

# Kognitive Vernetzung in der Produktion

## WIE REISEN PAKETE UND PALETTEN MORGEN?

Die Handytasche mit Blümchen-  
druck oder das blaue Auto  
mit weißen Türen: Individuelle  
Kundenwünsche nehmen immer  
mehr zu und machen die  
Herstellung und Auslieferung  
von Waren komplexer.

Wissenschaftler vom Institut für  
Transport- und Automatisie-  
rungstechnik (ITA) erforschen  
in dem Projekt »CogniLog«  
selbstlernende Systeme,  
die schnell auf neue An-  
forderungen in Produktion und  
Logistik reagieren können.

### Steigende Variantenvielfalt als Herausforderung

Individuelle Kundenwünsche, verkürzte Innovationszyklen sowie eine ansteigende Vielfalt an Produktvarianten prägen unser heutiges Leben. Online-Plattformen aus unterschiedlichen Branchen suggerieren dem Kunden die Möglichkeit, innerhalb kürzester Lieferzeit ein individuell gefertigtes Produkt zu erhalten. Das Spektrum reicht vom Automobil über das Notebook bis zum T-Shirt mit individueller Aufschrift. Für die Produktion ergeben sich in Folge der individuellen Kundenwünsche veränderte Anforderungen. Während bei der klassischen Massenproduktion die Variantenvielfalt begrenzt ist und die kundenanonyme Fertigung im Vordergrund steht, müssen bei der kundenindividuellen Produktion die unterschiedlichsten Anforderungen an Produktvarianten berücksichtigt werden. Heutige, zentral gesteuerte Systeme können den gestiegenen Anforderungen hinsichtlich Komplexität, Flexibilität und intelligenter Vernetzung nicht mehr gerecht werden. Das durch EU-Mittel geförderte Projekt »CogniLog« befasst sich daher mit der kognitiven Vernetzung in der Logistik und untersucht die Fragestellung, wie Pakete und Paletten von morgen reisen.

### Adaptive Ablaufsteuerung für den innerbetrieblichen Transport

In CogniLog wird ein in der Intralogistik typisches Szenario näher betrachtet und analysiert: Güter werden anhand von Lastkraftwagen an den Umschlagsstandort gebracht. Dort erfolgt die Entladung an einem Eingangstor. Anschließend werden die mit Gütern bestückten Paletten mit Gabelstaplern entladen und zum zugewiesenen Ausgangstor transportiert, an welchem die Güter wiederum in Lastkraftwagen verladen werden. Tritt in dieser Kette von Prozessen eine Störung auf, sind vor allem die vor- und nachgelagerten Prozesse des Warentransports betroffen, so dass eine termingerechte Anlieferung beim Kunden oft nicht gewährleistet werden kann.

Der Auftragsvergabeablauf und die Koordination der Transportaufträge bei den Gabelstaplern erfolgt heute üblicherweise dezentral. Beide Aspekte sind in hohem Maße durch das Erfahrungswissen des Mitarbeiters geprägt. Eingepägte Gewohnheiten und ein fehlender Überblick führen häufig dazu, dass ungünstige Wege zwischen Ein- und Ausgangstor gewählt werden, die dann erhöhte Transportzeiten nach sich ziehen. Weiterhin fehlt die Kenntnis der tatsächlichen Auftragsauslastung.

Der Bereich der Eingangstore bietet einen begrenzten Puffer, um ein hohes Entladeaufkommen zu kompensieren. Die Belegung der Eingangspuffer mit der maximalen Anzahl an Paletten hat negative Konsequenzen wie zum Beispiel das Verstellen von Wegen. Dies führt zu einer Unterbrechung des Arbeitsablaufs oder Ortswechsel für die an der Entladung beteiligten Mitarbeiter. Zudem wird der Entladeprozess so lange unterbrochen, bis im Puffer wieder neue Kapazitäten frei geworden sind. Zur Vermeidung dieser Engpässe werden bei der Planung der Transportfahrten häufig heuristische Einsatzstrategien angewendet.

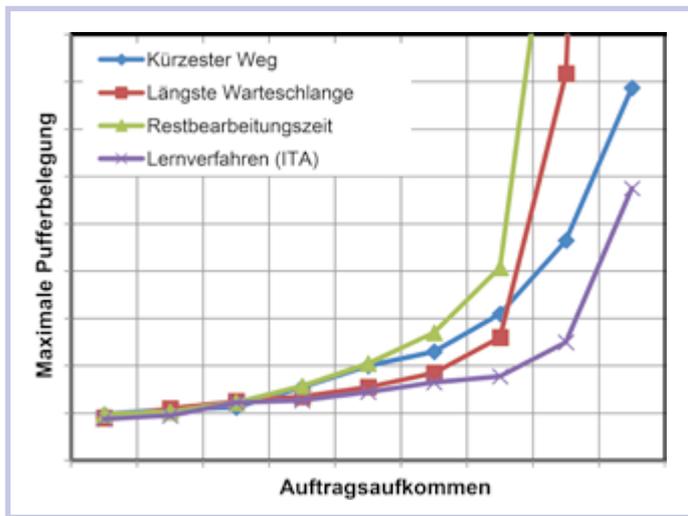
Die in CogniLog entwickelte kooperative adaptive Ablaufsteuerung für Materialflusssysteme verbindet unterschiedliche heuristische Einsatzstrategien und trägt dazu bei, dass abhängig von der Systemsituation die jeweils optimale Einsatzstrategie gewählt wird. Der Ablauf ist zweistufig aufgebaut:

Im **ersten** Schritt erfolgt eine Systemabbildung, bestehend aus den Ein- und Ausgangstoren und den dazugehörigen Entfernungen. Anhand eines repräsentativen Auftragsaufkommens aus der Vergangenheit werden unterschiedliche Einsatzstrategien und deren Auswirkungen auf Parameter

wie z.B. die mittlere Wartezeit der Transportaufträge, die mittlere Warteschlangenlänge und die Gabelstaplerauslastung untersucht. Aus der Transportfahrtsimulation entsteht ein Erfahrungswissen, aus welchem die optimale Einsatzstrategie zur Systemsituation abgeleitet werden kann.

Im **zweiten** Schritt werden diese Daten im realen Prozess angewendet. Dazu müssen die Gabelstapler untereinander

fahrten als nicht effizient erweisen. Jede durchgeführte Transportfahrt wird anschließend positiv oder negativ bewertet. Die Ergebnisse werden für die zukünftige Auswahl der Einsatzstrategie berücksichtigt. Zudem ist das System in der Lage, selbstständig aus vergangenen Abläufen zu lernen. Abbildung 1 zeigt die maximale aufgetretene Belegung für eine Warteschlange im Betrachtungszeitraum. Für ein geringes Auftragsaufkom-



beispielsweise mittels WLAN kommunizieren und Auftrags- und Entfernungsdaten bekannt sein. Für das aktuelle Auftragsaufkommen wird aus dem zuvor abgeleiteten Erfahrungswissen eine Einsatzstrategie ausgewählt. Der Gabelstaplerfahrer erhält von seinem Stapler die Information, welche Transporteinheiten als nächstes abgeholt werden müssen. Das Erfahrungswissen aus der Simulation kann jedoch nicht alle Parameterkonstellationen abbilden, so dass neue Situationen hinsichtlich der Auslastung an den Eingangspunkten und dem Bedarf an den Ausgangspunkten entstehen. Dabei können scheinbar optimale Einsatzstrategien ausgewählt werden, die sich nach dem Durchführen der Transport-

men zeigt das Lernverfahren keinen Vorteil gegenüber klassischen heuristischen Einsatzstrategien. Mit steigendem Auftragsaufkommen macht sich das durch Lernen aufgebaute Erfahrungswissen jedoch bemerkbar. Während die Strategie »Bearbeite zuerst die längste Warteschlange« bei steigendem Auftragsaufkommen eine erhöhte Pufferbelegung an den Eingangstoren aufweist, kann das entwickelte Lernverfahren die Belegung signifikant reduzieren und zur Vermeidung von negativen Konsequenzen im Transportbetrieb beitragen.

### Flexibilität im Warenhaus und in der Produktion

Die zuvor beschriebene mangelnde Flexibilität spiegelt sich heute auch in Fördersystemen, zum Beispiel in Warenlagern und Fabriken, wider. Warenlager werden für bestimmte Produktgrößen wie Schuhkartons oder Handyverpackungen und für die angenommene Geschäftsentwicklung im kommenden Jahrzehnt ausgelegt. Entsprechend dieser festgelegten Parameter wird ein hochoptimiertes Gesamtsystem entwickelt. Dies beinhaltet auch, dass das errichtete Gebäude genau auf die geplante Fördertechnik angepasst wird. Die installierte Fördertechnik zwischen Wareneingang, Warenausgang und Hochregallagern besteht aus einzelnen Elementen, die auf ihre jeweilige Aufgabe optimiert sind. Beispiele sind Sortieranlagen, Kurven und Pufferelemente.

Was passiert aber, wenn die angenommene Entwicklung nicht eintrifft? Produkte, die noch vor zehn Jahren alltäglich waren, sind heute fast verschwunden. So wird die Musik-CD allmählich von digitaler Musik verdrängt. In den letzten zehn Jahren kamen Mp3-Player auf den Markt, die mittlerweile zum großen Teil durch Smartphones ersetzt wurden. Produktarten und Warenströme ändern sich heute zunehmend schneller. Die einst hoch optimierte Fördertechnik ist dem Wandel nicht gewachsen und verursacht entweder hohe Kosten oder wirkt sich einschränkend auf die anvisierte Entwicklung des Geschäftsmodells aus.

In CogniLog wird mit dem Ziel einer höheren Flexibilität ein neuartiges Fördersystem erforscht. Dieser so genannte Cognitive Conveyor (CoCo) besteht aus kleinskaligen Fördermodulen, die jeweils klei-

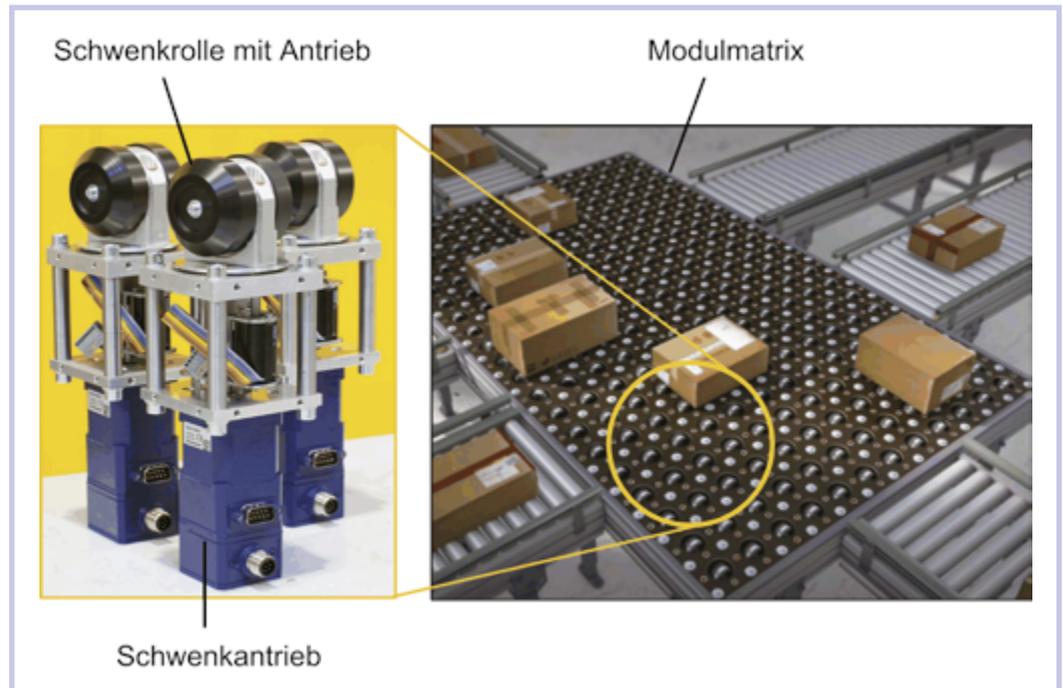
Abbildung 1  
Vergleich unterschiedlicher heuristischer Einsatzstrategien in Abhängigkeit des Auftragsaufkommens

ner als das zu transportierende Stückgut sind und sich zu beliebigen Förderergeometrien zusammenstecken lassen (siehe Abbildung 2). Jedes Modul besitzt eine eigene Steuerung, einen Lichttaster zur Erfassung der Belegung durch Stückgüter und kann nur mit seinen direkten Nachbarn kommunizieren. Nach dem

Fördersystem oder eine übergeordnete Steuerung kann dem Cognitive Conveyor (CoCo) vorgeben, dass Güter in einer bestimmten Reihenfolge oder in einer bestimmten Orientierung den Förderer verlassen sollen und der CoCo wird, sofern möglich, diese Forderung erfüllen. Ändern sich die Anforderungen hin-

Die geschilderten Herausforderungen in der Intralogistik spiegeln sich auch in der Produktion von Gütern wider. Produktionsanlagen in Form von Maschinen und dazwischen befindlicher Fördertechnik sind ähnlich unflexibel wie heutige Warenlager. Zukünftig ist folglich zu untersuchen, wie der Ansatz der dezentra-

Abbildung 2  
Kleinskalige Fördermodule werden zu einer Fördermatrix zusammengeschlossen.



Zusammenstecken der Einzelmodule zu einer größeren Fördermatrix organisieren sich die Module autonom und dezentral so, dass beliebige Förderaufgaben übernommen werden können. Durch die intelligente Kooperation miteinander ist die Fördermatrix in der Lage, Güter zu sortieren, zu drehen, zu puffern oder sogar zu sequenzieren.

Wo und wie genau dies auf der Fördermatrix geschieht, verhandeln die Module untereinander; von außen ist die Entscheidung nicht beeinflussbar. Wo das Puffern oder Sequenzieren auf der Matrix stattfindet, ist im Gegensatz zu konventionellen Anlagen nicht festgelegt. Ein angrenzendes

sichtlich Orientierung, Reihenfolge oder Transportrichtung, ist im Gegensatz zu konventionellen Anlagen ein Umbau nicht notwendig.

Ist ein Umbau der Anlage notwendig, können aufwandsarm Module entfernt oder hinzugefügt werden. Da die Module nur mit ihren jeweiligen Nachbarn kommunizieren, ist keine aufwändige Verkabelung der einzelnen Module notwendig. Entsprechend der neu zusammengesteckten Förderer-Form organisieren sich die Module nach dem Umbau erneut selbstständig. Somit entfällt auch die Neuprogrammierung einer zentralen Steuerung, wie sie bei herkömmlichen Fördersystemen noch notwendig war.

len Steuerung ohne die Vorgabe konkreter Lösungswege durch eine zentrale Instanz auf den Bereich der maschinellen Produktion übertragen werden kann.

#### Flexibilität durch Autonomie

Die geschilderten Systeme basieren darauf, dass Transport- und Produktionssysteme zukünftig eine größere Autonomie erhalten. Ähnlich wie Zellen in einem Lebewesen lassen sich einfache Grundbausteine zu hochkomplexen Systemen zusammenschließen. Je nach Einsatzgebiet sind dazu verschiedene Techniken geeignet, vom Einsatz von Lernverfahren der künstlichen

Intelligenz bis hin zur massiven Dezentralisierung der Entscheidungsfindung in komplexen Anlagen. Allerdings haben sie eines gemeinsam: Die Teilsysteme treffen selbständig Entscheidungen, eine einzige, zentrale Steuerung wird es in der Produktion von morgen nicht mehr geben.



**Quellen:**

- Krühn, T. & Heiserich, G. (2011): Kooperative Wegplanung für dynamisch konfigurierbare Transportmodule. *at-automatisierungstechnik*: Oldenbourg Verlag, 59, Nr. 4: 235-241 – ISSN 0178-2312.
- Heiserich, G. (2011): Kooperative adaptive Ablaufsteuerung für innerbetriebliche Materialflusssysteme. *Berichte aus dem ITA. PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH Hannover*: 2011.
- Overmeyer, L., Ventz, K., Falkenberg, S. & Krühn, T. (2010): Interfaced multi-directional small-scaled modules for intralogistics operations. *Logistics Research: Springer Berlin / Heidelberg*: 123–133 – ISSN 1865-035X.
- Krühn, T.; Radosavac, M.; Overmeyer, L (2012): Decentralized and Dynamic Routing for a Cognitive Conveyor, 1<sup>st</sup> Joint Symposium on System-Integrated Intelligence: New Challenges for Product and Production Engineering (SysInt), S. 85–87. Garbsen.
- Overmeyer, L.; Krühn, T.; Hahn, A.; Pinkowski, J. (2012): CogniLog – Cognitive Logistics for Warehousing, 6<sup>th</sup> International Scientific Symposium on Logistics 2012 – Coordinated Autonomous Systems, S. 104–122. Hamburg: Bundesvereinigung Logistik (BVL).
- Radosavac, M.; Krühn, T.; Overmeyer, L. (2012): Scalable Cognitive Conveyor for Material Handling, 20<sup>th</sup> International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics, S. 215–220. Belgrade: Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade.
- Ventz, K.; Hachicha, M. B.; Radosavac, M.; Krühn, T.; Overmeyer, L. (2012): Aufbau hochfunktionaler Intralogistik-Knoten mittels kleinskaliger Module als Cognitive Conveyor, 8. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e.V. (WGTL), S. 19–36: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

**Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer**  
 Jahrgang 1964, ist Leiter des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Automatisierung von Förderanlagen und innerbetrieblichen Transportsystemen sowie die Integration innovativer Sensortechnologien in diese Anlagen. Kontakt: [ludger.overmeyer@ita.uni-hannover.de](mailto:ludger.overmeyer@ita.uni-hannover.de)

**Dipl.-Ing. Mišel Radosavac**  
 Jahrgang 1984, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung innovativer Antriebskonzepte für Förderanlagen in der Intralogistik. Kontakt: [misel.radosavac@ita.uni-hannover.de](mailto:misel.radosavac@ita.uni-hannover.de)

**Dipl.-Ing. Tobias Krühn**  
 Jahrgang 1981, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Entwicklung dezentraler Steuerungen für Logistikanlagen sowie die Erforschung der Aufbau- und Verbindungstechnik für Hochtemperaturelektronik. Kontakt: [tobias.kruehn@ita.uni-hannover.de](mailto:tobias.kruehn@ita.uni-hannover.de)