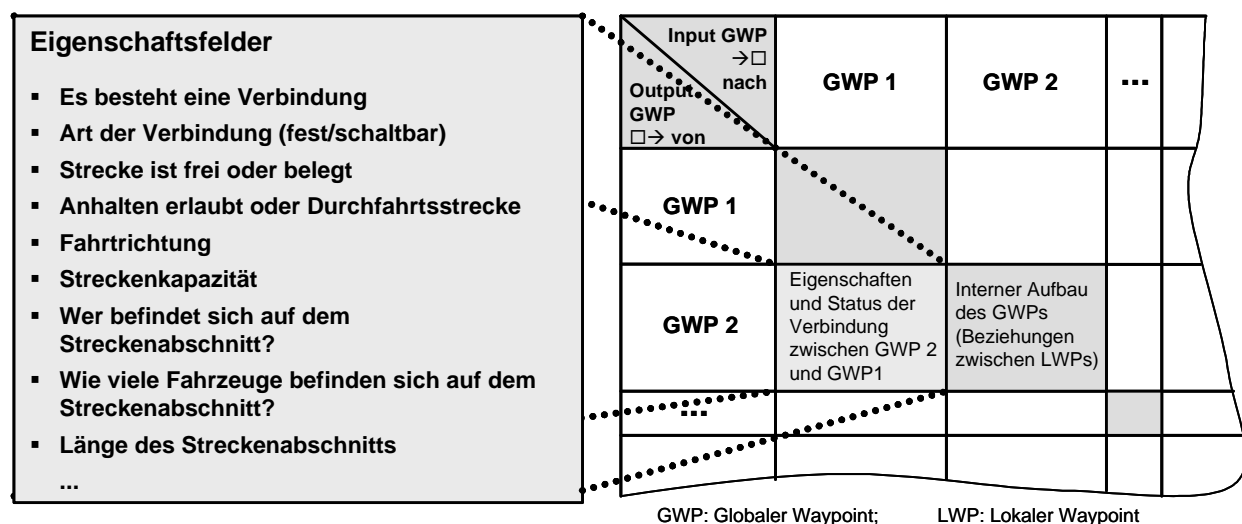


Bild 4: Aufbau der Waypointmatrix

Auch bietet das Konzept eine hohe Durchsatzflexibilität. Es können jederzeit Fahrzeuge hinzugefügt oder entfernt werden, ohne dass in die Software der anderen Fahrzeuge eingegriffen werden muss. Dazu lassen sich die Schienen bidirektional

befahren, was erlaubt, den kürzesten direkten Weg zu nehmen. Ein Fahrzeug reserviert nur die Fahrtrichtung und muss nicht unbedingt die ganze Strecke für sich sperren. So können nachfolgende Fahrzeuge die Teilstrecken in entsprechender Fahrtrichtung mitbenutzen.

Intelligente und dumme Fahrzeuge können nebeneinander in dem gleichen System operieren, da sie unabhängig von einander sind. Möchte z.B. ein Fahrzeug eine bestimmte Strecke befahren und diese somit für andere Fahrzeuge sperren, wird dies in der Waypointmatrix in dem Eigenschaftsfeld des entsprechenden Streckenabschnittes vermerkt. Das Fahrzeug muss also nicht jedes weitere Fahrzeug direkt über seine Absichten informieren, sondern kann dies für alle über die Waypointmatrix tun und damit auch unbekannte Teilnehmer erreichen.

Die Wegplanung kann dezentral auf dem Fahrzeug bzw. für alle zentral über einen Wegplaneragenten realisiert werden. Dieser Wegplaneragent lässt sich mit einem Verkehrsleitsystem auf Autobahnen vergleichen. Er analysiert parallel zu den Fahrzeugen die Waypointmatrix und das reale Geschehen in der Anlage. Bemerkte er Staubildungen, kann er eingreifen, indem er die Waypointmatrix umschreibt, um so z.B. die Streckenkapazität bestimmter Abschnitte zu verändern. Das Konzept bietet den Vorteil, dass man mit dem Hinzufügen eines neuen Moduls (Wegplaneragent) sein Materialflusssystem verbessern kann, ohne in bestehende Programme eingreifen zu müssen.

Dieses Steuerungskonzept für die Fahrzeugsteuerungen ist erweiterungs- und integrationsfähig und erfüllt damit wichtige Anforderungen für ein wandelbares automatisiertes Materialflusssystem. Es ist sowohl für Elektrohängekran-/Hängebahnsysteme wie auch für fahrerlose Transportsysteme anwendbar. Durch die strikte Modularisierung und den klar gezogenen Systemgrenzen mit ihren standardisierten mechatronischen Schnittstellen werden außerdem redundante Steuerungsvorgänge bzw. Datenhaltung vermieden [1].

Für die Verifizierung des Fahrzeugsteuerungskonzeptes wurden materialflusstechnische Simulationen mit Hilfe eines selbst entwickelten Simulationsprogramms an Beispielszenarios durchgeführt, die die Ergebnisse hinsichtlich Wandelbarkeit bestätigen. Das entwickelte Simulationsprogramm erlaubt es, die Wegplanung auf Basis der Waypointmatrix für verschiedene Szenarios zu untersuchen. Zusätzlich wird das Steuerungskonzept prototypenhaft an der lehrstuhleigenen Elektrohängebahn/Hängekran-Versuchsanlage umgesetzt.

6. Fazit

Heutzutage schrecken vor allem kleine und mittlere Unternehmen davor zurück, hoch automatisierte Anlagen im Bereich des Materialflusses einzusetzen. Aber gerade kleine und mittlere Unternehmen besetzen aufgrund ihrer Fähigkeit, sich schnell auf die veränderten Marktbedingungen und Kundenwünsche einstellen zu können, Marktpositionen. Hier wäre ein starr automatisiertes Materialflusssystem und ein starrer Fabrikaufbau hinderlich. Darum bedarf es flexibler Fertigungsstrukturen und wandelbarer Materialflusssysteme. Der Einsatz von mechatronischen Modulen mit standardisierten Schnittstellen im Bereich des physikalischen und des informationstechnischen Materialflusses bietet die Voraussetzungen für ein kostengünstiges, effektives und zuverlässiges Gesamtsystem. Zwar treten bei der Anschaffung und bei dem Aufbau eines modularen Materialflusssystems höhere Kosten auf, die sich aber schnell durch die gewonnene Fähigkeit, sich jederzeit den Kundenwünschen anpassen zu können, amortisieren lassen. Bedingt durch die funktionsorientierte Modularisierung und einer standardisierten erweiterungsfähigen Kommunikation auf Basis von XML ist der Zeitanteil der Inbetriebnahme und vor allem beim Umbau deutlich zu reduzieren. Wertvolle Zeitverluste durch Stillstand der Produktion und gegenüber Mitbewerbern können deutlich vermindert werden.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches SFB 582 „Marktnahe Produktion individualisierter Produkte“ (gefördert durch die DFG) erarbeitet der Lehrstuhl fml in dem Teilprojekt M2 „Wandelbare Logistikstrukturen in Minifabriken“ Anforderungen und Lösungen für den Aufbau und die Gestaltung wandelbarer Materialflusssysteme, die in Fabriken, die kundenindividuell produzieren, eingesetzt werden können.

Literatur

- [1] *Günthner, W.A., Wilke M.:* Anforderungen an automatisierte Materialflusssysteme für wandelbare Logistikstrukturen, Tagungsband Wissenschaftssymposium Logistik der BVL 2002, Huss-Verlag GmbH, München, ISBN-Nr. 3-931724-61-1, S. 335-345, 2002.
- [2] *Mehldau, M.:* Beitrag zur Teilautomatisierung des Materialflusses als Instrument logistischer Systemgestaltung. In: Baumgarten, H.; Gösta, B.I: Schriftenreihe der Bundesvereinigung Logistik (BVL): Band 25. Huss-Verlag, München 1991.
- [3] *Piller, F.:* Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter, Deutscher Universitäts-Verlag, 2001.
- [4] PROFInet-Systembeschreibung, PROFIBUS Nutzerorganisation e.V., Karlsruhe, November 2002.

- [5] *Schenk, M, Seelmann-Eggebert, R.:* Die Kundenwunschfabrik – Anforderungen und Lösungsansätze, TU Chemnitz: Fachtagung Vernetzt planen und produzieren, Chemnitz, 12. Oktober 2000, Tagungsband.
- [6] *Scheid, Wolf-Michael:* Kommt die durchgängige Automatisierung?, Zeitschrift F+H Fördern und Heben 52 (2003) Nr.11, Vereinte Fachverlage GmbH, Mainz, S.696-700, 2003.
- [7] Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.2 <http://www.w3.org/TR/SOAP>, W3C-Note 7.Mai 2003, W3-Consortium, 2003.
- [8] White Paper 1.1, www.ida-group.org, November 2002.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Michael Wilke
Telefon: 089 / 289 -1 59 42
e-mail: wilke@fml.mw.tum.de
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
Technische Universität München
Boltzmannstraße 15, 85747 Garching
Tel.: 089 / 289 - 1 59 21 Fax: 089 / 289 - 1 59 40