

VDI-IFL Sommerseminar 2010

Wege zu einer verantwortlichen
Ressourcenverwendung in der Logistik

Seminarreihe vom 8. Juni bis 13. Juli 2010

Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
Karlsruher Institut für Technologie

Vorwort

Das VDI - IFL Sommerseminar 2010 knüpft an eine alte Tradition des Instituts für Fördertechnik und Logistiksysteme an. Im Rahmen des Seminars werden verschiedene Aspekte einer zentralen Fragestellung, in diesem Jahr „Wege zu einer verantwortlichen Ressourcenverwendung in der Logistik“, behandelt. Ziel ist es, sowohl den aktuellen Stand der Forschung und der Wissenschaft zu einem Teilaspekt aufzuzeigen, als auch den aktuellen Stand der industriellen Umsetzung.

An dieser Stelle sei allen Referenten für ihre Vorträge und Beiträge gedankt. Wir wünschen dem Leser viel Spaß mit diesem Buch und hoffen, dass Sie einige interessante Aspekte oder Ideen für sich und ihr Unternehmen übernehmen können.

Karlsruhe im Juni 2010

Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Furmans
Institutsleiter des IFL
Karlsruher Institut für Technologie

Dr.-Ing. Jörg Föllner
Vorsitzender des VDI-GPL
Bezirksverein Karlsruhe

Inhaltsverzeichnis

Ressourcen weniger verbrauchen

<i>Faserverbundwerkstoffe – Leichtbau zur Energieeinsparung in der Fördertechnik</i>	
<i>Dr.-Ing. Rüdiger Bräuning</i>	S. 4
<i>„Innovative Add-ons zum bestehenden Lagerverwaltungssystem</i>	
<i>Dipl.-Ing. H. Reinshagen, M.A. Jens Kammerer</i>	S.19

Ressourcen wieder verwenden

<i>Go Green? Go Green!!</i>	
<i>Dipl.-Wi.-Ing. Gregor Blauermeil</i>	S.39
<i>Energiesparen mit System – Effiziente Antriebstechnik in der Intralogistik</i>	
<i>Dr.-Ing. Meinhard Schuhmacher</i>	S.41

Ressourcen länger und flexibler nutzen

<i>Flexible Fördersysteme – KARIS</i>	
<i>Dipl.-Ing. Christoph Nobbe, Dipl.-Wi.-Ing Dominik Berbig</i>	S.57
<i>Flexible FTS für wandelbare Materialflüsse in der Produktionslogistik</i>	
<i>Dipl.-Ing. R.Bär</i>	S.74

Ressourcen nutzbar machen

<i>Steigerung der Sorterauslastung durch optimale Nutzung der Zuführkapazitäten</i>	
<i>Dr.-Ing. Jörg Föllner</i>	S.99
<i>Optimierung des Einsatzes flexibler Schutzverpackungslösungen in der Intralogistik</i>	
<i>Dipl. Betriebswirt (BA) Daniel Wachter</i>	S.126

**Faserverbundstoffe – Leichtbau zur Energieeinsparung in der
Fördertechnik**

Dr.-Ing. Rüdiger Bräuning,

Fraunhofer ICT,

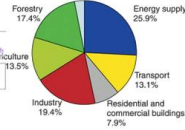
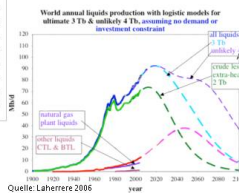
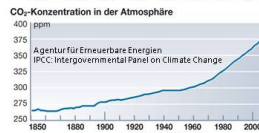
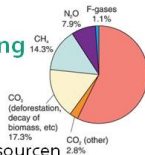
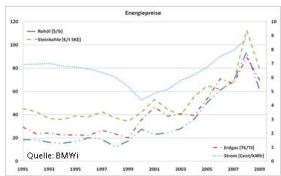
Pfingsttal-Berghausen

Abstract

Faserverbundwerkstoffe besitzen im Vergleich zu metallischen Werkstoffen hohe spezifische Eigenschaften und eröffnen daher neue Möglichkeiten zur Gewichtsreduktion in der durch Dynamik geprägten Fördertechnik. Neben einer Einführung in die faszinierende Welt der Faserverbundwerkstoffe werden Chancen aber auch Limitationen des Leichtbaus zur Energieeinsparung in der Fördertechnik aufgezeigt. Aus diesem Spannungsfeld heraus ergeben sich eine Vielzahl von innovativen Ansätzen für die weitere Forschung und Entwicklung auf diesem interdisziplinären Gebiet.

Motivation Globale Verantwortung

- Klimawandel
- Endlichkeit (fossiler) Ressourcen
- Steigende Energiepreise



Motivation Globaler Wettbewerb

- Energieausweis bei Haushaltsgeräten
- Energieausweis von Gebäuden
- CO₂-Emissionen von Pkw

Information über den Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen

Marke	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Typ	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Modell	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Getriebe	XXXXXX
Kraftstoffverbrauch	XXXXXX l/100 km
CO ₂ -Emissionen	XXXXXX g/km

Energieausweis: C

Auf der Grundlage der CO₂-Emissionen aller beteiligten des Fahrzeuggewichts

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Energieausweis: C

Erweiterter Energieausweis

Erhebungen zum Betriebsverhalten

Energy Manufacturer Model

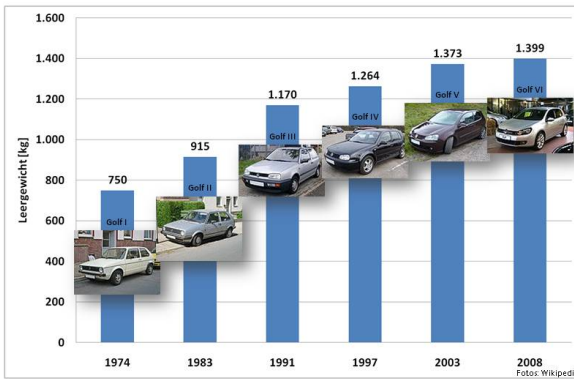
More efficient: A, B, C, D, E, F, G

Less efficient: A, B, C

Minimale (0 kWh/m² in 1 Jahr)

Quelle: BMWi/EMU/EU

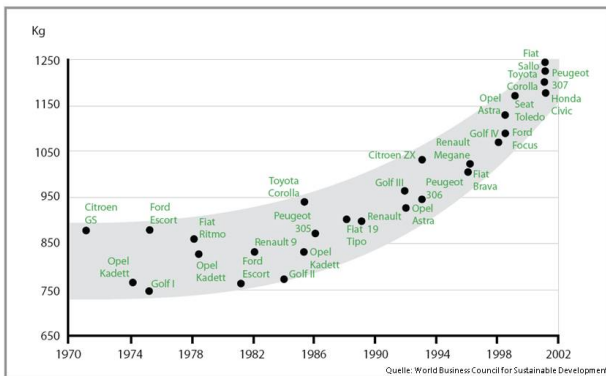
Motivation Lessons learned



KIT IFS VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer
ICT

Motivation Lessons learned



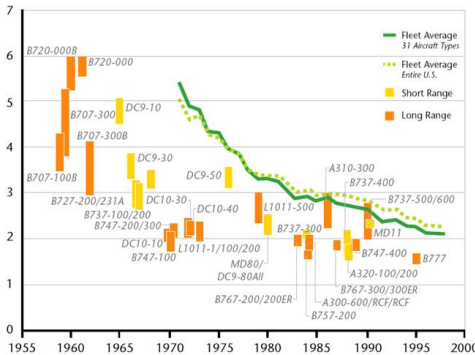
KIT IFS VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer
ICT

Motivation

Lessons learned

Energy Intensity (MJ/Retail Passenger-Kilometer)



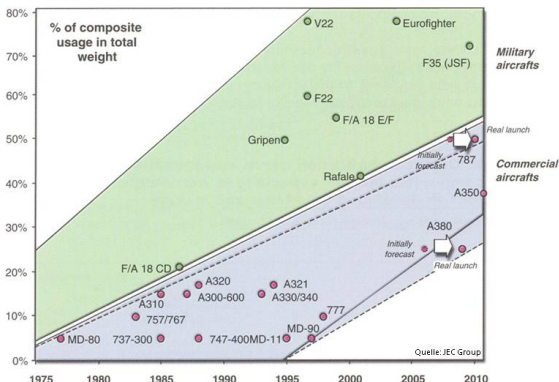
Quelle: World Business Council for Sustainable Development

KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer ICT

Motivation

Lessons learned



Quelle: JEC Group

KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer ICT

Einleitung Anwendungen

- Luft- und Raumfahrt
- Automobilbau
- Schienen- und Nutzfahrzeugbau
- Anlagen und Maschinenbau
- Bootsbau
- Bauindustrie
- Sportindustrie
- Windkraftanlagen

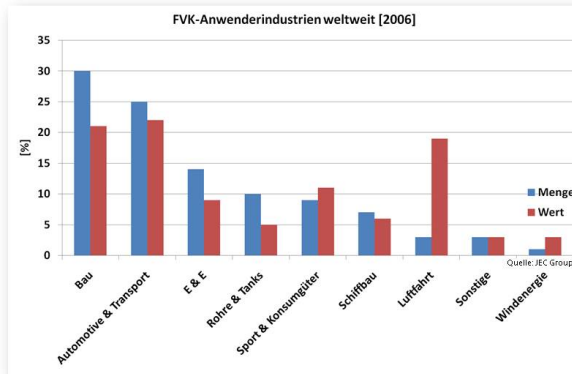


 **Fraunhofer**
ICT

Einleitung Gründe für den Einsatz

- Hohe (spezifische) Festigkeit und Steifigkeit
- Geringes Gewicht (hohes Leichtbaupotential)
- Geringe Kosten (Abhängig von Material, Verfahren und Stückzahl)
- Medienbeständigkeit (Korrosions-)
- Designfreiheit/ Funktionsintegration
- Geringe Wärmeausdehnung / Temperaturbeständigkeit
- Maßgeschneiderte Eigenschaften (u.a. Anisotropie)
- Elektrische Eigenschaften (Isolation, elektromagn. Permeabilität)
- Lebensdauer
- Optik (Image)

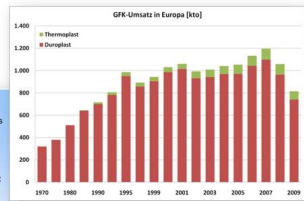
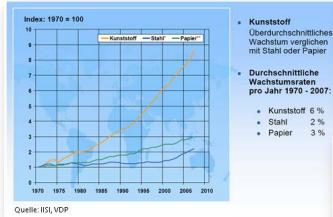
Einleitung Anwender



KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer
ICT

Einleitung Entwicklung



KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer
ICT

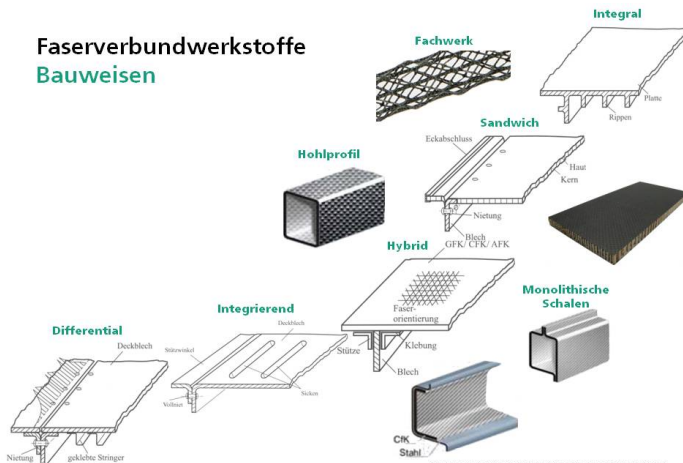
Faserverbundwerkstoffe Einflussfaktoren



KIT IFS VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer
ICT

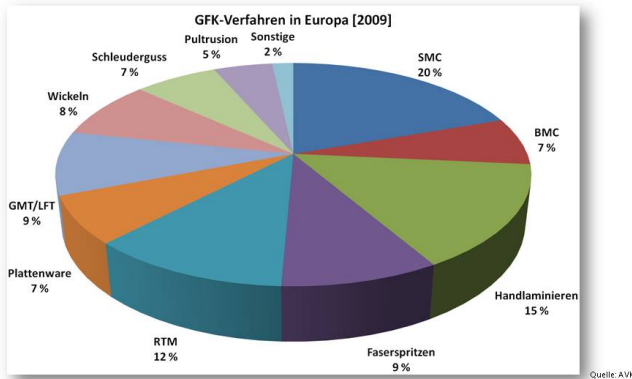
Faserverbundwerkstoffe Bauweisen



KIT IFS VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer
ICT

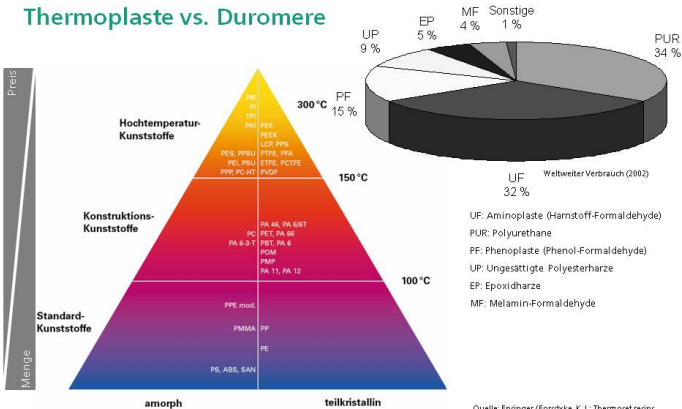
Faserverbundwerkstoffe Verfahren



KIT IFS VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer ICT

Faserverbundwerkstoffe Thermoplaste vs. Duromere

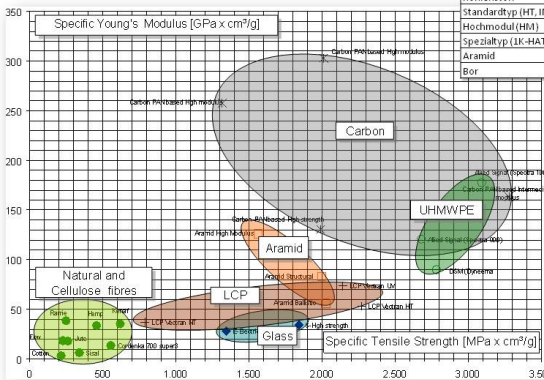


KIT IFS VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer ICT

Faserverbundwerkstoffe

Faserart

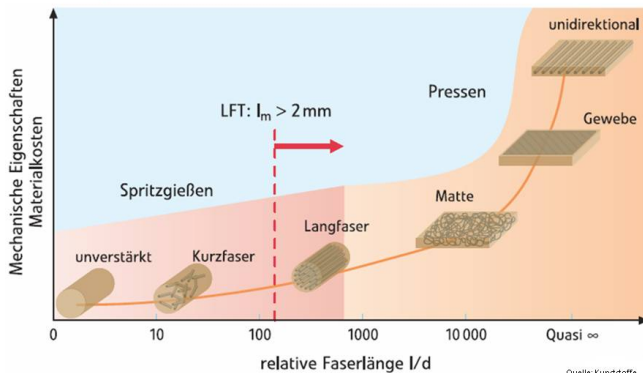


Faserart	Menge [t]	Preis [€/kg]
Glas	89	2-3
Natur	10	0,5-2
Kohlenstoff	0,6	
Standardtyp (HT, IM)		20-30
Hochmodul (HM)		100-500
Spezialtyp (IK-HAT, HM)		100-1.000
Aramid	0,4	20-30
Bor		350

KIT IFL Sommerseminar, 08.06.2010 Quelle: Herstellerangaben / JEC Group / Ehrenstein: Faserverbund-Kunststoffe
© Fraunhofer ICT Fraunhofer ICT

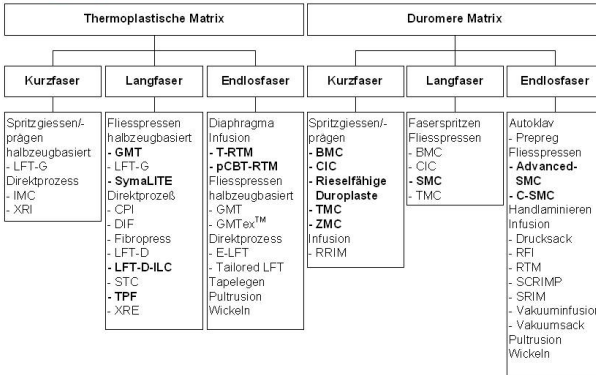
Faserverbundwerkstoffe

Faserlänge



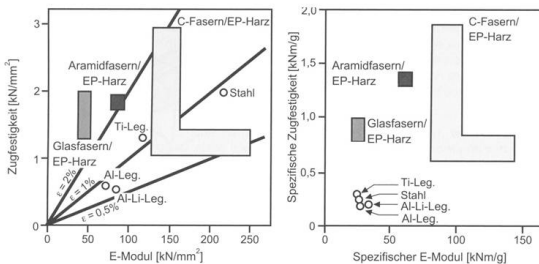
KIT IFL Sommerseminar, 08.06.2010 Quelle: Kunststoff
© Fraunhofer ICT Fraunhofer ICT

Faserverbundwerkstoffe Fertigungsverfahren

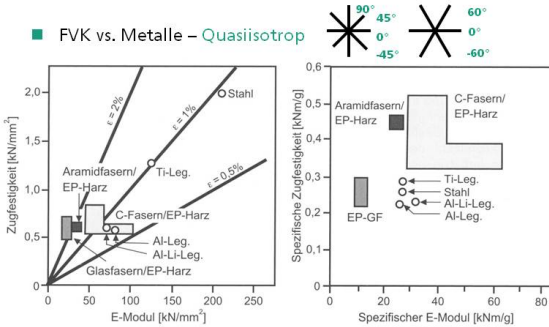


Faserverbundwerkstoffe Eigenschaften

■ FVK vs. Metalle: Unidirektional 0°



Faserverbundwerkstoffe Eigenschaften



Quelle: Ehrenlein, G.W.: Faserverbund-Kundstoffe

Energieeinsparung in der Fördertechnik Ansätze für Energieeffizienz

Gebäudetechnik

Drehzahlregelung von Antrieben

Energierückspeisung

Effiziente Antriebe

Verbesserung Verhältnis Nutzlast/Eigengewicht Faserverbundleichtbau

Intelligente Steuerung-Strategien

Rekonfigurierbare, ressourceneffiziente Fördersysteme

Quelle: Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)

Energieeinsparung in der Fördertechnik Fördermittel

Stetigförderer				Unstetigförderer						
flur- gebunden	aufgeständert			flurfrei	flugebunden		aufgeständert		flurfrei	
ortsfest	ortsfest			ortsfest	geführt verfahrbar	frei verfahrbar	ortsfest	geführt verfahrbar	geführt verfahrbar	
Zugmittel	Abwälzung	Schwerkraft	Zugmittel	Zugmittel	Einzel- antrieb	Einzel- antrieb	Einzel- antrieb	Einzel- antrieb	Muskelkraft	Einzel- antrieb
Unterfurschlagkettenförd.	Rollenbahn, angetrieben	Rollenbahn	Tragkettenförderer	Kreisförderer	Umsetzer	Schlepper	Aufzug, Senkrechtförderer	Kanalfahrzeug	Trolleybahn	Brückenkran
		Röllchenbahn	Bandförderer	Power-and-Free-Förderer	Verschiebewagen	Wagen		Vertikalfahrzeug	Rohrbahn	Portalkran
		Kugelbahn	Wandartisch		Elektrotragbahn	Hubwagen				Kabelkran
		Rutsche	Chienenbandförderer		Regalbediengeräte	Stapler				Ausleger-Drehkran
			S/C-Förderer		Rohr-Flurförderzeug	Aufzug-Flurförderzeug				Elektrohängebahn
			Kettenfördersystem			Kommissionierfahrzeuge				

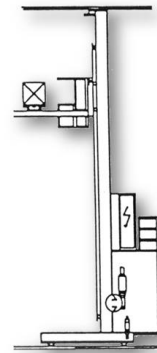
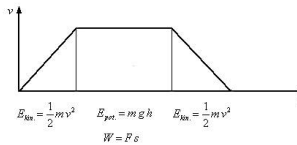
Quelle: IFL/TenHempelen2007

Energieeinsparung in der Fördertechnik Vorbemerkung

- Energieverbrauch ist proportional zur Masse!

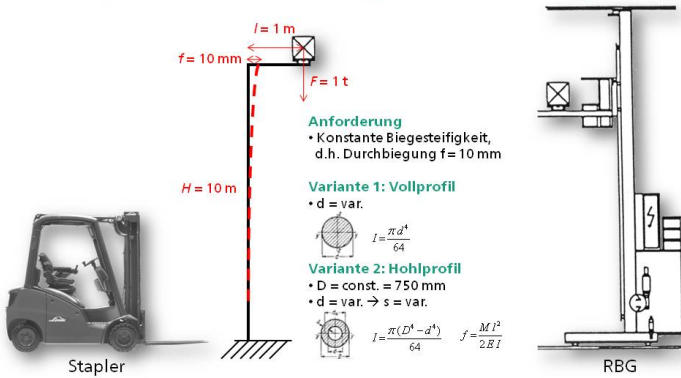


Stapler



RBG

Energieeinsparung in der Fördertechnik Frei & geführt verfahrbare flugebundene Unstetigförderer

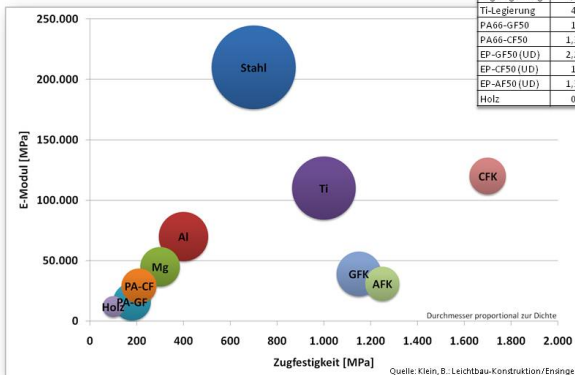


KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fotos: Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
Linde/Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau

Fraunhofer ICT

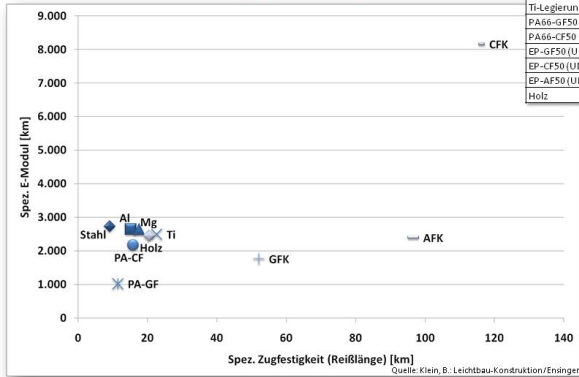
Energieeinsparung in der Fördertechnik Werkstoffkennwerte



KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer ICT

Energieeinsparung in der Fördertechnik Werkstoffkennwerte (spezifisch)

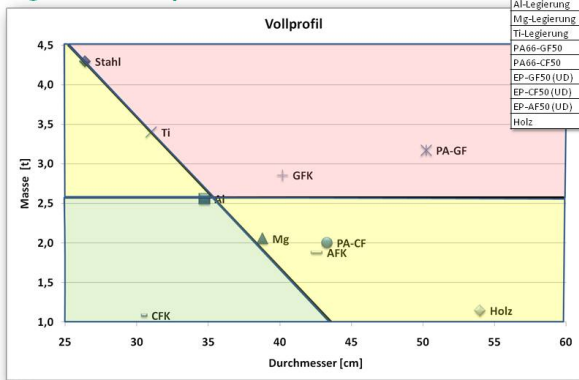


Werkstoff	E / ρ [km]	R _p / ρ [km]
Stahl-Legierung	2.729	9,1
Al-Legierung	2.644	15,1
Mg-Legierung	2.638	17,6
Ti-Legierung	2.493	22,7
PA66-GF50	1.020	11,5
PA66-CF50	2.175	15,8
EP-GF50 (UD)	1.768	52,1
EP-CF50 (UD)	8.160	115,6
EP-AF50 (UD)	2.395	96,6
Holz	2.448	20,4

KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer ICT

Energieeinsparung in der Fördertechnik Ergebnisse Vollprofil

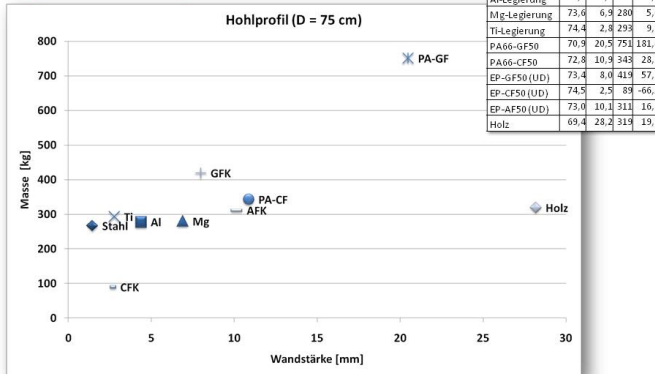


Werkstoff	Vollprofil	
	D [cm]	Δm [%]
Stahl-Legierung	26,4	4,3
Al-Legierung	34,7	2,6 -40,4
Mg-Legierung	38,8	2,1 -52,1
Ti-Legierung	31,0	3,4 -20,8
PA66-GF50	50,2	3,2 -26,2
PA66-CF50	42,3	2,0 -53,4
EP-GF50 (UD)	40,2	2,9 -33,5
EP-CF50 (UD)	30,4	1,1 -74,7
EP-AF50 (UD)	42,6	1,9 -56,2
Holz	54,0	1,1 -73,4

KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer ICT

Energieeinsparung in der Fördertechnik Ergebnisse Hohlprofil



KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fraunhofer
ICT

Energieeinsparung in der Fördertechnik CFK Leichtbaupotential (exemplarisch)

Stapler

- Gesamtgewicht 3 t
- Tragfähigkeit 1,5 t
- Hub: 3,5 m

Leichtbaupotential

- Hubgerüst, Gabelträger, Gabel: 600 kg
- Leichtbaupotential
 - theoretisch 2/3
 - praktisch 50 %
- Gewichtseinsparung
 - Hubgerüst, Gabelträger, Gabel 300 kg
 - Gegengewicht, Akkus, etc. 300 kg
 - Summe 600 kg
 → 10-20 %



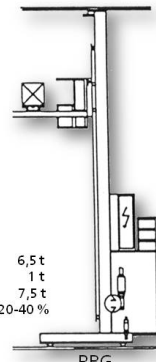
Stapler

RBG

- Gesamtgewicht 20 t
- Tragfähigkeit 1,25 t
- Hub: 30-45 m

Leichtbaupotential

- Mast, Hubgerüst, LAM: 13 t
- Leichtbaupotential
 - theoretisch 2/3
 - praktisch 50 %
- Gewichtseinsparung
 - Mast, Hubgerüst, LAM 6,5 t
 - Fahrwerk, etc. 1 t
 - Summe 7,5 t
 → 20-40 %



RBG

KIT IFL VDI-IFL Sommerseminar, 08.06.2010
© Fraunhofer ICT

Fotos: Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
Linde /Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau

Fraunhofer
ICT

Innovative Add-ons zum bestehenden Lagerverwaltungssystem - Möglichkeiten zum Performancetuning eines Zentrallagers

Dipl.-Ing. H. Reinshagen,
M.A. Jens Kammerer,
Robert Bosch GmbH Geschäftsbereich Powertools,
Leinfelden

Abstract

- *Kurzvorstellung des Zentrallagers*
- *Herausforderungen an die Steuerung des Lagers durch starke Auftragschwankungen*
- *Die Auftragszusammenstellung beim Multiorderpicking vor dem Hintergrund verschiedener Cut-Offs*
- *Einführung eines Optimierungssystems als Add-on zum Lagerverwaltungssystem*

Kurzfassung

Der Geschäftsbereich Powertools der Robert Bosch GmbH betreibt in Worms sein europäisches Zentrallager für die Verteilung von Fertigwaren. Von dort werden mit ca. 550 Mitarbeitern Händler und Baumärkte in Mitteleuropa versorgt, lokale Verteilzentren in Europa bedient und der weltweite Export von Waren europäischen Ursprungs organisiert. Täglich werden dort auf einer Fläche von 75.000 qm ca. 7.000 Aufträge mit 40.000 Auftragspositionen bearbeitet. Bei der Konzeption des Lagers hat man sich für manuelles Kommissionieren nach dem Mann-zur-Ware Prinzip entschieden.

Nach der Inbetriebnahme im Jahr 2004 konnten zunächst starke Produktivitätssteigerungen erzielt werden. Es zeigten sich aber drei Problemschwerpunkte, die mit dem eingesetzten Lagerverwaltungssystem nicht gelöst werden konnten: schlecht ausgelastete Kommissioniertouren mit langen Wegstrecken, fehlende Möglichkeiten zur kurzfristigen Kapazitätsplanung und zu geringe Unterstützung bei der Verplanung von neuen Artikeln bzw. bei der Umlagerung von Altartikeln gemäß ihrem Produktlebenszyklus.

Bei einem Logistikberater konnte eine Software W-Plan gefunden werden, mit deren Hilfe sich ein Lösungsmodell entwickeln ließ.

Zur Optimierung der Kommissionierung wurde eine Wegeoptimierung auf Basis eines Tourenplanungsalgorithmus implementiert, die die wegeoptimale Auftragszusammen-setzung der Kommissioniertouren auf Basis aller vorliegenden Aufträge berechnet. Basierend auf dem dabei aufgebauten und verwendeten Lagerstrukturmodell und den berechneten Kommissioniertouren konnte anschließend ein Personalplanungs- und Steuerungsmodell entwickelt und zum Einsatz gebracht werden.

Im Ergebnis hat sich die von den Kommissionierern zurückgelegte Wegstrecke, bei den in der Optimierung berücksichtigten Multiororderpicktouren, um 25% reduziert. Dadurch konnten die Personalkosten in der Kommissionierung um 10% gesenkt werden. Die verbesserte Personalsteuerung unterstützt eine Verbesserung der Auslieferquote auf stabil 99,8% bei einer gleichzeitig stark verringerten Streuung in der täglichen Leistung (gemessen in Lines / Manhour).

In der letzten und dritten Ausbaustufe befindet sich aktuell das Element der Lagerplatzoptimierung in der Einführung, das basierend auf den Absatzwerten der Vergangenheit und den Planabsatzmengen aus dem Supply-Chain-Planungstool die kostenoptimalen Lagerplätze nach Größe und Ort ermittelt. Nach den ersten vorliegenden Erfahrungen konnte in den Pickbereichen mit

hoher Leistung, die Anzahl der Picks deutlich gesteigert und in den Langsamgängerbereichen weiter abgesenkt werden. Gleichzeitig konnte die Anzahl der Klärfälle und Minderreservierungen zusammen mit anderen Maßnahmen um 63% reduziert werden.

1. Einleitung

Der Geschäftsbereich Powertools der Robert Bosch GmbH betreibt als Marktführer im Bereich handgehaltener Elektrowerkzeuge in Worms sein europäisches, zentrales Auslieferungslager für Fertigwaren. Heute werden von dort mit ca. 550 Mitarbeitern Händler und Baumärkte in Mitteleuropa versorgt, lokale Verteilzentren in Europa bedient und der weltweite Export von Waren europäischen Ursprungs organisiert. Täglich werden dort auf einer Fläche von 75.000 qm ca. 7.000 Aufträge mit 40.000 Auftragspositionen bearbeitet.

In der Konzeption des Lagers hat man sich für manuelle Kommissionierprozesse nach dem Mann-zur-Ware Prinzip entschieden. Die Kommissionierer fahren mit Elektroameisen und Picktrolleys von Lagerort zu Lagerort und kommissionieren die Pickpositionen auftragsbezogen in Kommissionierfächer auf den Trolleys.

Ausschlaggebend für die Entscheidung für eine manuelle Lösung war eine sehr heterogene Produktstruktur – vom Schrauberbit bis zum Rasenmäher – sowie eine deutliche höhere Flexibilität bei der Anpassung an Marktveränderungen als dies bei automatisierten Systemen möglich ist bei gleichzeitig geringerem Invest. Durch die Möglichkeit gegenüber der ursprünglichen Planung zusätzliche Länder auf das Lager aufzuschalten und die erfolgreiche Integration neuer Produktlinien hat sich diese Entscheidung als positiv erwiesen.

2. Problemstellung

Nach der Inbetriebnahme des Lagers im Jahre 2004 konnten zunächst starke Produktivitätssteigerungen erzielt werden, dann zeigte sich jedoch eine Abflachung bei der Steigerung der Produktivitäten. Durch Produktivitätsanalysen wurden drei Problemschwerpunkte identifiziert, die mit dem eingesetzten Lagerverwaltungssystem nicht gelöst werden konnten: schlecht ausgelastete Kommissioniertouren mit langen Wegstrecken, fehlende Möglichkeiten zur kurzfristigen Kapazitätsplanung und zu geringe Unterstützung bei der Verplanung von neuen Artikeln bzw. bei der Umlagerung von Altartikeln gemäß ihrem Produktlebenszyklus.

2.1. Die fehlende Optimierung von Kommissioniertouren

Das eingesetzte Lagerverwaltungssystem fasst wie viele gängige Systeme die Kommissioniertouren nach Kriterien wie Volumen, Gewicht, Anzahl Picks, Cut-Off, Auftragsart Eilauftrag oder Lagerauftrag etc. zusammen. Als Steuergrößen lassen sich durch den Leitstand die max. Anzahl Aufträge, die max. Anzahl Positionen, das max. Gewicht, das max. Volumen etc. festlegen.

Bei der täglichen Auftragsverplanung werden Auftragstöpfe zum Beispiel Aufträge gleicher Route gebildet, aus denen sich das LVS bei der Bildung der Kommissioniertouren bedient. Diese werden zusammengestellt, indem sich das LVS einen Auftrag nimmt und dann weitere Aufträge aus dem Topf zuordnet bis ein Abbruchkriterium (siehe Absatz 1) erreicht wird. Dann sucht das LVS nach weiteren Aufträgen, die evtl. noch dazupassen könnten ohne eine Abbruchkriterium zu überschreiten, solange bis kein weiterer Auftrag mehr in die Kommissioniertour passt. Stehen die Aufträge für eine Kommissioniertour fest,

werden die Positionen in eine wegeoptimierte Reihenfolge gebracht und der Kommissionierer auf kürzestem Weg durch das Lager zu den einzelnen Pickpositionen geführt. Dieses Auswahlverfahren lässt außer acht, dass viele Aufträge sehr ähnlich strukturiert sind und häufig die gleichen Artikel enthalten. Analysen über die Kommissioniertouren zeigten, dass jeder Kommissionierer mit jeder Tour fast jeden Gang im Lager anfahren musste mit in der Folge langen Wegzeiten und zu niedriger Greifleistung. Ausgehend von der Idee, dass es im Operation Research Verfahren gibt, eine möglichst kurze Wegstrecke bei einer bestimmten Anzahl zu besuchender Orte zu ermitteln sog. „Travelling salesman“ Problem, waren wir der Meinung, ein ähnliches Verfahren bei der Zusammenstellung von Kommissioniertouren anwenden zu können.

Für die Potentialanalyse wurde ein Logistikberater gefunden, der sich auf Optimierungsprobleme spezialisiert hat. Um die Kosten gering zu halten, wurde für die Potentialanalyse zunächst ein Diplomand mit der Untersuchung betraut. Die Diplomarbeit errechnete ein Potential zur Verkürzung der Wegsrecke von knapp 60% bei einer gleichzeitig verbesserten Volumenauslastung von gleichfalls knapp 60%. Dieses Produktivitätspotential sollte zumindest teilweise gehoben werden.

=>knapp 60% Wegersparnis

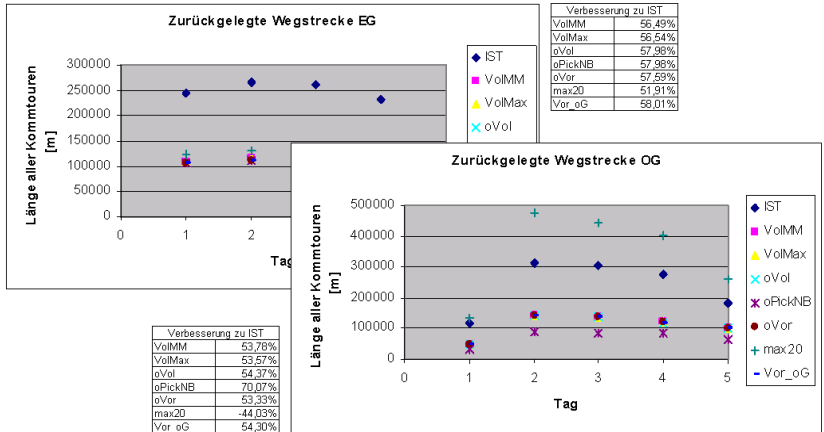


Abb. 1: Die theoretische Wegstreckeneinsparung und Optimierung der Volumenauslastung

2.2 Die fehlende Personalplanung und –steuerung

Eine besondere Herausforderung stellt die tägliche Personalplanung in dem Distributionszentrum dar. An Spitzentagen sind bis zu 50.000 Positionen abzuwickeln an schwachen Tagen lediglich 29.000 Positionen. Erschwert wird die Planung dadurch, dass eine Auftragsposition aus 1 Bohrer oder aber auch 12 schweren Häckseln bestehen kann, oder der Kunde zusätzlich eine Sonderbehandlung wie das Anbringen eines kundenspezifischen Etiketts verlangt. Da die Aufträge im Laufe des Tages und Abends eingespielt werden, ist für den Leitstand der wirkliche Umfang des Auftragsvolumens erst zu Schichtbeginn bekannt. Diese Lastschwankungen muß das Verteilzentrum bei

einer geforderten taggleichen Auslieferquote von 99,7% (letzter Standardlauf nachts 01:00 Uhr – Auslieferungscutoffs von 09:00 Uhr – 19:30 Uhr) und hohen Leistungsanforderungen verkraften können. Mangels einer Unterstützung durch das Lagerverwaltungssystem hat der Leitstand Exceltools basierend auf Erfahrungswerten entwickelt und damit versucht den tgl. Kapazitätsbedarf je Abteilung zu ermitteln. Im täglichen Betrieb führte dies dazu, dass häufig erst 2h-3h vor Ende der letzten Cut-Offs der Leitstand das Nichterreichen der Lieferziele festgestellt hat und dann mit hektischen Aktionen noch versucht hat die Tagesquote zu retten. Unter dem Druck dies zu vermeiden, wurde mit großzügigen Sicherheitszuschlägen bei der Bemessung des Personals gearbeitet. Das Verfehlen der Lieferquote sollte möglichst vermieden werden.

2.3 Die Artikelverplanung

Die Artikelverplanung in einem Lager lässt sich in 2 Gruppen einteilen:

- a.) die Neuteilverplanung,
- b.) die laufende Umlagerplanung von Artikeln im Rahmen ihres Produktlebenszyklus. Bei der Neuteilverplanung versucht der Artikelplaner nach in einem Excelsheet zusammengestellten Regeln, Artikel Fächern zuzuordnen. Die Kriterien können sein: Größe, Gewicht, Anzahl Picks, Durchsatzvolumen, Anlieferungsmengen..... Die Daten wie Anzahl Picks oder Durchsatzvolumen liegen in der Regel nur fragmentarisch vor, und so versucht der Planer über Analogieschlüsse zu ähnlichen Teilen die beste Zuordnung zu ermitteln. Die Chancen den wirtschaftlich optimalen Platz auf Anhieb bei der ersten Verplanung zu finden, sind dabei gering.

Welcher Logistiker kennt die Situation nicht, dass er durch sein Lager läuft und einen eingestaubten Artikel auf einem seiner Rennerplätze findet.

Da die Artikel zumeist einem Lebenszyklus unterliegen mit starken Absatzschwankungen über die Lebenszeit, benötigt der Artikelplaner ein Hilfsmittel, das ihm in kurzen Abständen mögliche Umlagervorschläge erstellt. Dies bei mehr als 20.000 Artikeln manuell und mit selbsterstellten Exceltools machen zu wollen, führt zu Suboptima mit geringen Kommissionierleistungen, erhöhtem Nachschubaufwand und hoher Fehlpick- oder Nullpickzahl.

3. Lösungsansätze

Das Vertrauen in die Fähigkeiten des LVS-Anbieters, Lösungen für die Problemfelder anbieten zu können, waren gering. Darüber hinaus hätten sie erhebliche Eingriffe in das LVS bedeutet mit dem Risiko von Störungen im laufenden Tagesgeschäft. Deshalb fiel die Entscheidung, die 3 Problemfelder mit Hilfe von Add ons anzugehen, die unabhängig vom LVS auf einem eigenen Server arbeiten und Ihren Input und Output über eine Schnittstelle mit dem LVS austauschen. Die Eingriffe in das LVS konnten so minimiert werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass das LVS unabhängig von den Add ons arbeiten kann, und diese Softwarelösung daher nicht mit höchster Performanz ausgelegt werden musste, was die Implementierungs- und Hardwarekosten gesenkt hat.

Als Softwareanbieter fiel die Wahl auf das Logistikberatungshaus, das bereits über ein Tool zur Artikelverplanung verfügte (WPLAN) und sich auf Basis vielfältiger Aktivitäten im Bereich Tourenoptimierung zutraute, einen Optimierungsalgorithmus zu entwickeln und zu implementieren.

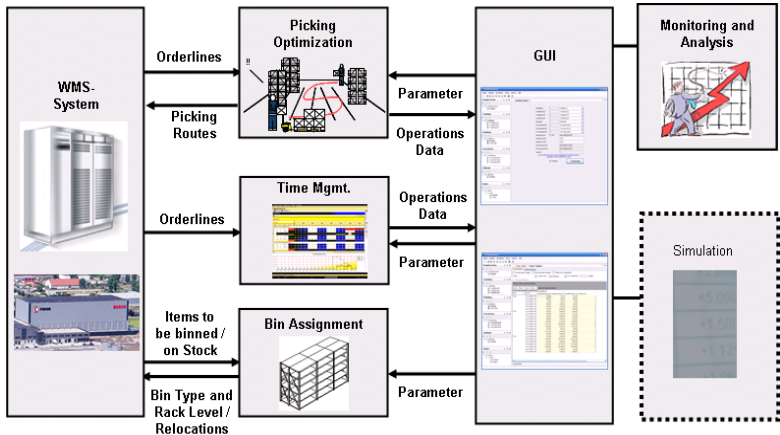


Abb. 2: Die Systemstruktur

4. Die Wegeoptimierung

4.1 Anforderungen an die Wegeoptimierung

Mit der Einführung der Wegeoptimierung sollten mehrere Ziele erreicht werden:

- a.) die gesamtwegoptimale Zusammenstellung von Aufträgen zu Kommissioniertouren
- b.) Berücksichtigung von während des Betriebs eingespielten neuen Aufträgen
z.B. Eilaufträge
- c.) bei näher rückenden Cut-Offs Bildung von Touren zum Abschluss der Aufträge

d.) Berücksichtigung mehrstufiger Kommissionierungen (Zubehör, Tools und Gartengeräte)

e.) ergonomisch verbesserte Anordnung der Aufträge auf den Kommissionierwagen d.h. Aufträge mit vielen Picks in der ergonomisch optimalen Höhe

f.) Verstetigung der Kommissionierung zur Vermeidung von Staubbildung vor der Packerei

g.) Bildung von Touren mit kundenspezifischen Anforderungen

Für die Optimierung der Kommissioniertouren kam der Ameisenalgorithmus in Kombination mit dem Savingalgorithmus zur Anwendung. Dieses Verfahren hat sich im Vergleich mehrerer Varianten als derjenige erwiesen, mit dem die Anforderungen am besten erfüllt werden können.

Als besonders positiv erweist sich die Möglichkeit, kontinuierlich errechnete Kommissioniertouren vom Optimierungsprogramm WPLAN an das LVS zur Bearbeitung übergeben zu können, während auf der anderen Seite neue Aufträge aus dem LVS in das Optimierungsprogramm übergeben werden. Das Programm beginnt dann erneut, die verbliebene Restmenge an Aufträgen zu optimieren. Wenn ein Cut-Off näher rückt, kann der Leitstand dem Tool die Vorgabe geben, alle betroffenen Aufträge zu verplanen.

4.2 Ergebnisse der Wegeoptimierung

Der Add on Software ist es gelungen die Anforderungen nahezu vollständig umzusetzen. Es wird eine Wegreduzierung, der in der Optimierung berücksichtigten Multiorderpicktours, von 25% erzielt. Aufgrund der vielfältigen Anforderungen wie 8 Cut-Off-Zeiten, mehrstufige sequentielle Kommissionierung und kundenspezifischen Anforderungen, die kundenspezifische Kommissioniertouren notwendig machen, konnten die theoretisch möglichen 60% Wegereduzierung nicht erreicht werden. Auf der wirtschaftlichen Seite konnte eine Personalreduzierung von ca. 10% des Kommissionierpersonals ermittelt werden.

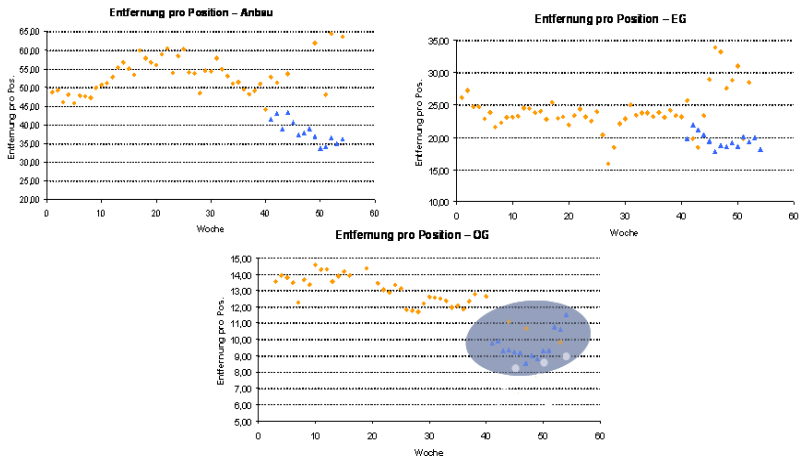


Abb. 3: Die Wegstreckenreduzierung durch die Optimierung

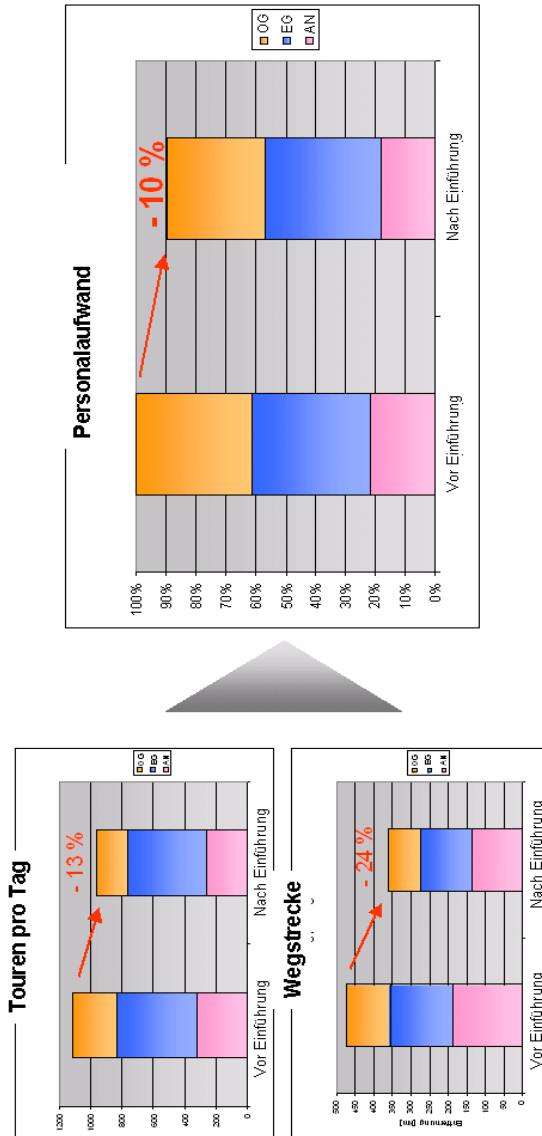


Abb. 4: Die Einsparpotentiale der Wegeoptimierung

Für die Verstetigung der Kommissionierbearbeitung wurde nach möglichen Berechnungs- und Optimierungsmodellen gesucht. Am Ende wurde ein sehr einfaches Verfahren gewählt, was sich in der Praxis bewährt hat: es werden lange und kurze

Kommissioniertouren abwechselnd von WPLAN an das LVS übergeben. Dies führt zu einer deutlichen Verstetigung der Auftragseinlastung in die Kommissionierung und den Packbereich.

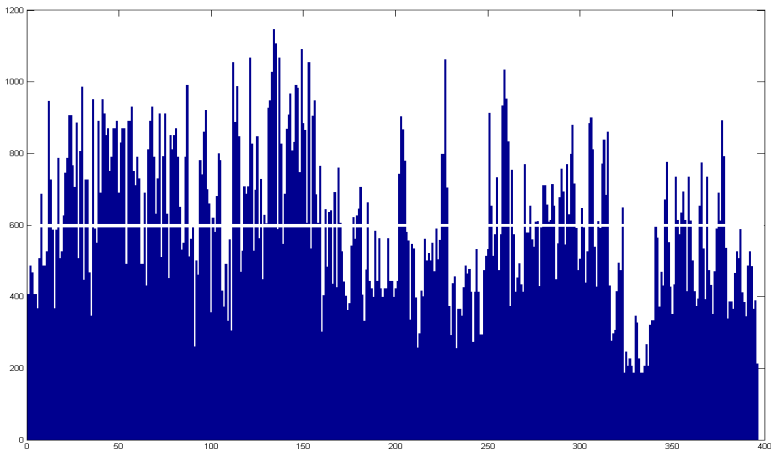


Abb. 5: Die Kommissioniertoureinlastung vor der Optimierung

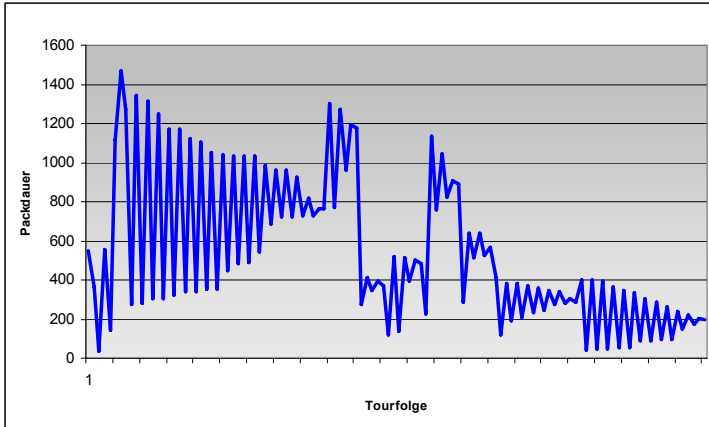


Bild 6: Der Einlastungsverlauf nach der Optimierung

Das Tool befindet sich seit fast 2 Jahren im Einsatz. Bis auf 2-3 Tage Ausfall, an denen die Kommissioniertouren konventionell im Lagerverwaltungsrechner abgebildet wurden, waren bisher keine Störungen zu verzeichnen.

5. Die Personalsteuerung

5.1 Anforderungen an die Personalsteuerung

Als Anforderung wurden an das Tools formuliert:

- a.) Ermittlung des täglichen Personalbedarfs je Funktionsbereich
- b.) Verfolgung der Abarbeitung mit Soll-Ist-Vergleich, um rechtzeitig eingreifen zu können
- c.) Messung der Produktivitäten je Lager- und Produktionsbereich

d.) Vorgabe von Sollproduktivitäten

Sämtliche Basisdaten, die für die Steuerung des Personals in der Kommissionierung, dem Packen und dem Versand und damit den Haupttreibern des Personalbedarfs notwendig sind, liegen in der Wegeoptimierung durch die Übergabe der Auftragsdaten durch das LVS bereits vor. Die Wegeoptimierung selbst liefert durch die Berechnung aller Kommissioniertouren die Basis für die Berechnung des Personalbedarfs. Für das Packen wurde die Datenbasis um Informationen zu Rüstzeiten, Zeiten für das Drucken der Papiere und das Falten der Kartons sowie die Prozesszeiten im Packen selbst ergänzt. Dabei wurden keine Einzelzeiten erfasst sondern das Zeitmodell wurde über eine Regression auf bestehenden Ist-Zeiten gebildet.

Daneben mussten einige Prozesse, die in der Wegeoptimierung ausgespart wurden zum Beispiel Einpösterkommissionierung oder die kundenbezogene Einzelauftrags-kommissionierung, nachträglich mit in die Auftragsdatenüberspielung vom LVS in WPLAN mitaufgenommen werden.

Die Berechnung des Personalbedarfs erfolgt aus der Multiplikation der Zeitbausteine mit den aus dem LVS übertragenen Mengendaten.

5.2 Die Ergebnisse der Personalsteuerung

Zu Beginn der Implementierung war eine mehrmonatige Kalibrierung des Planungstools notwendig, bis das theoretische Zeitmodell die Realität mit hoher Genauigkeit vorhersagen konnte. Trotz intensiver Planungen zeigte sich, dass im täglichen Lagergeschäft viele Sonderprozesse ablaufen, die nachträglich noch berücksichtigt und in der Software implementiert werden mussten.

Seit die Kalibrierung abgeschlossen ist zeigt sich eine Verstetigung der Tagesleistung; die Schwankungen in der Performance (gemessen in Lines / Manhour) haben sich um 20% reduziert und viel wichtiger noch, das Firefighting zum Erreichen der Cut-Offs, hat sich erheblich reduziert.

Tagespensum

Soll-Abarbeitung

Ist-Abarbeitung

Min-Abarbeitung

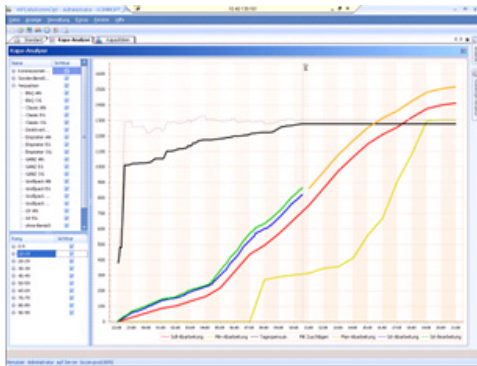


Abb. 7: Der Personalsteuerungsmonitor

6. Die Artikelverplanung

6.1 Die Anforderungen an die Artikelverplanung

Die Anforderung an die Artikelverplanung wurden wie folgt definiert:

- a.) Hilfsmittel zu Neuteilanlage
- b.) Unterstützung bei der Umlagerung von Artikeln
- c.) Erhöhung der Kommissioniereffizienz und Reduzierung von Nachschüben
- d.) Kontinuierliche Prüfung der Lagerplatzbelegung und Optimierung der Zuordnung
- e.) Verbesserung der Lagerplatzausnutzung

f.) Berücksichtigung von Vergangenheitswerten und Forecasts aus ERP und Planungssystemen

Der Hauptfokus liegt auf der optimalen Anordnung der Artikel für die Kommissionierung. Es sollen kurze Wege unterstützt werden und die ergonomisch richtige Platzierung von Artikeln sichergestellt werden. Artikel mit vielen Zugriffen oder hohem Gewicht müssen im ergonomisch günstigsten Bereich liegen. In Fächern ganz unten oder ganz oben, die für den Greifer ergonomisch ungünstig erreichbar sind, muss die Anzahl der Picks minimiert werden. Durch die richtige Zuordnung können zuletzt auch die Nachschubkosten minimiert werden.

6.2 Die Ergebnisse der Artikelverplanung

Die nach 3 Monaten Betrieb gemachten Erfahrungen sind positiv. Im Erdgeschoß, der Kommissionierung von Tools, konnten die Zugriffe in den Schnelldreherbereichen verdoppelt werden; im Obergeschoß konnte die Anzahl der Zugriffe im Schnelldreherbereich Durchlaufkanal um immerhin noch 10% gesteigert werden. Die Nachschubtätigkeit ist um 15% zurückgegangen und die Klärfälle und Minderreservierungen konnten zusammen mit weiteren Maßnahmen um 63% reduziert werden. Diese Effekte müssen in der nahen Zukunft noch statistisch belegt werden

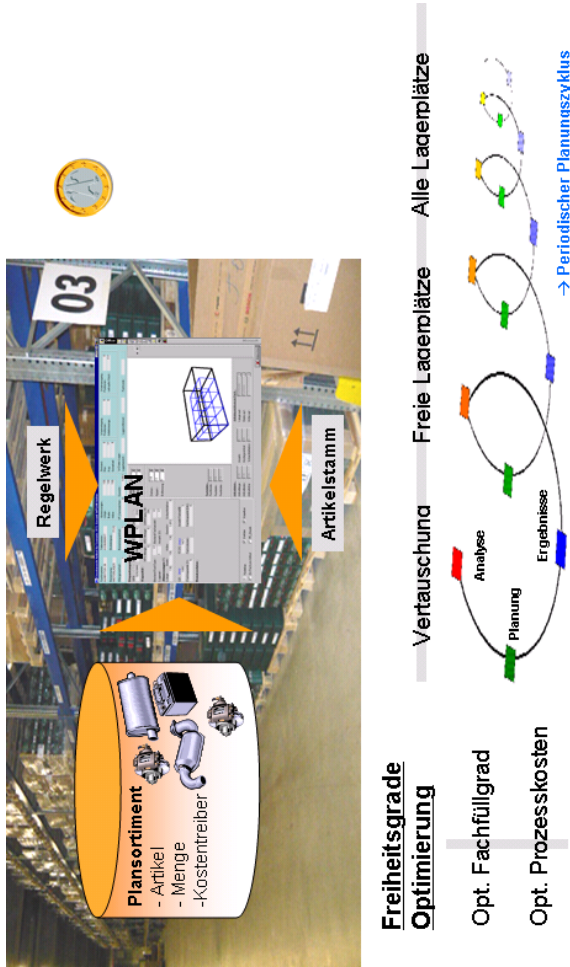


Abb. 8: Das Funktionsschema der Artikelverplanung

7. Schlussbetrachtung

Die Einführung eines abgestimmten Systemdreiklangs aus Wegeoptimierung, Personalsteuerung und Artikelplatzierung führte zu einer deutlichen Optimierung der Lagerprozesse. Die Prozess- und Durchlaufzeiten im Lager konnten deutlich reduziert und stabilisiert werden.

Diese Prozessbeschleunigung ermöglichte die Verkürzung der Betriebszeiten um ein halbe Schicht.

Alle Maßnahmen zusammengenommen konnten die Betriebskosten um 20% senken bei gleichzeitig stabilerem und zuverlässigerem Betrieb.

Für die Zukunft sind mit dem Add on Möglichkeiten zu weiteren Optimierungen geschaffen worden. Unter anderem ist eine Kartonempfehlung für die Packerei möglich einschließlich Packinstruktionen an den einzelnen Packer. In diesem Bereich liegen nach MTM-Analysen noch erhebliche Optimierungspotentiale verborgen.

Mit Hilfe der Kartonoptimierung ließe sich dann auch die Wegeoptimierung weiter verbessern. Wenn bereits vor der Kommissionierung die Kartons und ihr Inhalt vorausberechnet sind, kann die Wegeoptimierung sich vom Auftragsbezug lösen und sich nur noch an Kartons und deren Inhalt orientieren. Statt Aufträge zu Kommissioniertouren zusammenzufassen, würden dann Packstücke zu Touren zusammengefasst werden. Durch diese Maßnahme wird eine weitere Reduzierung der Wegstrecken und Verbesserung der Produktivität möglich.

Go Green? Go Green!!

Dipl.-Wi.-Ing. Gregor Blauermel

B416 Unternehmensberatung

Abstract

„Grün“ ist heute eines der dominierenden Themen in der Logistik. Gründe dafür sind erhoffte Imageverbesserungen, Kosteneinsparungen und die Forderung der Politik nach einer durchgängigen Dokumentation der Umweltauswirkungen von einzelnen Produkten. Das bedeutet, dass zukünftig für jedes Glied in der Supply Chain eines Produkts der anfallende CO₂-Ausstoß ausweisbar sein muss. Bislang sind jedoch noch keine für den Anwender handhabbaren Methoden verfügbar. Der VDI-Arbeitskreises „Grüne Logistik“ (FA311) will daher eine Methodik bereitstellen, die es dem Nutzer ermöglicht, den CO₂-Ausstoß für die Bereiche Lager/Umschlag und den Transport zu ermitteln. Durch das Einführen verschiedener Güteklassen soll eine schrittweise Implementierung möglich sein, um ausgehend von ersten Abschätzungen sukzessive zu besseren Daten zu kommen und die CO₂-Emissionen bewerten zu können.

Energiesparen mit System – Effiziente Antriebstechnik in der Intralogistik

Dr.-Ing. Meinhard Schuhmacher,
SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG,
Bruchsal

1. Einleitung

„Der Mensch braucht keine Produkte sondern Lösungen“ – dieser Satz des langjährigen Firmeninhabers der SEW-EURODRIVE, Hr. Ernst Blickle, bestimmt auch heute noch das Denken und Handeln des Unternehmens. Natürlich werden Produkte bei der Lösung von Problemen benötigt, aber ein Produkt per se schafft dieses nicht. Lösungen werden auch nur dann benötigt, wenn eine konkrete Problemstellung vorhanden ist – und zur Lösung gehört immer und vor allem auch der Verstand des Menschen, der seine Ideen sinnvoll einbringt und die Lösungsfindung optimiert.

Eine der großen - aktuellen und zukünftigen - Problemstellungen ist der Energieverbrauch der Menschheit und die damit verbundenen Umweltaspekte wie der CO₂-Ausstoß. Dabei ist der Weltenergieverbrauch nicht nur aufgrund des rasanten Weltbevölkerungswachstums stark angestiegen, vielmehr ist der Pro Kopf Energieverbrauch massiv gewachsen. Beide Verläufe – Bevölkerung und Energieverbrauch – sind in Bild 1 grafisch dargestellt, wobei verbrauchsdämpfende Effekte wie z.B. die Weltwirtschaftskrise in den Dreißiger

Jahren des letzten Jahrhunderts nur eine äußerst geringe Auswirkung auf den Verlauf zeigen.

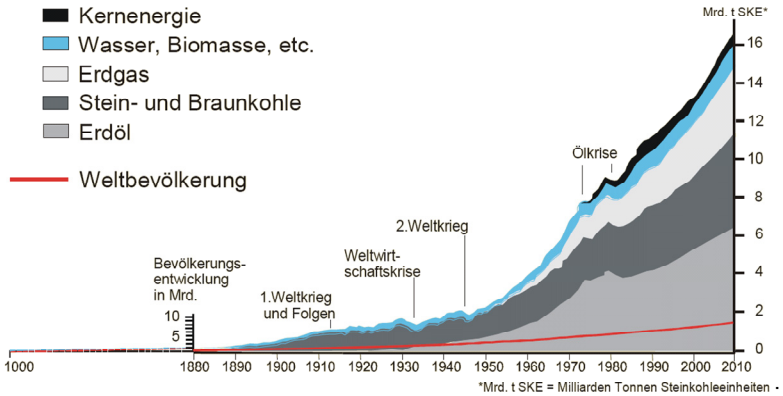


Abb. 1: Weltbevölkerungswachstum und Weltenergieverbrauch

(Quelle: Technologie und Förderzentrum, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten)

Der überproportionale Anstieg des Energieverbrauchs verglichen mit dem Bevölkerungswachstum hat nicht zuletzt starken Einfluss auf den CO₂-Ausstoß, da nur ein Bruchteil der Energie aus CO₂-neutralen Energiequellen wie z.B. Wasser- oder Kernenergie gewonnen wird. Die Verknappung der Ressourcen (in manchen Fällen auch die gefühlte Verknappung von Ressourcen) führte in den letzten Jahren auch zu einem starken Anstieg der Preise für alle Arten von Energieressourcen. Noch Mitte 2008 lag der Ölpreis bei fast 150 \$ pro Barrel. In Zeiten der Finanz- und mittlerweile Wirtschaftskrise haben sich die Energiepreise wieder ein wenig der nun sinkenden Nachfrage angepasst – der langfristige Trend zu steigenden Energiepreisen ist bei Experten jedoch unumstritten. Bezogen auf Deutschland lässt sich dies am Strompreisindex, den der VIK

(Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.) regelmäßig veröffentlicht, klar belegen (siehe Bild 2).

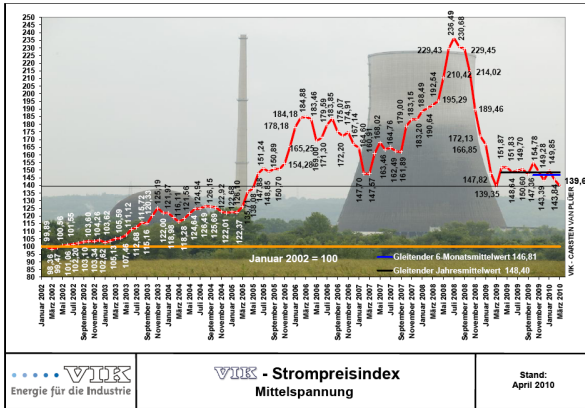


Abb. 2: Strompreisindex in Deutschland

(Quelle: VIK, Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., April 2010)

Der mittlere Strompreis hat sich von 2002 bis 2008 nahezu verdoppelt und ist erst in den letzten Monaten wieder deutlich zurückgegangen. Verbunden mit dem starken Anstieg des Energieverbrauchs – insbesondere auch der elektrischen Energie – sind Verbrauchssenkungsmaßnahmen dringend gefordert. Verschärfend kommen aus wirtschaftlicher Sicht die geplanten CO₂-Abgaben hinzu. Einfache Lösungen zur Senkung des Energieverbrauchs gibt es nicht, da Produktivitäts- und Wirtschaftswachstum eine weitere Steigerung des Verbrauchs erwarten lassen. Es bedarf deshalb intelligenter Lösungen zur Senkung des Verbrauchs bei gleichbleibender oder sogar wachsender Produktivität.

2. Einsparpotentiale in der elektrischen Antriebstechnik

Der ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) hat bereits im Jahr 2006 die Einsparpotentiale in der elektrischen Antriebstechnik für die deutsche Industrie ausgiebig untersucht und in seiner Broschüre „Energiesparen mit elektrischen Antrieben“ publiziert. Nach dieser Studie beträgt das Einsparpotential bei elektrischen Antriebssystemen ungefähr ein Drittel des Gesamtverbrauchs, sofern alle Maßnahmen wie z.B. Einsatz von Energiesparmotoren (2,2 %), Einsatz von elektronischer Drehzahlregelung (9 %) und mechanische Optimierung umgesetzt würden. Allein diese Aussage verdeutlicht, dass pauschale Ansätze nur geringes Potential bieten.

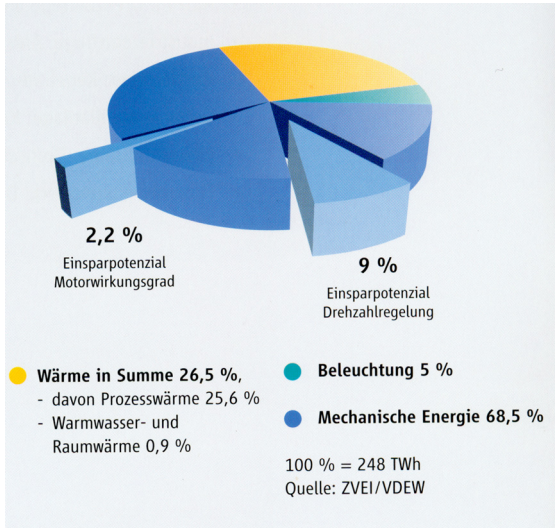


Abb. 3: Stromverbrauch und Einsparpotentiale in der deutschen Industrie 2004
(Quelle: *Energiesparen mit elektrischen Antrieben*, ZVEI, April 2006)

Die Verwendung von Energiesparmotoren, also Asynchronmotoren der Wirkungsgradklassen (IE2 und IE3), die zumeist am Netz geführt sind, bieten zwar dem Namen nach ein erhebliches Potential, die absolute Einsparung hält sich jedoch in einem relativ bescheidenen Rahmen. In einfachen Anwendungen als Dauerläufer in Pumpen und Lüfter ist der Einsatz unumstritten und absolut sinnvoll. Zu beachten ist allerdings, dass insbesondere in dynamischen Anwendungen ein Energiesparmotor sogar zu höheren Gesamtverbräuchen führen kann. Prinzipbedingt haben Energiesparmotoren höhere Massenträgheiten, was sowohl für Kupfermotoren als auch für Aluminiummotoren gilt. Häufiges Beschleunigen und Verzögern in der Applikation kann durch die größere rotatorische Masse sogar einen höheren Energieverbrauch bewirken. Der Vorteil des besseren Wirkungsgrades können Energiesparmotoren nur dann ausschöpfen, wenn sie lange und möglichst in Konstantdrehzahl betrieben werden. Alleine dieses einfache Beispiel verdeutlicht, dass Lösungen, die mehr oder weniger auf einzelnen Produkten mit spezifischen Energiespareigenschaften aufgebaut sind, auch nur in bestimmten Applikationen funktionieren. Um das wirklich volle Einsparpotential nutzen zu können, bedarf es auf die Applikation angepasste Lösungen.

Auch der häufig zitierte pauschale Ansatz, der Einsatz eines frequenzgeregelten Antriebes führe zu einem geringeren Energieverbrauch ist nur dann korrekt, wenn durch den Umrichter die Drehzahl abgesenkt werden kann und somit auch die abgegebene Leistung sinkt. Im direkten Vergleich mit einem Netzantrieb unter gleichen Betriebsbedingungen – also bei Konstantdrehzahl – verbraucht ein System mit Umrichter prinzipbedingt mehr Energie. Deshalb muss auch der Einsatz eines Frequenzumrichters bei der Energiebetrachtung auf die Anwendung angepasst werden, ansonsten kann auch hier der negative Fall

auftreten, dass eine gut gemeinte Maßnahme zu einem letztendlich höheren Energieverbrauch führt.

3. Potentiale der Energieeinsparung am Praxisbeispiel Regalbediengerät

Viele Anwendungen in der Antriebstechnik können heute nur noch mittels Drehzahlregelungen und Lageregelungen sinnvoll umgesetzt werden. Als typisches Beispiel in der Antriebstechnik wird im folgenden das Regalbediengerät betrachtet, das sowohl Fahr- als auch Hubbewegungen durchführt. Diese Kombination von Bewegungen finden wir auch bei vielen Kränen – im englischen Sprachraum wird ein Regalbediengerät auch als „*crane*“ bezeichnet. Auch die Normen und Richtlinien bei Regalbediengeräten wurden letztlich aus Kranbaunormen abgeleitet.

Um ein Regalbediengerät sicher und schnell von Position A nach Position B zu bewegen, werden üblicherweise frequenzgeregelte Antriebe eingesetzt. Bei kleineren Geräten kommen dabei bereits Servo-Motoren zum Einsatz, bei größeren Geräten findet man vorrangig Drehstrom-Asynchronmotoren, die vektorgeregelt betrieben werden. Die Aufgabe des Gerätes ist es, möglichst schnell die Ladung zu übernehmen und ins Regal einzulagern bzw. diesen Vorgang beim Auslagern in umgekehrter Reihenfolge abzuarbeiten. Energetisch betrachtet speichert das Regalbediengerät mit der transportierten Ladung potentielle Energie im Regal. Beim Auslagern wird diese Energie unter Berücksichtigung von Wirkungsgradverlusten wieder freigesetzt. Das Regal stellt somit einen riesigen Energiespeicher dar. Bei konventioneller Bauart wird die freiwerdende Energie des beim Senken generatorisch arbeitenden Motor über den Brems-Chopper des Umrichters in einem Bremswiderstand in Wärme umgewandelt. Sofern man das Regalbediengerät nicht als Heizung verwenden

möchte ist die Energie damit zur weiteren Nutzung verloren. Die freiwerdende Energie kann aber sinnvoll genutzt – quasi recycled werden:

- Recycling der Energie durch Rückspeisung ins Netz
- Direkte Nutzung der freiwerdenden Energie durch intelligente Zwischenkreiskopplung

Beide Verfahren sind mittlerweile Stand der Technik und in vielen Anlagen erprobt. Das Einsparpotential beider Lösungen hängt jedoch von vielen Faktoren ab, so dass die wirtschaftlichste Variante von Fall zu Fall beurteilt werden muss.

3.1 Energieeinsparung mit Rückspeisung

Ein am Netz betriebener Asynchronmotor wirkt bei übersynchronem Betrieb als Generator und speist im Schiebetrieb – also beispielsweise beim Senken einer Last oder beim Verzögern – Energie zurück ins Netz. Auch am Umrichter erreicht der Motor in diesen Betriebsarten einen übersynchronen Betriebspunkt und entwickelt ein der Bewegung entgegengesetztes Moment. Die Leistung des Motors ist dabei negativ, d.h. die Energie muss über den Umrichter abgeführt werden. Die einfachste Maßnahme, die Energie zu entsorgen, stellt der Bremswiderstand da. Wird das maximale Spannungsniveau im Zwischenkreis des Umrichters überschritten, wird die überschüssige Energie über den Brems-Chopper durch den Bremswiderstand regelrecht verheizt. Bei kleinen Energiemengen ist dies technisch durchaus akzeptabel, bei großen Energiemengen ist jedoch der Einsatz einer Netzspeisung wirtschaftlich sinnvoll. Die überschüssige Energie wird dabei in der Rückspeisung recycled, was durch den Wechselrichter der Rückspeisung erfolgt.

Im Falle des Regalbediengeräts hat man es beim Hubwerk mit durchaus nennenswerten Energiebeträgen zu tun, die im Falle der Senkbewegung des Hubwagens zurückgespeist werden können. Begünstigt wird die Rückspeiserate durch die üblicherweise hohen Wirkungsgrade der mechanischen Übertragungsglieder, so dass in der Hubachse bis zu 60 % der aufgewendeten Energie zurückgewonnen werden können. Im Fahren ist die Rückspeiserate geringer, da dort in der Konstantfahrt kontinuierlich Verluste auftreten und nur in der Verzögerung der Motor generatorisch betrieben wird. In den Messungen (Bild 4) sind jeweils ein Fahrzyklus in x-Richtung sowie das Heben und Senken für ein Zwei-Mast-Regalbediengerät dargestellt. Alle Leistungen, die Werte kleiner Null annehmen, führen zu Energiebeträgen, die zurückgespeist werden. Die Gesamtrückspeiserate dieses Geräts unter Berücksichtigung aller möglichen Fahrkombinationen liegt knapp unter 50 %, d.h. die mit dieser Rückspeisung ausgestatteten Geräte verbrauchen nur halb so viel Energie wie Geräte in konventioneller Bauart.

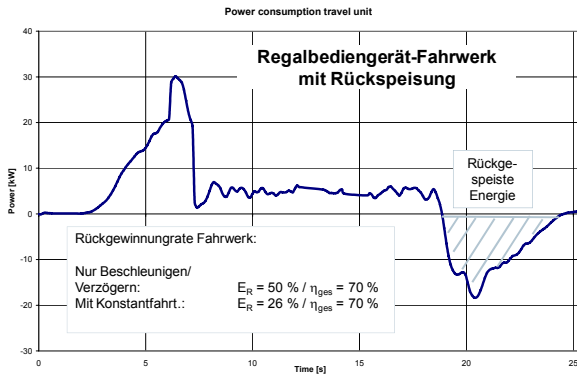


Abb. 4: Verlauf der Leistungsaufnahme des Fahr- und Hubwerks eines Regalbediengeräts mit Rückspeisung

Je nach Anzahl der gefahrenen Spiele pro Stunde und Anzahl der Betriebstage im Jahr, ergibt sich eine unterschiedliche Amortisierungsdauer für die zusätzlichen Investitionskosten der Rückspeiseeinheit. Da Regalbediengeräte üblicherweise einer hohen Auslastung unterliegen, können Amortisierungszeiten in einer Größenordnung von 2 Jahren erreicht werden. Als nicht zu vernachlässigender Nebeneffekt sollte die CO₂-Einsparung berücksichtigt werden, die in dem beschriebenen Fall bei 35 t pro Jahr liegt.

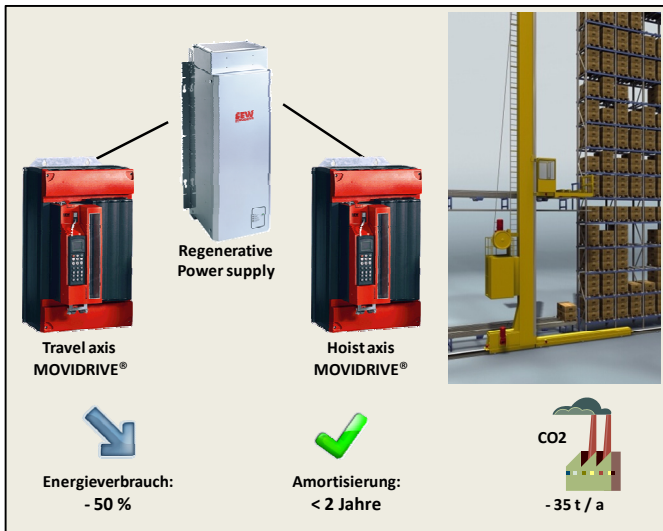


Abb. 5: Einsparpotential durch Rückspeisung bei Regalbediengeräten

3.2 Energieeinsparung durch intelligente Zwischenkreiskopplung

Ein wesentliches Leistungskriterium des RBG ist die Anzahl der pro Stunde möglichen Einzel- und Doppelspiele nach FEM 9.851, die den Mittelwert der pro Stunde technisch möglichen Aus- und Einlagerungen spezifizieren. Der dabei erzielbare Durchsatz ist abhängig von der Nutzlast, der Regalgeometrie wie Länge und Höhe und den maximalen Geschwindigkeiten der RBG-Achsen und nicht zuletzt vom eingesetzten Lastaufnahmemittel. Hochleistungs-RBG sind dabei auf maximale Doppelspiele optimiert, der Energieverbrauch tritt zunächst in den Hintergrund. Da in den meisten Fällen eine chaotische Lagerverwaltung eingesetzt wird, sind die tatsächlichen Spielzeiten von den jeweiligen zufällig ermittelten Fachpositionen abhängig – der Mittelwert für ein Spiel stellt sich erst nach einem genügend langem Beobachtungszeitraum ein. Es ist daher auch nicht möglich, durch eine einfache Rechnung den typischen Energieverbrauch pro Doppelspiel anzugeben. Durch die Kombination aller möglichen Fahrten lassen sich jedoch die Einzelverbräuche ermitteln und daraus ein Mittelwert für ein typisches Spiel ermitteln.

Die Idee der Optimierung des Energieverbrauch durch die Zwischenkreiskopplung beruht auf dem Prinzip, dass zwei Partner freiwerdende Energien teilen. Vereinfacht kann man sagen, was der eine gibt, nimmt der andere. Das Prinzip funktioniert dann optimal, wenn beide Partner ungefähr gleich stark sind. Als weiteres Kriterium gilt, dass die Spielzeit des RBG nicht verschlechtert werden darf – der Kunde möchte seinen Durchsatz ja beibehalten. Die Zwischenkreiskopplung beider Umrichter alleine führt aber nur zu einem geringen Einspareffekt, sofern die Steuerung die Fahr- und Hubbewegung nicht energieoptimal aufeinander abstimmt. Vor dem eigentlichen Abarbeiten des

Fahrbefehls ermittelt die Steuerung MOVI-PLC® die optimalen Ein- und Umschaltzeitpunkte der Fahr- und Hubbewegung, wobei der Algorithmus die Gesamtspielzeit nicht verschlechtert. Erst diese intelligente Ansteuerung macht das Verfahren so effektiv, wie die Messung in Bild 6 zeigt.

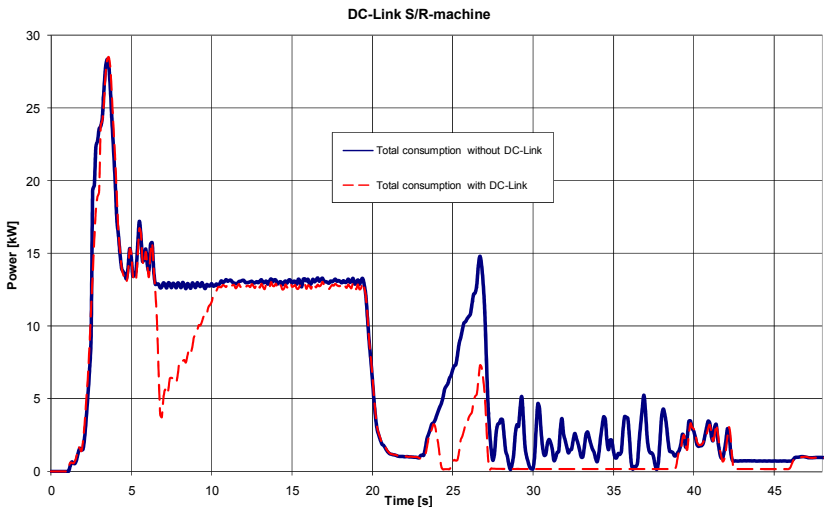


Abb. 6: Verlauf der Leistungsaufnahme mit und ohne Zwischenkreis Kopplung

Für ein Einmast-Gerät mit 30 m Gesamthöhe ist die Leistungsaufnahme während zweier Fahr-/Hubzyklen dargestellt. Im ersten Bereich (bis $t=22$ s) fährt das Regalbediengerät in x-Richtung und der Hubwagen wird gleichzeitig angehoben. Im zweiten Zeitabschnitt fährt das Regalbediengerät erneut in x-Richtung, der Hubwagen wird jetzt aber abgesenkt. Der Unterschied zwischen den beiden Varianten – mit (gestrichelt) und ohne (durchgezogen) intelligente

Zwischenkreiskopplung - wird deutlich, wenn das RBG in Phase 1 im Fahrwerk bremst; der Energiebedarf sinkt dort deutlich ab während ohne Zwischenkreiskopplung der Energiebedarf konstant bleibt. Noch deutlicher wird dieser Effekt in Phase 2, wenn der Hubwagen abgesenkt wird und kontinuierlich Energie aus der Hubbewegung für die Fahrbewegung genutzt werden kann. Während der Konstantfahrphase in x-Richtung muss keine weitere Energie aus dem Netz zur Verfügung gestellt werden, der Energiebedarf ist zu diesem Zeitpunkt Null.

Ein weiterer interessanter Aspekt dieser Messung ist, dass die Eigenfrequenz des Mastes direkt aus der Konstantfahrphase des Gerätes (Messung ohne Zwischenkreiskopplung) entnommen werden kann. Durch die Schwingung des Mastes wird das Gerät beschleunigt und verzögert, was zu Änderungen der Fahrgeschwindigkeit führt. Die Regelung reagiert auf diese Abweichungen und beschleunigt bzw. verzögert das Gerät, um die konstante Geschwindigkeit zu halten.

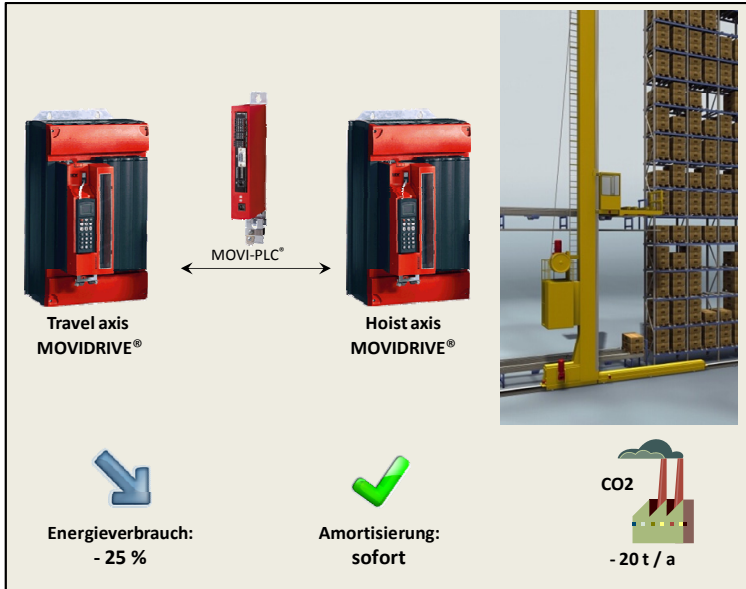


Bild 7: Einsparpotential durch intelligente Zwischenkreiskopplung bei Regalbediengeräten

Je nach Regalgeometrie kann die intelligente Zwischenkreiskopplung den Energieverbrauch des Geräts um bis zu 25 % senken. Für die Hardware sind keine Investitionskosten notwendig. Vielmehr wird der Gesamtaufwand sogar etwas geringer, da nur ein Bremswiderstand statt zwei benötigt wird. Sofern die Software einmal implementiert wurde, entstehen durch deren Multiplikation keine weiteren Kosten. Das System amortisiert sich also unmittelbar. In der beschriebenen Ausprägung werden pro Gerät und Jahr ca. 20 t CO₂ eingespart.

Gerade in der Projektierungsphase sind Informationen zu den späteren Life Cycle Costs besonders wertvoll. Nur durch fundierte Prognosen kann letztlich entschieden werden, welche der Techniken zu einem betriebswirtschaftlich optimalen Ergebnis führt und für die Umwelt am günstigsten ist. Zur Lösungsfindung wird bei SEW-EURODRIVE ein speziell für Regalbediengeräte entwickeltes Simulations-Tool eingesetzt, das die komplexen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Energieflüssen der Achsen berechnet. Dabei werden alle Fahrten, die im Hochregallager möglich sind, simuliert und dadurch der tatsächliche im Betrieb auftretende Verbrauch ermittelt, wie Abbildung 8 zeigt. Für jedes Einzelspiel ist dort der Energieverbrauch des Regalbediengeräts dargestellt. In der Simulation können bei der Projektierung die einzelnen technischen Lösungen gegenüber gestellt werden und daraus dann die optimale Lösung für den Kunden gewählt werden.

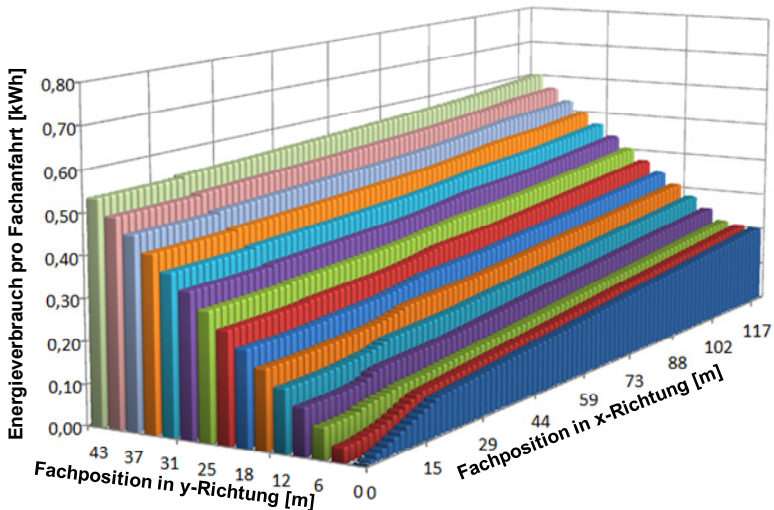


Abb. 8: Simulation des Energieverbrauchs eines
Regalbediengerätes pro Fachanfahr

4 . Zusammenfassung

Zur Reduktion des Energieverbrauchs in der Antriebstechnik sind vor allem intelligente Lösungen gefragt. Je nach Anwendung können die richtigen Lösungen unterschiedlich ausfallen. Was für die eine Anwendung richtig ist, kann für eine andere Applikation sogar zu einem höheren Energieverbrauch führen. Die Analyse der Anwendung ist zur Lösungsfindung unverzichtbar und wie die beiden Beispiele des Regalbediengeräts zeigen, können selbst in einer Applikation unterschiedliche Konzepte zum Ziel führen. Durch die steigenden Energiepreise, verbunden mit der Diskussion zur Reduktion der Treibhausgase, werden die richtigen Maßnahmen zur Verbrauchsenkung inzwischen immer häufiger umgesetzt, weil sie sich auch wirtschaftlich darstellen lassen. Technologien und Produkte hierzu sind auf dem Markt verfügbar – sie müssen nur sinnvoll zu Lösungen kombiniert werden.

Flexible Fördersysteme – KARIS

Dipl.-Ing. Christoph Nobbe,
Dipl.-Wi.-Ing. Dominik Berbig,
Institut für Fördertechnik Logistiksysteme/ KIT,
Karlsruhe

Abstract

Heutige automatisierte Materialflusssysteme sind komplexe Anlagen, die über mehrere hierarchische Ebenen im Informationssystem sowie elektrische und mechanische Gewerke verteilt sind. Dieser Aufbau macht eine Umkonfiguration sehr schwierig, in vielen Fällen sogar unmöglich. Um dennoch auf schnell wechselnde Anforderungen im Materialfluss reagieren zu können, gibt es einen Trend hin zur Deautomatisierung, was zu höheren Personalkosten führt. Am Beispiel von KARIS (Kleinskaliges Autonomes Redundantes IntralogistikSystem) soll aufgezeigt werden, dass es möglich ist, automatisierte Materialflusssysteme zu bauen, die sich hochflexibel und selbstständig an die jeweilige Aufgabe anpassen können. Hierzu werden sowohl der Aufbau des Systems als auch die sich daraus ergebenden Möglichkeiten vorgestellt.

Einleitung

Die Anforderungen an Materialflusssysteme sind im Wandel. Waren bisher Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und höchste Durchsatzleistung die Maxime, treten heute weitere Merkmale in den Vordergrund: Flexibilität, Rekonfigurierbarkeit und hohe Verfügbarkeit. Aus immer kürzer werdenden

Produktlebenszyklen und einer weiterhin steigenden Variantenvielfalt resultiert ein Umdenken bezüglich der Gestaltung von Materialflusssystemen. Während bisher Anlagen viele Jahre mit nahezu unverändertem Layout im Einsatz waren, ist es heute oftmals bereits nach wenigen Jahren - bei bestimmten Produkten sogar noch kurzfristiger - erforderlich, den Materialfluss neuen Randbedingungen anzupassen. Ein Systemansatz, der die Rekonfiguration des Materialflusssystem ohne Einbußen der Betriebsbereitschaft und ohne kostspielige und risikoreiche Inbetriebnahmen und Tests praktisch „on the fly“ erlaubt, ist hier die einzige wirtschaftlich vertretbare Alternative. Allerdings existiert ein solcher heute noch nicht.

Noch heute gilt die Faustformel, dass mehr als die Hälfte der Gesamtkosten einer fördertechnischen Anlage durch die Installation und die Inbetriebnahme verursacht werden (vgl. Abb. 1).

Kostenstruktur für die Implementierung eines Stetigförderersystems*

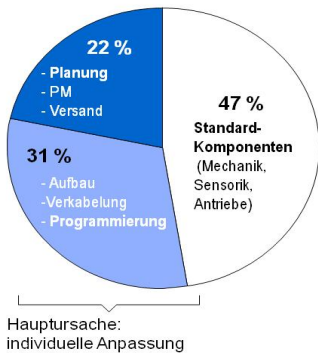


Abb. 1: Kostenstruktur heutiger Stetigfördertechnik (nach psb Intralogistics GmbH, Typische Kostenstruktur für Stetigförderersysteme)

Diese Kosten stehen bei einer Umkonfiguration und Wiederinbetriebnahme erneut an. Noch dazu kommen die Kosten für die Ausfallzeiten der Anlage und die nicht kalkulierbaren Mehraufwände bei eventuellen Problemen. Aus diesen Gründen wird ein Umbau oftmals gescheut. Im Bereich der Logistikdienstleister und produzierenden Unternehmen wird daher häufig auf eine Automatisierung teilweise oder gar vollständig verzichtet beziehungsweise der bereits vorhandene Automatisierungsgrad reduziert (siehe Abb. 2).

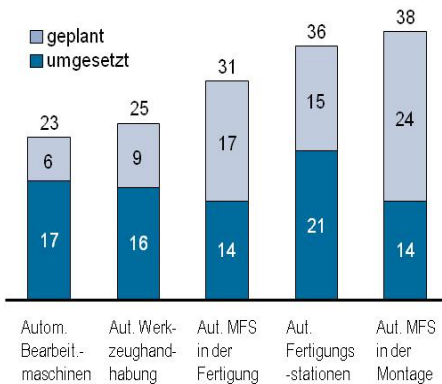


Abb. 2: Reduktion des Automatisierungsgrads (laut Umfrage bei Nutzern hoch automatisierter Anlagen, VDI Nr. 35, 2001)

Die hohen Investitionskosten für eine vollautomatische Anlage werden daher bis heute von vielen, insbesondere kleinen und mittelständischen, Unternehmen gescheut, da die Laufzeiten der Rahmenverträge inzwischen oftmals deutlich kürzer sind, als die Amortisationszeit für solch eine Anlage.

Kürzere Produktlebenszyklen erfordern jedoch zunehmend schnell umrüstbare und anpassbare Produktionssysteme. Nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund

der Ressourcenschonung wird daher die Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen immer wichtiger.

Notwendige Voraussetzungen

Um für diese neu entstandenen Aufgaben gewappnet zu sein, müssen neue Systeme gewisse Anforderungen erfüllen. Die Systeme sollten in ihrer Leistung und Größe skalierbar sein. Wünschenswert wäre dabei die Eigenschaft, die Skalierung auch im laufenden Betrieb vornehmen zu können, um flexibel auf sich ändernde Anforderungen reagieren zu können. Dabei sollte das System nicht nur im Gesamten anpassbar sein, sondern auch hinsichtlich der zu transportierenden Güter. Eine effektive Möglichkeit, mit derselben Fördertechnik sowohl Groß- wie auch Kleinladungsträger zu transportieren, ist derzeit nicht verfügbar. Von daher sieht man in vielen Betrieben immer wieder einen Gabelstapler mit einem einzelnen Kleinladungsträger durch die Gänge fahren. Dies ist auch gerade im Hinblick auf die Energiebilanz nicht wirtschaftlich.

Installationsdauer und -aufwand für ein System müssen deutlich reduziert werden, um auch kostengünstiger agieren zu können. In diesem Zusammenhang sind standardisierte Schnittstellen (USB, ...), wie beispielsweise in der Computerindustrie vor allem im Endnutzerbereich, ein wünschenswertes Ziel auch für die Intralogistik. Wenn sich Systeme einfach per „plug and play“ erweitern lassen, kann man sie auch einfach und schnell auf die jeweiligen Wünsche und Situationen anpassen.

Im Allgemeinen sollte ein neues System auch ressourcenschonend agieren: Zum einen muss es energetisch möglichst effizient arbeiten (hierzu ist zum Beispiel das Verhältnis von Eigengewicht zu Nutzlast zu verbessern) und zum anderen sollte die Wiederverwendbarkeit des Systems gewährleistet sein, um es auch für

kleinere Aufträge und besonders in verschiedenen Bereichen und Fertigungen rentabel einsetzen zu können.

Nach unseren Untersuchungen erreicht man dies vor allem mit einem kleinskaligen, modularen Aufbau, sowohl im Materialflusselement selbst als auch im Gesamtsystem. Durch den Einsatz von baugleichen Elementen lassen sich verschiedenste Systeme einsetzoptimal konfigurieren, dimensionieren und aufbauen. So ist z. B. eine saisonale, auch kurzfristige, Aufstockung der Kapazitäten möglich, um Auftragsspitzen besser begegnen zu können. Vorstellbar hierfür sind unter anderem Mietmodelle, um saisonale Mehraufkommen abfedern zu können, vergleichbar zu bereits heute weit verbreiteten Staplermietmodellen. Dazu ist es allerdings notwendig, dass die Materialflusselemente genauso problemlos in ein bestehendes Gesamtsystem integriert werden können, wie es bei manuell bedienten Staplern möglich ist. Mit einem solchen Konzept wäre es zum ersten Mal möglich, die Fördertechnik genauso flexibel wie die Mitarbeiter einsetzen zu können.

KARIS – ein hochinnovatives System

KARIS (Kleinskaliges Autonomes Redundantes IntralogistikSystem) stellt eine mögliche Ausprägung eines solchen „standardisierten“, skalierbaren, wiederverwendbaren und ressourcenschonenden Gesamtsystems dar. Das System besteht aus wenigen Grundelementen, welche in Kombination ein flexibles Gesamtsystem bilden. Dieses Grundelement, **das Einzelement**, ist modular aufgebaut und lässt sich somit weiter an verschiedene Anforderungen anpassen. Die unterste Ebene beinhaltet den flächenbeweglichen Fahrtrieb. Dieser verleiht dem Einzelmodul eine hohe Wendigkeit und durch die verbaute Antriebsleistung wird auch eine große Dynamik erreicht. So ist das Element in

der Lage, bis zu 2m/s schnell zu fahren und eine Last bis 100kg (aktuell, geplant sind 250kg) zu transportieren. Die mittlere Ebene bietet Platz für die sicherheitsrelevante Sensorik und kann darüber hinaus mit einem Hubmodul versehen werden. Damit ist das Einzelmodul in der Lage, die oberste Ebene in der Höhe anzupassen und kann so an verschiedenen Ebenen der Peripherie andocken und genauso gut einen Ladungsträger oder direkt das Werkstück auf Arbeitshöhe bringen. In der obersten Ebene des Moduls befindet sich der Förderantrieb, welcher multidirektional zu allen 4 Seiten fördern kann. Damit ist ein größtmögliches Einsatzspektrum gewährleistet. Ebenso wird Platz für weitere Sensorik bereitgestellt, mit der es möglich wird, das Element auf unter einen Zentimeter genau fein zu positionieren und so eine Fördergutübergabe zu bewerkstelligen. Abbildung 3 zeigt den Aufbau eines solchen Einzelelements.

- Größe 500x500x400... 800
- Ladungsträger KLT 400x600, GLT 800x1200
- Fahrgeschwindigkeit 2m/s
- Fördergeschwindigkeit 0,5m/s

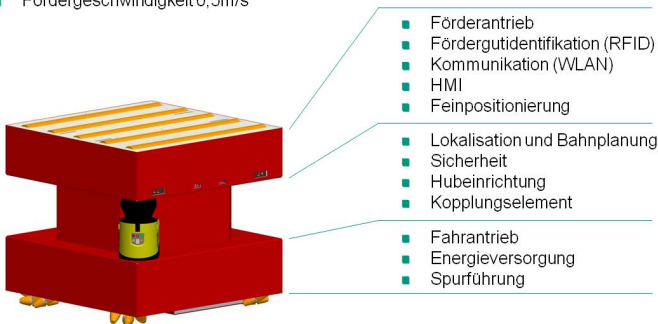


Abb. 3: Aufbau eines KARIS-Einzelelements

Die zur Übernahme/Übergabe notwendigen **Übergabestellen** bilden die physikalische Anbindung an die Peripherie. Hierbei sind alle denkbaren

Kombinationen möglich. So kann KARIS sehr leicht in ein bestehendes System integriert werden. Eine Übergabestelle dient z. B. als Ein- und Auslagerpunkt eines AKLs, oder ist einfach das Ende einer Rollenbahn. Wichtig ist nur, dass sie das Fördergut selbstständig übernehmen und übergeben kann, sodass auch hier kein Personaleinsatz notwendig ist.

Die **Anbindung** an eine übergeordnete Planungsinstanz dient der Einlastung von Aufträgen in das System. Sie werden über den Kommunikationskanal an die Elemente übermittelt und von einem geeigneten Element quittiert. So kann jedem Auftrag auch ein Element zugewiesen werden. Die Vergabe der Aufträge wird dezentral von den Elementen selbst „verhandelt“. Somit wird auch hier kein „Single-Point-of-Failure“ geschaffen, das Gesamtsystem kann bei einzelnen Ausfällen weiterarbeiten.

Der **Systemaufbau** setzt sich nun aus der Anbindung an eine übergeordnete Peripherie, verschiedenen Übergabestellen (min. 2) und einer fast beliebigen Anzahl von Einzelelementen zusammen.

Je nach Auftrag agiert KARIS dabei als Einzeltransporteur oder mehrere Elemente schließen sich zu funktionalen Clustern zusammen, vgl. Abbildung 4:

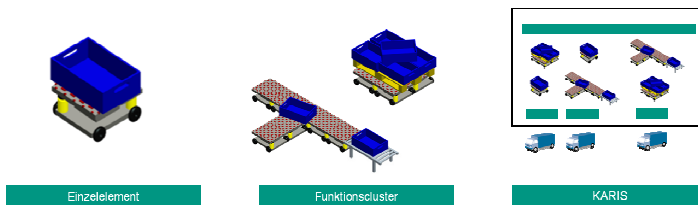


Abb. 4: KARIS-Funktionscluster

Der einfachste Fall ist der Transport eines Kleinladungsträgers von einem Punkt zum nächsten. Dies kann einfach und effizient als Einzeltransport durchgeführt werden. Je nach Auftragsaufkommen kann es jedoch ab einem bestimmten

Punkt günstiger sein, nicht mehr Einzeltransporte durchzuführen, sondern kurzfristig eine Stetigförderstrecke aufzubauen und somit einen höheren Durchsatz zu erreichen. Diesen Aufbau und die Entscheidung hierzu übernehmen die Elemente selbstständig sowie die Auswahl der für die Stetigförderstrecke benötigten Module. Die Einzelemente übernehmen eine Vielzahl von Aufgaben und Entscheidungen und kommunizieren darüber hinaus selbstständig untereinander. Der standardisierte, modulare Aufbau der Einzelemente ermöglicht es ferner, eventuelle Ausfälle einzelner Module zu kompensieren, indem einfach ein funktionsfähiges Modul die Aufgaben des ausgefallenen übernimmt. Durch diese Redundanz werden die Modulkosten deutlich gesenkt. Dies wird einerseits durch die erzielbaren „economies of scale“ erreicht, andererseits durch die Tatsache, dass nun die einzelnen Module keine äußerst hohe (99,5% oder höhere) und damit sehr teure Verfügbarkeit mehr aufweisen müssen. Abbildung 5 stellt zusammenfassend das Gesamtsystem dar.

Einzelkomponenten



Einzelement
Förder-/Fahrantrieb, HMI,
Hubeinrichtung, Navigation,
Sicherheit, WLAN, RFID



Übergabestelle
Anbindung an Peripherie,
Stromanschluss,
RFID.(Netzwerkanschluss)



**Anbindung an übergeordnete
Planungsinstanz (Bsp.: ERP), 19"
Rack, Stromanschluss,
Netzwerkanschluss,
„Taxizentrale“**

Systemaufbau



Abb. 5: Schematische Darstellung von KARIS

Inbetriebnahme von KARIS

Die Inbetriebnahme eines Gesamtsystems erfolgt in wenigen, einfach durchzuführenden Schritten. Da für die Navigation keinerlei zusätzliche Eingriffe in die Umgebung notwendig sind, kann mit der Inbetriebnahme ohne Anpassung der Infrastruktur unmittelbar begonnen werden.

Zum einwandfreien Funktionieren des Systems muss zuerst eine erste Karte der aktuellen Umgebung erstellt werden. Hierfür genügt ein einziges Element, das durch den Einsatzbereich fährt und währenddessen die Abstände zu (bekannten) Kanten und Flächen mittels des integrierten Scanners scannt. Für diesen Scanvorgang wird keine zusätzliche Unterstützung benötigt. Ebenso ist es nicht notwendig, während der Vermessung den laufenden Betrieb einzustellen, oder diese während einer Betriebspause durchzuführen. Die Erfassung kann und soll im laufenden Betrieb erfolgen und dauert, je nach Umgebung, einige Minuten bis zu maximal einer Stunde. Anhand der auftretenden Remissionswerte werden hierbei Hindernisse, Strukturen und freie Wege erfasst. Abbildung 6 zeigt exemplarisch den „Sichtbereich“ eines Einzelements sowie die entstehenden „Reflexionsmuster“:

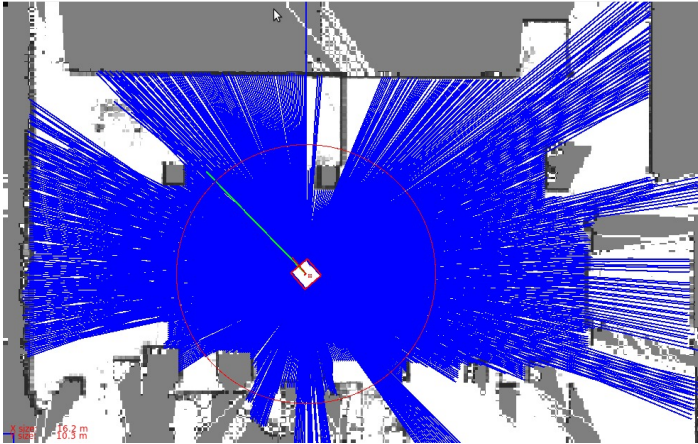


Abb. 6: "Sichtbereich" eines Einzelements

Die so gewonnenen Daten werden in eine Karte übersetzt und müssen bzw. können nun noch mit zusätzlichen Peripherieinformationen (besondere Bereiche, Vorzugsrouten, ...) ergänzt werden. Hier werden die Positionen von Übergabestellen eingetragen, sowie Sperr- und Sonderflächen definiert. Diese fertige Karte wird nun allen am System beteiligten Einzelementen bereitgestellt.

KARIS – Ablauf einer Auftragsbearbeitung

Um die systembedingte Robustheit des Gesamtsystems zu zeigen, wird hier kurz der generelle Ablauf einer Auftragsabwicklung dargestellt: Wenn über den Kommunikationskanal ein Auftrag an das System übergeben wird, „verhandeln“ die Einzelemente darüber, wer im Augenblick am geeignetsten ist, diesen Auftrag zu übernehmen. Wenn dieses Element gefunden ist, wird der Auftrag an die übergeordnete Planungsinstanz von dem Einzelement selbst quittiert und

darauflin, wie im Folgenden dargestellt, abgearbeitet: Zuerst plant das Element selbstständig einen geeigneten Weg zur Übernahmestelle des Auftrags. Hierbei orientiert es sich lediglich an vorhandenen Kanten und Flächen der Umgebung, welche mittels Laserscanner abgetastet werden. Das so erhaltene Muster wird mit der zuvor aufgenommenen Karte verglichen und so die aktuelle Position bestimmt. Bei der Wegplanung weiter berücksichtigt sind verschiedenste Bereiche, die innerhalb der Karte vorgegeben wurden. Befindet sich auf der geplanten Strecke ein (temporäres) Hindernis, wird automatisch eine alternative Route gesucht, bis der Zielort erreicht ist. Hierbei findet auch eine „Freund-Feind-Erkennung“ statt, wodurch entschieden werden kann, ob es sich bei dem „Hindernis“ um einen Menschen, Gegenstände oder ein anderes Einzelelement handelt. Entsprechend wird dann agiert und das Hindernis umfahren.

Ist das Einzelelement an der gewünschten Übergabeposition angekommen, kommuniziert es direkt und löst den Übergabezyklus aus. Ist der Ladungsträger übernommen, wird dies an das System gemeldet und die Übergabestelle wieder frei gegeben für neue Aufträge. Das Einzelelement transportiert dann den Ladungsträger zum gewünschten Ziel und quittiert dies wieder an die übergeordnete Planungsinstanz. Der sich daraus ergebene Ablauf trägt maßgeblich für die Robustheit des Gesamtsystems bei. Fällt in einem Szenario mit beispielsweise 30 Einzelelementen ein Element aus, hat dies nur in sehr geringem Maße Einfluss auf die Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems: Das ausgefallene Element kann durch ein noch funktionsfähiges ersetzt werden, der Auftrag wird sofort weiter bearbeitet, ohne dass auf die Reparatur des ausgefallenen Elements warten zu müssen. Die Reparatur kann anschließend bei immer noch laufendem System erfolgen.

KARIS - Mögliche Einsatzszenarien sowie weitere Vorteile

Wie bereits gezeigt wurde, kann KARIS durch seine Flexibilität in den verschiedensten Bereichen der Produktion und Distribution eingesetzt werden: als Werkstückträger oder Fördermittel, für die Materialversorgung bis hin zum Einsatz im produktionsnahen Umfeld oder im Wareneingang, zum Kommissionieren und Sortieren. Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet sind Flughäfen, auf denen KARIS-Elemente als Gepäckförderanlage eingesetzt werden und die Flugzeugbe- und -entladung unterstützen können.

Darüber hinaus bietet ein Intralogistiksystem mit einer Architektur wie der von KARIS neben der Flexibilität noch zahlreiche weitere Vorteile im Vergleich mit klassischen Fördermitteln & Produktionssystemen:

Die hohe und teure Verfügbarkeit einzelner Komponenten wird durch Nutzung vieler redundanter Einzelelemente ersetzt. Hierdurch können die Kosten reduziert werden. Ein weiteres großes Einsparpotenzial ergibt sich durch die Möglichkeit der Automatisierung der Materialversorgung. Hierzu werden heutzutage Milkruns oder Stapler eingesetzt. Diese nicht-wertschöpfenden Prozesse erfordern Menschen als Bediener. Somit entstehen hohe Betriebskosten. Werden diese Tätigkeiten durch KARIS automatisiert, wird die Gesamtproduktivität aller Mitarbeiter gesteigert. Die Mitarbeiter, die sich bisher ausschließlich um die Materialversorgung kümmern mussten, können gefördert, entsprechend ihrer Fähigkeiten weitergebildet und für andere Arbeiten, beispielsweise Montagetätigkeiten, eingesetzt werden. KARIS ermöglicht einen one-piece-flow, wodurch die Materialwiederbeschaffungszeit stark verkürzt wird. Hierdurch ist weniger Platz zum Lagern von Material an den Montageplätzen nötig. Die durch Materialpuffer verursachten Flächennutzungskosten werden

geringer, beziehungsweise können diese Flächen für eine Ausweitung der Produktion o. Ä. genutzt werden.

Mit der dezentralen Struktur ist KARIS skalierbar: Um das System an Veränderungen im Materialfluss – zum Beispiel ein geändertes Layout oder eine geänderte Durchsatzanforderung – anzupassen, kann es mit einfachen Mitteln rekonfiguriert werden, und muss hierfür nicht demontiert und wieder aufgebaut werden. Die Anpassung an die aktuellen Materialflussanforderungen kann, wie in Abb. 7 dargestellt, wirtschaftlich realisiert werden. Selbst eine Verringerung des Systemdurchsatzes ist wirtschaftlich darstellbar und kann, unterstützt durch neue Geschäftsmodelle (Vermietung, Leasing von Einzelelementen), einen bedeutenden Schritt in Richtung der heute immer häufiger geforderten Ressourcenschonung darstellen, indem die Module weiterverwendet werden.

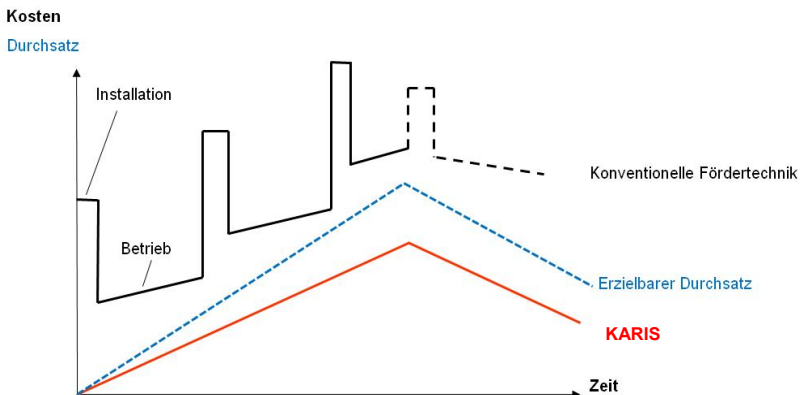


Abb. 7: Verdeutlichung der erzielbaren wirtschaftlichen Vorteile durch den Einsatz von KARIS

Unter Ausnutzung der Flexibilität bezüglich des Layouts und des transportierbaren Förderguts kann die Dimensionierung von Intralogistiksystemen mit ausgeprägten Tagesganglinien in den einzelnen Bereichen unter deutlicher Einsparung von Ressourcen erfolgen:

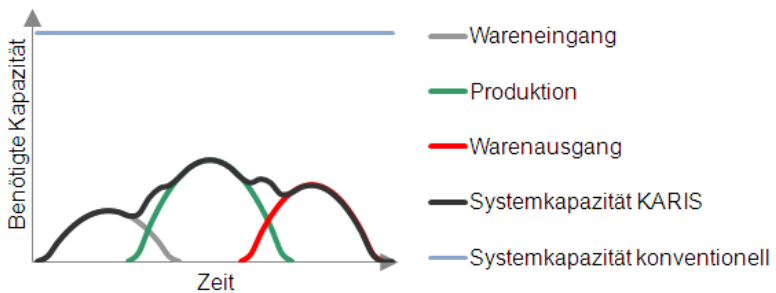


Abb. 8: Auslegung der Systemkapazität - konventionell und mit KARIS

Die Gesamtkapazität muss nicht der Summe der Einzelkapazitäten in den unterschiedlichen Bereichen entsprechen, sondern einem deutlich geringeren Wert, der im Extremfall (wenn keine Überlagerung der Tagesganglinien vorliegt) nur geringfügig über der größten Einzelkapazität liegt (vgl. Abbildung 8).

In der Regel sind Spezialmaschinen günstiger als Universalmaschinen, wie sie auch die KARIS-Einzelemente darstellen. Doch durch die Ausnutzung der Skaleneffekte und der erreichbaren Wandlungsfähigkeit wiegt KARIS diesen Nachteil mehr als auf, zumal nicht sicher ist, dass die Einzelemente überhaupt teurer sein werden als Spezialmaschinen. In Summe können die Kosten durch den Einsatz von KARIS somit dramatisch gesenkt werden, es besteht ein

enormes Einsparpotenzial. Daher ist KARIS insbesondere auch für kleine und mittelständische Unternehmen interessant, da die Elemente preiswert sind und kostengünstig eingesetzt werden können. Dadurch können auch KMUs viele innerbetriebliche Abläufe automatisieren, ohne große Mengen an Kapital für konventionelle Fördertechnik binden zu müssen, die darüber hinaus nicht rekonfigurierbar und unflexibel bezüglich Layoutänderungen ist.

Der Vertrieb der Elemente kann beispielsweise durch einen Systemintegrator erfolgen, der diese auch verleiht. Als weiterer wirtschaftlicher Vorteil eröffnen sich durch diese neuen Vertriebskanäle wie Leasing oder Vermietung der KARIS-Elemente neue Möglichkeiten. Diese führen wiederum dazu, dass Unternehmen KARIS noch wesentlich preiswerter einsetzen können. Als Beispiel ließe für eine flexible, temporäre Anpassung lässt sich z. B. ein Online-Versandhandel in der Vorweihnachtszeit anführen: Bedingt durch das saisonale Mehraufkommen, wird das Gesamtsystem zeitlich begrenzt durch zusätzlich gemietete Module auf einen höheren Durchsatz gebracht. Somit kann auf Spitzen im Bestellverhalten von Kunden flexibel reagiert und werden auch die zusätzlichen Aufträge innerhalb des geforderten Zeitfensters bearbeitet.

Fazit

Mit KARIS gelingt es, den geänderten und sich immer noch ändernden Anforderungen gerecht zu werden. Es steht ein hochflexibles, hochverfügbares, redundantes System zur Verfügung, welches völlig autonom und selbstständig sämtliche anfallenden Aufgaben erfüllen kann, in sämtlichen Bereichen vom Wareneingang über die Produktion bis hin zum Lager- und Versandbereich. Durch den standardisierten Aufbau und die vollständige Automatisierung wird es

so erstmalig möglich, in kürzester Zeit Systeme zu erstellen und wieder neu zu konfigurieren. Ebenso können hierdurch die Modulkosten so weit gesenkt werden, dass ein hochwirtschaftliches Gesamtsystem entsteht, das auch erstmals für kleine und mittelständische Unternehmen hochinteressant ist. Hierdurch kann, durch effiziente und wirtschaftliche Transporte, durch die geringeren Betriebskosten und somit das frei gewordene Kapital die Wettbewerbsfähigkeit deutlich erhöht werden.

Flexible FTS für wandelbare Materialflüsse in der Produktionslogistik

Dipl.-Ing. Ralf Bär
Artur Bär Maschinenbau GmbH
Gemmingen

Abstract

Kürzere Produkt- und Produktionslebenszyklen erfordern zunehmend schnell umrüstbare und anpassbare Produktionssysteme. Dabei ist nicht nur eine Flexibilität in vorab festgelegten Bandbreiten gefragt, sondern vielmehr die Fähigkeit auf unvorhersehbare und unplanbare Veränderungen reagieren zu können. Nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund von ressourcenschonendem Denken wird daher die Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen immer wichtiger.

Einen Ansatz für multifunktionell einsetzbare Materialflusssysteme bildet dabei das neu entwickelte CONTRAX System.

Es handelt sich um ein auf einer FTS Plattform wahlweise aufgebautes Montage-Logistik- oder Robotersystem. Innovativ ist dabei u.a. das Energiemanagement mit boost caps. Es erlaubt eine taktzeitparallele Energieaufladung und gewährleistet damit einen 24 h / 7 T unterbrechungsfreien Betrieb. In Verbindung mit einer optischen Spurführung und einfachster RFID - Technik wird eine hervorragende Layoutflexibilität erreicht.

Standardisierte mechanische und optische Schnittstellenkonzepte sorgen für eine prozesssichere und produktunabhängige Anbindung an manuell, halbautomatisch oder vollautomatisch betriebenen Arbeitsstationen.

Das CONTRAX System bietet somit investitionssichere, ressourcenschonende Lösungen in sich wandelnden Produktionssystemen.

1.) Die Bär GmbH und ihre Produkte

In mehr als drei Jahrzehnten hat sich die Artur Bär Maschinenbau GmbH aus Gemmingen zu einem anerkannten Systemspezialisten im Bereich kundenindividueller Systemlösungen für Sondermaschinen und Automatisierungseinrichtungen entwickelt.

Die Automatisierung von Produktions-, Logistik- und Informationsprozessen wird immer mehr zum Erfolgsfaktor für Unternehmen. Ob in der Produktionstechnik, der Montage- und Handhabungstechnik, der Robotik - BÄR bietet die Entwicklung, Konstruktion und Fertigung komplexer Automations- und Montagetechnik aus einer Hand. Als erfahrener Partner bieten wir unseren Kunden intelligente Systemlösungen und setzen damit neue Maßstäbe für Wirtschaftlichkeit, Flexibilität und Qualität. Zielbranchen sind vor allem die Automobilindustrie, der Werkzeugmaschinenbau, sowie die Kunststofftechnik und die Medizintechnik.



Abb. 1

2.1 Motivation zur Neuentwicklung des CONTRAX-Systems

Bei der Planung von Automatisierungs- und Montageprojekten stellt sich immer wieder die Frage nach dem perfekten, möglichst standardisierten und vor allem kostengünstigen System. Die Einflussgrößen Produktmaße, Produktgewicht und Stückzahlen sind meist als Planungsprämissen vom Kunden vorgegeben und lassen sich in der Regel wenig beeinflussen.

In den letzten Jahren verstärkt sich bei den Kunden der Trend zu immer individuelleren Produkten. Damit entstehen kleinere Losgrößen und kürzere Lebensdauern. Gleichzeitig werden die Planungshorizonte kürzer und die Investitionssummen kleiner.

Um auf die sich schnell ändernden Anforderungen der Märkte reagieren zu können, entsteht der Wunsch nach immer flexibleren und wandelbaren Anlagen.

Wichtige Faktoren bei der Auslegung/Realisierung von Automatisierungs- und Montageprojekten

- Stückzahl
- Produktmaße
- Produktgewicht

	<u>Tendenz</u>
• Varianz	steigt
• Produktlebensdauer	sinkt
• Investitionssumme	sinkt
• Flexibilität	steigt

Fazit : In den meisten Fällen gibt es keine Patentlösung bei der Realisierung von Automatisierungs-/Produktionssystemen, sondern einen Kompromiss, der die o.g. Faktoren weitestgehend optimal berücksichtigt.

Die Tendenz hin zu flexiblen Lösungen ist aber deutlich zu erkennen !

Abb. 2

Der Trend hin zu flexibleren Produktionssystemen verdeutlichen exemplarisch folgende 3 Projekte aus dem Bereich der Montagetechnik.



Abb.3

Die Rundtaktmontagemaschine (Abb.3) zur Herstellung von Bremskomponenten zeigt eine vollautomatische Maschine für hohe Stückzahlen bei kurzen Taktzeiten. Dabei werden die Einzelteile über Bunker- und Schwingförderer vollautomatisch dem Prozess zugeführt. Die hochspezialisierte Maschine ist zur Herstellung von 2 Produktvarianten, die sich dazu noch relativ wenig unterscheiden, geeignet.

Eine Montagelinie für Getriebehauptwellen (1995) zeigt bereits eine wesentlich höhere Flexibilität. Hier rückt der Mensch als denkbar flexibelstes Element in den Vordergrund. Der Werker schiebt händisch einen Montagewagen von Arbeitsstation zu Arbeitsstation. Das zu verbauende Material wird über Schuten im Kanban System zugeführt. One piece - flow Techniken erlauben auftragsbedingte Stückzahlschwankungen durch mehr oder weniger Werker im System auszugleichen. Pufferbestände werden reduziert. Auf dem System werden bereits 8 unterschiedliche Werkstücktypen montiert.

Beim Orbit System, aus dem Jahr 2003, (Abb.4) wird die Materialbereitstellung aus dem Montagesystem hinausverlagert.

Im sogenannten Supermarkt werden Werkstücke in KLT'S verbaugerecht (Poka yoke) vorkommissioniert. Am Startpunkt erhält der Werker sein Material in 2 KLT's und führt anschliessend das Material mit dem Montagewagen mit. Dabei verbaut er sukzessive das Material und braucht sich im weiteren Montageablauf nicht mehr um die Logistik und Materialbereitstellung zu kümmern. In diesem System werden bereits 25 unterschiedliche Varianten an manuellen sowie halb- und vollautomatischen Arbeitstationen gebaut. Wie auf dem Layout zu erkennen ist, sind der nachträglichen Integration von zusätzlichen Arbeitstationen Grenzen gesetzt. Einmal räumlich, aber durch evtl. längere Umbauarbeiten, auch zeitlich. Ausserdem muß bei einer Ausweitung um zusätzliche Produktvarianten immer auch der Laufweg des Werkers beachtet werden. Da für bestimmte Varianten nicht benötigte Arbeitstationen trotzdem durchfahren werden müssen, entstehen u.U. unnötige Laufwege.

Um die starre Anordnung der Arbeitsstationen aufzubrechen und dadurch noch mehr Varianten- und Layoutflexibilität zu erreichen hat sich BÄR im Jahr 2008 zur Entwicklung eines kleinen Montage- FTS entschlossen, das CONTRAX Assembly System.

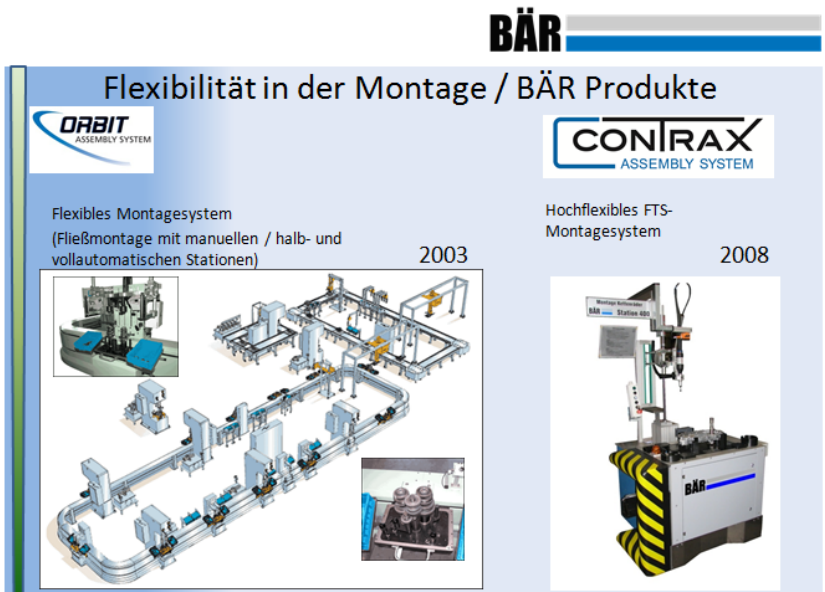


Abb. 4

3. Von der Flexibilität zur Wandelbarkeit

Die Zielsetzung war, ein möglichst kompaktes FTS mit kleinen Abmessungen zu entwickeln, dass flexibel einsetzbar ist.

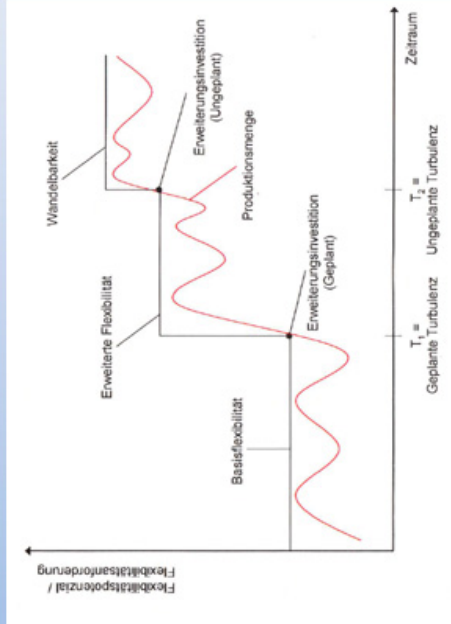
Um möglichst auch auf unvorhergesehene und ungeplante Änderungen in Produktionssystemen reagieren zu können, entstand der Gedanke das FTS als Modul in wandelbaren Produktionssystemen einzusetzen.

Im Vordergrund bei der Entwicklung des CONTRAX FTS stand immer der Wunsch nach einem möglichst wandelbaren Layout. Aus diesem Grund war ein induktiv geführtes FTS mit den dazu notwendigen Bodenarbeiten zur Verlegung von Induktionsschleifen von Anfang an keine geeignete Alternative. Um eine hohe Layoutflexibilität zu erreichen, fiel die Entscheidung deshalb auf den Einsatz eines batteriegetriebenen FTS mit optischer Spurführung. Die Durchsatzflexibilität sollte im ersten Ansatz mit einem Werkstück pro FTS und dem Einsatz von mehr oder weniger FTS im Produktionssystem gewährleistet werden. Mit Hilfe von einheitlichen Schnittstellen und leicht wechselbaren Werkstückaufnahmen sollte eine möglichst hohe Produktflexibilität erreicht werden.

Von der Flexibilität zur Wandelbarkeit

- Basisflexibilität
- Erweiterungsflexibilität
- Wandelbarkeit

Kürzere Produkt-/Produktionslebenszyklen erfordern zunehmend schnell umrüstbare und anpassbare Produktionssysteme. Dabei ist nicht nur eine Flexibilität in vorab festgelegten Bandbreiten gefragt, sondern vielmehr die Fähigkeit auf unvorhersehbare und unplanbare Veränderungen reagieren zu können.

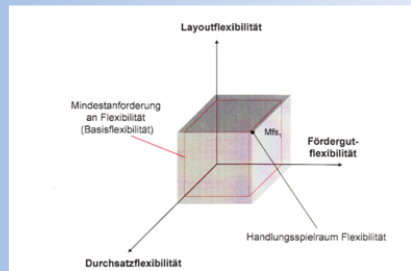


Zusammenspiel Flexibilität und Wandelbarkeit

Abb. 5

Wandelbarkeit in Materialflußsystemen

- **Layoutflexibilität**
- **Durchsatzflexibilität**
- **Produktflexibilität**



Darstellung der Flexibilität

Flexibilität + Reaktionsfähigkeit = Wandlungsfähigkeit

Abb. 6

Auch starre Systeme, wie z.B. Rollenbahnen, besitzen eine gewisse Basis- oder Erweiterungsflexibilität. Entscheidend ist aber wie schnell bei einer unvorhergesehenen Änderung im System reagiert werden kann. D.h. erst durch die Reaktionsfähigkeit auf eine gewünschte Änderung und die schnelle Umsetzung ist eine echte Wandlungsfähigkeit gewährleistet.

4. Technische Grundlagen des CONTRAX Systems

Ein FTS, das in wandelbaren Produktionssystemen eingesetzt wird, sollte ein Energiemanagement besitzen, das sich ohne großen Aufwand an alle

Gegebenheiten anpassen lässt. Restriktionen, durch Bodenarbeiten, Batteriewechsel oder längere Aufenthalte an Ladestationen sind unflexibel und damit zu vermeiden. Bei der Entwicklung wurde deshalb eine taktzeitparallele Energieaufladung, die eine größtmögliche Layoutflexibilität gewährleistet, angestrebt. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung zur Energiespeicherung auf Doppelschichtkondensatoren, auch boost caps oder power caps genannt.

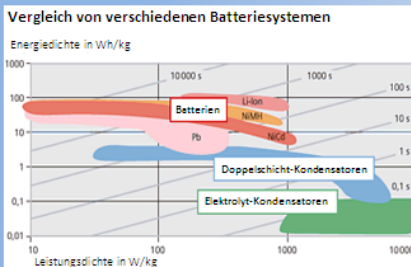
Energiemanagement

Supercaps ermöglichen ähnlich wie ein Kondensator eine schnelle Energieaufladung, gleichzeitig sind sie aber auch in der Lage die Energie relativ lange zu speichern.

Das nachfolgende Diagramm (Abb.7) zeigt den Zusammenhang zwischen der Energie- und der Speicherdichte von Doppelschichtkondensatoren.

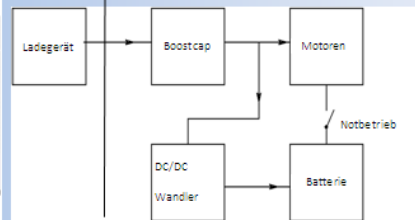
Bei einer ausgeführten Anlage ist es z.B. möglich an einer Ladestation innerhalb von einer halben Minute, soviel Energie zu übertragen, dass das FTS anschließend mehrere hundert Meter autark aus dem supercap versorgt werden kann. Die Aufladung erfolgt taktzeitparallel und behindert damit keinerlei Produktionsprozesse. Nur bei längeren Stillständen, wie z.B. Werksferien entlädt sich der Supercap auch wenn das FTS nicht fährt. Damit danach die nächste Ladestation sicher angefahren werden kann, wird zusätzlich eine kleine Pufferbatterie eingesetzt, die bei entladem Supercap über ein Relais zugeschaltet wird. Aus der Batterie werden im Normalbetrieb lediglich die sicherheitstechnisch relevanten Elemente, wie Scanner und SPS, versorgt. Da die Pufferbatterie im Normalbetrieb ständig über einen DC/DC- Wandler aufgeladen bleibt, ergibt sich nur ein sehr geringer Batterieverschleiß. Die Supercaps sind wie Standardkondensatoren nahezu verschleißfrei.

Technische Grundlagen CONTRAX Energiemanagement



Batteriesystemvergleich (Abb. 7.1)

Station ↔ FTS



In definierten Abständen befinden sich in der Anlage Ladestationen, in denen der Doppelschichtkondensator (Boostcap), **taktzeitparallel** geladen wird. Die Stromversorgung der Motoren erfolgt direkt aus dem Boostcap. Die Batterie wird permanent über den DC/DC Wandler vom Boostcap geladen. Die Batterie versorgt die Steuerung und Sicherheitseinrichtungen mit der notwendigen Spannung. Für den Fall, dass der Boostcap nach längeren Stillstandszeiten vollständig entladen ist, wird die Spannungsversorgung über die Batterie sichergestellt.

Abb. 7

4.1 Spurführung

Zur optischen Spurführung wird eine CCD- Kamera verwendet. Im Allgemeinen sind heutzutage Fertigungen und insbesondere Montageanlagen sehr sauber. Trotzdem wurde bei der Auswahl der Kamera auf hohe Robustheit und Fehlerunempfindlichkeit Wert gelegt.

Bei etwaiger Verschmutzung der 30 mm breiten Spur, genügt selbst ein geringer Kontrast um ein sicheres Navigieren zu gewährleisten. Komplette Unterbrechungen der Spur lassen sich (einstellbar bis zu 50 mm) noch zuverlässig überbrücken.



Technische Grundlagen CONTRAX Optische Spurführung

Optische Spurführung mit CCD- Kamera und weißer oder schwarzer Spur (als Klebeband oder lackiert)

Dadurch :

- leichte Veränderbarkeit des Fahrkurses
- keine Bodenarbeiten notwendig
- alternative Fahrkurse durch Offset-Weichentechnik

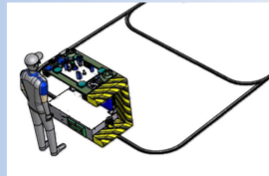


Abb. 8

Um Weichen zu realisieren, werden RFID-Tags eingesetzt. Eine in der SPS hinterlegte Fahrmatrix erhält die Fahrstreckeninformation.

Die Fahrwegmatrix wird werkstückspezifisch am Anfang der Strecke beschrieben, kann aber auch in den Arbeitsstationen bei Bedarf umkonfiguriert werden.

4.2 Mechanische Schnittstelle

Die mechanische Schnittstelle zu den Arbeitsstationen erfordert in vielen Fällen eine Ausrichtung des Werkstückes.

Besonders bei vollautomatischen Fügeoperationen sollte die Lagegenauigkeit des Werkstückes bei $\pm 0,1$ mm liegen.

Da die Haltegenauigkeit des FTS bei ca. ± 1 mm liegt, wird eine stationäre Indexiereinrichtung benutzt. Dabei ist der Werkstückträger auf dem FTS schwimmend befestigt. Über eine an der Arbeitsstation angebaute pneumatische Hubbewegung zentriert sich das Werkstück auf die geforderte Genauigkeit. Zu erwähnen ist dabei, dass z.B. bei Fügeprozessen auch bei hohen Presskräften das FTS kraftfrei bleibt.



Abb. 9

4.3 Typische Anwendungsbeispiele in Montagesystemen

Das CONTRAX Assembly System ist zum Einsatz an manuellen, halbautomatischen und vollautomatischen Arbeitsstationen konzipiert.

Dabei lässt sich auf dem FTS auch Material, das erst zu einem späteren Zeitpunkt verbaut wird, mittransportieren. Die Werker können mit dem FTS von Station zu Station mitlaufen oder stationär arbeiten. Das FTS lässt sich sozusagen als „fahrende Werkbank“ einsetzen. Bei der Ein- und Ausfahrt in Stationen entsteht nur eine geringe Wechselzeit, da das Nachfolger FTS über

den Sicherheitsscanner gesteuert, zeitgleich zur Ausfahrt des Vorgänger FTS anläuft. D.h. es entsteht ein optimale akkumulierende Bewegung.

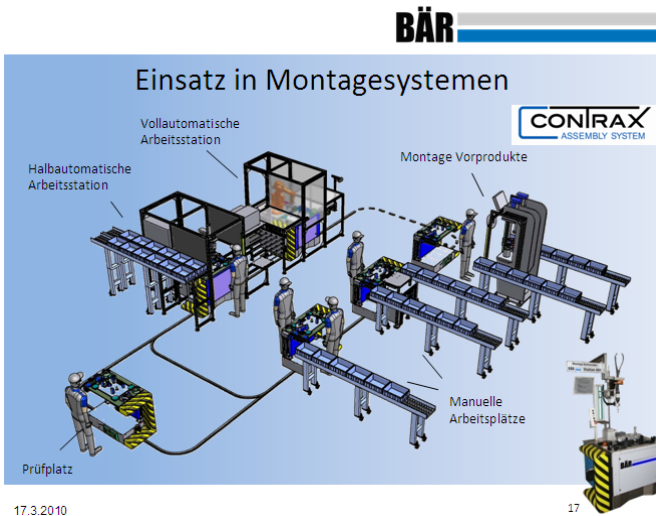


Abb. 10

Das Anlagenlayout bleibt jederzeit flexibel und wandelbar. Die kompakte Bauweise des FTS erlaubt ein ergonomisches Arbeiten am Werkstück von 4 Seiten. Die Anlage insgesamt bleibt zugänglich und weitestgehend frei von Übergängen, Treppen, Schutzzäunen, etc.

BÄR

Einsatz am Beispiel Getriebemontage



Abb. 11

Typische industrielle Einsatzfälle sind u.a.

Einsatz als Montageplattform (fahrende Werkbank)

Einsatz an manuellen, sowie halb- und vollautomatischen Arbeitsstationen

Materialversorgung von Arbeitsplätzen

Montageanlagen mit Fließprinzip

in Produktionen mit vielen Produktvarianten

in Produktionen mit stark schwankenden Stückzahlen

5. Aktuelle Entwicklungen

Ausgehend von der bewährten Technik des CONTRAX Assembly Systems entstand der Gedanke einer flexiblen Materialversorgung für Produktionssysteme. Deshalb wurde das CONTRAX Logistic System (Abb.13) entwickelt. Es handelt sich dabei um ein fahrendes Palettenhandhabungssystem. In einem ausgeführten Beispiel werden als Werkstückträger KLT's verwendet. Durch einen teleskopierbaren Greifer lassen sich damit links und rechts vom Fahrweg KLT's aufnehmen oder abstellen. Auf dem FTS selbst, besteht die Möglichkeit 2 Palettenstapel zu bilden.

Die dritte Säule des CONTRAX Systems bildet das Robot System. Es vereinigt die Flexibilität des FTS mit der Flexibilität eines 6-Achs-Roboters (Abb.15). Der Roboter übernimmt sowohl das Werkstück- als auch das Behälterhandling und kann flexibel zur Be- und Entladung von Arbeitsstationen eingesetzt werden. Das verwendete FTS kann dabei entlang der optischen Spur, sowohl vorwärts als auch rückwärts, fahren.

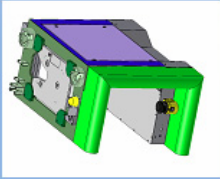
BÄR

CONIRAX

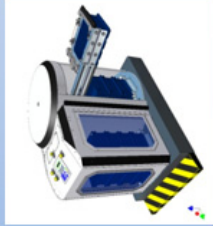
Ein Ansatz für wieder verwendbare und multifunktionell einsetzbare Materialflusssysteme zeigt das CONIRAX System.

Hierbei handelt es sich um ein auf einer FTS Plattform aufgebautes Montage- /Logistik- oder /Robotersystem. Der modulare Aufbau erweitert die reine Transportfunktion des FTS um die Funktionen Handhaben/ Speichern/ Kommissionieren/ Distribuieren.

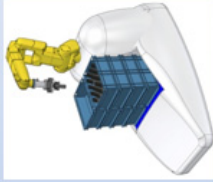
CONIRAX
ASSEMBLY SYSTEM



CONIRAX
LOGISTIC SYSTEM



CONIRAX
ROBOT SYSTEM



Das System mit seinen einzelnen Modulen ist weitestgehend produktunabhängig und bietet deshalb investitionsichere, Ressourcen schonende Lösungen in sich wandelnden Produktionssystemen.

Abb. 12

CONTRAX Logistic



Das Contrax Logistikfahrzeug transportiert KLT's oder Paletten.


Die KLT's können links und rechts des Fahrzeuges aufgenommen oder abgegeben werden.

Als Übergabestelle kommen Stellplätze, Förderbahnen, Regale, Bodenroller, etc. in Frage. Durch den Einsatz eines schwimmenden Greifers, sind Positionstoleranzen des KLT's bis +/- 5 mm ausgleichbar.

Im Innenraum des Fahrzeuges besteht die Möglichkeit zwei Stapel zu bilden. Ein Umstapeln der KLT's kann bei Bedarf während der Fahrt erfolgen.




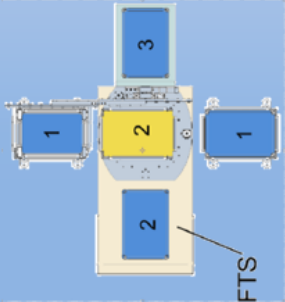
Abb. 13




BÄR

CONTRAX Logistic





FTS



Mobiles Palettenhandhabungssystem:
 Zum Absetzen der Behälter dreht der Turm in die Übergabeposition. Der Greifer wird mit einer Teleskop- und Hubachse in die Greifposition gefahren und setzt den Behälter ab. (Stapelbildung/ Umstapelung möglich).
 Entsprechend können die Behälter auch auf dem Fahrzeug 2 Behälterstapel gebildet werden. (Pos. 2).
 Optional kann das FTS verlängert, oder am Fahrzeug ein Bodenroller/Tender angekoppelt werden. Somit ist es möglich einen 3. Behälterstapel zu transportieren und ggf. umzustapeln.

Mobiles Palettenhandhabungssystem PHS

- 1 Behälterübergabeplätze
- 2 Behälterstapel auf dem FTS
- 3 FTS Verlängerung Bodenroller /Tender anknüpfbar

Abb. 14

BÄR

CONTRAX Robotic

CONTRAX
ROBOT SYSTEM

CONTRAX – Robotic FTS

Standardroboter aufgebaut auf der Basisplattform des FTS. Das FTS kann vorwärts und rückwärts entlang der Spur in verschiedene Stationen fahren. Dort erledigt der Roboter diverse Handlungsaufgaben. Der Greifer übernimmt sowohl das Behälter- als auch das Werkstückhandling.

Positionierungsgenauigkeiten des FTS an der Arbeitsstation werden über ein optisches Referenzsystem ausgeglichen.



Mobiler Roboter zum Transport von Behältern (KLT) mit Werkstücken

Typische Einsatzfälle:

- Einlegen und Entnehmen von einzelnen Bauteilen an z.B. Montagestationen – auch Fügeprozesse
- Be- und Entladen von Bearbeitungsmaschinen an wechselnden Einsatzorten
- Kommissionierung, z.B. von Montagekits im Supermarkt

Abb. 15

BÄR

CONTRAX
ROBOT SYSTEM

CONTRAX Robotic

Koordinatenwürfel
für Positionskamera



Greifer:
Sowohl Werkstück- als auch
Behälterhandling

Kamera zur Korrektur der
Positionsgenauigkeit FTS

Positionsgenauigkeiten des FTS an der
Arbeitsstation werden über ein optisches
Referenzsystem ausgeglichen.
Jede Station erhält ein, auf einem Würfel
angebrachtes Koordinatensystem.
Die Kamera des Roboters macht von 3
Seiten ein Bild und berechnet die
Positionsabweichung in allen 3 Achsen.

Abb. 16

6. Zusammenfassung

Es ist ein Trend zu immer flexibleren Automationslösungen erkennbar. In Zukunft sind darüber hinaus wandelbare, wieder verwendbare und damit investitionssichere und ressourcenschonende Anlagen gefragt.

CONTRAX bietet dazu einen Ansatz, durch sein hohes Wandelbarkeitspotential und der damit verbundenen Layout-, Durchsatz- und Variantenflexibilität.

Quellenangabe :

Abbildung 5 und 6 aus AIF Projekt, Modulare Materialflusssysteme für wandelbare Fabrikstrukturen, fml TU München 2006

Abbildung 7 SIEMENS AG

Steigerung der Sorterauslastung durch optimale Nutzung der Zuführkapazitäten

Dr.-Ing. Jörg Föllner,
Ingenieurbüro Dr. Föllner & Partner,
Straubenhardt

Abstract

Das Bottleneck moderner Warensortier- und Verteil-systeme ist die Zuführstrecke. Durch einen Strategie-wechsel bei der Zuführung und Stückguteingabe, ist es möglich die Auslastung der Verteilstrecke wirtschaftlich sinnvoll zu erhöhen. Das Ziel ist die maximal mögliche Eingabeleistung des Bedienpersonals abzurufen und die bislang vorhandene „gegenseitige Behinderung“ der Eingabeplätze zu vermeiden.

Kurzfassung

Zur Optimierung von Sortiersystemen wurde bislang eine Erhöhung der Verteilkapazitäten angestrebt. Bei der Realisierung von höheren Verteil- und Abwurfgeschwindigkeiten, bei denen nach wie vor, eine sichere Ausschleusung in die gewünschte Zielstelle gewährleistet sein muss, stößt die Entwicklung immer mehr an ihre Grenzen. Ebenso konkurrieren die größer werdenden Ausschleusfenster der Zielendstellen mit den bislang benötigten

Materialzuführungen (Einschleusungen) am Verteilerkreislauf um den geeigneten Stellraum.

Aus diesem Grund wurde in einem gemeinsamen Projekt am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme der Universität Karlsruhe (IFL) in Kooperation mit der Firma psb GmbH, Pirmasens, die bestehenden Systeme analytisch untersucht und durch Simulationen sowie Realversuchsreihen validiert. Als eines der Ergebnisse wurde abschließend ein neuartiges, modulares Zuführsystem entwickelt.

2. Sortierprozess im Allgemeinen

2.1 Sortieren

Sortieren bezeichnet einen speziellen Vorgang des Ordnen. Hierbei wird nach einem einheitlich festgelegten Sortierkriterium eine Ordnungsreihenfolge (Sortierung) hergestellt. Diese Sortierung beinhaltet jedoch nicht zwangsläufig die physische Verteilung der Objekte in ihre Endstellen. Dies ist nur dann der Fall, wenn Sortierung und Verteilung in einem Arbeitsschritt durchgeführt werden (Bsp. manuelles Abschieben in eine Endstelle).

Generell gilt für eine Sortierung das

- eine spätere **Suche vereinfacht** (z.B. Warenlager oder IT-Bereich),
- eine **bessere Übersicht** hergestellt (z.B. Kaufhausregal oder in der Buchhaltung),
- ein anschließender **Prozess beschleunigt** (z.B. Speditionsbetrieb) wird.

> **Für Sorter:** Möglichkeit **Prioritäten** festzulegen (z.B.

Endstellenproblematik)

Sortenreine Gebinde sind typische Ergebnisse eines *physischen* Sortier- und Verteilvorgangs mittels eines so genannten *Sorters*. Es ist jedoch notwendig, im Bereich der Warensortier- und -verteiltechnik, die Sortierung von der Verteilung abzugrenzen.

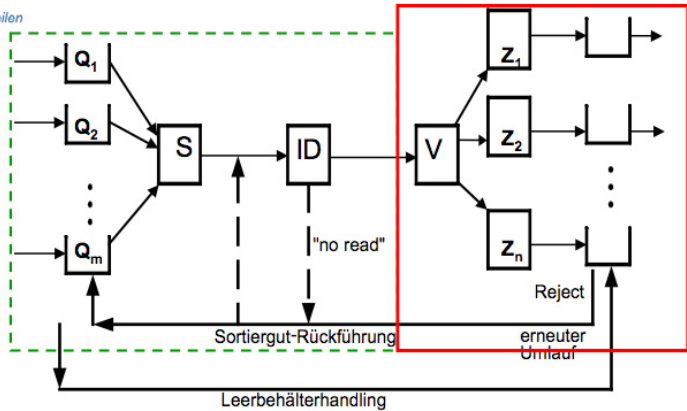
2.2 Verteilung

Unter einer Verteilung versteht man den physischen Teil des Sortiervorgangs. Zum Zeitpunkt der Verteilung wurde bereits eine logische Sortierung vorgenommen. Diese Sortierung kann entweder direkt nach einer manuellen Kodierung bei der Stückguteingabe oder durch ein automatisches Identifikationssystem erfolgen. Diese Unterteilung in Sortierung und Verteilung macht dann Sinn, wenn, wie im Folgenden beschrieben, eine Untersuchung von unterschiedlichen Kodier- und Aufgabeverfahren durchgeführt wird. Abb.: 1 zeigt eine prinzipielle Darstellung eines Sortiersystems. Der gestrichelte Bereich, die Zuführung, beinhaltet bereits die Identifikation und somit die logische Sortierung. Der geschlossene Bereich dient lediglich der physischen Verteilung auf die Ziele.



Prinzipielle Darstellung des Sortierprozesses

Sortierprozess im
 Allgemeinen:
 Sortieren/Verteilen



Ingenieurbüro
 Dr. Föllner & Partner, Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmannstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 40 R * www.dr-fun.de

3 / 33

Abb. 1: Prinzipielle Darstellung eines Sortiersystems

2.3 Problemstellung

Wie in der Einleitung beschrieben liegt die eigentliche Aufgabe, um *bestehende Ressourcen nutzbar zu machen*, in der Optimierung bestehender und zukünftiger Sortiersysteme. Hierzu kommen prinzipiell drei Funktionen des Sortiersystems in Frage.

Zum einen der Verteiler (Sorter). Hier können die Parameter Verteilgeschwindigkeit, Ausschleusfenster und Endstellenanzahl verändert

werden. Da eine höhere Verteilgeschwindigkeit größere Ausschleusfenster zur Konsequenz hat und dies wiederum zu einer Verringerung der Endstellenanzahl führt ist dies nur in geringem Maße Ziel führend.

Als weiteres Optimierungspotential kann eine Verbesserung der Identifikationstechnik in Frage kommen. Hierbei wird zum Beispiel ein bestehendes automatisches Lesesystem (Barcode/Klarschrift) mit neuer Hard- bzw. Software aufgerüstet oder von einem manuellen Kodiersystem auf ein automatisches umgestellt. Diese Form der Optimierung wird in der Praxis durch einen permanenten Anpassungsprozess an den aktuellen Stand der Technik realisiert.

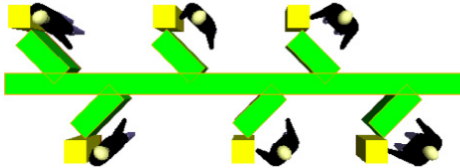
Die dritte Option findet sich in der Art und Weise des Zuführsystems. Die Parameter zur Optimierung sind in diesem Fall die Einschleusstrategie, das Einschleusverfahren und die Einschleustechnik.

Durch Untersuchungen im industriellen Umfeld hat sich gezeigt, dass sowohl die Parameter am Verteiler als auch bei der Identifikation weitestgehend ausgereizt sind



Problemstellung

Sortierprozess im
Allgemeinen:
Problemstellung



Dr. Föllner & Partner Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmannstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 40 8 * www.dr-fup.de 4 / 33

Abb. 2: Problemdarstellung durch Simulation der Gegenseitigen Behinderung

Die Untersuchung, deren Ergebnisse im Folgenden präsentiert wird, zeigt jedoch ein bislang ungenutztes Potential im Bereich der Zuführung auf. Zur vereinfachten Darstellung der Problemstellung wird in einer Simulation das Phänomen der „Gegenseitigen Behinderung“ und deren Entstehung aufgezeigt (Abb. 2).

3. Materialzuführungen - Technik und Steuerung

3.1 Einschleusverfahren

Unter dem Begriff Einschleusverfahren verbirgt sich die Art und Weise bzw. die Technologie der Material-zuführung zu einem Verteilkreislauf. In Abbildung 3

werden die Einschleusverfahren Abschiebetisch (Direkt-einschleusung), Schrägeinschleusung und Sammelband-zuführung dargestellt (Abbildung 3).

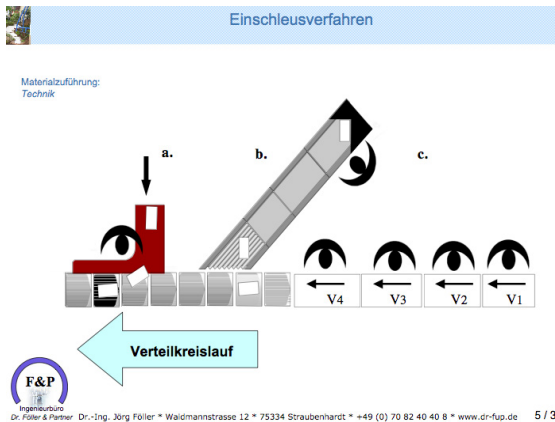


Abb. 3: Einschleusverfahren a) Direkt- b) Schrägeinschleusung c) Sammelbandzuführung

Der Abschiebetisch (3a) oder auch Direkteingabe genannt, als einfachstes Einschleusverfahren, dient zur manuellen Materialzuführung auf den Verteilkreis. Hierbei ist, auf Grund der Verletzungsgefahr, die Verteilgeschwindigkeit nach VDI - Richtlinie 3619, deutlich reduziert (siehe auch Abbildung 4). Das dieses Verfahren trotz des reduzierten Grenzdurchsatzes eingesetzt wird, liegt an der extremen Variabilität des Sortiergutspektrums. Hier ist der Mensch als flexibelstes „Eingabeinstrument“ nur schwerlich durch Technik zu ersetzen. Zusätzlich ist eine hohe Anzahl an Endstellen, durch Anordnung, auch direkt gegenüber des Eingabeplatzes, realisierbar.



Vergleich von Zuführkonzepten ohne Schrägeinschleusbänder

Materialzuführung:
 Systemvergleich

Direkteingabe

Vorteile

Kostenvorteil bei gleichbleibendem λ

Nachteile

1,0 m/s empfohlen,
 1,8 m/s realisierbar,
 2,2 m/s möglich, Unfallgefahr

Sammelbandzuführung

Einfache Steuerung,
 geringes Unfallrisiko

Gegenseitige Behinderung
 Tragelemente als Strichfelder \Rightarrow starke Ermüdung der Eingabekraft

Geteilte Bandzuführung

Keine Behinderung,
 Kostenvorteil bei deutlich höherem λ

Komplexe Stückgut-Wegeverfolgung, hoher Steuerungsaufwand



Ingenieurbüro Dr. Föllner & Partner Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmannstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 40 8 * www.dr-fup.de 13 / 33

Abb. 4: Vergleich der Zuführkonzepte

Die Schrägeinschleusung (3b) stellt bei den auto-matischen Einschleusverfahren den Stand der Technik dar. Sie wird beinahe in allen Horizontalsortiersystemen, sowie als Zuführung für Vorkopfeinschleusungen bei Vertikalsortern, eingesetzt. Die in Abbildung 7 dar-gestellte Vorkopfeinschleusung über eine Sammelband-zuführung beinhaltet zusätzliche manuelle Eingabe-positionen. Da gegenüber der Schrägeinschleusung, durch die Problematik des „Aufschießens“ (bei Kippchalensortern können leichte Sortiergüter über den Schalenrand hinaus rutschen), keine Endstellen angeordnet werden können, reduziert sich hier

systembedingt deren Anzahl (vgl. Abbildung 5).



Endstellenproblematik 1

Materialzuführung:
Technik

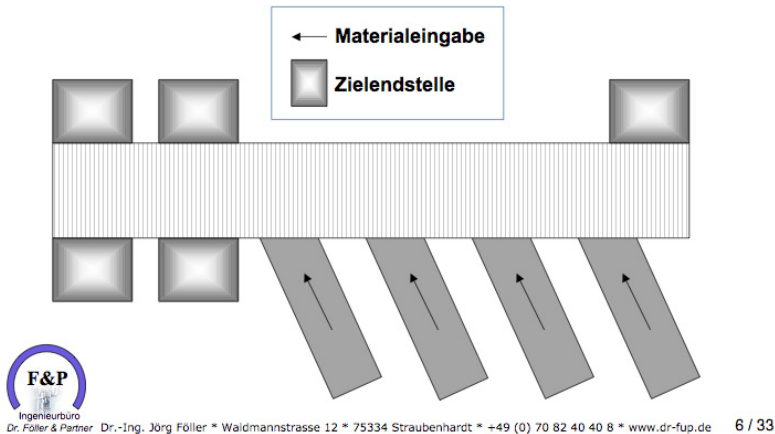


Abb. 5: Endstellenproblematik - Schrägeinschleusung

Die bereits bei Vertikalsortern etablierte Sammelband-zuführung (3c) kann, wie in Abbildung 7 gezeigt, in einer Kombination aus Schrägeinschleusung und manueller Eingabe oder wie in Abbildung 3 dargestellt, ausschließlich durch eine manuelle Eingabe realisiert werden. Durch den geringeren Platzbedarf dieser Zuführung am Verteilkreis, erhöht sich die Anzahl an möglichen Endstellen (vgl. Abbildung 6)

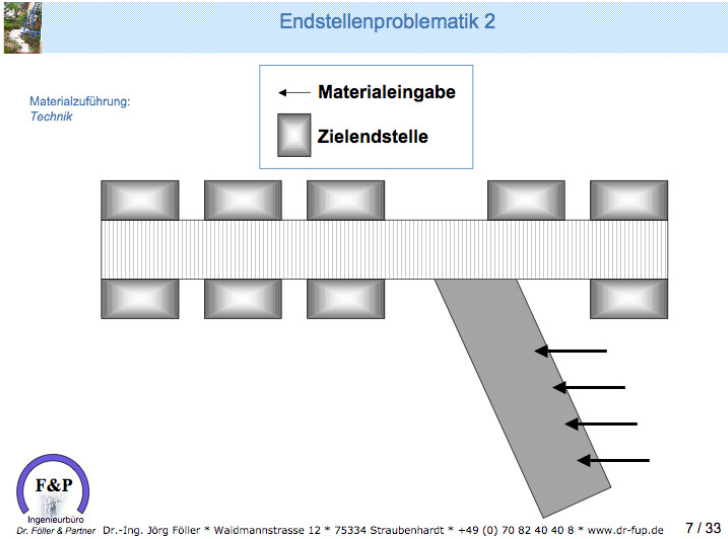


Abb. 6. Endstellenproblematik – Sammelbandzuführung



Bauformen von Einschleisungen

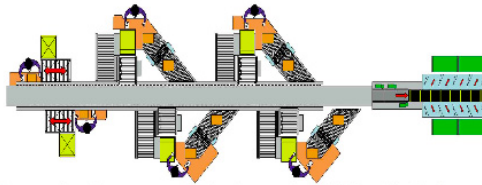
Materialzuführung:
Klassisches System



Winkeleinschleisung [Quelle: Axmann]



Parallel-Winkeleinschleisung [Quelle: Beumer]



Zuführung zu einem Quergurtsorter der Firma Axmann mit zwei direkten Eingabeplätzen und vier Schrägeinschuss-Eingabeplätzen



Dr. Föllner & Partner Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmannstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 40 8 * www.dr-fup.de 12 / 33

Abb. 7: Schräg- und Vorkopfeinschleisung

3.2 Einschleusstrategien

Zu den Einschleusstrategien zählt, neben dem Layout-design mit ein- oder zweiseitiger Anordnung der Einschleisungen, auch die steuerungstechnischen Strategien mit der statischen und dynamischen Einschleisung, sowie dem Referenzpunktverfahren.

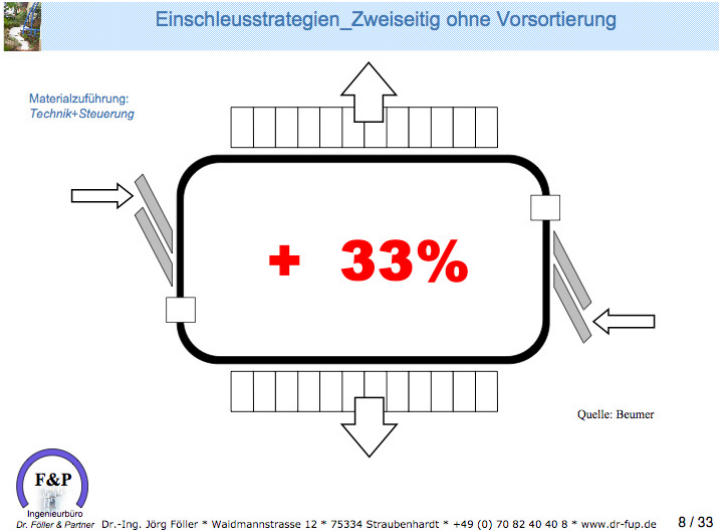


Abb. 8: Zweiseitige Zuführung ohne Vorsortierung

Die zweiseitige Einschleusung ohne Vorsortierung bringt jedoch, nach Ch. Beumer, lediglich eine Sortierleistungssteigerung von 33%. Dies liegt zum einen an den sogenannten Drehern und zum anderen an der Blockade durch ein für die „gegenüberliegende“ Endstelle vorgesehenen Sortierguts (vgl. Abbildung 8).

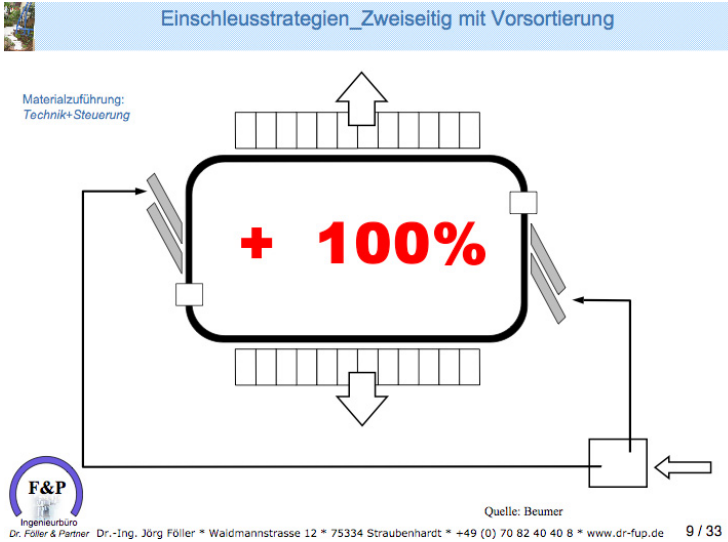


Abb. 9: Zweiseitige Zuführung mit Vorsortierung und Zwangsabwurf.

Bei einer zweiseitigen Anordnung mit Vorsortierung kann, nach Ch. Beumer, eine Leistungssteigerung von bis zu 100% erreicht werden. Dies gilt jedoch nur, wenn, durch einen Zwangsabwurf, die Anzahl an Drehern auf nahezu null reduziert wird (siehe Abbildung 9).

Die steuerungstechnischen Eingriffe im Bereich der Einschleusstrategien führen, ausgehend von der statischen Tragelementzuweisung über die dynamische Zuweisung, unter Vergabe von Prioritäten, zu einem sogenannten Referenzpunkt-verfahren (vgl. Abbildung 10). Hier wird an einem Dispositionspunkt (DP) ein freies Tragelement mit einem Sortiergut, welches an

einem geeigneten Referenzpunkt (R_i) wartet „verheiratet“ und auf dieses eingeschleust. Die hier ebenfalls mögliche Vergabe von Prioritäten spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

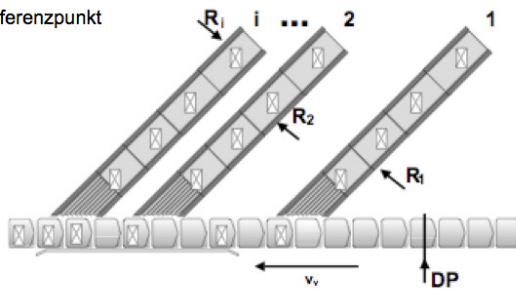


Einschleusverfahren - Statisch - Dynamisch - Referenzpunkt

Materialzuführung:
Steuerung

DP: Dispositionsplatz

R_i : Referenzpunkt



Quelle: Beumer



Dr. Föllner & Partner Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmannstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 40 8 * www.dr-fup.de 11 / 33

Abb. 10: Referenzpunktverfahren nach Beumer

4. Modellbildung und Validierung

Um das geeignete Verbesserungspotential zu finden, ist es notwendig die Schwachstellen des bestehenden Systems herauszufinden und zu analysieren. Im Falle der Schrägeinschleusung ist es die „Gegenseitige Behinderung“. Dass es eine solche Behinderung geben muss, zeigten, zu Beginn der Untersuchung, die zur Verfügung gestellten Maschinenprotokolle. In diesen wurde deutlich, dass spätestens an Eingabepplatz 5 die Aufgableistung deutlich zurückging. Um

dieses Phänomen nachzuweisen, wurden mehrere Real-versuchsreihen und Simulationsläufe durchgeführt.

4.1 Simulation und MTM – Analyse

Die Ergebnisse der Simulation wurden bereits in der Problemstellung (1.3) erläutert. Sie zeigen deutlich, dass es eine solche Behinderung geben muss. Dies wurde auch in den Realversuchsreihen bestätigt. Hierzu wurde ein Versuchsaufbau mit zwei Eingabepätzen realisiert, an dem, mit unterschiedlichen Kodierverfahren, Versuchsreihen durchgeführt wurden. Als eines der Ergebnisse zeigt Abbildung 11 den Zusammenhang zwischen der Aufgabeeleistung an Platz 1 und der möglichen Aufgabeeleistung an Platz 2. Da Platz 1 durch einen Lerneffekt, nach einiger Zeit, eine höhere Belegung des „Sorters“, bei gleich bleibender Verteilgeschwindigkeit, realisieren konnte, wurde die Leistungsfähigkeit an Platz 2, auf Grund der fehlenden freien Tragelemente, „gedämpft“. Diese Tatsache an sich würde zu keinem Verbesserungspotential führen, da mit einem „einschwingen“ des Systems zu rechnen wäre. Da jedoch in den Untersuchungen deutlich wurde, dass der Gesamtdurchsatz des Systems, durch diese Behinderung, deutlich nach unten ging, liegt hier das Gebot des Handelns. Um sicherzustellen, dass nicht ergonomische Gründe die Ursache dieser Ergebnisse sind, wurde im Rahmen einer MTM – Studie, der gesamte Bewegungsablauf analysiert (siehe Abbildung 12). Diese Analyse bildete dann die Grundlage für die Planung des prototypischen Versuchsstands (siehe Abbildung 13).

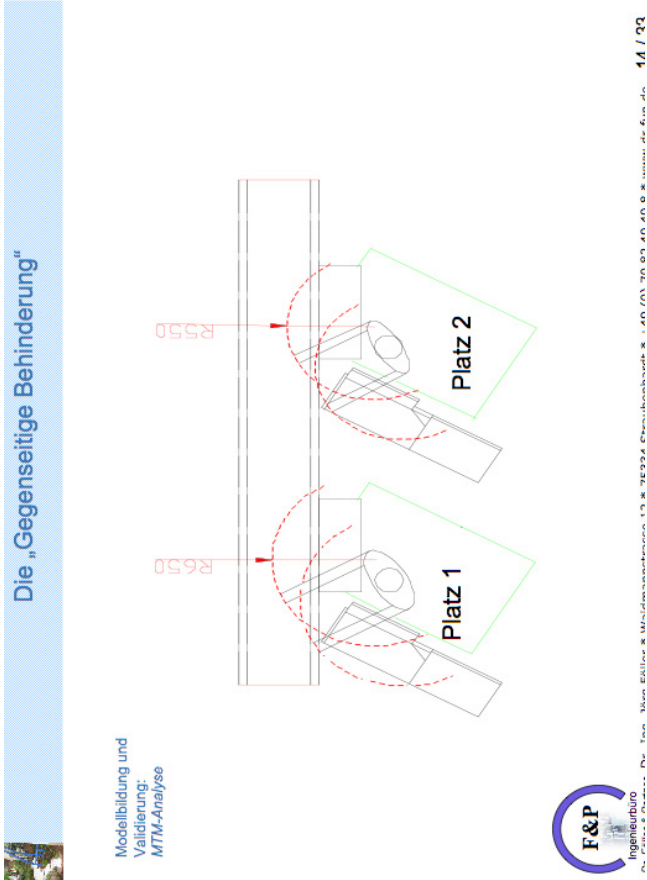


Abb. 12: MTM – Analyse der Eingabepplätze[Geben Sie ein



Die geteilte Bandzuführung

Modellbildung und
Validierung:
Versuchsaufbau



Dr. Föllner & Partner Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmannstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 40 8 * www.dr-fup.de 16 / 33

Abb. 13: Prototyp-Versuchsstand einer geteilten Bandzuführung

Um den Aufgabekräften die Möglichkeit zu geben ihr Potential voll auszuschöpfen wurde hier eine geteilte Bandzuführung mit Direktaufgabe realisiert. Ziel war es eine ausreichend große „Aufnahmekapazität“ der Bänder zu gewährleisten. Deshalb wurden die einzelnen Bänder mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten betrieben (siehe Ergebnisse Iterationsprozess; Abb.16). Da im Rahmen unserer Versuchsreihe, aus organisatorischen Gründen, keine gewerblichen Aufgabekräfte eingesetzt werden konnten, musste sichergestellt sein, dass die eingesetzten Schüler und Studenten wirklich ihre maximale Aufgabeleistung abrufen konnten. Hierzu wurde in einer Testreihe der Lerneffekt der einzelnen Aufgabekräfte untersucht (siehe Abbildung 14). Die Ergebnisse bildeten dann die Grundlage für das erwartete Leistungsspektrum.



Lernkurve für Eingabeplatz 1

Modellbildung und
 Validierung:
 Eingabepotential

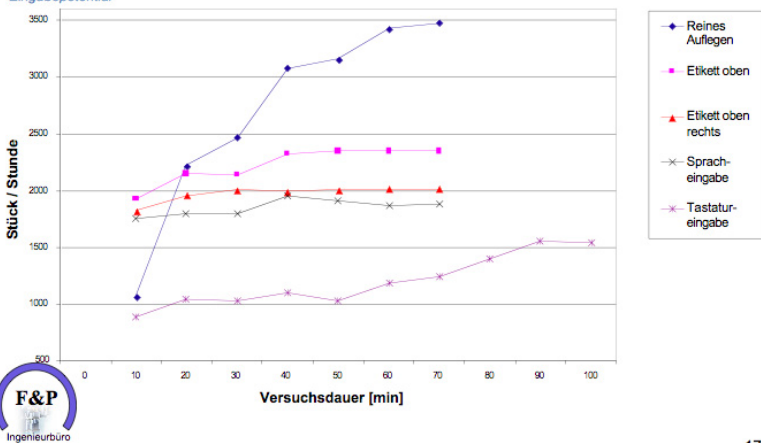


Abb. 14: Lernkurve an Platz 1 (ohne Behinderung durch das System)

Da in einigen Gesprächen mit der Industrie die Frage nach der unterschiedlichen Motivation von studentischen und gewerblichen Aufgabekräften aufkam, wurde in einer weiteren Testreihe die Leistungsfähigkeit über die Einsatzdauer untersucht. Hierbei wurde festgestellt, dass eine Ermüdung der Aufgabekräfte nachweisbar war. Als eines der Ergebnisse dieser Testreihe wurde ein Rotationssystem entwickelt, bei dem es sichergestellt werden kann, dass die systembedingte Arbeitsbelastung von Platz 1 bis 4, für alle Beteiligten gleich hoch ist (siehe hierzu Abbildung 15).

Nachdem die Einflüsse (Lerneffekt und Ermüdung) auf die Leistungsfähigkeit der Aufgabekräfte ermittelt und die Arbeitsplatzgestaltung unter ergonomischen

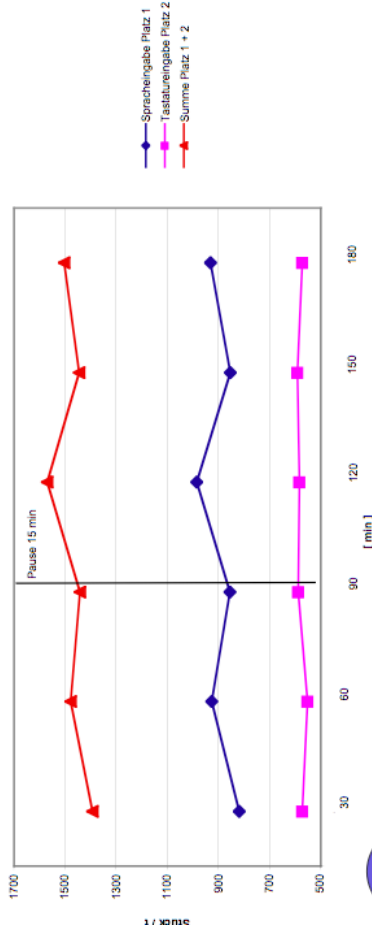
Gesichtspunkten durchgeführt wurden. Konnten die Leistungskennzahlen [Stk/h] für die unterschiedlichen Aufgabe- und Kodiervverfahren ermittelt werden. Auf dieser Basis wurde zunächst bei der Simulation ein Iterationsverfahren, zur Optimierung der Bandgeschwindigkeiten durchgeführt (siehe Abbildung 16 und 17).

Mit diesen Geschwindigkeitsstufen, das zeigte auch die Validierung am Versuchsstand, kann eine gegenseitige Behinderung, nahezu ausgeschlossen werden. Dies ist jedoch nur unter der Voraussetzung der „variablen“ Aufgabeposition möglich. Die Variabilität wird durch die Zulässigkeit der Materialaufgabe, innerhalb des Greifraums der Aufgabekräfte gegeben (vgl. Abbildung 12). Anzumerken ist hierzu, dass der Lückenmindestabstand eingehalten werden muss. Dieser ist notwendig um ausreichend Raum/Fläche zur Aufgabe eines Sortierguts zu haben. Nur so ist eine Aufgabe ohne Überlappung der Sortiergüter möglich.

Versuch zur Ermüdung des Personals



Modellbildung und
 Validierung: Ermüdung
 und Rotationsverfahren





Ergebnisse geteilte Bandzuführung 1

Modellbildung und
 Validierung: Gleiches
 Geschwindigkeitsstufen

KODIERVERFAHREN (BEARBEITUNGSZEIT)	PLATZ 1 (0,10 m/s)	PLATZ 2 (0,22 m/s)	PLATZ 3 (0,49 m/s)	PLATZ 4 (1,10 m/s)
Freies Auflegen (1,2 sec/Paket)	1710	1250	1950	3000
Orient. Auflegen 1 (1,5 sec/Paket)	1710	1250	1930	2400
Orient. Auflegen 2 (1,8 sec/Paket)	1710	1250	1930	2000
Spracheingabe (2,0 sec/Paket)	1710	1250	1800	1800
Tastatureingabe (2,4 sec/Paket)	1500	1450	1500	1500
Standardpakete	1380	1380	1500	1500

Abb. 16: Leistungsergebnisse mit gleich bleibenden Geschwindigkeitsstufen

Ingenieurbüro
 Dr. Föllner & Partner · Dr.-Ing. Jörg Föllner · Waldmanntstrasse 12 · 75334 Straubenhardt · +49 (0) 70 82 40 40 8 · www.dr-follner.de 21 / 33

Iterative Geschwindigkeitsanpassung

Modellbildung und
 Validierung: Ergebnis
 Geschwindigkeitsanpassung

KODIERVERFAHREN (BEARBEITUNGSZEIT)	PLATZ 1	PLATZ 2	PLATZ 3	PLATZ 4
Freies Auflegen (1,2 sec/Paket)	3000 (0,22 m/s)	3000 (0,45 m/s)	3000 (1,10 m/s)	3000 (1,60 m/s)
Orient. Auflegen 1 (1,5 sec/Paket)	2400 (0,15 m/s)	2400 (0,40 m/s)	2400 (0,80 m/s)	2400 (1,30 m/s)
Orient. Auflegen 2 (1,8 sec/Paket)	2000 (0,12 m/s)	2000 (0,30 m/s)	2000 (0,65 m/s)	2000 (1,1 m/s)
Spracheingabe (2,0 sec/Paket)	1800 (0,12 m/s)	1800 (0,28 m/s)	1800 (0,60 m/s)	1800 (1,00 m/s)
Tastatureingabe (2,4 sec/Paket)	1500 (0,10 m/s)	1500 (0,24 m/s)	1500 (0,49 m/s)	1500 (0,80 m/s)
Standardpakete (2,4 sec/Paket)	1500 (0,10 m/s)	1500 (0,24 m/s)	1500 (0,49 m/s)	1500 (0,80 m/s)



Ingenieurbüro Dr. Föllner & Partner Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmamsstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 40 8 * www.dr-fup.de 22 / 33

Abb. 17: Iterative Anpassung der Geschwindigkeit je nach Eingabeverfahren

4.2 Stochastischer Nachweis

Um die Untersuchungsergebnisse wissenschaftlich bewerten zu können, wurde eine stochastische Analyse durchgeführt. Hierbei hat sich gezeigt, dass gerade die Variabilität bei der Aufgabebelegung, den entscheidenden Vorteil bietet. Durch die zur Verfügung gestellte „freie Auflagefläche“, wird es der Aufgabekraft möglich, den eigentlichen Vorteil der Personen gebunden Flexibilität voll auszuschöpfen. Es zeigt sich, dass der Mensch, bei diesem Aufgabeverfahren, schwerlich durch eine auto-matisierte Lösung zu ersetzen ist. Lediglich sogenannte Feeder, für gleichförmige Sortiergüter, wie beispielsweise CD's oder Verpackungen von Medikamenten, können höhere Aufgabeleistungen bieten. Für stark inhomogene Sortiergüter, wie sie beispielsweise in der KEP - Branche üblich sind, stellen diese jedoch keine nutzbare Alternative zum Menschen dar.

4.3 Validierung durch Versuch

Die abschließend gezeigten Ergebnisse der Validierung am Prototypen lassen auch den deutlichen Vorteil der Variabilität erkennen. Wie in Abbildung 18 zu sehen ist, liegt der Vorteil der geteilten Bandzuführung gegenüber der Standardzuführung bei Versuchen mit „fest-stehender“ Aufgabebelegung, bei lediglich ~ 16% bzw. 2,08 [sec./Stk]. Dagegen wird, bei gleichen Randbedingungen, mittels der variablen Aufgabebelegung eine Steigerung der Gesamtleistung von ca. 33 % erzielt (siehe Abbildung 19).

Validierung mit „fixer“ Eingabeposition



Modellbildung und
 Validierung:
 Fixe Position

	Standardzuführband				Geteilte Bandzuführung			
	Platz 1	Platz 2	Platz 3	Platz 4	Platz 1	Platz 2	Platz 3	Platz 4
t_B	2,85 s	2,85 s	2,85 s	2,85 s	2,40 s	2,40 s	2,40 s	2,40 s
t_W	0,00 s	0,32 s	0,96 s	1,60 s	0,00 s	1,45 s	0,71 s	0,44 s
t_{ges}	2,85 s	3,17 s	3,81 s	4,45 s	2,40 s	3,85 s	3,11 s	2,84 s
Σ	14,28 (2,88) s				12,20 (2,66) s			



Ingenieurbüro
 Dr.-Ing. Jörg Föllner * Waldmannstrasse 12 * 75334 Straubenhardt * +49 (0) 70 82 40 80 * www.dr-follner.de 30 / 33

Abb. 18: Ergebnisse bei feststehender Aufgabeposition



Validierung mit variabler Eingabeposition

Modellbildung und
 Validierung:
 Variable Position

	Standardzuführband				Geteilte Bandzuführung			
	Platz 1	Platz 2	Platz 3	Platz 4	Platz 1	Platz 2	Platz 3	Platz 4
t_B	2,85 s	2,85 s	2,85 s	2,85 s	2,40 s	2,40 s	2,40 s	2,40 s
t_W	0,00 s	0,32 s	0,96 s	1,60 s	0,00 s	0,024 s	0,00 s	0,00 s
t_{ges}	2,85 s	3,17 s	3,81 s	4,45 s	2,40 s	2,424 s	2,40 s	2,40 s
Σ	14,28 (2,88) s				9,624 (0,024) s			

Abb. 19: Ergebnisse bei variabler Aufgabeposition

5. Zusammenfassung

Die Auswertung einer Vielzahl an Maschinenprotokollen hat ebenso, wie die Ergebnisse der Simulation auf-gezeigt, dass bei der „klassischen“ Schrägeinschleusung eine „Gegenseitige Behinderung“ der Materialeingabekräfte auftritt. Auch das Ergebnis mehrerer Versuchsreihen zur Aufgabeeistung der Materialeingabekräfte zeigte diese Form der Behinderung und zwar bei nahezu jedem Aufgabe- bzw. Kodierverfahren.

Auf die erzielten Versuchsergebnisse aufbauend kann nun jedes Zuführsystem auf seine potentielle Aufgabe- und Kodierleistung hin untersucht werden. Damit wird erstmals ein „Benchmark“ zur Leistungsabgabe, unter Berücksichtigung der Leistungsgrenzen, der Materialeingabekräfte möglich.

Die neu entwickelte geteilte Bandzuführung ist bislang, als einziges Zuführsystem, in der Lage die maximale Aufgabeeistung, bei allen bekannten Aufgabe- und Kodierverfahren zu gewährleisten. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass nur innerhalb dieses Zuführsystems eine variable Aufgabeposition zur Verfügung gestellt werden kann.

Optimierung des Einsatzes flexibler Schutzverpackungslösungen in der Intralogistik

Dipl. Betriebswirt (BA) Daniel Wachter,
Storopack GmbH,
Metzingen

Abstract

Der Einsatz flexibler Schutzverpackungslösungen in der Intralogistik von Versandabteilungen und Distributionszentren bindet nicht unerheblich Ressourcen: in Form von Materialien und damit einhergehender Kosten der Schutzverpackung, sowie in Form von Arbeitskräften aufgrund des nachwievor hauptsächlich manuellen Einsatzes dieser Lösungen und damit einhergehender Kosten des Verpackens. Wie können die hier eingesetzten Ressourcen besser nutzbar gemacht werden?

Der Vortrag gibt Einblicke hinsichtlich Tendenzen, Trends und Möglichkeiten zur Reduzierung des Materialeinsatzes flexibler Schutzverpackungslösungen, u.a. unter Umweltgesichtspunkten. Darüber hinaus werden Möglichkeiten der Teil- und Vollautomatisierung aufgezeigt, und wie manuelle Tätigkeiten des Verpackens effektiver, effizienter und ergonomischer organisiert und durchgeführt werden können.

Wege zu einer verantwortlichen Ressourcenverwendung in der Logistik

8. Juni - 13. Juli 2010

Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)

Mit Beiträgen von:

Dr.-Ing. Rüdiger Bräuning (Fraunhofer ICT)

Dipl.-Ing. H. Reinshagen, M.A. Jens Kammerer (Robert Bosch GmbH)

Dipl.-Wi.-Ing. Gregor Blauermel (B416 Unternehmensberatung)

Dr.-Ing. M. Schuhmacher (SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG)

Dipl.-Ing. Christoph Nobbe, Dipl.-Wi.-Ing. Dominik Berbig (IFL/ KIT)

Dipl.-Ing. Ralf Bär (Artur Bär Maschinenbau GmbH)

Dr.-Ing. Jörg Föllner (Ingenieurbüro Föllner & Partner)

Dipl. Betriebswirt (BA) Daniel Wachter (Storopack GmbH)