

Trends und Perspektiven in der Intralogistik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner

Die Situation der Produktionsunternehmen ist von einer Verkürzung der Innovationszyklen, einer rasant steigenden Anzahl an Produktvarianten und einem beschleunigten technischen Fortschritt gekennzeichnet. Daraus resultiert ein steigender Kosten- und Zeitdruck im Wettbewerb der Unternehmen. In Käufermärkten, auf denen sich zunehmend Sättigungstendenzen zeigen, findet ein starker Verdrängungswettbewerb statt. In dieser Situation kann oftmals nur derjenige Wettbewerber Vorteile am Markt erzielen, der in der Lage ist, schnell und flexibel auf die sich verändernden Marktbedingungen zu reagieren.

Eine weitere Herausforderung für die Unternehmen stellt das Verhalten der Kunden dar. So können ein Rückgang der Markentreue bei gleichzeitig steigenden Ansprüchen an Lieferzeit, Qualität, technische Funktionalität und dem Preis von Produkten beobachtet werden. 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.

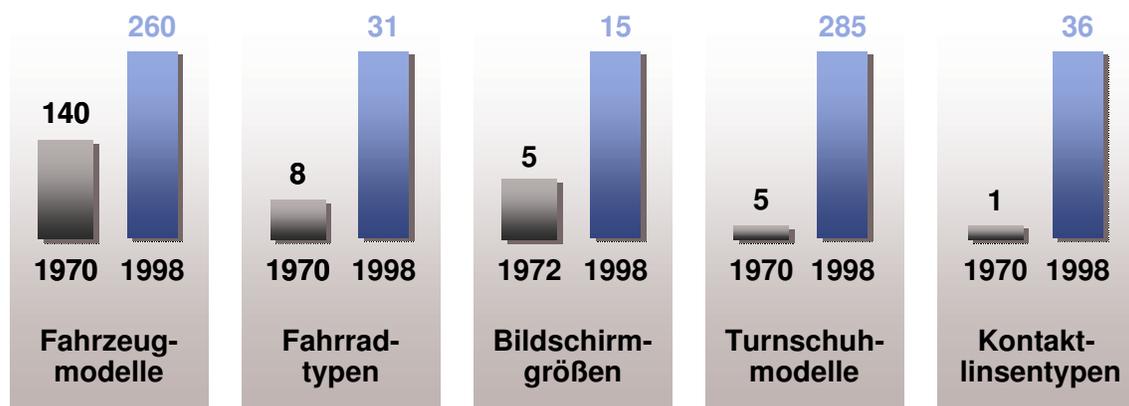


Abbildung 1: Anstieg der Variantenvielfalt zwischen 1970 und 1998 [Co-98]

Heute geht die Fertigung in kleinen Losgrößen noch mit erheblichen Produktions- und Logistikkosten einher. Automatisierte Lösungen des Materialflusses wie zum Beispiel in der Automobilindustrie rechnen sich wirtschaftlich erst bei größeren Serien, was den effizienten Einsatz bei stetig kürzer werdenden Produktlebenszyklen und der Tendenz zur Kleinserien- und Einzelfertigung, vor allem im Konsumgüterbereich, teilweise erschwert. Flexibilität innerhalb vorhersehbarer Szenarien ist daher nicht mehr ausreichend. Es werden wandelbare Produktions- und Logistiksysteme benötigt, die im Gegensatz zu flexiblen Materialflusssystemen die Fähigkeit besitzen, auch auf nicht vorgeplante Ereignisse effizient zu reagieren [Gü-03].

Heutzutage, jedoch, bedeutet in der Regel ein „Mehr“ an Automatisierung ein „Weniger“ an Flexibilität und umgekehrt. Dies hat zur Folge, dass die gegenwärtigen

automatisierten Materialflusssysteme als unflexibel gelten und ihre Komplexität bei aufwendigen Systemen schwer zu beherrschen ist.

Vor allem die Steuerungsebene hat bereits heute einen Komplexitätsgrad erreicht, der mit herkömmlichen Systemarchitekturen nur schwer zu beherrschen ist. Im Besonderen gestaltet sich eine Optimierung bestehender Materialflusssysteme als aufwändig, da die große Anzahl der Abhängigkeiten und Wechselwirkungen eine modellhafte Abbildung des Materialflusssystems erschwert. Eine Engpassanalyse und die Erarbeitung von Optimierungsstrategien ist kaum noch effizient durchführbar.

Der Gegensatz zwischen Automatisierung und Flexibilität im Materialfluss wird auch von der BVL Studie „Trends und Strategien in der Logistik“ belegt [BVL-05].

Unternehmen, die eine Strategie der Differenzierung verfolgen und damit auf eine möglichst hohe Flexibilität angewiesen sind, weisen in allen Bereichen des Materialflusses einen deutlich niedrigeren Automatisierungsgrad auf, als Unternehmen, die eine Strategie der Kostenführerschaft verfolgen und damit auf Standardisierung und Auslastung der Materialflusssysteme bauen.

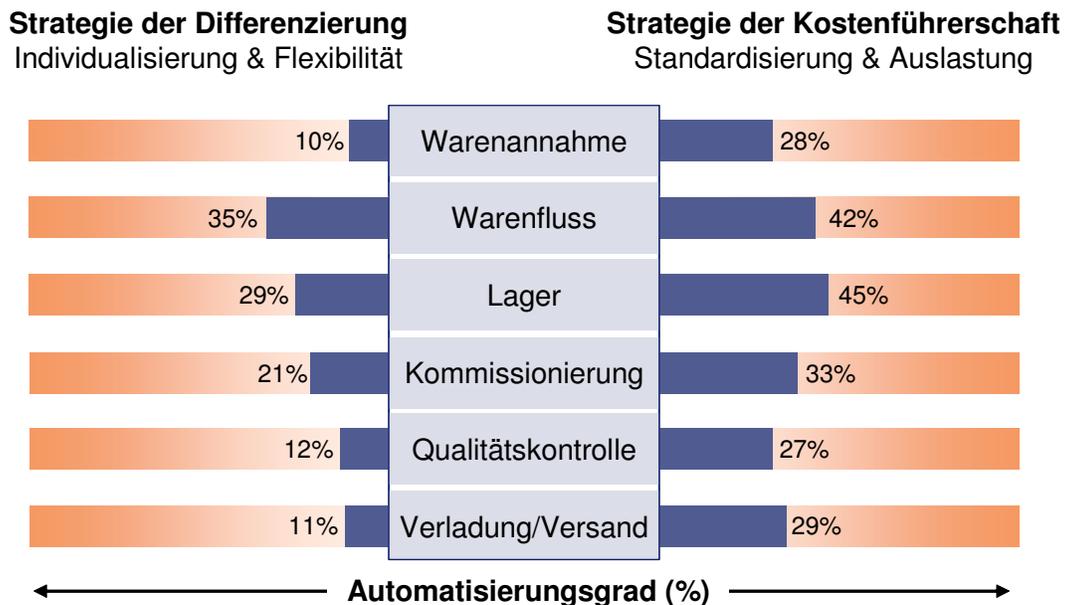


Abbildung 2: Automatisierungsgrad einzelner Materialflussbereiche in Abhängigkeit der strategischen Ausrichtung des Unternehmens [BVL-05]

Wege zu einer wandelbaren Automatisierung

Vor allem die geringe Flexibilität heutiger automatisierter Materialflusssysteme lässt diese für einen breiteren Einsatz ungeeignet erscheinen.

Daher ist es in erster Linie notwendig, von dem heutzutage herrschenden Paradigma der zentralen Steuerungsarchitektur abzukommen, da sich diese durch einen hierarchischen Aufbau und damit begrenzte Integrations- und Erweiterungs-

möglichkeiten, sowie durch eine kaum noch überschaubare Systemkomplexität auszeichnet.

Als Lösung bietet sich die Gestaltung einer dezentralen und autonomen Steuerung des Materialflusses an. Zentrale Bausteine sind Identifikationstechnologien mittels RFID, die Methode der funktionsorientierten Modularisierung und erweiterungsfähige Kommunikationskonzepte.

Identifikationstechnologien, RFID

Innovationen und mögliche Anwendungen für die RFID¹ Technologie standen in den letzten Jahren wie kaum ein anderes Thema im Mittelpunkt und wurden auf zahlreichen Seminaren und Messen vorgestellt. Die RFID-Technologie hat ihren Einzug in die Logistik gefunden, allerdings ohne den Barcode zu verdrängen oder gar abzulösen. Vielmehr wird sie gegenwärtig gezielt in bestimmten Bereichen, z. B. zur Steuerung oder Identifizierung unter widrigen Umgebungsbedingungen eingesetzt.

Mittlerweile sind die Unternehmen auch immer besser über die technischen Möglichkeiten der RFID Technologie informiert und sehen ein hohes Potential in dieser Technik. Allerdings fällt es ihnen noch schwer, in ihren eigenen Unternehmen solche Einsatzpotentiale konkret zu identifizieren. Dieses schwer abschätzbare Nutzen- und Einsparungspotential stellt, zusammen mit den hohen Investitions- und Betriebskosten und der fehlenden Standardisierung, für die meisten Unternehmen ein bedeutendes Hemmnis für den Einsatz von RFID dar.

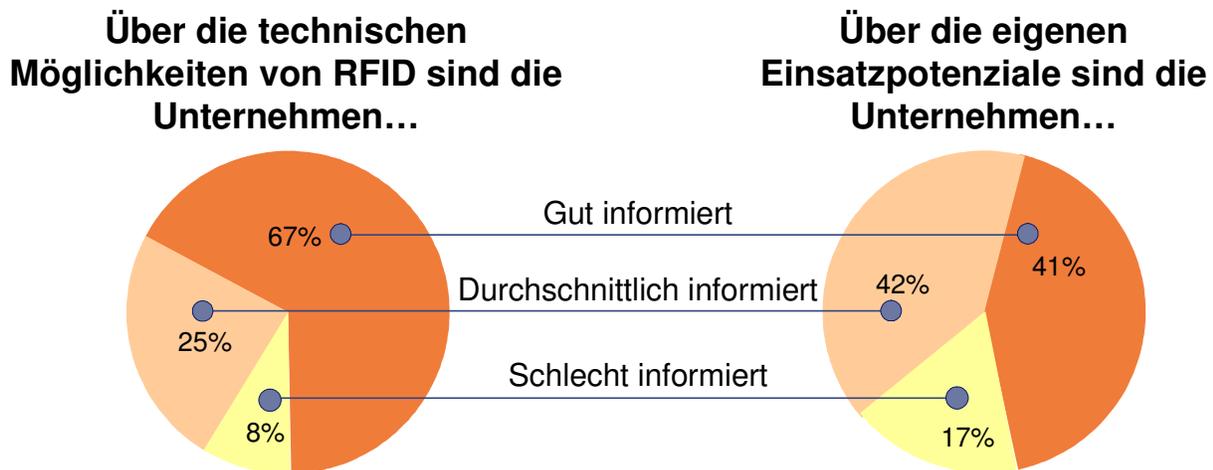


Abbildung 3: Wissen der Unternehmen um die technischen Möglichkeiten und Einsatzbereiche von RFID [BVL-05]

Doch auch wenn die Durchdringungsrate von RFID im Allgemeinen noch bei niedrigen 4% bis 6% liegt, so geben die meisten Unternehmen doch an, bis zum Jahr 2010 einen stärkeren Einsatz der RFID Transponder anzustreben. Demnach wird RFID, zumindest anfänglich, eher eine Ergänzung als ein Ersatz für die heutigen Identifikationstechniken sein.

Nichtsdestotrotz wird an weitergehenden Visionen geforscht. RFID erlaubt erstmals einen behälterbegleitenden Informationsfluss zu realisieren, der von externer

¹ Radio Frequenz Identifikation

informationeller Infrastruktur völlig unabhängig ist und bietet dadurch eine Grundlage für die dezentrale Steuerung von Materialflusssystemen. Drahtlose Kommunikationsnetze und Ubiquitous Computing² ermöglichen eine permanente Lokalisierung und Identifizierung der Behälter innerhalb des Logistiksystems. In Kombination mit modernen Kommunikationsplattformen und dezentralen Steuerungssystemen lassen sich somit intelligente Ladungsträger und intelligente Transportgüter bis hinab auf die Ebene des einzelnen Stückgutes realisieren. Wie in einem „Internet der Dinge“ steuert dann nicht mehr der Materialfluss die Waren, sondern die Waren steuern den Materialfluss.

Funktionsorientierte Modularisierung

Für Mechanik und Energieversorgung existieren bereits erprobte Modularisierungsansätze und zahlreiche Baukastensysteme. Was die steuerungstechnische Ebene anbelangt, ist die heutzutage eingesetzte Software jedoch aufgabenspezifisch ausgeführt und an ein bestimmtes Szenario angepasst. Die monolithische und hierarchische Steuerungsarchitektur bewirkt zusätzlich, dass sich lokale Änderungen, wie z.B. das Entfernen oder Hinzufügen einer Wegstrecke oder eines Fahrzeugs, oft auf das gesamte System auswirken, wodurch eine Umprogrammierung des Leitrechners und/oder aller anderen im System befindlichen Steuerungen nötig werden kann.

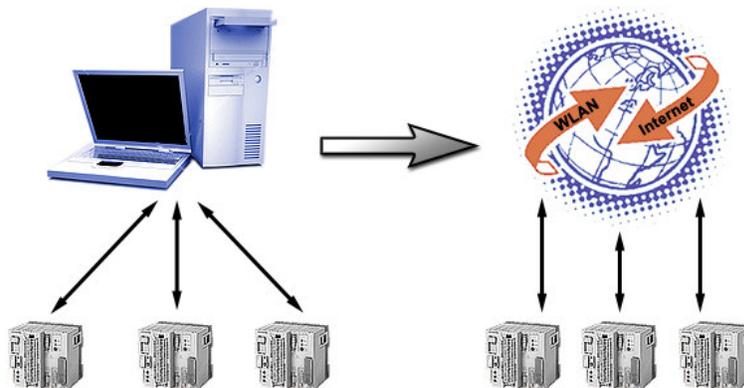


Abbildung 4: Von der zentralen zur dezentralen Steuerungsarchitektur

Um diese Probleme zu beseitigen, wird die Steuerungsaufgabe in logistische Teilfunktionen gegliedert, die jeweils eindeutig einem Materialflussmodul zuzuordnen sind. Die Schnittstellen eines Moduls werden so gezogen, dass Mechanik, Energieversorgung und Steuerungstechnik eine mechatronische Einheit bilden, die sowohl aus Sicht der physikalischen Komponenten, als auch der logischen Abläufe und Funktionen, in der Lage ist, ein Teilproblem der logistischen Gesamtaufgabe selbständig zu bewältigen. Die eindeutige Zuordnung von Aufgaben und die stringente Abgrenzung der Module voneinander führen zu einer starken Reduktion und klaren Herausarbeitung der Abhängigkeitsbeziehungen zwischen den verschiedenen Komponenten des Materialflusssystemes. Wechselwirkungen zwischen Modulen sind nur noch über die

² Allgegenwärtige Informationsverarbeitung (Begriff von Mark Weiser in seinem Aufsatz seinem Aufsatz „The Computer for the 21st Century“ geprägt)

festgelegten mechanischen, energetischen und steuerungstechnischen Schnittstellen möglich.

Einzelne Materialflussmodule wie z.B. Weichen, Rollenförderer oder FTS erfüllen ihre Aufgaben selbstständig und machen so einen übergeordneten Materialflussrechner entbehrlich. Diese Module bilden ein Netzwerk von Dienstleistern, die mit unterschiedlichsten Aufgaben betraut werden können.

So werden Kompetenzen, die zur Grundfunktionalität eines Materialflussmoduls gehören, wie z.B. Wegplanung oder Auftragsbearbeitung, von diesen eigenverantwortlich übernommen.

Kommunikation

Ein gerichtetes Zusammenspiel der autonomen Materialflusselemente untereinander und mit übergeordneten Leit- und Steuersystemen, setzt Kommunikationsschnittstellen und -protokolle voraus, die von jedem Element beherrscht und zur Verfügung gestellt werden. Eine universelle Einsetzbarkeit dieser Kommunikationsarchitektur wird erreicht, indem alle Kommunikationsaufgaben auf Grundlage eines einfachen Regelwerks abgebildet werden, das leicht zu implementieren ist und möglichst geringe Anforderungen an die Technik stellt.

Als Datensprache, bzw. Darstellungsformat für die übertragene Information, bietet sich XML³ an. Diese Sprache wurde vom World Wide Web Consortium (W3C) definiert und ist ein Standard zur Erstellung von menschen- und maschinenlesbaren Dokumenten. Die Daten werden dabei in einer Baumstruktur geordnet, ähnlich den Dateien auf einem Computer, und sind dabei durch einen Namen identifizierbar. Als solche können sie von einem Softwareprogramm interpretiert und bearbeitet oder auch grafisch aufgearbeitet in einem Internetbrowser angezeigt werden. Neben den eigentlichen Nutzdaten lassen sich auch zusätzliche Angaben speichern wie z.B. das Datenformat. So erfährt der Empfänger einer XML-Nachricht aus der Nachricht selbst, wie die verschiedenen Datenelemente interpretiert werden müssen.

Durch den Einsatz neuer Kommunikationstechnologien wird es möglich, beliebig viele Geräte und Softwareprogramme in einem Materialflusssystem miteinander zu vernetzen, wobei Teilnehmer jederzeit hinzugefügt oder entfernt werden können. Durch die Fähigkeit der Materialflusselemente zur Ad-Hoc-Vernetzung ergibt sich eine stark verbesserte Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit. So kann z.B. ein Materialflussmodul an ein existierendes Logistiksystem angeschlossen werden und ohne weiteren Programmier- bzw. Konfigurationsaufwand mit den anderen Netzwerkteilnehmern kommunizieren. Eine sofortige Einsatzbereitschaft ist damit gegeben.

Perspektiven

Die Internationalisierung und Dynamisierung der Märkte, sowie die organisatorische Umstrukturierung der Logistik durch Outsourcing und Dezentralisierung führt zu einer immer stärkeren Vernetzung verschiedener Unternehmen und Logistiksysteme. Daher verfolgen immer mehr Unternehmen die Zielsetzung, durch geeignete Logistik-

³ Extensible Markup Language

maßnahmen entscheidende Wettbewerbsvorteile zu erringen. Eine netzwerkweite Optimierung der Logistikprozesse gestaltet sich allerdings noch schwierig. Die Arbeit vieler Logistikmanager ist daher geprägt von der Suche nach innovativen Logistikstrukturen, -prozessen und -technologien und neuen Differenzierungsmerkmalen im Wettbewerb.

Internet der Dinge

Im zukünftigen „Internet der Dinge“ werden Multiagentensysteme eingesetzt, um eine produktionsnahe, hoch flexible Materialflusssteuerung zu realisieren. Multiagentensysteme bestehen aus autonomen, kooperierenden Softwareprogrammen, den Agenten, die eine eigene Intelligenz besitzen und innerhalb verschiedener Verhaltensmuster auf die Lösung einer Aufgabe hinarbeiten. Jedes Materialflussmodul wird dabei von einem oder mehreren Agenten unterstützt, die eine bestimmte Aufgabe, wie z.B. Auftragsverwaltung oder Wegplanung, innerhalb des Logistiksystems übernehmen. Zusätzlich können Agenten trotz ihrer dezentralen und unabhängigen Handlungsweise selbständig Optimierungen durchführen und ihre Strategie der Situation im Materialflusssystem anpassen, um so die bestmögliche Leistung zu erzielen.

Die Strukturierung der einzelnen Materialflussmodule als autonome Agenten mit standardisierten Kommunikationsschnittstellen erlaubt es, solche Agenten in fast beliebiger Kombination mit anderen Agenten oder Softwareprogrammen kooperieren zu lassen. Somit können Agenten auch mit, bzw. innerhalb, einer entsprechenden Simulationsumgebung interagieren. Dasselbe Agentenprogramm kann ohne Änderung sowohl in einer Simulation, als auch in einer realen Anlage eingesetzt werden. Damit kann das Verhalten einer fördertechnischen Anlage bereits während der Planung und Entwicklung mit hoher Zuverlässigkeit vorausgesagt werden. In ähnlicher Weise können Softwareagenten in Form von virtuellen Fahrzeugen, bzw. Behältern, zu einer laufenden Anlage hinzugefügt werden, um so das Vorhandensein der entsprechenden Materialflussmodule zu simulieren und deren Auswirkungen auf das Systemverhalten bereits im Voraus abzuschätzen.

Die offene und modular ausgerichtete Architektur des Multiagentensystems bietet das Potential für eine erhebliche Verringerung des Engineering- und Inbetriebnahmeaufwands, da die Steuerungssoftware in Simulationsumgebungen entwickelt und anschließend in die reale Anlage übertragen werden kann, wobei die einzelnen Module sofort einsatzbereit sind. Durch diese schrittweise Inbetriebnahme können Fehlerquellen frühzeitig erkannt und behoben oder in eine Umplanung einbezogen werden.

Digitalisierte Welt

Neue Technologien wie VR⁴ und AR⁵ werden seit einigen Jahren vermehrt auch im industriellen Umfeld eingesetzt.

Obwohl von der perfekten Illusion einer virtuellen Welt noch ein Stück weit entfernt ist, wird die derzeit realisierbare Technologie dennoch gewinnbringend eingesetzt und verspricht in den kommenden Jahren großes Potenzial in unterschiedlichsten Anwendungsfeldern.

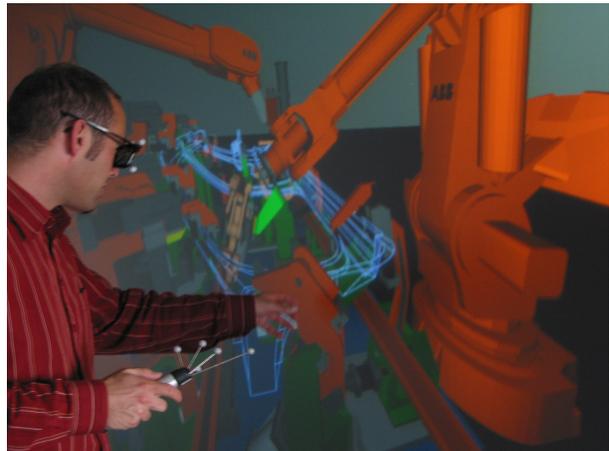
⁴ Virtuelle Realität

⁵ Augmented Reality (Erweiterte Realität)

So können z.B. die Evaluierung neuer Fahrzeugkonstruktionen, die nur als virtuelles Modell existieren, oder auch die Entwicklung neuartiger Methoden und Prozesse zur Unterstützung der Fahrzeugentwicklung und Produktionsplanung realisiert werden. Von der Analyse der Fahrzeuergonomie über die Konstruktion von Einzelkomponenten oder auch Gesamtfahrzeugen bis hin zur virtuellen Absicherung der Produktion und der Logistik können zahlreiche Problemstellungen aus einem neuen „Blickwinkel“ intensiver betrachtet werden.

Augmented Reality, die Überlagerung von virtueller und realer Welt, bietet vor allem Unterstützung für das Personal vor Ort. Mit Hilfe einer Datenbrille und einem tragbaren Handheld-PC können einem Benutzer kontextabhängige Daten, wie z.B. die als nächstes auszuführende Tätigkeit, direkt ins Sichtfeld eingeblendet werden. Dabei kann der Benutzer mit dem System über verschiedene Medien interagieren, wie z.B. über ein Touchpad oder über Spracheingabe.

Entsprechende Forschungsprojekte und Feldversuche wurden bereits von namhaften Firmen wie Boeing, Daimler-Chrysler und BMW durchgeführt.

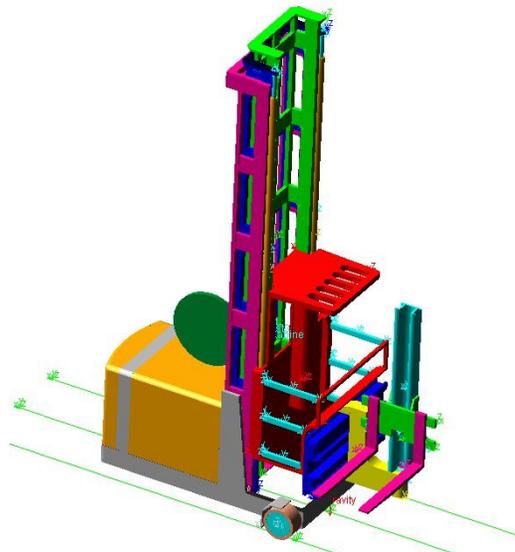


Der Lehrstuhl fml untersucht die Potentiale dieser Technik vor allem im Kommissionierungsbereich. Durch Pick-by-Vision Systeme, in denen dem Kommissionierer neben der Anzahl und Art des zu kommissionierenden Artikels auch zusätzliche Informationen und Hilfen, wie z.B. eine visuelle Navigation durch das Lager oder das Umranden des Lagerfaches, in dem sich der entsprechende Artikel befindet, können Wegzeiten und Pickfehler reduziert werden.

Technische Innovationen

Um die Potenziale neuer Systemarchitekturen und Planungswerkzeuge voll zu nutzen und eine hohe Effizienz logistischer Systeme zu gewährleisten, müssen auch existierende Technologien und technische Komponenten ständig weiterentwickelt und verbessert werden.

Der exponentielle Anstieg der Rechenleistung moderner Computersysteme ermöglicht heutzutage eine genaue Untersuchung physikalischer Effekte mittels Simulationssoftware sogar bei Problemstellungen, die früher wegen ihrer Komplexität einer genaueren Betrachtung unzugänglich waren. Als Beispiel lässt sich in diesem Zusammenhang die Mehrkörpersimulation



nennen.

Die beträchtliche Leistungssteigerung bei Schmalgangstaplern hat in den letzten Jahren die Zahl der Schadens- und Streitfälle bei der Projektierung stark zugenommen. Als nicht funktionstauglich erwiesen sich immer öfter auch normgerechte Böden, die den Toleranzen nach DIN 15185 T1 voll entsprachen.

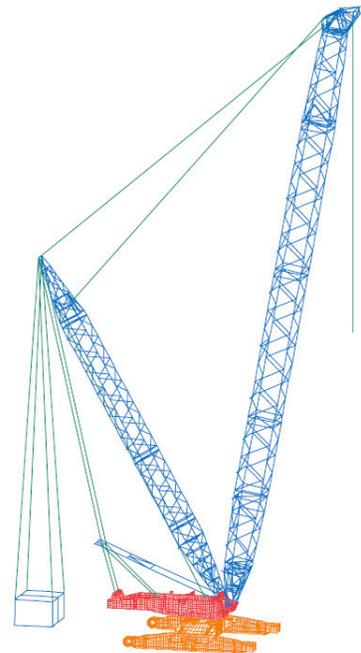
Diese Erkenntnis hat Stapler- und Bodenhersteller veranlasst, eine entsprechende Untersuchung in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl fml zu initiieren. Diese Untersuchung soll die wissenschaftliche Darstellung des Zusammenhangs der Bodenqualität mit dem Schwingungsverhalten des Staplers ergeben. Zu diesem Zweck werden die wichtigen Einflussparameter (z.B. Hubhöhe, Last, Elastizität des Hubgerüsts, Radelastizität) mit berücksichtigt und auf das Hilfsmittel der rechnergestützten Simulation, speziell der Mehrkörpersimulation, zurückgegriffen.

Neben der Optimierung existierender Systeme erlaubt die Simulationstechnik auch den Vorstoß in neue Bereiche der Entwicklung und Konstruktion.

Fahrzeugkrane werden heute für Traglasten bis zu 3000t und mit Rollenhöhen von mehr als 200m gebaut. Die Ausleger dieser Krane sind lange, schlanke Systeme mit großer Nachgiebigkeit, die besonders hohe Anforderungen an die Berechnung stellen.

Speziell für diese Aufgabenstellung wurde am Lehrstuhl fml das Finite-Elemente-Programmsystem NODYA (non-linear dynamic analysis) entwickelt, das sowohl zur Analyse von Einzelproblemen als auch in automatisierten Berechnungsumgebungen eingesetzt wird.

NODYA besitzt umfassende Möglichkeiten zur Strukturanalyse. Es lassen sich lineare sowie geometrisch und materiell nichtlineare Berechnungen durchführen. Neben der Statik bietet NODYA dynamische Berechnungen sowie Knick-, Beul- und Frequenzanalysen an. Dadurch ermöglicht NODYA neben der Kranberechnung nach Norm Aussagen über das dynamische Verhalten der Tragwerke bis hin zur Simulation von Hubvorgängen.



- [BVL-05] BVL Bundesvereinigung Logistik, Trends und Strategien in der Logistik – Ein Blick auf die Agenda des Managements 2010, Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH, ISBN 3-87154-331-4, Bremen 2005
- [Co-98] COX, M.; ALM, R.: The right stuff: America's move to mass customization, Federal Reserve, Bank of Dallas, 1998 Annual Report, S. 3-26, 1998
- [En-03] ENDERLEIN, H.; HILDEBRAND, T.; MÜLLER, E.: Plug+Produce – Die Fabrik mit Zukunft aus dem Baukasten, wt Werkstattstechnik 93 (2003) H.4 S. 282-286.
- [Gü-03] GÜNTNER, Willibald: Materialflusstechnologie - Anforderungen und Konzepte für wandelbare Materialflusssysteme. In: 21. Dortmunder Gespräche, September 2003, 2003

- [Gü-04] GÜNTNER, Willibald; WILKE, M.: M2 - Wandelbare Logistikstrukturen in Minifabriken. Arbeits- und Ergebnisbericht des Sonderforschungsbereichs 582: "Marktnahe Produktion individualisierter Produkte", TU München; 2004 S. 299-333
- [Ho-04] ten HOMPEL, M.; LANGE, V. (Hrsg.): Radio Frequenz Identifikation 2004 – Logistiktrends für Industrie und Handel, Praxiswissen GmbH, ISBN: 3-89957-019-7, Dortmund, 2004.