

# **Kundenanforderungen an intralogistische Anlagen aus Sicht unterschiedlicher Stakeholder – Ergebnisse einer empirischen Exploration**

Dipl.-Kff. Alke Töllner

Dipl.-Kff. Maïke Jockisch

Prof. Dr. Hartmut H. Holzmüller

Lehrstuhl für Marketing

Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät

Technische Universität Dortmund

## 1. Problematik des kundenorientierten Anforderungsmanagements

Auf vielen Märkten hat sich die Wettbewerbssituation in den letzten Jahren deutlich verschärft. Dies trifft auch auf den Maschinen- und Anlagenbau zu, wo starker internationaler Wettbewerb und stetig steigende Kundenerwartungen die Unternehmen unter Zugzwang setzen. Konnten in der Vergangenheit viele Unternehmen der Branche noch durch technologische Überlegenheit erfolgreich im Markt bestehen, wird dies angesichts neuer Rahmenbedingungen immer schwieriger [Ishi03, Tray04]. Um den Erwartungen ihrer Kunden gerecht zu werden, gehen viele Unternehmen dazu über, die bisher technologiegetriebene Auslegung ihrer Maschinen und Anlagen stärker an den kundenindividuellen Ansprüchen auszurichten. Die Grundlage einer solchen kundenorientierten Entwicklung und Vermarktung industrieller Anlagen bilden Kundenanforderungen [Back07, S. 305].

Die Voraussetzung für dieses Vorgehen ist jedoch, dass die Anforderungen der Kunden bekannt sind. Die Erhebung der Kundenanforderungen ist im industriellen Kontext jedoch oft schwierig und gelingt nur selten umfassend, denn neben der ohnehin hohen technischen und funktionalen Komplexität der Anlagen ergeben sich auch aus dem industriellen Umfeld zusätzliche Herausforderungen. Zum einen wird die Erfassung der Kundenanforderungen dadurch erschwert, dass bei der Beschaffungsentscheidung mehrere Personengruppen involviert sind. Zum anderen führt der langfristige Planungshorizont industrieller Investitionsprojekte dazu, dass auch zukünftige Anforderungen, welche die Betriebsphase betreffen, berücksichtigt werden müssen.

Eine der größten Herausforderungen resultiert sicherlich aus der Multipersonalität organisationaler Beschaffungsentscheidungen. So wird die Auslegung einer industriellen Anlage durch unterschiedliche Unternehmensfaktoren bzw. -bereiche beeinflusst, deren Berücksichtigung im Verantwortungsbereich unterschiedlicher Abteilungen oder Mitarbeiter liegt. Dementsprechend sind auch bei der Erhebung der Kundenanforderungen Personen aller dieser Anspruchsgruppen einzubeziehen [Bamf02]. Da Mitarbeiter die Anforderungen an die Maschinen und Anlagen aus der Perspektive ihres jeweiligen Aufgabenfelds formulieren, können Interessenskonflikte entstehen und es gilt, Wechselwirkungen zwischen den Anforderungen der unterschiedlichen Anspruchsgruppen zu handhaben [Bamf02]. Das Ziel dieses Beitrags ist daher, die Wahrnehmung einer bzw. der Ansprüche an eine industrielle Anlage aus Sicht der unterschiedlichen, an der Beschaffung beteiligten, Personengruppen empirisch zu explorieren und einen Vergleich zwischen den verschiedenen Anspruchsgruppen zu ziehen. Hierfür werden die Ergebnisse einer qualitativen Befragung dargestellt, welche die Kundenanforderungen an intralogistische Anlagen, also automatisierte Materialfluss- und Fördertechnik, am Beispiel konkreter Beschaffungsprojekte nachvollzieht und erhebt.

Für eine strukturierte Analyse und Darstellung der verschiedenen Perspektiven bietet sich der Stakeholder-Ansatz an. Das Konzept stammt ursprünglich aus dem strategischen Management, wird aber inzwischen in vielen Bereichen verwendet, in denen es um die simultane Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen geht, beispielsweise auch bei der Entwicklung von Produkten

## **Mehrdimensionales Modell zur Strukturierung von Anforderungen an intralogistische Anlagen**

Prof. Dr.-Ing. H.-A. Crostack

Dipl.-Kff. S. Klute

Priv. Doz. Dr.-Ing. R. Refflinghaus

Lehrstuhl für Qualitätswesen,  
Fakultät Maschinenbau  
Technische Universität Dortmund

# 1 Einführung

Bei der Planung und Entwicklung intralogistischer Anlagen sind Anforderungen aus einer Vielzahl an Bereichen des Betreibers der Anlage, aber auch des Anlagenherstellers sowie Anforderungen Externer, wie z.B. des Gesetzgebers zu berücksichtigen und durch eine optimale Produktauswahl bzw. -entwicklung umzusetzen. Der Umsetzungsprozess gestaltet sich jedoch aufgrund der Vielfalt der Stakeholder und ihrer zahlreichen zu berücksichtigenden Anforderungen an die Anlage schwierig.

Zur Umsetzung der Anforderungen in Lösungsmöglichkeiten bietet sich z.B. die etablierte QM-Methode des Quality Function Deployment (QFD) an. Voraussetzung für deren Anwendung ist die Kenntnis der Anforderungen der Stakeholder sowie deren Gewichtung. Hierzu ist eine systematische Erhebung und Handhabung der notwendigen Informationen erforderlich. Zusätzlich zur angesprochenen Vielzahl an Stakeholdern und Anforderungen ist zu beachten, dass die Anforderungen einen unterschiedlichen Detaillierungsgrad aufweisen (können). Anforderungen an einen Rollenförderer können z.B. lauten „Die Anlage soll flexibel erweiterbar sein.“ oder auch „Gefahrenstellen müssen farblich hervorgehoben und mit Warnhinweisen versehen sein.“ Die Nutzung der Anforderungen im Rahmen von Qualitätsmanagementmethoden zur Umsetzung der Anforderungen in Produktmerkmale, wie z. B. des QFD, setzt jedoch Anforderungen gleichen bzw. ähnlichen Detaillierungsgrads voraus, um sinnvollen Ergebnisse zu erhalten. Eine Strukturierung der Anforderungen, bei der dies auch zu berücksichtigen ist, ist daher im Vorfeld notwendig. Den an der Planung beteiligten Personen wird hierdurch ein zusammenfassender Überblick über alle vorhandenen Informationen hinsichtlich der Anforderungen gegeben, sodass sowohl Informationslücken verdeutlicht werden als auch eine Fokussierung auf einzelne Anforderungen bzw. Anforderungskategorien ermöglicht wird [1,2,3]. Auf diese Weise soll es ermöglicht werden, die Produktentwicklung stärker auf die Kundenbedürfnisse auszurichten. Um dies zu erreichen, war die Entwicklung eines geeigneten Strukturierungsmodells notwendig.

# 2 Stakeholder intralogistischer Anlagen und deren Anforderungen

Gruppen, von denen das Überleben des Unternehmens abhängt, die von dem Handeln des Unternehmens betroffen sind oder eine Beziehung dazu haben, werden als Stakeholder bezeichnet.[4,5] Bezogen auf intralogistische Anlagen sind hierunter folglich Gruppen oder Personen, die Anforderungen an die zu planende logistische Anlage stellen, zu verstehen. Hierzu gehören Hersteller und Betreiber der Anlage, und externe Anspruchsgruppen wie z.B. der Gesetzgeber, Auditoren, Anwohner etc. Innerhalb der ersten beiden Parteien, Hersteller und Betreiber, lässt sich jeweils eine Vielzahl einzelner Stakeholder identifizieren. In diesem Zusammenhang können beispielhaft Management, Einkäufer, Wartungspersonal, Entwickler, Controller, Vertrieb und Bedienpersonal angeführt werden. Diese Stakeholder haben jeweils eine Vielzahl unterschiedlicher Anforderungen an eine intralogistische Anlage. So stehen für das Management und Controlling finanzielle Anforderungen wie geringe Anschaffungs- und Be-

## **Daten- und Domänenmodelle für die Verarbeitung von Anforderungen in der Intralogistik**

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Robert Refflinghaus

Dipl.-Inf. Jonas Mathis

Prof. Dr.-Ing. Horst-Artur Crostack

Lehrstuhl für Qualitätswesen

Fakultät Maschinenbau

Technische Universität Dortmund

# 1 Einleitung und Motivation für die Anforderungsverarbeitung in der Intralogistik

Bei der Entwicklung einer Planungsmethode für intralogistische Anlagen haben die von den beteiligten Stakeholdern (Hersteller, Betreiber, Staat, Instandhalter, Kommissionierer am Förderband etc.) geäußerten *Anforderungen* eine zentrale Stellung. Sie können jedoch nur zu Beginn des Produktlebenszyklus in der Anlagenentwicklung berücksichtigt werden. Fehlplanungen verursachen so durch das Prinzip der Kostenprogression (vgl. [1]) gerade auch in der Intralogistik einen hohen finanziellen Aufwand. Die frühzeitige Berücksichtigung der Anforderungen in einem Anforderungsverarbeitungs-System für die Intralogistik soll zusätzlich dazu beitragen, Probleme wie Überdimensionierung [2] und stellenweise mangelnde Berücksichtigung der Instandhaltung [3] zu beheben. Eine zielgerichtete Berücksichtigung der Anforderungen bei der Planung einer intralogistischen Anlage kann aber nur erfolgen, wenn möglichst viele der Forderungen der Stakeholder bekannt sind und verstanden werden. Ein großes Problem besteht darin, dass die beteiligten Stakeholder, inklusive der Planer der Anlage, oftmals kein gemeinsames Verständnis der zu berücksichtigenden Anforderungen besitzen, weil die einzelnen Stakeholder über deutlich unterschiedliche fachliche Hintergründe verfügen. Daher verwendet sie ein jeweils eigenes Vokabular zur Beschreibung der gewünschten Anlage, was sowohl die Kommunikation als auch die Anlagenplanung deutlich erschwert. Da Stakeholder zudem abweichende Sichtweisen auf eine zu planende Anlage haben, müssen bei der Planung nicht nur Anforderungen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad berücksichtigt werden, sondern auch solche mit evtl. gegenläufigen Zielsetzungen, d.h. Konfliktpotential bei der Umsetzung. Hinzu kommt, dass im Falle intralogistischer Anlage und aufgrund der Vielzahl der Stakeholder mit einer großen Zahl von Anforderungen zu rechnen ist. Der Umfang der betrachteten Anforderungen und ihrer zu erwartenden Wechselwirkungen macht daher den Einsatz einer EDV-gestützten Planung unumgänglich. Zusätzlich zu den Stakeholdern muss dann auch der Computer ein „Verständnis“ der zu verarbeitenden Anforderungen bekommen, um diese sinnvoll verarbeiten zu können. Den Anforderungen, bzw. den in der Anforderungsformulierung verwendeten Begriffen, muss also eine Bedeutung, eine Semantik, innerhalb der Domäne Intralogistik zugewiesen werden, die weitere Analysen von Anforderungszusammenhängen und eine Anforderungsumsetzung erlaubt.

## 2 Das Konzept zur Anforderungsverarbeitung

Zur Lösung einiger der angesprochenen Probleme bei der Planung intralogistischer Anlagen soll im Teilprojekt D ein EDV-basiertes *Anforderungsverarbeitungs-System* (AVS) entwickelt werden. Die Verarbeitung der (im Teilprojekt A2 erhobenen) Anforderungen besteht hier aus drei wichtigen Schritten: der Anforderungs-Formalisierung, der Analyse von Anforderungs-Zusammenhängen und der Umsetzung der Anforderungen. Parallel dazu muss die Anforderungsmenge nach (meist inhaltlichen) Kriterien strukturiert werden. Das dazu entwickelte mehrdimensionale Modell aus dem Teilprojekt A1 [4] wird daher auch im AVS umgesetzt.

## **Methodenworkflow zur Entwicklung mechatronischer Systeme**

Dipl.-Ing. Jens Rosendahl

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. Stefan Kulig

Lehrstuhl Elektrische Antriebe und Mechatronik  
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik  
Technische Universität Dortmund

Dipl.-Ing. Sebastian Schlund

Prof. Dr.-Ing. Petra Winzer

Lehrstuhl Produktsicherheit und Qualitätswesen  
Fachbereich D – Abteilung Sicherheitstechnik  
Bergische Universität Wuppertal

## Abstrakt

Die Entwicklung mechatronischer Systeme in intralogistischen Anlagen erfordert sowohl eine ganzheitliche Betrachtung der Produktentwicklung als auch die Einbindung von Simulationen für die Untersuchung von Detailproblemen. Bisher werden Methoden und Detailsimulationen vorrangig isoliert eingesetzt. Der gezielte Einsatz der Detailsimulationen zur Unterstützung der Produktentwicklung bedingt eine fundierte Kenntnis des betrachteten Systems, seiner Systemelemente und deren Beziehungen untereinander. Nur so kann das richtige Problem (effektiv) ressourcenoptimal (effizient) gelöst werden.

Ein Methodenworkflow, der etablierte Berechnungswerkzeuge zur Untersuchung domänenspezifischer Details mit einer Methode zur strukturierten Betrachtung von relevanten Wechselwirkungen verknüpft, soll den effektiveren und effizienteren Einsatz von Methoden der Produktentwicklung fördern. Der Beitrag stellt schematisch einen Ansatz für diesen Methodenworkflow vor und beschreibt am Beispiel einer intralogistischen Anlage die Vorgehensweise.

Um die Einbindung von Simulationstools zu erläutern, wird die anforderungsgerechte Auslegung einer Asynchronmaschine als Teil des Antriebskonzepts erörtert. Dabei wird das iterative Vorgehen deutlich, welches einen stetig steigenden Detaillierungsgrad in der Systembeschreibung zur Folge hat. Das verhältnismäßig einfache Beispiel hilft dabei, zu zeigen, wie Simulationstools eingebunden werden und neue Systemelemente entstehen. Die im Entwicklungsprozess fortlaufend steigende Genauigkeit der Systembeschreibung unterstützt die Identifizierung der für die Erfüllung der Anforderungen relevanten Wechselwirkungen und führt demzufolge auch zu einer effektiveren Verwendung von Simulationstools.

## 1 Einleitung

Der vorliegende Beitrag stellt einen schematischen Methodenworkflow für die effiziente und effektive Entwicklung mechatronischer Systeme vor. Das Vorgehensmodell, welches zur Erhöhung der Zuverlässigkeit in der Produktentwicklung beitragen soll, wird anhand eines elementaren Beispiels aus der Intralogistik erläutert. Um die Verknüpfung von Methoden und Simulationstools in den Entwicklungsprozess zu verdeutlichen, wird die anforderungsgerechte Auslegung einer Asynchronmaschine als Teil eines Antriebskonzeptes in einem Rollenförderer exemplarisch dargestellt. Dabei soll insbesondere der iterative Ansatz des Methodenworkflows deutlich werden, welcher zu einem stetig steigenden Detaillierungsgrad in einem strukturierten Modell führt. Die gleichzeitig steigende Genauigkeit der Systembeschreibung unterstützt die frühzeitige Erkennung von für die Zuverlässigkeit relevanten Wechselwirkungen im Entwicklungsprozess. Zudem wird ein effizienter Einsatz von Entwicklungstools unterstützt.

Das folgende Kapitel liefert eine kurze Übersicht über den Stand der Technik bei den Vorgehensmodellen in der Produktentwicklung. Kapitel 3 beschreibt die in den Workflow eingebundene DeCoDe-Methode zur strukturierten Modellierung des zu entwickelnden Systems. Kapitel 4 gibt einige

# **Topographieerfassung und Berechnung von Bewegungsbahnen für Instandhaltungseinheiten auf Materialflusssystemen**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter

Dipl.-Ing. Matthias Bücker

Dipl.-Ing. Tobias Brutscheck

Lehrstuhl Industrielle Robotik und Produktionsautomatisierung

Fakultät Maschinenbau

Technische Universität Dortmund

## Abstract

Mit den Anforderungen an Materialflusssysteme steigen auch die Anforderungen an deren Instandhaltung immer weiter an. Im Spannungsfeld zwischen Instandhaltungskosten und Verfügbarkeitsanforderungen bieten neue Technologien das Potential, den Aufwand für die Instandhaltung zu senken und damit die Grenze der wirtschaftlich erreichbaren Verfügbarkeit positiv zu beeinflussen. Im Teilprojekt B5 ist zu diesem Zweck eine mobile Einheit zur Automatisierung der Instandhaltung von Materialflusssystemen entwickelt worden.

Eine steuerungstechnische Herausforderung bei der Realisierung des Systems besteht darin, die Mobilität der Einheit auf den Bahnen eines Materialflusssystemes sicher zu gewährleisten. Dieser Beitrag erläutert das eingesetzte Verfahren zur Erfassung der Fahrbahn und die Strategien und Methoden zur Bahnberechnung und Kollisionsvermeidung.

## 1 Automatisierte Instandhaltung von Materialflusssystemen

Mit der im SFB 696 entwickelten Instandhaltungseinheit können in Zukunft Inspektions- und Wartungsarbeiten in Materialflusssystemen automatisch durchgeführt werden. Die Automatisierung dieser Instandhaltungstätigkeiten ist eine komplexe Aufgabe, da unter anderem der Arbeitsraum der Instandhaltungseinheit nicht lokal begrenzt ist und die Objekte in diesem Arbeitsraum nicht vollständig bekannt sind. Bei vielen Maschinen und Anlagen außerhalb der Materialflusstechnik ist die Automatisierung von Instandhaltungsvorgängen technisch nur mit hohem Aufwand oder gar nicht realisierbar, weil wichtige Komponenten häufig nur schwer zugänglich sind. Die Instandhaltung von Materialflusssystemen bildet hierbei eine Ausnahme, weil sich die Instandhaltungseinheit auf der Anlage bewegen kann und diese Anlage gleichzeitig das Objekt der Instandhaltung ist.

Die Bewegung der Instandhaltungseinheit kann durch das Materialflusssystem oder durch die Antriebe der Einheit selbst erfolgen. Bei Inspektionen während Komplettabschaltungen, bei Störungen oder wenn für kontinuierliche Messungen bestimmte Geschwindigkeitsprofile gewünscht sind, muss sich die Instandhaltungseinheit selbst bewegen können. Diese Bewegungsfähigkeit ist zusätzlich auch für die Feinkorrektur der Position an den Instandhaltungsstellen notwendig. In den übrigen Fällen ist ein Antrieb durch das Materialflusssystem möglich.

In diesem Artikel werden jene Steuerungskomponenten der mobilen Instandhaltungseinheit vorgestellt, die für die Erkennung der Fahrbahn und die Berechnung eines lokalen Bewegungspfades zuständig sind. Die Ziele für diese Bewegungsplanung gibt die Navigationsschicht vor, die in der hierarchisch aufgebauten Steuerung der Bewegungsplanung übergeordnet ist, wie in Abbildung 1 dargestellt. Die Aspekte der Navigation, also die Bestimmung der eigenen Position in der Anlage sowie die Ermittlung einer Route zum Ziel, werden in diesem Artikel nicht betrachtet.

## **Automatisierte Prüfung von Komponenten intralogistischer Anlagen zur Abschätzung der Lebensdauer mit Hilfe von Bauteilwöhlerkurven**

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Reiner Zielke

Dr. rer. nat. Gottfried Fischer

Dipl.-Ing. Hans-Georg Rademacher

Lehrstuhl für Qualitätswesen

Fakultät Maschinenbau

Technische Universität Dortmund

## 1 Einleitung

Zur effektiven Nutzung von intralogistischen Anlagen, wie Rollen- oder Gurtförderern sind Kenntnisse über die Lebensdauer der eingesetzten Komponenten notwendig. Nur so können Inspektionen, Wartungen und damit Nutzungsstrategien für die Anlage sinnvoll geplant werden. Um den Zustand der Anlage, und damit die Restlebensdauer abschätzen zu können, wurde ein Bauteilprüfstand mit Sensoren ausgestattet, die es erlauben, den Schädigungsprozess sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich zu verfolgen. Dafür wurde ein automatisierter Prüfablauf realisiert, welcher abhängig vom Schädigungszustand des Bauteils die Belastung unterbricht, eine zerstörungsfreie Prüfung der Komponenten im lastfreien Zustand durchführt und anschließend die Belastung fortsetzt. Die eingesetzten Sensoren werden anhand geschädigter Bauteile kalibriert.

Der Aufbau des Prüfstandes sowie die eingesetzte Sensorik sind die Schwerpunkte dieses Beitrages. Im Rahmen der Versuchsauswertung werden Bauteilwöhlerkurven erstellt, die zur Lebensdauerbestimmung der Komponenten verwendet werden.

## 2 Vorgehensweise zur Abschätzung der Lebensdauer

Ziel der Arbeiten ist die zustandsbezogene Instandhaltung intralogistischer Anlagen. Relevante Anlagenmodule sind Stetigförderer, wobei hier zwischen Rollen- und Gurtförderern unterschieden wird. Beide Förderer werden durch das Transportgut selbst, aber auch durch äußere Faktoren wie Temperatur, Staub und Schwingungen belastet. Insbesondere Einspeisungspunkte, an denen die Transportgüter in die Anlage eingebracht werden, stellen Orte mit hoher mechanischer Belastung dar.

Um diese Belastungen zeitgerafft nachfahren zu können, wurde die in der Abbildung 1 skizzierte Vorgehensweise angewandt. Die Grundlage dieser Methode stellt das Nutzungsprofil des zu untersuchenden Bauteils dar. Dieses gibt die Zeitdauer und die unterschiedlichen Belastungsarten an. Für diese werden mit entsprechenden Sensoren, wie zum Beispiel Kraftsensoren, die mechanischen Belastungen aufgenommen. Diese für jede Belastungsart charakteristischen Belastungsprofile geben zusammen mit dem Nutzungsprofil die Gesamtbelastung, die auf das Bauteil wirkt, wieder. Diese Gesamtbelastung kann nun mit Hilfe eines Prüfstandes, der das Bauteil gemäß den Vorgaben belastet, nachgefahren werden. In diesem Fall würde jedoch keine zeitgeraffte Belastung realisiert werden, da die Realität eins zu eins auf dem Prüfstand abgebildet würde [Fisc07]. Um jedoch in kürzerer Zeit eine Aussage über die Lebensdauer zu erhalten, müssen Modelle eingesetzt werden, welche eine Komprimierung der Gesamtbelastung, aus Nutzungs- und Belastungsprofilen, ermöglicht. Hierzu werden Klassierverfahren eingesetzt [DIN 45667], [Haib89], mit denen Belastungskollektive erstellt werden, die dann mit Hilfe eines Prüfprogramms auf dem Prüfstand nachgefahren werden.

## **Virtuelle Produktion für industrielle Fertigungsanlagen mit spurgeführten Werkstückträgertransfersystemen**

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann

Dipl.-Inform. Oliver Stern

Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Roland Wischnewski

Dortmunder Initiative zur rechnerintegrierten Fertigung (RIF) e.V.  
Bereich Robotertechnik

## Kurzfassung

Automatisierte industrielle Fertigungsanlagen sind komplexe Systeme, die in sequentiellen Phasen durch viele verschiedene Personen geplant, aufgebaut und betrieben werden. Die Virtuelle Produktion kann mit Workflowoptimierung bei der Planung und Inbetriebnahme sowie durch paralleles Engineering dazu beitragen, Anlagen mit hoher Qualität in kürzerer Zeit zu errichten. Zur Realisierung der Virtuellen Produktion wird idealerweise ein 3-D Modellierungs- und Simulationssystem eingesetzt, das den kompletten Lebenszyklus einer Fertigungsanlage von der Planung bis zum Betrieb begleiten kann. Dazu werden in diesem Artikel die einzelnen Phasen der Virtuellen Produktion vorgestellt und ihre Vorteile analysiert. Dabei liegt ein besonderer Schwerpunkt auf der Integration von spurgeführten, werkstückträgerbasierten Transportsystemen, da diese hinsichtlich der in großem Umfang genutzten Sensoren und Aktoren sehr komplex sind. Hier können Ingenieure Steuerungsprogramme mit Hilfe des digitalen Modells erstellen und verifizieren lange bevor die reale Anlage aufgebaut wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn diese Steuerungen in den nativen Sprachen der jeweils eingesetzten Roboter oder SPSen programmiert werden können, damit die direkte Verwendung in der realen Anlage gewährleistet ist. Der zusätzliche Einsatz von Methoden der Virtuellen Realität erleichtert die Kommunikation innerhalb des Projektteams und mit dem Kunden, da ein intuitiver Zugang zur Produktionsanlage und den Fertigungsprozesse geschaffen wird. Zusätzlich kann das Betriebspersonal geschult werden, ohne die reale Anlage zu benötigen. Anhand weiterer Anwendungsbeispiele sollen die Vorteile und zukünftigen Potentiale der Virtuellen Produktion abschließend diskutiert werden.

## 1 Einleitung

Automatisierte Fertigungsanlagen sind in vielen Industriezweigen im Einsatz, wobei als gemeinsame Problematik die Komplexität des mechanischen und elektrischen Aufbaus sowie der eingesetzten Steuerungsprogramme identifiziert werden kann. Dies führt oft zu unvorhergesehenen Schwierigkeiten im Engineering, wodurch sich der Produktionsstart erheblich verzögern kann. Methoden der Virtuellen Produktion werden von führenden Unternehmen hier bereits eingesetzt, um solche Risiken zu reduzieren. Die damit verbundenen zusätzlichen Planungsprozesse und die daraus resultierenden Kosten werden dahingehend akzeptiert, dass über die gesamte Projektlaufzeit eine Zeit- und Kostenersparnis erwartet wird. Ein generelles Problem dieses Ansatzes ist, dass in der Regel nur große Unternehmen die teure PLM und CAD Software anschaffen und das benötigte spezialisierte Personal vorhalten können, um die Virtuelle Produktion im gesamten Anlagenlebenszyklus sinnvoll einsetzen zu können. Im Gegensatz dazu setzen kleine und mittlere Unternehmen (KMU) das digitale Engineering nur in ausgewählten Projektphasen ein. Hier soll als Lösungsansatz ein System vorgestellt werden, das insbesondere die Virtuelle Inbetriebnahme von Fertigungsanlagen mit spurgeführten Werkstückträgertransfersystemen [RSW07-2] kostengünstig ermöglichen soll.

## **Nutzungsabhängige Simulation intralogistischer Systeme**

Prof. Dr.-Ing. Axel Kuhn

Dr.-Ing. Gerhard Badow

Yilmaz Uygun, MSc MEng

Dipl.-Wirt.-Ing. André Wötzel

Lehrstuhl für Fabrikorganisation

Fakultät Maschinenbau

Technische Universität Dortmund

# 1 Einleitung

Simulation wird im Bereich der Logistik meist zur Auslegung und Gestaltung von logistischen Systemen (Layoutplanung) sowie während der Realisierung (Test von Steuerungssoftware) bzw. während des Betriebs von logistischen Systemen (Optimierung von Prozessabläufen) verwendet. Die Veränderungen auf Grund des Einflusses von E-Business und wachsender industrieller Arbeitsteilung haben neue Anwendungsfelder für die Simulation zur Folge. Ein neues Anwendungsfeld ist die nutzungsabhängige Simulation zur antizipativen Veränderungsplanung (AVP) intralogistischer Systeme. Unter antizipativer Veränderungsplanung wird hier ein Konzept zur frühzeitigen Vorwegnahme künftiger notwendiger Umgestaltungen und Anpassungen eines intralogistischen Systems verstanden. Sie ist ein iterativer Prozess und umfasst die Teilaufgaben: Bestimmung der Systemlast, Bestimmung des Veränderungsbedarfs, Planung der Veränderung mit Maßnahmen und schließlich Umsetzung der ermittelten Maßnahmen. Für jede Teilaufgabe kommen spezifische Werkzeuge zur Anwendung (s. Abbildung 1).

Hauptwerkzeug einer antizipativen Veränderungsplanung ist die Simulation, die unterstützt durch weitere Werkzeuge der Planung der Veränderung von Systemen dient. Es existieren verschiedene Forschungsarbeiten im Kontext einer AVP, jedoch ergab eine Analyse, dass sich sowohl die thematischen Schwerpunkte als auch die Betrachtungsgegenstände von dem hier betrachteten Anwendungsgebiet stark unterscheiden und nicht bzw. nur mit sehr hohem Aufwand auf Intralogistiksysteme übertragbar sind. Obwohl der Bedarf für eine durchgängige simulationsgestützte Begleitung von intralogistischen Systemen von der Planung über den Betrieb und die Modifikation bis zur Ablösung besteht, wird die Simulation bisher nur punktuell eingesetzt. Typische Anwendungsfelder sind verschiedene Planungsfälle wie z.B. Layoutplanung für den Neubau, Prozessoptimierung durch Umplanungen, etc. Die erstellten Simulationsmodelle werden jedoch in der Regel für jeden Anwendungsfall neu entwickelt, da sie aufgrund von Veränderungen der Systeme nicht mehr aktuell und teilweise auch nicht mehr vorhanden sind. Daraus resultiert ein erheblicher Mehraufwand an Zeit, Geld und Ressourcen für die Neuerstellung bzw. Aktualisierung eines Simulationsmodells. Dadurch wird auch die Realisierung einer antizipativen Veränderungsplanung erheblich erschwert. Ziel muss es daher sein, dass die Anlagenhersteller zukünftig die Simulationsmodelle mit ihren Anlagen ausliefern und auch pflegen. Hierzu gehört auch das Angebot einer antizipativen Veränderungsplanung für unterschiedliche Planungsanstöße (z.B. veränderte Systemlast, Kostendruck, Leistungsveränderung) als Mehrwertleistung. Diese Forschungsarbeiten sollen hierfür die erforderlichen Grundlagen erarbeiten und die resultierenden Anforderungen an Simulationssysteme aufzeigen. Die Hersteller solcher Systeme können dann auf Basis des nachgefragten Bedarfs ihre Systeme entsprechend anpassen.

Die nutzungsabhängige Simulation zur antizipativen Veränderungsplanung wird daher im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 696 (Teilprojekt C4) intensiv erforscht. Im vorliegenden Beitrag werden die Erstellung des

## **Modellierungsansatz für die realitätsnahe Abbildung der technischen Verfügbarkeit intralogistischer Systeme**

Dipl.-Logist. Eike-Niklas Jung

Dipl.-Inform. Sascha Feldhorst

Prof.-Dr. Michael ten Hompel

Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen

Fakultät Maschinenbau

Technische Universität Dortmund

# 1 Einleitung

Hohe Leistungsfähigkeit bei niedrigen Kosten sowie hoher Servicegrad und Flexibilität bilden die maßgeblichen Zielkriterien für intralogistische Systeme (vgl. [Str08]). Die daraus resultierende Anforderung der Systembetreiber nach einer adäquaten Leistungserbringung ist im Wesentlichen als mengen- und zeitgerechte Bewältigung der in das System eingegebenen Systemlast (z.B. Ein- oder Auslageraufträge) zu verstehen. Bei der Erfüllung dieser Anforderungen sind insbesondere drei Faktoren zu berücksichtigen, die einen Einfluss auf die Leistungserbringung besitzen. Hierbei handelt es sich um die maximale Leistungsfähigkeit (Grenzleistung), die technische Verfügbarkeit sowie die Steuerungsstrategie auf dispositiver Ebene. Das Zusammenwirken dieser Faktoren wird im Rahmen des Teilprojekts C1 des Sonderforschungsbereichs 696 untersucht. Dabei liegt der Schwerpunkt zunächst auf der Analyse der technischen Verfügbarkeit, der sich auch der vorliegende Beitrag widmet.

Der Kennwert Verfügbarkeit gibt Aufschluss über das Verhältnis der tatsächlich nutzbaren zur theoretischen Einsatzzeit des Systems bzw. der Systemkomponenten. Zur Sicherstellung einer anforderungsgerechten Verfügbarkeit können im Laufe des Lebenszyklus der Systeme unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden. Der Grundstein wird bereits im Rahmen der Systemplanung gelegt. Wesentliche Einflussfaktoren sind in diesem Zusammenhang die Festlegung der Systemstruktur sowie die Auswahl geeigneter Materialflusskomponenten. Darauf aufbauend kann in der Betriebsphase Einfluss durch geeignete Steuerungs- und Instandhaltungsstrategien genommen werden. Wird im Rahmen der Systemplanung keine geeignete Grundlage geschaffen, lässt sich im Nachhinein die geforderte Verfügbarkeit nur durch unverhältnismäßig hohe Kosten erzielen. Das Ziel ist es daher, durch an den Planungsfortschritt angepasste Methoden und Modelle die technische Verfügbarkeit zu prognostizieren und hieraus entsprechende Maßnahmen für die Systemgestaltung abzuleiten.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Methode zur realitätsnahen Abbildung der technischen Verfügbarkeit intralogistischer Systeme. Diese Methode soll es ermöglichen, in späten Phasen der Systemplanung bis hin zum Systembetrieb die Verfügbarkeit und mit ihr verbundene Kennwerte zu ermitteln. Die Anwendung der Methode lässt sich prinzipiell in zwei Schritte untergliedern. Im ersten Schritt ist das Verhalten der Systemkomponenten realitätsnah nachzubilden und in geeigneter allgemeiner Form zu beschreiben. Hierzu können unterschiedliche Verfahren herangezogen werden, die je nach Abbildungsmächtigkeit ein nahezu beliebiges Abstraktionsniveau erlauben. Beispielhaft zu nennen ist hier die Verwendung von Petri-Netzen oder der ereignisdiskreten Simulation für geplante bzw. die Betriebsdatenerfassung für bereits realisierte Systeme. Das wesentliche Kriterium ist lediglich die allgemeine Form der Beschreibung, die durch das Verfahren erzeugt werden muss (vgl. Abschnitt 3). Dem Anwender soll dadurch ermöglicht werden, seinen Anforderungen und Kenntnissen entsprechend das ideale Verfahren für die Nachbildung des Komponentenverhaltens zu nutzen.