

TAGUNGSBAND

20. MAGDEBURGER LOGISTIKTAGE »SICHERE UND NACHHALTIGE LOGISTIK«

24. – 25. JUNI 2015



IM RAHMEN DER IFF-WISSENSCHAFTSTAGE

20. Magdeburger Logistiktage

SICHERE UND NACHHALTIGE LOGISTIK

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek,
Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller, Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter, Dipl.-Ing. Holger Seidel

Eine gemeinsame Initiative von:



FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAL



Medienpartner:



VORWORT



*Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk
Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für
Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF,
Institutsleiter des Instituts für Logistik und
Materialflusstechnik der Otto-von-
Guericke-Universität Magdeburg
Foto: Dirk Mahler*

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Partner und Freunde,

20 Jahre Magdeburger Logistiktage stehen für einen langjährigen intensiven Austausch zwischen Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft zu aktuellen Trends in der Logistik. Wir freuen uns, Ihnen auch in diesem Jahr wieder herausragende Beiträge aus Industrie und Forschung zu den Schwerpunktthemen »Intelligente Logistik« und »Schlanker Materialfluss« bieten zu können.

Eine sichere, effiziente und nachhaltige Logistik gehört zu den Erfolgsfaktoren eines modernen Unternehmens. Megatrends wie Globalisierung, demografischer Wandel oder Urbanisierung werden in den kommenden Jahren zu starken technologiegetriebenen Veränderungen bei der Gestaltung von Logistikprozessen führen. Diese stellen große Herausforderungen für Wissenschaft und Wirtschaft dar, bieten jedoch zugleich einmalige Möglichkeiten, neue Ideen zu entwickeln und umzusetzen.

Der Tagungsband umfasst Beiträge aus zwei abwechslungsreichen Konferenztagen. Neben dem Artikel zum Impulsvortrag von Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag, Direktor des BIBA Bremer Institut für Produktion und Logistik, zum Thema »Perspektiven der Intralogistik durch Industrie 4.0«, finden Sie weitere spannende Beiträge aus den wissenschaftlichen Parallelsequenzen »Intelligente Logistik« und »Schlanker Materialfluss«. Die anschließenden Zusammenfassungen zu den Inhalten der vier Workshops präsentieren Ihnen zudem interessante Einblicke zu Zukunftsthemen und -lösungen für verschiedene praxisrelevante Herausforderungen.

Nutzen Sie den Tagungsband um die präsentierten und diskutierten innovativen Lösungen und Entwicklungen der Referenten noch einmal zu reflektieren.

Wir würden uns freuen, wenn Sie im nächsten Jahr wieder aktiv dabei sind und wir Ihre neuen Modelle und Methoden im Tagungsband abdrucken können.

Ich freue mich auf eine spannende Veranstaltung und hoffe auf ein Wiedersehen zu den Wissenschaftstagen 2016.

Ihr

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.
Michael Schenk

GRUSSWORT



*Dipl.-Ing. Thomas Webel
Minister für Landesentwicklung
und Verkehr des Landes
Sachsen-Anhalt
Foto: Ministerium für Landes-
entwicklung und Verkehr des
Landes Sachsen-Anhalt*

Sehr geehrte Damen und Herren,

unser Land verfügt über eine moderne Infrastruktur, erstklassige Universitäten und Hochschulen für eine beispielhafte Forschungslandschaft. Darüber hinaus steht uns ein großes Potenzial an qualifizierten Arbeitskräften zur Verfügung. Sachsen-Anhalt hat sich in den vergangenen Jahren zweifellos zu einem attraktiven Logistikstandort entwickelt.

Die Magdeburger Logistiktage setzen hier seit nunmehr 20 Jahren besondere Akzente. Durch den gegenseitigen Austausch aktueller Forschungsergebnisse gingen und gehen von hier wertvolle Impulse für weitere Entwicklungen in der Logistik aus.

Das ist umso wichtiger, da wir trotz wachsender Logistikwirtschaft und umfangreicher Investitionen auch künftig vor enorme Herausforderungen stehen. Ein dynamisches Wachstum der Güterströme und der zunehmende Mobilitätsbedarf bei gleichzeitig steigenden Energiepreisen erfordern ein weiteres Umdenken. Rohstoff- und Energieverknappung müssen berücksichtigt und die Umweltverträglichkeit gewährleistet sein.

Im Rahmen seiner regionalen Innovationsstrategie strebt das Land Sachsen-Anhalt die Entwicklung ganzheitlicher, intelligenter und nachhaltiger Lösungen für die Mobilität und Logistik an. Zum Beispiel sollen praxiserprobte intelligente Logistikkonzepte und Verkehrssysteme die Situation auf den Straßen verbessern. Unsere gemeinsame Aufgabe besteht darin, die Leistungsfähigkeit eines umweltfreundlichen Wirtschaftsverkehrs zu sichern und fortzuentwickeln. Wir müssen weiter daran arbeiten, eine sichere und ressourcenschonende Logistik unter verstärkter Einbeziehung aller Verkehrsträger zu gestalten und eine moderne sowie intakte Infrastruktur erfolgreich auf den Weg zu bringen.

Ich freue mich auf neue Ideen, Konzepte und Beiträge, die von den 20. Magdeburger Logistiktagen ausgehen.

Ihr

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'T' followed by a series of loops and a final flourish.

Dipl.-Ing. Thomas Webel

GRUSSWORT



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Strackeljan
Rektor der Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
Foto: Viktoria Kühne

Liebe Tagungsteilnehmerinnen und -teilnehmer,

die vom Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) sowie der Otto-von-Guericke-Universität veranstalteten Magdeburger Logistiktage haben sich zu einer gefragten Tagung und einem Markenzeichen des Logistik-Standortes Magdeburg entwickelt. Seit nunmehr 20 Jahren findet die Veranstaltung mit wechselnden Schwerpunktthemen in enger Kooperation zwischen dem IFF und dem Institut für Logistik und Materialflusstechnik statt. In diesem Jahr wurden die Vorträge unter das Motto: »Sichere und nachhaltige Logistik« gestellt. Es werden die neuesten Ansätze für schlanke Materialflüsse sowie intelligente Logistikkonzepte präsentiert.

Es ist unbestritten, dass diese Themen für den Standort Sachsen-Anhalt und auch für Magdeburg eine hohe Relevanz besitzen. Die Logistik sowie die Materialflusstechnik haben an der Otto-von-Guericke-Universität und am IFF in Lehre und Forschung einen großen Stellenwert. Der Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen Logistik wurde in den vergangenen Jahren konsequent weiterentwickelt und umfasst auch die zukunftsweisenden Vertiefungsrichtungen der nachhaltigen Logistik sowie der Logistikplanung mit Hilfe von VR-Technologien.

Der seit 2012 eingeführte passende Masterstudiengang hat sich stabil entwickelt und zieht sowohl Studierende, die bereits ihren Bachelor an der Otto-von-Guericke-Universität erhalten haben als auch Studierende von anderen Universitäten an. Dies ist ein toller Erfolg, der die Attraktivität des Studiengangs nachdrücklich dokumentiert. Die Berufsaussichten sind in dieser Wachstumsbranche hervorragend, allerdings erfordern die zu bewältigenden Herausforderungen auch eine forschungsbezogene Ausbildung auf

hohem universitärem Niveau. Auch den wachsenden internationalen Anforderungen trägt das Institut für Logistik und Materialflusstechnik zusammen mit dem Fraunhofer IFF Rechnung. So werden noch im Jahr 2015 die ersten Teilnehmer des, gemeinsam mit der Staatlichen Technischen Universität für Automobil- und Straßenwesen Moskau (MADI), erarbeiteten Doppelabschlussprogrammes ihren Masterabschluss erhalten. Die Kooperationspartner erhoffen sich dadurch einen noch engeren Austausch von Forschungsergebnissen und Auslandserfahrungen für unsere Studierenden, Doktoranden und Postdocs.

Von jeher ist die Logistik ein disziplinübergreifendes Fach, das von Ingenieuren, Wirtschaftswissenschaftlern, Informatikern und Mathematikern erforscht wird. Interdisziplinäre Ansätze haben diese Tagung in den vergangenen Jahren daher besonders geprägt. Das Tagungsthema im Jahr 2015 setzt diesen Trend weiter fort.

Ich wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine erfolgreiche Tagung, ausreichende Gelegenheiten zum fachlichen Austausch und einen schönen Aufenthalt in Magdeburg. Passend zur Dynamik des Forschungsthemas hat sich auch die Landeshauptstadt im vergangenen Jahr ebenso dynamisch weiterentwickelt, wobei Universität und die außeruniversitären Forschungseinrichtungen einen wesentlichen Motor dieser Entwicklung bilden.

Ihr

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Jens Strackeljan

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	Seite 3
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk Leiter des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg	

Grußwort	Seite 5
Dipl.-Ing. Thomas Webel Minister für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt	

Grußwort	Seite 7
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Strackeljan Rektor der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	

IMPULSVORTRAG

Perspektiven in der Intralogistik durch Industrie 4.0	Seite 17
Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag, Dipl.-Inform. Hendrik Thamer, Dennis Lappe M. Sc., Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Claudio Uriarte BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH Universität Bremen	

PARALLELSEQUENZ 1 – INTELLIGENTE LOGISTIK

Die Bedeutung der Vernetzung für die Entwicklung der digitalen Logistik im Straßengüterverkehr	Seite 27
Prof. h. c. Dr. György Sárközi PhD, Nordungarische Verkehrszentrale AGG, Miskolc, Ungarn Prof. Dr. habil Béla Illés PhD Universität Miskolc, Ungarn	

Bausteinbasierte Modellierung für die simulationsgestützte Planung im Supply Chain Design	Seite 39
Dipl.-Logist. Matthias Parlings, Petyo Gadzhanov M. Sc. Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund	

Online-Optimierung zur Festlegung von Bestellzeitpunkten in der Losgrößenfertigung	Seite 49
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier Universität Paderborn	

Kontextbasierte Datenbeschaffung mit moderner IT-Unterstützung in Produktion und Logistik	Seite 55
Dipl.-Wirt.-Ing. Marius Veigt, Dipl.-Wirt.-Ing. Pat.-Ing. Patrick Dittmer, Christian Gorldt M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH	

PARALLELSEQUENZ 2 – SCHLANKER MATERIALFLUSS

Potenziale, Einsatzbereiche und Konstruktionsmöglichkeiten von Hochregallagern aus Holz	Seite 65
Dipl.-Ing. Christopher Ludwig, Peter Glaser M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner, Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter Technische Universität München	

Die terminliche Steuerung des Serieneinsatzes von Produkten und technischen Änderungen im Automobilbau aus logistischer Sicht	Seite 75
Dr. Wilmjakob Herlyn Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	
Entwicklung eines Zielsystems zur Entscheidungsunterstützung bei der Gestaltung schlanker innerbetrieblicher Logistikprozesse in KMU	Seite 85
Dipl.-Wirt.-Ing. Tom Drews Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Bayreuth Paul Molenda M. Sc., Dr. Johannes Siebert Universität Bayreuth Dr.-Ing. Oliver Oechsle Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Bayreuth	
Forschungsbericht: Planung von Routenzugsystemen	Seite 97
Andreas Martini M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Ulrich Stache Universität Siegen	
Routenzüge in der variantenreichen Großserienfertigung – Wandlungsfähigkeit als Schlüssel zur Effizienz	Seite 107
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Krause, Prof. Dr.-Ing. Egon Müller, Dr.-Ing. Jörg Strauch Technische Universität Chemnitz	
WORKSHOP 1 – INTELLIGENTE LOGISTIK	
Komplexität der Informationslogistik im Produktionsumfeld	Seite 117
Josef Haimerl M. Sc. DE software & control GmbH, Dingolfing	
Zukunftssicherung von Krankenhäusern durch Prozesssteuerung – Entwicklung eines Healthcare Control Centers (HCC)	Seite 123
Dr.-Ing. Marco Emmermann Visality Consulting GmbH	
CairGoLution – Steigerung der Luftfrachtsicherheit durch die Erkennung von Integritätsverletzungen	Seite 131
Tobias Seidler M. B. A Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Erlangen Tamer Kurnaz M. Sc., Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Christian Pfohl Technische Universität Darmstadt	
ULD-Management im internationalen Luftfracht-Netzwerk	Seite 139
Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Seyffert DHL HUB Leipzig GmbH	
WORKSHOP 2 – SCHLANKER MATERIALFLUSS	
Inbound-Logistik in der Gelenkwellenfertigung	Seite 143
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Manuela Wahl IFA Rotorion – Powertrain GmbH, Haldensleben	

Optimierung des Energieeinsatzes in Lackierprozessen der Automobilindustrie Seite 147

Dr.-Ing. Jens Götze
BMW AG, München
Dr.-Ing. Frank Ryll, Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Robert Kummer M. A., Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg

Anforderungen an logistische Kennzahl aus Sicht der Industrie Seite 155

Falk Schröder M. Sc.
Volkswagen Group Logistics GmbH, Wolfsburg
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner
Technische Universität München

WORKSHOP 3 – PROZESSE VERBESSERN – WAS KANN SIMULATION IM UNTERNEHMEN LEISTEN?

Unterstützung der Ablaufsimulation bei der Planung von Intralogistiksystemen Seite 165

Dipl.-Wirt.-Ing Stefan Galka, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner
Technische Universität München

Entwicklung und Etablierung einer integrierten Rohstoffbereitstellungslogistik für den Rohstoff Holz Seite 173

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Veronika Auer M. Eng.
Hochschule Rosenheim
Dipl.-Wirt.-Inform. Oliver Meier
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Forstassessor Dipl. Forstwirt Jörn Hevendehl
Hevendehl Consult, Halver
Peter Eickelmann
Eickelmann Transport + Logistik, Südharz/ Rottleberode

WORKSHOP 4 – WÄSCHEREI DER ZUKUNFT – TECHNOLOGIEN, MENSCHEN, PRODUKTE

Einheit von Robotik, Logistik und Energieeffizienz in industriellen Wäschereien als Herausforderung für die Technologieentwicklung der nächsten Jahre Seite 183

Dipl.-Ing. oec., Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kühne, Tobias Klehm B. A.
Laundry Innovation Network, Berlin

Ressourcen-Management – Einsparpotenziale im modernen Wäschereibetrieb aus Sicht eines Waschmaschinenherstellers Seite 187

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Andreas Langer B. Eng.
Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

Wasseraufbereitung – Kreislaufführung von Wäschereiabwässern durch Wasseraufbereitung Seite 193

Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch, Christian Försterling M. Sc.
Technische Universität Berlin

Mitarbeitermotivation für Klimaschutz und Energieeffizienz Seite 199

Philipp Andree M. A.
Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V., Berlin

Programmbeirat

Seite 205

Autoren

Seite 207

Impressum

Seite 210

PERSPEKTIVEN IN DER INTRALOGISTIK DURCH INDUSTRIE 4.0

Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag
Dipl.-Inform. Hendrik Thamer
Dennis Lappe M. Sc.
Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Claudio Uriarte
BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik
Universität Bremen

LEBENS LAUF



Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, Fachbereich
Produktionstechnik, Universität Bremen,
Institutsleiter

- 1994 – 1999 Studium Elektrotechnik, Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU).
- 1999 – 2000 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl »Industrielle Informationstechnik«, Fakultät für Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen, BTU Cottbus.
- 2000 – 2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fachgebiet »Planung und Steuerung produktionstechnischer Systeme«, Fachbereich Produktionstechnik, Universität Bremen.
- 2004 Promotion am Fachbereich Produktionstechnik, Universität Bremen.
- 2004 – 2008 Geschäftsführer des Sonderforschungsbereichs »Selbststeuerung logistischer Prozesse« (SFB 637), Universität Bremen.
- 2008 – 2014 Projektleiter bei ArcelorMittal Bremen.
- 2010 – 2013 Lehrbeauftragter an der Jacobs University Bremen, School of Engineering and Science.
- Seit 2014 Leiter des Fachgebietes »Planung und Steuerung produktionstechnischer und logistischer Systeme«, Fachbereich Produktionstechnik, Universität Bremen.
- Seit 2015 Direktor des BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH an der Universität Bremen, Leiter des Forschungsbereiches »Intelligente Produktions- und Logistiksysteme«.

LEBENS LAUF



Dipl.-Inform. Hendrik Thamer

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH,
Abteilungsleiter

2003 – 2009

Studium (Dipl.-Inform.) Informatik mit dem Schwerpunkt Eingebettete Systeme und Mikrorobotik, Universität Oldenburg.

2003 – 2007

Werkstudent bei Airbus Deutschland GmbH.

2009 – 2014

Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leitung des BIBA Computer Vision Lab,
BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH.

Forschungsschwerpunkte: Robotik und Automatisierung in der Logistik , 3D-Bildverarbeitung, 3D-Sensorsimulation, Maschinelles Lernen, Künstliche Intelligenz.

Seit 2014

Abteilungsleiter im Bereich Intelligente Produktions- und Logistiksysteme,
BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH.

LEBENS LAUF



Dennis Lappe, M. Sc.

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH,
Abteilungsleiter

- 2005 – 2009 Studium (B. Sc. & M. Sc.) Systems Engineering mit dem Schwerpunkt Betriebsorganisation, Universität Bremen.
- 2010 – 2013 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH.
- 2010 – 2012 Projektingenieur im Autonomik Projekt »RAN – RFID-based Automotive Network«.
- 2012 – 2014 Lehrbeauftragter und Projektleiter des Fachbereichs Produktionstechnik der Universität Bremen für die Veranstaltung »Systemanalyse 2 im Unternehmen«.
- Seit 2012 Mitglied der Gesamtprojektleitung des Industrie 4.0 Projekts »CyProS: Cyber-Physische Produktionssysteme – Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik« und verantwortlich für das Umsetzungscluster Logistik.
- Seit 2013 Abteilungsleiter am BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH im Bereich Intelligente Produktions- und Logistiksysteme.

LEBENS LAUF



Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Claudio Uriarte

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

1998 – 2002

Magister in Ingenieurwissenschaften, Fachbereich Mechanik (Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería, mención Mecánica), Universidad de Chile, Santiago de Chile.

2002 – 2009

Diplom Ingenieur im Bereich Maschinenbau, Schwerpunkt Kraft- und Arbeitsmaschinen, Technische Universität Berlin.

2008 – 2009

Weiterbildung zum Patentingenieur.

Seit 2009

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH.

2007 – 2009

Diplomand und Entwicklungsingenieur »Forschung und Entwicklung«, Jonas & Redmann Automationstechnik GmbH, Berlin.

Schwerpunkte

Entwicklung und Konstruktion mechatronischer Systeme,
Automatisierung logistischer Prozesse,
Gewerbliche Schutzrechte.

PERSPEKTIVEN IN DER INTRALOGISTIK DURCH INDUSTRIE 4.0

Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag, Dipl.-Inform. Hendrik Thamer, Dennis Lappe M. Sc., Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Claudio Uriarte

1 Aktuelle Herausforderungen und Probleme in der Intralogistik

Die Intralogistik ist durch viele externe Treiber, wie z. B. eine zunehmende Variantenvielfalt und dynamischer werdende Kunden-Lieferanten-Beziehungen oder den demographischen Wandel, vielfältigen Herausforderungen ausgesetzt (Bsp. [1]). Dieser Beitrag diskutiert Potenziale für die Intralogistik durch Industrie 4.0 und adressiert hierbei die Gewährleistung und Steigerung von Effizienz, Flexibilität und Arbeitssicherheit.

1.1 Gewährleistung und Steigerung der Effizienz

Zur Gewährleistung einer hohen Effizienz adressiert z. B. die Philosophie der »schlanken Produktion« die kontinuierliche Verbesserung der Prozesse durch vollständige Vermeidung von Verschwendung [2]. Eines der Kernelemente einer schlanken Produktion ist hierbei die Steuerung der Intralogistik durch das Kanban-Verfahren [2]. In Kombination mit einem Milkrun lässt sich die Intralogistik zuverlässig und ohne jegliche technische Unterstützung durchführen. Jedoch hat eine solche Lösung Grenzen in der Leistungsfähigkeit. In einer variantenreichen, nicht taktbaren Produktion ist eine optimale Abstimmung von Produktions- und Transportprozessen ohne den Einsatz von IT kaum möglich. Eine mangelnde Informationstransparenz kann beispielsweise zu unnötigem Fahraufwand und somit zu Verschwendung bezüglich Transport und Bewegung führen [3].

1.2 Gewährleistung und Steigerung der Flexibilität

Um die stetig kürzer werdenden Produktlebenszyklen und die hohe Produktvielfalt schnell und effizient bewältigen zu können, sind hochflexible, wartungsfreundliche sowie kosteneffiziente Fördersysteme notwendig [4]. Die grundlegende Aufgabe von Fördersystemen ist der Transport von Waren. Bei komplexeren Aufgaben werden zusätzliche mechanische Komponenten benötigt – von einfachen pneumatischen Zylindern als Pusher bis hin zu Industrierobotern für die mehrachsige Verschiebung und Verdrehung von Paketen in Palettieranlagen. Dadurch entstehen hochspezialisierte Anlagen, die jedoch an Flexibilität verlieren. Bestehende Systeme sind daher nur begrenzt an neue Aufgaben oder an eventuell notwendige Änderungen im Layout der Anlage anpassbar. Neben den oben genannten Anforderungen müssen sich neu erworbene Automatisierungs- und Materialflusssysteme

schon nach kurzer Zeit amortisieren, da kurzfristige Änderungen der Auftragslage oder des Produktionsplans Anpassungen der Funktionalität oder gar des Layouts des Materialflusssystems erfordern können. Speziell bei Kontraktlogistikern ist, aufgrund kurzfristiger Vertragslaufzeiten und der Unsicherheit bezüglich Anschlussverträge, die Wirtschaftlichkeit von Fördersystemen von großer Bedeutung. Eine Investition muss sich hier innerhalb der entsprechenden Vertragslaufzeit amortisieren, was häufig den Erwerb komplexer und hochpreisiger Automatisierungslösungen ausschließt.

1.3 Gewährleistung und Steigerung der Arbeitssicherheit

Während in Produktionsprozessen bereits sehr hohe Sicherheitsstandards Anwendung finden, herrscht vor allem im Bereich der Intralogistik Handlungsbedarf. Die zunehmende Automatisierung von logistischen Prozessen und die rasant fortschreitenden Entwicklungen im Bereich intelligenter Robotersysteme in Richtung gemeinsamer Mensch-Roboter-Arbeitsumgebungen erfordern neue Systeme zum Erhalt und zur Steigerung der Arbeitssicherheit. Aktuell existieren eine Vielzahl an Forschungsansätzen und -initiativen mit dem Ziel, Flurförderzeuge mit zusätzlicher Intelligenz auszurüsten, um einzelne Prozesse zu unterstützen, zu automatisieren oder komplett autonom auszuführen. Allerdings geht von Flurförderzeugen, insbesondere Gabelstaplern, ein großes Gefährdungspotenzial aus [5]. Dennoch sind Gabelstapler aufgrund ihrer Flexibilität gerade bei KMU das meist eingesetzte Flurfördermittel [6]. Auch die Arbeitsunfallzahlen der DGUV zeigen einen dringenden Handlungsbedarf: Allein mit Gabelstaplern gab es im Jahr 2010 in Deutschland über 10.000 meldepflichtige Unfälle, davon 18 mit Todesfolge sowie 337 neue Unfallrenten [6]. Die Entwicklung von Automatisierungslösungen für Gabelstapler erfordert daher Sensor- und Sicherheitssysteme, die die Arbeitssicherheit gewährleisten oder sogar präventiv steigern können.

2 Industrie 4.0 als Lösungsansatz

Industrie 4.0 bietet durch den Einsatz sogenannter Cyber-Physischer Systeme (CPS) die Möglichkeit, Informationen durch Sensorik zu erfassen, diese durch Intelligenz (z. B. Mikrocontroller) zu verarbeiten, durch Vernetzung verschiedener Systeme eine ganzheitliche Lösung für Produktion und Logistik zu entwickeln und diese durch Aktorik adäquat zu veranlassen [7]. Als Referenz kann das Cyber-

Physische Produktionssystem nach Reinhart et al. herangezogen werden [8]. Hierdurch werden z. B. einzelne Werkzeugmaschinen, Werkstückträger oder Spannmittel durch CPS vernetzt und darauf aufbauend Produktions- und Logistikprozesse besser gesteuert [8]. Die Idee der Vernetzung einzelner Ressourcen ermöglicht insbesondere für die Intralogistik neue Perspektiven, um die einleitend erläuterten Herausforderungen zu meistern.

3 Perspektiven für die Intralogistik

Im Folgenden werden drei Perspektiven für die Intralogistik durch Industrie 4.0 vorgestellt. Die erste Perspektive »Optimierung bereits schlanker Materialflusssteuerungen am Beispiel des Milkruns« adressiert die Gewährleistung und Steigerung der Effizienz in der Intralogistik, die zweite Perspektive »Gestaltung hochflexibler Materialflussfördersysteme« adressiert die grundsätzlich vermehrt erforderliche Flexibilitätssteigerung in der Intralogistik und die dritte Perspektive »Steigerung der Sicherheit bei diskontinuierlichem Einsatz von Flurförderzeugen« dient der Gewährleistung und Steigerung der Arbeitssicherheit in der Intralogistik.

3.1 Optimierung bereits schlanker Materialflusssteuerungen am Beispiel des Milkruns

Eine Perspektive der Intralogistik durch Industrie 4.0 ist die Steigerung der Effizienz bereits schlanker Materialflussstrukturen durch die Vernetzung einzelner Logistikeinheiten. In der Regel erfolgt die Materialversorgung in einer schlanken Produktion durch einen Milkrun zu fest definierten Zeiten. Diese jeweiligen Versorgungsfahrten durch die Fertigung werden unabhängig vom tatsächlichen Fertigungszustand, z. B. des tatsächlichen Materialbedarfs oder fertig bearbeiteter Produkte durchgeführt. Industrie 4.0 ermöglicht es, verschiedene Produktionssteuerungssysteme (z. B. ERP, MES) mit einzelnen Maschinen und Transportbehältern zu vernetzen, sodass die Materialversorgung in Abhängigkeit vom tatsächlichen Bedarf gesteuert werden kann. Der Bedarf kann dadurch charakterisiert werden, dass eine Maschine nicht »leer laufen« darf oder fertige Aufträge nicht unbegrenzt auf Abholflächen verweilen dürfen.

Da in einem Cyber-Physischen Intralogistiksystem die aktuellen (Rest-)Bearbeitungszeiten durch die intelligente Vernetzung berechnet werden können, kann eine Materialversorgungsfahrt in Abhängigkeit der Restbearbeitungszeiten der auf den Maschinen sowie auf den Anlieferflächen vorliegenden Aufträge gesteuert werden [3].

Das Potenzial einer bedarfsorientierten Materialversorgung wurde am Beispiel des Zahnradfertigers Wittenstein bastian GmbH nachgewiesen. Wittenstein bastian hat seine Abläufe nach den Prinzipien einer schlanken Produktion organisiert. Die Prämisse ist die Minimierung

der Umlaufbestände der variantenreichen Produktion sowie die Steuerung der Intralogistik durch das Behälter-Kanban-Verfahren in Kombination mit einem Milkrun. Zur Anlieferung der Bodenroller (Transporteinheit für mehrere Werkstückträger) befindet sich vor jeder Werkzeugmaschine eine Anlieferfläche für genau einen Fertigungsauftrag. Ein Fertigungsauftrag kann dabei auf mehrere Werkstückträger aufgeteilt sein, auf einem Bodenroller wird jedoch nur ein Fertigungsauftrag transportiert. Ergänzend gibt es genau eine Abholfläche pro Maschine. Die Materialversorgung erfolgt stündlich. Hierzu fährt ein Mitarbeiter mit einem Elektrozug die Maschinen ab, die in zwei Teilrunden gemäß einer »Acht« erreicht werden, und holt bzw. bringt Material vom/zum Wareneingang/-ausgang. Da die Intralogistik unter der Voraussetzung organisiert wurde, keine Software zu verwenden, fährt der Mitarbeiter mit dem Elektrozug zu jeder vollen Stunde, dem sogenannten Zyklus, die komplette Fertigung ab, lädt fertige Aufträge ein, verteilt diese und notiert, wo Material benötigt wird. Die freien Anlieferflächen bestückt er während der darauf folgenden Versorgungsfahrt mit Material aus dem Pufferlager. Um die Bestände gering zu halten, gilt die Bedingung, dass fertige Aufträge direkt weitertransportiert werden [3].

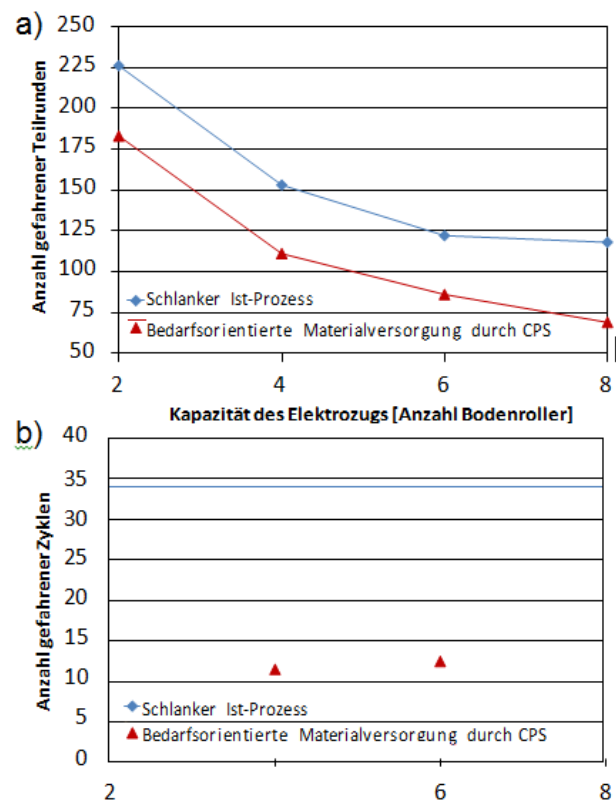


Abbildung 1: Potenzial der bedarfsorientierten Materialversorgung bezüglich Anzahl gefahrener Teilrunden (a) sowie der gefahrenen Zyklen (b) [3]

Auf Basis realer Fertigungsdaten von Wittenstein bastian wurde der Nutzen der bedarfsorientierten Materialversorgung durch eine Materialflusssimulation analysiert. Die Ergebnisse der Simulation veranschaulichen, dass die bedarfsorientierte Materialversorgung zu einer Reduzierung der gefahrenen Teilrunden (vgl. Bild 1a) und einer deutlichen Reduzierung der gefahrenen Zyklen (vgl. Bild 1b) führt. Die Anzahl der gefahrenen Zyklen kann im Simulationszeitraum um ca. 68 % von 34 auf 11 reduziert werden. Hierbei ist ersichtlich, dass die Kapazität des Elektrozugs keinen messbaren Einfluss auf die Anzahl der Zyklen hat. Da eine Versorgungsfahrt durch einen konkreten Bedarf ausgelöst wird, korreliert die Anzahl der Zyklen mit dem Bedarf in der Fertigung. Die Anzahl der gefahrenen Teilrunden kann bei der ursprünglich vorherrschenden Kapazität des Elektrozugs von vier Bodenrollern um ca. 27 %, von 153 Teilrunden auf 111, reduziert werden. Bei einer bedarfsorientierten Materialversorgung muss in einem Zyklus mehr Material transportiert werden, als bei stündlichen Zyklen, sodass hier die höhere Kapazität des Elektrozugs zu einer deutlicheren Reduzierung der gefahrenen Teilrunden führt (Kapazität 6: 86 Teilrunden, Kapazität 8: 69 Teilrunden), als eine reine Kapazitätserhöhung im aktuellen Prozess (Kapazität 6: 122 Teilrunden, Kapazität 8: 118 Teilrunden) [3].

3.2 Gestaltung hochflexibler Materialflussfördersysteme

Herkömmliche Fördertechnik zeichnet sich dadurch aus, dass sie grundsätzlich nur einfache fördertechnische Aufgaben erfüllen kann, nämlich Objekte auf einer geraden Linie bewegen. Bei komplexeren Aufgaben (z. B. Rotieren, Vereinzeln, Sortieren) muss die Fördertechnik um zusätzliche mechanische Komponenten erweitert werden. Um die für zukünftige Materialflussfördersysteme erforderliche Flexibilität zu erreichen, bieten modulare zellulare Fördersysteme großes Potenzial. Durch die Kombination modularer Fördereinheiten können vielfältige Anlagenlayouts generiert und im Idealfall verschiedene zusätzliche fördertechnische Aufgaben realisiert werden. Dies ist insbesondere durch die Vernetzung und den Austausch von Informationen zwischen einzelnen Fördermodulen möglich und entspricht daher dem Grundgedanken von CPS. Existierende Umsetzungen von zellulärer Fördertechnik fokussieren bisher auf mobile Transportfahrzeuge (Shuttles) für den Transport von Kleinladungsträgern [9] oder auf stationäre Fördertechnik, die in der Lage ist, mehrere Aufgaben zu erfüllen. Allerdings existiert bisher noch kein Fördersystem am Markt, das die volle Prozessflexibilität (Durchführung beliebiger Förderaufgaben) sowie Layoutflexibilität (beliebige Anlagegeometrien) unter gleichzeitiger Einbeziehung wirtschaftlicher Gesichtspunkte bietet.

Ein Beispiel für hochflexible Fördertechnik, die das Potenzial bietet, beliebige fördertechnische Aufgaben bei freier Wahl und Konfiguration des Anlagenlayouts zu erfüllen, ist der Cellular Conveyor (Celluveyor) [10]. Der Celluveyor ist ein modulares Förder- und Positioniersystem basierend auf einem neuartigen Fördertechnikkonzept, welches eine hohe Flexibilität bezogen auf das Layout, die möglichen Anwendungsfelder, das Fördergutspektrum sowie Anpassungen an Durchsatzänderungen bietet. Bild 2 zeigt ein Beispiel eines Fördermoduls und die Kombination der einzelnen Fördermodule zu einer kompletten Förderanlage.



Abbildung 2: Ein Modul und die Kombination mehrerer Module zu einer Förderanlage, (eigene Darstellung)

Das System besteht aus mehreren kleinen, sechseckigen Fördermodulen. Diese bestehen ihrerseits aus omnidirektionalen Rädern, welche jeweils von einem elektrischen Motor angetrieben werden. Durch die spezielle Anordnung der Räder sowie durch eine gezielte Ansteuerung der einzelnen Antriebe können die Objekte unabhängig voneinander auf beliebigen Bahnen bewegt werden. Durch die Kooperation der einzelnen Module können Objekte über größere Entfernungen frei und unabhängig voneinander bewegt und somit die komplexesten Aufgaben der Materialflusstechnik realisiert werden. Die Gesamtfunktionalität der Anlage kann auf Knopfdruck angepasst werden, z. B. bei Änderung der Auftragslage. Mittels eines einfachen Software-Updates und ohne mechanische Modifikationen könnte der Celluveyor bspw. von einem einfachen Förderer mit Ein- und Ausschleuser zu einem Sorter oder sogar zu einem Infeeder zur Erstellung von Paketlagen mit beliebigen Packmustern für automatische Palettiersysteme umfunktioniert werden.

Die modulare Bauweise bietet zudem die Vorteile einer einfachen Anpassung der Anlage an Veränderungen des Fördergutstroms sowie der Generierung beliebiger Anlagenlayouts. Bild 3 zeigt eine erste Umsetzung des Konzeptes.



Abbildung 3: Celluveyor -Demonstrator, (eigene Darstellung)

3.3 Steigerung der Sicherheit bei diskontinuierlichem Einsatz von Flurförderzeugen

Assistenzsysteme für Flurförderfahrzeuge bieten bisher nur einen geringen Funktionsumfang. Eine nachrüstbare, anbieterunabhängige Gesamtlösung zur Steigerung der Sicherheit von Menschen, Flurförderzeugen, Ware und Objekten ist derzeit nicht verfügbar. Insbesondere bieten bestehende Systeme keine Vernetzung der Akteure und Objekte innerhalb einer Arbeitsumgebung, um damit sowohl präventiv als auch reaktiv Assistenzfunktionen anzubieten. Durch Industrie 4.0 ist eine informationstechnische Vernetzung von Staplern mit Menschen möglich, wodurch eine verbesserte Steuerung der Intralogistik realisiert werden kann (siehe Bild 4).

Neben der Steigerung der Effizienz wird zudem die Arbeitssicherheit erhöht, da das Zusammenspiel von Flurförderzeugen und Menschen optimiert wird [11].

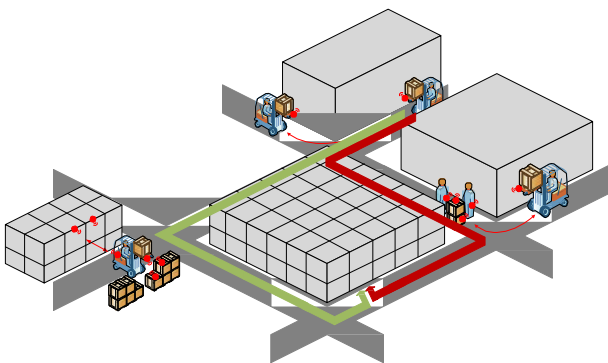


Abbildung 4: Zusammenspiel von Flurförderzeugen und Menschen in der Intralogistik, (eigene Darstellung)

Neben der Ausstattung der Umgebung mit zusätzlicher Sensorik bzw. Intelligenz oder der Ausrüstung der Mitarbeiter mit intelligenter oder markierender Kleidung [12] bieten neue optische Sensortechnologien in Kombination mit intelligenten Analysealgorithmen die Möglichkeit, Flurförderzeuge in die Lage zu versetzen, ihre Arbeitsumgebung dreidimensional zu erfassen und

zu analysieren. Basierend auf den ausgewerteten Sensordaten erfolgt die Bestimmung der eigenen Position sowie Abstände zu Personen, weiteren Flurförderzeugen und der Lagerausrüstung. Durch die Vernetzung und Fusion mit den Sensordaten der Fahrzeugsteuerung können weiterführende Informationen wie Fahrzeuggeschwindigkeiten in prozessrelevanter Echtzeit berechnet werden. Dadurch wird die Analyse eigener Bewegungen, aber auch Bewegungen von Personen relativ zum Flurförderzeug ermöglicht. Durch die intelligente Vernetzung können somit Unfälle und Personenschäden präventiv verhindert werden, indem entweder ein Assistenzsystem den Fahrer frühzeitig warnt oder das System aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreift.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Cyber-Physische Systeme bieten großes Potenzial, den heutigen Herausforderungen in der Intralogistik zu begegnen. Durch Vernetzung und intelligente Sensortechnologien können CPS-Lösungen flexible und effiziente Prozesse unterstützen. Dadurch können nachweisliche Effizienzsteigerungen in der Intralogistik erzielt werden. Insbesondere dort, wo Methoden des Lean Management aufgrund fehlender Informationen an Grenzen stoßen, bietet sich die Integration Cyber-Physischer Systeme zur Vernetzung von Informationsquellen an. Am Beispiel der Zahnradfertigung der Wittenstein bastian GmbH konnte hierzu gezeigt werden, dass in einem ersten Schritt Einsparungen von ca. 27 % hinsichtlich des Verbrauchsaufwands möglich waren. Durch eine optimierte Tourenplanung sowie mögliche Richtungswechsel in der Versorgungsfahrt können weitere Einsparungen realisiert werden.

Vernetzung und Informationsaustausch sind auch für die Entwicklung von flexiblen Förder- und Transportsystemen notwendig. Durch die Entwicklung intelligenter Fördermodule können beliebige fördertechnische Aufgaben bei beliebigen Anlagenlayouts durchgeführt werden. Analog zu dem im Beitrag beschriebenen Celluveyor-System ermöglichen intelligente Module die Durchführung unterschiedlich komplexer Steuerungsstrategien in Abhängigkeit von den jeweiligen Anforderungen des Logistikers. Diese Strategien können sowohl zentral gesteuerte als auch selbststeuernde Materialflusssysteme umfassen.

Schließlich ermöglichen Cyber-Physische Systeme auch eine Steigerung der Arbeitssicherheit. Vernetzte Sensoren an Lagertechnik, Flurförderzeugen oder Personen ermöglichen eine komplette informationstechnische Darstellung und Analyse der Arbeitsumgebung. Dadurch können Arbeitsabläufe erfasst und prognostiziert werden, sodass Arbeitsunfälle präventiv verhindert werden können.

5 Acknowledgement

Teile dieses Beitrages entstanden im Rahmen des Forschungsprojekts »Cyber-Physische Produktionssysteme – Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik (CyProS)«. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes »Forschung für die Produktion von morgen« (Förderkennzeichen 02PJ2461) gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT), betreut.

6 Literatur

- [1] Nehm, A.; Veres-Homm, U.: Fachkräftebedarf in der Logistik in Mitteldeutschland. Nürnberg: Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Technologien der Logistik- Dienstleistungswirtschaft (ATL) am Fraunhofer Institut Integrierte Schaltungen, 2008.
- [2] Ohno, T.: Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt am Main, New York: Campus Verlag 3., erweiterte und aktualisierte Auflage, 2013.
- [3] Lappe, D.; Veigt, M.; Franke, M.; Kolberg, D.; Schlick, J.; Stephan, P.; Guth, P.; Zimmerling, R.: Vernetzte Steuerung einer schlanken Intralogistik – Simulationsbasierte Potentialanalyse einer bedarfsorientierten Materialversorgung in der Fertigung. In: wt Werkstattstechnik online, 104 (2014) 3, S.112-117.
- [4] Günthner, W.; Tenerowicz-Wirth, P.: Modularisierung und Dezentralisierung in der Intralogistik. Industrie Management 27 (2011) 1, S. 25-29.
- [5] Günthner, W.; Galka, S.; Klenk, E.; Knössl, T.; Dewitz, M.: Stand und Entwicklung von Routenzugsystemen für den innerbetrieblichen Materialtransport. Ergebnisse einer Studie. München: Technische Universität München, 2012.
- [6] Standke, W.: Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2010. München: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung Spitzenverband 2012.
- [7] Veigt, M.; Lappe, D.; Hribernik, K. A.; Scholz-Reiter, B.: Entwicklung eines Cyber-Physischen Logistiksystems. In: Industrie Management, 29 (2013) 1, S. 15-18.
- [8] Reinhart, G.; Engelhardt, P.; Geiger, F.; Philipp, T. R.; Wahlster, W.; Zühlke, D.; Schlick, J.; Becker, T.; Löckelt, M.; Privu, B.; Stephan, P.; Hodek, S.; Scholz-Reiter, B.; Thoben, K.-D.; Gorltd, C.; Hribernik, K. A.; Lappe, D.; Veigt, M.: Cyber-Physische

Produktionssysteme – Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik. Wt Werkstattstechnik online 103 (2013) 2, S. 84-89.

[9] Kirks, T., Stenzel, J., Kamagaew, A. und ten Hompel, M.: Zellulare Transportfahrzeuge für flexible und wandelbare Intralogistiksysteme. In: Logistics Journal, Vol. 2012, 2012.

[10] Uriarte, C., Rohde, A. K.; Kunaschk, S.: Celluveyor – Ein Hochflexibles und Modulares Förderer- und Positioniersystem auf Basis omnidirektionaler Antriebstechnik. In: 10 Fachtagung, Digitales Engineering und virtuelle Techniken zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, 2013.

[11] Ehm, J.; Grundstein, S.; Freitag, M.; Marinitsch, W.: IKT in der Intralogistik – Sicherheit und Effizienz von Flurförderzeugen durch intelligenten IKT-Einsatz steigern. Industrie Management 31 (2015) 1, im Druck.

[12] Mosberger, R.; Andreasson; H., Lilienthal, A.J.: Multi-human tracking using high-visibility clothing for industrial safety. In: Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2013, S. 638-644.

DIE BEDEUTUNG DER VERNETZUNG FÜR DIE ENTWICKLUNG DER DIGITALEN LOGISTIK IM ÖFFENTLICHEN STRAßEN- VERKEHR

Prof. h. c. Dr. György Sárközi PhD,
Nordungarische Verkehrszentrale AGg, Miskolc, Ungarn
Prof. Dr. habil Béla Illés PhD
Universität Miskolc, Ungarn

DIE BEDEUTUNG DER VERNETZUNG FÜR DIE ENTWICKLUNG DER DIGITALEN LOGISTIK IM ÖFFENTLICHEN STRAßENVERKEHR

Prof. h. c. Dr. György Sárközi PhD, Prof. Dr. habil Béla Illés PhD

1 Einführung

Der Begriff der Konnektivität stammt aus der englischsprachigen Fachliteratur und fand einen breiten Eingang in die modernen Verkehrstechnologien. Unter diesem Begriff wird die Möglichkeit zum Vernetzen und Verbinden von Fahrzeugen aller Art verstanden, die sich im Allgemeinen an dem Verkehr beteiligen. Dieser Terminus bekommt heutzutage aufgrund der Entwicklung der informationstechnischen Bedingungen der Fahrzeuge und der Verkehrstechnologie sowie der Infokommunikation im Allgemeinen eine immer größere Bedeutung.

Die Trends und die Tendenzen der Informatik, Informationstechnologie, Infokommunikation, aber auch die verschiedenen Bereiche der Fahrzeugindustrie und Logistik üben auf die Entwicklung der Verkehrsbranche und natürlich auch auf den öffentlichen Verkehr eine relevante Wirkung aus. Die Zusammenwirkung und die Interdisziplinarität all dieser Gebiete macht es sichtbar, dass wir über die Erschaffung der Verkehrskonnektivität als eine Notwendigkeit sprechen. Die Zusammenarbeit der Autoindustrie mit IT Unternehmen zeigt gute Ergebnisse auf, das unter dem Begriff »Connected Car« schon eine breitere Verwendung fand, aber wir können als zusammenwirkende Systeme weitere Beispiele aus dem Bereich der Citylogistik und des Stadtverkehrs nennen.

Dieser Artikel behandelt die Möglichkeiten des ungarischen öffentlichen Verkehrs, und zwar aus dem Aspekt der Effektivität.

Um die Frage der Verwendbarkeit beantworten zu können, werden die Megatrends vorgestellt, die sich in der Verkehrslogistik und in der Verkehrsinformatik in der letzten Zeit herausbildeten und wird darauf eingegangen, welche Gebiete des öffentlichen Verkehrs auf der Grundlage des »Connected Car« als Benchmark entwickelt werden könnten. Zum Schluss wird aufgezeigt, was der Begriff »Connected Bus« in Ungarn bedeutet und was dessen Einführung bieten könnte.

2 Megatrends der Informatik und der Infokommunikation

Die Megatrends der Informatik können in vielen Publikationen und bei vielen Autoren nachgelesen werden. Hier sind vor allem die Texte relevant, die die Logistik der Personenbeförderung und des Öffentlichen Verkehrs reflexiv beschreiben.

Diese Wechselwirkung wurde zum Beispiel auch von vielen Branchenanalytikern wie auch von Josh Richards hervorgehoben. Er meint, dass auf die geschäftlichen Prozesse die Mobilität und die Öffentlichkeitsarbeit der Medien die größte Wirkung ausüben können. Die große und leichte Mobilität und die Technologien, die für die Öffentlichkeit problemlos zu erreichen sind, können den öffentlichen Verkehr attraktiver machen, weil die schnelle Erreichbarkeit und bequeme, flexible Bestellbarkeit der Dienstleistungen durch den schnellen Zugriff auf die informationstechnologischen Mittel gesichert sind.

Andererseits ist dadurch auch Feedback relativ schnell ermöglicht, wodurch die Anbieter der Dienstleistungen ihre Systeme entwickelt und verbessern können. Die großen Datenmengen, die bei der Bewertung der einzelnen Dienstleistungen und beim Feedback eingesammelt werden, können zum Beispiel mit Hilfe von Cloud und Big Data Technologien verwendet und ausgewertet werden. Die so genannten Cloud Technologien unterstützen auch die Erschaffung von Konnektivität, da hier die Anzahl der Geräte, die miteinander verbunden sind, sprunghaft wächst. Es bedeutet auch eine neue Herausforderung, dass die so genannten Big Data Informationen zielorientiert und zielbewusst aufgearbeitet werden. Dies bedeutet, dass die aufbereiteten Daten, ihre Datenquellen und der Zugang zu diesen jederzeit geschützt und gesichert sein sollen, obwohl die Anzahl der Daten sich um das Vielfache vergrößern kann. Bei diesen Prozessen steht im Vordergrund, dass die Geräte, die miteinander vernetzt sind, sowohl auf der lokalen als auch auf einer externen Ebene gemanagt werden müssen.

Im Oxford Economics wurde im Jahre 2011 ein Forschungsbericht veröffentlicht, in dem die vier Schlüsselgebiete beschrieben wurden, die bis 2015 die digitalen Megatrends und aufgrund deren die technologischen Entwicklungslinien und Forschungsevents bestimmen können.

Paul Hofmann, der Vizepräsident der Forschungsabteilung einer der marktführenden informationstechnologischen Firmen bestätigte auch diese Entwicklung und hat in einem Vortrag darauf hingewiesen, dass die Zahl der auf der Welt benutzten Handys 5,5 Milliarden ausmache und dies ermögliche eine allgegenwärtige und durchdringende Konnektivität. Die Steigerung der Daten folgt dem Moor'schen Gesetz: auf das Jahr 2020 wird die Daten-

menge 35 Zetabyte erreichen (1 Zetabyte= 1021 Byte). In den USA benutzen die Jugendlichen zwischen 18 und 20 Jahren, wenn sie online sind, in 98% aller Fälle eine Community Mediaform. Die »wolkenartigen« Technologien hält er für die Grundlage des neuen Zeitalters der Informationstechnologie. Als den fünften Megatrend benannt er den Konsum. Damit meint er, dass die Informationstechnologien an Verbraucher gebunden sind, die die Produkte der neuen Technologien als Konsumenten gebrauchen.

Steven Sinofsky führte diese Prognose weiter und ging davon aus, dass die E-Mail-t von dem »Messaging« verdrängt wird, was der Informationsaustausch zwischen Personen schneller und bunter machen wird, wenn die zur Benutzung nötigen Applikationen jedem zur Verfügung stehen werden.

Auch für den Gemeinschaftsverkehr ist es ein wichtiger Trend, dass sich die Mobilapplikation ausdifferenzieren und sich der Größe der Bildschirme anpassen: die Verwendungsformen, die anfänglich für Handy entwickelt wurden, werden Tablets, Phablets oder auf andere hybride Kommunikationsmittel umgestaltet. Als Übergangsstufe zwischen Tablets und Smartphone werden in einer größeren Anzahl die Phablets benutzt. Die Grenzen der Speicherung werden aufgelöst, die Kosten der Speicherung werden in den Kaufpreis der Geräte inkludiert.

3 Die digitale Strategie der Europäischen Union

Die EU ratifizierte die digitale Agenda (DAE) im Jahre 2010. Hier wurden die Gebiete bestimmt, auf denen durch die Entwicklung der digitalen Technologien eine nachhaltige Entwicklung erreicht werden kann. Diese digitalen Prioritäten wurden 2012 erneut überprüft und unter den sieben Schlüsselgebieten wurde die Rolle der neuen und stabilen Informationstechnologie, die auf breitbandiger Infokommunikation stützt, mit besonderem Nachdruck hervorgehoben. Die Herausbildung einer einwandfrei funktionierenden infokommunikationstechnologischen Umgebung zu allen digitalen Zugangsmöglichkeiten stand auf der ersten Stelle und gleich auf der zweiten Stelle rangierte die Einführung der Cloud Technologien. Im Bereich der Netztechnologien werden auch Änderungen erwartet. Die nächste Generation der Kommunikationssysteme wird ein Konvergenznetz sein, in dem verkabelte und kabellose Kommunikationsmodule die gleiche Infrastruktur benutzen werden. Unter dem Namen 5G ist uns diese Technologie schon bekannt, die über eine ultrahohe Bandbreite verfügt und zweifelsohne die Grundlage der zukünftigen vernetzten Gesellschaft bilden wird.

4 Zusammenarbeit im internationalen Verkehr

Die EU hat eine intensive Zusammenarbeit mit England, Japan, mit den USA und auch mit China auf dem Gebiet der Entwicklung und Erforschung von gemeinsamer Verkehrspolitik (Transport Research Policy) und es liegt auch ein gemeinsamer Rahmen zur Gestaltung von intelligenten Transportsystemen (ITS – Intelligent Transport Systems) vor. Dabei ist das neue und sich sehr schnell entwickelnde Gebiet der zusammenwirkenden Systeme (Cooperative Systems) besonders hervorzuheben, in denen die Fahrzeuge miteinander und mit der Infrastruktur kommunizieren können. Diese Systeme sind auch aus dem Grunde zu entwickeln, da die Teilung, Verwendung und Erforschung der Verkehrsdaten, die beim Betrieb solcher Systeme entstehen, auch von der EU unterstützt werden. Die Europäische Kommission hat im Jahre 2014 ein Projekt unter dem Namen »FOT-Net Data« in die Wege geleitet, das ermöglicht, dass Forscher und Entwickler zu den Daten, die aus den Testverfahren mit neuen Verkehrssystemen stammen, einen Zugang haben können. Seit 2008 laufen solche Projekte, in denen Tausende Fahrer verschiedener Fahrzeuge neue informatische Lösungen, z.B. neue oder adaptierte, den Fahrprozess unterstützende und Unfälle vorbeugende Programme testen. Dabei bekommt, wie es die Testergebnisse beweisen, die Vernetzung, die Verbindung der Fahrer eine immer größere Rolle. Dies wird durch ein kabelloses Nahkommunikationssystem ermöglicht. Die aus diesen Testverfahren gesammelten Daten sind nicht nur für die am Projekt beteiligten zugänglich, sondern auch für die Forscher, was ermöglicht, dass durch die wissenschaftliche Bewertung der Testdaten die Best Practice herausgearbeitet werden kann.

4.1 Logistische Megatrends

Der öffentliche Verkehr, im weitesten Sinne des Wortes auch Gemeinschaftsverkehr genannt, kann logistisch gesehen auch als ein System der Personenbeförderung analysiert werden. Ihre informationstechnologische Entwicklung hängt auch von den aktuellen logistischen Trends ab. Aus diesem Grunde sind für uns die Megatrends der Logistik wichtig, die bis 2025 auch die Formen der Personenbeförderung im Wesentlichen mit gestalten werden.

Steve Banker hat zu diesen Trends einen wichtigen Artikel verfasst, in dem er sich auf den Experten des führenden amerikanischen Verbands für Logistik (MHIA, Material Handling Industry of America), auf Gary Forgert bezieht. Er hat in seinem Artikel, der 2014 veröffentlicht wurde, die folgenden Megatrends der Logistik festgestellt:

- Schnelles Wachstum des E-Handels,
- Gnadenloser Wettkampf,
- Massenhafte Personalisierung,
- Urbanisation,
- Mobile und tragbare Mittel der IT,
- Roboter und Automatisierung,
- Sensoren und »das Internet der Dinge«,
- Big Data und prädikative Analytik,
- Veränderungsmodalität der Arbeitskräfte,
- Nachhaltigkeit.

Von den genannten Trends sind einige, die aus dem Aspekt der Konnektivität wichtig sind, näher zu erläutern.

Die Personenbeförderung bedeutet für die Logistik vor allem aus dem Aspekt der Urbanisierung eine Herausforderung. Obwohl in Ungarn die Welttrend nicht ganz zur Geltung kommen, muss gründlich erwogen werden, dass die Urbanisierung in erster Linie eine Transportmigration aus dem Lande in Richtung der größeren Städte bedeutet, aber in Regionen, die entwickelter sind, bekommt auch der Prozess der Reurbanisierung eine nicht zu unterschätzende Rolle, da viele nicht in den Megastädten wohnen möchten und zwischen Land und Stadt in der umgekehrten Richtung pendeln. Nach Einschätzungen der UNO werden im Jahre 2050 64 Prozent der Bevölkerung der dritten Welt und 85 Prozent der Bevölkerung der relativ gut entwickelten Staaten in Städten leben. Diese Tatsache kann die Raumgewinnung des öffentlichen bzw. gemeinschaftlichen Verkehrs gegenüber individuellen Fahrmöglichkeiten erhöhen.

In der Entwicklung des mobilen IT Zeitalters wird die Phase kommen, in der die »tragbaren« Kommunikationsmittel und die intelligente Sensoren unabdingbar sein werden. Diese können in Sonnenbrillen, in Armbanduhren oder in Kleidungsstücken eingebaut getragen werden, und können eine stetige Erreichbarkeit sichern, ununterbrochen digitale Inputs senden, Daten und Informationen teilen und pausenlos interagieren. Mit einem Wort ausgedrückt, sie sind konnektiv. Dadurch wird der Begriff »connected passenger« ins Leben gerufen und mit Inhalt erfüllt.

Die Robotertechnik und die Automatik (verbunden mit autonomen Steuerungstechniken) ermöglichen es, dass ein Fahrzeug durch seine eingebauten intelligenten Modulen seine Umgebung analysieren kann und unabhängige lokale Entscheidungen in Bezug auf seine Verkehrsmodalitäten treffen kann und es ist leicht einzusehen, dass dies durch ein in soziale Netzwerke eingebautes Wissen in Zukunft digital vermehrt werden kann.

Im Jahre 1999 sah Kevin Ashton noch in der Radiofrequenz den Mechanismus (RFID), mit dem physische Entitäten oder Gegenstände mit dem Internet direkt kommunizieren können. Bis heute sind aber eher die eingebetteten Sensoren verbreiteter, die so zu sagen ohne menschliche Hand einen Internetkontakt aktivieren können. Die führenden Firmen der Informationstechnologie haben schon solche Softwares entwickelt und vorgestellt, die die Informationen von Millionen von erkannten Objekten einholen, ohne dass ihnen diese geschickt worden wären. Das IBM WebSphere Sensor Events ist zum Beispiel eine Software, mit der eine unvorstellbare Menge von Daten eingeholt und analysiert werden kann. Diese Sensoren wurden schon Teil unseres Lebens, man kann es auch so sagen: sie sind Teil unserer Dinge geworden.

Wir nehmen es nicht immer wahr, aber wir haben automatisch funktionierende Beleuchtungen, Thermostate, die automatisch auf die Veränderung der Temperatur reagieren, und eigentlich – ob wir es zur Kenntnis nehmen oder nicht, wir können diese auch im Bord von Fahrzeugen finden. Die eingebauten und eingeschalteten Verkehrssensoren können den Verkehr in einer Stadt wesentlich verbessern: sie können aktuelle Daten schicken, Verkehrsdaten aktualisieren, analysieren und auswerten. Sie können Informationen sammeln und speichern über die Verkehrsgewohnheiten der Stadtbewohner, sie können den Stand der aktuellen Verkehrsströme wahrnehmen und alle Informationen auffangen und behalten, die sie mit den anderen Fahrzeugen verbinden.

Dieses ganzheitliche System wird oft als Internet of Things beschrieben und es bedeutet, Systeme sind miteinander verbunden, sie nehmen einander wahr, sie helfen einander und sie können andere Systeme erkennen, Menschen und Objekte lokalisieren, mit anderen Infrastrukturen verbinden, Fahrzeuge identifizieren, also wir könnten so sagen: sie können die Dinge miteinander besprechen. Der Terminus selbst wird Ashton zugeschrieben, aber die Erläuterung des Begriffes ist zuerst bei Friedemann es Floerkemeier zu finden und datiert auf 2010.

»Die Sensoren senden in unserer vernetzten Welt immer neue wichtige Daten zu. So wird uns ein solches Mittel in die Hand gegeben, wodurch wir die physischen Objekte unserer Welt zu Worte bringen können«, sagte in einem Vortrag Martin Wildberger, Vizepräsident der Abteilung für Sensorforschung der IBM. Er hob hervor, dass die Sammlung und Analyse eingeholter Sensordaten verschiedenster Art alle Prozesse in der Welt schneller und intelligenter gestalten können. Die technische Entwicklung, die mit der Anwendung von RFID Signalgebern begann, führt auf diese Weise zu dem auch physisch vernetzten »Internet der Dinge«.

Die im Raum verteilten autonomen Sensoren gestalten ein kabelloses Sensornetz (WSN), in dem ein Sensorknotenpunkt die kommunikative Beziehung zwischen dem Radiosender und den an das Netz angeschlossenen Sensoren herstellt, wobei auch eine Verbindung mit einer lokalen Intelligenz, die als Interface für die Energieversorgung sorgt, hergestellt wird. Die folgende Darstellung zeigt ein an der Universität Bern entwickeltes Netz.

Da sich die technischen Mittel und die ihre Herstellungstechnologien im Allgemeinen wirklich rasant entwickeln, werden wir mit einer unübersichtlichen großen Datenmenge überflutet. Bei den verschiedenen Gesellschaften, Organisationen und Firmen kommen so große Datenbanken zu Stande, die Speicherung, Analyse und Verwendung dieser Daten bedeutet eine neue Herausforderung, die in der Fachliteratur unter dem Begriff »Big Data« beschrieben wird.

Mit diesem Problem sehen sich auch die Gesellschaften konfrontiert, die als Dienstleister des Öffentlichen Verkehrs auftreten und in ihren Fahrzeugen die mobilen Informationstechnologien mit dem Ziel verwenden, für ihr Publikum ihr Angebot attraktiver zu machen. Die effiziente Handhabung der Datenmenge kann aber nicht nur die Angebote aktualisieren, sondern auch die Marktposition der Firma verbessern. Als Folge dieser Zielsetzung treten die Prozesse der Datenanalyse, der Datengewinnung und die lokalen und temporalen Lösungen, die diese auch visualisieren können, in den Vordergrund. Diese Prozesse erfolgreich zu verfolgen hilft für die Entscheidungsträger im Verkehr und unterstützt sie dabei, richtige Entscheidungen schnell zu treffen. Ganz besonders bei der Planung und Verbindung von Fahrplänen können die prädikativen analytischen Lösungen vom Vorteil sein, die die Prozesse so analysieren können, dass sie die Zusammenhänge zwischen den Prozessen der Vergangenheit, der Gegenwart und der Zukunft erkennen. In dem Öffentlichen Verkehr erfordert die Herstellung von Verbindungen zwischen Systemen und Datenanalysen die Anwendung von größeren und rechentechnisch zuverlässigeren Mitteln, die die entstehende Datenmengen nicht nur generieren können, sondern auch tiefere Datenanalysen erstellen, die wiederum zuverlässigere Folgerungen ermöglichen.

Im Folgenden werden die Verkehrstrends besprochen, die aus dem Aspekt der Beförderungslogistik relevant sind.

5 Die Entwicklung von den Verkehr bestimmenden Trends

David Levinson fasste die den Verkehr in den USA bestimmenden Trends in 14 Punkten zusammen. Diese Trends können auch für die Zukunft des Verkehrswesens auch in Ungarn bestimmend sein.

1. Die Automatisierung von Fahrzeugen hat eine Phase erreicht, in der die Autoindustrie durch Anwendung bedeutender Kraftquellen und Einlagen in Zukunft Fahrzeuge ohne Fahrer nicht nur werden bauen können, sondern sie können es auch erreichen, dass diese Fahrzeuge auf immer größeren Strecken ohne Fahrer gesteuert werden können. Die Anzahl der Kilometer, die diese Fahrzeuge zurücklegen können, steigt Jahr für Jahr.

2. Die Entwicklung der Informationstechnologie und der Automatisierung hat ein Wachstum in der Produktionsmenge zur Folge. Auch die Zeit für Freizeit wächst, die Reisegewohnheiten verändern sich, was wiederum zur Folge hat, dass ein großer Teil der Fahrtzeit außerhalb des Spitzenverkehrs liegt. Aber die Verkehrsbelastungen bleiben konstant.

3. »Bigger Boxes«

Bigger Boxes: Es war ein unübersehbarer Trend in der Supermarktbranche, dass weniger Supermarktketten mit einer größeren Kauflfläche entstehen. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass weniger Einkaufsfahrten, aber dafür mit längerer Fahrtzeit erfolgen werden. Auch die Lieferungskette vom Produzenten bis zum Verbraucher wird länger sein. Die Containerschiffe werden ihren Umfang vergrößern müssen, sogar die Züge und Lastwagen werden ihren Ladeumfang umbauen müssen. Alles in einem wird die Kapazitätseffizienz viel größer.

4. »Know on the Go«

Nachdem die Ist-Zeit Informationen jederzeit und überall zugänglich sind, kann der Fahrplan und die Fahrtroute flexibel geändert werden. GPS und andere Navigations- und Lokalisationssysteme informieren über die Verkehrslage der Ist-Zeit, sagen Umleitungen und Sperrungen an, geben Informationen über Unfälle. All das kann zu einer dynamischen Planung des Verkehrs im Allgemeinen und zu der aktuellen Planung jedes einzelnen Fahrgeschehens aktiv beitragen. Die Unsicherheit im Verkehr wird durch eine planbare Modalität abgelöst.

5. »Souveränes Verbraucherverhalten«

Die den gemeinschaftlichen Zwecken dienenden Unterstützungen verlagern sich: sie werden nicht mehr bei den Dienstleistungen anbietenden Organisationen, sondern bei den diese in Anspruch nehmenden Gemeinschaften abgegeben. Die Eltern werden mehr Fahrgeld ausgeben, wenn sie sicher sein können, dass dadurch ihr Kind eine bessere Bildung bekommen.

6. »Gemeinschaft ohne Lokalität«

Melvin Webber hat den Begriff des Community without Propinquity schon vor 50 Jahren eingeführt. Diese Erscheinung hat sich in letzter Zeit verstärkt, obwohl auch eine Tendenz, die wir unter der Bezeichnung »Zurück zum Lokalen« zusammenfassen können, deutlich abzuzeichnen ist. Die elektronischen Gemeinschaftsnetze lösen die virtuellen ab. Dies hat aber zur Folge, dass die Menschen anstatt Kurzstreckenfahrten in die Nachbarschaftsgemeinschaft zu machen, größere Fahrten innerhalb der Metropolen und ihrer Umgebung machen werden.

7. »Teilung statt Eigentum«

Dieses kooperatives Verbraucherverhalten beruht auf der folgenden Idee: was wir teilen können, brauchen wir nicht selbst zu haben. Solche »Sharing«-Systeme sind in der Hotelbranche schon altbewährt. Nach diesem Beispiel verbreitete sich auch das »Carsharing«, das eigentlich und ursprünglich Autoteilen oder Gemeinschaftsauto bedeutet. Nach Martin kann behauptet werden, dass ein Gemeinschaftsauto in einer Gemeinde circa 9-13 andere Fahrzeuge ersetzen kann, wonach die Zahl der in einer Gemeinde gebrauchten Fahrzeuge in der Wirklichkeit bedeutsam sinken kann. Auch in Ungarn nehmen immer mehr Leute diese Verkehrsform wahr. Das System des »Bikesharing« ist aber nur eher für die Hauptstadt Budapest charakteristisch.

8. »Alles ist Geschäft«

Alle Gegenstände oder Mittel, die wir als Eigentum nennen können, kann Gewinn bringen, und zwar mit wenig Aufwand. Beispiele sind dafür die freien Plätze im Auto oder die freien Zimmer im Haus.

9. »Eben jetzt«

Online einzukaufen ist eine Option, die das Verhalten der Verbraucher grundlegend veränderte. Durch den online Einkauf vermindert sich die Zahlen der Hin- und Rückfahrten. Das sogenannte Just-in-Time (JIT) kommt nicht nur auf dem Gebiet der Produktion und Lieferung, sondern auch im Privatleben der Verbraucher absolut zur Geltung. Diesen Trend muss auch die Logistik wahrnehmen und die Infrastruktur des Online Einkaufs und der Auslieferung so gestalten, dass sie die online bestellten und ausgelieferten Waren in Empfang nehmen und lagern kann, z.B. in logistischen Boxen oder in anderen logistischen Verteilerpunkten.

10. »Das ist kein Problem«

Dieser Trend reduziert den Verkehr und erhöht die Verwendung von online Lösungen. Er verdrängte die analoge

Technik und digitalisierte die technische Welt ganz. Auch die Sensoren wurden digital, sowie die ganze Weiterleitung und Speicherung von Daten und die digitale Kommunikation wurde erstrangig. Heute bedeuten die Fernarbeit oder der Telejob (tele-work), das online Einkaufen (tele-shopping) oder eine Videokonferenz kein Problem mehr. Durch diese Möglichkeiten wird die Zahl der Hin- und Rückfahrten wiederum reduziert. Für die online Zeitungen, Bücher, Musiknummern oder Videoaufnahmen brauchen wir uns nicht ins Auto zu setzen oder um unsere Briefe abzuholen, auf die Post zu fahren.

11. »Sensorenwelle«

In die Verkehrsinfrastruktur oder in die Fahrzeuge werden heutzutage solche Sensoren, Zeichenempfänger oder Codesysteme eingebaut, die die Zahl der durchfahrenden Fahrzeuge registrieren können oder den Verkehr einer Stadt regeln können. Die aus diesen Systemen heraus gewonnenen Big Data können aber nicht nur von Statistikern oder Analytikern benutzt werden, sondern stellen ein Hilfsmittel für alle dar, die sich am Verkehr oder Fahren beteiligen. Fahrer und Fahrgäste können sich aufgrund der Ist-Daten der aktuelle Verkehrssituation anpassen und bekommen Ist-Informationen über Fahrt- und Wartezeiten.

12. »Das Elektroauto schlägt zurück«

Die Entwicklung der Technologie machte es für heute möglich, dass das Elektroauto wegen seiner Umweltfreundlichkeit und Energiesparsamkeit in einem größeren Maße eingeführt werden könnte, obwohl sich die herkömmlichen Treibstoffpreise verhältnismäßig stabilisiert haben und die Technologie der Herstellung von Akkumulatoren in letzter Zeit auch umweltfreundlicher geworden sind. Das Unternehmen Tesla ist sehr erfolgreich, die Zahl der verkauften Elektroautos stieg kontinuierlich an, aber im Jahre 2014 verzeichneten sie einen Rückgang, worüber viele erstaunt waren. Seit dem März 2014 kann dieser Trend auch durch die Senkung der Ver- und Ankaufpreise der TeslaAktien bestätigt werden. Der Grund für diesen Tiefgang ist nicht mit technischen oder energetischen Problemen zu erklären, sondern es geht hier um eine wenig erfolgreiche Marketingstrategie. Davon unabhängig kann aber erkannt werden, dass die Anzahl der Ladestellen für Elektroautos immer größer wird, die Ladezeit der Akkus wird immer weniger, was eine bessere Verwendbarkeit von Elektroautos signalisieren kann. Demgegenüber verursacht die Emission der traditionellen Fahrzeuge immer noch den größten Anteil an Umweltbeschädigung. Die Elektroautos machen das Leben in einer Gemeinde nicht nur umweltbewusster, sondern auch stiller, das sie nicht so viel Lärm verursachen.

13. »Fix it first«

Das Altern der Verkehrsbedingungen bringt mit sich, dass nicht mehr große Inventionen im Vordergrund stehen, sondern die Fragen der Instandhaltung und der Nachhaltigkeit. Das Publikum wünscht nicht nur eine gut geregelte Fahrzeitberechnung, sondern auch sichere Fahrten auf sicheren Straßen. Das verursacht natürlich bedeutende Mehrkosten. Neben den Mehrkosten werden auch immer neue Regelungen festgelegt und Fehler und Mängel in der Infrastruktur werden auch immer öfter registriert. Obwohl dies die kritische Grenze noch nicht erreicht hatte, sprechen einige Experten schon jetzt über eine Krise der Infrastruktur. Dies konnte zuerst in einem Artikel aus dem ASCE (American Society of Civil Engineers) im August 2007 wahrgenommen werden, als über den Absturz der 8-sprunigen Brücke über den Mississippi berichtet wurde. In diesem Unfall sind 13 Menschen ums Leben gekommen [15].

14. »Laboratorien der Demokratie«

Den Begriff »Laboratories of democracy« hat zuerst ein amerikanischer Richter, namentlich Louis Brandeis benutzt, als er in der Sitzung des Obersten Gerichts das beschrieb, dass ein Staat auf Wunsch seiner Bürger als ein Laboratorium fungieren kann, in dem neue soziale und wirtschaftliche Systeme erprobt werden können, aber so, dass dies für die anderen Staaten einer Föderation keine Gefahr bedeutet.

Was dieser Trend in Bezug auf den Verkehr bedeutet, lässt sich so formulieren: die gemeinnützliche Unterstützung des Verkehrs und der Lieferung sinkt im Allgemeinen, obwohl diese Gelder immer noch eine große Quelle der Einnahmen bedeuten.

Die fehlenden wirtschaftlichen Quellen können der regionalen Kommunalpolitik große Schwierigkeiten bedeuten und die getroffenen Entscheidungen können die Qualität und die Quantität des örtlichen Verkehrs im Wesentlichen beeinflussen. Die Lösungen, die die Nachhaltigkeit erzielen, betreffen die Kosten der Instandhaltungen, der eingelegten Kapitalgröße und nicht zu Letzt die realisierbare Verkehrsmodalitäten einer lokalen Gemeinde.

Wir können natürlich nicht behaupten, dass diese Trends eins zu eins auch auf die ungarische Verkehrssituation anzuwenden sind. Natürlich gibt es auch andere Trends, die hier jetzt nicht erwähnt wurden, und es gibt auch welche, die heutzutage noch stark bestritten sind. Diese Trends sind aber dafür geeignet, dass aufgrund dieser eine intensivere Forschung und Diskussion auch in Ungarn beginnt.

6 Connected Car

Es ist aufgrund der sich herausgebildeten logistischen, informatischen und verkehrstechnischen Trend nicht überraschend, dass gerade in den Fahrzeugsystemen und insbesondere in dem Fall der Pkws der folgende Trend festgestellt werden kann: es verbreiten sich immer mehr die Zugänge an das Internet und die Verbindung mit lokalen kabellosen Netzwerken. Die digitalen Geräte, die »klugen« Handys und die Netzwerke anbietende Dienstleister können miteinander schon problemlos verbunden werden und nach dieser heutzutage schon gut funktionierenden Kooperation begann die Zusammenarbeit mit den Fahrzeugherstellern. Dies bedeutet für die Konnektivität im Verkehr eine neue Phase, die auch eine Integration höherer Stufe bedeutet. Dies kann zum Bau von solchen Fahrzeugen führen, die via Internet nicht nur mit den in das Fahrzeug eingebauten Geräten kommunizieren können, sondern eine Verbindung mit allen anderen Geräten herstellen können, die sich außerhalb des Fahrzeugs befinden. Dadurch kann ein Fahrzeug produziert werden, dass Konnektivität intelligent nutzen kann. Wir können dieses Fahrzeug »Connected Car« nennen.

Das AutoScout24 publizierte im Jahr 2014 eine Zusammenstellung unter dem Titel »Connected Car 2014«. Sie beinhaltet auch die Ergebnisse eines Tests, der die 10 Gründe für die Verwendung dieses neuen konnektiven Modells auflistete. Diese sind:

1. Ist-Zeit-Informationen über die aktuelle Verkehrssituation (5.83),
2. eCall (5.46),
3. Unfallvorbeugung (M2M communication) (5.46),
4. Big Data und prädikative Analytik,
5. Selbstdiagnostik mit Datenwolken (5.43),
6. Intelligentes Parken – Information über freie Parkplätze (5.13),
7. Warnung bei schlechter Routenplanung (5.09),
8. Versicherung nach Gebrauchsmenge (5.08),
9. WLAN im Fahrzeug (5.04),
10. Synchronisieren von Daten (5.00).

Neben schon erwähnten Gründen lässt sich noch hervorheben, dass auch andere die Navigation unterstützende Möglichkeiten vorstellbar sind: die Unterstützung der Informationssuche über das Fahrziel mit Hilfe von den so

genannten POIs (Points of Interest), das schnelle und sichere Finden des abgestellten Fahrzeugs, intelligentes Parken durch die vorab Reservierung des Parkplatzes, automatisches Erkennen von Verkehrszeichen, Information über lokale Veranstaltungen. Zur Frage der Fahrsicherheit hervorzuheben, dass auch über den Gesundheitszustand des Fahrers Informationen gesammelt und ausgewertet werden können, aber die so genannten Infotainment-Dienstleistungen sind zu nennen, wie zum Beispiel Musik herunterzuladen und das Benutzen von anderen Medienmöglichkeiten (z.B. mirror-linking) oder die Einstellung von geschäftlichen Funktionen ist auch möglich (Kalender, Besprechungen, Verhandlungsthemen, Adressbuch usw.). Für die Benutzer können auch noch die folgenden Funktionen nützlich sein: Medienzugänge, Teilungen, Ortstelematik. Die fernen telematischen Funktionen können die Bewegung des Fahrzeugs verfolgen und wenn das Fahrzeug gestohlen worden wäre, ist die Spurensuche zu aktivieren. Als weitere Optionen können die Fahrzeugaufsicht, die Analyse der Fahrtechnik, die Analyse und Optimierung des Treibstoffverbrauchs eingestellt werden. Wenn das Fahrzeug geteilt gebraucht wird, gibt es eine Option zur Realisierung von ad hoc carpooling. Weitere Möglichkeiten bieten sich zur kombinierten Reservierung von Fahrzeug und Parkplatz und es ist sogar möglich, ohne eine Schlüsselübergabe das Fahrzeug mit einem anderen Fahrer zu teilen. Eine nützliche Funktion kann es auch sein, wenn uns das Fahrzeug auf im Fahrzeug vergessene Gegenstände und Wertsachen aufmerksam macht, uns über Mautstrecken informiert und die Zahlung der Maut elektronisch erledigt, oder wenn wir Informationen über die Emissionsdaten unseres Fahrzeugs bekommen.

Die individuellen und mit persönlichen Zielen gebrauchten Pkws bilden aufgrund der Konnektivität eine Gemeinschaft: sie bilden eine Gemeinschaft miteinander und mit ihrer Umwelt. (Dies gilt besonders für Carsharing und Carpooling). Die Vorteile der Konnektivität und ihre Synergiewirkung können im Gemeinschaftsverkehr und im öffentlichen Verkehr noch intensiver erkannt werden, als im privaten Verkehr. Darüber wird im nächsten Kapitel ausführlich gesprochen.

7 Connected Bus

Der Connected Bus als ein Element des Stadtverkehrs kam zuerst im Rahmen eines Pilotprojekts im Jahre 2007 zu Stande und knüpft sich an die Firma Cisco, die ein Projekt im Bereich des Verkehrs zur Stadtentwicklung realisierte. Seitdem arbeitet an der Entwicklung des erfolgreichen Pilotprojektes die Stadt San Francisco, die städtische Entwicklungsbüro für Verkehr, der Verkehrsbund und die Firma Cisco eng zusammen. Das Projekt wurde nicht nur in San Francisco, sondern auch in der direkten Umgebung der Megastadt schon erprobt.

Die technischen Daten des Projekts:

- Tastbildschirme-Ist-Zeit-Informationen über Wartezeiten (NextMuni),
- Kostenloses Internet für private und geschäftliche Zwecke via Laptop oder andere mobile Datenträger,
- LED Informationssystem: Daten über die Umweltschutzparameter des Fahrzeuges,
- Fahrgastsicherheit: Vermeidung von Unfällen durch Weiterleitung von aktuellen Verkehrsdaten,
- Verarbeitung von aktuellen Verkehrszeichen,
- Vermeidung von Staus,
- Unterhaltung an Bord: Videos und Musik,
- »Find it«: Informationen über Dienstleistungen und Fahrziele in der Nähe des Fahrzeuges,
- Dispatcherdienst: Unterstützung der Kommunikation zwischen dem Fahrer und Begleitpersonal,
- Sicherheitssystem: der Fahrer kann mittels Knopfdruck den Sicherheitsdienst kontaktieren.

8 Möglichkeiten zur Erschaffung der Konnektivität im ungarischen Verkehr

In den Jahren 2007-2013 wurde in die Infrastruktur des Verkehrs und zur Neugestaltung des öffentlichen Verkehrs viel investiert. Die Entwicklungen erzielten in erster Linie die Verbesserung der Infrastruktur und die Neugestaltung der benutzten Bauobjekte des Verkehrs, sowie die Informierung der Fahrgäste und die Verbesserung der Verkehrsdienstleistungen. Zu den neuen Investitionen gehörte auch die Gestaltung von Infokommunikationssystemen an Bord der Fahrzeuge. Dadurch wurde die Steuerung des Verkehrs auch effizienter.

In der nächsten Entwicklungsperiode in den Jahren 2014-2020 ist es wichtig, dass die bisherigen Aufwände zu einer guten Anwendung kommen und die Allokationen der neuen Quellen ermöglichen, dass kohärente, zusammenarbeitende und überschaubare Systeme entstehen. Die qualitative Verbesserung des öffentlichen Verkehrs kann nur durch komodale und intermodale Kooperationen erreicht werden. Diese neuen Möglichkeiten bieten eine gute Grundlage zur Erschaffung der Konnektivität im öffentlichen Verkehr. Konnektivität soll zwischen Verkehrsbetrieben, Verkehrsdienstleistern und Fahrzeugen hergestellt werden.

8.1 Konnektivität innerhalb des Verkehrsbetriebs

Die Bordeinheiten wie OBU und GPS, die auf den Bussen installiert sind, machen es möglich, dass (unterstützt mit anderen Mobilkommunikationsformen) die realen Verkehrszeiten bestimmt werden können und die Daten, die im Netzwerksystem des Linienverkehrs (TRANSMODEL) eingehen in Kürze bearbeitet werden. Die SIRI Technolo-

gie kann die Informationen für die Kunden speichern und diese durch das lokale Ortsidentifikationssystem an die Infotafel an Bahnhöfen, Haltestellen projizieren, sowie auf Wunsch den Fahrgästen diese durch das Internet oder andere mobile Datenträger abrufbar bereitstellen. Die Bordeinheiten auf den Fahrzeugen sichern eine direkte Kommunikation zwischen den Fahrern und Dispatchern, sowie zwischen den Fahrern und Verkehrsbediensteten. Diese Kommunikation kann per Funk laufen, oder aber in Form von schriftlichen Nachrichten. Das System kann definierte Alarme oder Störungsfaktoren im Voraus erkennen, auf deren Grundlage Hilfesuche oder Distributionsbitten schneller realisiert werden können. Ein weiterer Modus ist, dass die Bordkommunikationsmittel alle Abweichungen von dem Normalfall (z.B. unerwartete Umleitung, Störungen usw.) registrieren und die registrierten Daten an die Verkehrsleitung sowie an die zuständigen Behörden automatisch weiterleiten.

Das System zeigt für den Fahrer alle Aufgaben seines Arbeitstages am Monitor der Bordeinheit (OBU) automatisch. Er bekommt Informationen in Bezug auf seine Fahrzeit über Abweichungen von dem Fahrplan, alle verspäteten Linien sowie alle früher die Haltestelle erreichende Linien werden ihm markiert.

Der Fahrer kann Informationen zu nicht geplanten Fahrtigkeiten oder Sonderereignissen abrufen, und er kann auf diese Weise seine aktuelle Fahrtigkeit optimieren. Er kann Anweisungen geben, mit denen er die realen Verkehrsdaten analysieren lässt und er kann jederzeit über seine Erfahrungen am aktuellen Tag an das System Rückmeldungen schicken, so kann er den wirklichen Gebrauchswert des Fahrplanes auf seiner Strecke verbessern. Die Erfahrungen zeigen, solange das System schon in Betrieb ist, sind weniger verkehrswidrige Handlungen seitens der Fahrer registriert worden und die Informierung der Kundschaft ist barrierefreier geworden, All das ermöglicht eine Konnektivität mit anderen Dienstleistern des Verkehrs.

8.2 Regionale Konnektivität

Ab Januar 2014 erfolgte im Rahmen der Neugestaltung des öffentlichen Verkehrs eine Vertragserneuerung mit verkehrsbetrieblichen Firmen. Auch die Verkehrsregionen wurden neu gestaltet und im Sinne des neuen Vertrags sind die Volan Gesellschaften, die die Mehrheit des öffentlichen Verkehrs betreiben, die regionalen Grenzen einhaltend zu einem großen Verkehrsbetrieb verschmolzen. Als Vorabbedingung dieser Neugestaltung wurde die Einführung eines kohärenten Kundeninformationssystems bestimmt, das die fahrplanmäßigen und die aktuellen Informationen aufeinander bezogen und mit einander verbunden interpretieren kann.

Aus diesem Grunde müssen die Informationssysteme der früher alleinständigen Betriebe harmonisiert werden. Dies soll zuerst mit Hilfe von Interfaces auf der Seite des Outputs geschehen, damit die Fahrgäste und weitere Verwender brauchbare und optimierte Informationen bekommen können. In Zukunft ist aber geplant, dass die heute noch oft sehr verschiedenen Systeme der Verkehrsbetriebe durch eine Integration vereinheitlicht werden.

Auch die Anzahl der intelligenten Bordeinrichtungen und die der an Bord eingebauten Sensoren soll erhöht werden. In allen Bussen muss der Treibstoffverbraucher-Sensor eingebaut werden, des Weiteren wird geplant, dass in die Heizungskörper und Klimaanlage aller Autobusse Sensoren eingebaut werden, weil diese zwei Einrichtungen den Treibstoffverbrauch im Wesentlichen beeinflussen können. Wenn diese Sensoren miteinander verbunden werden und die Daten voneinander in Verbindung bringen können, kann der Treibstoffverbrauch innerhalb des Verkehrsbetriebs optimiert und aufeinander abgestimmt werden. Es kann auf diese Weise erwartet werden, dass die Normeneinstellungen beim Treibstoffverbrauch genauer ausgerechnet und bestimmt werden können, was zur Folge haben kann, dass sich die Energiewirtschaft des regionalen Verkehrsverbundes den realen Werten des Ist-zeitlichen Verbrauchs entsprechen wird und die wirtschaftliche Position des Betriebs verstärkt wird.

Mit der Einführung des online Fahrkartensystems (E-ticketing) kann die reale Zahl der Fahrgäste nicht nur aufgrund der beim Fahrer gekauften Fahrscheine und aufgrund der im Vorverkauf gekauften Fahrkarten nachgewiesen werden, sondern auch die Zahl der Monatskarten kaufenden Fahrgäste wird genauer bestimmt werden können. Dieses System hat vom Vorteil, dass die Nutzungsquote der Autobusse, die Besetzbarkeit des Linienverkehrs und das Reiseverhalten der Fahrgäste auch als Grunddaten der möglichen Zufriedenheit der Fahrgäste dienen können, weil aus diesen Daten zum Beispiel vorabsehbar sein wird, ob auf einer Linie die verkehrenden Busse tatsächlich überfüllt sind. Diese Ergebnisse dieser Rechnungen können zu einem bequemeren Fahrprozess beitragen und der Qualitätsverbesserung des Öffentlichen Linienverkehrs dienen. Die elektronischen Fahrausweise und die Bordeinrichtungen können Lösungen indizieren, die wunschgesteuert sind, da sie den Erwartungen des fahrenden Publikums nachkommen. Die Einführung des DRT-Systems kann auch ermöglichen, dass zum Beispiel Schulbusse, Taxis, Fahrzeuge von regionalen Organisationen in den Öffentlichen Verkehr eingebunden werden, wenn sie über freie Kapazität verfügen.

Die intelligenten Geräte werden nicht nur in die Fahrzeuge der Personenbeförderung eingebaut, sondern auch in die Betriebsfahrzeuge, die Linieninstandhaltung bedienen

und in die Fahrzeuge der Verkehrsrettung, der Verkehrskontrolle und nicht zu Letzt in die Fahrzeuge der Unfallrettung. Die Aufstellung von regionalen Dispatcherzentralen und die Verbundenheit zwischen ihnen kann die Handlung bei Sonderfällen und Unfällen, sowie Katastrophen und Krisensituationen erleichtern.

Dieses komplexe Programm der Modernisierung kann auch bewirken, dass die Zahl der Fahrzeuge wachsen wird, bei denen die Ferndiagnostik und eine ferngesteuerte Reparaturhandlung angewandt werden kann.

8.3 Branchenkonnektivität

Erhebungen über die Netze des Öffentlichen Verkehrs mittels des Systems TRANSMODEL können eine effektive Zusammenarbeit zwischen den Verkehrsbranchen ermöglichen. Eine Grundlage dafür bilden die redundanzfreien Verkehrsnetzabbildungen und die einwandfreie Identifizierung von Haltestellen. Als eine weitere gute Basis dieser Zusammenarbeit können die intermodale Fahrplanplanung, die online Fahrplatzreservierung und der elektronische Fahrkartenkauf und das so genannte Umsteigemanagement sein.

Die technische und organisatorische Einführung der landesweit elektronisch funktionierenden Fahrgeldbezahlung wird mit der Förderung der Nationalen Plattform für Elektronisches Fahrkartensystem vollziehen. Früher war diese Möglichkeit nur »inselartig« zugänglich, wobei zwischen den im Einzelnen ausgebauten Systemen keine Verbindung bestand. Dies wird jetzt mit einer offenen Interface aus einer Zentrale koordiniert, die als ein interoperatives Gateway (IOP-GW) funktioniert und für die mit ihr verbundenen, aber eigentlich als selbständige Systeme agierenden Einheiten Zugang zu den Daten sichert. Sie teilt auf diese Weise Daten über die Einzahlung von Fahrgeldern, erhöht den Verkauf von Fahrkarten, macht die Erhebungen über die verkauften und noch zur Verfügung stehenden Fahrmöglichkeiten einfacher und schneller, sichert die Abrechnung der realen Fahrleistungen.

Mit dem Vorsprung der intermodalen Arbeitsteilung wächst die Zahl der intermodalen Verkehrspunkte und als Folgeeffekt dieser Erscheinung ist ein Wunsch auf die Benutzung von Kundeninformationssystemen entstanden, die die ganze Modalität des Fahrens umschließen und die Umstiege wirklich effektiv unterstützen. Aus diesem Grunde müssen die Fahrzeuge, die eine Umsteigemöglichkeit zu sichern verpflichtet sind, die Fahrgäste auf dem Laufenden halten und ihnen die neuesten Informationen von Minute zu Minute vermitteln. Dies kann zum Beispiel mit elektronischen Infotafeln geschehen, die an Bord des Fahrzeuges montiert sind. Diese Tafeln zeigen den Fahrgästen, unter welchen Umständen sie sicher umsteigen

können oder welche anderen Möglichkeiten sie haben. Eine erste Bedingung dieser Dienstleistung ist die Teilung der Verkehrsdaten zwischen den verschiedenen Reiseanbietern, so zum Beispiel der Bus- und Bahngesellschaften, wie MÁV und Volán in Ungarn.

Die Bordgeräte der Fahrzeuge der Busgesellschaften können zum Beispiel aktuelle und reale Informationen über das Wetter, Fahrbahnzustände (Vereisung, Wasserüberfluss, Schneebank, Unfall usw.) oder Verkehrssituation in das globale System des öffentlichen Verkehrssystem eingeben oder diese aus diesem zentralen System empfangen. Die fahrplanmäßig verkehrenden Fahrzeuge können schon in den frühen Morgenstunden gesicherte und kontrollierte Informationen weiterleiten, womit sie zur Vermeidung von Unfällen und zu einem sicheren Verkehr wesentlich beitragen. Zu noch besseren Ergebnissen kann man durch die Verbindung von Informationssystemen der Partnergesellschaften kommen.

Diese Zusammenarbeit in dem öffentlichen Verkehr wird auch von der ungarischen Regierung angeregt. Die Regierung verabschiedete im Jahre 2012 das Gesetz Nr. XLI. über die Personenbeförderung. Als Ergänzung des Gesetzes wurde auch eine technologische Bewirkungsvorlage herausgegeben, die vorschreibt, dass eine Nationale Plattform zur Gestaltung der intelligenten Verkehrssysteme ins Leben gerufen werden soll.

Das Ziel der Plattform ist, in der ungarischen Personenbeförderung und in den damit verbundenen Dienstleistungsgebieten (z.B. Parken) solche einheitlichen intelligenten Verkehrssysteme (z.B. auf der Grundlage des englischen Intelligent Transport Systems) zu schaffen, die einheitliche und interoperable Daten, Datenbasen und elektronische Datenkommunikation gleichzeitig bedienen können.

Die Gestaltung einheitlicher Systeme bezweckt, dass durch eine Plattform alle Verkehrsdienstleitungen des öffentlichen Verkehrs in Ungarn gleichzeitig zu erreichen sind und dadurch die Anbieter der verschiedenen mobilen und elektronischen Geräte diese Dienstleistungen unter den gleichen wirtschaftlichen Bedingungen in Anspruch nehmen können und sie diese für ihre Verwender unter den gleichen Zahlungsmodalitäten zur Verwendung anbieten können.

Die Konnektivität und die Interoperabilität versichert, dass sich die Verwender in den Systemen der verschiedenen Dienstleister frei bewegen können und so es nicht erforderlich ist, dass sie zum Beispiel in einzelnen Schritten in die Systeme von der ungarischen Busgesellschaft (VOLÁN), von der Bahngesellschaft (MÁV) oder von dem Budapester Verkehrsbetrieb (BKK) eintreten, weil sie durch die interoperable Plattform die Systeme aller öffent-

licher Anbieter und ihre Dienstleitungen gleichzeitig benutzen können.

9 Zusammenfassung

Im öffentlichen Verkehr ist eine weitere Entwicklung notwendig, und zwar in Richtung von Konnektivität, dies bedeutet, dass die früher ausgestalteten Systeme und Netze miteinander verbunden werden und bei der Erhöhung ihre Konnektivitätsstufe wird es ermöglicht, dass die Benutzbarkeit und ihre Systemeffektivität wesentlich wirksamer wird. Dies kann eine gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung mit sich bringen, die über die Fragen des öffentlichen Verkehrs schon hinausragt. Wir können dies unter dem Begriff der gesellschaftlichen Nützlichkeit zusammenfassen. Internationale Trends bestätigen, dass zu dieser Entwicklung im Allgemeinen und zur gesellschaftlichen Nützlichkeit des Besonderen die informationstechnologischen und die logistischen Lösungen in dem größten Maße beitragen können.

10 Literatur

- [1] Anwander, M.; Wagenknecht, G.; Braun, T., MARKUS; WAGENKNECHT, GERALD; BRAUN, TORSTEN: Management of Wireless Sensor Networks using TCP/IP, University of Bern, Switzerland, International Workshop on Sensor Network Engineering (IWSNE) at the 4th IEEE/ACM International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, Santorini Island, Greece, June 11, 2008, pp. II.1-II.8, ISBN 978-90-9023209-6.
- [2] Banker, S.: Report Released on Megatrends Reshaping Logistics Through 2025, URL: <http://www.forbes.com/sites/stevebanker/2014/01/22/report-released-on-megatrends-reshaping-logistics-through-2025-2/>.
- [3] Connected bus: CISCO THE CONNECTED BUS, URL: <http://www.cisco.com/web/about/ac79/ps/cud/tcb.html>.
- [4] Connected Car 2014, Connected Car Business Models – State of the Art and Practical Opportunities, URL: <http://connectedcar.autoscout24.com> AutoScout24. Munich, Germany: Scout24. Retrieved 22 July 2014.
- [5] DIGITAL AGENDA FOR EUROPE, URL: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en>.
- [6] EU support for sharing field operational test data, 2013., URL: <http://www.fot-net.eu/>.
- [7] Friedemann, M.; Floerkemeier, C.: (2010). »From the Internet of Computers to the Internet of Things«, Informatik-Spektrum 33 (2): 107–121. Retrieved 3 February 2014.
- [8] Hofmann, P.: The five big IT Megatrends, Medes, 2011. URL: <http://www.slideshare.net/paulhofmann/the-big-five-it-mega-trends>.
- [9] Levinson, D., DAVID: 14 Trends Shaping Transportation, Transportationist, 2013, URL: <http://transportationist.org/2013/06/10/14-trends-shaping-transportation/>.
- [10] Martin, E., Shaheen S. A., Lidicker J. : Car sharing's Impact on Household Vehicle Holdings: Result from a North American Shared-Use Vehicle Survey, URL: <http://www.carsharing.net/library/Martin-Shaheen-Lidicker-TRR-10-3437.pdf>, 2012, 18 p.
- [11] Material Handling Industry of America (MHIA): Material Handling & Logistics U.S. Roadmap, 2014.
- [12] Nemzeti Mobilfizetési Zrt.: Nemzeti Személyszállítási Intelligens Közlekedési Rendszerek Platform.
- [13] Oxford Economics: Digital Megatrends 2015, The Role of Technology in the New Normal Market, 2011.
- [14] Reid, R. L.: The Infrastructure Crisis, URL: <http://www.asce.org/>.
- [15] Richards, J.: Four IT Megatrends Will Dominate The Next Decade, 2013. április 4. <http://meritsolutions.com/meritmatters/archives/569-Four-IT-Megatrends-will-Dominate-the-Next-Decade.html>.
- [16] Sinofsky, S.: 10 Megatrends in Tech For 2014, Businessinsider, 2013: <http://www.businessinsider.com/10-mega-trends-in-tech-for-2014-2013-12?op=1>.
- [17] SRI Consulting Business Intelligence/National Intelligence Council - Appendix F of Disruptive Technologies Global Trends 2025 page 1 Figure 15.
- [18] Villards, R.L.; Vesset, D., RICHARD L.; VESSET, DAN: Building a Datacenter Infrastructure to Support Your Big Data Plans, IDC White Paper, 2014.
- [19] Illés, Béla; Wagner, György: Akkumulátorok nyomon követése RFID-n alapuló azonosítási technika bevezetésével Borsod Volán Innovációs Kutatási jelentés, 2010.

BAUSTEINBASIERTE MODELLIERUNG FÜR DIE SIMULATIONSGESTÜTZTE PLANUNG IM SUPPLY CHAIN DESIGN

Dipl.-Logist. Matthias Parlings

Petyo Gadzhanov M. Sc.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund

LEBENS LAUF



Dipl.-Logist. Matthias Parlings

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund,
Abteilung Supply Chain Engineering, Wissenschaftlicher Mitarbeiter

2004 – 2010	Studium der Logistik an der TU Dortmund.
2006 – 2007	Werkstudent bei der Siemens AG Power Generation, Mülheim a.d. Ruhr.
2007	Auslandssemester an der John Carroll University in Cleveland, Ohio, USA.
2008	Praktikum bei Johnson Controls Automotive, Burscheid und Greifath.
2008 – 2009	Studentische Hilfskraft am Fraunhofer IML, Abteilung Supply Chain Engineering.
2009 – 2010	Diplomand bei der 4flow AG, Berlin im Bereich Consulting.
2010 – 2013	Doktorand der Forschungsschule für Energieeffiziente Produktion und Logistik.
Seit 2010	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IML.

LEBENS LAUF



Petyo Gadzhanov M. Sc.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund,
Abteilung Supply Chain Engineering, Wissenschaftlicher Mitarbeiter

2005 – 2010

B. Sc. Computer Science and Communication Engineering an der Universität
Duisburg-Essen.

2006 – 2007

Werkstudent bei der Nokia GmbH, Düsseldorf.

2007 – 2014

Werkstudent bei der Siemens AG, Duisburg.

2011 – 2013

Studium der angewandten Informatik an der Ruhr-Universität Bochum.

Seit 2014

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IML.

BAUSTEINBASIERTE MODELLIERUNG FÜR DIE SIMULATIONSGESTÜTZTE PLANUNG IM SUPPLY CHAIN DESIGN

Dipl.-Logist. Matthias Parlings, Petyo Gadzhanov M. Sc.

1 Einleitung

In diesem Beitrag werden Ergebnisse des BMBF-geförderten Forschungsprojektes »Supply Chain Design« vorgestellt. Ziel des Projektes war unter anderem die Entwicklung eines Ansatzes zur simulationsgestützten, ganzheitlichen Entscheidungsfindung im SCD durch servicebasierte on-demand Technologien. Kernelement des Lösungsansatzes sind drei interoperable szenariofähige Gestaltungsdienste (Modellierungs-, Simulations- und Reportingdienst), welche zur Entscheidungsfindung im SCD genutzt werden können. Der Fokus dieses Beitrags ist die Vorstellung des Modellierungsdienstes für das SCD, welcher der Anforderung einer Reduzierung der Modellierungskomplexität und der nur beschränkt verfügbaren Datengrundlage gerecht wird. Die Komplexität des Netzwerks wird für die Planungsaufgaben der Netzwerkgestaltung beherrschbar, indem die Modellierung auf einem für die Fragestellungen des SCD angemessenen Abstraktionsniveau durchgeführt wird.

2 Ausgangssituation

Die Verkürzung von Produktlebenszyklen und die daraus resultierende schnellere Einführung neuer Produkte in neue Märkte beeinflussen die Wettbewerbsfähigkeit ganzer Supply Chains. In der Folge wird das Planungsumfeld aufgrund dieser rasanten Entwicklungen dynamischer, ist mit diversen Unsicherheiten, wie z. B. Nachfrageschwankungen, behaftet und erfordert eine erhöhte Anpassungsfähigkeit der Supply Chain. Die Gestaltung von Strukturen und Prozessen wird in den Fokus gerückt, da die hohen Anpassungsbedarfe alleine aufgrund von taktischen und operativen Maßnahmen kaum zu bewältigen sind. Unter dem Begriff des Supply Chain Design (SCD) werden die langfristigen bzw. strategischen Planungsaufgaben des Supply Chain Managements zusammengefasst. Das in nachstehender Grafik dargestellte SCD-Aufgabenmodell bietet einen Strukturierungsrahmen zur Differenzierung der einzelnen Aufgaben im SCD. Grundsätzlich lassen sich die Aufgaben im SCD nach übergeordneten, strategischen Aufgaben, Aufgaben der Strukturgestaltung sowie Aufgaben der Prozessgestaltung einteilen [1].

Die Ergebnisse dieser Planungen bestimmen die Struktur und das Verhalten von Produktions- und Logistiksystemen grundlegend. Es müssen Entscheidungen getroffen werden, die einen langfristigen Effekt haben und gleichzeitig

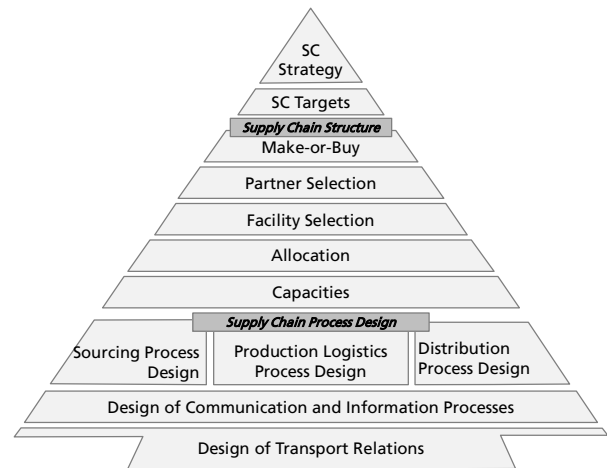


Abbildung 1: SCD-Aufgabenmodell (eigene Darstellung)

mit einem hohen Kapitalaufwand verbunden sind. Eine durchgängige, modellbasierte Planung ist vor diesem Hintergrund erforderlich. Die besondere Herausforderung liegt dabei darin, dass diese Aufgaben in der Regel auf Basis aggregierter und mit hohen Unsicherheiten belegter Daten durchgeführt werden müssen.

3 Problemstellung und Zielsetzung

Den beschriebenen Anforderungen steht in der Praxis eine Bearbeitung der vielfältigen Gestaltungsaufgaben durch unterschiedliche Teams gegenüber. Die zum Teil rudimentäre Integration der Planungsansätze führt zur Bildung von Planungsinselfen, d. h. abgegrenzte Bereiche oder Teams, die an einem Problem arbeiten. Zudem sind die Planungsprozesse zeitintensiv, nicht aufeinander abgestimmt und werden häufig auf Basis unvollständiger Informationen getroffen. Strategische Entscheidungen bestimmen jedoch die Infrastruktur ganzer Wertschöpfungsnetzwerke und determinieren die Wettbewerbsfähigkeit von SC-Partnern über mehrere Jahre. Mit den gegenwärtigen in der Praxis gelebten Planungsprozessen und -strukturen können die steigenden Herausforderungen daher nicht mehr bewältigt werden.

In der Forschung werden unterschiedliche Vorgehensmodelle und Planungsmethoden für die langfristigen Gestaltungsaufgaben beschrieben, welche entweder sehr generell sind oder extrem spezifisch auf bestimmte Gestaltungsaufgaben, wie beispielsweise die Standortentscheidung, angepasst sind [2].

Zugleich werden Bewertungs- und Analysemethoden, wie z. B. die Optimierung, oftmals isoliert und nicht integriert genutzt, sodass eine Bewertung komplexer Supply Chains ganzheitlich kaum möglich ist. Qualitative Methoden, machen die Komplexität ggf. handhabbar, sind jedoch häufig zu ungenau. Eine Methode, die detaillierte Bewertungen komplexer Systeme und die Ermittlung von Handlungsalternativen ermöglicht, ist die Simulation. Ein wesentliches Hemmnis zur Nutzung der Simulation ist jedoch, dass der Modellierungsaufwand sehr hoch ist und daher i.d.R. ein großes Expertenwissen erfordert. Zudem ist die Modellierung spezifisch an die Nutzung des Simulationswerkzeugs gekoppelt. Die daraus resultierenden, proprietären Simulationsmodelle sind dadurch in Ihrer Wieder- und Weiterverwendbarkeit stark eingeschränkt [3]. Die beschriebene unzureichende Datengrundlage erschwert den Einsatz der Simulation zusätzlich, da für klassische Simulationsstudien in der Regel detaillierte Daten erforderlich sind. Demgegenüber steht eine Vielzahl von Vorteilen der Simulation wie die Abbildbarkeit von Dynamik und Stochastik sowie die Lösbarkeit komplexer Problemstellungen.

Um dieser Problemstellung zu begegnen hat sich das Forschungsprojekt für die Entwicklung der IT-unterstützten Entscheidungsfindung drei Kernziele gesteckt:

- Reduktion des Modellierungsaufwands von Supply Chains um die Simulation im SCD stärker einsetzbar zu machen.
- Vernetzung der Planungsinseln um eine ganzheitliche, durchgängige Planung im SCD zu ermöglichen.
- Beschleunigung des Planungsprozesses um eine schnellere Entscheidungsfindung im Sinne der Wandlungsfähigkeit zu ermöglichen.

Zum Erreichen dieser Zielstellung wurden die folgenden Lösungselemente in den servicebasierten Ansatz integriert:

- Entwicklung einer Domain-Specific-Language für das SCD und generischer Makro-Bausteine zur Abbildung fachlicher Zusammenhänge in einem dem SCD angemessenen Detaillierungsniveau.
- Modellbasierte Planung mit der Nutzung des integrierten Modells als Daten-Backbone zur Gewährleistung der Weiterverwendbarkeit der Simulationsergebnisse in nachgelagerten Planungsschritten.
- Plug&Play-Architektur für eine individuelle und bedarfsgerechte Orchestrierung von Szenariomanagement, Modellierungs-, Simulations- und Reportingdiensten

Im folgenden Kapitel wird der im Forschungsprojekt entwickelte Lösungsansatz vorgestellt.

4 Lösungsansatz

Die Beschreibung des Lösungsansatzes gliedert sich in vier Abschnitte. Der erste Abschnitt gibt einen Überblick über die Architektur des servicebasierten Ansatzes. Im zweiten Abschnitt wird der speziell vor dem Hintergrund der Anforderungen der Modellerstellung im SCD entwickelte Modellierungsansatz mittels Makro-Bausteinen vorgestellt. Im Anschluss wird das Konzept der Domain Specific Language für das SCD vorgestellt, welches der technisch konzeptionelle Kern des durchgängigen und gleichzeitig interoperablen Softwareansatzes ist.

4.1 Architekturübersicht

Ein Ziel des Projekts war die Entwicklung einer servicebasierten Softwarelösung, die die durchgehende Aufgabebearbeitung im Supply Chain Design durch die Nutzung von individuell konfigurierbaren Software-Bausteinen ermöglicht. Die in diesem Beitrag vorgestellte Softwarearchitektur zur Lösung von Aufgabestellungen des SCD besteht aus drei interoperablen Gestaltungsdiensten (Modellierungs-, Simulations- und Reportingdienst) und der Szenarioverwaltung, welche die parallele eigenständige Bearbeitung und Berechnung von Planungsfällen unterstützen. Der Austausch von Daten und Steuerungsinformationen erfolgt plattformunabhängig im XML-Format. Eine schematische Darstellung der Architektur und der Schnittstellen zu Informationsquellen ist in Abbildung 2 enthalten.

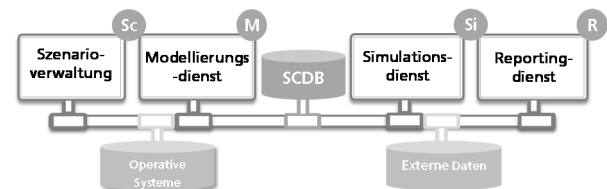


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Architektur und der Informationsquellen (eigene Darstellung)

Mittels der Szenarioverwaltung werden neue Simulationsexperimente definiert und vorhandene bearbeitet. Jedes Experiment beinhaltet mehrere Szenarien und legt den Untersuchungsrahmen sowie die Bewertungsgrößen einer Lieferkette fest. In einzelnen Szenarien werden Prämissen und Supply Chains aus dem jeweiligen Experiment übernommen und alle zu untersuchenden Parameter abgegrenzt. Alle drei Gestaltungsdienste sind szenariofähig und kommunizieren direkt mit der Szenarioverwaltung.

Mit dem Modellierungsdienst kann die Supply Chain Struktur mit einer graphischen Benutzeroberfläche modelliert werden. Für die Modellierung stehen standardisierte, individuell konfigurierbare Makro-Bausteine zur Verfügung. Diese wurden auf Grundlage der Anforderungen

der Anwendungspartner des Forschungsprojektes (Nutzfahrzeughersteller, Automobilzulieferer, Maschinen- und Anlagenbau) erstellt. Nach dem Anlegen der Knoten und Kanten des Netzwerkes mittels Drag-und-Drop, werden diese auf einem dem SCD angepassten Aggregationsniveau parametrisiert. Die Parametersetzung erfolgt entweder manuell durch Eingabe von Daten in entsprechende Felder bzw. Auswahl von Selektionsmöglichkeiten oder durch den Import von größeren Datensätzen über eine Schnittstelle zu MS Excel.

Die so entstandene Supply Chain Struktur ist das Kernelement von einem Szenario und wird in der Supply Chain Database (SCDB) gespeichert. Die SCDB ist die zentrale Datenbank, in der die Struktur- und Prozessdaten der Supply Chain verwaltet werden. Die SCDB verwendet ein leistungs- und szenariofähiges, beliebig skalierbares Datenbankschema und beinhaltet neben den Eingangsdaten auch die Ergebnisse von mehreren Simulationsläufen. Zudem können Daten aus externen, unternehmensspezifischen Systemen (z.B. ERP-Systeme, TMS-Systeme) integriert werden, die Stammdaten für den Netzwerkaufbau und die Auswertung der Simulationsergebnisse im Reporting beinhalten.

Ein Simulationslauf ist die Ausführung eines Szenarios und berechnet die Ergebnisse entsprechend der zu ermittelnden Bewertungsgrößen. Für die Durchführung der Simulation wurde ein Simulationsdienst entwickelt, der auf Basis des am Fraunhofer IML entwickelten Simulationswerkzeugs OTD-NET Simulationsläufe startet, Ergebnisse strukturiert ablegt und Warteschlangen abarbeitet. Abhängig von der Komplexität der Supply Chain Struktur und von dem Detaillierungsgrad der Simulation kann die Menge der zu schreibenden Daten sehr schnell wachsen.

Für die Auswertung der Simulationsergebnisse wurde der Reportingdienst entwickelt. Dieser ermöglicht die Konfiguration aufgabenspezifischer und zielgruppenbezogener Reports mit Hilfe einer Konfigurationsdatenbank.

4.2 Modellierung mittels Makro-Bausteine

Die Makro-Bausteine zur Modellierung von Supply Chains bilden den Kern des umgesetzten Modellierungsdienstes. Durch die Entwicklung dieser vorkonfigurierter Modellierungsbausteine wird der Bedarf an benötigten Informationen auf ein Minimum reduziert. Zugleich wird die Modellierung ohne spezifisches Hintergrundwissen über die technischen Ausführungen der Simulation ermöglicht, indem die relevanten logistischen Spezifikationen abgefragt werden und die technischen Details im Hintergrund hinterlegt sind.

Im Einzelnen wurden die in Abbildung 3 dargestellten Bausteine Lieferant (Supplier), Cross Dock, (De-) Konsolidierungszentrum (Consolidation Center), Lager (Warehouse), Hafen (Harbour), Produktion (Production), Senke (Sink) und die Netzwerkknoten verbindende Transportrelation entwickelt. Ein Makro-Baustein wird definiert über die Materialfluss- und Steuerungsprozesse, die durch ihn unterstützt und letztendlich im Reporting auch mit Kosten- und Leistungskennzahlen bewertet werden.

In der Abbildung ist dargestellt, welche Steuerungslogik bei den einzelnen Bausteinen unterstützt wird. Die Transportsteuerung erfolgt über ein sachnummern- oder zielbasiertes Routing. Dieses Routing ist bei allen Bausteinen inklusive den Transportrelationen realisiert. Um die Konfiguration der Bausteine zu vereinfachen und mit möglichst wenig Aufwand ein erstes, simulationsfähiges Laufwerk zu erreichen, sind bei den meisten Parametern Standardwerte voreingestellt. Zudem sind einfache Logiken hinterlegt, die die Modellierung vereinfachen. So ist es z.B. nicht erforderlich bei Bausteinen mit nur einer ausgehenden Transportrelation Routinginformationen zu hinterlegen.

Neben dem Routing sind für das Umpacken von Teilen und das Leergutmanagement Steuerungslogiken zu implementieren. Das Umpacken ist gerade in globalen Supp-

	Supplier	Cross Dock	Conso. Center	Warehouse	Harbour	Production	Sink	Transport Relation
								
Routing	★	★	★	★	★	★		★
Umpacken			★		★	★		
Leergut-Management			★		★	★	★	

Abbildung 3: Umgesetzte Makro-Bausteine im Modellierungsdienst (eigene Darstellung)

ly Chains ein weit verbreiteter Prozess, da z.B. Teile aus Mehrwegbehältern für den Überseetransport in Einwegbehälter umgepackt werden. Gerade in den großen Netzwerken der Automobilindustrie sind Mehrwegbehälter von hoher Bedeutung. Dadurch ist auch das Leergutmanagement ein wichtiger Faktor in der Bewertung von Supply Chain Strukturen. Die Mehrwegbehälter müssen in einer eigenen Lieferkette zurückgeführt werden, was entsprechend neue Routinginformationen, Kostensätze für Transport, Lagerung und Kapitalbindung sowie Investitionen in Behälter nach sich zieht. Die Steuerungsprozesse des Umpackens und des Leergutmanagements wurden im Rahmen des Forschungsprojektes konzeptionell ausgearbeitet, das Routing wurde über alle Dienste durchgängig implementiert.

Die in den Bausteinen implementierten physischen Materialflussprozesse sind das Entladen, das Lagern, das Umpacken, das Beladen und der Transport. Für die einzelnen Prozesse können physische und informatorische Prozesskosten, Durchlaufzeiten und Materialkosten (z.B. für Einweg (-entsorgung) angegeben werden. Der Prozess des Umpackens bietet zudem die Möglichkeit der Ermittlung des entstandenen Leerguts und ermöglicht somit eine abstrahierte Bewertung der Rückführungskosten. Neben den Prozesskosten können jedem Baustein relevante Fixkosten zugeordnet werden, die sich nach einer auf dem Gesamteilevolumen und dem Anteil der jeweiligen Sachnummer basierenden Schlüssel verteilen. Die beispielhafte Konfiguration/Parametrisierung der Bausteine im Modellierungsdienst ist in Abbildung 4 dargestellt.

Um der Dynamik in Supply Chains und den gerade in den langfristigen Entscheidungen des SCD relevanten stochastischen Schwankungen (z.B. Währungen, Zölle, Transportzeiten, etc.) Rechnung zu tragen, können die Bau-

steine auch in dieser Hinsicht parametrisiert werden, in dem z.B. Schwankungsbreiten für Transportzeiten angegeben werden. Mit Hilfe der stochastischen Verteilungsfunktionen können so Sensitivitätsanalysen für unterschiedliche Szenarien durchgeführt werden.

Ein mit besonderer Logik ausgestatteter Baustein ist die Produktion. Sie bildet gerade zur Abbildung von Netzwerken von 1st-Tier Zulieferern das zentrale Element des Netzwerks. Im Produktionsbaustein können Stücklisten zur Abbildung einer Produktstruktur definiert werden. Auf Grundlage eines ebenfalls im Baustein editierbaren Produktionsprogramms werden bei der Simulation automatisch Bestellungen bei den Lieferanten durchgeführt und so eine Systemlast in das Netzwerk (upstream) gegeben. Somit kann dieser Baustein zur Modellierung und Parametrisierung von Pull-Steuerung in Supply Chains eingesetzt werden,

Durch einen XML-Export lassen sich die Modelle standardisiert ausleiten und an entsprechende Simulations- oder Optimierungswerkzeuge übergeben. Im Forschungsprojekt wurden Experimente an Teilausschnitten realer Netzwerke eines Nutzfahrzeugherstellers und eines Automobilzulieferers durchgeführt. Der folgende Abschnitt beschreibt das Konzept der Domain Specific Language (DSL), die eine standardisierte Sprache zur Kommunikation der Dienste darstellt.

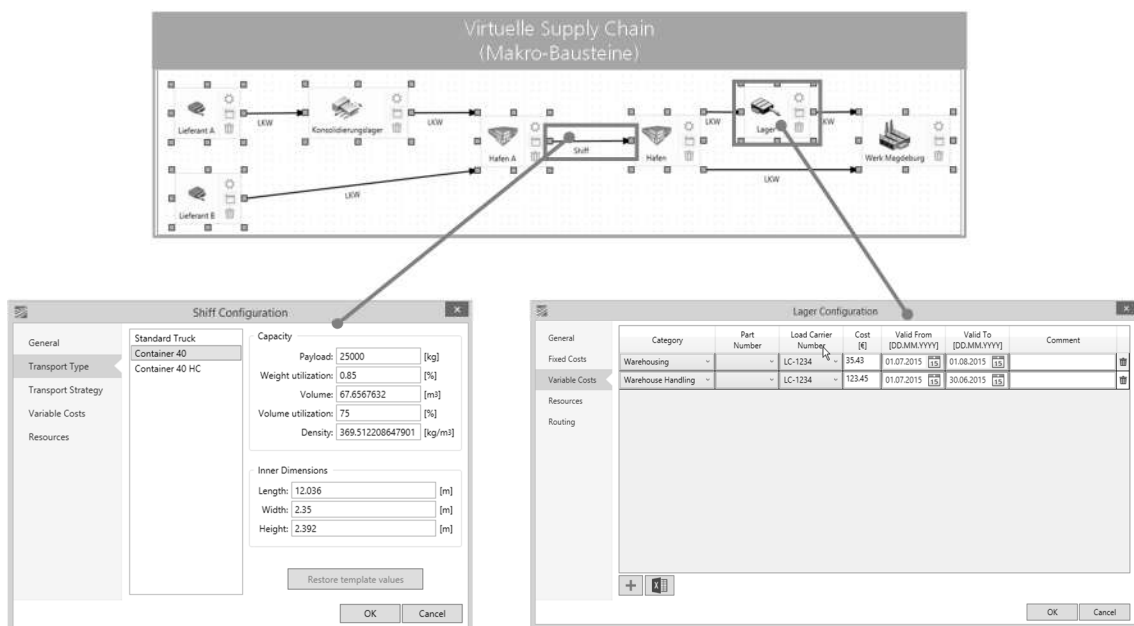


Abbildung 4: Beispielhafte Konfiguration/Parametrisierung von Bausteinen im Modellierungsdienst (eigene Darstellung)

4.3 Domain Specific Language (DSL)

Die technische Umsetzung der Modellierung und der Anschluss an die Simulation und das Reporting erfolgt durch eine bausteinbasierte Domain Specific Modelling Language. Die DSL übersetzt zwischen den Anwendungen der realen Umgebung in die technischen Elemente eines Simulationsmodells [4]. Die wesentlichen Informationen und Parameter der logistischen Elemente einer Supply Chain werden auf einer aggregierten Ebene, in den im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Makro-Bausteinen, zusammengefasst. Für die technische Übersetzung wird das standardisierte XML-Format genutzt, das zugleich eine weitergehende Nutzung des Modells für unterschiedliche Simulationswerkzeuge ermöglicht.

In Abbildung 5 ist das im Forschungsprojekt entwickelte Konzept der DSL als Abbildungs- und Interpretationszyklus mit vier Schritten dargestellt. Die DSL umfasst im Kern drei Ebenen: Die fachliche Ebene zur Übersetzung der realen Supply Chain in ein virtuelles Modell (Schritte 1 und 4), die disaggregierende Ebene für die Übersetzung der generischen Makro-Bausteine in die Mikro-Bausteine des Simulationswerkzeugs (Schritt 2) sowie die aggregierende Ebene (Schritte 3) zur Aggregation der Simulationsergebnisse auf die Makro-Ebene des Reporting.

Die fachliche Ebene umfasst im Wesentlichen die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Makro-Bausteine. Die disaggregierende Ebene der DSL wurde vor dem Hintergrund entwickelt, dass im Forschungsprojekt kein neues Simulationsinstrumentarium entwickelt werden sollte. Es war vielmehr das Ziel, eine Nutzung bereits existierender und in der Netzwerksimulation erprobter

Werkzeuge wie OTD-NET zu unterstützen. Diese Werkzeuge arbeiten auf einem viel höheren Detaillierungsgrad, was eine Übersetzung des »Makro-Modells« in die »Mikro-Bausteine« des Simulationswerkzeugs erfordert. Im Projekt wurde speziell für das Simulationswerkzeug OTD-NET eine Auflösung der generischen Makro-Bausteine in die werkzeugspezifischen »Mikro-Bausteine« durchgeführt. Die Überführung der Makro-Bausteine in die von dem Simulator unterstützten Entitäten findet automatisch unmittelbar vor der Simulation statt. Parallel ist eine Ausleitung der Beschreibung der »Mikro-Ebene« in einem generischen XML-Format möglich, so dass auch andere Simulationswerkzeuge wie bspw. PlantSimulation angebunden werden können.

Nachdem die Simulation mit dem Simulationsdienst angestoßen und auf der entsprechenden Simulations-»Engine« durchgeführt wurde, werden die Ergebnisse in der SCDB abgespeichert um sie durch den Reporting-Dienst auswertbar zu machen. An dieser Stelle ist die aggregierende DSL relevant, da die Einzelergebnisse auf der Mikro-Ebene des Simulationswerkzeugs wieder auf das SCD- Aggregationsniveau übertragen werden müssen. Dies ermöglicht dem Anwender die Auswertung von Kennzahlen auf der Ebene der »Makro-Bausteine«. Dies stellt einen großen Vorteil gegenüber der bisher notwendigen Analyse auf der werkzeugspezifischen Ebene der »Mikro-Bausteine«.

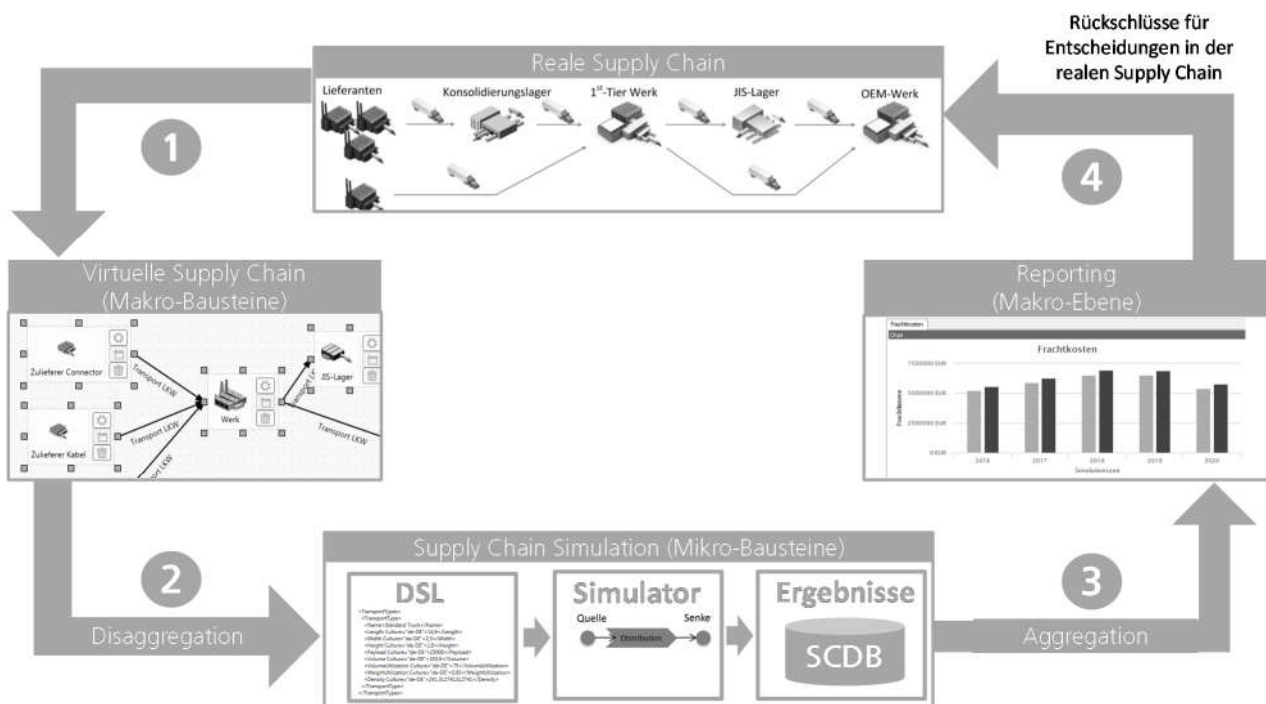


Abbildung 5: Abbildungs- und Interpretationszyklus der Domain Specific Language für das SCD (eigene Darstellung)

5 Fazit

Die Methode der Simulation kann trotz der Verwendung unsicherer und aggregierter Eingangsdaten einen Beitrag zur Steigerung der Qualität der Planungsunterstützung im SCD leisten. Essentielle Voraussetzung hierzu ist es, die Einstiegshürde für die Anwendung der Simulation zu minimieren. Als Lösungsansatz hierfür wurde in diesem Beitrag das Architekturkonzept, der Modellierungsdienst und die DSL für eine servicebasierte, simulationsgestützte Planung im SCD vorgestellt.

Mit den vorliegenden Ergebnissen des Forschungsprojekts konnte in realen Anwendungsfällen gezeigt werden, dass für mehrere Planungsfälle im SCD ein positiver Beitrag durch den entwickelten Modellierungsdienst in Verbindung mit der DSL und dem Dienstekonzept geleistet wurde. Im Einzelnen wurde im Forschungsprojekt der Einsatz für folgende Aufgabenstellungen des SCD in den Anwendungsfällen der Praxispartner demonstriert:

- »Make-or-Buy« Entscheidung
- Standortentscheidung
- Gestaltung neuer Transportrelationen

Die Vernetzung von Planungseineln durch eine modellbasierte Datenintegration für verteilte Planungsdienste und abgeleitete Prozessverbesserungen führen zu einer Beschleunigung der Planung und einer Vermeidung von Fehlplanung, da eine bessere Absicherung mit Hilfe von Simulationsexperimenten möglich ist.

6 Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung des EffizienzCluster LogistikRuhr-Forschungsprojekt Supply Chain Design (Förderkennzeichen 01IC12L03B).

7 Literatur

[1] Parlings, M.; Klingebiel, K.; Cirullies, J. (2013): A literature-based state of the art review on the identification and classification of supply chain design. In: Proceedings of the 17th Cambridge International Manufacturing Symposium.

[2] Sprenger, P.; Parlings, M.; Hegmanns, T. (2014): Planning Approach for Robust Manufacturing Footprint Decisions; In: Kersten, W.; Blecker, T.; Ringle, C.: Next Generation Supply Chains.

[3] Kuhn, A.; Wagenitz, A.; Klingebiel, K. (2010): Praxis Materialflusssimulation - Antworten oft zu spät. In: Wolf-Kluthausen, H. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 2010, Korschbroich, S. 206-221.

[4] Hegmanns, T.; Schwede, C.; Motta, M.; Henke, M. (2014): Model-based Technologies for Tool Support in Supply Chain Risk Management. In: BVL International; The Global Supply Chain Network: Logistics in the Networked Industry : Conference Papers. 2014, S. 135 - 152.

ONLINE-OPTIMIERUNG ZUR FESTLEGUNG VON BESTELLZEITPUNKTEN IN DER LOSGRÖßENFERTIGUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier
Universität Paderborn

LEBENS LAUF



Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut,
Lehrstuhlinhaber Wirtschaftsinformatik, insb. CIM

- 1968 – 1973 Studium des Maschinenbaus, Fachrichtung Fertigungstechnik,
Universität Stuttgart; Diplom-Prüfung am 27. Februar 1973.
- 1973 – 1977 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung (IPA), Stuttgart.
- 1977 – 1979 Gruppenleiter Fabrikplanung Inland, Fraunhofer IPA.
- 1978 Promotion, Thema der Doktorarbeit: »Anpassung und Einführung eines
Planungssystems für die Ablaufplanung im Konstruktionsbereich«.
- 1979 – 1981 Abteilungsleiter Fabrikplanung, Fraunhofer IPA.
- 1981 – 1991 Direktor, Leitung der Hauptabteilung »Unternehmensplanung und -steuerung«
mit den Fachgebieten Unternehmensorganisation und Strukturplanung,
Fabrikplanung, Produktionsplanung und -steuerung, Instandhaltung.
- 1985 Habilitation. Thema der Habilitationsschrift: »Algorithmen und Verfahren zur
Erstellung von Fabriklayouts – Ein Beitrag zu Forschung und Lehre«.
- 1986 Ernennung zum Privatdozenten für das Fachgebiet »Produktionssteuerung und
Fabrikplanung« an der Universität Stuttgart.
- 1990 Ernennung zum außerplanmäßigen Professor an der Universität Stuttgart.
- 1991 Ernennung zum Universitätsprofessor an der Universität-GH Paderborn für das
Fach »Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM«.
- 1991– heute Professor für Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM im Fachbereich
Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn.
Mitglied des HEINZ NIXDORF INSTITUTS, Interdisziplinäres Forschungszentrum für
Informatik und Technik.
- 1998 – 2008 Gründung und Leitung des Fraunhofer-Anwendungszentrum für
Logistikorientierte Betriebswirtschaft (ALB).
- 2005 – 2008 Mitglied im Senat der Deutschen Forschungsgemeinschaft.
- 2008 Mitglied acatech.

ONLINE-OPTIMIERUNG ZUR FESTLEGUNG VON BESTELLZEITPUNKTEN IN DER LOSGRÖßENFERTIGUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

1 Das Problem

Wir betrachten ein Produktionssystem, in dem eine bestimmte Menge von Produkten hergestellt wird. Diese Produkte sind a priori bekannt und können daher einer Bestellung vorausgehend auf Lager gelegt werden. (Kunden-) Bestellungen liegen nur für einen bestimmten Zeitraum vor. Im Laufe der Zeit werden neue Bestellungen bekannt. Eine Planung kann daher niemals auf alle Bestellungen zugreifen – zum Planungszeitpunkt bekannt, ist nur ein bestimmter Ausschnitt aus der Zukunft, der Planungshorizont. Wenn damit eine Planung zukünftige Bestellungen schon nicht vollständig kennt und daher die Produktion auch nicht optimal darauf ausrichten kann, so sollten doch keine Sachverhalte geschaffen werden, die für eine zukünftige Produktion oder Planung als zusätzliche Erschwernisse oder Nachteile angesehen werden müssen. Handlungsmaxime muss daher sein: Unabhängig davon, wie die Zukunft aussieht und was in ihr passieren wird, wird die Güte der Produktion bzw. der Planung eine gewissen Grenze nicht unterschreiten. Naturgemäß ist diese Grenze in Abhängigkeit von der bestmöglichen Lösung bestimmt. Und dieses Optimum kann nur bestimmt werden, wenn man alle Bestellungen kennt – also erst im Nachhinein. Die hier zu stellende Frage ist aber: Was und wieviel produziert/beschafft ein Unternehmen jetzt, auch wenn die Bestellungen nur für die nächste Zukunft vorliegen oder im Extrem nur eine einzige, die nächste Bestellung bekannt ist? Derartige Fragestellungen behandelt die Online-Optimierung, die im Gegensatz zur Offline-Optimierung eben dieses Optimum nicht kennt, dafür aber das Einhalten gewisser Schranken unabhängig vom zukünftigen Geschehen garantiert.

2 Losgrößenbildung und Online Optimierung

Über der Vergangenheit liege ein Strom von Abgängen/Bestellungen über jeweils eine Einheit vor. Es ist zu klären, wie der Zugang zu gestalten ist. Allerdings ist unser (Planungs-) Horizont (als Konsequenz erfolgreicher Anstrengungen zur Senkung der Lieferzeit) auf genau die vorliegende Bestellung reduziert. Wenn wir von einer festen Losgröße Q ausgehen wollen, reduziert sich unsere Betrachtung auf die Fragestellung, wann aufgrund des tatsächlich erfolgten Abgangs von einer Einheit eine Bestellung über ein Los bei einem produzierenden Lieferanten auszulösen ist. Da wir den Zugang/die Beschaffung eines Loses an einen Abgang binden, schaffen wir damit

einen Bestand in Höhe von $(Q - 1)$, für den es keine Deckung im Sinne geplanter/fixierter Abgänge gibt. Möglicherweise erfolgt dieser Abgang nie. Als Ausgangsdaten verwenden wir: Losgröße Q , (Produktions-/) Beschaffungskosten k^{bes} , Stückkosten k^{stk} . Unseren Betrachtungen liegen zwei Basissituationen zugrunde, für die wir jeweils eine Vorgehensstrategie und einen Grausamen Adversary (siehe [4]) mit einer Gegenstrategie annehmen.

Strategie 1: Wir beschaffen/produzieren bereits anlässlich des ersten Abgangs ein komplettes Los. Im »worst case« folgt jetzt kein weiterer Abgang. Damit muss der einzige, erste Abgang die Kosten für das gesamte Los tragen:

$k = Q \cdot k^{stk} + k^{bes}$. Der Grausame Adversary weiß, dass es bei diesem einzigen Abgang bleibt und beschafft/produziert nur diese eine Einheit. Wenn wir unsere Kosten zu den Kosten des Grausamen Adversary ins Verhältnis setzen, heißt das:

Kosten der Strategie 1: Kosten des Grausamen Adversary
$$= \frac{(Q \cdot k^{stk} + k^{bes})}{(k^{stk} + k^{bes})}$$

Um dieses Verhältnis zu verbessern, verändern wir unser Verhalten: Wir beschaffen/produzieren zunächst auch nur eine Einheit. Das setzen wir so fort. Der Grausame Adversary macht genau dasselbe. Aber irgendwann bestellen/fertigen wir ein komplettes Los. Dann produziert der Grausame Adversary noch eine Einheit (genau diese letzte) und stellt den Abgang ein. Wir haben $(Q - 1)$ Einheiten ohne Abgang gefertigt/bestellt, die jetzt einen bleibenden Lagerbestand bilden und kostenseitig auf die bisher gefertigten Einheiten umzulegen sind. Aber: Unser Verhältnis gegenüber dem Grausamen Adversary wird immer besser. Also sollten wir »die Nerven behalten« und nie ein Los beschaffen/produzieren. Dazu müssen wir aber die zweite Situation untersuchen.

Strategie 2: Wir beschaffen/produzieren nie ein Los. Der Grausame Adversary weiß aber, dass in Zukunft ständig ein Abgang zu verzeichnen ist; er löst daher bereits beim ersten Abgang ein Produktions-/ Beschaffungs-Los aus. Er kann daher ausschließlich auf Einheiten mit reduzierten Produktions-/ Beschaffungskosten zurückgreifen. Damit gilt:

Kosten der Strategie 2: Kosten des Grausamen Adversary

$$= \frac{(k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})}{(Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) / Q}$$

Um dieses Verhältnis zu verbessern, ändern wir auch hier unser Verhalten: Wir bestellen/fertigen für i Abgänge jeweils eine Einheit. Irgendwann bestellen/fertigen wir doch ein Los (worauf der Grausame Adversary die für uns ungünstigste Entscheidung trifft). Also differenziert der Grausame Adversary dank seines Wissens über die Zukunft sein Verhalten in Abhängigkeit von unserem Verhalten immer so, dass wir »denkbar schlecht aussehen«. Wir dagegen können nur die beiden Extreme (1 Los für nur einen Abgang einer Einheit) und (Einzelproduktion/-beschaffung für unendlich viele Abgänge) vermeiden. Demnach müssten wir eine Schranke i von Abgängen setzen, ab der wir ein Los produzieren/beschaffen. Und diese Schranke müssen wir so wählen, dass sie nicht bspw. bei Strategie 1/Situation 1 zu einem großen Verhältniswert und bei Strategie 2/Situation 2 zu einem kleinen Verhältniswert führt. Also müssen wir diese Schranke i so wählen, dass sie für Situation 1 und für Situation 2 zum selben Verhältnis führt.

3 Berechnen einer Schranke für den Bestellzeitpunkt

Wir betrachten ausgehend von Strategie 2 zunächst den Fall, dass ständig neue Abgänge erfolgen. Der Grausame Adversary weiß das und produziert/beschafft sofort in Los. Wir dagegen produzieren/beschaffen zunächst $(i-1)$ mal einzelne Einheiten, produzieren/beschaffen also ein Los verspätet, erfahren aber – wie der Grausame Adversary – weitere Abgänge. Also arbeitet der Grausame Adversary mit Kosten von

$$(Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) / Q,$$

während wir Kosten von

$$[(i-1)(k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) + (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})] : (Q + i - 1)$$

erhalten.

Im zweiten Fall weiß der Grausame Adversary, dass nach einigen Abgängen keine weiteren folgen. Also produziert/beschafft er kein Los und hat Kosten von

$$(k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}),$$

während sich die Kosten für unsere Losgrößenproduktion/-beschaffung mit dem nicht verwendbaren Rest (Strategie 1) auf

$$[(i-1) \cdot (k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) + (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})] / i$$

belaufen.

Also erhalten wir im ersten Fall ein Kostenverhältnis Produktions-/ Beschaffungsstrategie 1: GA =

$$\frac{[(i-1) \cdot (k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) + (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})] / (Q + i - 1)}{[(Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) / Q]},$$

im zweiten Fall von

Produktions-/Beschaffungsstrategie 2: GA =

$$\frac{[(i-1) \cdot (k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) + (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})] / i}{(k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) / i}$$

Wenn wir die beiden Situationen gleich setzen, führt unser Ansatz zu folgender Gleichung:¹

$$\frac{[(i-1) \cdot (k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) + (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})] / (Q + i - 1)}{[(Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) / Q]} =$$

$$\frac{[(i-1) \cdot (k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) + (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})] / i}{(k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) / i}$$

Wir berechnen diesen Ausdruck und lösen nach der Anzahl i der abzuwartenden Bestellungen auf:

$$i = \frac{Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}}{k^{\text{bes}}}$$

Wir erhalten über das Einsetzen von

$$i = (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) / k^{\text{bes}}$$

$$\text{in } \frac{((i-1)(k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}) + (Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})) : i}{(k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}})}$$

allgemein für das Verhältnis (online Kosten)/(offline Kosten):

$$\frac{Q \cdot k^{\text{stk}} (k^{\text{stk}} + 2k^{\text{bes}}) + (k^{\text{bes}})^2}{k^{\text{stk}} (Q \cdot k^{\text{stk}} + (Q + 1) \cdot k^{\text{bes}}) + (k^{\text{bes}})^2}$$

4 Kompetitivität

Können wir eine bessere Kompetitivität erreichen? Wir zeigen, dass dies nicht der Fall ist.

Es sei dazu ALG ein beliebiger Online-Algorithmus für das Losgrößen-Problem. Der Algorithmus löse am i -ten Tag die Beschaffung/Produktion über eine gegebene Losgröße aus. Wenn der Algorithmus kompetitiv sein will, dann muss er irgendwann ein Los auslösen ($i < +\infty$). Der Adversary wählt $n = i + 1$; er wartet also, bis ALG ein Los auslöst und stellt dann die Beschaffung ein. Der Online-Algorithmus hat daher Kosten für die Einzel- und die Losgrößenfertigung. Der Adversary hat Kosten für eine Einzel- bzw. für eine dauernde Losgrößenfertigung.

¹ Wenn wir hier keine Unterscheidung machen und im ersten Fall auch davon ausgehen, dass wir ein Restlos $(Q-1)$ nicht nutzen können und daher anstatt mit $(Q+i-1)$ mit (i) dividieren, dann steht im Zähler zweimal dasselbe und es folgt:

$$\frac{Q \cdot k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}}{Q} = k^{\text{stk}} + k^{\text{bes}}$$

$$k^{\text{bes}} = Q \cdot k^{\text{bes}}$$

$$Q = 1$$

Damit haben wir nur gezeigt: Die Strategien »Wir machen niemals ein Los« und »Wir machen sofort ein Los« sind gleich für $Q = 1$.

Wenn $i \geq \frac{Q \cdot k^{stk} + k^{bes}}{k^{bes}}$ gilt:

$$\frac{ALG}{OPT} = \frac{((i-1)(k^{stk} + k^{bes}) + (Q \cdot k^{stk} + k^{bes})) / (Q + i - 1)}{(Q \cdot k^{stk} + k^{bes}) / Q}$$

Daraus folgt

$$((i-1)(k^{stk} + k^{bes}) + (Q \cdot k^{stk} + k^{bes})) / (Q + i - 1) \text{ und}$$

$$\frac{(Q + i - 1) \cdot k^{stk}}{Q + i - 1} + \frac{i \cdot k^{bes}}{Q + i - 1}$$

Wir erhalten: $\frac{i \cdot k^{bes}}{Q + i - 1}$ wird mit steigendem i größer

Wenn $i \leq \frac{Q \cdot k^{stk} + k^{bes}}{k^{bes}}$ gilt:

$$\frac{ALG}{OPT} = \frac{((i-1)(k^{stk} + k^{bes}) + (Q \cdot k^{stk} + k^{bes})) / i}{k^{stk} + k^{bes}}$$

Daraus folgt

$$((i-1)(k^{stk} + k^{bes}) + (Q \cdot k^{stk} + k^{bes})) / (i(k^{stk} + k^{bes})) \text{ und}$$

$$i \cdot (k^{stk} + k^{bes}) / i(k^{stk} + k^{bes}) + \frac{(Q-1)k^{stk} + k^{bes}}{i \cdot (k^{stk} + k^{bes})}$$

Wir erhalten: $\frac{(Q-1)(k^{stk} + k^{bes})}{i \cdot (k^{stk} + k^{bes})}$ wird mit fallendem i größer.

Also ist $i = \frac{Q \cdot k^{stk} + k^{bes}}{k^{bes}}$ das bestmögliche Verhältnis.

Wir gehen davon aus, dass nach Aufbrauchen des Loses weitere Abgänge und irgendwann die Entscheidung für ein weiteres Los folgen. Natürlich kann die dauernde Fertigung in Losen dann im Nachhinein/für den Offline-Optimierer die bestmögliche Lösung sein. Das fragen wir hier ja nicht. Die Antwort ist vielmehr: Mit unserem Vorschlag sind wir in keinem Fall schlechter als das angegebene Kostenverhältnis.

5 Beispiel

Wir wählen als Beispiel: $Q = 10, k^{stk} = 3 \cdot k^{bes}$. Dann wählt der Grausame Adversary ohne Losgröße konstante Kosten von $k = 4$, mit Losgröße von $k = 3,1$. Zusätzlich legen wir jetzt $i = 8$ fest.

i		$n = k^{stk} / k^{bes}$									
		1/100	1/10	1/5	1/4	1/2	1	2	3	4	5
Q	5	1,05	1,5	2	2,25	3,5	6	11	16	21	26
	10	1,1	2	3	3,5	6	11	21	31	41	51
	15	1,15	2,5	4	4,75	8,5	16	31	46	61	76
	20	1,2	3	5	6	11	21	41	61	81	101
	50	1,5	6	11	13,5	26	51	101	151	201	251

Tabelle 2: i-Werte, (eigene Darstellung)

Wenn wir jetzt den Fall: »Wir machen irgendwann ein Los, der Grausame Adversary macht kein Los« anschauen, dann haben wir mit den gewählten Zahlen ein Verhältnis von $59 : 32$ (für $i = 8$), im Fall »Wir machen erst nach i Abgängen ein Los, der Grausame Adversary sofort«, ein Verhältnis von $(59 : 17) / (31 : 10)$ also $\frac{59 \cdot 10}{17 \cdot 31} = 1,1195$.

Also müssen wir das erste Verhältnis verkleinern (1,843) und das zweite erhöhen.

Der Term $(i \cdot (k^{stk} + k^{bes}) / i) = (k^{stk} + k^{bes})$ im Nenner der rechten Seite kann dazu führen, dass der Grausame Adversary auch bei einer Anzahl von Abgängen, die größer als die Anzahl Einheiten eines Loses ist, immer noch keine Losbildung macht. In Tabelle 1 sind mögliche Beispiele zusammengestellt.

i	Situation 1	Situation 2
8	1,843	1,1195
20	1,3375	1,1935
30	1,225	1,217
31	1,217 (151/124)	1,219 (155 : 41)/3,1
32	1,2109 (155/128)	1,221 (159 : 42)/3,1
40	1,168	1,232

Tabelle 1: Beispiele (eigene Darstellung)

Die Aufstellung zeigt: Zwischen 30 und 40 Bestellungen wird die zunächst günstige Situation 2 zur teuren Situation. Wir verwenden unsere Gleichung von oben und vergleichen:

$$((i-1) \cdot 4 + 31) / (9 + i) / (3,1) = (((i-1) \cdot 4 + 31) / i) / 4$$

$$i = \frac{6,975}{0,225} = 31$$

Das war mit den gemachten Anmerkungen zu zeigen: Wir sind in diesem Fall besser als 1,25, wenn wir ca. 3 Lose abwarten.

Tabelle 2 zeigt für unterschiedliche Verhältnisse

k^{stk} / k^{bes} und unterschiedliche Losgrößen die sich ergebenden i -Werte, mit

$k^{stk} = n \cdot k^{bes}, Q = \{5,10,15,20,50\}, i \dots$ Anzahl Bestellungen

6 Ausblick

Die beschriebene Vorgehensweise ist vorrangig auf zwei Fälle zu übertragen:

Wir gehen von Abgängen mit einer Stückzahl von > 0 aus. Dann gilt – da wir keine zeitlichen Abstände und keine Lagerhaltungskosten berücksichtigen – das bisher Gesagte genauso: Wir kumulieren dann nicht die Abgangereignisse, sondern die Abgangsstückzahlen.

Wir gehen von einem Horizont von mehr als einer Bestellung aus. Dann wird das nicht nutzbare Restlos mit zunehmendem Horizont ständig kleiner: Wenn wir nur für vorliegende Bestellungen beschaffen/produzieren, gibt es kein Risiko.

7 Literatur

[1] Dangelmaier, W.: Online-Optimierungsansätze zur Steuerung der Produktion in der Serienfertigung. In: Schenk, M. (Hrsg.): Logistik – Effiziente und sichere Wertenketten in Industrie und Handel. 11. IFF-Wissenschaftstage 25./26. Juni 2008. Tagungsband S. 145-154. Magdeburg: Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung 2008.

[2] Dangelmaier, W.: Ansätze für eine Online-Optimierung der Losgrößen in der Serienfertigung. In: Kersten, W.; Koller, H.; Lödding, H. (Hrsg.): Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern. S. 317-342. Berlin: GITO Verlag 2014.

[3] Danne, Ch.; Blecken, A.; Dangelmaier, W.: Complexity-Induced uncertainty in Supply chains – A Framework and Case Studies. In: Pfohl, H.-Ch.; Wimmer, Th. (Hrsg.): Wissenschaft und Praxis im Dialog. Robuste und sichere Logistiksysteme. S. 71-88. 4. Wissenschaftssymposium Logistik. Hamburg: Deutscher Verkehrsverlag 2008.

[4] Krumke, S. O.; Rambau, J.: Online Optimierung. Vorlesungsskript. Berlin: Technische Universität 2005.

KONTEXTBASIERTE DATENBESCHAFFUNG MIT MODERNER IT-UNTER- STÜTZUNG IN PRODUKTION UND LOGISTIK

Dipl.-Wirt.-Ing. Marius Veigt
Dipl.-Wirt.-Ing. Pat.-Ing. Patrick Dittmer
Christian Gorldt M. Sc.
Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag
BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirt.-Ing. Marius Veigt

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH

2004 – 2010

Studium Wirtschaftsingenieurwesen, Abschluss Diplom, Universität Bremen.

09/2006 – 12/2006

Auslandspraktikum Prozessmanagement, DLK Group, Kapstadt (Südafrika).

08/2007 – 10/2007

Auslandspraktikum Logistik, General Logistic Systems (GLS), Dublin (Irland).

2008 – 2010

Studentischer Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen.

Seit 2010

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, Forschungsbereich IPS.

Forschungstätigkeiten in den Bereichen: Selbststeuernde Logistik, ereignisbasierte Steuerung von Logistiksystemen.

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirt.-Ing. Pat.-Ing. Patrick Dittmer

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

2001 – 2003

Thomashilfen GmbH & Co. KG, Ausbildung Industriekaufmann,
Abschluss Industriekaufmann.

2003 – 2008

Studium Wirtschaftsingenieurwesen, Abschluss Dipl.-Wirt.-Ing.,
Universität Bremen.

2009 – 2010

Fernstudienkurs Gewerblicher Rechtsschutz, Abschluss Patentingenieur,
FernUniversität in Hagen.

Seit 2008

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA – Bremer Institut für Produktion und
Logistik GmbH, Forschungsbereich IPS.

Forschungstätigkeiten in den Bereichen: AutoID, RTLS, Telematik,
Automatisierung Information- und Materialfluss, ereignisbasierte Steuerung von
Logistiksystemen.

LEBENS LAUF



Christian Gorldt M. Sc.

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

1997 – 2000

Akademie der Wirtschaft Bremen, Studium Betriebswirtschaft,
Abschluss Betriebswirt (AdW), Abschluss Industriekaufmann,
Trainee bei Bremer Erfrischungsgetränke – GmbH (Coca-Cola).

2000 – 2004

Studium Medieninformatik (Digital Media/Multimedia), Universität Bremen.

09/2003 – 04/2004

Trinity College Dublin, Auslandssemester im Fachbereich Computer Science,
Sokrates/Erasmus Stipendium.

2004 – 2007

Studium Wirtschaftsinformatik, Abschluss M. Sc., Universität Duisburg-Essen.

2004 – 2010

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA – Bremer Institut für Produktion und
Logistik GmbH, Forschungsbereich IPS.

Forschungstätigkeiten in den Bereichen: AutoID, RTLS, Telematik,
Automatisierung Information- und Materialfluss.

01/2011 – 03/2011

Produktmanager IQ Bremen e.V.

Seit 2011

Produktmanager IQ Bremen e.V.

KONTEXTBASIERTE DATENBESCHAFFUNG MIT MODERNER IT-UNTERSTÜTZUNG IN PRODUKTION UND LOGISTIK

Untertitel: Evaluation von BLE-Beacons zur Indoor-Selbstortung von selbststeuernden Objekten in der Produktion

Dipl.-Wirt.-Ing. Marius Veigt, Dipl.-Wirt.-Ing. Pat.-Ing. Patrick Dittmer, Christian Gorldt M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag

1 Einleitung

Im Rahmen von Industrie 4.0 wird u. a. von der acatech postuliert, dass sich Produkte zukünftig selbst durch die Produktion steuern [1]. Dieser Ansatz wird insbesondere für Logistiksysteme verfolgt und mit dem Paradigmenwechsel von der Fremdsteuerung zur Selbststeuerung logistischer Systeme beschrieben [2]. Kern dieses Ansatzes ist es, die Entscheidungsfindung, die während der Steuerung der logistischen Prozesse stattfindet, zu dezentralisieren, um schnellere Entscheidungen treffen zu können. Die bestehenden Flexibilitätpotenziale sollen insbesondere im Störfall besser genutzt werden, um letztendlich die logistische Performance zu verbessern [3].

Ein Objekt kann sich nur selbst steuern, wenn es weiß, wo es sich befindet [4]. Um dies zu erreichen, gibt es zwei prinzipielle Wege. Der erste Weg ist, dass ein Fremdortungssystem die Position des Objektes erfasst und dem Objekt diese Position mitteilt. Der zweite Weg ist, dass das Objekt sich selbst ortet. Ein sehr verbreitetes Selbstortungsverfahren ist das Global Positioning System (GPS), welches allerdings nur im Outdoor-Bereich angewendet wird. Im industriellen Indoor-Bereich werden bisher vor allem Fremdortungssysteme eingesetzt. Im Hinblick auf die Selbststeuerung ist der Nachteil dieser Systeme jedoch, dass die jeweiligen aktuellen Positionen an die logistischen Objekte gesendet werden müssten und somit ein sehr hoher Datenverkehr entsteht.

In der Konsumgüterbranche werden seit einiger Zeit Bluetooth-Low-Energy-Beacons (BLE-Beacon) eingesetzt, damit sich Kunden innerhalb eines Geschäftes orten und zu bestimmten Artikeln bzw. Angeboten führen lassen können. Da es sich hierbei um ein Indoor-Selbstortungsverfahren handelt, soll die Frage geklärt werden, ob dieses Verfahren auch dazu geeignet ist, eine Selbstortung von selbststeuernden Objekten, wie z. B. Cyber-Physischen Werkstückträgern [5] in der Intralogistik durchführen zu können. Dieser Beitrag beschreibt die Ergebnisse aus den ersten Tests, die durchgeführt wurden, um diese Fragestellung zu klären.

2 Grundlagen der Indoor-Ortung

Fremdortungssysteme verfügen über mehrere Empfänger, die an Referenzpunkten angebracht sind. Diese empfangen die Signale der Sender, die an den zu ortenden Objekten angebracht sind. Bei Selbstortungssystemen wird dieses Prinzip umgekehrt. Das Objekt empfängt die Signale von mehreren Sendern, die an Referenzpunkten fixiert wurden. In beiden Fällen wird die Entfernung zwischen dem Empfänger und den Sendern berechnet. Auf Basis dieser Entfernungen kann die Position bestimmt werden. Für beide Berechnungen (Entfernung und Position) existieren unterschiedliche Verfahren.

2.1 Verfahren zur Entfernungsmessung

Die wesentlichen Verfahren zur Entfernungsmessung zwischen Sender und Empfänger sind die Laufzeitmessung (time of arrival – TOA), die Laufzeitdifferenzmessung (time difference of arrival – TDOA) und die Messung der Signalstärke (Received Signal Strength Indication – RSSI) [6].

Bei der Laufzeitmessung (TOA) wird die Zeit zwischen dem Senden und Empfangen gemessen. Da die Signalausbreitungsgeschwindigkeit bekannt ist, kann aufgrund dieser beiden Zeiten auf die zurückgelegte Entfernung geschlossen werden. Wichtig bei diesem Ansatz ist eine exakte Zeitmessung, sodass eine ständige Synchronisation der Uhren beim Sender und Empfänger notwendig ist. Auf diese Synchronisation zwischen Sender und Empfänger kann bei der Laufzeitdifferenzmessung (TDOA) verzichtet werden. Hierbei wird das Signal eines Senders von mehreren Empfängern gemessen und aufgrund der Zeitunterschiede beim Signaleingang auf die Entfernung des Senders zu den Empfängern geschlossen.

Während bei TOA und TDOA die Ausbreitungsgeschwindigkeit als Basis für die Entfernungsberechnung genutzt wird, besteht auch die Möglichkeit, die Signalstärke für diese Berechnung zu nutzen. Dieses Verfahren basiert darauf, dass mit steigender Distanz zwischen Sender und Empfänger die Signalstärke quadratisch abfällt. Die Signalstärke wird dabei in der Regel durch den RSSI angegeben wird [7].

Interferenzen, Reflektionen (z. B. durch Metalle) und Dämpfungen (z. B. durch Wasser) verhindern allerdings in der Praxis eine gleichmäßige Signalausbreitung und beeinträchtigen somit die Entfernungsmessungen, sodass hierbei stets Ungenauigkeiten auftreten [8].

2.2 Verfahren zur Positionsbestimmung

Zur Positionsbestimmung werden insbesondere die Triangulation, die Trilateration und die Schauplatzanalyse verwendet [6]. Bei der Triangulation werden der Einfallswinkel der Signale gemessen und die geometrischen Eigenschaften von Dreiecken genutzt, um die Position des Objektes zu berechnen. Allerdings setzt dieses Verfahren hohe Anforderungen an die Antennentechnik voraus. Zudem ist die Triangulation sehr anfällig gegenüber Störgrößen, wie Reflektionen, sodass es häufig durch die Trilateration ersetzt wurde [9].

Die Trilateration nutzt zur Positionsbestimmung die Entfernungen (r) zu Referenzpunkten (P), siehe folgende Abbildung. Zur Entfernungsmessung können die in 2.1 beschriebenen Verfahren genutzt werden. Es müssen Entfernungsmessungen zu mindestens drei Referenzpunkten vorliegen, um in einer Ebene eine Ortung durchführen zu können. Mittels dieser Informationen lässt sich die Position eines zu ortenden Objektes (S) bestimmen. Sofern mehr als drei Messungen zu Referenzpunkten vorliegen, kann die Ortung präzisiert werden (Multilateration).

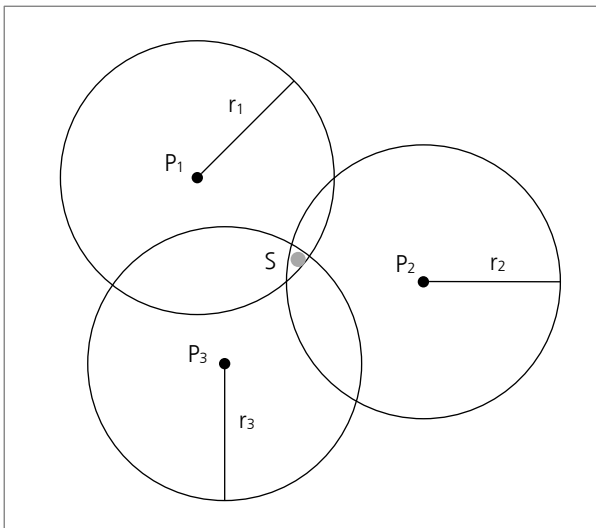


Abbildung 1: Prinzipskizze der Trilateration (eigene Darstellung)

Da die Entfernungsmessung mit Ungenauigkeiten aufgrund von Reflektionen etc. behaftet ist, wurde die Schauplatzanalyse entwickelt. Diese basiert darauf, dass jede Position durch endlich viele Empfangsparameter (ortsbezogene Kenngrößen) eindeutig gekennzeichnet ist. An jeder Position werden jegliche RSSI-Werte aufgenommen und als »Fingerprint« für diese Position gespeichert.

Auf diese Weise werden Störeinflüsse kompensiert. Die Nachteile dieses Verfahrens sind, dass zum einen im Vorfeld eine Karte mit diesen Fingerprints erstellt werden muss und dass zum anderen diese Karte bei Änderungen in der Umwelt aktualisiert werden muss.

Ein sehr einfaches Ortungsverfahren ist die Zellenreichweite (cell of origin – COO). Hierbei wird die Position des Objektes der Position der Zelle (Reichweite einer Referenzstation) mit der höchsten Signalstärke (RSSI) zugeordnet. Dadurch ist die Genauigkeit der Ortung abhängig von der Reichweite der Sender (Referenzstationen).

3 Selbstortung mittels BLE-Beacons

Seit einiger Zeit sind bestimmte Verbraucher- bzw. Elektronikmärkte (z. B. Macy's und Apple Stores) mit BLE-Beacons ausgestattet. In einer App, die sich die Kunden auf ihrem Smartphone installieren können, sind die Positionen von Beacons hinterlegt, sodass diese als Referenzpunkte bei einer Ortung dienen können. Das Smartphone empfängt die Signale der Beacons, misst die Signalstärke (RSSI) und berechnet mittels der Trilateration die Position des Smartphones bzw. des Kunden. Die Genauigkeit dieses Prinzips soll mit unterschiedlichen Systemen überprüft werden.

Die ersten Tests wurden mit zwei Geräten (einem iPad mini 3 mit iOS 8.1 und einem Samsung Galaxy Tab 10.5 S mit Android 4.4) durchgeführt. Zudem wurden BLE-Beacons von den Anbietern Estimote, BlueSense Networks und BeaconInside genutzt. Während Estimote sehr umfangreiche Möglichkeiten zur Entwicklung eigener Indoor-Ortungs-Applikationen zur Verfügung stellt, bietet BlueSense Networks mit dem BlueBar Beacon Long Range den Beacon mit der größten Reichweite an. Zudem wurde mit BeaconInside ein deutscher Beaconanbieter mit aufgenommen. Die Beacons wurden für sämtliche Tests auf maximale Sendeleistung und ein Sendeintervall von 100 ms eingestellt.

3.1 Umrechnung des RSSI in Entfernungen

Zwar wird von den Beaconanbietern Software zur Verfügung gestellt, um über den RSSI auf die Entfernung zu den Beacons schließen zu können. Da hierbei jedoch nicht erkennbar ist, wie diese Berechnung durchgeführt wird, soll in mehreren Versuchsreihen der Zusammenhang zwischen Distanz und RSSI analysiert werden. Erwartet wird, dass der theoretische Zusammenhang der quadratischen Abnahme der Signalstärke und damit auch des RSSI-Wertes über die Distanz, annähernd nachgewiesen wird. Zudem sollen Unterschiede zwischen den beiden Geräten und den drei Beaconanbietern herausgefunden werden.

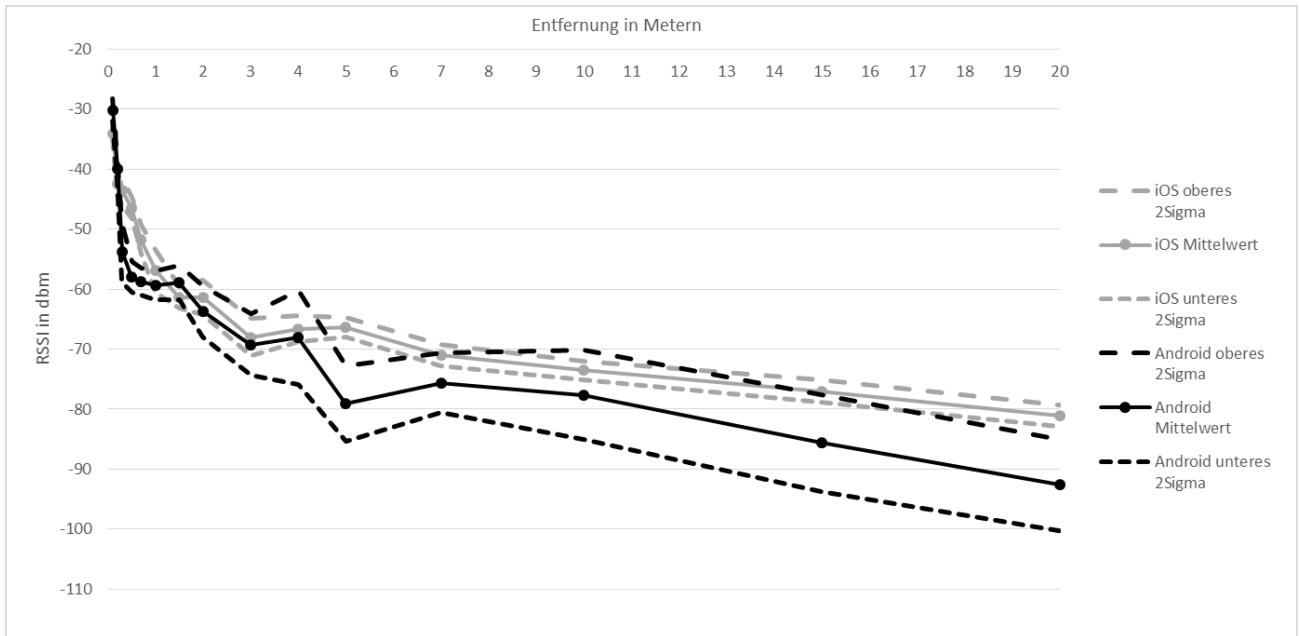


Abbildung 2: Testreihe mit Beacons von Blue Sense Networks: Messung des RSSI über die Entfernung. Vergleich von iOS und Android [10]

Die erste Versuchsreihe wurde auf einer freien Fläche, auf der die Störeinflüsse möglichst gering waren, durchgeführt. Um verbliebene stochastische Störeinflüsse (z. B. das Grundrauschen) auszugleichen, wurde der Mittelwert des RSSI je Entfernung über mindestens 100 Messungen ermittelt. Die Messungen wurden in den Entfernungen 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,7; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 10; 15 und 20 Metern durchgeführt. Der Wertebereich des RSSI liegt jeweils zwischen 0 (Maximum) und -100 (Minimum). Der RSSI wird in ganzzahligen Werten angegeben. Die gemessenen Werte wurden genutzt, um eine Funktion zu bestimmen, die den Zusammenhang zwischen RSSI

und Entfernung beschreibt. Die Funktion wurde durch eine Regressionsanalyse ermittelt.

3.2 Positionsbestimmung

Für diesen Versuch wurde wiederum ein freies Feld mit möglichst geringen Störeinflüssen gewählt. Es wurden drei Beacons verwendet und diese zufällig im Raum positioniert, siehe Abbildung 7. Das zu ortende Gerät wurde an einem Ort fix positioniert und die Ortung mittels Trilateration durchgeführt.

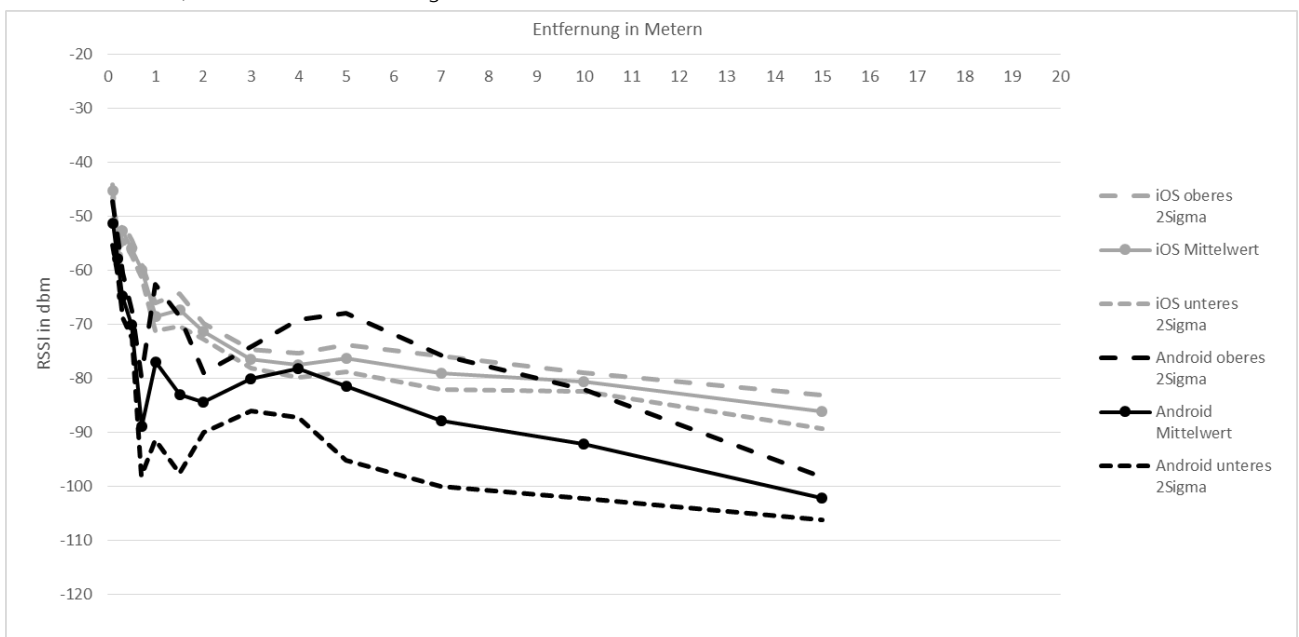


Abbildung 3: Testreihe mit Beacons von Beacon Inside: Messung des RSSI über die Entfernung. Vergleich von iOS und Android [10]

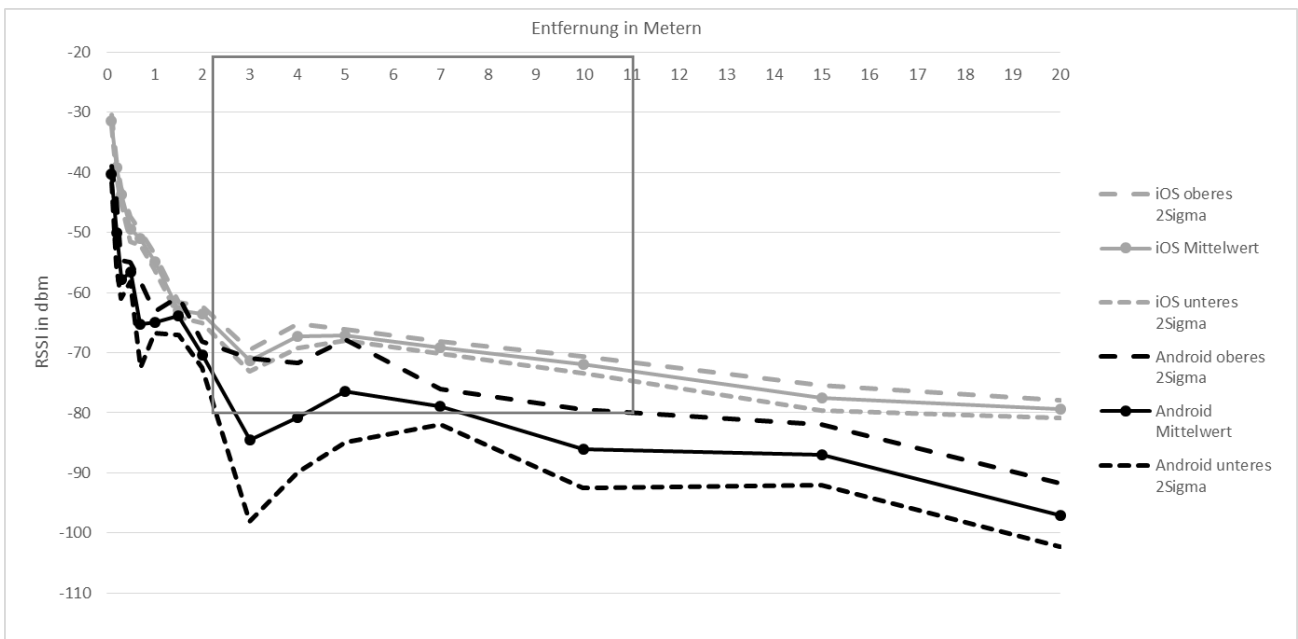


Abbildung 4: Testreihe mit Beacons von Estimote: Messung des RSSI über die Entfernung. Vergleich von iOS und Android. [10]

4 Ergebnisse

4.1 Entfernungsmessung

Die Ergebnisse der Entfernungsmessungen sind in den Abbildungen 2 (BlueSense), 3 (BeaconInside) und 4 (Estimote) dargestellt. Hierbei wird für jede Messreihe der Mittelwert sowie das 2-Sigma-Intervall, in dem 95% der gemessenen Werte liegen, angegeben.

Es wird deutlich, dass die Auslegung der RSSI-Werte Gerätehersteller abhängig ist. Das Gerät von Apple zeigt bei gleichen Entfernungen stets höhere RSSI-Werte an als das Gerät von Samsung. Darüber hinaus ist auffällig, dass das 2-Sigma-Intervall bei dem Apple-Gerät stets enger ausfällt, als bei dem Samsung-Gerät. Dies liegt darin begründet, dass Apple die empfangenden BLE-Signale filtert bevor diese als RSSI ausgegeben werden. Das Samsung-Gerät hingegen gibt ungefilterte RSSI-Werte aus.

Die Streuung der mit dem Samsung-Gerät gemessenen Werte kann bereits durch einen einfachen Filter, wie einem rollierenden Mittelwertfilter, verringert werden, siehe Abbildung 5. Die Ausgangsdaten entsprechen denen der Abbildung 4, allerdings wurden für das Samsung-Gerät nicht die Rohdaten genutzt, sondern rollierend fünf Werte gemittelt. Dadurch wird die Streuung der Werte deutlich reduziert.

Wird nun Abbildung 4 mit Abbildung 5 verglichen, wird ersichtlich, dass sich bei Abbildung 4 ein RSSI von -80 dbm auf ein Intervall von ca. 2 m bis ca. 11 m erstreckt. Durch die Datenfilter kann dieses Intervall auf ca. 2,5 m bis ca. 8 m eingegrenzt werden. Durch die Graphen wird zudem deutlich, dass eine Entfernungsbestimmung im Nahbereich (< 1,5 m) deutlich präziser durchgeführt werden kann, als im Fernbereich.

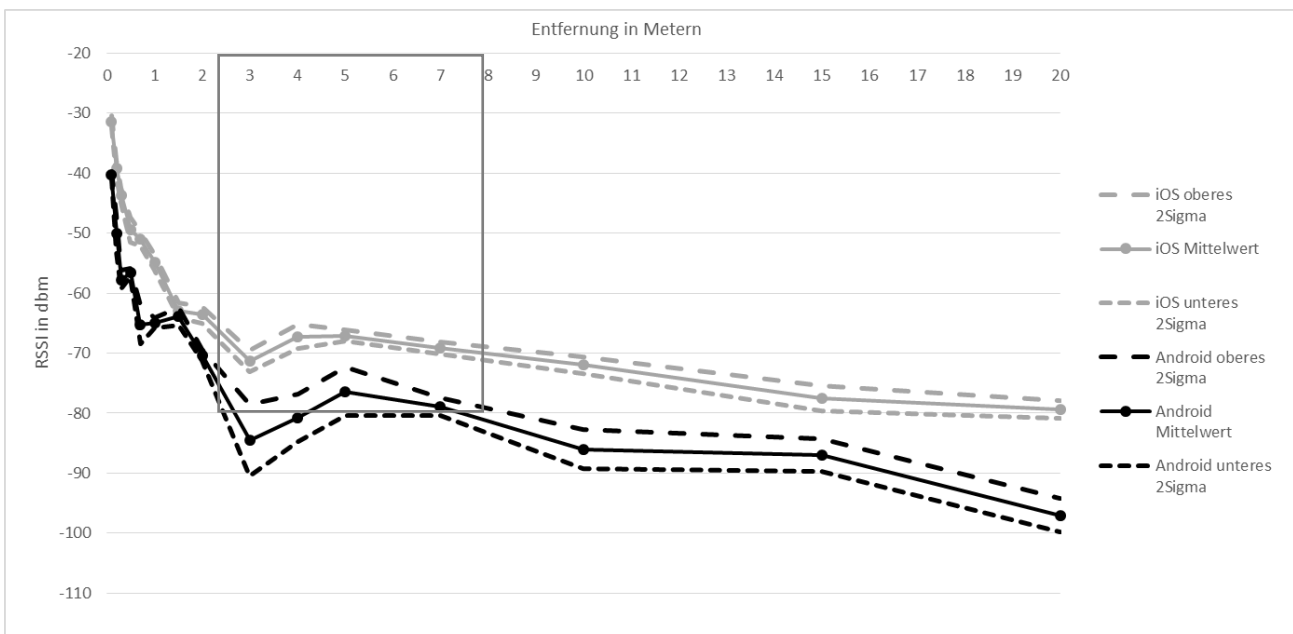


Abbildung 5: Testreihe mit Beacons von Estimote: Messung des RSSI über die Entfernung. Anwendung eines Mittelwertfilters für die mit Android gemessenen Werte. Vergleich von iOS und Android [10]

$$f(x) = \begin{cases} < -65dB & , -0.00041397 * X^3 - 0.07157955 * X^2 - 4.09600556 * X - 76.5308993 \\ \geq -65dB & , \frac{1}{28} * X - 1.4 \end{cases}$$

Abbildung 6: Gesamtfunktion zur Interpretation der gemessenen RSSI-Werte von Estimote Beacons im Samsung-Gerät. [10]

Auffällig ist zudem, dass bei allen Messreihen ein deutlicher Knick bei einer Entfernung von ca. 3 Metern beobachtet werden kann. Die Gründe für diesen Ausschlag sind noch unbekannt. Dennoch wird die quadratische Abnahme der RSSI-Werte über die Entfernung in allen Kurven angedeutet. Um von einem RSSI-Wert auf die Entfernung schließen zu können, wurde eine Regression durchgeführt. In Abbildung 6 ist das Ergebnis der Regression für den Beacon von Estimote und das Samsung-Gerät dargestellt. Zur genaueren Beschreibung der Messreihe wurde die Funktion in zwei Teile untergliedert.

4.2 Positionsbestimmung

Auf Basis der Ergebnisse der ersten Versuchsreihe wurden das Gerät von Samsung und die Beacons von Estimote ausgewählt, um hiermit einen Versuch zur Positionsbestimmung mittels Trilateration durchzuführen. Das Apple-Gerät wurde nicht weiter verwendet, weil die Filterung der RSSI-Werte nicht transparent bzw. nicht nachvollziehbar ist. Die Estimote-Beacons wurden ausgewählt, weil hierfür das umfangreichste Softwarepaket zur Verfügung stand. Hinsichtlich der Performance der Beacons gab es lediglich geringe Unterschiede, z. B. war die Reichweite der Beacons von BeaconInside geringer als die der anderen Beacons.

Das Ergebnis der Indoor-Ortung mit dem Samsung-Gerät und den Estimote-Beacons ist in Abbildung 7 dargestellt. Es ist eine deutliche Streuung der durch Trilateration berechneten Positionen (Kreise) zu erkennen. Die gemessenen RSSI-Werte der Beacons wurden mit einem rollierenden Mittelwertfilter der Größe fünf geglättet und dann anhand der in Abbildung 6 dargestellten Formel in Entfernungen umgerechnet. Anhand dieser Entfernungen wurde die Trilateration durchgeführt.

Insgesamt wurden zehn Positionen gemessen. Der Mittelpunkt (Raute) dieser Positionen liegt ca. 1,8 m von der eigentlichen Position (Kreuz) entfernt. Die Standardabweichung für diese zehn Messungen beträgt 1,7 m in der x-Richtung und 0,5 m in der y-Richtung.

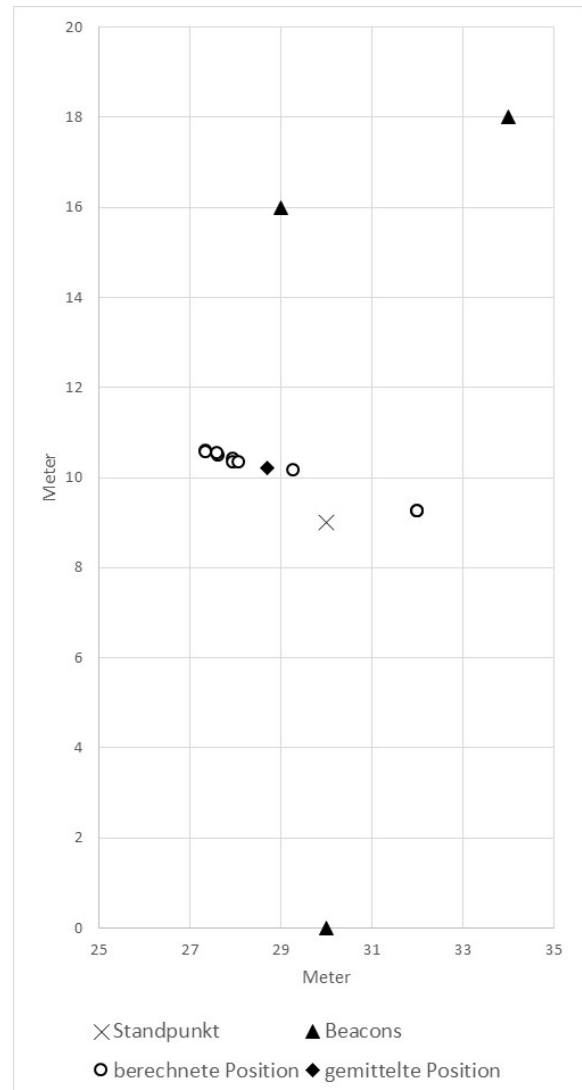


Abbildung 7: Ortung an einer statischen Position

5 Diskussion und Ausblick

Die Positionsbestimmung zeigt trotz geringer Störeinflüsse deutliche Ungenauigkeiten sowohl in der Richtigkeit der Messungen als auch in der Präzision der Messungen auf. Es ist davon auszugehen, dass diese Ungenauigkeiten in einem Szenario mit größeren Störeinflüssen (z. B. in einem Maschinenpark) zunehmen. Zudem ist davon auszugehen, dass die Ungenauigkeiten mit zunehmendem Abstand zwischen dem zu ortenden Gerät und den Beacons aufgrund der in 4.1 aufgezeigten Schwierigkeiten bei der Entfernungsmessung zunehmen.

Zur Verbesserung der Genauigkeit sollen in weiteren Testreihen der Einsatz mehrere Beacons (Multilateration) und der Einsatz verschiedener Filter (Mittelwertfilter, Gauß'scher Filter, Kalmanfilter) überprüft werden.

Eine weitere Möglichkeit ist, ein alternatives Ortungsverfahren bzw. ein anderes Verfahren zur Entfernungsmessung zu nutzen. Das TOA- und das TDOA-Verfahren eignen sich in diesem Fall nicht, weil die Ausbreitungsgeschwindigkeit der BLE-Signale so hoch ist, dass auf die kurzen Entfernungen die zeitlichen Unterschiede zu gering sind. Ebenso kann die Triangulation ausgeschlossen werden, da die Empfangsantenne im Gerät keine Einfallswinkel der Funksignale messen kann. Eine realisierbare Alternative zur Trilateration ist die Schaulplatzanalyse, wobei insbesondere die COO aufgrund der relativ eindeutigen Entfernungsmessung im Nahbereich eine vielversprechende Möglichkeit zur genaueren Ortung von Objekten, die sich längere Zeit an einem Ort befinden, darstellt. Dieses Verfahren könnte z. B. für Werkstückträger verwendet werden, die sich überwiegend im Lager oder auf Pufferplätzen vor Maschinen befinden.

In weiteren Testreihen sollen zum einen die Genauigkeit in einem Maschinenumfeld untersucht und zum anderen Vergleiche zwischen Ortungen von statischen Objekten (z. B. Werkstückträgern) und dynamischen Objekten, die sich häufig bewegen, durchgeführt werden.

6 Acknowledgement

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekts »Cyber-Physische Produktionssysteme – Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik (CyProS)«. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes »Forschung für die Produktion von morgen« (Förderkennzeichen 02PJ2461) gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT), betreut.

7 Literatur

- [1] acatech: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftprojekt Industrie 4.0., April 2013.
- [2] Freitag, M.; Herzog, O.; Scholz-Reiter, B.: Selbststeuerung logistischer Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen. In: *Industrie Management*, 20(2004)1, S. 23-27.
- [3] Scholz-Reiter, B.; Görges, M.; Philipp, T.: Autonomously controlled production systems – Influence of autonomous control level on logistic performance. In: *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 58 (2009)1, pp. 395-399.
- [4] Schuldt, A.: Multiagent Coordination Enabling Autonomous Logistics. Dissertation, Universität Bremen, 2010.
- [5] Thoben, K.-D.; Veigt, M.; Lappe, D.; Franke, M.; Kück, M.; [...]; Zimmerling, R.; Schlick, J.; Stephan, P.; Guth, P.: Towards Networking Logistics Resources to enable a Demand-Driven Material Supply for Lean Production Systems - Basic Concept and Potential of a Cyber-Physical Logistics System. In: *Proceedings of the 7. BVL Scientific Symposium on Logistics*. BVL International Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V, Bremen, Germany, 2014, pp 42-69.
- [6] AIM-D e.V. (Hrsg.): RTLS - Real Time Locationing Systems, White Paper, 2013.
- [7] IEEE Computer Society: IEEE Std 802.11™ -2012, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 2012.
- [8] Youssef, M.; Agrawala, A.: Small-scale compensation for WLAN location determination systems. In *IEEE WCNC* 2003.
- [9] Teker, U.: Realisierung und Evaluation eines Indoor-Lokalisierungssystems mittels WLAN. Diplomarbeit, Universität Bremen, 2005.
- [10] Hopp, C.: Evaluation von iBeacons für den Einsatz in der Indoor-Ortung. Bachelorarbeit, Universität Bremen, BIBA. 2015.

POTENZIALE, EINSATZ- BEREICHE UND KONSTRUKTIONSMÖGLICH- KEITEN VON HOCHREGAL- LAGERN AUS HOLZ

Dipl.-Ing. Christopher Ludwig
Peter Glaser M. Sc.
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. W. Günthner
Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Technische Universität München

LEBENS LAUF



Dipl.-Ing. Christopher Ludwig

Technische Universität München, Lehrstuhl fml,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

2003 – 2008

Abitur, Bereich Maschinenbau und Automatisierungstechnik,
Höhere Technische Lehranstalt Kaindorf a.d. Sulm (Österreich).

2008 – 2013

Studium Montanmaschinenwesen, Schwerpunkt
Betriebsfestigkeit, Montanuniversität Leoben (Österreich).

WS 2012

Auslandssemester an der Chalmers University of Technology (Schweden).

Seit 2013

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Fördertechnik Materialfluss Logistik,
Technische Universität München.

LEBENS LAUF



Peter Glaser M. Sc. Bauingenieur

Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

2006 – 2011

Studium Bauingenieurwesen (B. Eng.), Hochschule Biberach.

2009

Auslandssemester am Tecnológico de Monterrey (Mexiko).

2010

Studienaufenthalt mit Bachelor-Thesis, Universidad del Bío-Bío (Chile).

2011 – 2013

Studium Bauingenieurwesen (M. Sc.), Technische Universität München.

Seit 2013

Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion,
Technische Universität München.

POTENZIALE, EINSATZBEREICHE UND KONSTRUKTIONSMÖGLICHKEITEN VON HOCHREGALLAGERN AUS HOLZ

Dipl.-Ing. Christopher Ludwig, Peter Glaser M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner, Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

1 Einleitung

1.1 Hochregallager

Seit den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts sind Hochregallager eine weit verbreitete Lagereinrichtung in Industrie und Handel. Sie können freistehend in der Halle oder in Silobauweise errichtet werden. Bei der Silobauweise trägt die Regalkonstruktion selbsttätig Dach und Fassade, weshalb auch Gebäudelasten wie Schnee und Wind berücksichtigt werden müssen. Als Konstruktionswerkstoffe wurden in der Vergangenheit Stahl bzw. Stahlbeton eingesetzt, wobei sich Tragwerke aus Stahl letztlich durchgesetzt haben und mittlerweile Standard sind.

Seit circa 10 Jahren werden Hochregallager nun auch erfolgreich aus Holz gebaut. Weltweit gibt es derzeit 8 Holz-Palettenregale, wobei laut Definition (siehe Abschnitt 1.2) 6 davon als Hochregale zu zählen sind. Das größte Lager wurde bei der Firma Alnatura GmbH in Lorsch (Hessen) errichtet und hat über 31.000 Stellplätze, verteilt auf 9 Gassen (siehe Abbildung 1). Die maximale Bauhöhe von Hochregallagern aus Holz liegt im Moment bei 30 Metern.



Abbildung 1: Holz-Hochregallager, Alnatura GmbH, Lorsch, © Marc Doradzillo, Alnatura

1.2 Begriffsdefinition

Für den Begriff »Hochregal« existieren mehrere Definitionen. Die meisten davon geben Höhengrenzen für die Regaloberkante an, ab der Regale als Hochregale zu zählen sind. Diese Einteilung erweist sich aufgrund der

verschiedenen Höhenwerte (7,5-12 Meter) als wenig praktikabel. Im Folgenden werden Hochregale daher als Palettenregale in Silobauweise bezeichnet, welche durch Regalbediengeräte bedient werden.

1.3 Rechtliche Einteilung von Hochregallagern

Regallager mit einer Oberkante Lagerguthöhe von mehr als 7,5 Metern gelten laut Musterbauordnung [1] als unregelmäßige Sonderbauten. Es handelt sich somit um genehmigungspflichtige bauliche Anlagen. Damit unterliegen sie, unabhängig vom Regaltyp, dem öffentlichen Baurecht und in weiterer Folge dem Bauordnungsrecht, also den Bauordnungen der einzelnen Bundesländer. Diese schreiben vor, dass zur Bemessung der Anlagen nur die Normen und Richtlinien verwendet werden dürfen, welche in der Liste der technischen Baubestimmungen [2] aufgeführt sind. Für den Stahl- bzw. Holzbau sind dies der Eurocode 3 [3] bzw. 5 [4] incl. zugehörigem nationalen Anhang.

Die Bemessung mittels DIN EN 15512 [5] ist nur dann möglich, wenn die verwendeten Profile und Verbindungen versuchstechnisch nach den Angaben des Anhangs A zur DIN EN 15512 geprüft wurden und ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis dafür vorliegt. Die DIN EN 15512 verwendet niedrigere Teilsicherheitsbeiwerte als die Eurocodes, wodurch eine schlankere und kostengünstigere Konstruktion möglich ist. Diese Vorgehensweise ist für Holz-Hochregale nicht bzw. nur bedingt möglich, da die Versuche nach DIN EN 15512 nur für Stahlregale ausgelegt sind.

Damit ein reibungsloser Betrieb des Regals gewährleistet werden kann, muss von den Herstellern bei der Angebotslegung meist noch die Einhaltung der FEM-Richtlinie 9.831 [6] nachgewiesen werden. Diese schreibt strenge Verformungsgrenzen für das Regal vor, verweist jedoch nur auf Tragwerke aus Stahl. Für unregelmäßige Sonderbauten gibt es für die bauaufsichtliche und brandschutztechnische Beurteilung keine bauaufsichtlich eingeführten Regelwerke. In der Muster-Industriebaurichtlinie werden für Regallager mit brennbarem Lagergut und einer Oberkante Lagergut von mehr als 9 Metern weiterführende Anforderungen gestellt [7] (siehe Abschnitt 2.6).

1.4 Problemstellung

Bestehende Gesetze, Normen und Richtlinien für den Regalbau sind aufgrund der historischen Entwicklung nur auf Hochregale aus Stahl ausgelegt. Wegen der erst in jüngster Vergangenheit ansteigenden Entwicklung sind bisher kaum Erfahrungen über den Bau und Betrieb von Holz-Hochregalen verfügbar.

Die Herangehensweise zur Bemessung von Hochregallagern sowie die erforderlichen Toleranzen für den Betrieb sind den Holzbau-Planern und -Firmen bisher weitestgehend unbekannt. Fehlende Erfahrungen und Wissenslücken machen es Unternehmen aus der Logistikbranche, aber auch dem Holzbau, schwer, im Bereich der Holz-Hochregallager Fuß zu fassen.

Ein wichtiger Punkt bei Neubauten sind die Investitionskosten. Über diese gibt es für Hochregallager aus Holz im Moment keine gesicherten Angaben. Aus dem Grund wird der Baustoff Holz meist nur auf ausdrücklichen Kundenwunsch bei der Planung bzw. Ausschreibung neuer Hochregallager berücksichtigt. Der allgegenwärtige Megatrend Nachhaltigkeit stellt derzeit den größten Anreiz für Unternehmer dar, ihr Lager in Holz zu bauen. Aus anderen Anwendungen, wie zum Beispiel dem Bau von Holzhäusern, ist bereits das ökologische Potenzial des Werkstoffs bekannt. Jedoch gibt es noch keine Berechnungen bzw. Ökobilanzen zu Hochregallagern aus Holz. Somit ist die Hauptmotivation noch nicht ausreichend quantifiziert. Die beschriebenen Hürden sollen durch das Forschungsprojekt »wirtschaftliche und ökologische Potenziale von Hochregallagern aus Holz« (Das IGF-Vorhaben 17959 N/1 der Forschungsvereinigung Intralogistik/Fördertechnik und Logistiksysteme e.V. (FG IFL.) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert) genommen werden.

2 Vorgehensweise

2.1 Allgemeines

Zu Beginn des Projekts wurden alle bestehenden Anlagen aus Holz analysiert und charakterisiert. Wichtig waren hier die Motivation der Bauherren für die Holzbauweise, der Brandschutz, bisherige Erfahrungen im Betrieb sowie der Stand der Technik im Bereich der Konstruktion. Diese Erkenntnisse dienen als Basis für alle weiteren Arbeiten am Projekt.

2.2 Gründe für die Holzbauweise

Angesichts des hohen und stetig steigenden Stahlpreises entschied sich im Jahr 2005 ein Verpackungsunternehmen aus Österreich zum Bau des ersten Hochregallagers mit Holzelementen. Zusammen mit dem Holzbau-

spezialisten Kaufmann Bausysteme (Reuthe, ebenfalls Österreich) wurde damals eine Holz-Stahl-Hybrid Konstruktion entwickelt, wobei die vertikalen Steher aus massivem Brettschichtholz und die horizontalen Palettenträger aus konventionellen Stahlprofilen gebaut wurden. Wären die Palettenträger ebenfalls aus Holz gefertigt worden, so hätten diese wegen der geringeren Festigkeit von Holz einige Zentimeter höher ausgeführt werden müssen als standardmäßige Stahlträger. Die Zusatzhöhe summiert sich über die einzelnen Ebenen auf und kann bei begrenzter Bauhöhe zum Verlust von Ebenen führen. Ebenfalls im Jahr 2005 wurde für die Salinen Austria AG das erste reine Holz-Hochregallager aufgestellt, bei welchem nahezu alle Bauteile aus Holz bestehen. Grund war hier die stark korrosive Umgebung der Salzverarbeitung. Eine Stahlausführung wäre unter diesen Bedingungen nur mit mehrfacher Beschichtung möglich gewesen, welche nicht wirtschaftlich war.

Bei älteren Anlagen (Jahre 2005 bis 2007) lag die Motivation für die Holzbauweise hauptsächlich im hohen Stahlpreis begründet. Da dieser in den letzten Jahren wieder gesunken ist, hat sich der Fokus auf die Nachhaltigkeit der verwendeten Materialien verschoben. Bauherren der neueren Anlagen waren Firmen mit besonders ökologischer bzw. sozialer Unternehmenspolitik.

2.3 Ergebnisse Betreiberbefragungen/Datenauswertung

Es wurden Betreiberbefragungen durchgeführt, um Erfahrungen über den Betrieb von Hochregalen aus Holz aufzunehmen. Die vier stellplatzmäßig größten Anlagen wurden dabei besichtigt und deren Betreiber befragt. Die durchschnittliche Betriebsdauer der betrachteten Anlagen betrug zum Zeitpunkt der Befragung knapp fünf Jahre, wobei das älteste Lager bereits seit 2005 betrieben wird. Bisher konnten, bis auf eine Ausnahme, keine unzulässigen Verformungen an den Holz-Regalkonstruktionen festgestellt werden. Die automatische Bedienung durch die Regalbediengeräte funktioniert meist ohne Probleme. Auftretende Fehler bei Ein- und Auslagerungen liegen an der Fördertechnik. Die Ausnahme stellt das erste reine Holz-Hochregal dar. Hier wurden die Palettenträger durch eine reine Holzverbindung gestoßen, welche sich innerhalb der ersten Betriebsjahre lockerte. Dieses Problem konnte jedoch aufwandsarm durch zusätzliche Holzschrauben beseitigt werden. Die Regalverformungen liegen nun auch bei dieser Anlage innerhalb der geltenden Toleranzen.

Bei einem Holz-Hochregallager befindet sich unter den mittleren drei Regalzeilen jeweils ein Kommissioniertunnel. Diese werden von Staplern befahren. Die Lagergüter werden dabei direkt vom Regalbediengerät im Tunnel bereitgestellt. Im Kommissioniertunnel kam es bereits mehrfach zu Kollisionen von Staplern mit den Regalstüt-

zen. Aufgrund der massiven Holzbauweise sind jedoch keine Schäden entstanden. Das Holz konnte den Aufprall ohne Gefährdung der Standsicherheit abfedern. Nachteil der massiven und vollflächigen Bauweise ist, dass große Sprühschatten für die Sprinkler vorliegen. Es müssen vergleichsweise mehr Sprinkler verbaut werden, wodurch zusätzliche Kosten entstehen.

Sowohl von den Betreibern als auch von den Herstellern wurden umfangreiche Daten zu allen acht bestehenden Holz-Regalen zur Verfügung gestellt. Diese wurden analysiert, ausgewertet und anschließend mit Daten von funktionsgleichen Stahl-Hochregalen verglichen, um die Vor- und Nachteile der beiden Bauweisen sichtbar zu machen. Die nötigen Informationen zu den gleichwertigen Stahl-Hochregalen stammen vom Hersteller Voest Alpine Krens Finaltechnik GmbH, welcher sich bereit erklärt hat, alle bestehenden Holz-Regal-anlagen nochmals in Stahl zu planen. Ausgewählte Auswertungsergebnisse werden in den nachfolgenden Absätzen vorgestellt.

Im Moment werden die Steher bei Holz-Hochregalen aus einem Stück gefertigt und direkt mittels Spezialtransport zur Baustelle transportiert. Diese Bauweise bedingt höhere Transportkosten als bei Stahl-Hochregalen, aber auch eine verkürzte Montagezeit. Die Auswertung ergab, dass die Montagezeit im Schnitt 20% geringer war als bei funktionsgleichen Stahl-Hochregalen. Die verschiedenen Witterungsverhältnisse wurden dabei nicht berücksichtigt.

Aufgrund der geringeren Festigkeit von Holz im Vergleich zu Stahl mussten die meisten Elemente massiver ausgeführt werden. Die Querschnittszunahmen summieren sich über die Anzahl an verbauten Elementen auf und ergeben in Summe größere Lagerabmessungen. Sie liegen zwar nur im niedrigen einstelligen Prozentbereich, bedeuten aber dennoch Mehrkosten.

Bezüglich der Investitionskosten kann derzeit noch keine gesicherte Aussage getroffen werden, da die bestehenden Anlagen alle Prototypencharakter aufweisen und die Anzahl der gebauten Regale zudem sehr gering ist. Die momentanen Daten zeigen Mehrkosten von 3 bis 30%. Nähere Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Holz-Hochregalen folgen im späteren Projektverlauf.

2.4 Baustoffeigenschaften von Holz

Nachfolgend werden in kurzer Form die wichtigsten Materialeigenschaften von Holz vorgestellt. Insbesondere sollen die Hauptunterschiede zum Werkstoff Stahl erörtert werden.

Bei Holz handelt es sich um einen natürlich gewachsenen Rohstoff. Holz kommt als Nadel- und Laubholz vor, wobei im Bauwesen bisher größtenteils Nadelholz eingesetzt

wird. Aufgrund des Wuchses mit längsorientierten, stammparallelen Fasern ist Holz inhomogen und anisotrop. Dies bedeutet, dass die Eigenschaften von Holz, im Gegensatz zu homogenem Stahl, stark von der Belastungsrichtung abhängen. Ebenso spielt bei Holz die Zeitdauer der Belastung eine Rolle.

Um Holz zu »homogenisieren« sowie in größeren Abmessungen herstellen zu können, wurden diverse Holzprodukte entwickelt. Am gängigsten ist Brettschichtholz BSH, das aus in Faserrichtung aufeinander geklebten Brettern besteht. Die Regalstruktur der bisherigen Hochregallager wurde aus Brettschichtholz gefertigt. Bei Brettschichtholz handelt es sich um linienförmige Bauteile. Ebenso können flächige Bauteile aus Holz hergestellt werden. Das sog. Brettsperrholz BSP (vgl. Abbildung 2) wird durch die kreuzweise Verklebung von mindestens drei Brettlagen realisiert.

Analog zum BSH bzw. BSP gibt es Furnierschichtholz FSH. Der Unterschied liegt in einer deutlich geringeren Materialstärke der verklebten Lagen. FSH ist als stabförmiges wie auch flächiges Bauteil zu erhalten.



Abbildung 2: Brettsperrholz BSP,
© TU München

Bezüglich der mechanischen Eigenschaften unterscheidet sich Holz ebenfalls deutlich von Stahl. Stahl hat eine höhere Festigkeit und Steifigkeit, aber auch eine vielfach größere Dichte. Vergleicht man jedoch die spezifische Festigkeit, so liegt die von Holz deutlich über der von Stahl. Durch die bereits erwähnte Anisotropie sind die Eigenschaften von Holz außerdem richtungsabhängig. In Bezug auf die Bemessung nach dem semiprobabilistischen Sicherheitskonzept resultieren aus der Inhomogenität von Holz höhere Teilsicherheitsbeiwerte auf Materialseite als bei Stahl.

Holz ist hygroskopisch, d. h. es hat die Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen und abzugeben. Holz steht dabei in einem dynamischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung, was bedeutet, dass die Feuchtigkeit des Holzes sich nach einer gewissen Zeit auf einen Wert einstellt, der der Ausgleichsfeuchte entspricht. Wichtige Holzeigenschaften wie zum Beispiel die Festigkeit sind abhängig von der Holzfeuchte. Weitere Informationen zu den Materialeigenschaften von Holz finden sich beispielsweise in [8].

2.5 Einsatzbereiche von Hochregallagern

Der Werkstoff Holz ist von Natur aus korrosionsträge, d.h. er ist gegen chemisch aggressive Medien wie Säuren oder Laugen widerstandsfähiger als zum Beispiel Stahl. Dieser Vorteil kann für den Bau von Regalen in korrosiven Umgebungen genutzt werden. Die Lebensdauer von Holz unter chemischer Einwirkung unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren, welche in Abbildung 3 dargestellt sind.



Abbildung 3: Einwirkung chemischer Medien auf Holz, in Anlehnung an [9]

Neben den Charakteristika des einwirkenden Mediums sind die zuvor beschriebenen Umgebungsbedingungen sowie die Dauer der Einwirkung entscheidend. Bei der Schädigung des Holzes entsteht an der Oberfläche eine nicht tragfähige Randschicht. Diese kann für eine bestimmte Lebensdauer abgeschätzt werden und gleich wie beim Brandschutz bei der Bauteildimensionierung berücksichtigt werden [9].

Gewisse Einsatzgrenzen für Holz sind durch die Gefahr von Pilz-, Schimmel- oder Insektenbefall bedingt. Bis zur Holzfeuchte von 20% ist mit ausreichender Sicherheit davon auszugehen, dass es zu keinem Pilz- oder Schimmelbefall kommt. Dies entspricht einer relativen Luftfeuchte von 85% bei einer Temperatur von 20°C. Ein Insektenbefall ist bei Brettschichtholz nicht zu erwarten, sofern es nicht dauerhaft der Witterung ausgesetzt ist [10]. Dadurch ist unter normalen Bedingungen (12 - 25°C, rel. Luftfeuchte 45 - 65% [11]) in Hochregallagern mit keinem Pilz- oder Schimmelbefall zu rechnen.

Unter normalen Lagerbedingungen ist Holz als Konstruktionswerkstoff für Hochregallager gleich gut geeignet wie Stahl. Bei besonders hoher Luftfeuchte, wie zum Beispiel bei der Lagerung von schnell verderblichen Gütern wie Obst und Gemüse, ist es sinnvoller, verzinkten Stahl ein-

zusetzen. Für aggressive Medien wie Salze, Düngemittel oder Chemikalien ist hingegen Holz wirtschaftlicher.

2.6 Brandschutz

Bei richtiger Auslegung sind Konstruktionen aus Holz im Brandfall berechenbar und damit sicherer als Stahlkonstruktionen. Das Holzregal trägt zwar durch seinen eigenen Abbrand zur Brandlast bei, jedoch ist dieser Beitrag gering im Vergleich zu den Brandlasten der Lagergüter. Der Vorteil von Holz ist seine geringe Wärmeleitfähigkeit. Auch wenn Holz an seiner Oberfläche brennt, so sind die inneren Bereiche davon relativ unberührt, sie behalten ihre Festigkeit. Holzkonstruktionen bleiben somit innerhalb dieses Restquerschnitts tragfähig. Zudem bildet sich im Laufe des Abbrands an der Oberfläche eine passivierende Kohleschicht, welche die weitere Abbrandgeschwindigkeit senkt. Bei Fichtenholz, welches hauptsächlich verwendet wird, beträgt die Abbrandgeschwindigkeit ca. 0,7mm/min. Es lässt sich daher relativ einfach errechnen und nachweisen, wie lange eine Holzkonstruktion im Brandfall noch tragfähig ist [12].

Im Vergleich zu Holz hat Stahl eine sehr große Wärmeleitfähigkeit. Die nur wenige Millimeter dicken Stahlprofile von Stahl-Hochregalen erwärmen sich im Brandfall innerhalb kürzester Zeit vollständig. Schon ab 500°C besitzt Stahl nur noch 50% seiner ursprünglichen Festigkeit, wodurch Stahltragwerke bei Bränden schnell an Tragfähigkeit verlieren und nicht mehr berechenbar sind.

Bei den zwei in Deutschland gebauten Holz-Hochregalen wurde für die brandschutztechnische Beurteilung die VDI-Richtlinie 3564 [13] »Empfehlungen für den Brandschutz in Hochregalanlagen« verwendet. Voraussetzung dafür ist, dass sich im Regelbetrieb keine Personen im Regalbereich aufhalten. Diese Bedingung wird durch die voll automatische Bedienung erfüllt. Die VDI Richtlinie 3564 erwähnt nur Tragwerke aus Stahl bzw. Stahlbeton, welche nicht brennbar sind. Tragwerke aus Brettschichtholz gelten nach DIN 4102-4 [14] »Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen« als normal entflammbar (Baustoffklasse B2). Diese Abweichung wird jedoch von den Behörden toleriert, sofern eine selbsttätige Feuerlöschanlage (Sprinklerung) nach CEA 4001 installiert wird [15].

Die meisten Lagergüter in Hochregalen sind zu Verpackungszwecken oder zur Ladungssicherung von Karton- oder Kunststoffschichten umgeben. Diese Stoffe sind leicht entflammbar und erzeugen eine außerordentlich hohe Brandlast. Hinzu kommt, dass die so verpackten Lagergüter dicht nebeneinander auf kleinem Volumen gelagert werden. Die Hohlräume zwischen den Gütern erlauben eine allseitige Luftzufuhr und erzeugen in vertikaler Richtung eine Art Kamineffekt. Dadurch kommt es im Brandfall zu einer besonders schnellen Brandausbrei-

tung zur Gebäudedecke hin und durch die hohe Wärmestrahlung bzw. herabfallendes Brandgut auch auf alle umstehenden Regalbereiche (vgl. Abbildung 4). Ziel ist es, Brände bereits in ihrer Entstehungsphase zu erkennen und zu löschen. Eine Brandlöschung von innen durch die Feuerwehr ist wegen der Gefahr von herabfallenden Teilen nicht möglich. Aus diesem Grund sind selbsttätige Sprinkleranlagen bei allen Hochregalen Standard.

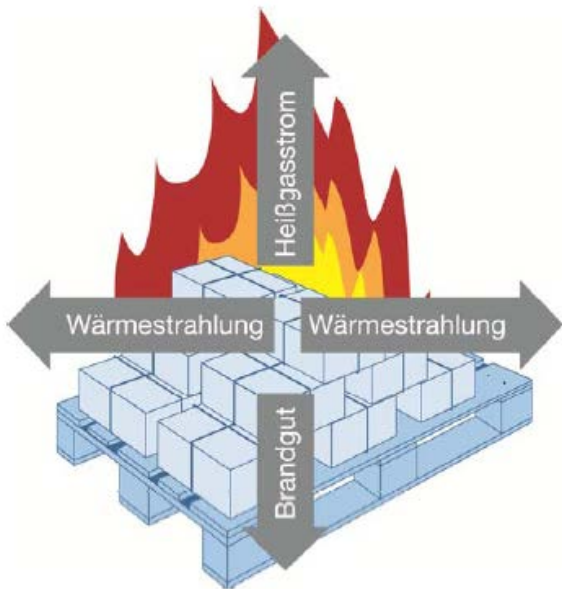


Abbildung 4: Brandausbreitung im Regallager, in Anlehnung an [16]

Hochregale werden somit unabhängig von ihrem Konstruktionswerkstoff mit einer selbsttätigen Feuerlöschanlage versehen, d. h. die behördliche Vorgabe zur Anwendung der VDI-Richtlinie 3564 für die brand-schutztechnische Beurteilung von Holz-Hochregalen ist automatisch erfüllt.

2.7 Lagerdimensionen

Weiterführend wurden über 2200 Daten gebauter Hochregallagern analysiert. Der Betrachtungszeitraum umfasste die Jahre 1998 bis 2013.

Ziel dieser Auswertung ist festzustellen, welche Lagerabmessungen in der Industrie am häufigsten Anwendung finden. Hieraus sollen nachfolgend günstige Ansätze für ein modulares System aus Holz abgeleitet werden. Besonders interessant ist die Entwicklung der Lagerhöhen im Untersuchungszeitraum.

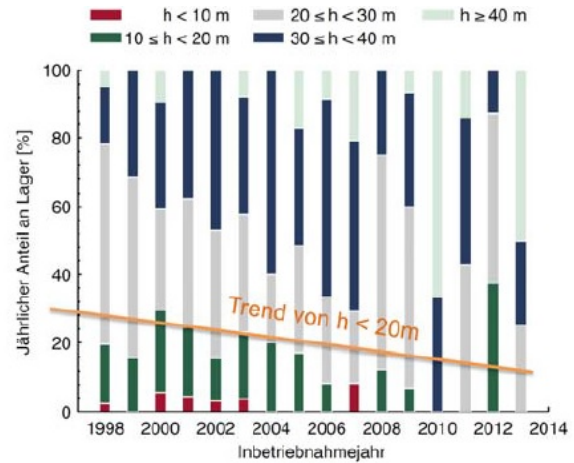


Abbildung 5: Entwicklung der Höhen der in Deutschland errichteten Hochregallager, © TU München

Abbildung 5 zeigt, dass der Anteil der in Deutschland errichteten HRL mit einer Höhe von mehr als 20m bzw. 30m ansteigt, während im gleichen Zeitraum der Anteil der Hochregallager mit einer Höhe von weniger als 20m sinkt.

In weiteren Auswertungen konnte festgestellt werden, dass sich die Anzahl der neu gebauten Anlagen in Deutschland im Betrachtungszeitraum verringert hat. Gleichermäßen hat sich jedoch die durchschnittliche Größe der Lager in Bezug auf die Stellplatzanzahl in dieser Zeitspanne in etwa verdoppelt.

Bezüglich der Ladehilfsmittel kommt mit über 75% fast ausschließlich die Europoolpalette zum Einsatz. Der restliche Anteil entfällt nahezu komplett auf die Chemiepalette. Abweichende Maße der Ladehilfsmittel bzw. Stellplatzgrößen sind von untergeordneter Bedeutung und werden daher nicht weiter betrachtet.

2.8 Konstruktionsanalyse

Die in Kapitel 2.7 gewonnen Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Konstruktionsanalyse.

Um Holz als universelle Alternative zu Stahl im Bereich der Lagerstruktur einsetzen zu können, ist es erforderlich, ein Konzept zu entwickeln, mit dem auch größere Lagerstrukturen aus Holz realisiert werden können. Die bisher gebauten Lager reichen nicht über 30m. Die Besonderheit der bestehenden Lager war, dass die Steher immer an einem Stück geliefert wurden. Dies stellt eine enorme logistische Herausforderung dar und erreicht bei größeren Abmessungen Grenzen bzw. wird unwirtschaftlich.

Aus diesem Grunde wird ein modulares System entwickelt, das durch die Implementierung eines Steherstoßes auch Lager aus Holz mit größeren Höhen ermöglicht. Eingesetzt werden soll bei diesem System Brettspertholz, Brettschichtholz und Furnierschichtholz.

Im Rahmen von Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Grenzwerte der zulässigen Verformungen nach [6] im Nachweis der Gebrauchstauglichkeit die Dimensionen des erforderlichen Systems maßgeblich beeinflussen (siehe Abbildung 6).

Die durch den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit erforderlichen größeren Bauteilabmessungen bewirken aber gleichzeitig eine zusätzliche Sicherheit für den außergewöhnlichen Lastfall Brand.

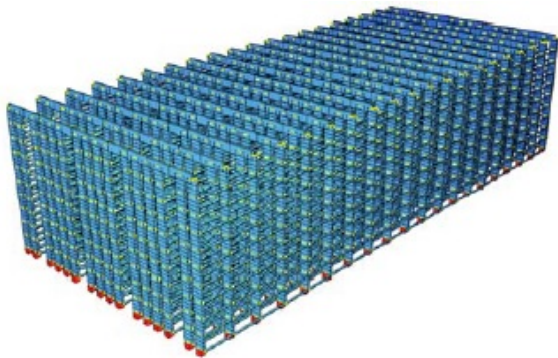


Abbildung 6: Modell zur Voruntersuchung von HRL aus Holz, © TU München

3 Zusammenfassung

Hochregale werden derzeit fast ausschließlich als Stahlkonstruktionen errichtet. Eine interessante Alternative stellen Lagerkonstruktionen aus Holz dar. Erste Systeme wurden bereits errichtet und haben sich bewährt. Holz zeichnet sich besonders durch seine kalkulierbaren Eigenschaften im Brandfall und seine Beständigkeit gegen chemische Einwirkungen aus, die in Bezug auf einzulagernde Stoffe interessant wird. Zuletzt ist Holz im Sinne der Nachhaltigkeit ein sehr attraktiver Baustoff. Alternative Lösungsmöglichkeiten zu Stahl-Hochregallagern bedeuten außerdem eine gewisse Redundanz im Falle steigender Rohstoffpreise.

Anhand der Auswertung von Lagerstatistiken bezüglich Größe und Belastung werden konstruktive Ansätze zu einem potenziell geeigneten, skalierbaren System entwickelt. Gerade im Hinblick auf die Entwicklung hin zu höheren Lagerstrukturen ist die Konstruktion eines neuen, modularen Systems notwendig. Besondere Bedeutung wird hierbei der Nachweis der Verformungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit einnehmen.

4 Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden als sinnvoll erachtete Lagertypen entwickelt und hinsichtlich eines möglichen und wirtschaftlichen Einsatzes untersucht. Hierzu sollen im Anschluss geeignete Berechnungsansätze hergeleitet

werden, um eine spätere Verbreitung der Holzbauweise von Hochregallagern zu fördern.

Um die Investitionskosten von Holz-Hochregalen zu quantifizieren, wird ein Modell zur groben Kostenabschätzung für beliebige Regalabmessungen entwickelt. Zum Vergleich der Umweltauswirkungen sind Berechnung von Ökobilanzen für Hochregallager aus Holz, Stahl und Holz-Stahl-Hybrid geplant.

5 Literatur

[1] Musterbauordnung -MBO- Fassung November 2002. - ARGEBAU-, Berlin, 2002.

[2] Muster-Liste der technischen Baubestimmungen - Fassung März 2014. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 2014.

[3] DIN EN 1993-1-1 Eurocode3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Beuth Verlag, Berlin, 2010.

[4] DIN EN 1995-1-1 Eurocode3: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Beuth Verlag, Berlin, 2010.

[5] DIN EN 15512 Ortsfeste Regalanlagen aus Stahl - Verstellbare Palettenregale - Grundlagen der statischen Bemessung. Beuth Verlag, Berlin, 2010.

[6] FEM 9.831-1 Basis of calculations for storage and retrieval machines - Tolerances, deformations and clearances in the storage system. VDMA, Frankfurt, 2012.

[7] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau - Stand Juli 2014. -ARGEBAU-, Berlin, 2014.

[8] Niemz, P.: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen, 1993.

[9] Erler, K.: Korrosion von Vollholz und Brettschicht-holz. In: Bautechnik, Nr.75, 1998, S.530-538.

[10] DIN 68800-1 Holzschutz - Teil 1: Allgemeines. Beuth Verlag, Berlin, 2011.

[11] Temperaturen im Hochregallager - Empfehlung 206.10. Schweizerische Gesellschaft für Logistik, Bern, 1996.

[12] Scheer, C.; Peter, M.: Holz Brandschutz Handbuch. Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2009.

[13] VDI 3564 Empfehlungen für Brandschutz in Hochregalanlagen. Beuth Verlag, Berlin, 2011.

[14] DIN EN 4102-4 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Zusammenstellung und Anwendung klassifi-

zierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. Beuth Verlag, Berlin, 1994.

[15] Engel, M.: Hochregallager aus Holz: Beeindruckende Hochbauinnovation oder Spiel mit dem Feuer? In: Fachjournal Feuertrutz, Nr. 3, 2014, S. 12-15.

[16] Meier-Spierung, J.: Vorbeugender Brandschutz in Hochregallagern in besonderer Betrachtung der Sicherheit des dort tätigen Personenkreises. Bachelorarbeit. Hamburg: HAW-Hamburg. 2013.

DIE TERMINLICHE STEUERUNG DES SERIEN- EINSATZES VON PRODUKTEN UND TECHNISCHEN ÄNDE- RUNGEN IM AUTOMOBILBAU AUS LOGISTISCHER SICHT

Dr. Wilmjacob Herlyn
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

LEBENS LAUF



Dr. Wilmjakob Herlyn

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Lehrbeauftragter

- 1977 Dipl. Volkswirt (Dipl. rer. pol.), Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät der Universität Göttingen.
- 1980 – 1982 Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Gesellschaft für Konsum-, Markt- und Absatzforschung (GfK) Nürnberg.
- Seit 1982 Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Volkswagen AG.
- Seit 1996 Manager der Volkswagen AG.
- 1989 Promotion zum »Doktor der Wirtschaftswissenschaften« (Dr. rer. pol.), Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Braunschweig.
- 1992 – 1993 Zertifizierter Lehrgang »operations management« an der Business School INSEAD-CEDEP (Fontainebleau).
- 1999 – 2006 Lehrauftrag an der Universität Braunschweig, »PPS in der Automobilindustrie«, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Lehrstuhl für Produktionswirtschaft.
- 2006 – 2010 Lehraufträge an der Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel »Logistik und Informationssysteme«, Institut für Fahrzeugbau »Auftragsprozesse/Workflow«, Karl-Scharfenberg-Fakultät.
- Seit 2011 Lehrauftrag an der Universität Paderborn im Rahmen des Vorlesung »Unternehmensführung und Steuerung«, Heinz-Nixdorf-Institut.
- Seit 2012 Lehrauftrag an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg: »Supply Chain Practice and Enterprise Resources Planning Systems«, Institut für Logistik und Materialflusstechnik.

DIE TERMINLICHE STEUERUNG DES SERIENEINSATZES VON PRODUKTEN UND TECHNISCHEN ÄNDERUNGEN IM AUTOMOBILBAU AUS LOGISTISCHER SICHT

Dr. Wilmjakob Herlyn

1 Einleitung

Im Automobilbau steigt die Anzahl der Modelle und Ausstattungsvarianten ständig, gleichzeitig werden diese laufend technisch weiterentwickelt und optimiert. Tausend technische Änderungen pro Fahrzeug sind keine Ausnahme, sondern eher die Regel (vgl. [17], S. 5). Von der exakten terminlichen Steuerung der sich daraus ergebenden Serieneinsätze hängt es ab, ob auch die dadurch erforderlichen neuen Teile, Baugruppen, Module und Aggregate zur richtigen Zeit in der richtigen Menge am richtigen Ort vorhanden sind (vgl. [8], S. 380 ff., [9], S. 38 ff.). Dieser Beitrag beschäftigt sich damit, mit welchen Methoden die Termine dieser Serieneinsätze im Automobilbau beherrscht werden können. Eine zentrale Rolle spielt in diesem Zusammen die exakte Dokumentation der Produkte, Entwicklungsprojekte und technischen Änderungen, die Voraussetzung für eine genaue und flexible Terminsteuerung ist.

2 Produktdokumentation und Basisdaten

Die Produktentwicklung erfolgt im Automobilbau über Entwicklungsprojekte entsprechend dem Gate-stage-Prinzip [vgl. Gusig, 2010, S. 16 ff.] Die Ergebnisse fließen als Basisdaten in die Produktdokumentation ein, die nach dem Y-Modell von Scheer (vgl. [14]) eine Verbindungsbrücke zwischen dem Kundenauftragsprozess (KAP) und dem Produktentwicklungsprozess (PEP) bilden (s. Abb.1).

Die wichtigsten Basisdaten zur Beschreibung eines Produktes im Automobilbau sind:

- Entwicklungsprojekte
- Produktdefinition
- Stücklisten
- Teile und Baugruppen.

Mit Hilfe dieser Basisdaten erfolgt die terminliche Steuerung des Serieneinsatzes (SOP) von Produkten und technischen Änderungen, die nach VDA-Empfehlung den Reifegrad 6 haben müssen (vgl. [16], S. 16). Dabei spielt die Bestimmung des exakten Bauzustandes bezogen auf die Endmontage bzw. endgültige Fertigstellung des Fahrzeuges die alles entscheidende Rolle.

2.1 Die Beschreibung von Produkten

Aufgrund der Variantenvielfalt werden in der Automobilindustrie die Produkte nicht - wie sonst üblich - mit Hilfe einer vorher feststehenden Produktnummer, sondern mit Hilfe von Merkmalen definiert. Diese Merkmale beschreiben das Produkt in Form von technischen, funktionalen, optischen und anderen Eigenschaften. Die Merkmale werden zur Unterscheidung im Folgenden »Optionen« genannt, weil sie so geordnet sind, dass sie die Anforderungen an eine ideale boolesche Mengenalgebra erfüllen. Die Menge aller Produktvarianten »P« bildet dann eine ideale boolesche Mengenalgebra, wenn jede Untermenge der Aggregatefamilie ein Hauptideal von »P« bildet.

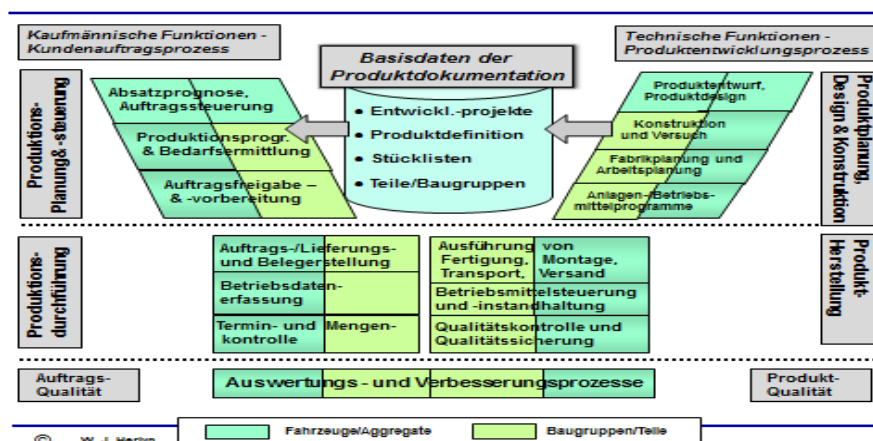


Abbildung 1: Produktentwicklungsprozess (PEP) (eigene Darstellung)

Jedes Hauptideal wird durch eine gewisse Anzahl von Basis-Optionen, die sich paarweise gegenseitig ausschließen, in komplementäre Untermengen zerlegt. Jede dieser Untermengen wird ebenfalls durch die Ausstattungsfamilien in Unter-Ideale aufgeteilt, die ihrerseits durch Zusatz-Optionen, die sich gegenseitig paarweise ausschließen, in komplementäre Untermengen zerlegt werden [vgl. [5], S. 81 ff.). Eine so definierte ideale Produktdefinition setzt sich demnach aus einer genauen Anzahl von Basis-Optionen zusammen, die das Grundprodukt beschreiben, und einer genauen Anzahl von Zusatz-Optionen, die die Ausstattungsvarianten des Grundproduktes beschreiben.

Man kann nun aus den vorhandenen Basis-Optionen unterschiedliche Modelle definieren, denen für einen Absatzmarkt aus jeder Ausstattungsfamilie ganz bestimmte Ausstattungen »serienmäßig« zugeordnet werden. Diese werden »Verkaufsmodelle« genannt (ebenda, S. 108 ff.), die je Modelljahr nach Modell-Linien differenziert werden und so dem Kundengeschmack und der Wettbewerbssituation, aber auch den neuesten technischen Entwicklungen und gesetzlichen Anforderungen angepasst werden können (s. Abb. 2).

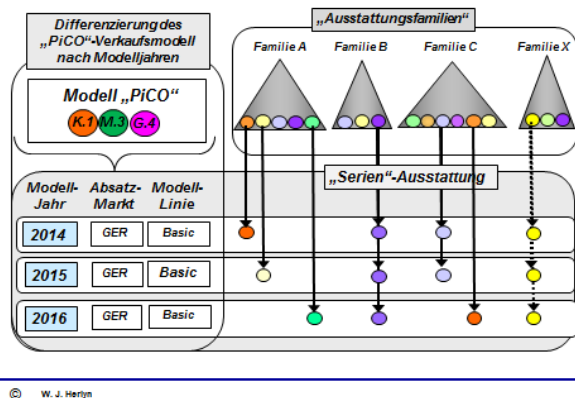


Abbildung 2: Definition von Verkaufsmodellen (eigene Darstellung)

Wenn ein Kunde in einem Absatzmarkt ein Verkaufsmodell bestellt, dann umfasst die Bestellung automatisch die vom Hersteller zugeordneten Serienausstattungen. Das dadurch definierte Fahrzeug kann nun vom Kunden noch individuell verändert werden, indem er bestimmte Serienausstattungen durch Ausstattungen seiner Wahl ersetzt und so die Produktdefinition ändert. Zur Bestimmung des Bauzustandes eines Fahrzeuges muss dem Fahrzeug noch ein Fertigungswerk und ein Fertigungstermin zugeordnet werden. Erst diese Angaben ermöglichen zusammen mit der Produktdefinition eine genaue Terminierung des Produktionseinsatzes der Produktvarianten, Ausstattungen und technischen Änderungen.

Dies ist die Voraussetzung zur Ermittlung des Einsatztermins der Entwicklungsprojekte und damit der gültigen Teile, Baugruppen, Module und Aggregate eines Fahrzeugs.

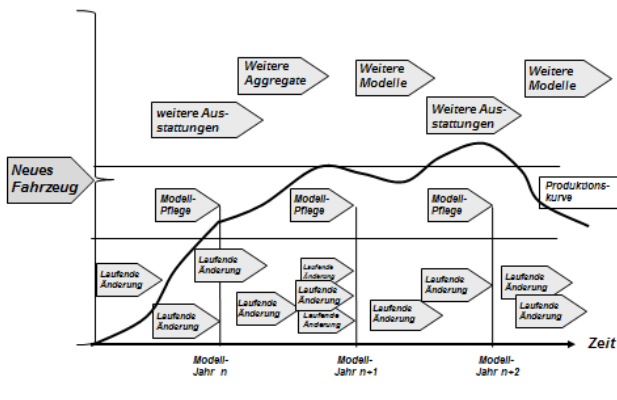
2.2 Die Neuentwicklung und technische Änderungen im Produktlebenszyklus

Der Produktlebenszyklus im Automobilbau beginnt mit der Neuentwicklung eines Fahrzeugs und seiner Antriebsaggregate Motor und Getriebe, wobei die Karosserie bzw. tragende Plattform eines Fahrzeuges die ausschlaggebende Rolle spielt. Dieses Fahrzeug wird aber erst durch weitere technische Elemente und Ausstattungen, die zusammen mit dem Fahrzeug entwickelt werden, zu einem gebrauchsfähigen Produkt. Im Laufe der Zeit wird das Fahrzeug um neue Karosserie-, Motor- oder Getriebevarianten und neue Ausstattungen erweitert. Jedes Jahr werden zum Modellwechsel neue oder veränderte Verkaufsmodelle in den verschiedenen Absatzmärkten angeboten. Während des ganzen Lebenszyklus werden die technischen Lösungen im Fahrzeug laufend geändert und optimiert. Zudem werden in gewissen Abständen die Produkte auf den neuesten technischen Stand gebracht und dem Kundengeschmack angepasst.

Aufgrund des Umfangs und der Bedeutung kann man im Automobilbau vier Arten von Entwicklungsumfängen bzw. -projekten unterscheiden:

- Produkt-Neuentwicklung: Entwicklung neuer Karosserien, Motoren und Getriebe und Ausstattungen
- Produkt-Erweiterung: Erweiterung der Ausstattungen um weitere Alternativen und/oder technische Lösungen
- Produkt-Pflege: modelljahresbezogene Überarbeitung und Veränderung der bestehenden Produkte und Ausstattungen
- Produkt-Änderungen: laufenden Änderungen an den bestehenden Produkten, Ausstattungen und Komponenten. Wenn möglich, werden diese mit der Produktpflege zum Modelljahreswechsel eingesetzt.

Diese verschiedenen Entwicklungsumfänge treten in einer bestimmten Reihenfolge immer wieder auf. Nach dem Serienstart eines neu entwickelten Fahrzeugs wird dieses im Laufe der Zeit durch neue Aggregate und neue Ausstattungen erweitert; die Fahrzeuge werden regelmäßig, meistens zum Modelljahreswechsel, überarbeitet. Darüber hinaus werden die Fahrzeuge, Ausstattungen und Komponenten laufend technisch verbessert und optimiert (s. Abb. 3).



© W. J. Herlyn

Abbildung 3: Produktlebenszyklus und Entwicklungsprojekte (eigene Darstellung)

3 Die Steuerung des Serieneinsatzes (SoP) von Produkten und technischen Änderungen

3.1 Einsatzsteuerung mit Hilfe einer Projekt-Terminierungs-Tabelle (PTR)

Im Rahmen des Kundenauftragsprozesses (KAP) kann der Serieneinsatz von Produkten, Ausstattungen und technischen Änderungen nicht immer für alle Produktvarianten gleichzeitig erfolgen, sondern muss terminlich differenziert werden.

Hierfür eignet sich am besten die Projektnummer, unter der eine technische Entwicklung oder Änderung dokumentiert wird. Separate »Produktionseinsatzprojekte« zur Terminsteuerung erscheinen wenig sinnvoll, weil dadurch Kommunikationsprobleme und Inkonsistenzen erzeugt werden können und der Zusammenhang zur technischen Entwicklung verloren geht. Eine »konstruktive« Projektnummer dient vor allem zur Steuerung eines Änderungsumfanges im Rahmen des PEP, sie dient aber zugleich auch der eindeutigen Identifikation eines Entwicklungsumfanges und wird zur Unterscheidung der unterschiedlichen Projekte benötigt. Die Projektnummer kann zudem zur Beschreibung und Abgrenzung von Bauzuständen in der Produktdokumentation verwendet werden.

Zur Terminierung des Produktionseinsatzes reicht es nicht aus, einer Projektnummer nur ein einziges bestimmtes Einsatzdatum zuzuordnen. Vielmehr muss der Einsatztermin nach verschiedenen produktbezogenen Kriterien differenziert werden. Als Differenzierungskriterien kommen u. a. folgende Begriffe in Frage: Basis-Optionen, Zusatz-Optionen, Fahrzeugwerke, Modelljahr (s. Abb. 4).

Entwickl.-Projekt-Nummer	Einsatz Datum	Produktdefinition		Fahrzeug-Werke	Modell-jahr
		Basis-Optionen	Zusatz-Option		
EP-1	02.02.15	X.1 / X.2	****	****	-----
ÄA-2	13.07.15	X.1 / X.2	****	****	-----
ÄS-2	17.08.15	X.1	****	****	-----
	14.09.15	X.2	****	****	-----
ÄM-1	01.08.14	X.1 / X.2	****	****	-----
ÄM-2	-----	X.1 / X.2	****	****	MJ-16
ÄW-1	02.02.15	X.1 / X.2	****	****	-----
	ÄW-2	15.07.15	X.1 / X.2	****	FW(1)
=		12.10.15	X.1 / X.2	****	FW(2)
ÄX-1	02.02.15	X.1 / X.2	****	****	-----
	ÄX-2	17.08.15	X.1 / X.2	T.4	****
=		03.01.16	X.1 / X.2	****	****

© W. J. Herlyn

Abbildung 4: Projekt-Terminierungs-Tabelle (beispielhaft) (eigene Darstellung)

Die unterschiedlichen Möglichkeiten der Termin-Differenzierung können auch miteinander kombiniert werden, was aus Platzgründen hier nicht weiter dargestellt und erläutert wird. Aufgrund der Bedeutung der Einsatzterminsteuerung, aber auch wegen der Komplexität, wurde im VW-Konzern ein spezielles IT-System »STEREO« (Stücklisten-Terminierung-Online) entwickelt, in dem alle technischen Projekte einheitlich verwaltet werden können (vgl. [18], S.71).

Die Einsatzterminierung von Entwicklungsprojekten erfolgt bei neuen Fahrzeugen, Aggregaten und Ausstattungen über die Produktdefinition selber. Bei technischen Änderungen an bestehenden Produkten kann die Einsatzsteuerung und Einsatzterminierung nur über die Abgrenzung von Projekten in der Stückliste erfolgen, da eine Abgrenzung über die Produktdefinition nicht möglich ist.

Die Projektnummer ist die eindeutige Identifikation eines Entwicklungsumfanges und dient dem Projektmanagement zur Steuerung im Rahmen des Produktentwicklungsprozesses (PEP). Die Projektnummer wird zugleich zur Abgrenzung von Bauzuständen in der Produktdokumentation verwendet. Dabei wird die Projektnummer als Referenz bzw. Terminierungsschlüssel zur Einsatzterminierung verwendet [Herlyn, 1990 S. 89 ff.]. Dies hat den Vorteil, dass in allen Bereichen und Unterlagen mit demselben Begriff der Projektnummer gearbeitet wird. Dadurch sprechen alle Prozessbeteiligten von denselben technischen Umfängen, was für die Kommunikation und einen durchgängigen Prozess extrem wichtig ist. Jede Projektnummer wird in einer gemeinsamen Projekt-Terminierungs-Tabelle hinterlegt und dieser wird je Produkt (Basis-Option) mindestens ein Einsatztermin zugeordnet.

So kann in jedem Dokument eine technische Aussage terminlich begrenzt werden, z. B. kann in der Stückliste der Einsatz und Entfall einer Stücklistenposition jeweils mit der zutreffenden Projektnummer abgegrenzt werden.

Die Projektnummer wird dann bei der Auflösung der Stücklisten mit Hilfe der Projekt-Terminierungs-Tabelle in das eingetragene und aktuell gültige Tagesdatum umgesetzt.

3.2 Abgrenzung von Produkten und Bauzuständen in booleschen Komplex-Stücklisten

Aufgrund der extrem hohen Anzahl an Produktvarianten gibt es im Automobilbau keine vorher festlegte Produkt-Nummer und keinen eindeutigen Stücklistenkopf – wie sonst üblich. Die möglichen Produktvarianten werden in einer booleschen Komplex-Stückliste dokumentiert, die als Stücklistenkopf nur die Basis-Option enthält; diese beschreibt die Grundmenge eines Produktes und umfasst alle Produktvarianten, die über Zusatz-Optionen definiert werden (vgl. [5], S.79 ff.). Die einzelnen Komponenten werden über boolesche Ausdrücke in der Komplex-Stückliste den Produktvarianten zugeordnet. Die jeweils gültigen Komponenten können dann für eine Kundenbestellung über die Produktdefinition auftragsbezogen ermittelt werden (vgl. [9] S. 33 ff.). Die zeitliche Abgrenzung der Bauzustände erfolgt mit einem Einsatz und Entfall. Dies kann direkt durch ein Tagesdatum oder indirekt durch die Angabe der Projekte erfolgen, die dann über die PTR aufgelöst werden (s. Abb. 5). Die direkte Eingabe des (geplanten) Tagesdatums ist nicht empfehlenswert, weil dann der originäre technische Zusammenhang verloren geht. Eine spätere Terminänderung ist kaum noch möglich, da häufig mehrere unterschiedliche Änderungen (=Projekte) gleichzeitig einsetzen und diese dann nicht mehr unterschieden werden können.

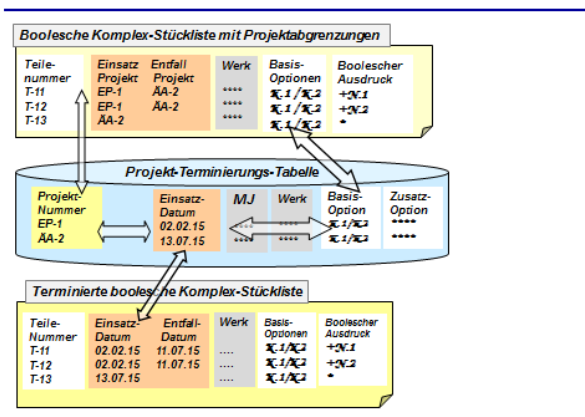


Abbildung 5: Das Grundprinzip der Einsatzterminierung von Projekten in einer booleschen Komplex-Stückliste (eigene Darstellung)

In der Stückliste werden für das Produkt »K.1« und »K.2« zwei Teile (T-11, T-12) benötigt, die mit demselben Entwicklungsprojekt »EP-1« einsetzen. Das Teil T-11 wird eingebaut, wenn das Navigationssystem »N.1« bestellt wird, das Teil T-12 wird eingebaut, wenn das Navigati-

onssystem »N.2« bestellt wird. Die beiden Teile werden mit dem Einsatz des Projektes »AA-2« durch das Teil »T-13« ersetzt, das dann für beide Navigationssysteme verwendet werden kann; daher ist die Angabe einer Zusatz-Option im booleschen Ausdruck der Komplex-Stückliste nicht mehr nötig.

In der Projekt-Terminierungs-Tabelle wird für das Projekt »EP-1« der Einsatztermin »02.02.2015« und für das Projekt »AA-2« der »15.07.2015« festgelegt. Bei der Stücklistenauflösung werden die Projekte durch das Tagesdatum aus der Projekt-Terminierungs-Tabelle ersetzt. Der Einsatztermin einer Stücklistenposition entspricht dem eingetragenen Tagesdatum, der Entfalltermin liegt aber einen Kalendertag bzw. Arbeitstag vor dem jeweils eingetragenen Tagesdatum (hier der 13.07.2015), weil es sonst zu einer terminlichen Überschneidung und damit zu einer nicht eindeutigen Zuordnung der Komponenten kommen würde. Man spricht deshalb von einer dynamischen Komplexstückliste, wenn alle Stücklistenpositionen mit einem Projekt einsetzen und enden, d. h. es gibt für jede Stücklistenposition einen Gültigkeitszeitraum, der die zeitlich unterschiedlichen Bauzustände des Produktes beschreibt (vgl. [4], S. 91 ff.).

3.3 Die Einsatzsteuerung über Basis-Optionen

Bei der Markteinführung (ME) wird festgelegt, in welchen Werken welche Fahrzeuge für welche Absatzmärkte produziert werden. Anhand des ME-Termins wird durch Rückwärtsrechnung der SoP-Termin in den Fahrzeugwerken errechnet. Aufgrund von Fertigungs- und Beschaffungsrestriktionen können Produkte, Ausstattungen und Änderungen oft nicht bei allen Fahrzeugen gleichzeitig einsetzen. Dann kann der Einsatztermin über die Basis-Option differenziert werden (s. Abb. 6).

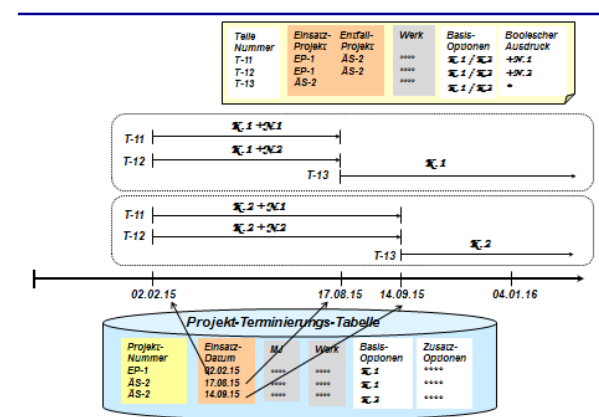


Abbildung 6: Einsatzsteuerung über Basis-Optionen (eigene Darstellung)

In der PTR wird der Einsatztermin für jede Basis-Option separat festgelegt. In dem Beispiel werden bei der Projekt-Nummer »AS-2« für die beiden Produktmengen »K1« und »K.2« zwei unterschiedliche Einsatztermine in

eingetragen. Die von der Projektnummer »ÄS-2« betroffenen Teile setzen bei den Produktvarianten von »K.1« zum 17.8.15 ein und bei den Produktvarianten von »K.2« erst zum 14.09.15. Dies führt bei der Stücklistenauflösung für die beiden Produkte »K1« und »K.2« in einem gewissen Zeitraum zu unterschiedlichen Bauzuständen. Diese sind jedoch nach dem letzten Einsatztermin »14.09.15« für beide Produkte wieder gleich. Die Einsatzterminierung von neuen Produkten erfolgt in der Praxis häufig über die Basis-Optionen, die Bestandteil der Definition der Verkaufsmodelle sind, weil die Differenzierung der Serienseinsätze von Projekten produktbezogen besonders sinnvoll und praktikabel ist.

3.4 Die Einsatzsteuerung über Werke

Eine weitere, häufig genutzte Möglichkeit ist die Differenzierung der Einsatztermine mit Hilfe der Fertigungswerke, wovon auch die Lieferanten betroffen sind.

»Im Zuge globaler Plattformstrategien für Fahrzeuge ist es heute üblich, ein System an mehrere weltweit verteilte Fertigungswerke anzuliefern. Dies bedingt eine absolut transparente Steuerung der Änderungsstände der angelieferten Produkte und der Vorbaugruppen ... « (s. [2] S. 230). Wenn ein Produkt in mehreren Werken parallel gefertigt wird, muss für jedes Fertigungswerk eine eigene Werks-Stückliste vorliegen, um den Produktionseinsatz werksbezogen differenzieren zu können (s. Abb. 7). Der Kundenauftrag wird über den Zählpunkt »FF« (Fahrzeug fertig) einem Fahrzeugwerk zugeordnet (vgl. [6], S.139). Die terminliche Auflösung der Komplex-Stückliste erfolgt dann für jedes Werk separat (Bsp. FW(1) → 15.07.15, FW (2) → 12.10.15), die aufgrund von unterschiedlichen Fertigungsabläufen und Fertigungszeiten oder anderen Lieferabhängigkeiten häufig erforderlich ist.

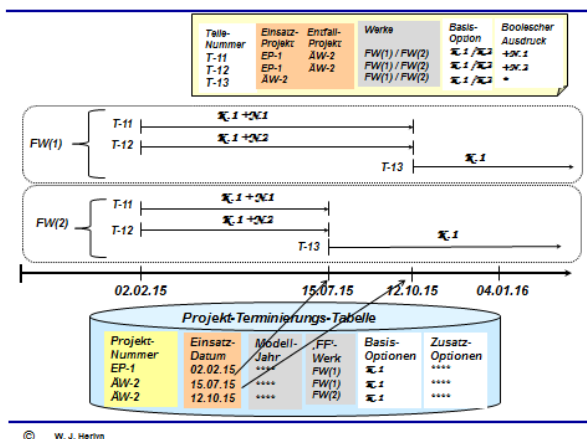


Abbildung 7: Einsatzsteuerung nach Fertigungswerken (eigene Darstellung)

Der praktische Grund für eine solche Differenzierung kann in Kapazitätsengpässen oder Lieferschwierigkeiten liegen, die meistens jedoch nach einiger Zeit behoben sind. Oder der Fahrzeughersteller hat noch Abnahmever-

pflichtungen für Teile, denen er noch eine gewisse Zeit nachkommen muss. Für die Rückverfolgbarkeit im Rahmen der Produkthaftung oder der Gewährleistung kann es dann eine große Rolle spielen, in welchem Fertigungswerk und auf welcher Linie das Fahrzeug gebaut wurde und welche Komponenten zu einem bestimmten Zeitpunkt eingebaut wurden.

3.5 Einsatzsteuerung über Modelljahre

Häufig wird der Einsatz der Projekte an ein neues Modelljahr gekoppelt, das nicht nur Bestandteil des Kundenauftrages, sondern auch Fahrzeug-Identifikationsnummer ist und sich somit besonders gut zur Abgrenzung von Bauzuständen eines Fahrzeugs eignet. Über das Modelljahr kann der Kundenauftrag über die Projekte in der PTR mit den Stücklistenpositionen verknüpft werden (s. Abb. 7). Bei der Stücklisten-Auflösung ist es dann nicht erforderlich, das genaue Einsatzdatum des Modelljahres zu kennen, da die Ermittlung des gültigen Bauzustandes über die betroffenen Stücklistenpositionen direkt mit dem Kundenauftrag erfolgt. In diesem Fall können auch zwei Modelljahre eines Fahrzeugs parallel gefertigt werden, denn die richtige Zuordnung und Einsatzsteuerung der Komponenten erfolgt über das Modelljahr im Fahrzeugauftrag (s. Abb. 8).

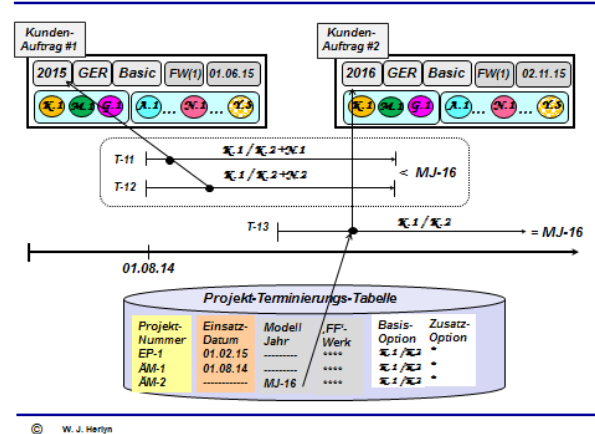


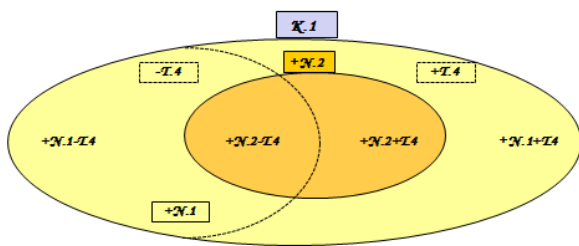
Abbildung 8: Einsatzsteuerung nach Modelljahren (eigene Darstellung)

3.6 Einsatzsteuerung über Zusatz-Optionen

Eine Besonderheit stellt die Termindifferenzierung von Änderungen mit Hilfe von Zusatz-Optionen dar, die gerade diese Zusatz-Option selber nicht betreffen und daher auch nicht in dem booleschen Ausdruck der Stücklistenpositionen vorkommen.

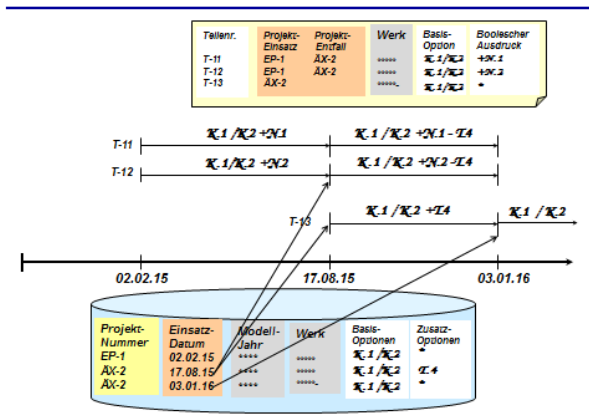
Dazu eine Beispiel: Die Konstruktion hat Änderungen an den Navigationssystemen »N.1« und »N.2« vorgenommen. Diese Änderungen wurden unter der Projektnummer »ÄX-2« in die Komplex-Stückliste eingestellt. Diese

Änderungen können jedoch aus Kapazitätsgründen nicht gleichzeitig für alle Fahrzeuge eingeführt werden. Der Fahrzeughersteller entscheidet daraufhin, die Änderungen zuerst nur für Fahrzeuge »K1.1« mit vier Türen (→ Zusatz-Option »T4«) einzusetzen und erst später (zum 03.01.2016) diese auch für alle Fahrzeuge mit zwei Türen einzusetzen. Diese terminliche Einsatz-Differenzierung hat mit den technischen Änderungen der Konstruktion am Navigationssystem selber nichts zu tun. Damit die Produktion den Einsatz der Änderung für die Fahrzeugvarianten unterschiedlich steuern kann, müssen die booleschen Ausdrücke der betroffenen Stücklistenpositionen jeweils durch die Zusatz-Option »T4« in komplementäre Untermengen zerlegt werden. Dies kann durch ein Venn-Diagramm veranschaulicht werden kann (s. Abb. 9).



© W. J. Hartyn

Abbildung 9: Venn-Diagramm für die komplementäre Zerlegung der booleschen Ausdrücke in der Komplex-Stückliste (eigene Darstellung)



© W. J. Hartyn

Abbildung 10: Einsatzsteuerung über Zusatz-Optionen (eigene Darstellung)

Dafür wird jeder betroffene boolesche Ausdruck in die jeweiligen komplementären Untermengen zerlegt. Aus »K.1 + N.1« wird »K.1 + N.1 - T4« und »K.1 + N.1 + T4«; aus »K.1 + N.2« wird »K.1 + N.2 - T4« und »K.1 + N.2 + T4«. Diese Ausdrücke werden jedoch nur temporär für

den Zeitraum vom 15.07.2015 bis zum 04.01.2016 benötigt, weil dann die Änderung für alle Produkte gilt (s. Abb. 10).

4 Kurze Zusammenfassung

Die steigende Anzahl von Modellen, Ausstattungen und die laufenden technischen Änderungen im Automobilbau führen dazu, dass die genaue terminliche Steuerung des Serienseinsatzes zu einer permanenten Aufgabe der Produktion und Logistik geworden ist; tausende technische Änderungen an einem Fahrzeug sind heute keine Ausnahme, sondern eher die Regel.

Alle Produkte und Änderungen müssen genau dokumentiert werden, um ihren Einsatz steuern zu können. Aufgrund der Variantenvielfalt werden die Fahrzeuge mit Hilfe von geordneten Merkmalen, den sog. »Basis-« und »Zusatz-Optionen«, beschrieben. Für die Absatzmärkte werden daraus Verkaufsmodelle definiert, die jedes Modelljahr überarbeitet werden. Die technischen Änderungen am Produkt werden dabei durch die Entwicklungsprojekte, die eine eindeutige Projektnummer erhalten, beschrieben und zeitlich abgegrenzt. Für jede Projektnummer wird in einer Projekt-Terminierungs-Tabelle (PTR) ein Einsatztermin festgelegt, der als Referenz für die Abgrenzung der zeitlichen Bauzustände in der Stückliste benutzt wird; durch diese kann der Einsatz und Entfall einer Stücklisten-Position abgegrenzt werden. Bei booleschen Komplex-Stücklisten wird ein Projekt über die Produktdefinition terminiert, da keine Sachnummer für die Produktvarianten vorhanden ist.

Aufgrund von Produktions- und Beschaffungsrestriktionen müssen die Einsatztermine der Projekte häufig differenziert werden, z. B. nach Basis-Optionen, Werken, Modelljahr oder Zusatz-Optionen. Diese Termin-Differenzierung hat mit den technischen Inhalten der Projekte selber nichts zu tun, sondern wird von der Produktion, Logistik, Beschaffung oder dem Vertrieb veranlasst. Diese terminliche Differenzierung und Steuerung des Serienseinsatzes der Projekte ist rein produktionsbezogen, ohne die Konstruktion einzuschalten und ohne deren technische Dokumentation und Unterlagen zu ändern. Die Änderungen der Einsatztermine werden nur in der PTR vorgenommen und erst bei der Stücklistenauflösung der Kundenaufträge in konkrete Tagestermine umgewandelt.

Dadurch können terminliche Änderungen in der gesamten Produktdokumentation gleichzeitig und konsistent durchgeführt werden und stehen für alle Anwendungen und allen Prozesspartner einheitlich und zeitgleich zur Verfügung. Die Einsatztermine werden geändert, ohne die Angaben in der Stückliste oder Produktdefinition der Verkaufsmodelle selber zu ändern.

Durch die beschriebene Methodik kann die Produktion und Logistik der Steuerung den Serieneinsatz der Produkte und technischen Änderungen sehr schnell und flexibel steuern, ohne dies mit der Konstruktion abstimmen zu müssen und ohne deren technische Unterlagen und Produktdokumentation ändern zu müssen.

5 Literatur

- [1] Baumgarten, H.; Risse J.: »Logistikbasiertes Management des Produktentstehungsprozess«, Institut für Technologie und Management, TU Berlin, o. Jg.
- [2] Behn, M.; Trojahn, A. : »Änderungsmanagement bei einem Systemlieferanten – Der Globale Technische Änderungsdienst der Behr GmbH&Co.KG«. In: [14], S. 229-240.
- [3] Gusig, L.-O; Kruse, A. u. a.: »Fahrzeugentwicklung im Automobilbau« , Hanser Verlag, München, 2010.
- [4] Herlyn, W. Dr.: »Zur Problematik der Abbildung variantenreicher Erzeugnisse in der Automobilindustrie«; VDI Fortschrittsberichte, Reihe 16, Nr. 52, VDI Verlag, Düsseldorf, 1990.
- [5] Herlyn W. Dr. : »PPS im Automobilbau – Produktionsprogrammplanung und -steuerung von Fahrzeugen und Aggregaten«, Hanser Verlag, München, 2012.
- [6] Herlyn W. Dr.: »Integrierte Produktions- und Transportsteuerung auf Basis einer konsistenten Produktions- und Versandstruktur«, 18. Magdeburger Logistiktagung Tagungsband, Fraunhofer IFF Magdeburg, 2013, S. 137-143.
- [7] Herold L.: »Kundenorientierte Prozesssteuerung in der Automobilindustrie«, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2015.
- [8] Klug, F.: »Logistikmanagement in der Automobilindustrie«, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010.
- [9] Kropik, M.: »Produktionsleitsysteme in der Automobilfertigung«, Springer-Verlag, Dordrecht Heidelberg London Berlin, 2009.
- [10] Lehmann, S.: »Kooperatives Änderungsmanagement«, Vortrag auf dem Forum Automobillogistik 2015, Leipzig, BVL, VDA, 2015 (Springer Verlag, Berlin 1998).
- [11] Lindemann, U.; Reichwald, R.: »Integriertes Änderungsmanagement«, Springer Verlag, Berlin, 1998.
- [12] Risse, J.: »Time-to-Market-Management in der Automobilindustrie«, Haupt Verlag, Bern Stuttgart Wien, 2003.
- [13] Rösch, F. et al.: »Grundlagen des Änderungsmanagements im Anlauf«. In: [14], S. 215-220.
- [14] Scheer, A.-W.: »CIM – Computer Integrated Manufacturing«, Springer Verlag, Berlin 1987.
- [15] Schuh, G.; Stölzle, W.; Straube, F. (Hrsg.): »Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen«, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- [16] VDA: Produktentstehung – Reifegradabsicherung für Neuteile«, Reihe Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie.
- [17] Oscar – Mitarbeiterzeitung Volkswagen Osnabrück, Ausgabe 4, 2013, Hrsg. Volkswagen Osnabrück GmbH.
- [18] Audi Akademie: »IT/PLM-Katalog« Trainings- und Beratungsangebot, Audi AG, Ingolstadt, 2013.

ENTWICKLUNG EINES ZIELSYSTEMS ZUR ENTSCHEIDUNGS- UNTERSTÜTZUNG BEI DER GESTALTUNG SCHLANKER INNERBETRIEBLICHER LOGISTIKPROZESSE IN KMU

Dipl.-Wirt.-Ing. Tom Drews
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Bayreuth

Paul Molenda M. Sc.
Dr. Johannes Siebert
Universität Bayreuth

Dr.-Ing. Oliver Oechsle
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Bayreuth

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirt.-Ing. Tom Drews

Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Bayreuth

2006 – 2012

Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der TU Dresden mit den Schwerpunkten Industrielles Management und Automatisierungstechnik.

2010 – 2011

Praktikant und Diplomand bei der GFal Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V. im Bereich Graphische Ingenieursysteme (Graphing).

Seit 2012

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation.

LEBENS LAUF



Paul Molenda M. Sc.

Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

2008 – 2012

Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Hochschule Hof,
Abschluss: B. Eng.

2011 – 2012

Praktikant und Bachelorand bei der KSB AG in Pegnitz.

2012 – 2014

Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Bayreuth,
Abschluss: M. Sc.

Seit 2014

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an Lehrstuhl für Umweltgerechte
Produktionstechnik an der Universität Bayreuth.

LEBENS LAUF



Dr. Johannes Siebert

Universität Bayreuth, Recht- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät,
Habilitation am Lehrstuhl BWL V (Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre)
von Herrn Prof. Jörg Schlüchtermann

1999 – 2005

Studium der Betriebswirtschaftslehre an der Universität Bayreuth mit den
Schwerpunktfächern Wirtschaftsinformatik, Finanzen und Banken sowie
Dienstleistungsmanagement.

2006 – 2009

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl BWL V (Produktionswirtschaft und
Industriebetriebslehre) von Herrn Prof. Jörg Schlüchtermann an der Universität
Bayreuth.

Seit 2010

Akademischer Rat am Lehrstuhl BWL V (Produktionswirtschaft und
Industriebetriebslehre) von Herrn Prof. Jörg Schlüchtermann an der Universität
Bayreuth.

LEBENS LAUF



Dr.-Ing. Oliver Oechsle

Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Bayreuth

- | | |
|-------------|---|
| 1997 – 2002 | Studium an der Hochschule Rosenheim im Studiengang Holzbau und Ausbau. |
| 2002 – 2003 | Projektingenieur im Bereich Betriebsorganisation sowie Forschung und Entwicklung, LSW – Labor für Schall- u. Wärmemesstechnik GmbH, Stephanskirchen. |
| 2003 – 2005 | Postgraduales Masterstudium an der Hochschule Rosenheim, Schwerpunkt Fabrikplanung u. Produktionslogistik. |
| 2005 – 2008 | Projektingenieur im Bereich Forschung und Entwicklung, Hochschule Rosenheim. |
| 2008 – 2014 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik an der Universität Bayreuth und der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation. |
| 2014 – 2015 | Freiberuflicher Berater. |
| Seit 2015 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Gruppenleiter der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation. |

ENTWICKLUNG EINES ZIELSYSTEMS ZUR ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG BEI DER GESTALTUNG SCHLANKER INNERBETRIEBLICHER LOGISTIKPROZESSE IN KMU

Dipl.-Wirt.-Ing. Tom Drews, Paul Molenda M. Sc., Dr. Johannes Siebert, Dr.-Ing. Oliver Oechsle

1 Ausgangssituation

1.1 Aktuelle und zukünftige Herausforderungen der Logistik

Die Logistik bildet eine wichtige Basis um Wettbewerbs- und Kostenvorteile zu generieren und wird zunehmend zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Diese können durch eine optimierte Logistik ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig steigern und dadurch ihre Kundenwahrnehmung positiv beeinflussen. Empirische Studien unterstreichen die Bedeutung und den Einfluss der Logistik. Beispielhaft sei hier der zeitliche Anteil der logistischen Prozesse in der Produktion (unternehmensinterne Wertschöpfungsprozesse) genannt. Dieser nimmt teilweise mehr als 97 % der gesamten Durchlaufzeit eines Produkts ein. Daraus folgt, dass weniger als 3 % der Durchlaufzeit auf die direkt wertschöpfenden Prozesse in der Produktion entfallen. [SKO11] Dieses Beispiel unterstreicht das Potential einer optimierten innerbetrieblichen Logistik, welche insbesondere bei produzierenden KMU ein wesentlicher Ansatzpunkt ist, um den zukünftigen globalen und logistischen Herausforderungen, wie z. B. den steigenden Kundenanforderungen, dem erhöhten Kostendruck, der zunehmenden Komplexität und der steigenden Variantenvielfalt effektiv begegnen zu können (vgl. Abbildung 1). [SDO+13]

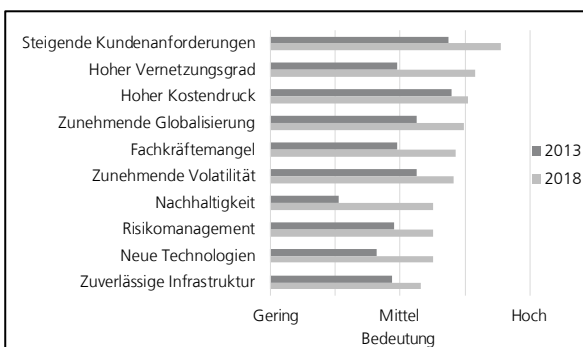


Abbildung 1: Aktuelle und zukünftige Bedeutung der Herausforderungen in der Logistik (in Anlehnung an [HSP+13])

Die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen in der Logistik spiegeln sich auch in der Formulierung der logistischen Ziele von Logistikdienstleistern, Handelsunternehmen und produzierenden Unternehmen wider und unterstreichen die Bedeutung der branchenübergreifenden

Kunden- und Wertorientierung für die zukünftige Gestaltung von Produktions- und Logistikprozessen (vgl. Abbildung 2).

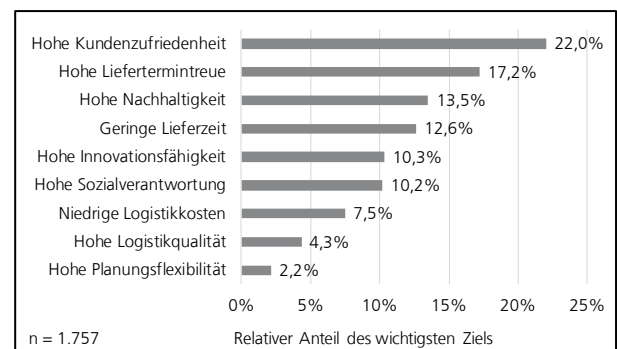
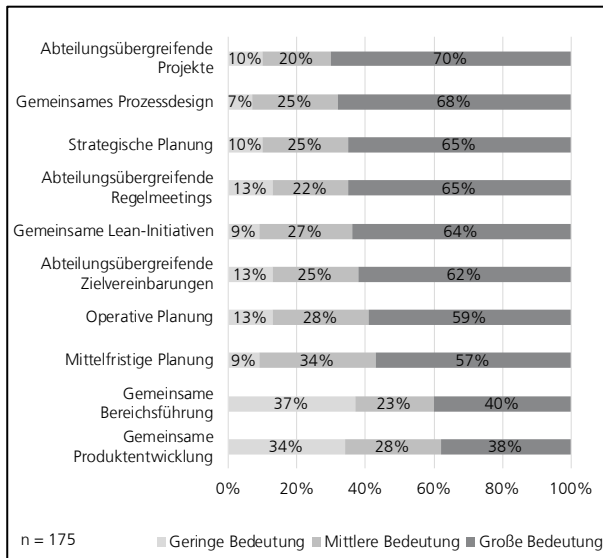


Abbildung 2: Relativer Anteil des am wichtigsten eingeschätzten logistischen Ziels (in Anlehnung an [HSP+13])

1.2 Integration von Produktion und Logistik und Schlanke Logistik

Die Logistik gewinnt branchenübergreifend an Bedeutung und hat sich von einer funktionellen Unterstützung der Wertschöpfung hin zu einem langfristigen Erfolgsfaktor entwickelt und trägt somit wesentlich zur Erfüllung der Kundenanforderungen bei. [WWB+12] Durch den steigenden Anteil der am Wertschöpfungsprozess beteiligten logistischen Prozesse ergeben sich insbesondere für produzierende Unternehmen Potentiale zur Effizienzsteigerung und zur Kostensenkung durch die enge Verzahnung und kontinuierliche Optimierung von Produktions- und Logistikprozessen. So können z. B. die Gesamtkosten in der Produktionslogistik von produzierenden KMU um bis zu 25 % gesenkt werden. [SKO11] Die Bedeutung dieser empirisch nachgewiesenen Kostensenkungspotentiale wird durch die Ergebnisse von aktuellen Erhebungen gestützt. So sehen 94 % der deutschen produzierenden Unternehmen die Verzahnung von Produktion und Logistik als einen Effizienzvorteil. [Mie14] Durch eine engere Zusammenarbeit der Bereiche Produktion und Logistik und der damit verbundenen Nutzung von Synergieeffekten werden außerdem Effizienzvorteile mit überwiegend geringen Investitionskosten prognostiziert. Hauptansatzpunkte zur Optimierung der Zusammenarbeit hierfür bilden vor allem abteilungsübergreifende Projekte, das gemeinsame Prozessdesign, die strategische Planung und

die Durchführung von gemeinsamen Lean-Initiativen (vgl. Abbildung 3). [Mie14]



Hinter dem Lean-Gedanke verbirgt sich eine umfassende Philosophie, die Prozesse in der Produktion versucht zu eliminieren, die aus Kundensicht keinen Wert besitzen und somit als Verschwendung (nicht wertschöpfend) einzustufen sind. Diese konsequente Kundenorientierung der »Schlanken Produktion« (engl.: Lean Production) zeigt sich insbesondere durch die erhöhte Flexibilität und gesteigerte Reaktionsfähigkeit gegenüber dem Kunden. [SH11] Die Weiterentwicklung bzw. Adaption des kundenorientierten Lean-Gedankens der Produktion auf die Logistik kennzeichnet die sogenannte »Schlanke Logistik« (engl.: Lean Logistics). Unter der Schlanke Logistik wird eine bestmögliche Verbindung und Koordination von kundenorientierten Wertschöpfungsprozessen eines schlanken Unternehmens verstanden, die einerseits die hohen Produktivitätsanforderungen der Produktion unterstützt und andererseits den Ursprung strategischer Wettbewerbsvorteile durch kurze Durchlaufzeiten bei hoher Flexibilität bildet. [Klu08, Klu10]

Schlanke Logistikprozesse sorgen somit ebenso wie schlanke Produktionsprozesse dafür, dass die Produkte möglichst schnell, mit geringem Aufwand und mit geringen Kosten dem Kunden zur Verfügung gestellt werden können. [GB13] Insbesondere bei produzierenden Unternehmen kann durch die zunehmende Verzahnung der Produktions- und Logistikprozesse in Summe auch von produktionslogistischen Wertschöpfungsprozessen gesprochen werden. Produktionslogistische Wertschöpfungsprozesse tragen durch sogenannte Gestaltungsprinzipien, wie z. B. »Synchronisation« und »Takt«, wesentlich zur Wertschöpfung der Transformationsprozesse (z. B.

Fertigung und Montage) bei und kennzeichnen das produzierende Unternehmen als Gesamtsystem.

1.3 Entscheidungsprozess in produzierenden KMU

Zur Realisierung von produktionslogistischen Wertschöpfungsprozessen im Sinne des Lean-Gedankens sind ausgehend von der Analyse der Ist-Situation und Formulierung von Zielen konkrete Optimierungsmaßnahmen abzuleiten und anschließend umzusetzen. Dieser systematische Problemlösungs- und Entscheidungsprozess gestaltet sich insbesondere für KMU schwierig, da diese u. a. über begrenzte personelle Ressourcen verfügen und bei den Entscheidungsträgern Defizite hinsichtlich eines strukturierten methodischen Vorgehens vorliegen. [SKO11] Der Entscheidungsprozess in KMU ist u. a. häufig durch einen Systembruch zwischen der Analyse- und Entscheidungsphase charakterisiert. Die Folge ist, dass die Bewertung der Ist-Situation und die Erfassung der verfolgten Ziele nur unzureichend oder überhaupt nicht berücksichtigt werden. Ergebnis hierbei sind realisierte Optimierungsmaßnahmen, die keinen oder nur einen eingeschränkten Beitrag zur Erreichung der implizit gewünschten Ziele leisten und u. U. an einer anderen Stelle im Gesamtsystem zu einer Verschlechterung führen. [Oec15] Dieses Problem wird zusätzlich dadurch verstärkt, dass die Entscheidungsträger in KMU zumeist nicht in der Lage sind die produktionslogistischen relevanten Sachverhalte zu identifizieren, in Form von Ursache-Wirkungszusammenhängen abzubilden und in Kennzahlen zu operationalisieren.

2 Entscheidungsunterstützung und Gestaltungsansatz für eine wertschöpfende Produktionslogistik

Ein Entscheidungsprozess ist durch die systematischen Phasen »Problemformulierung«, »Präzisierung des Zielsystems«, »Erforschung der möglichen Alternativen«, »Auswahl einer Alternative« und der »Entscheidung in der Realisationsphase« gekennzeichnet. [LGS12] Diese Vorgehensweise wird im Rahmen des Forschungsprojekts »empower – Entwicklung methodenbasierter produktionslogistischer Wertschöpfungsprozesse« am Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik an der Universität Bayreuth in Kooperation mit der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation als Grundlage genutzt, um ein produktionslogistisches Entscheidungsunterstützungsmodell für KMU zu entwickeln. Hierbei werden die zwei Hauptkomponenten eines Entscheidungsmodells, das Zielsystem (Zielgrößen, Präferenzen etc.) und das Entscheidungsfeld (Alternativen, Umweltzustände etc.), im Kontext einer strategischen Gestaltung der produktionslogistischen Wertschöpfungsprozesse in KMU abge-

bildet. Das allgemeingültige Zusammenwirken der Komponenten ist in Abbildung 4 dargestellt. [LGS12, KS11]

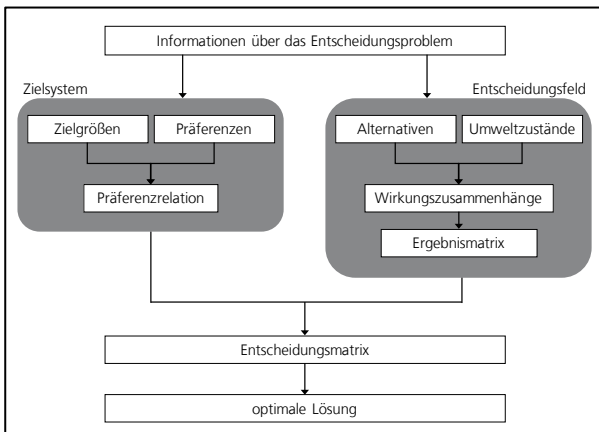


Abbildung 4: Komponenten eines Entscheidungsmodells (in Anlehnung an [KS11])

Die Ergebnisse der Hauptkomponenten (Präferenzrelation und Ergebnismatrix) werden in einer Entscheidungsmatrix abgebildet. Die Entscheidungsmatrix stellt die Ausprägungen der Alternativen bezüglich der Szenarien gegenüber und bestimmt den Nutzwert, den der Entscheidungsträger bei der Auswahl einer Alternative erzielt (vgl. Abbildung 5).

		Szenarien						
		s ₁	s ₂	s ₃	...	s _j	...	s _n
Alternativen	a ₁	n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	...	n _{1j}	...	n _{1n}
	a ₂	n ₂₁	n ₂₂	n ₂₃	...	n _{2j}	...	n _{2n}

	a _i	n _{i1}	n _{i2}	n _{i3}	...	n _{ij}	...	n _{in}

	a _m	n _{m1}	n _{m2}	n _{m3}	...	n _{mj}	...	n _{mn}

Abbildung 5: Entscheidungsmatrix (in Anlehnung an [KS11])

Der Schwerpunkt des Forschungsprojekts liegt auf der ganzheitlichen Entscheidungsunterstützung und umfasst im Besonderen die Präzisierung des Zielsystems, sowie die systemdynamische Abbildung von Wirkungszusammenhängen zwischen den Maßnahmen zur Optimierung und Gestaltung (z. B. »Nivellierung« und »Takt«) und den produktionslogistischen Zielgrößen.

3 Vorgehen zur Entwicklung von Zielsystemen

3.1 Zielidentifikation

Für eine zielgerichtete Verbesserung müssen zunächst die relevanten Ziele identifiziert werden. Bei dieser Zielidentifikation ist davon abzuraten, generischen Empfehlungen zu folgen, d. h. die Eignung von Maßnahmen darf nicht

pauschal und für alle Unternehmen gleichermaßen bewertet werden. Als Maßstab gilt dabei, inwieweit eine Maßnahme den Zielen des betreffenden Unternehmens gerecht wird. Die vollständige Identifikation von Zielen ist i. d. R. sehr anspruchsvoll. Die Frage an eine Person oder eine Organisation, ob die Ziele vollständig bekannt wären, wird zumeist bejaht. In einer empirischen Studie konnten Bond, Carlson und Keeney jedoch den Gegenbeweis dazu erbringen. [BCK10] Die Teilnehmer wurden aufgefordert, für eine sehr wichtige Entscheidungssituation, in der sie sich derzeit befinden, beispielsweise für die Wahl eines Praktikums, eines Doktorarbeitsthemas oder den Berufseinstieg, so viele Ziele wie möglich aufzuschreiben. Im Anschluss daran haben die Teilnehmer in einer Sammlung möglicher Ziele (»Masterliste«) alle für sie relevanten Ziele angekreuzt. Abschließend haben die Probanden die Ziele nach ihrer Wichtigkeit beurteilt. Das erstaunliche Ergebnis war, dass die Probanden im Durchschnitt ca. sechs Ziele selber nennen konnten, jedoch weitere ca. sechs Ziele nicht. Dabei wurden die Ziele, die die Probanden nicht selbst genannt haben, als genauso wichtig bewertet, wie die selbstgenannten Ziele. Ähnliche Beobachtungen diesbezüglich wurden hinsichtlich der Fähigkeit von Unternehmen gemacht Ziele zu artikulieren.

Als möglicher Ansatzpunkt zur vollständigen Identifizierung der Ziele bietet sich der »Value-focused Thinking«-Ansatz nach Keeney an. [Kee92] Dieser Ansatz stellt die Werte- und Zielvorstellungen in den Vordergrund und geht zunächst der Frage nach, was der Entscheidungsträger in einer Entscheidungssituation erreichen will. Anschließend werden geeignete Alternativen zur zielgerichteten Erreichung der Vorstellungen evaluiert. Dieser »wertfokussierte Ansatz« definiert ein Entscheidungsproblem durch die angestrebten Ziele des Entscheidungsträgers und nicht durch die verfügbaren Alternativen zur Lösung des Problems (»alternativenfokussierter Ansatz«). [Kee92, KS11] Im Zuge dessen wird beispielsweise empfohlen, eine Wunschliste aufzustellen. Als Ausgangspunkt eignen sich die Fragen danach, was der Entscheidungsträger in der Situation erreichen will oder welche Werte und damit verbundene Ziele er verfolgt. Der Entscheidungsträger soll versuchen, die Anzahl der Werte und Ziele durch mehrmaliges breiteres und tieferes Denken zu erhöhen. Die Antworten bieten eine Liste an Werten und Zielen und eine Basis für eine vertiefte Suche nach weiteren Zielen. Auch die Diskussion mit Stakeholdern kann die eigene, zunächst enge Perspektive, erweitern. [Kee92] Des Weiteren ist es wichtig, Ziele klar zu formulieren. Dabei ist es empfehlenswert, Ziele mit einem Objekt, einem Verb und einer Präferenzrichtung zu beschreiben, beispielsweise »Fehlerquote minimieren«, »Wartezeiten minimieren« oder »Qualität erhöhen«. [KS13]

3.2 Zielstrukturierung

Nach der vollständigen Identifikation von Zielen ist es hilfreich, diese zu strukturieren. Ein geeignetes Instrument zur Strukturierung ist die Darstellung von Zielen in einer Hierarchie mit Ober- und Unterzielen. Im Bereich der Entscheidungstheorie wird bei Einordnung von Zielen in Fundamental- und Instrumentalziele unterschieden. Instrumentalziele werden verfolgt um ein übergeordnetes Ziel zu erreichen. Sie dienen somit als Instrument zur Erreichung eines anderen Ziels. Fundamentalziele hingegen werden ihrer selbst wegen verfolgt. [EWL10, KS11] Das Ziel »Produktionszeiten minimieren« ist z. B. kein Selbstzweck, sondern trägt dazu bei, die »Gesamtdurchlaufzeit zu minimieren«. Die »Gesamtdurchlaufzeit minimieren« dient wiederum dazu die »Leistung zu maximieren«. Im Gegensatz dazu ist die »Leistung maximieren« ein Fundamentalziel eines produktionslogistischen Zielsystems.

Die Klassifizierung kann in unterschiedlichen Entscheidungssituationen voneinander abweichen. Die Unterscheidung von Fundamental- und Instrumentalzielen ist jedoch die Grundlage für die Strukturierung von Zielen in einem Mittel-Ziel-Netzwerk (engl.: Means-ends Objectives Network). [SK13] In einem Mittel-Ziel-Netzwerk werden Maßnahmen und deren Wirkung auf Ziele abgebildet. Dies dient der Erzeugung von sinnvollen Alternativen und kann ein erster Schritt zur Formulierung eines quantitativen Wirkungsmodells sein. [EWL10] In Abbildung 6 ist am Beispiel »Sicherheit beim Autofahren« eine fundamentale Zielhierarchie und ein Mittel-Ziel-Netzwerk dargestellt.

4 Entwicklung eines Zielsystems für die wertschöpfende Produktionslogistik

4.1 Identifikation produktionslogistischer Ziele

Die Identifikation der produktionslogistischen Ziele erfolgt zunächst auf Basis einer umfassenden Analyse bestehender wissenschaftlicher Ansätze zur Formulierung und Systematisierung von Zielen im Bereich der Produktion und Logistik. Diese erste Analyse dient ausschließlich der Schaffung einer umfassenden Basis an möglichen Zielen im Bereich der Produktion und Logistik und erfolgt zunächst ohne die Beeinflussung von subjektiven Präferenzen

zen möglicher Entscheidungsträger. Anschließend wurde der »wertfokussierte Ansatz« als Grundlage genutzt, um eine vollständige Erfassung von relevanten Zielen für die wertschöpfende Produktionslogistik zu erreichen. Hierbei existieren verschiedene Ansätze, die die Identifikation von Zielen strukturiert unterstützen. Diese Ansätze sind in Abbildung 7 dargestellt.

Ansätze zur Zielidentifikation	
1.)	Erstellung einer Wunschliste ohne die Berücksichtigung von möglichen Restriktionen und Prioritäten
2.)	Vergleich von Alternativen (z. B. tatsächlich realisierbar und hypothetisch) und deren Eigenschaften
3.)	Analyse der Ursachen bestehender Probleme und Mängel
4.)	Untersuchung von erwünschten und unerwünschten Konsequenzen möglicher Alternativen
5.)	Analyse von möglichen Vorgaben, Restriktionen und Richtlinien
6.)	Einnehmen von anderen Sichtweisen auf die Entscheidungssituation durch einen Perspektivenwechsel
7.)	Einbeziehung der strategischen Ausrichtung des Unternehmens
8.)	Nutzung von generischen Zielen, d. h. Ziele, die in ähnlichen Entscheidungssituation eingesetzt werden
9.)	Strukturierung von bereits identifizierten Zielen zur Ableitung von weiteren Zielen
10.)	Quantifizierung von bereits identifizierten oder strukturierten Zielen zur Ableitung von weiteren Zielen

Abbildung 7: Ansätze zur Zielidentifikation (in Anlehnung an [Kee92])

Ausgehend von dem gewünschten Zustand einer »wertschöpfenden Produktionslogistik« sind beispielsweise folgende Wünsche formuliert worden: »Effizienz maximieren«, »Leistung maximieren«, »Durchlaufzeiten minimieren«, »Flexibilität maximieren«, »Lieferservice maximieren«, »Kosten minimieren« und »Verfügbarkeit maximieren« (exemplarischer Auszug einer Wunschliste). Durch die Anwendung des Strukturierungsansatzes (Punkt 9 in Abbildung 7) konnten die Ziele der Maximierung von Personal-, Maschinen-, Material- und Informationsverfügbarkeit auf Basis der Strukturierung des Ziels »Verfügbarkeit maximieren« identifiziert werden. Des Weiteren ist mit Hilfe des Quantifizierungsansatzes (Punkt 10 in Abbildung 7) das Ziel »Durchlaufzeiten minimieren« auf eine mögliche Quantifizierung untersucht worden.

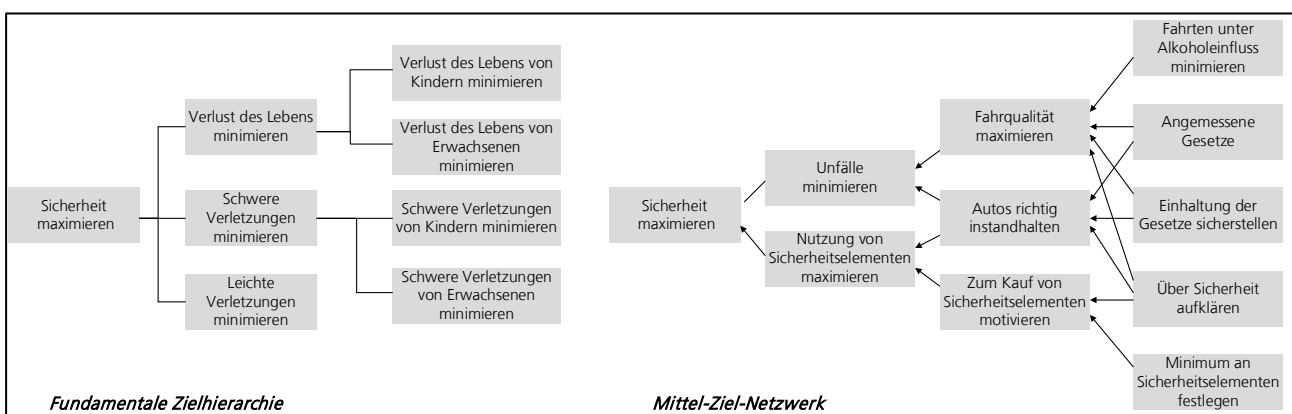


Abbildung 6: Fundamentale Zielhierarchie und Mittel-Ziel-Netzwerk am Beispiel der Sicherheit beim Autofahren (in Anlehnung an [Kee92])

Hierbei konnten die aus der Produktion bekannten Bestandteile der Durchlaufzeit, wie z. B. die Fertigungs- oder Rüstzeit etc. identifiziert und in Zielen formuliert werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Ansätze zur Zielidentifikation gut geeignet sind, um Ziele vollständig zu identifizieren. Dies gilt insbesondere für die Entscheidungsträger in produzierenden KMU, die häufig Ziele ausgehend von einer bestimmten Ausgangssituation (Punkt 5 in Abbildung 7) oder ohne die Untersuchung von etwaigen Konsequenzen der Alternativen (Punkt 4 in Abbildung 7) versuchen zu identifizieren. Bestehen bereits Kenntnisse hinsichtlich der Ziele für die Produktion und Logistik, leisten die erläuterten Ansätze einen Beitrag, um weitere Ziele zu identifizieren. Diese können durch die nachfolgende Strukturierung zur Vervollständigung des Zielsystems beitragen und somit die Entscheidung wesentlich unterstützen.

4.2 Strukturierung produktionslogistischer Ziele

Nach der vollständigen Identifikation der Ziele müssen diese in einem Zielsystem strukturiert werden. Hierbei wird zwischen Fundamental- und Instrumentalzielen unterschieden. Die Strukturierung der Ziele kann »Top-down« oder »Bottom-up« erfolgen. Beim »Top-down-Vorgehen« werden ausgehend von einem Fundamentalziel passende Instrumentalziele zugeordnet. Dies wird solange wiederholt, bis hinreichend operationale Ziele vorliegen, die z. B. durch Kennzahlen beschrieben sind. Das »Bottom-up-Vorgehen« zeichnet sich hingegen dadurch aus, dass operationale Ziele zu übergeordneten Zielen der Hierarchiestruktur zugeordnet werden. [EWL10, KS11] Bei der Strukturierung von Zielen nach dem »Bottom-up-Vorgehen« empfiehlt es sich nach Keeney, durch die Fragestellung »Warum ist das Ziel wichtig?« zu überprüfen, ob es sich hierbei um ein Fundamental- oder Instrumentalziel handelt. So ist beispielsweise das Fundamentalziel »Effizienz maximieren« in die Instrumentalziele »administrative Zeiten minimieren«, »Produktionszeiten minimieren« und »interne Materialflusszeiten minimieren« zu unterteilen, da z. B. die Minimierung von administrativen Zeiten wichtig für die Maximierung der Effizienz von produktionslogistischen Wertschöpfungsprozessen ist. Ein Auszug des auf diese Art und Weise entwickelten Zielsystems ist in Abbildung 8 dargestellt. Das entwickelte Zielsystem besteht aus den drei Fundamentalzielen »Leistung maximieren«, »Kosten minimieren« und »Nachhaltigkeit maximieren«. Die Fundamentalziele unterteilen sich in mehrere Instrumentalziele, die sich aus weiteren Instrumentalzielen über mehrere Hierarchieebenen zusammensetzen und sich letztendlich durch Produktions- und Logistikkennzahlen operationalisieren lassen.

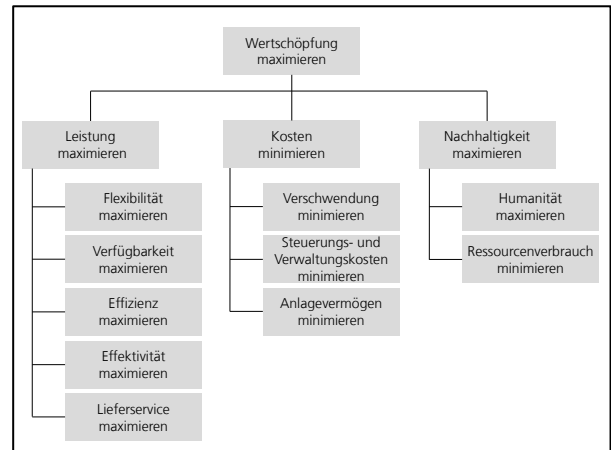


Abbildung 8: Auszug des Zielsystems für die wertschöpfende Produktionslogistik (eigene Darstellung)

5 Ausblick und Einbindung des Zielsystems

Der Aufbau des vorgestellten Zielsystems ist generisch und somit für alle Unternehmenstypen allgemeingültig. Im Rahmen des zugrundeliegenden Forschungsprojekts »empower« wird das Zielsystem durch Fallstudien in produzierenden KMU evaluiert. Die hier vorgestellten Ansätze zur Zielidentifikation werden dabei durch ein Workshop-Konzept abgebildet und hinsichtlich der Anwendbarkeit im produktionslogistischen Kontext überprüft und gegebenenfalls adaptiert.

Hierauf aufbauend werden die erwähnten Mittel-Ziel-Netzwerke durch qualitative und quantitative Ursache-Wirkungszusammenhänge zwischen dem Zielsystem und den Maßnahmen zur Optimierung und Gestaltung systemdynamisch modelliert. Die hierbei gewonnen Erkenntnisse ermöglichen Aussagen über die Zielerreichung von Maßnahmen zur Optimierung und Gestaltung von produktionslogistischen Wertschöpfungsprozessen und vervollständigen das Entscheidungsunterstützungsmodell.

6 Danksagung

Der Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik an der Universität Bayreuth bedankt sich bei der Oberfrankenstiftung für die Förderung des hier in Teilen beschriebenen Forschungsprojekts »empower«. Des Weiteren bedankt sich der Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik bei allen beteiligten Projektpartnern, insbesondere der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation, der Hochschule Rosenheim und dem Lehrstuhl für Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre der Universität Bayreuth für die gute Zusammenarbeit.



7 Literaturverzeichnis

- [BCK10] Bond, S. D.; Carlson, K. A.; Keeney, R. L.: Improving the Generation of Decision Objectives. Decision Analysis. Decision Analysis, 2010.
- [EWL10] Eisenführ, F.; Weber, M.; Langer, T.: Rationales Entscheiden. Springer, Heidelberg, 2010.
- [GB13] Günthner, W. A.; Boppert, J.: Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Imprint: Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [HSP+13] Handfield, R. B.; Straube, F.; Pfohl, H.-C.; Wieland, A.: Trends and Strategies in Logistics and Supply Chain Management. Embracing global logistics complexity to drive market advantage. DVV Media Group, Hamburg, 2013.
- [Kee92] Keeney, R. L.: Value-focused thinking. A path to creative decisionmaking. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1992.
- [Klu08] Klug, F.: Gestaltungsprinzipien einer Schlanke Logistik. In Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft, 2008; S. 56–61.
- [Klu10] Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [KS11] Klein, R.; Scholl, A.: Planung und Entscheidung. Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse. Vahlen, Franz, München, 2011.
- [KS13] Keeney, R. L.; Siebert, J.: Proaktive Entwicklung besserer Alternativen mit Value-focused Thinking, 2013.
- [LGS12] Laux, H.; Gillenkirch, R. M.; Schenk-Mathes, H. Y.: Entscheidungstheorie. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [Mie14] Miebach Consulting GmbH: Erfolgsfaktoren integrierter Produktion & Logistik.
- [Oec15] Oechsle, O.: Entwicklung eines ganzheitlichen Vorgehensmodells zur Gestaltung und Optimierung industrieller Logistiksysteme und Logistikprozesse. Shaker, Aachen, 2015.
- [SDO+13] Steinhilper, R.; Drews, T.; Oechsle, O.; Fritsche, R.: Effektive Auswahl von Analyse- und Gestaltungsmethoden zur Konzeptionierung der innerbetrieblichen Logistik in KMU. In (Schenk, M.; Zadek, H.; Müller, G.; Richter, K.; Seidel, H. Hrsg.): Magdeburger Logistiktage. Sichere und nachhaltige Logistik. Fraunhofer, Magdeburg, 2013; S. 161–169.
- [SH11] Specht, D.; Hölzt, N.: Schlanke Logistik. Adaption der Lean Production-Methodik auf die Logistik. In Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 2011, 106; S. 69–74.
- [SK13] Siebert, J.; Keeney, R. L.: Stimulating the Creation of More and Better Alternatives, 2013; S. 1–33.
- [SKO11] Steinhilper, R.; Köhler, Daniel C. F.; Oechsle, O.: Wertschöpfende Produktionslogistik. Status Quo, Trends und Handlungsansätze zur Gestaltung der Produktionslogistik in KMU. Fraunhofer-Verl., Stuttgart, 2011.
- [WWB+12] Weber, J.; Wallenburg, C. M.; Bühler, A.; Singh, M.: Logistik-Controlling mit Kennzahlensystemen. Görres-Druckerei und Verlag, Koblenz, 2012.

FORSCHUNGSBERICHT: PLANUNG VON ROUTENZUGSYSTEMEN

Andreas Martini M. Sc.
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Ulrich Stache
Universität Siegen

LEBENS LAUF



Andreas Martini M. Sc.

Universität Siegen, Fachgebiet »Logistik für Produktionsunternehmen«,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

2012

Abschluss des Studiums Wirtschaftsingenieurwesen, Universität Siegen.

Seit 2012

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet »Logistik für
Produktionsunternehmen«, Universität Siegen.

Themenschwerpunkte: Vergleich innerbetrieblicher Transportkonzepte der
Materialversorgung; Gestaltung, Dimensionierung und Analyse von
Routenzugsystemen.

Seit 2013

Doktorand am Fachgebiet »Logistik für Produktionsunternehmen«,
Universität Siegen.

LEBENS LAUF



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Ulrich Stache

Universität Siegen, Leiter Fachgebiet »Logistik für Produktionsunternehmen«

- | | |
|------|---|
| 1987 | Abschluss des Studiums der Wirtschaftswissenschaften an der Universität Hannover. |
| 1994 | Promotion zum Dr.-Ing. an der Universität Dortmund. |
| 1994 | Leiter Logistik bei der OTTO-Melag GmbH in Köln. |
| 1996 | Berufung an die Fachhochschule Magdeburg, Professor für Produktionswirtschaft und Logistik. |
| 1999 | Berufung an die Universität Siegen, Leitung des Fachgebietes »Logistik für Produktionsunternehmen«. |

FORSCHUNGSBERICHT: PLANUNG VON FCI TENZUGSYSTEMEN

Andreas Martini M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Ulrich Stache

1 Einleitung

Eine »Schlanke Logistik« zeichnet sich u.a. durch synchronisierte und am Kundenbedarf ausgerichtete Materialflüsse aus [1]. Als Transportmittel, um kundenorientierte und effiziente Produktionsver- und -entsorgungsprozesse im Sinne der Schlanke Logistik zu realisieren, dient immer häufiger der Routenzug [2]. Einen entscheidenden Einfluss auf die ökologische (Ressourceneinsatz) und ökonomische Nachhaltigkeit (Betriebskosten) sowie die Effizienz im Vergleich zu anderen innerbetrieblichen Transportmitteln hat dabei die Planung von Routenzugsystemen.

2 Vorgehensweise bei der Routenzugsystemplanung

Bei der Routenzugsystemplanung lassen sich grundsätzlich vier Phasen unterscheiden (Abbildung 1). Zunächst müssen die vorhandenen (»Brownfield«-Planung) bzw. zukünftigen Randbedingungen (»Greenfield«-Planung) identifiziert und analysiert werden. Hierfür eignet sich die Materialflussuntersuchung gemäß der Richtlinie VDI 2689 zur Ermittlung von Daten zu Transportgütern, Ladungsträgern, Layout, Transportintensitäten etc. [3]. Des Weiteren sind unternehmerische Vorgaben als Prämissen zu berücksichtigen, die speziell für die Routenzugsystemgestaltung und -dimensionierung von Bedeutung sind, wie beispielsweise die Begrenzung der maximalen Fahrgeschwindigkeiten in bestimmten Bereichen oder die Beschränkung der maximal erlaubten Ladungsträgergewichte bei manueller Handhabung (z. B. Schiebegrenzen).

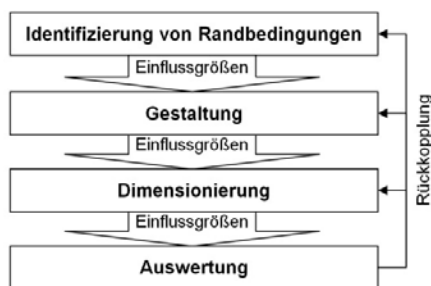


Abbildung 1: Phasen der Routenzugsystemplanung (eigene Darstellung)

Die Gestaltung umfasst zum einen die Technikauswahl (z. B. Bestimmung der Art des Schleppers und der Art der Anhänger), zum anderen die Auswahl von organisatorischen Alternativen (z. B. Bestimmung der Verantwortlichkeiten für Teilprozesse) unter Berücksichtigung der zuvor identifizierten Einflussgrößen. Aufgrund der individuellen

Randbedingungen, der Vielzahl der Gestaltungsalternativen sowie deren Kombinationsmöglichkeiten und Interdependenzen ist eine Aussage über eine allgemeingültige Reihenfolge der Planungsschritte im Detail nicht möglich [4]. Stattdessen sollte geprüft werden, ob die jeweils gewählten Gestaltungsalternativen untereinander kompatibel sind und das gestaltete Routenzugsystem die Anforderungen (z.B. hinsichtlich Ergonomie) erfüllt.

Die Dimensionierung beinhaltet die rechnerische Auslegung des Routenzugsystems hinsichtlich der benötigten Ressourcen (z. B. Anzahl der erforderlichen Routenzüge und Mitarbeiter) auf der Basis der Eingangsgrößen, die sich aus den Randbedingungen und der Gestaltung ergeben. Hierzu zählen insbesondere die Durchsatzanforderungen, die Kapazitätsrestriktionen (Routenzug und Puffergröße am Bereitstellort) und die Prozesszeiten. Durch den Vergleich des Transportbedarfs mit dem Kapazitätsangebot wird zunächst die benötigte Anzahl der Umläufe je Zeiteinheit berechnet. Anhand der durchschnittlichen Dauer eines Umlaufs lässt sich anschließend die Anzahl der notwendigen Routenzüge bestimmen [4].

Die Auswertung beinhaltet die Berechnung von Bewertungskennzahlen zur Beurteilung des geplanten Routenzugsystems. Wesentliche logistische Bewertungskennzahlen sind der zeitliche und kapazitive Nutzungsgrad sowie der sich durch Multiplikation beider Größen ergebende Gesamt-Nutzungsgrad [5]. Sie geben Auskunft über Flexibilitätreserven, die notwendig sind um beispielsweise Transportbedarfsschwankungen ausgleichen zu können. Ökonomische Bewertungskennzahlen wie beispielsweise die Investitions- oder Betriebskosten dienen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit. Im Vergleich mit anderen Transportmitteln lassen Sie u. a. Aussagen über die Rentabilität der Investition zu. Ergonomische Bewertungskennzahlen (z. B. Risikowerte gemäß Leitmerkmalmethode [6]) ermöglichen die Abschätzung der körperlichen Belastung der Mitarbeiter im Betrieb.

Weitere spezifische Kennzahlen von Routenzugsystemen sind z. B. die Anzahl der Fahrten pro Zeiteinheit, die mittlere Beladung je Fahrt oder die Länge des Fahrwegs. Die Ergebnisse der einzelnen Planungsphasen sind mit den individuellen Zielsetzungen zu vergleichen und auf Realisierbarkeit zu überprüfen. Gegebenenfalls müssen vorhergehende Planungsphasen erneut aufgegriffen und die Ergebnisse iterativ angepasst werden (Abbildung 1). Stellt sich beispielsweise bei der Dimensionierung heraus, dass sich die notwendigen Wiederbeschaffungszeiten nicht realisieren lassen, können die entsprechenden Material-

puffer vergrößert werden oder die Zykluszeiten des Routenzugsystems durch geeignete Maßnahmen reduziert werden (z. B. Entkopplung von Kommissionierung und Rundfahrt). Letztlich sind aber nicht nur gestalterische Aspekte zu berücksichtigen, sondern auch die vorliegenden Randbedingungen. Die Änderung des Verfahrens der Nachschubversorgung kann beispielsweise für den genannten Fall ebenfalls eine Verkürzung der Wiederbeschaffungszeit bewirken.

3 Planungsmethoden in Forschung und Praxis

Bekannte Planungsansätze aus der Forschung fokussieren oftmals die Optimierung des Ressourceneinsatzes mittels Simulation [7] [8] oder Verfahren aus dem Operations Research [9] [10]. Der Einsatz der Methoden ist dabei meist nur unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. Fließmontage) möglich. Gestalterische Aspekte bleiben weitestgehend unberücksichtigt. Einige umfassendere Planungsansätze zeigen Gestaltungsalternativen und Entscheidungshilfen auf, berücksichtigen allerdings nur einen Teil der denkbaren Realisierungsmöglichkeiten bzw. grenzen den Anwendungsbereich stark ein [11] [12].

Die vergleichende Betrachtung von Planungsmethoden zeigt, dass sich diese u. a. hinsichtlich der Reihenfolge und der Schwerpunkte der behandelten Planungsinhalte zum Teil deutlich unterscheiden und keine Methode alle Inhalte berücksichtigt (Tabelle 1). Weitere Unterscheidungsmerkmale der Planungsansätze sind z. B. der planerische Fokus (Gestaltung oder Dimensionierung), der Detaillierungsgrad oder der zeitliche Bezug (zeitpunktbezogen oder zeitraumbezogen) [13]. Es gibt derzeit kein umfassendes oder allgemeingültiges Planungsverfahren oder einen Ansatz der die bekannten Methoden und Erkenntnisse zusammenführt.

Quelle	Ciemno- czolowski (2011)	Emde (2011)	Meinhard- Schmidt (2012)	Wanner et al. (2012)	Brungs (2012)	Wiegel et al. (2013)	Günthner et al. (2013)	Droste (2013)	Krause (2014)
Planungsinhalt									
Ladungsträger								1	2
Layout	2	1							1
Materialbereitstellung (Quelle)	2	1						1	
Materialbereitstellung (Senke)	1		4		1	1/2	5	1	5
Route	2	2		1	2		1/4	1	4
Transportmittel (Technikauswahl)	1			1	3	1	1	1	3
Transportmittel (Anzahl)		2	3		4	2	4	1	
Personal					4	2	4	1/3	
Informationstechnik					6			1	
Kommissionierung					5			1	1
Beladung		4	4					2	1
Entladung								2	1
Steuerung	1	3	1		6	1	1/4	1/2/3	6
Gesamtablauf (im Bezug auf zugprozess)			2	2	4	1	1/2/3	1	

Hinweis: Die Nummerierung entspricht der Reihenfolge, in der die Planungsinhalte je Quelle behandelt werden!

Tabelle 1: Behandelte Planungsinhalte und -reihenfolgen in verschiedenen Planungsmethoden (eigene Darstellung)

Die Planung von Routenzugsystemen in der industriellen Praxis beruht oftmals auf praktischen Versuchen oder Erfahrungswissen. Sofern Planungsmethoden aus der Literatur aufgegriffen werden, müssen diese aufgrund

individueller Rahmenbedingungen häufig entsprechend angepasst werden. Dies spiegelt sich vor allem in Vereinfachungen wider

wie beispielsweise der Orientierung an bereits bestehenden Systemen, der Verwendung fester Fahrpläne oder der Vernachlässigung von Bedarfsschwankungen. Suboptimale Lösungen werden somit zum Zweck der Transparenz und Einfachheit in Kauf genommen [4].

Die Herausforderung für die Planer besteht zunächst darin, alle möglichen Gestaltungsalternativen zu identifizieren und im Anschluss die sinnvollen Optionen auszuwählen und daraus ein Gesamtkonzept zu entwickeln. Hierbei ist vor allem ein Informationsdefizit in Bezug auf denkbare Gestaltungsvarianten und deren Vor- und Nachteile sowie Eignungen festzustellen (Erfahrungsaustausch der Autoren mit Verantwortlichen der Industrie). Die Auswirkungen von gestalterischen Änderungen auf das Systemverhalten sind somit nicht abzusehen. Des Weiteren fehlen Analyseinstrumente, um die zentralen Einflussfaktoren bei der Planung und im Betrieb identifizieren zu können.

4 Analyse von Routenzugsystemen

In der Literatur gibt es divergierende Angaben zur Bedeutung von Einflussfaktoren in Routenzugsystemen (u. a. Streckenlänge [14] [15], Fahrgeschwindigkeit [16] [7], Transportkapazität [9] [17]). Unter Berücksichtigung dieses Sachverhalts und der Tatsache, dass es in der Literatur variierende Vorgehensweisen bei den Planungsmethoden gibt (Tabelle 1), stellt sich die Frage, welche die für die Planung und den Betrieb relevanten Einflussgrößen in Routenzugsystemen sind.

Statisch-deterministische Simulationsuntersuchungen der Autoren zeigen, dass die Bedeutung von Einflussfaktoren beim Vergleich von Routenzugsystemen zum Transport von Kleinladungsträgern (KLT) mit Systemen zum Großladungsträger (GLT)-Transport maßgeblich von der Systemkonfiguration abhängen. Die Tabelle 2 zeigt die Betriebskostenänderungen der untersuchten Systeme bei separater Variation einzelner Variablen (ceteris paribus) innerhalb sinnvoller Wertebereiche.

Während bei KLT-Systemen die Puffergrößen an den Bedarfsorten ausschlaggebend für die Höhe der Betriebskosten sind, ist es bei GLT-Systemen vor allem die Transportkapazität je Routenzug. Des Weiteren lassen sich Wechselwirkungen von Einflussgrößen identifizieren und grafisch darstellen (zwei Variablen und eine Zielgröße). Das angewandte Verfahren ermöglicht die Identifizierung und Priorisierung von Einflussfaktoren bei Standard-Systemkonfigurationen und konstanten Transportbedarfen [4].

Die Analyse und Optimierung bestehender Routenzugsysteme ist z. B. mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen möglich. Das Merkmal dabei ist, dass die Systemkonfiguration anhand von Vergangenheitsdaten (z. B. Produktionspläne) reproduziert und analytisch modelliert werden kann. Dadurch können geeignete Stellgrößen für Verbesserungen abgeleitet werden. Das ist insbesondere bei nichtlinearen Zusammenhängen zwischen Variable und Zielgröße von Relevanz. Abbildung 2 verdeutlicht beispielhaft den abnehmenden Grenznutzen in Bezug auf verschiedene Zielgrößen bei zunehmender Puffergröße je Bedarfsort (KLT-Prozess).

		Betriebskostenänderung [%...]	
KLT-Prozess	Puffergröße je Bedarfsort	305.730	
	Verbrauch je Bedarfsort	166.515	
	Anzahl der Bedarfsorte je Route	110.865	
	Transportkapazität je Routenzug (Anzahl Anhänger)	104.753	
	Streckenlänge je Umlauf	85.865	
	Abfertigungszeit je Bedarfsort und Behälter	68.865	
	Fahrgeschwindigkeit des Routenzuges	68.865	
Abfertigungszeit im Supermarkt/Bahnhof je Umlauf	53.745		
GLT-Prozess	Transportkapazität je Routenzug (Anzahl Anhänger)	1.221.326	
	Anzahl der Bedarfsorte je Route	700.635	
	Verbrauch je Bedarfsort	582.936	
	Streckenlänge je Umlauf	415.677	
	Fahrgeschwindigkeit des Routenzuges	331.677	
	Abfertigungszeit im Supermarkt/Bahnhof je Umlauf	250.518	
	Abfertigungszeit je Bedarfsort und Behälter	64.359	
	Puffergröße je Bedarfsort	0	
	starker Einflussfaktor		
	normaler Einflussfaktor		
schwacher Einflussfaktor			

Tabelle 2: Absolute Betriebskostenänderungen bei der Variation unterschiedlicher Einflussfaktoren (eigene Darstellung)

Während bei kleinen Puffergrößen das Hinzufügen eines weiteren Stellplatzes eine große Betriebskosteneinsparung zur Folge hat (ca. 55.000 € bei Erhöhung von zwei auf drei Stellplätze), führt die gleiche Maßnahme bei Puffergrößen ab vier Stellplätzen zu Betriebskosteneinsparungen von weniger als 20.000 € pro Jahr.

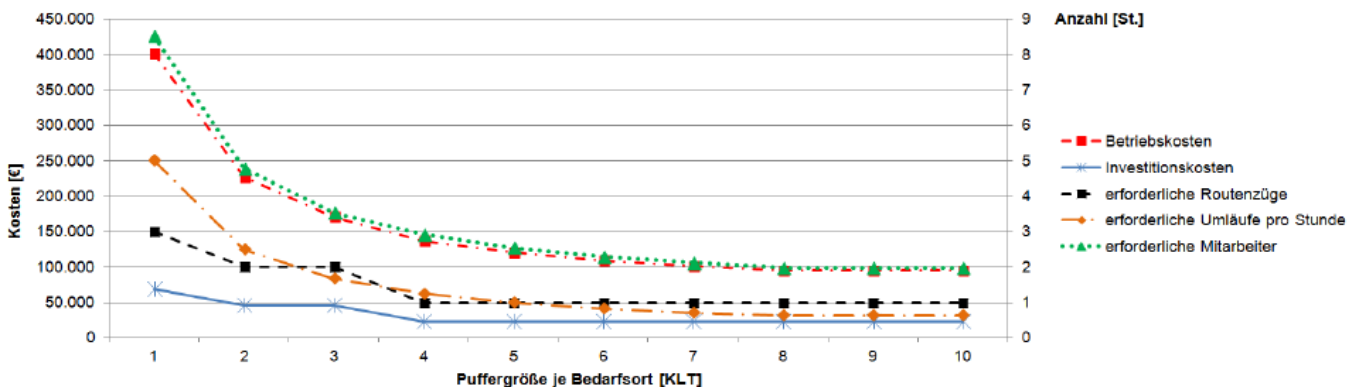


Abbildung 2: Ausprägungen verschiedener Zielgrößen in Abhängigkeit von der Puffergröße je Bedarfsort (KLT-Prozess) (eigene Darstellung)

Ab einer Puffergröße von acht Einheiten führt eine Erhöhung der Pufferkapazität zu keinerlei Veränderungen bei den Zielgrößen. Das liegt daran, dass ab diesem Wert nicht mehr die Pufferreichweite für die Berechnung der Anzahl der erforderlichen Umläufe maßgeblich ist, sondern die Routenzugkapazität. Damit wird deutlich, dass die Stellgrößen für die Optimierung eines Routenzugsystems auch vom jeweiligen Arbeitspunkt abhängen.

5 Entwurf einer VDI-Richtlinie: VDI 5586 – Routenzugsysteme

Die Komplexität bei der Planung von Routenzugsystemen resultiert aus der Vielzahl unterschiedlicher Gestaltungsmöglichkeiten und Einflussfaktoren. Zudem gibt es keine einheitliche Vorgehensweise für die Planung und den Betrieb von Routenzugsystemen [18]. Mit der VDI 5586-Routenzugsysteme wird dem Planer und Anwender zukünftig ein erstes Hilfsmittel zur Verfügung gestellt, dass die bisherigen Erfahrungen aus wissenschaftlicher und industrieller Sicht in Bezug auf die grundlegenden Zusammenhänge innerhalb von Routenzugsystemen vereint.

Derzeitig entwickelt ein Team bestehend aus Fachvertretern von drei Universitäten und Unternehmen der Branche ein einheitliches Systemverständnis, beschreibt die wesentlichen Randbedingungen sowie die technischen und organisatorischen Gestaltungsalternativen und stellt diese komprimiert in einer morphologischen Matrix dar. Dies dient zum einen der Charakterisierung von bestehenden Routenzugsystemen durch Hervorhebung der realisierten Gestaltungsalternativen und zum anderen der Verdeutlichung der Möglichkeiten bei der Systemfindung. Die Tabelle 3 zeigt beispielhaft die technischen Gestaltungsalternativen von Schleppern und Anhängern.

Anschließend werden u. a. die verfolgten Zielsetzungen und der mögliche Nutzen bei der Einführung von Routenzugsystemen verdeutlicht. Die Beschreibung der Einsatzkriterien zeigt dem Planer die tendenziell sinnvollen Anwendungsfelder auf (Tabelle 4). Anschließend werden Planungsaufgaben benannt, kategorisiert und von den zu berücksichtigenden Eingangsgrößen abgegrenzt.

Merkmal		Gestaltungsalternativen				
Antriebsart		Elektroantrieb	Verbrennungsantrieb	Treibgasantrieb	Brennstoffzellenantrieb	
Technik	Schlepper	Dreirad-Schlepper	Vierrad-Schlepper			
	Bauweise	manuell		automatisch		
	Bedienung	Stehausführung	Sitzausführung			
	geeignet für Transport von	kein Ladungsträger	Standard-Kleinladungsträger (z. B. nach VDA)	Standard-Großladungsträger (z.B. Palette, Gitterbox)	Spezial-Kleinladungsträger (z.B. Schachtel, Set-Behälter)	Spezial-Großladungsträger (z.B. individuelle Transportgestelle)
	benötigt Trolley/Gestell	ja (z. B. zum Einschieben)	nein			
	benötigt weitere technische Hilfsmittel am Bereitstellort	ja (z. B. Rollenbahn)	nein			
Anhänger	Be-/Entladeseite	einseitig	zweiseitig (Beladeseite definiert Entladeseite)	zweiseitig (Be- und Entladeseite unabhängig)		
Handhabung		manuell	mechanisiert	automatisch		
Lenksystem (siehe VDI-Richtlinie 2406: Anhänger für Flurförderzeuge)		ungelenkt (einachsig)	Drehschemellenkung (1 Achse)	Drehschemellenkung (2 Achsen)	Achsschenkel lenkung (1 Achse)	Achsschenkel lenkung (2 Achsen)

Tabelle 3: Technische Gestaltungsalternativen von Routenzugsystemen (eigene Darstellung)

	zunehmende Eignung von Routenzugsystemen →		
Anzahl Bereitstellorte	gering	mittel	hoch
Entfernung zwischen Bereitstellorten	klein	mittel	groß
Schwankung des Durchsatzes je Route	hoch	mittel	gering
Schwankung der Versorgungsfrequenzen je Route	hoch	mittel	gering
Transportmenge je Bereitstellort	groß	mittel	klein
Ladungsträgergröße	groß	mittel	klein
Ladungsträgergewicht	hoch	mittel	gering

Tabelle 4: Eignungen von Routenzugsystemen (eigene Darstellung)

6 Aktuelle Herausforderungen und Trends

Die Routenzugtechnik weist vor allem in Bezug auf die Anhängerkonzepte vielfältige und oftmals auf spezielle Anwendungsfälle zugeschnittene Lösungen auf. [19] In schneller Folge ersetzen oder ergänzen neue Entwicklungen das Produktspektrum auf dem Markt. Des Weiteren zeigt eine Studie, dass der Standardisierungsgrad von Routenzugkonzepten trotz ähnlicher Aufgabenspektren in der Praxis noch gering ist. [20] Da eine Standardisierung von Seiten der Hersteller nicht zu erwarten ist, liegt die Herausforderung auf Seiten der Anwender in der Definition unternehmensweiter Standards bezüglich der Technik und des Planungsvorgehens [19].

Aufgrund des Routenverkehrs und der hochfrequenten Bereitstellung von Ladungsträgern, ist der Anteil der Umschlagszeiten an der gesamten Einsatzzeit beim Routenzugsystem im Vergleich zum Direktverkehr mit dem Gabelstapler höher. Da die Ladungsträger oftmals manuell gehandhabt werden (z. B. Heben und Tragen von KLT oder Schieben und Ziehen von GLT mit Trolleys), ist die körperliche Belastung für die Mitarbeiter mitunter sehr hoch. Um diesem Sachverhalt bei der Planung von

Routenzugsystemen gerecht zu werden, gibt es Ansätze, die die Ergonomie bereits bei der Gestaltung und Dimensionierung als Bewertungskriterium bzw. limitierende Zielgröße berücksichtigen [12] [13]. Eine Möglichkeit die körperliche Belastung der Mitarbeiter zu reduzieren, ist die Automatisierung von Prozessen. Technische Lösungen wie beispielsweise das »Drive-Thru«-Konzept [21] oder sogenannte »Shooter-Racks« [10] reduzieren den Handhabungsaufwand bei der Be- und Entladung in KLT-Systemen. Analog dazu gibt es Belade- und Umsetzstationen oder sogar automatisierte Anhängerkonzepte für GLT-Systeme [4]. Im Hinblick auf den Automatisierungstrend gilt es vor allem, die jeweiligen Anwendungsvoraussetzungen und Eignungen der jeweiligen Lösungen zu bestimmen und die Auswirkungen der Umsetzung auf unterschiedliche Zielgrößen zu erfassen und darzustellen.

In Bezug auf die Routenzugsteuerung im Betrieb werden anwenderseitig vermehrt Forderungen nach geeigneten Dispositionsmöglichkeiten laut, um die Flexibilität und Effizienz zu steigern. Die in der Praxis weit verbreiteten »getakteten« Routenzugsysteme weisen zwar einen geringen Steuerungsaufwand und eine hohe Vorhersagbarkeit auf, sind aber bei schwankenden Transportbedarfen aufgrund der statischen Dimensionierung (»Worst-Case«- Dimensionierung) oftmals gering ausgelastet. Bei großen Routenzugsystemen mit mehreren Routenzügen resultieren daraus zum Teil erhebliche Effizienzverluste. Dynamische Dispositionsverfahren auf der Basis realer Transportbedarfe (in Echtzeit) nach dem Vorbild von Staplerleitsystemen versprechen bei geeigneter Systemkonfiguration hohe Auslastungsgrade bei gleichzeitig hoher Flexibilität. Hier liegt die Herausforderung derzeit in der Entwicklung geeigneter Algorithmen zur Disposition bei variablen Routen und Abhängigkeiten der Bedarfsorte untereinander.

7 Fazit und Ausblick

Die VDI 5586 - Routenzugsysteme wird den Planer und Anwender zukünftig bei der Gestaltung von Techniken und Prozessen unterstützen, insbesondere, wenn in diesem Bereich keine Erfahrungen vorhanden sind. Die Richtlinie wird zudem einen ersten wichtigen Beitrag leisten, den Einfluss von gestalterischen Änderungen auf das Gesamtsystem qualitativ zu beschreiben. Die Dimensionierungsgrundlagen werden es dem Anwender ermöglichen ein Routenzugsystem anforderungsgerecht auszulegen und zu bewerten.

Die methodischen Ansätze bei der Planung von Routenzugsystemen unterscheiden sich maßgeblich im Hinblick auf die Anwendbarkeit und die Eignung. Die Zusammenfassung der bisherigen Ansätze und Erkenntnisse mit dem Ziel der Entwicklung einer übergeordneten Methode zur Bestimmung des Planungsablaufs wird weiterhin das Ziel der Autoren sein. In diesem Zusammenhang steht die Erstellung eines analytischen Routenzugmodells im Fokus, mit dem Routenzugsysteme abgebildet und analysiert werden können. Damit soll mittelfristig auch die Optimierung und Steuerung von Routenzügen im Betrieb gemäß des im vorherigen Abschnitt aufgezeigten Trends zur dynamischen Disposition möglich sein.

Die Analyse von Routenzugsystemen hinsichtlich spezifischer Einflussfaktoren und Kennzahlen wird zukünftig an Bedeutung gewinnen, da hierdurch individuelle Optimierungspotenziale aufgedeckt werden können. Diesbezüglich sind beispielsweise technische Lösungen zur Zustandüberwachung (Monitoring) bei Routenzugprozessen zu nennen, wodurch u. a. die Planungsgüte ermittelt und Planabweichungen frühzeitig erkannt werden können [22]. Hierbei sollte frühzeitig auf die Standardisierung und Modularisierung der Komponenten und Verfahren geachtet werden.

8 Literatur

[1] Klug, F.: Gestaltungsprinzipien einer schlanken Logistik. In: ZfAW Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft, (2008), Nr. 4, S. 56-61.

[2] Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J.: Schlanke Logistikprozesse. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013.

[3] VDI 2689: Leitfaden für Materialflussuntersuchungen (Entwurf). Berlin: Beuth, 2010.

[4] Martini, A.: Gestaltungsmöglichkeiten und Einflussfaktoren bei der Planung und Optimierung von Routenzugsystemen, Vortrag zur UKUS-Veranstaltung Routenzüge

und betriebliche Intralogistik, Siegen 2014. Erhältlich unter www.mb.uni-siegen.de/logistik/aktuelles (zuletzt abgerufen am 21.04.2015).

[5] Meinhardt, I.; Schmidt, T.: Einsatzplanung für Routenzugsysteme. In: Institutskolloquium, 4 (2012), S. 58–73.

[6] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Gefährdungsbeurteilung mithilfe der Leitmerkmalermethode. Erhältlich unter www.baua.de (zuletzt abgerufen am 21.04.2015).

[7] Wanner, M.; Sender, J.; Herzig, O.: Schlanke Intralogistik bei ungerichteten Materialflüssen. In: Productivity Management, 17 (2012), Nr. 3, S. 47-50.

[8] Wiegel, F.; Immler, S.; Knobloch, D.; Abele, E.: Simulationgestützte Optimierung innerbetrieblicher Milkruns. In: Productivity Management, 18 (2013), Nr. 1, S. 51-54.

[9] Ciernoczolowski, D. D.: Performance Evaluation and Planning for Cyclic, Route-based Material Distribution Systems in Lean Manufacturing. Dissertation, Michigan, 2007.

[10] Emde, S.: Feeding Parts to Mixed-Model Assembly Lines in the Automotive Industry with TowTrains. Dissertation, Jena, 2011.

[11] Brungs, F.: Der Milkrun in der Produktionslogistik. Dissertation, Darmstadt, 2012.

[12] Droste, M.: Parameterbasierte Modellierung innerbetrieblicher Milkrun-Systeme zur Planung der Materialbereitstellung in der Montage. Dissertation, Dortmund, 2013.

[13] Weber, S.: Entwicklung eines Excel-Tools zur Dimensionierung und Analyse von Routenzugsystemen in der Intralogistik. Masterarbeit, Siegen, 2015.

[14] Dreher, S.; Nürnberger, A.; Kulus, D.: Routenoptimierung in der Produktionslogistik. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 104 (2009), Nr. 3, S. 131-135.

[15] Firlbeck, G.: Überraschend deutliche Ergebnisse beim Planen der Montagebandversorgung mit Zügen. In: VDI (Hrsg.): VDI-Berichte 2207. Tagungsband 22. Deutscher Materialfluss-Kongress, München, 2013, S. 87-97.

[16] Raposo, R.; Pereira, G.; Dias, L.: Simulation of a Milk Run Material Transportation System in the Semiconductors Industry. 7th International Industrial Simulation Conference, Loughborough, 2009, S. 144-151.

[17] Lappe, D.; Veigt, M.; Franke, M.; Kolberg, D.; Schlick, J.; Stephan, P.; Guth, P.; Zimmelring, R.: Vernetzte Steuerung einer schlanken Intralogistik. In: wt Werkstattstechnik Online, 104 (2014), Nr. 3, S. 112-117.

[18] Martini, A.; Stache, U.; Trenker, F.: Planung von Routenzugsystemen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 109 (2014), Nr. 1-2, S. 50-55.

[19] Krause, A.; Strauch, J.: Aspekte der Planung und des Betriebs von Routenzügen in der automobilen Endmontage. In: Müller, E. (Hrsg.): Trends und Strategien für die Produktion von morgen. Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, TU Chemnitz, 2013, S. 311–320.

[20] Günthner, W. A. ; Galka, S., Klenk, E.; Knössl, T.; Dewitz, M.: Stand und Entwicklung von Routenzugsystemen für den innerbetrieblichen Materialtransport. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, München, 2012.

[21] Günthner, W.A. ; Galka, S., Dewitz, M.: Drive-Thru für Routenzüge - Effizienzsteigerung bei der Beladung. In: Wolf-Kluthausen, H. (Hrsg.): Jahrbuch Logistik 2013. Korschbroich, 2013, S. 128–132.

[22] Pflaum, A.; Hohmann, C.; Groß, T.: Automatische Erfassung von Kennzahlen für das Controlling - Smart-Object-Technologien als Basis. In: Tagungsband 19. Magdeburger Logistiktage, Magdeburg, 2013, S. 111-116.

ROUTENZÜGE IN DER VARIANTENREICHEN GROßSERIENFERTIGUNG – WANDLUNGSFÄHIGKEIT ALS SCHLÜSSEL ZUR EFFIZIENZ

Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Krause
Prof. Dr.-Ing. Egon Müller
Dr.-Ing. Jörg Strauch
Technische Universität Chemnitz

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Krause

Technische Universität Chemnitz, externer Promovend

2000 – 2004

Westfälische Hochschule Zwickau, Studium der Fachrichtung
Wirtschaftsingenieurwesen.

Seit 2005

Logistik und Beschaffung der Volkswagen Sachsen GmbH.

Planer im Bereich Produktionssystem, Intralogistik, kontinuierlicher
Verbesserungsprozess.

Themenschwerpunkte: Entwicklung und Implementierung von
Logistikkonzepten, Analyse und Gestaltung von Arbeitsprozessen,
Zeitwirtschaftsanalysen, Digitale Fabrik Logistik.

Seit 2008

Mitglied des wissenschaftlichen Beirats am Institut für Betriebswirtschaft der
Westfälischen Hochschule Zwickau.

ROUTENZÜGE IN DER VARIANTENREICHEN GROßSERIENFERTIGUNG – WANDLUNGSFÄHIGKEIT ALS SCHLÜSSEL ZUR EFFIZIENZ

Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Krause, Prof. Dr.-Ing. Egon Müller, Dr.-Ing. Jörg Strauch

1 Einleitung

Der Einsatz von Routenzugsystemen zur Materialversorgung in variantenreichen Großserienfertigungen kann rasch an Wirtschaftlichkeitsgrenzen stoßen. Die Trends in der Automobilindustrie zu kundenindividuellen Fahrzeugausstattungen, technischen und technologischen Innovationen und der globale Wettbewerb auf volatilen Märkten führen zu komplexen und dynamischen Anforderungen an die Intralogistik. Zusätzlich gewinnen der demografische Wandel und die Ressourceneffizienz an Bedeutung. Die Materialversorgung muss in der Lage sein, sich permanent und flexibel auf diese Anforderungen einzustellen. Dieser Flexibilitätsvorhalt ist mit entsprechenden Logistikkosten verbunden. Eine anforderungsgerechte Gestaltung der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit von Routenzugsystemen kann die Effizienz eines Routenzugensatzes erhöhen.

2 Blick in die betriebliche Praxis der Intralogistik im Automobilbau

Die Herstellung kundenindividuell ausgestatteter Fahrzeuge in Großserienfertigungen führt zu einem breiten Spektrum und schwankenden Bedarfen anzuliefernder Einzelteile und Baugruppen. Mit Lean- und modularen Baukastenstrategien der Hersteller sowie bauraumfokussierten Fertigungsabläufen sind verdichtete Materialbereitstellungen, hochfrequente Nachschublieferungen und die Nutzung verschiedener teilespezifischer Anlieferkonzepte wie JIT, JIS, Milkrun usw. verbunden.

Im Automobilbau übliche, stark verkürzte Modellwechselzyklen erfordern von der Intralogistik eine hohe Reaktionsfähigkeit und Veränderungsgeschwindigkeit. Insbesondere bei Mehrmodellfertigungslinien ist ein Zustand eines nahezu dauerhaften Modellwechsels zu beobachten. Die Unternehmen sind dadurch gezwungen, ihre Materialversorgungssysteme in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozesses permanent anzupassen und weiterzuentwickeln (permanente Planung).

Häufig handelt es sich um Umplanungen (Ersatz-, Erweiterungs- oder Verbesserungsplanungen) eines bestehenden Systems (Brownfield). In diesen Fällen existiert meist eine Reihe von Restriktionen in Form bereits investierter Routenzugtechnik und vorhandener Infra- bzw. Organisationsstrukturen. Diese führen zu einer deutlich höheren

Komplexität hinsichtlich der Planung und Umsetzung optimaler Prozesse, als im wesentlich selteneren Fall einer grundlegenden Neuplanung eines Versorgungssystems (Greenfield), beispielsweise beim Bau einer neuen Fertigungsstätte, möglich wäre [1][2].

Technische und technologische Innovationen eröffnen den Herstellern neue Lösungsansätze hinsichtlich der konstruktiven Gestaltung der Fahrzeuge. Zunehmend finden Elektro- und Gasantriebe sowie Aluminium und karbonfaserverstärkte Kunststoffe Verwendung. Für die Anlieferung und Bereitstellung der Einzelteile sind aufgrund hoher Gewichte bzw. Abmessungen der Energiespeicher, Sicherheitsanforderungen im Umgang mit unter Druck stehenden Gastanks sowie der Temperierung von Aluminiumteilen spezifische Anlieferprozesse und Transporttechniken notwendig.

Die Entwicklungen in der Informationstechnologie sind ein Türöffner um Prozesse smarter und intelligenter zu steuern. Eine informationstechnische Vernetzung von Produktions- und Logistiksystemen sowie von Hard- und Software ermöglicht es, die Materialversorgungssysteme besser zu organisieren, zu analysieren und zu optimieren. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität und Dynamik unterstützt sie die Transparenz und Stabilität des Informations- und Materialflusses zur Erreichung von Planungssicherheit und Prozessbeschleunigung. Sie schafft die informationstechnische Basis, um Lagerbestände und die Kapitalbindung zu senken [3][4][5].

Der demografische Wandel erfordert die Anpassung der Arbeitsplätze und der Arbeitsorganisation an die Bedürfnisse von Mitarbeitern verschiedenen Alters, verschiedener Körpermaße und verschiedener Sprachräume in Verbindung mit einer durchdachten Ergonomie und Arbeitssicherheit. Die Schlüssel für den Umgang mit demografischen Einflüssen liegen in der Vermeidung physisch besonders fordernder Arbeitsplätze, dem Einsatz von Fahrerassistenzsystemen sowie möglichst intuitiver Bedienkonzepte für Flurförderzeuge [3][5][6].

Unter dem Stichwort Green Logistics wird der weltweiten Verknappung natürlicher Ressourcen, zunehmender CO₂ Emission und dem Klimawandel begegnet. Für Ressourceneffizienz in der Intralogistik leistet Flurfördertechnik mit Brennstoffzellen einen Beitrag. Neben der Einsparung

von Energie können fertigungsnahe Flächen für Batterieladestationen vermieden und die Ladedauer reduziert werden [3][5][6][7][8].

Im Zusammenhang des informationstechnischen Fortschritts steht unter den Stichworten Industrie 4.0 und Cyber-Physische-Systeme (CPS) die konsequente Weiterentwicklung der Automatisierungstechnik (Fahrerlose Transport Systeme, Auto-ID, usw.). Eine Automatisierung der Materialversorgung oder einzelner Prozessschritte unterstützt eine ergonomische Gestaltung physisch besonders fordernder Arbeitsplätze, eine Reduzierung von Unfallgefahren und die Vermeidung von Fehlern. Die Überwachung und Steuerung dieser Prozesse übernehmen meist hochqualifizierte Mitarbeiter in Leitständen [5][6] [8][9].

Die aktuellen und künftigen Anforderungen an Materialversorgungssysteme sind hoch. Es gilt, Komplexität und Dynamik flexibel zu beherrschen und gleichzeitig Effizienz zu erreichen [5][9][10]. Die Absicherung eines hohen Flexibilitätsniveaus bedeutet für die Logistik einen entsprechend hohen Aufwand an zusätzlich vorzuhaltenden Materialbeständen, Flächen-, Transporttechnik- und Mitarbeiterkapazitäten. Dieser Sicherheitsvorhalt erhöht die Logistikkosten und führt zu Mehraufwendungen, die den Vorteil der hohen Transportkapazität und der Bündelungseffekte eines Routenzugsystems abschmelzen [11][12].

Effizienz- und Kostenpotenziale lassen sich mit Hilfe einer holistischen Betrachtung von Fertigung und Materialversorgung unter Berücksichtigung von Innovationen, beispielsweise auf dem Gebiet der Informations- und Automatisierungstechnik, erschließen [4]. Einerseits gilt es, das seitens der Produktion und weiterer Anspruchsgruppen geforderte Flexibilitätsniveau zu senken (z.B. stabile Prozesse) und andererseits das vom Routenzugsystem erreichbare Flexibilitätsniveau zu gestalten. Das Ziel ist es, die Flexibilität und die Wandlungsfähigkeit eines Routenzugsystems entsprechend der spezifischen Anforderungen effizient zu harmonisieren.

3 Routenzugsystem als soziotechnisches System

Routenzugsysteme bilden die Komponenten eines soziotechnischen Systems ab. Die Mitarbeiter und die Routenzugtechnik sind mit dem Ziel organisiert und strukturiert, der Fertigung das Material bedarfsgerecht zuzuführen. Ein soziotechnisches System ist ein Handlungs- und Arbeitssystem, in dem menschliche und sachtechnische Subsysteme eine integrale Einheit eingehen [13]. Der soziotechnische Ansatz fokussiert insbesondere die wechselseitige Abhängigkeit und Prägung zwischen dem sozialen System und den technischen Komponenten. Technik wird genutzt, aber die Technik prägt auch das soziale System [14].

Die Verknüpfung des technischen und sozialen Subsystems erfolgt über Arbeitsrollen in Primär- und Sekundäraufgaben (vgl. Abbildung 1). Sie legen die Funktionen der Mitarbeiter fest, bestimmen erforderliche Kooperations- und Kommunikationsbedingungen zwischen den Mitarbeitern und definieren die Mensch-Maschine-Funktionseinteilung und -Interaktion [15].

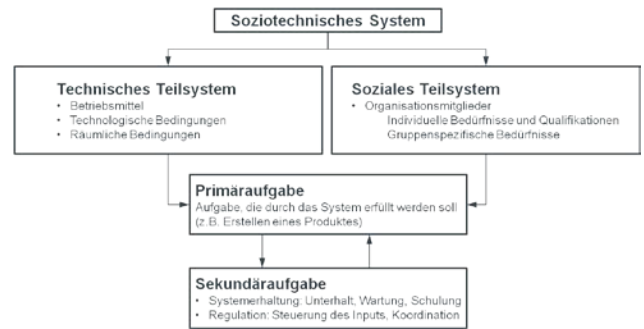


Abbildung 1: Arbeitssystem als soziotechnisches System (in Anlehnung an [15])

Die Ausdifferenzierung des soziotechnischen Systemansatzes lässt die wesentlichen Gestaltungsfelder Mensch, Technik und Organisation (MTO-Ansatz) erkennen. Bezogen auf ein Routenzugsystem gliedern sich die Gestaltungsfelder in verschiedene Gestaltungselemente. Jedem Gestaltungsfeld können die entsprechenden Bestandteile eines Routenzugsystems zugeordnet werden (vgl. Abbildung 2).

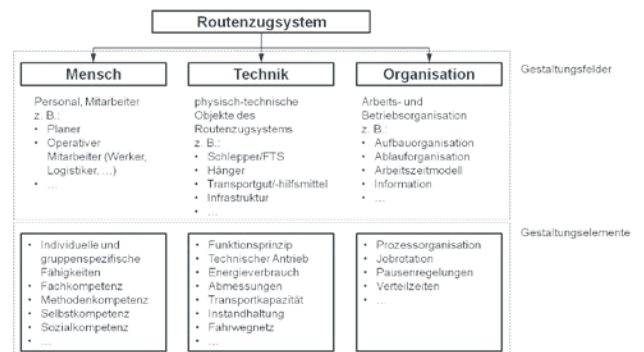


Abbildung 2: Gestaltungsfelder und Gestaltungselemente eines Routenzugsystems [16]

Das Gestaltungsfeld Mensch zielt auf den Menschen als zentralen Bestandteil eines Routenzugsystems und dessen Einfluss auf das Arbeitsverhalten eines Routenzugsystems. Die Schwerpunkte des Gestaltungsfeldes Mensch umfassen die Qualifikation und Handlungskompetenz für die jeweilige Arbeitsrolle im Routenzugsystem. Qualifikation beschreibt dabei das Wissen und die Fertigkeiten, über die eine Person verfügt. Die ergebnisorientierte und produktive Umsetzung wird in der Handlung sichtbar und ist definiert als Handlungskompetenz. Die Handlungskompetenz führt das konkrete Handeln in den Mittelpunkt der Betrachtung und geht damit über die Qualifikation hinaus.

Mit Hilfe entsprechender Schulungen ist beispielsweise eine Erhöhung der Systemstabilität erreichbar, da die Mitarbeiter in die Lage versetzt werden, gezielt und gewollt einzugreifen [17].

Das Gestaltungsfeld Technik umfasst alle physisch-technischen Elemente eines Routenzugsystems einschließlich der entsprechenden Infrastruktur. Ein Element ist die technische Gestaltung des Transportmittels. Wesentliche Merkmale sind die Art des Fahrzeuges (Schlepper oder FTS-Fahrzeuge) und der Energieverbrauch. Hinsichtlich der Anhängerarten bei Routenzugsystemen lassen sich verschiedene Kategorien bilden, deren Auswahl überwiegend von der Art der verwendeten Transporthilfsmittel bzw. der zu handhabenden Gewichte und Abmessungen abhängt. Wesentliche Vertreter sind Trailer-, Taxi- und Einschubkonzepte [18].

Das Gestaltungsfeld Organisation fasst alle Elemente aus dem strukturellen und organisatorischen Bereich zusammen. Die Zeitwirtschaft besitzt dabei einen zentralen Stellenwert, denn ohne fundierte Zeitdatenbasis ist eine effiziente Ausrichtung eines Routenzugsystems kaum möglich. Die Daten sind z.B. im Rahmen der Kalkulation oder zur Ermittlung des Ressourcenverbrauchs im Sinne der eingeflossenen Arbeitszeit erforderlich. Hierzu zählen das Arbeitszeitmodell, Arbeitszeitkonten, Entgeltsysteme und Beschäftigungsverhältnisse. Die Arbeits- und Betriebsorganisation ist ebenfalls Bestandteil des Gestaltungsfeldes Organisation, da diese den Mitarbeitern die jeweilige Funktion im betrieblichen Ablauf zuweist und auf diese Weise über die Zuständigkeit und die organisatorische Einbindung entscheidet [17].

4 Flexibilität und Wandlungsfähigkeit

In der Literatur ist eine umfangreiche Anzahl von Definitionen zu Flexibilität und Wandlungsfähigkeit vorhanden. Grundsätzlich beschreibt die Flexibilität eines Systems das Potenzial, auf geänderte Rahmenbedingungen reagieren zu können und den notwendigen funktionalen, dimensional und strukturellen Anforderungen zu entsprechen. Flexibilität ist die Fähigkeit zu schnellen, qualitätserhaltenden und kostenarmen Anpassungen in den Dimensionen des Wandels innerhalb eines definierten Flexibilitätskorridors [12][17][19][20][21][22]. Die typischen Dimensionen des Wandels eines Routenzugsystems zeigt Abbildung 3.

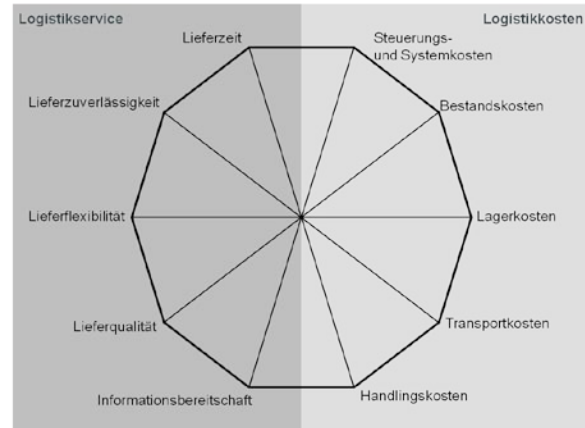


Abbildung 3: Beispiele für Dimensionen des Wandels in Routenzugsystemen (eigene Darstellung)

Die Dimensionen des Wandels von Routenzugsystemen gehen aus der Logistikleistung hervor. Das Hauptziel der Logistik ist die Optimierung der Logistikleistung und damit das Erreichen des Gesamtoptimums zwischen dem Logistikservice und den Logistikkosten.

Die Grenzen der Flexibilitätskorridore definieren den vorgehaltenen Handlungsspielraum eines Routenzugsystems in den Dimensionen des Wandels. Reicht dieser nicht aus, um zukünftigen Rahmenbedingungen zu begegnen, stehen außerhalb der Flexibilitätskorridore die Wandlungskorridore zur Verfügung. Die Wandlungsfähigkeit beschreibt das Potenzial einer über die Flexibilität hinausgehenden Veränderung und einer schnellen und effizienten Reaktion. Ein wandlungsfähiges Routenzugsystem ist darauf vorbereitet, dass die Grenzen der Flexibilitätskorridore ohne erheblichen finanziellen Aufwand, ohne große zeitliche Verzögerung und unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen der Systemelemente verlassen werden können. Die Nutzung dieses Potenzials erfolgt jedoch erst im Bedarfsfall, so dass auch erst dann gegebenenfalls anfallende Veränderungskosten zu tragen sind. Würde man die Flexibilität eines Routenzugsystems auf alle denk- und undenkbar zukünftigen Rahmenbedingungen hinaus erweitern, dann ist ein wirtschaftlicher Einsatz fast unmöglich. Das Ziel ist keine maximale Wandlungsfähigkeit, die meist unnötig und mit zu hohen Kosten verbunden ist. Ideal wäre ein Routenzugsystem, dessen Wandlungsfähigkeit nur später tatsächlich eintretende Anforderungen berücksichtigt [23].

Der Zusammenhang zwischen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit wird in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

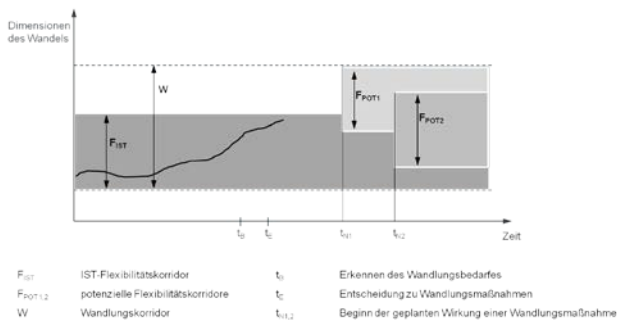


Abbildung 4: Wandlungsfähigkeit in Routenzugsystemen (in Anlehnung an[17])

Der im Routenzugsystem vorgehaltene Handlungsspielraum wird durch den Flexibilitätskorridor F_{IST} charakterisiert. Kommt es zu Änderungen der Rahmenbedingungen, die eine Überschreitung der Grenzen des Flexibilitätskorridors erwarten lassen, so wird zum Zeitpunkt t_0 ein entsprechender Wandlungsbedarf abgeleitet. Anschließend müssen Wandlungsmaßnahmen generiert werden und zum Zeitpunkt t_E eine Entscheidung zu deren Umsetzung getroffen werden. Für die Eignung einer Maßnahme zur Anpassung des Routenzugsystems muss von ihr eine festgelegte Wandlungsdistanz überbrückt werden können. Die Wandlungsdistanz beschreibt den erforderlichen Wandlungsumfang in den Dimensionen des Wandels, beispielsweise eine definierte Erhöhung der Transportkapazität durch einen zusätzlichen Routenzug. Es sollten Maßnahmen entschieden werden, welche die notwendige Wandlungsdistanz möglichst exakt überbrücken und somit einen Aufwand vermeiden, der keinen Nutzen generiert. Im Falle der Realisierung einer Maßnahme ergibt sich für den Zeitpunkt t_N ein potenzieller neuer Flexibilitätskorridor. Die einzelnen Wandlungsmaßnahmen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Umsetzungsaufwandes, der sich jeweils aus einem monetären und einem zeitlichen Bestandteil zusammensetzt. Der monetäre Bestandteil wird durch die verursachten Kosten und Investitionen determiniert. Der zeitliche Bestandteil beschreibt die Dauer, welche zur Durchführung der Maßnahme benötigt wird.

5 Wandlungstreiber für Routenzugsysteme

Auf ein Routenzugsystem wirken unterschiedliche Einflüsse, welche die Gestaltungsmöglichkeiten eines Routenzugsystems erweitern oder einschränken. Zu den erweiternden Einflüssen können Innovationen in Form effizienterer Antriebstechniken von Flurförderzeugen oder Entwicklungen im Informations- und Kommunikationsbereich zur autonomen Navigation zählen. Einflüsse, welche die Gestaltungsmöglichkeiten einschränken, können von Anspruchsgruppen eingebrachte Prämissen oder bestehende Restriktionen sein.

Besonders in Brownfield-Umgebungen besteht meist eine ganze Reihe von Restriktionen, beispielsweise hinsichtlich im Unternehmen bestehender Infrastruktur und ggf. bereits vorhandener Routenzugtechnik. Die Einflüsse werden als Wandlungs- bzw. Veränderungstreiber bezeichnet und sind geprägt durch eine Vielzahl sich überlagernder und gegenseitig beeinflussender Faktoren, die sich in ihrem Zusammenwirken noch verstärken und ein turbulentes Umfeld zur Folge haben [22][24]. Die Wandlungstreiber eines Routenzugsystems lassen sich nach verschiedenen Merkmalen clustern (vgl. Abbildung 5).

Prämissen (Anspruchsgruppen)	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensleitung • Gesetzgeber • Gesellschaft • Kunde Produktion • Mitarbeiter • Restriktionen • ... 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Strategie, Kultur, ... ➢ Gesetze, Richtlinien, ... ➢ Ökologische Nachhaltigkeit, ... ➢ Zuverlässigkeit, Flexibilität ➢ Arbeits- und Pausenzeiten, ... ➢ Weiterverwendung vorh. Equipments ➢ ...
Innovationen	<ul style="list-style-type: none"> • Produktinnovation • Prozessinnovation • Strukturinnovation • Sozialinnovation 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Konstruktion ➢ Varianz ➢ Materialien ➢ ... ➢ Ablauforganisation ➢ Information /Daten ➢ Technik/Betriebsmittel ➢ Verpackung/Transporthilfsmittel ➢ ... ➢ Aufbauorganisation ➢ Infrastruktur ➢ zentrale/dezentrale Steuerung ➢ ... ➢ Ergonomie ➢ Arbeitsschutz ➢ ...

Abbildung 5: Wandlungstreiber von Routenzugsystemen (eigene Darstellung)

Das Wirken der Wandlungstreiber wird über die daraus resultierende Veränderung der Logistikleistung des Routenzugsystems in den Dimensionen des Wandels deutlich. Ein Beispiel für einen Wandlungstreiber sind Transporthilfsmittel (Behälter). Diese bilden einen erheblichen Anteil der Transport- und Handlingskosten in der Logistik, so dass die Automobilhersteller sehr stark bemüht sind, diese Kosten zu senken. Der Trend geht in Richtung Reduzierung des Leergutvolumens bzw. der Behältervarianz sowie der Verwendung von innovativen Biokunststoff-Materialien. Das Ziel ist es, platzsparende, möglichst universelle und leichte Transportverpackungen einzusetzen. Eine Ausrüstung von Behältern mit RFID-Tags kann selbststeuernde Transportketten ermöglichen, indem eine Verschmelzung von Ladungs- und Informationsträger erfolgt [25].

In großen weltweiten Kreisläufen sind Universalbehälter branchenweit und teilweise über viele Jahre im Umlauf. Der Übergang zu einer neuen Behältergeneration kann daher nur sukzessive und über einen längeren Zeitraum erfolgen, sodass sich verschiedene Behältergenerationen parallel im Einsatz befinden. Das Routenzugsystem des einzelnen Unternehmens muss daher so konzipiert sein, dass es hinsichtlich Technik, Prozess und Steuerung in der Lage ist, verschiedene Behältertypen und -generationen aufzunehmen.

6 Wandlungsbefähiger für Routenzugsysteme

Für eine angemessene Reaktion eines Routenzugsystems auf die Wandlungstreiber bzw. die Sicherstellung der Veränderung in den Gestaltungsfeldern Mensch, Technik und Organisation müssen Eigenschaften vorliegen, die zu einem Wandel befähigen. Diese Eigenschaften werden als Wandlungsbefähiger bezeichnet. In der Literatur werden primär die Wandlungsbefähiger Modularität, Skalierbarkeit, Mobilität, Universalität und Kompatibilität benannt [17][19][20][22]. Abbildung 6 zeigt mögliche Wandlungsbefähiger in einem Routenzugsystem.

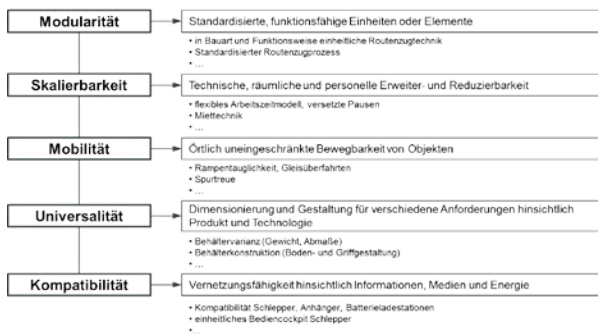


Abbildung 6: Wandlungsbefähiger eines Routenzugsystems (In Anlehnung an [17])

Am Beispiel der Gestaltung eines Packstücks für ein neues Einzelteil in Verbindung mit einem teilespezifischen Spezialbehälter kann das Wirken von Wandlungsbefähigern verdeutlicht werden. Das neue Einzelteil, das neue Transporthilfsmittel und die Gestaltung des Bereitstellorts beeinflussen das Packstück und fordern von der Routenzugtechnik eine entsprechende Lieferflexibilität ab. (vgl. Abbildung 7) Eine entsprechende Rückkopplung des vorhandenen Flexibilitätskorridors der Routenzugtechnik kann den Flexibilitätsbedarf reduzieren.

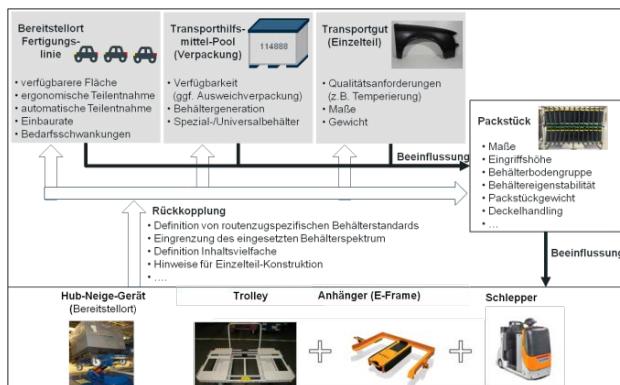


Abbildung 7: Gestaltung eines Packstücks und Wirken von Wandlungsbefähigern (eigene Darstellung)

Reicht der Korridor der Lieferflexibilität nicht aus, muss ein entsprechender Wandlungsbedarf abgeleitet werden.

Folgende Wandlungsbefähiger könnten zum Einsatz kommen:

- Universalität (Gestaltung der Trolleys zur Aufnahme verschiedener Behälterbodengruppen)
- Skalierbarkeit (Erhöhung der Transportkapazität durch Nachbeschaffung von Routenzugtechnik)
- Kompatibilität (Trolleys sind so zu gestalten, dass sie vom Anhänger und vom Hub-Neige-Gerät aufgenommen werden können).

7 Vorgehensweise zur Gestaltung der Wandlungsfähigkeit im Sinn der Effizienzerhöhung

Das Ziel ist es, die wirtschaftliche Effizienz eines Routenzugsystems durch die Gestaltung der Flexibilität und der Wandlungsfähigkeit zu erhöhen.

Die Wandlungsfähigkeit eines Routenzugsystems kann in der Praxis nicht bzw. nur unzureichend gemessen oder bewertet werden. Der Planer ist kaum in der Lage, die Wandlungsfähigkeit anforderungsgerecht zu beurteilen und entsprechende Bedarfe für die Anpassung des Routenzugsystems abzuleiten. Dies hat zur Folge, dass auf sich abzeichnende Wandlungstreiber oft nicht oder falsch reagiert wird. Vor dem Hintergrund der Absicherung einer hundertprozentigen Materialversorgung werden eher pauschal Flexibilitäten im Routenzugsystem vorgehalten, die später teilweise gar nicht erforderlich sind. Daraus können erhebliche Investitionen und Kosten resultieren, die einen effizienten Routenzuginsatz verhindern.

Dem Planer ist ein Werkzeug an die Hand zu geben, mit dem die Wandlungsfähigkeit eines Routenzugsystems bewertet werden kann und die Ableitung eines entsprechenden Wandlungsbedarfes möglich ist. Die Schwerpunkte liegen in der Erkennungs- und Entwicklungsfähigkeit bzw. verkürzten Reaktions- und Anpassungszeitzyklen. Es gilt, sich abzeichnende Veränderungstreiber frühzeitig zu erkennen, damit Maßnahmen frühzeitig aktiviert werden können. Mit Hilfe der Verkürzung der Vorbereitungs- und Anpassungszeit wird Spielraum für die Vorlaufzeit und damit zur Reduzierung der Reaktionszeit geschaffen (vgl. Abbildung 8).

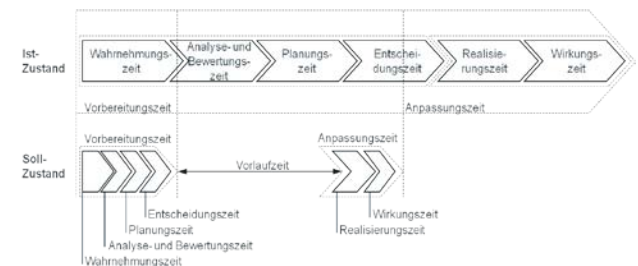


Abbildung 8: Anpassungszyklus (in Anlehnung an [26])

Grundsätzlich sind für die Gestaltung der Flexibilität und der Wandlungsfähigkeit eines Routenzugsystems regelmäßige Abstimmungen und eine Zusammenarbeit im Team aus Planern, operativen Mitarbeitern, Vertretern der Anspruchsgruppen und der Produktion usw. sinnvoll.

Zunächst gilt es, die Wandlungstreiber zu identifizieren und deren weitere Entwicklung aufzunehmen. Eine systematische Darstellung des Routenzugsystems und der Treiberentwicklungen ermöglicht eine Aussage zu den Auswirkungen der Wandlungstreiber auf die Gestaltungselemente und deren Wechselwirkungen. Im nächsten Schritt werden die Flexibilitätskorridore der Gestaltungselemente in den Dimensionen des Wandels definiert. Diese sind so zu legen, dass die Gestaltungselemente auf die in jedem Fall eintretenden Treiberentwicklungen ohne zusätzliche Gestaltung flexibel reagieren können. Für die nur wahrscheinlich eintretenden Treiberentwicklungen erfolgen die Festlegung der Wandlungskorridore und die Erarbeitung potenzieller Anpassungsszenarien der Gestaltungselemente. Ein Anpassungsszenario ist besonders geeignet, wenn es die Wandlungsdistanz möglichst exakt überbrückt und die Aktivierungszeit innerhalb des Zeitraums zwischen dem Erkennen des Wandlungsbedarfs und dem Eintritt des Treibers liegt. Ein eventueller monetärer Aufwand zur Aktivierung eines Anpassungsszenarios ist budgetseitig bereitzuhalten.

Im Serienbetrieb sind die Entwicklung der Wandlungstreiber zu monitoren und die beschriebene Vorgehensweise zyklisch zu wiederholen. Dabei ist die Entwicklung der Wandlungstreiber mit den definierten Flexibilität- und Wandlungskorridoren abzugleichen. Erfahrungswerte sollten im Sinne »lessons learned« einfließen.

8 Ausblick

Eine bewusste Gestaltung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit kann die Effizienz von Routenzugsystemen erhöhen. Wichtig ist dabei ein intensiver Abgleich zwischen den Anspruchsgruppen und den Gestaltungsfeldern des Routenzugsystems.

Ziel ist es, nur das Maß an Flexibilität und Wandlungsfähigkeit einzuplanen, was auch gemäß der Treiberentwicklung investiert bzw. vorgehalten werden muss In: VDI Berichte Nr. 2207, 2013, pp. 87-97.

9 Literatur

[1] Firlbeck, G.; Isensee, R.; Becker, T.: »Überraschend deutliche Ergebnisse beim Planen der Montagebandversorgung mit Zügen«. In: VDI Berichte Nr. 2207, 2013, pp. 87-97.

[2] Martini, A.; Rohe, A.; Stache, U. und Trenkner, F.: »Einflussfaktoren in Routenzugsystemen – Verfahren zur Berechnung der Einflussstärke von Dimensionsierungsparametern«, wt Werkstatttechnik online, Nr. 1/2, pp. 65-71, 2015.

[3] STILL: »Megatrends Intralogistik 2020« [Online]. URL: <http://www.still.de/15039.0.0.html>. [Zugriff am 12. April 2015].

[4] Bruckner, W.: »Intralogistik als Schaltzentrale«, Automobil Industrie, Nr. 5, pp. 70-71, 2014.

[5] Bundesvereinigung Logistik (BVL): »Die Logistiktrends von morgen unter der Lupe« [Online]. URL: www.bvl.de/blog/wird-das-rad-2015-neu-erfunden-die-logistik-trends-von-morgen-unter-der-lupe/. [Zugriff am 12. April 2015].

[6] Frey, H.-G.: »Aktuelle Trends in der Intralogistik – Jungheinrich AG« In: VDI Berichte Nr. 2232, 2014, pp. 5-12.

[7] Lamprecht, S.: »Vorstellung Logistikcampus« In: Konzernarbeitskreis Logistiktechnik – Volkswagen Logistics GmbH & Co. OHG, Wolfsburg, 2014.

[8] Schweizer, M.: »Herausforderungen und Trends in der Intralogistik«, www.logistics.de, 2014.

[9] ten Hompel, M.; Otto, B.: »Technik für die wandlungsfähige Logistik – Industrie 4.0« In: VDI Berichte Nr. 2232, 2014, pp. 117-125.

[10] Wyman, O.: »Future Automotive Industry Structure 2025 – Die Entwicklung der Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie – Forum Automobillogistik 23.01.2013«, 2013.

[11] Krause, A.; Strauch, J.: »Aspekte der Planung und des Betriebs von Routenzügen in der automobilen Endmontage«. In: Tagungsband Vernetzt Planen und Produzieren – VPP 2013, Chemnitz, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, 2013, pp. 167-175.

[12] Klinkner, R.; Kinzel, M.: »Arbeitskreis Flean Production: flexibel und lean - Abschlussbericht Manufacturing Excellence Dialogue«, Universitätsverlag der TU Berlin, Berlin, 2014.

[13] Ropohl, G.: »Allgemeine Technologie - Eine Systemtheorie der Technik«, 3. überarbeitete Auflage, Hrsg., Karlsruhe: Universitätsverlag, 2009.

[14] Herrmann, T.: »Learning and Teaching in Socio-Technical Environments«. In: Informatics and the Digital Society, Bosten, Kluwer, 2003, pp. 59-72.

[15] Ulich, E.: Arbeitspsychologie, 7. Auflage Hrsg., Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft, Steuer, Recht GmbH, 2011.

[16] Krause, A.; Strauch, J.: »Routenzüge in der variantenreichen Großserienfertigung – Wandlungsfähigkeit als Schlüssel zur Effizienz«. In: Produktion und Arbeitswelt 4.0 – Aktuelle Konzepte für die Praxis? 15. Tage des Betriebs- und Systemingenieurs – TBI2014, Chemnitz, Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF, Sonderheft 20, TU Chemnitz, 2014, pp. 157-166.

[17] Nyhuis, P.; Deuse, J.; Rehwald, J.: »Wandlungsfähige Produktion – Heute für morgen gestalten«, Hannover: PZH-Verlag, 2013.

[18] Günthner, W.: »Stand und Entwicklung von Routenzugsystemen für den innerbetrieblichen Materialtransport«, fml - Lehrstuhl für Fördertechnik und Materialfluss Logistik, München, 2012.

[19] Hernandez, R.: »Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung«, Dissertation, Düsseldorf: Fortschritt-Berichte VDI, 2002.

[20] Hildebrand, T.: »Theoretische Grundlagen der bausteinbasierten, technischen Gestaltung wandlungsfähiger Fabrikstrukturen nach dem PLUG+PRODUCE Prinzip« - Dissertation, Bd. 45, Chemnitz: Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, 2005.

[21] Abele, E.; Liebeck, T.; Worn, A.: »Measuring Flexibility in Investment Decisions for Manufacturing Systems«, Annuals of the CIRP, pp. S. 433-436, 2006.

[22] Schenk, M.; Wirth, S.; Müller, E.: »Fabrikplanung und Fabrikbetrieb«, Magdeburg, Chemnitz: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.

[23] Nyhuis, P.; Fronia, P.; Pachow-Frauenhofer, P.; Wulf, S.: »Wandlungsfähige Produktionssysteme«, wt werkstatttechnik online, pp. S.205-210, 2009.

[24] Cisek, R.; Habicht, C.; Neise, P.: »Gestaltung wandlungsfähiger Produktionssysteme«, ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, pp. S. 441-445, 2002.

[25] Scheffels, G.: »Der Behälter macht's«, Automobil Industrie, Nr. 5, pp. 68-69, 2014.

[26] Kuhn, A.; Klingebiel, K.; Schidt, A.; Luft, N.: »Modellgestütztes Planen und kollaboratives Experimentieren

für robuste Distributionssysteme«. In: Wissenschaft zwischen strengen Prozessen und kreativem Spielraum, Berlin, HAB Schriftenreihe. Gito., 2011.

KOMPLEXITÄT DER INFORMATIONSLOGISTIK IM PRODUKTIONSUMFELD

Josef Haimerl M. Sc.
DE software & control GmbH, Dingolfing

LEBENS LAUF

Josef Haimerl M. Sc.

DE software & control GmbH, Projektleiter

02/2011

B. Sc. Wirtschaftsinformatik, OTH Regensburg.

09/2012

M. Eng. Logistik, OTH Regensburg.

Seit 10/2012

Projektleiter bei der DE software & control GmbH, Dingolfing.

KOMPLEXITÄT DER INFORMATIONSDLOGISTIK IM PRODUKTIONSUMFELD

Josef Haimerl M. Sc.

1 Faktor IT im Informationsmanagement

Wo in den der Vergangenheit, hauptsächlich in der Automobilindustrie, bereits wegbereitende Arbeit hinsichtlich innovativer IT-Lösungen in der Produktion geleistet wurde, stehen produzierende Unternehmen andere Branchen häufig noch in den Kinderschuhen.

Mittlerweile sind allerdings immer mehr Hersteller mit der Anforderung konfrontiert, hoch individualisierte Produkte unter den Rahmenbedingungen einer Serienfertigung und gleichbleibender Qualität herstellen zu müssen, um konkurrenzfähig bleiben zu können. Verkürzte Produktlebenszyklen, hohe Variantenvielfalt und immer komplexere Produkte, sind nur die am häufigsten genannten Ursachen für den Zuwachs und die Schnellebigkeit der Arbeitsinhalte, die es zu überschauen gilt.

Viele Unternehmen haben zum Entgegenwirken dieser Problematik bereits IT-Systeme wie beispielsweise ein ERP-System und Insellösungen am Shopfloor im Einsatz, stoßen aber damit häufig an die Grenzen der Organisationsfähigkeit.

Konkret wird mit der Problemstellung gekämpft, produktionsrelevante Informationen nicht mehr adäquat erstellen und transportieren zu können. Die Vielzahl der notwendigen Informationen zur Herstellung der Produkte liegen oft ungefiltert, ohne Kontext und schwer zugänglich für die Mitarbeiter vor. Fehler bei der Montage und zusätzliche Nacharbeit, sind diesem Umstand geschuldete Kostenverursacher.

Echtzeitfähige Werkerführungssysteme, können hierbei Abhilfe und dabei noch eine Menge an Synergien schaffen. Die Anforderungen, die an ein solches System – insbesondere im Hinblick auf das Informationsmanagement – bestehen, sind allerdings nicht trivial. Im Folgenden soll näher darauf und dazu passenden Lösungsansätze eingegangen werden.

2 Komplexität der Informationslogistik

Eine bekannte Situation aus dem Büroalltag ist, täglich vor einer riesigen Informationsflut zu stehen. Es gilt die Datenmenge zu beherrschen. Filtern, Suchen, Bearbeiten, Aufbereiten, Verteilen der Informationen in Abhängigkeit von Terminen ist die Aufgabe, die es zu bewältigen gilt, um Ergebnisse zu produzieren.

Ähnlich ist die Situation in der Produktion. Es werden die richtigen Informationen, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und vor Allem auch in der notwendigen Qualität als Grundvoraussetzung für funktionierende Prozesse

benötigt. Die richtige Version, die Aufbereitung der Informationen, sprich die Darstellung, die richtige Sprache, die richtigen Anlagenparameter oder die Detaillierung spielen dabei eine Rolle und verursachen ein hohes Maß an Komplexität.

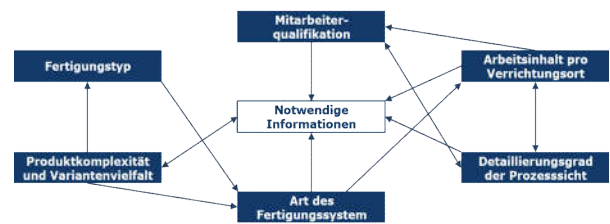


Abbildung 1: Faktoren relevanter Informationen (eigene Darstellung)

Abbildung 1 zeigt einen Auszug von Faktoren und deren Abhängigkeiten, die Einfluss auf die relevanten und benötigten Informationen und deren Darstellung an einem bestimmten Arbeitsplatz, für eine bestimmte Person und für ein konkretes Produkt bestehen. Es wird letztendlich deutlich, dass hier von Anwender zu Anwender und auch von Prozess zu Prozess eine andere Vorgehensweise notwendig ist, um die benötigten Informationen gezielt und gefiltert – in der notwendigen Qualität – bereitstellen zu können.

Konkret am Beispiel der Beziehung zwischen Fertigungssystem und dem Arbeitsinhalt am Verrichtungsart kann dies veranschaulicht werden. Betrachtet man die beiden Pole von Fertigungssystemen: Die Fließfertigung im Extremfall, wie in der Automobilindustrie vorzufinden, mit sehr kurzen Taktzeiten, sehr kompakten Arbeitsinhalten und auf der anderen Seite die Baustellenfertigung bei welcher an ein und derselben Stelle das komplette Produkt montiert wird.



Abbildung 2: Informationen und Einflussgrößen (eigene Darstellung)

Die Arbeitsinhalte erstrecken sich also von wenigen Sekunden bis hin zu Tagen oder Wochen. Es wird dabei klar, dass ein komplett anderer Umgang und eine differenzierte Darstellung der relevanten Inhalte notwendig werden. Da innerhalb eines Unternehmens, nicht selten die komplette Bandbreite an Organisationsformen vorhanden ist, muss auch das Datenmodell und die Software dementsprechend die Leistungsfähigkeit bieten dies abbilden zu können.

3 Lösungsansatz

Die Grundlage, um dies zu bewerkstelligen, ist im ersten Schritt die Entkopplung der Datenhaltung aus dem ERP mit dem Vorteil der uneingeschränkten Definition der erforderlichen Daten für den Montageprozess.

Dies passiert mit der Modellierung unter der Verwendung eines Metamodells basierend auf der DIN EN 62264.

Die DIN EN 62264 beschreibt ein Datenmodell zum Schnittstelleninhalt zwischen verschiedenen Unternehmens- und Produktionssteuerungsfunktionen.

Mit Hilfe dieses Datenmodells soll eine allgemeingültige, störungsfreie und sichere Weise, unter Beibehaltung der Integrität, zum Austausch von Daten (Objekten) zwischen diesen beiden Domänen gewährleistet werden. Ziel ist es dadurch die Möglichkeit zur Integration der Aktivitäten zwischen Unternehmens- und Produktionssteuerungssystemen zu schaffen.

Darüber hinaus bietet dieses Datenmodell die geeignete Grundlage zur Abwicklung der MES-Funktionen, definiert nach der VDI 5600.

Trotz der Abbildung entsprechend einer Norm, kann dadurch kein allgemeingültiger Standard erreicht werden. Individuelle Strukturen, hervorgehend aus verschiedenen Branchen, Firmen und damit einhergehenden spezifischen Nomenklaturen, aber auch bestehenden, herstellereigenen Lösungen, benötigen in der Regel meist eine kundenspezifische Anpassung der Datenstruktur.

Die Strukturierung der Daten also z.B. Arbeitsplänen, Arbeitsanweisungen oder Anlagenparametern findet dabei unter dem Einsatz eines Modells bestehend aus drei Organisationsebenen (Segmente, Aktivitäten, Schritte) statt.

In der DIN EN 62264 wird bereits das sogenannte Produktsegment oder Segment eingeführt. Dieses beschreibt eine Arbeit oder Aufgabe, die aus einem von mehreren Arbeitselementen besteht und üblicherweise hauptsächlich an einem Ort ausgeführt wird. Ein Segment ist in diesem Modell die detaillierteste Prozesssicht zur Kontrolle von Material, Arbeit, Ressourcennutzung, Kosten und Qualität, um die Produktion zu steuern. Zur Abbildung einer Werkerführung und ihrer Ablauforganisation bzw. Ablaufbeschreibung ist dieser Detaillierungsgrad jedoch nicht hinreichend und muss daher um zusätzliche Organisationsebenen erweitert werden. Diese werden wie folgt definiert (siehe auch Abbildung 3).

Schritte sind der kleinstmögliche Baustein einer Produktdefinition bzw. der Ablaufsteuerung der Werkerführung und sind häufig durch das dafür benötigte Material, der Arbeitsanweisung oder Eingabeparameter für Anlagen gekennzeichnet. Es werden dadurch beispielsweise einzelne Griffe, die Bedienung von Griffelementen, Hinweise oder Eingabeparameter für Maschinen zur Durchführung der wertschöpfenden Tätigkeit definiert und vorgegeben. Eine Aktivität ist die Zusammenfassung von Schritten und bildet eine in sich logisch geschlossene Einheit einer Teilabfolge im Fertigungsprozess. Diese Schrittkette ist nicht trennbar. Aktivitäten geben dabei die Einheit zur Verteilung von Arbeitsinhalten auf verschiedene Arbeitsstationen vor. Dies ermöglicht es z.B. Alternarbeitspläne hinsichtlich des Ausführungsorts der Tätigkeit zu erstellen. Das bereits nach DIN EN 62264 beschriebene Produktsegment ist die erste bzw. oberste Ordnungsebene zur Auflistung der Informationen einer Produktdefinition. Durch ein Produktsegment können mehrere Aktivitäten gruppiert werden. Diese werden nach bestimmten Ordnungsregeln zusammengefasst.

Ein Segment gibt dabei die Planungsgröße für die Feinplanung vor und hat mit der Instanziierung eines Fertigungsauftrags bzw. einer Produktionsanforderung der entsprechenden Produktdefinition, beispielsweise die Eigenschaft eines Start- und Fertigstellungstermins oder einer Losgröße.

Die Produktdefinition selbst beschreibt den Arbeitsinhalt zur Herstellung eines Produkts bzw. Endergebnisses.

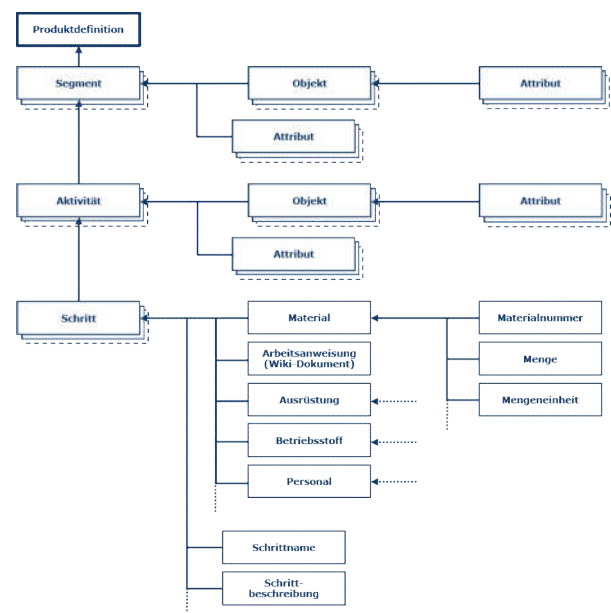


Abbildung 3: Beispielaufbau/Systematik der Struktur einer Produktdefinition (eigene Darstellung)

Ein weiterer wichtiger Aspekt, um für das gewünschte System die notwendige Anpassungsfähigkeit zu bieten, ist die Entkopplung der Daten von der Präsentationsschicht, sprich der Anzeige, also der Oberflächen am Arbeitsplatz. Der Anwender hat also selbst in der Hand die Anzeigen zu erstellen, die gepflegten Informationen aufzubereiten und damit seine Prozesse nach seinen Anforderungen abzubilden. Entsprechend der schnellen Lebenszyklen von Produkten und deren Montageprozessen, sowie der Anforderungen der Montagemitarbeiter, kann darauf mit Änderungen und Anpassungen an der Benutzeroberfläche unmittelbar reagiert werden.

4 Fazit

Die erforderliche Dynamik bei der Bereitstellung von Informationen für die Montage, beginnt bei der Strukturierung und Erstellung der notwendigen Inhalte (siehe Kapitel 3) mit folgender Zielsetzung.

- Abbildung komplexer Fertigungsstrukturen hinsichtlich Fertigungsform und Produktausprägung.
- Dynamische Anzeige von Arbeitsanweisungen in angepasster Darstellungsform und nach Detaillierungsgrad bedingt durch z.B. Mitarbeiterqualifikation, Wiederholungsgrad.
- Abbildung von Pflichtschritten oder Prozesssperrern
- Definition von Alternativarbeitsplänen zur Verteilung von Arbeitsinhalten hinsichtlich des Ausführungsortes.
- Hinterlegung von komplexen Parametersätzen zur Datenversorgung von Automatisierungseinheiten.

Die verwendete Informationstechnologie muss dabei durch Anpassungsfähigkeit und Erweiterbarkeit charakterisiert sein. Nicht zu vernachlässigen sind dabei, in diesem Artikel nur am Rande erwähnt, beispielweise die volle Datenintegration von Drittsystemen und die Speicherung der Daten von Rückmeldungen aus dem Prozess zum Produktionsauftrag für die Erfassung eines vollständigen Produktlebenslaufs.

5 Literatur

[1] Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen – Teil 1: Modelle und Terminologie (IEC 62264-1:2013); Deutsche Fassung EN 62264-1.

ZUKUNFTSSICHERUNG VON KRANKENHÄUSERN DURCH PROZESSSTEUERUNG – ENTWICKLUNG EINES HEALTHCARE CONTROL CENTERS (HCC)

Dr.-Ing. Marco Emmermann
Visality Consulting GmbH

LEBENS LAUF



Dr.-Ing. Marco Emmermann

Visality Consulting GmbH,
Geschäftsführer

- | | |
|--------------|---|
| 1982 – 1989 | Diplom-Wirtschaftsingenieurstudium an der Technischen Universität Berlin. |
| 1996 | Promotion zum Dr.-Ing.: »Managementorientierte ganzheitliche Entsorgungslogistik«, bei Prof. Dr.-Ing. H. Baumgarten. |
| 1990 – 1995 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Logistik an der Technischen Universität Berlin bei Prof. Dr.-Ing. H. Baumgarten. |
| 1990 – 1995 | Freier Unternehmensberater bei der Zentrum für Logistik und Unternehmensplanung (ZLU) GmbH. |
| 1995 – 1998 | Projektleiter bei der ZLU GmbH. |
| 1998 – 2004 | Dozent für Logistik an der Technischen Universität Berlin. |
| 2000 – 2002 | Mitglied der Geschäftsführung bei der ZLU GmbH. |
| 2003 – 2008 | Vorstand der GÖK Consulting AG. |
| 2003 – heute | CEO der Visality Consulting GmbH
Bearbeitung und Leitung von strategischen Beratungs-, Logistik- und SCM-Projekten, Referent auf diversen nationalen und internationalen Kongressen. |

ZUKUNFTSSICHERUNG VON KRANKEN- HÄUSERN DURCH PROZESSSTEUERUNG – ENTWICKLUNG EINES HEALTHCARE CONTROL CENTERS (HCC)

Dr.-Ing. Marco Emmermann

1 Logistik als Treiber einer strukturellen Umgestaltung im Gesundheitswesen

Seit Einführung der DRG-basierten Einnahmen, befindet sich die deutsche Krankenhauslandschaft in einer Dauerkrise. Neben den durchaus gewollten Effekten eines Strukturwandels mit mehr Transparenz und Wettbewerb sowie einer leistungsorientierten Vergütung haben sich zahlreiche ungewollte Negativ-Effekte eingestellt, die das Gesundheitswesen an den Rand einer Sinnkrise geführt haben: Denn überzogenes Kostensenkungs- und Rationalisierungsdenken wirft ethische Fragen der Behandlungsnotwendigkeit und Behandlungsgerechtigkeit auf und zunehmende Budgetkürzungen gehen zu Lasten der Belegschaft und der Patienten. In der Folge suchen Krankenhäuser nach immer neuen Sparmaßnahmen und können die Ursachen der Lage nicht beheben. Allenfalls werden damit die Symptome der Krise kurzfristig abgemildert.

Von bereits früher in die Deregulierung entlassenen Branchen wie der Luftfahrt lässt sich lernen, dass die Lösung weniger in Kostenreduktionen, sondern vielmehr in einer verbesserten Steuerung liegt: Gebraucht wird ein intelligentes, durchgängiges Prozess-Management, eine Spezialisierung der wissenschaftlichen Logistik, die bisher im Krankenhaus leider nur die Rolle eines sogenannten »Tertiär-Prozesses« hatte, der sich des Material- und Patienten-transportes annehmen durfte. Die Primärprozesse der medizinischen Versorgung und deren wichtige Unterstützungsprozesse bleiben auch heute weitgehend »frei« von angewandtem Logistik-Know-how.

Dabei hat die Logistik in der Luftfahrt und anderen Branchen bewiesen, dass sie Treiber einer wettbewerbsorientierten Umgestaltung sein kann. Die Prozesse und Optimierungsansätze aus der Aviation-Branche sind optimal auf die Healthcare-Branche übertragbar, da zwischen diesen Branchen eine sehr hohe Systemähnlichkeit besteht. Krankenhäuser wie Flughäfen sind extrem teure Infrastrukturen, an denen vielfältige Beteiligte eine mehr oder weniger sequentielle Abfolge von Einzeldienstleistungen (unterstützt durch verschiedene IT-Systeme) direkt am Menschen ausführen. Beide Dienstleistungs-Systeme sind durch zahlreiche externe Störgrößen geprägt und müssen auf Patienten bzw. Passagiere und Mitarbeiter, als eine wesentliche interne Störgröße reibungsfreier Abläufe, reagieren.

Beide Systeme haben geplante wie unplanbare Leistungen abzuwickeln. Zudem werden höchste Anforderungen an die Sicherheit bei gleichzeitig hoher Ergebnisqualität gestellt. Der finanzielle Erfolg hängt dabei in zunehmendem Maße von Zusatzgeschäften ab.

2 Logistisches Supply-Chain-Management im Gesundheitswesen

Die Logistik hat sich seit Jahrzehnten mit der Verbesserung verketteter Prozesse auseinandergesetzt und unter dem inzwischen leider überreizten Begriff »Supply-Chain-Management« Methodiken entwickelt, die heute zum Elementar-Repertoire der Steuerung von Lieferbeziehungen gehören. Deren Grundzüge sind jedoch in einigen Dienstleistungsbranchen, wie z.B. im Gesundheitswesen noch nicht etabliert. Hierzu gehören insbesondere:

- organisatorisch: Umkehr der Funktionsorientierung in eine Prozessorientierung (vgl. dazu Abb. 1),
- methodisch: durchgängige, d.h. unternehmensübergreifende Prozessbetrachtung,
- physisch: (zeitlich) aufeinander abgestimmte Prozesse »ohne« Pufferbedarfe,
- informatorisch: vorausseilende Information (Avisé) und Messbarkeit übergreifender Prozess- KPI's.

Tatsächlich sind im Krankenhausbetrieb – und das Gesagte gilt leider immer auch für das Gesundheitswesen als Ganzes – alle vier Prinzipien allenfalls mangelhaft umgesetzt:

- Krankenhäuser haben mit der Zentrenbildung zwar die Funktionseinheiten vergrößert und intraorganisatorische Vorteile erzielt, jedoch mit dem einhergehenden Machtgewinn die Mauern zwischen diesen Zentren noch verstärkt.
- Gut gemeinte Konzepte des Fall- oder Case-Managements sind zu stark auf medizinische Behandlungspfade fokussiert und nicht auf die gesamte Wertschöpfungskette des Patienten.
- Logistische »Puffer« zwischen Krankenhausprozessen werden sichtbar an den exorbitanten Wartezeiten der Patienten auf, vor und nach einem Prozess.

► **Durch die Realisierung einer Prozessorganisation im Krankenhaus wird die medizinisch optimale Leistungserbringung zu effektivstem und effizientestem Ressourceneinsatz sichergestellt**

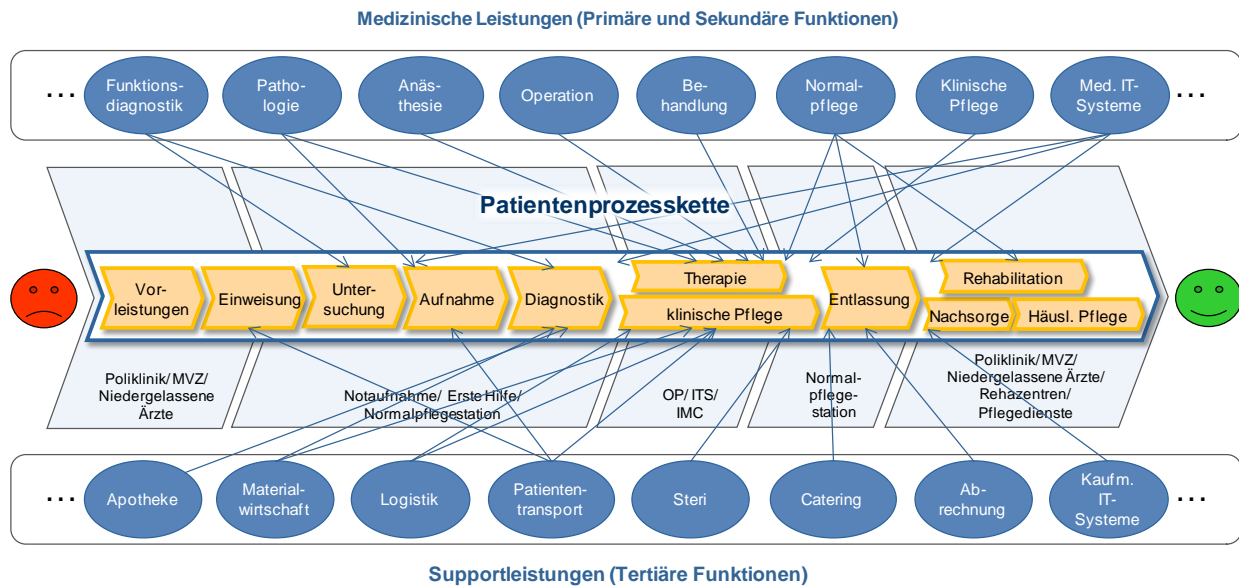


Abbildung 1: Zukünftige Krankenhaus-Organisation bei konsequenter Prozessorientierung, © Visality Consulting GmbH

Viele Bereiche (insbes. Funktionsdiagnostik/Röntgen) arbeiten ohne Kalender (»den vollen Gang ab«), geschweige denn, dass Sie auf andere Prozesse abgestimmte Termine vergeben.

- Rettungswagen sind inzwischen technisch in der Lage, ein Avis mit wichtigen Patientendaten zur Vorbereitung an die Notaufnahme zu senden. Für andere Krankenhäuser wäre es bereits ein großer Fortschritt, die Urlaubszeit der einweisenden Facharztpraxen vorab zu kennen, um ihre Kapazitäten rechtzeitig anzupassen. Verweildauer-Abweichungen werden genauestens ermittelt, die Gründe, die aggregiert zu erhöhten Verweildauern des gesamten Hauses führen, sind jedoch unbekannt.

Ein auf das Gesundheitswesen zugeschnittenes »Supply-Chain-Management« würde nicht nur die sektoralen Abgrenzungen zugunsten der Prozessorientierung aufbrechen, sondern auch Primär-, Sekundär- und Tertiärleistungen als gleichrangige »Enabler« des Prozessdurchlaufs verstehen, denn mit jedem vermiedenen Engpass im Prozess wird implizit auch der Heilungserfolg, die Patientenzufriedenheit sowie die wirtschaftliche Gesamteffizienz vergrößert.

Dieser Vortrag basiert auf einem laufenden Forschungsprojekt der Visality Consulting GmbH, das ein logistisches Denken in messbarer Prozess-Qualität als »Dritte Dimension« neben der bisher auf medizinische Qualität und Budget-Einhaltung fokussierten Sichtweise in der Healthcare-Branche etablieren will.

3 Das Dreieck der zukünftigen Zieldimensionen im Gesundheitswesen

Das Dimensions-Dreieck zeigt mit der gelben Fläche den im deutschen Krankenhauswesen ungefähr erreichten Optimierungsgrad bezüglich der drei Hauptziele (vgl. dazu Abb. 2). Die Breite der grünen Pfeile entlang der drei Dimensionen stellt den verhältnismäßigen Aufwand zur Optimierung der jeweiligen Dimension dar. Dabei bildet sich ab, dass im Bereich der Zeit bzw. Prozess-Qualität (JIT) die größten Anstrengungen unternommen werden müssen. Dabei entsteht eine innere Beziehung der drei Ziele, in der erst mit einer deutlich verbesserten Termintreue (Zeit) bzw. Prozessqualität auch die Kosten sowie die medizinische Qualität ihr wirkliches Optimum erreichen werden. Daraus ist abzuleiten, dass die Einführung von gesteuerten Terminen zur Messung der Prozess-Qualität als Erfolgsgarant implementiert werden muss.

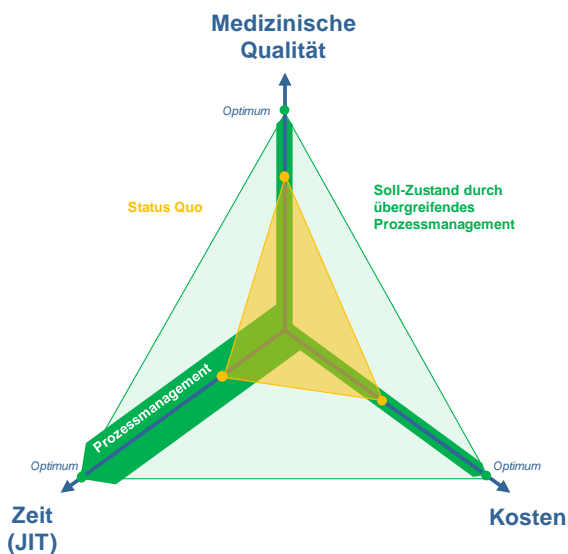


Abbildung 2: Dreieck der zukünftigen Zieldimensionen,
© Visality Consulting GmbH

4 Prozessuale Optimierungshebel im Gesundheitswesen

4.1 Prozessorientiertes IRREG-Management

Der Schlüsselfaktor zur Verbesserung der Prozesse im Krankenhaus ist die Einführung eines prozessorientierten IRREG-Managements, wie es die Luftfahrt eingeführt hat und kontinuierlich verbessert. Eingangs werden dafür die bestehenden Prozesse hinsichtlich ihrer Organisation, Sequenz und der Schwachstellen analysiert, um einen Referenzprozess im Sinne eines standardisierten Durchlaufs des Patienten zu etablieren. Gleichzeitig werden mit den entsprechenden Kennzahlen-Tools Abweichungen vom Standard-Fall definiert und damit messbar gemacht. Für die am häufigsten vorkommenden Abweichungen (IRREGs) werden nun standardisierte Sofort-Maßnahmen abgesprochen (sog. Hebel), die in der akuten Situation durch den »IRREG-Manager« aktiviert werden. Beispielsweise kann ein solcher Hebel in einer beschleunigten administrativen Aufnahme des Patienten, im Sinne eines »Fast-Track«, oder einer beschleunigten OP-Nachbereitung mit zusätzlichen Reinigungskräften liegen. Grundvoraussetzung für das IRREG-Management sind eine hohe Prozess-Transparenz sowie die notwendigen Weisungsbefugnisse zur Aktivierung der erforderlichen Ressourcen.

4.2 Patientenkoordinator als Prozess-Manager

Eine weitere wesentliche Optimierungsmaßnahme ist die Stärkung der Rolle des Patientenkoordinators. Ziel ist es, den Patienten besser durch die Prozesse zu steuern und aktiv auch schon in der präoperativen Phase zu begleiten. Der Patientenkoordinator steuert die verschiedenen Krankenhausleistungen für den Patienten und optimiert damit dessen Liegezeit ebenso wie dessen Wohlbefinden. Die häufige Patientenwahrnehmung, nicht zu wissen, was als nächstes mit mir geschieht und wann, kann so umgedreht werden in eine wahrnehmbare Betreuung, die genesungsfördernde Sicherheit ausstrahlt. Durch den Patientenkoordinator werden zukünftig Termine vereinbart und auf die Ziele abgestimmt, dem Patienten Ablauf-Checklisten an die Hand gegeben und ggf. schon vor dem OP-Tag »Betreuungs-Anrufe« durchgeführt, um sicher zu gehen, dass die Hinweise für die bevorstehende OP befolgt werden (z.B. Absetzung von Medikamenten). Damit wird nicht nur die Patientenzufriedenheit erhöht, sondern vor allem OP-Ausfällen vorgebeugt.

4.3 Aufbau eines Healthcare Control Centers (HCC)

Der zentrale Erfolgstreiber zur nachhaltigen Optimierung von Prozessen im Gesundheitswesen ist der Aufbau eines Healthcare Control Centers. Nutzt man dafür die Logistik in ihren Erkenntnissen über das Management hochkomplexer Supply-Chains, dann eröffnen sich völlig neue Lösungsansätze für das Gesundheitswesen. Die durch die Logistik in anderen Branchen etablierten Planungs-, Steuerungs- und Dispositions Kompetenzen lassen sich überaus nutzbringend übertragen und einsetzen.

Hier kann insbesondere die Aviation-Branche aufgrund ihrer strukturellen Ähnlichkeiten zum Gesundheitswesen moderne Konzepte wie z.B. das Hub Control Center beisteuern. Auf einer solchen Prozess- und IT-Plattform können alle Prozessbeteiligten vom einweisenden Arzt über medizinische Versorgungszentren und Krankenhäuser bis hin zu Reha- und Pflegeeinrichtungen in die Steuerung der Patientenwertschöpfungskette eingebunden werden. Bei gelungener Übertragung wird durch den Aufbau eines Healthcare Control Centers (HCC) die effiziente Nutzung von Diagnostik-, Labor-, OP-, Behandlungs- und Pflege-Ressourcen durch ein integriertes Prozessmanagement jedes einzelnen Patienten entlang seines individuellen Behandlungspfades sichergestellt (vgl. dazu Abb. 3). Die in einem funktionalen Inseldenkens verhaftete Medizin wird zu einem prozessorientierten Wertschöpfungskettensystem weiterentwickelt.

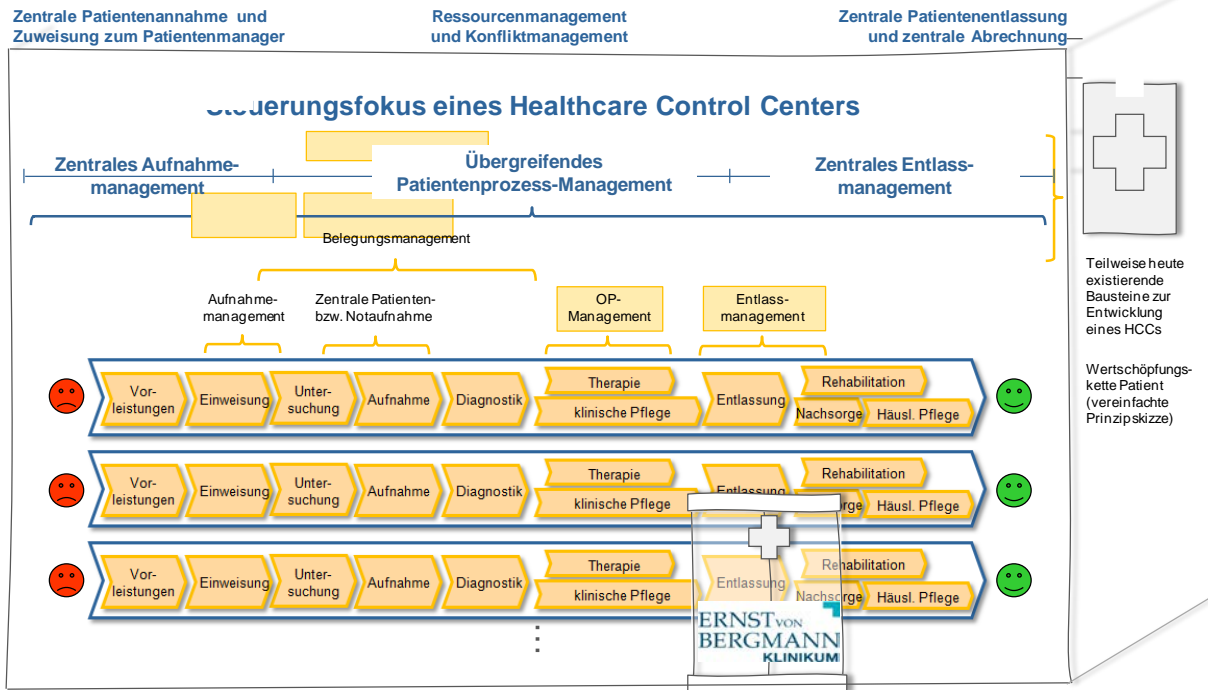


Abbildung 3: Entwicklung eines Healthcare Control Centers
 Grafik: © Visality Consulting GmbH

5 Voraussetzungen für ein logistisch optimiertes Gesundheitswesen

Die von Visality entwickelten Lösungsvorschläge werden oft gemeinsam mit dem Top-Management deutscher Krankenhäuser und Krankenhausketten diskutiert und finden überwiegend hohe Zustimmung. Aufgrund der Komplexität des sektorübergreifenden Ansatzes, Prozesse zwischen Krankenhäusern, Einweisern, Rehabilitations- und Pflegeeinrichtungen konsequent zu optimieren, empfiehlt Visality die stufenweise Umsetzung eines individuell ausgestalteten Gesamtkonzeptes eines Healthcare Control Centers. Dabei müssen die in Abb. 4 dargestellten 8 Kernmodule zum Aufbau eines HCCs für jedes Unternehmen im Gesundheitswesen individuell und spezifisch entwickelt und umgesetzt werden. Modulare Pilotlösungen in abgrenzbaren Bereichen wie dem OP-Management, der Notaufnahme, dem Aufnahme- und Entlass-Management usw. erzeugen schnell hohe Mehrwerte und bereiten den ganzheitlichen Lösungsansatz sinnvoll vor.

Hierdurch gewinnen Organisationen erlebbare Umsetzungserfolge, die sie für die mitunter ungewohnte logistische Denkweise in Netzwerken und Prozessverknüpfungen begeistern können.

Unterstützt werden kann dies durch Fachexperten, die eine Reduzierung der zunächst noch sehr komplexen Zusammenhänge auf die wesentlichen Input- und Output-Beziehungen sowie deren Service-Level und Informationsbedarfe vornehmen. Im Ergebnis entsteht nicht nur ein neues, schlankes und akzeptiertes Prozessnetzwerk, sondern auch eine nachhaltig veränderte Sichtweise der beteiligten Mitarbeiter, die Interaktion und Kooperation im Sinne einer gemeinsamen Gesamtwertschöpfungskette neu wahrnehmen und die zu »Logistikern des Gesundheitswesens« werden.

Damit wurde sehr konkret der Mehrwert eines logistik- und prozessorientierten Denkens und Handelns in einer Branche aufgezeigt, die sich selbst bisher lediglich ständig Kostensenkungsmethoden verschreibt. Dabei lässt sich eindeutig nachweisen: Logistik hat bis in die medizinischen Kernprozesse hinein einen hohen Stellenwert und führt zur deutlichen Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Kliniken, wenn sie als ganzheitliches Steuerungssystem der Prozessqualität genutzt wird.

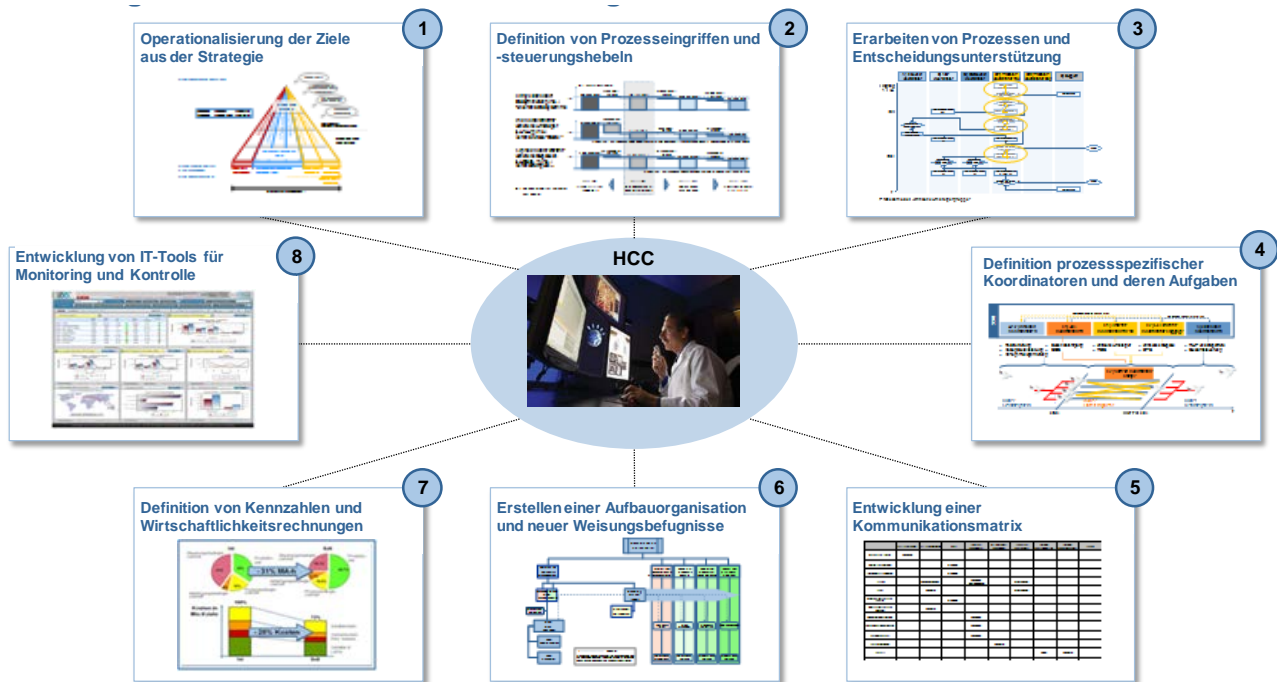


Abbildung 4: Kernmodule eines Healthcare Control Centers
Grafik: © Visality Consulting GmbH

6 Literatur

[1] Emmermann, M., Kieffer, D.: Logistik als wesentlicher Hebel zur Zukunftssicherung des deutschen Gesundheitswesens, Jahrbuch Logistik 2015.

[2] Marco Emmermann und Daniel Kieffer: »Konzeption eines Healthcare Control Centers: Übertragung der Steuerungskompetenzen aus der Aviation- auf die Healthcare-Branche«, in: Jahrbuch Logistik 2014.

[3] Interview mit Herwig Winkler: »Logistik und Prozessdenken als Wettbewerbsfaktoren«. In: Logistikexpress, 2013, Ausgabe 1.

[4] Marco Emmermann und Stefan Wollschläger: »Damit wertvolle Waren nicht im schwarzen Loch verschwinden«, In: DVZ, Nr. 111, 15.09.2012.

[5] Marco Emmermann, Stefan Wollschläger und Matthias Schübler: »Logistische Qualitätsanforderungen im Steigflug - Prozessmanagement im Aircargo-Bereich«. In: Jahrbuch Logistik 2013.

[6] Stefan Wollschläger und Gregor Zehle: »Take-off im OP – Strategien der Luftfahrtbranche können auf das OP-Management übertragen werden«. In: Krankenhaus Umschau, 2008, Januar Ausgabe.

[7] Visality Forschungsprojekt: »Aufbau eines Healthcare Control Centers (HCC) - Entwicklung eines IT-Tools zur Planung, Disposition, Steuerung und Optimierung von Wertschöpfungsketten in Krankenhäusern«, 2013.

CAIRGOLUTION – STEIGERUNG DER LUFTFRACHTSICHERHEIT DURCH DIE ERKENNUNG VON INTEGRITÄTS- VERLETZUNGEN

Tobias Seidler M. B. A.
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Erlangen

Tamer Kurnaz M. Sc.
Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Christian Pfohl
Technische Universität Darmstadt

LEBENS LAUF



Tobias Seidler M. B. A.

Fraunhofer Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

10/2007 – 09/2011

Bachelor »Automotive Management and Technologies«, Abschlussarbeit bei Robert Bosch GmbH mit dem Thema: »Optimierung logistischer Prozesse in der Reinraumfertigung von Sensorelementen für Lambdasonden«, Hochschule Coburg.

03/2012 – 09/2014

Master »Logistik«, Abschlussarbeit bei Fraunhofer IIS mit dem Thema »Supply Chain Diagnose – Entwicklung eines Werkzeugs zur Identifikation von Schwachstellen in der Automobil-Zulieferindustrie«, Hochschule Hof.

03/2014

Wissenschaftliche Hilfskraft. Arbeitsinhalte: Mitarbeit und Unterstützung bei Forschungs- und Industrieprojekten, Fraunhofer Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS.

03/2014 – aktuell

Wissenschaftlicher Mitarbeiter. Forschungsschwerpunkt und Arbeitsinhalte: Supply Chain Management, Digitalisierung von Behältern und Lean Management in der Logistik, Fraunhofer Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS.

CAIRGOLUTION – STEIGERUNG DER LUFTFRACHTSICHERHEIT DURCH DIE ERKENNUNG VON INTEGRITÄTSVERLETZUNGEN

Tobias Seidler M. B. A, Tamer Kurnaz M. Sc., Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Christian Pfohl

1 Aktuelle Situation

Mexiko, Brasilien, Südafrika, USA und Russland sind die Staaten mit dem höchsten Frachtdiebstahlrisiko. Aber auch in Europa nahmen die gemeldeten Frachtdiebstahlvorfälle in 2012 um ca. 24 Prozent im Vergleich zum Vorjahr zu. Neben Italien, Frankreich und Belgien zählt auch Deutschland zu den fokalen Punkten von Angriffen auf Fracht [1].

Die durchgängige Statusüberwachung von Waren bzw. Ladungsträgern ist wesentliche Voraussetzung für die Gewährleistung eines »sicheren« Transports vom Versender bis zum Empfänger. Entlang von weltweiten Luftfrachtlogistikketten besteht das Risiko, dass die eingesetzten Unit Load Devices (ULDs) manipuliert, beschädigt oder gestohlen werden. ULDs sind Paletten oder Container, welche mit Fracht für den Transport beladen werden [2]. Die Gesamtkosten für Reparaturen und Verluste von ULDs belaufen sich jährlich auf ca. 300 Millionen Dollar. Dabei sind Verzögerungen und Ausfall von Flügen nicht inbegriffen [2]. Darüber hinaus verletzen ungekennzeichnete Gefahrenstoffe oder unautorisierte Öffnungen die Integrität der Sendung bzw. des ULDs.

Technische Lösungen und Services können im Zusammenspiel mit bisherigen Vorschriften, wie z. B. »dem bekannten Versender«, die zivile und prozessuale Sicherheit weiter steigern. Ziel in dem Forschungsvorhaben »CairGoLution« ist die Realisierung eines Kontrollsystems, das Integritätsverletzungen von ULDs erkennt und diese im Bedarfsfall an eine Zentrale meldet.

»CairGoLution« wird im Rahmen des BMBF Programms »Sicherheit im Luftfrachtverkehr« durch den VDI gefördert. Die Laufzeit ist von 07/2013 bis 06/2016. An dem Forschungsvorhaben sind die Fraunhofer Abteilungen Supply Chain Services, Kommunikationsnetze, Leistungsoptimierte Systeme und das Entwicklungszentrum Röntgentechnologie beteiligt. Gemeinsam mit der TU Darmstadt Forschungsgruppe Supply Chain- und Netzwerkmanagement, Deutsche Post DHL Innovation & Solutions, Escript, DoKaSch, Cetec und DHL Express wird an einer Lösung zur Steigerung der Sicherheit im Luftfrachtverkehr geforscht.

2 Die Luftfrachtlogistikette

2.1 Systembeschreibung

Die logistische Transformation einer Luftfrachtendung von einem Versender zu einem Empfänger bedarf in der Regel einer Sequenz von unterschiedlichen Logistikprozessen. Zur Zielerreichung müssen diese Logistikprozesse organisatorisch und technisch aufeinander abgestimmt sein. Von diesen Feststellungen ausgehend, kann die Luftfrachtlogistikette als eine »Folge von technisch und organisatorisch untereinander verknüpften Logistikprozessen, deren Ziel darin besteht, die logistische Transformation von Luftfrachtendungen vom Versender bis zum Empfänger zu gewährleisten«, definiert werden. Als Luftfracht wird Fracht bezeichnet, die gemäß der Beförderungsbestimmungen der International Air Transport Association (IATA) abgewickelt wird. Abbildung 1 veranschaulicht stark vereinfacht die wesentlichen, für dieses Vorhaben relevanten Elemente der Luftfrachtlogistikette.

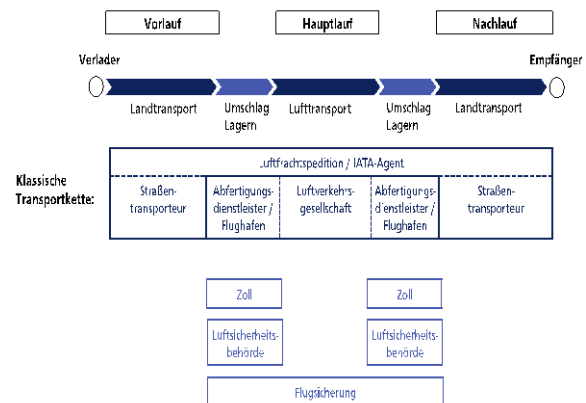


Abbildung 1: Übersicht über die Luftfrachttransportkette, ©Tamer Kurnaz

Ein wesentliches Element der Logistikkette selbst bilden die Akteure, welche die logistische Transformation durchführen. Zusätzlich wirken sicherheitsbezogene Akteure mit, welche überwachende, kontrollierende und steuernde Funktionen entlang der Luftfrachtlogistikette ausführen. Die Luftfrachtlogistikette steht in Verbindung mit ihrer Umwelt. So werden Struktur und Prozesse der Logistikkette in Europa maßgeblich durch die nationale und europäische Gesetzgebung sowie internationale Organisationen wie der IATA oder der International Civil Aviation Organisation (ICAO) rechtlich und abwicklungstechnisch beeinflusst. Eine Interaktion mit der Umwelt findet zudem

über den Markt statt, auf dem Angebot und Nachfrage nach Luftfrachtdienstleistungen wie auch nach Ressourcen zusammentreffen.

3 Risiken

Aus Abschnitt 2.1 erschließt sich das wesentliche, sicherheitsrelevante Merkmal der Luftfrachtlogistikkette: Die heterogene, gebrochene Struktur. Die Systembrüche an den Schnittstellen zwischen den beteiligten Akteuren bieten vielfältige Angriffsflächen und bedingen nach wie vor eine hohe Vulnerabilität. Die Sicherheit in der gesamten Logistikkette wird durch die Sicherheit an den einzelnen Schnittstellen begrenzt [3]. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Entwicklung eines Supply-Chain-weiten Risikomanagements [4]. Um Maßnahmen gegen Risiken treffen zu können, müssen diese im Vorfeld identifiziert werden. Eine einheitliche Definition des Risikobegriffs existiert in der Literatur nicht [4]. Gemeinsames Merkmal des Begriffs Risiko ist ein unvorhersehbares Ereignis, welches in der Zukunft eintreten kann [5]. Die wesentliche Eigenschaft des Risikos liegt dabei im Vorhandensein von Unsicherheit bzw. Ungewissheit bezüglich des Ereigniseintritts. Der Begriff Risiko wird jedoch ausschließlich in Verbindung mit einem unerwünschten Ereignis, etwa einem Schaden oder Verlust, verwendet [6]. Die auf die Luftfrachtlogistikkette einwirkenden Risiken können in externe und interne Risikoquellen unterteilt werden (siehe Abbildung 2). Externe Risiken wirken über die Systemgrenze auf die Luftfrachtlogistikkette ein. Die externen Risikoquellen können im Wesentlichen in die beiden Untergruppen »Personenbedingte Risiken« und »Natürlich bedingte Risiken« unterteilt werden. Personenbedingtes externes Risiko ist das Einbringen von explosiven Sprengsätzen oder Schmuggelware in die Luftfracht. Diese Risiken sind ausschließlich dem Vorlauf und Umschlagsprozess bis zum Erreichen des Sicherheitsbereiches zugeordnet.

Das Risiko »Diebstahl von Ware« ist ein externes Risiko, das zugleich auch intern besteht. So werden schätzungsweise 85 Prozent der Diebstähle während des Umschlags durch Mitarbeiter verursacht [6]. Die Logistikprozesse mit Diebstahlrisiko sind hauptsächlich Umschlags- und Konsolidierungsprozesse [6]. Neben dem Einbringen gefährlicher Gegenstände, Schmuggelware oder dem Diebstahl muss bedacht werden, dass auch bereits das bloße Öffnen oder Beschädigen des ULD zu Frachtschäden oder -verlusten führen kann. Hierbei kann Ware herausfallen oder die ordnungsgemäße Kühlung bzw. der Schutz vor Licht nicht mehr gewährleistet werden. Das Öffnen des ULD muss somit selbst als Risiko eingestuft werden.

Neben personenbedingten externen Risiken bestehen umweltbedingte Risikoquellen. Wesentliche Risiken sind extreme Wetterereignisse und Naturkatastrophen. Es wird angenommen, dass Wetterereignisse hauptsächlich während des Straßen-, Luft-, sowie Vorfeldtransports wirken. Diese können zu Schäden am Transportgut und technischen Ressourcen führen, wodurch es zu Prozessverzögerungen kommen kann [6]. Naturkatastrophen hingegen können während der gesamten Transportkette auftreten und negative Auswirkungen mit sich bringen.

Als interne Risiken werden Risiken bezeichnet, die im Rahmen der logistischen Transformation bestehen. Diese können im Wesentlichen in die Ursachengruppen »Personelle Ressourcen« und »Technische Ressourcen« unterteilt werden. Im Vor-, Haupt- und Nachlauf können Transportschäden durch eine nicht angemessene Bedienung von Fahrzeug, Flugzeug und technischem Equipment verursacht werden. Auch eine ungenügende Ladungssicherung im Transportmittel kann zu Schäden führen. Verderbliche Ware weist außerdem das Risiko einer Überschreitung der maximalen Durchlaufzeit auf. Auch bei der Lagerung können Fehler auftreten. So kann das Abstellen von ULDs an einem unbekanntem Ort im Lager oder auf dem Vorfeld zu Verzögerungen in der Logistikkette führen, sofern das ULD nicht sofort aufgefunden werden kann. Ein Risiko besteht zudem darin, dass Sonderfracht nicht in entsprechenden Speziallagern wie etwa Kühllager oder Räume für Wertfracht gelagert wird. Hierdurch können entweder Schäden an der Fracht entstehen oder es kommt zu unbefugten Zugriffen und Diebstählen.

Im Umschlag kann es zu fehlerhafter Kommissionierung von Luftfrachtsendungen kommen, wodurch Luftfrachtsendungen zu einem falschen Zielort transportiert werden.

Weitere Risiken entstehen durch fehlende oder falsche Informationen im Logistikprozess. Unterbrechungen dieser Informationsflüsse können beispielsweise durch Eingabefehler im IT-System, fehlerhafte Informationsweitergaben oder auch einem verspäteten Eintreffen der Luftfrachtdokumente zustande kommen. Einen Extremfall stellt schließlich der Ausfall des gesamten IT-Systems des Logistikdienstleisters dar. Folgen nicht vorhandener Luftfrachtdokumente, z.B. bei der Zollkontrolle, können Prozessverzögerungen oder auch Handdurchsuchungen des ULD sein. Dies kann zu einer starken Kapazitätseinschränkung der Logistikkette führen und bei einer Abfertigungsverzögerung von verderblichen Gütern auch materielle Schäden verursachen. Zudem kann die Fehleranfälligkeit der Prozesse steigen. Ein Risiko für Frachtschäden und Prozessverzögerungen besteht darüber hinaus auch, wenn spezielle Transportgefäße nicht vorhanden oder defekt sind.

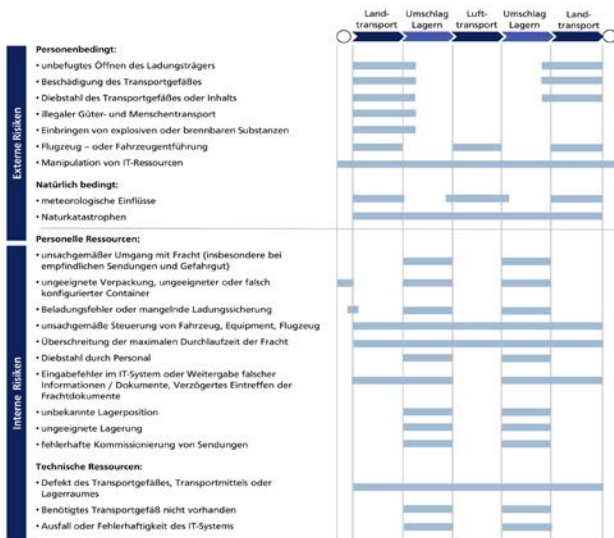


Abbildung 2: Interne und externe Risiken und der Bereich ihres Auftretens in der Transportkette, ©Tamer Kurnaz

4 Lösungsansatz »CairGoLution«

4.1 Leistungsspektrum der Sicherheitsdienstleistung

In »CairGoLution« wird eine Dienstleistung entworfen, umgesetzt und bewertet, um Integritätsverletzungen entlang der Luftfrachtlogistikkette sicher zu erkennen. Die Sicherheitsdienstleistung dient der Vermeidung und Verringerung von Logistikkrisen in der Luftfrachtlogistikkette. Zudem wird eine durchgängige Verortung der unter Umständen gefährlichen Fracht in Sekunden für alle Beteiligten der Luftfrachtlogistikkette erlaubt.

Damit die Dienstleistung der Zielstellung nachkommen kann, müssen folgende Leistungsaspekte umgesetzt werden:

- Identifikation von Integritätsverletzungen durch den Abgleich von Röntgensignaturen,
- Identifikation von Integritätsverletzungen durch ein elektronisches Siegel,
- Identifikation von Diebstahl,
- Erhebung und Aufbereitung von Zustands- und Positionsdaten.

Das technische System, auf dem die Dienstleistung basiert, besteht aus den in der Tabelle 1 zusammengestellten Komponenten.

Das Zusammenspiel der Komponenten in der Luftfrachtlogistikkette ist in Abbildung 3 visualisiert. Grundsätzlich wird im Projekt davon ausgegangen, dass der ULD im Vor-, Haupt- und Nachlauf eingesetzt wird. Dies beinhaltet den Einsatz unterschiedlicher Transportmittel wie z. B., LKWs und Flugzeuge, sowie mehrfacher Umschlagpunkte. Zur Reduktion der beschriebenen Sicherheitsrisiken werden in »CairGoLution« entlang der gesamten Luftfrachtlogistikkette Daten der ULDs an eine zentrale Da-

tenbank gesendet. Lediglich während der Zeit des ULDs im Flugzeug werden keine Daten übertragen. Es ist davon auszugehen, dass hierbei das Risiko von Integritätsverletzungen zu vernachlässigen ist.

Technische Komponenten	Funktion
Telematik-Box (TCU)	<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahme von Umweltinformationen • Übertragung der Daten an ein Backend • Kommunikation mit der Bake und dem Siegel
Siegel (Smart Seal)	<ul style="list-style-type: none"> • Elektronische Verschlussüberwachung des ULDs • Datenübertragung an die TCU
Bake (Unblock Beacon)	<ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung der Sendungsaktivitäten der TCU in »unkritischen« Bereichen
Backend	<ul style="list-style-type: none"> • Datenspeicherung, Koordination und Auswertung (Fachlichkeit der Dienstleistung) • Identifikation und Meldung von Integritätsverletzungen
Frontend	<ul style="list-style-type: none"> • Grafische Schnittstelle zwischen dem Backend und Nutzern
Röntgen	<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahme von ULD Scans • Erzeugen von Röntgensignaturen • Vergleich von Röntgensignaturen entlang der Luftfrachtlogistikkette
Energy Harvesting	<ul style="list-style-type: none"> • Verlängerung der TCU Einsatzfähigkeit

Tabelle 1: Technische Komponenten CairGoLution

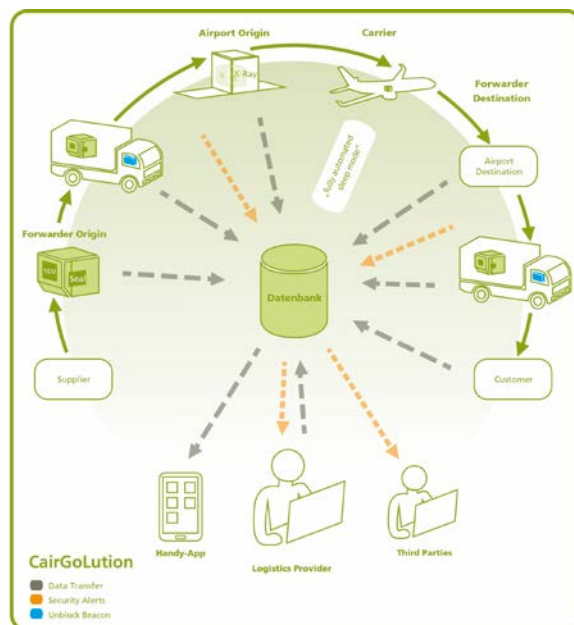


Abbildung 3: Durchgängige Transparenz durch CairGoLution, ©Tobias Seidler

5 Herausforderung

Die wesentliche Herausforderung bei der Umsetzung des Projektziels ist, dass im Gegensatz zu Lösungen im Stra-

Ben-, Schienen- und Schiffsverkehr, die eingesetzten Technologien nicht durchgängig aktiv Daten übertragen dürfen [8]. Im Hauptlauf der Logistikkette befindet sich der ULD i. d. R. im Flugzeug. In dieser Phase müssen eingesetzte Technologien zur Statusüberwachung passiv sein. Folglich ist eine zuverlässige Lösung zur rechtzeitigen automatischen An- und Abschaltung des Sendebetriebs von Funktechnologien zu realisieren.

Eine weitere Herausforderung ist, dass die eingesetzte Technologie den ULD in seinen Grundeigenschaften wie z. B. Maße nicht verändern darf, da sonst die Flugzulassung erlischt.

Darüber hinaus ist die Erkennung von Integritätsverletzungen, durch den Abgleich der Röntgensignatur, prozessbedingt problematisch. Für eine eindeutige Feststellung, dass der ULD »sicher« ist, müssen mindestens zwei Röntgensignaturen vor der Beladung des Flugzeugs erstellt und verglichen werden. Das Röntgen von gesamten ULDs erfolgt aktuell in der Luftfrachtlogistikkette so gut wie nie. Folglich müssten für die angedachte Lösung sämtliche Logistikstandorte, die bei der Abwicklung von Luftfracht genutzt werden, mit ULD-kompatiblen Röntgenanlagen ausgestattet werden. Aktuell sind diese Maßnahmen noch nicht denkbar. Vielmehr wird im Projekt der Ansatz verfolgt, die Eindeutigkeit beim Vergleich der Röntgensignaturen zu erforschen.

6 Stand der Umsetzung

Das vom Konsortium entwickelte Konzept dient der durchgängigen Überwachung von ULDs, mit dem Ziel, zeitnah einen flugfähigen und von Operatoren zugelassenen Demonstrator zu entwickeln. Aktuell werden die notwendigen Soft- und Hardwarekomponenten technisch umgesetzt. Erste Tests der automatischen An- und Abschaltung lassen auf eine zuverlässige Funktionsweise schließen. In dem Projekt gibt es zwei Kriterien für die Erkennung des Flugbetriebs einer Telematik-Box an einem ULD (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Beispiel Telematik-Box am ULD. ©Tobias Seidler

Die Position und die Dynamik des ULD sind die ausschlaggebenden Informationen für die An- und Abschaltautomatik. Für den Funkbetrieb zulässige Bereiche in der Logistikkette wie z. B., Transportfahrzeuge, Lagerhallen, Verteilzentren werden durch Funkbaken (Unblock Bea-

con) markiert. Diese Baken basieren auf der Fraunhofer s-net® Technologie. In Flugzeugen dürfen keine Baken vorhanden sein. Tabelle 2 zeigt auf, wann ein Datentransfer im Verhältnis zum ULD Zustand erfolgt. Die Dynamik der Telematik-Box wird durch Sensordatenfusion in der Box selbst ermittelt.

Zustand ULD	Bake verfügbar	Datentransfer
Stillstand	Ja	Aktiv
Stillstand	Nein	Aktiv
Bewegung	Ja	Aktiv
Bewegung	Nein	Inaktiv

Tabelle 2: Zustand ULD vs. Datentransfer

Grundsätzlich wird bei der Erkennung von Bewegung davon ausgegangen, dass der ULD sich im Flugzeug befindet und somit kein Datentransfer erlaubt ist. Ist jedoch eine Bake in der Nähe wie z. B., im Vor- und Nachlauf, ist ein Datentransfer erforderlich. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Szenarien in der Luftfrachtlogistikkette dargestellt.

Szenario	Zustand ULD	Bake verfügbar	Datentransfer
Transport (Land)	Bewegung	Ja	Aktiv
Transport (Flug)	Bewegung	Nein	Inaktiv
Lagerung	Stillstand	Ja	Aktiv
Lagerung/ Diebstahl	Stillstand	Nein	Aktiv
Diebstahl	Bewegung	Nein	Inaktiv

Tabelle 3: Szenarien vs. Datentransfer

Bei einem möglichen Diebstahl des ULDs erfolgt erst wieder ein Datentransfer, falls der ULD in den Zustand »Stillstand« übergeht.

Zusätzlich erkennt das System mittels Sensoren zuverlässig unautorisierte Zugriffe auf den ULD und erzeugt in Echtzeit eine Alarmmeldung für die Verantwortlichen der Sendung und zuständige Behörden. Zudem wird an einer röntgenbasierten Methode geforscht, die durch intelligente Algorithmen Inhaltssignaturen der ULDs vergleicht. Durch den automatisierten Signaturenvergleich soll eindeutig festgestellt werden, ob der Inhalt des ULDs während des Transports manipuliert wurde. Festgestellte Integritätsverletzungen lösen ebenfalls eine Alarmmeldung aus.

Dieses Zusammenspiel der Soft- und Hardwarekomponenten wird in eine Dienstleistung für Logistik- und Expressdienstleister sowie Airlines integriert.

Erste globale Praxistests mit Datenloggern an ULDs haben ergeben, dass präzise Bewegungsmuster bei Start- und Landevorgängen detektiert werden können. Dadurch kann in Kombination mit weiteren Sensordaten sicher erkannt werden, ob sich der ULD im Flugzeug befindet.

7 Nutzen und Wirtschaftlichkeit

7.1 Sicherheitsnutzen

Basierend auf dem Funktionsumfang der Sicherheitsdienstleistung ist es möglich, unbefugte Zugriffe auf den ULD und damit Integritätsverletzungen zu erkennen und diese Informationen automatisiert an entsprechend vorher definierte Stellen bzw. Personen zu übermitteln. Einhergehend mit der Erkennung der Integritätsverletzungen ist, dass es nicht oder nur sehr schwer und unter Einsatz hoher krimineller Energie möglich ist, illegale bzw. grundsätzlich verbotene Stoffe und Substanzen nachträglich der Sendung hinzuzufügen. Dementsprechend ist die Dienstleistung förderlich für sowohl die grundsätzliche Transportsicherheit als auch die Luftfrachtsicherheit.

Die eindeutige Erkennung von Integritätsverletzungen mit Orts- und Zeitinformationen ermöglicht es, Diebstähle bzw. generelle Manipulationen langfristig durch ergänzende Sicherheitsmaßnahmen zu verhindern.

Die durchgängige Erfassung von Umweltbedingungen, wie z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck während des Transports, führt dazu, dass Logistikdienstleister frühzeitig auf Abweichungen reagieren können. Werden beispielsweise Grenzwerte für die Temperatur überschritten, kann die Fracht, noch bevor sie den Kunden erreicht, geprüft werden.

7.2 Ökonomischer Nutzen

Für die späteren Nutzer spielen die ökonomischen Nutzen der Sicherheitsdienstleistung eine ausschlaggebende Rolle. Diese lassen sich allgemein wie folgt zusammenfassen:

- Datenbereitstellung zur Prozessanalyse und Prozessverbesserung,
- Bestandsoptimierung durch Aufzeigen von Über- / Unterbeständen der ULDs,
- Zeitliche und örtliche Schadensfeststellung,
- Ermittlung von Nutzungsprofilen der ULDs,
- Aufzeigen von Wartungszyklen der ULDs,
- Aufzeigen der örtlichen Verfügbarkeit von ULDs.

Aufgrund der Lokalisierungsfunktion der Dienstleistung ist es für den Nutzer möglich, sowohl den Gesamtbestand an ULDs als auch deren Disposition in den einzelnen Standorten schnell und zuverlässig zu überprüfen bzw. festzustellen. Basierend auf diesen Zahlen ist es möglich, den Über- bzw. Unterbestand abzuleiten. Dementsprechend lassen sich daraus finanzielle Einsparungen erzielen, vor allem hinsichtlich der Anschaffungskosten für die überzähligen ULDs. Damit geht ebenfalls einher, dass das zurzeit noch notwendige manuelle Inventarisieren bzw. das zeitaufwendige Überprüfen der Soll- und Ist-Bestände automatisiert werden kann, wodurch sich ebenfalls Effizienzsteigerungen erzielen lassen. Außerdem bringt eine Reduzierung der Anzahl an ULDs mit sich, dass für die

entsprechenden ULDs anfallende Reparatur- und Wartungskosten sowie die Kapitalbindungskosten eingespart bzw. reduziert werden können.

Im Rahmen eines effizienten Bestandsmanagements ist es unabdingbar genau zu wissen, welche ULDs sich an einem Standort befinden und verfügbar sind. Durch die Lokalisationsfunktion ist es dementsprechend möglich, die Position des ULDs an einem Standort zu bestimmen. Dadurch können wiederum Einsparungen erzielt werden, da der Zeitaufwand für das Suchen minimiert wird. Bei der Benutzung von ULDs kommt es zwangsläufig zu Schäden, bedingt durch unsachgemäßes Handling in operativen Prozessen oder mutwilligen Beschädigungen. Diese Schäden müssen entweder durch Reparatur oder aber durch den Kauf eines Ersatzladungsträgers behoben werden. Grundsätzlich ist es möglich, Ort und Zeitpunkt für einen Schaden bestimmen zu können. Folglich werden Schäden einzelnen Personen bzw. einer Personengruppe zugeordnet. Durch den Einsatz von Korrekturmaßnahmen kann die Anzahl von Schäden bereits mittelfristig reduziert werden.

8 Ausblick

Die angestrebte Dienstleistung ermöglicht die Überwachung von ULDs. Jedoch kommen in der Luftfracht auch mit Netzen bespannte Paletten zum Einsatz. Für diese Ladungsträger eignet sich die angestrebte Lösung nicht. Die Telematik-Box lässt sich nicht in die Netze oder die Bodenplatte integrieren. Folglich gilt es, in weiteren Forschungsaktivitäten praktische Lösungen für diesen Anwendungsfall zu erarbeiten.

Ein weiterer offener Punkt ist die globale Einsatzfähigkeit der technologischen Lösung. Kosten für die Datenübertragung, Zulassungen für eine flächendeckende Infrastruktur und die Verteilung der Daten an sämtliche Akteure in der Supply Chain sind Herausforderungen, die über die Projektlaufzeit hinaus geklärt werden müssen.

Ein wesentlicher Aspekt für den globalen Einsatz ist die Batterielaufzeit der technischen Lösung. Das Energiemanagement muss möglichst effizient sein, um einen wartungsfreien und langen Lebenszyklus zu erreichen. Im Projekt wird mit Energy Harvesting die Einsatzzeit der Telematik-Box verlängert. Die Batterien und Akkus stellen jedoch weiterhin einen Engpass dar.

Die angestrebte Lösung ist ein wichtiger Schritt in Richtung sicherer und transparenter Supply Chains. Durch die fortschreitende Digitalisierung, kostengünstigere und effizientere Technologien und mehr Toleranz bei der Datenübertragung, wird eine Basis geschaffen, um in Zukunft die Lücke zwischen der physischen und virtuellen Welt zu schließen.

9 Literatur

[1] Freightwatch International: »2013 Global Cargo Theft Threat Assessment«. Internet
https://www.naed.org/NAEDDocs/Research/Legal%20Issues/FreightWatch%202013%20Global%20Cargo%20Theft%20Threat%20Assesment%20Full_0.pdf (Zugriff am: 22.05.2015)

[2] IATA: Unit Load Devices (ULD). Internet
<http://www.iata.org/whatwedo/cargo/unit-load-devices/Pages/index.aspx> (Zugriff am: 22.05.2015)

[3] Banomyong*, Ruth (2005): The impact of port and trade security initiatives on mari-time supply-chain management. In: Maritime Policy & Management, 32(2005)1, S. 3–13.

[4] Pfohl, H (2002): Risiko- und Chancenmanagement in der Supply Chain: proaktiv-ganzheitlich-nachhaltig. Berlin 2002.

[5] Waters, D. (2007): Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics. London, Philadelphia 2007.

[6] Wolke, T. (2008): Risikomanagement. Berlin, Boston 2008.

[7] Solomon, A. (2013): Cargo theft: mitigating risk requires game plan. In: Air Cargo World, 103(2013)6. Zugleich online im Internet:
<http://trid.trb.org/view.aspx?id=1260691> (Zugriff am: 31.07.2014).

[8] EASA: Part-CAT AMC / GM - Issue 2 - Amendment 1 (Annex to Decision 2014-029-R)

ULD-MANAGEMENT IM INTERNATIONALEN LUFTFRACHT-NETZWERK

Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Seyffert
DHL HUB Leipzig GmbH

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Seyffert

DHL HUB Leipzig GmbH,
Expert EU ULD Control

10/2004 – 04/2010

Diplom-Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen Schwerpunkte: Logistik, Materialflusstechnik & innerbetriebliche Logistik, Fabrikplanung, Technologie- und Innovationsmanagement, Unternehmens-Organisation sowie Psychologie, Technische Universität Dresden.

03/2006

Praktikum im Fahrzeug-Finish, BMW Werk Leipzig.

09/2006

Praktikum in der Qualitätskontrolle, BMW Werk Leipzig.

01/2008 – 03/2008

Studentische Hilfskraft am Lehrstuhl für Logistik, Technische Universität Dresden, Befristete Projektarbeit zur Erstellung einer Logistik-Landkarte für den Raum Sachsen.

06/2008 – 12/2008

Praktikum in der Abteilung Eisenbahnlogistik innerhalb des Forschungsprojektes zur Optimierung der Rangier- sowie Be- und Entladeprozesse, BASF Schwarzheide GmbH, Aufgaben:

- Prozess-Analyse, -Mapping und -Optimierung,
- SWOT-Analyse unter Anwendung von Kreativitätstechniken,
- Prozesskostenrechnung.

03/2009 – 07/2009

Auslandsstudiensemester, Schwerpunkte: Logistik und Statistik, Universität Rom »La Sapienza«.

04/2010 – 12/2010

Trainee in der Handelsabrechnung, Verbundnetz Gas AG in Leipzig

- Rechnungslegung im Gaseinkauf und -verkauf (Trading),
- Kunden-Ansprechpartner in Vertragsbeziehungen,
- Projekt zur Weiterentwicklung von Abrechnungsprozessen und -systemen.

Seit 01/2011

Expert EU (bis 2014 auch Global) ULD Control bei der DHL HUB Leipzig GmbH

- Analyse, Koordination und Instruktion von ULD Transporten in Europa,
- Initiierung und Durchführung von Optimierungsprojekten (Projekt zur Verbesserung der ULD Inventur in Leipzig, Projekt zum europäischen Roll-Out einer verbesserten Inventur-App für Scanner, Projekt zum Einsatz von RFID Technologie zur ULD Identifikation im globalen Umfeld).

ULD-MANAGEMENT IM INTERNATIONALEN LUFTFRACHT-NETZWERK

Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Seyffert

1 Einleitung

Die Globalisierung führt zu einer weltweite Verflechtung von Menschen und Unternehmen. Diese geht einher mit dem steigenden Bedarf an Logistik-Dienstleistungen. Global agierende Paket- und Brief-Express-Unternehmen decken diesen Bedarf innerhalb von wenigen Stunden. Dabei werden weitere Entfernungen als Luftfracht überwunden.

Die Beförderung der Luftfracht erfolgt größtenteils in durch die IATA (International Air Transport Association) genormten Containern sogenannten ULDs (Unit Load Device).

Ein weltweit agierendes Unternehmen für Logistik und Briefkommunikation ist die Deutsche Post DHL Group. Sie vereint mit der Deutschen Post und DHL zwei starke Marken. Die DHL agiert unter anderem im Expressversand auf weltweiten Wachstumsmärkten. In über 220 Ländern und Territorien beschäftigt die Deutsche Post DHL Group mehr als 480.000 Mitarbeiter. Der Konzernumsatz lag in 2014 bei mehr als 56 Milliarden Euro.

2 ULD Management bei DHL

2.1 Hintergrund der ULD Notwendigkeit

Das Ziel von Express-Unternehmen wie DHL ist die Zustellung von Fracht zum Kunden auf dem schnellstmöglichen Weg. Um dieses Kernziel sicherzustellen, werden die einzelnen Netzknoten über sogenannte HUBs (Luftfracht-Drehkreuze) miteinander verbunden. In diesen zentralen Knoten werden die eingehenden Luftfrachtströme nach Zielregionen sortiert und an ihren Bestimmungsort weitergeleitet.

Die Abbildung 1 verdeutlicht das komplexe, europäische DHL Netzwerk mit dem zentralen HUB in Leipzig.

ULDs sind ein essentielles Ausrüstungsteil, um die Dienstleistungsprozesse im DHL Netzwerk durchführen zu können. Sie vereinfachen unter anderem die Flugzeugentladung, da die einzelnen Sendungen aggregiert vom Flugzeug zum Warehouse transportiert werden können. Dort erfolgt die Entladung, Sortierung und Verladung der Fracht.



Abbildung 1: Das europäische DHL Luftfracht Netzwerk.
© DHL HUB LEJ GmbH, Unternehmenspräsentation

2.2 Klassifikation von ULDs

Während des Fliegens ist die Fracht verschiedenen Beanspruchungen (z.B. Temperaturschwankungen, Druckveränderungen, Vibrationen und Turbulenzen) ausgesetzt. In der Luftfracht dienen ULDs dem einfacheren Handling (siehe Abschnitt 2.1) und dem Schutz der Frachtstücke, da diese sonst eventuell auftretenden Turbulenzen schutzlos ausgesetzt wären und sich frei im Flugzeug bewegen könnten. Dadurch können Beschädigungen an Flugzeug-Strukturen und -Systemen entstehen bzw. kann sich das Gravitationszentrum im Flugzeug verschieben.

ULDs werden in strukturelle Container und Paletten, sowie zertifizierte und nicht-zertifizierte ULDs unterschieden. Dabei werden nicht-zertifizierte ULDs nur in Flugzeugen genutzt, welche strukturell ausreichend stark aufgebaute Laderäume haben.

Um die Kapazität des Flugzeuges bestmöglich auszunutzen, wurde das Design der ULDs in Abhängigkeit der Flugzeug-Kontur gewählt. Somit kann der verfügbare Laderaum maximal ausgenutzt werden.

2.3 ULD Verfügbarkeit als Kernaufgabe

Das Sicherstellen der ULD Verfügbarkeit an jedem DHL Standort ist die Kernaufgabe des ULD Managements. Hierbei werden anhand der zu erwartenden Frachtvolumen je Standort ULD Bedarfe berechnet. Diese müssen täglich gedeckt werden, um die Ladung und den Transport der Fracht im Netzwerk sicherzustellen. Daraus resultiert die Notwendigkeit die richtige Anzahl und Typen von ULDs, in der richtigen Qualität (flugfähig und unbeschädigt) am richtigen Standort zur Verfügung zu stellen.

DHL nutzt eine eigenentwickelte Software zum ULD Management, welche RUM (Regional ULD Management System) genannt wird. Dabei werden alle ULD Bewegungen in Form von LDMs (Load Messages) importiert und die ULD Standorte im System aktualisiert. Um RUM aktuell und transparent zu halten und entstandene LDM Fehler zu bereinigen, führt jeder Standort eine tägliche ULD Inventur durch. Dabei wird jede ULD mittels ID physisch als verfügbar bestätigt und wichtige Informationen zu Beladestatus und eventuellen Beschädigungen erfasst, welche während Transport- und Ladevorgängen entstanden sein können.

Tägliche ULD Ladepläne für sämtliche Flugzeug-Bewegungen im europäischen Netzwerk sichern die ULD Verfügbarkeit. Diese werden von der eigenen Abteilung EU ULD Control angefertigt und instruiert.

2.4 ULD Inventur

Aufgrund nicht gedeckter ULD Bedarfe pro DHL Standort kann der Frachttransport gefährdet werden. Die 100% akkurate ULD Inventur stellt dabei die Grundlage eines richtigen ULD Managements dar und deckt ULD Engpässe auf. Aktuell werden Scanner zur Inventarisierung benutzt, welche die Barcodes auf ULDs eindeutig auslesen und die Inventurdaten an RUM schicken. Diese teilautomatische Lösung benötigt allerdings manuelle Interventionen, welche einen erhöhten Zeitbedarf haben.

Weitere Problemfelder sind:

- Keine Lösung zum Anbringen von Barcodes auf Paletten vorhanden, da diese durch die Operations-Prozesse nur kurzfristig auf den Paletten haften würden,
- Faktor Mensch als Fehlerquelle bei der Erfassung aller ULDs am jeweiligen Standort und
- Inventur einmal täglich, wobei Änderungen im Tagesverlauf unberücksichtigt bleiben.

3 Ausblick und Herausforderungen

Das aktuelle ULD Management bietet noch weitere Optimierungspotentiale. Der Einsatz vollautomatischer Lösungen zur ULD Identifizierung könnte die tägliche Inventur stark vereinfachen und eine höhere Transparenz über ULD Standorte sicherstellen. Das wäre zum Beispiel mit RFID (Radio-Frequency Identifikation) Technologie realisierbar. Diese wird bereits in anderen Industriezweigen, zum Beispiel der Automobilindustrie, eingesetzt. Die verfolgten Möglichkeiten beim Einsatz vollautomatischer Identifikations-Systeme sind für die Luftfrachtindustrie vielseitig und beinhalten unter anderem:

- Die Reduzierung von manueller Arbeitszeit,
- Die bedarfsgerechte Bereitstellung der richtigen ULD Typen für die Frachtbe- und -entladung,
- Die Reduzierung des Kommunikationsaufwandes beim ULD Handling am jeweiligen Standort und der Leitstelle,
- Die erhöhte Transparenz auf aktuelle ULD Standorte und tägliche ULD-Ströme,
- Die Reduzierung von Verlust und Diebstahl von ULDs,
- Die Bereitstellung einer Lösung zur einfachen Inventarisierung von Paletten und
- Die Verbesserung des Berichtswesens durch höhere Datenqualität in den Systemen.

Dem gegenüber steht eine Vielzahl an Herausforderungen, wie zum Beispiel:

- Die Verwendung von passiver Technologie auf Flugzeugen, um die Elektronik und Systeme nicht zu stören oder zu beeinflussen,
- Der Nachweis der entsprechenden Wirtschaftlichkeit, um die Technologie refinanzieren zu können und Einsparungen zu erreichen,
- Die entstehenden Datenmengen müssen gehandhabt und ausgewertet werden,
- Die Technologie muss störungsfrei von der Fracht (u.a. Flüssigkeiten, Metalle, etc.), der Gebäudestruktur (u.a. Metalle) und anderen äußeren Einflüssen (Feuchtigkeits- / Temperaturunterschiede weltweit, etc.) sein und
- Die Reparatur- und Austauschprozesse der Technologie sind zu berücksichtigen.

Die Entwicklung einer geeigneten Lösung zur Optimierung der bekannten Probleme kann das ULD Management entscheidend verändern und wesentliche Einsparungen in sämtlichen ULD Handlingsprozessen erreichen.

Dabei müssen alle notwendigen Rahmenbedingungen beachtet und eingehalten werden.

INBOUND-LOGISTIK IN DER GELENKWELLENFERTIGUNG

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Manuela Wahl
IFA Rotorion – Powertrain GmbH, Haldensleben

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirtsch.-Ing. Manuela Wahl

IFA Rotorion – Powertrain GmbH,
Leiterin Logistikplanung

1991 – 1997	Studium Wirtschaftsingenieurwesen, Abschluss Dipl.-Wirtsch.-Ing., Schwerpunkt Produktionslogistik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
1998 – 2004	Projektingenieurin/ Consult, IFB logistics & process consulting GmbH, Logistikplanung, SCM, Fabrikplanung, etc.
2005 – 2007	Stellvertretende Kompetenzfeldleiterin Identifikationssysteme und Logistiknetze, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg.
2007 – 2009	Leitung Materialplanung und Logistik, stellvertretende Werksleitung, Kopfschutzsicherheitsprodukte für die Bereiche Motorrad, Arbeitsschutz, Polizei und Militär, Schuberth GmbH.
2010 – heute	Leitung Logistikplanung, IFA Rotorion Powertrain GmbH, Gelenkwellenfertigung.
Mitgliedschaft	Stellvertretende Regionalgruppensprecherin, BVL Bundesvereinigung für Logistik.

INBOUND-LOGISTIK IN DER GELENKWELLEN-FERTIGUNG

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Manuela Wahl

1 IFA Rotorion – Powertrain GmbH

IFA Rotorion – Powertrain GmbH ist direkter Zulieferer von vorderen und hinteren Längswellen sowie von Komponenten für PKW und leichte Nutzfahrzeuge.



*Abbildung 1: Montage,
IFA Rotorion – Powertrain GmbH,
© IFA Rotorion*

Im Werk Haldensleben werden von über 1.000 Mitarbeitern jährlich mehr als 2,5 Millionen Längswellen für heck- und allradgetriebene Modelle gefertigt.

Dazu kommen mehr als 1,2 Millionen Fest-, Verschiebe- und Gleichlaufgelenke. Im Bereich Längswellen hat sich das Unternehmen inzwischen zum Marktführer in Europa entwickelt. IFA Rotorion zeichnet sich vor allem durch hohes Innovationspotenzial aus, so zum Beispiel bei der Verringerung der Teileanzahl einer Längswelle und der Vereinfachung der Montage durch eine gesteckte Getriebeanbindung.

Für den VW Touareg und Porsche Cayenne entwickelte und produziert IFA Rotorion die weltweit komplexeste Längswelle. Sie macht es durch geringste Verschiebekräfte möglich, dass stets das volle Drehmoment abrufbar ist. Basis dafür sind qualifizierte und motivierte Mitarbeiter sowie eine der modernsten Längswellen-Fertigungslinien der Welt.

Doch nicht nur die Produktion ist innovativ, auch die Logistik stellt sich täglich der Herausforderung, durch den Einsatz innovativer Lösungen die komplexen Prozesse und die hohe Variantenvielfalt zu managen und zu optimieren.



*Abbildung 2: Logistik,
IFA Rotorion – Powertrain GmbH,
© IFA Rotorion*

Hinzu kommt, dass die Fertigungstiefe am Standort hoch ist. Sie beginnt mit der mechanischen Bearbeitung von Schmiederohrteilen inklusive verschiedener Härteverfahren und endet nach der Endmontage mit der Farbgebung.

2 Zur richtigen Zeit am richtigen Ort mit der LKW-Leitstelle

Der erste Prozessschritt der Inbound Logistik und ein ganz wichtiger Bestandteil des schlanken Materialflusskonzeptes ist die LKW-Leitstelle von IFA Rotorion. Zwei Mitarbeiter koordinieren im Zweischicht-System von 5:45 bis 21:30 Uhr durchschnittlich 60 bis 70 Lastkraftwagen, die auf dem IFA-Gelände Waren be- oder entladen. Im Vorfeld der Einführung gab es umfangreiche Untersuchungen zu Lieferanten- und Warenströmen, Konsolidierungsmöglichkeiten, Einsatz von Milk Runs und Rundläufen. Es wurden Gebietsspediteure festgelegt, Incoterms neu verhandelt und logistische Prämissen standardisiert.

Viele Gründe sprachen für die Installation einer LKW-Leitstelle:

- effiziente Steuerung der Lieferungen,
- Entzerrung des Verkehrs auf dem Werksgelände,
- Vermeidung langer LKW-Staus und
- Reduzierung der Unfallgefahr auf dem IFA Gelände.

Um mit einer intelligenten, harmonisierten Zeitfenstersteuerung diese Ziele zu erreichen, wurde die LKW-Leitstelle eingeführt. Ankommende LKW werden zunächst in einem internetbasierten Leitstellensystem der Firma GLTS erfasst. Parallel dazu erhält jeder LKW-Fahrer ein mobiles Endgerät, das wie eine Art Pager anzeigt, wann der Fahrer wo vorfahren muss.



Abbildung 3: SOLL LKW-Fluss auf dem IFA Rotorion Gelände, © IFA Rotorion

Während der LKW auf dem Sammelplatz vor der Leitstelle in Wartestellung geht, wird er über die Webplattform auch im Wareneingang und im Versand zum Abruf sichtbar.

Die Mitarbeiter vom Wareneingang und Versand können nun gezielt den LKW vom Sammelplatz abrufen und zur Be- oder Entladung aufrufen. Der LKW-Fahrer erhält dann zeitnah eine Nachricht mit der Angabe, wohin er fahren muss, direkt auf das mobile Endgerät, so z.B. Halle 8 Wareneingang. Damit wird eine gezielte Be- und Entladung möglich.

Bereits bei der Planung der LKW-Leitstelle wurde auch der soziale Aspekt mit in Betracht gezogen. IFA Rotorion wollte mehr als einen Stellplatz anbieten. So nutzen heute vor allem LKW-Fahrer aus dem süddeutschen Raum das Angebot, wenn es die Wartezeit erlaubt, sich zu duschen oder einen Kaffee zu trinken.

3 ProVerko – Produktionsversorgungskonzept

Die Logistik im Werk Haldensleben unterteilt sich in drei wesentliche Bereiche. Zum einen in die Beschaffungslogistik, die den Warenfluss bis ins Werk hinein regelt. Ab dem Wareneingang bestimmt die Produktionslogistik, wie einzelne Bereiche des Werkes beliefert werden. Die Belieferung des Kunden ist abschließend Aufgabe der Distributionslogistik.

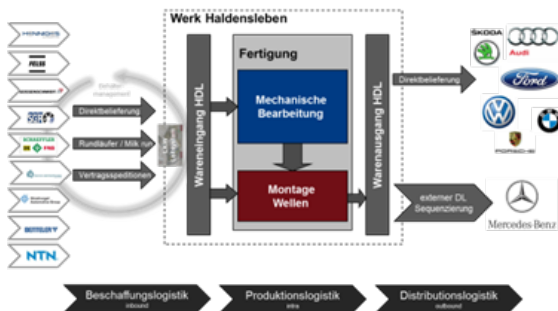


Abbildung 4: Prozesswelt, IFA Rotorion – Powertrain GmbH, © IFA Rotorion

Die standardisierte und optimierte Sicherstellung der Produktionsversorgung (ProVerKo) ist das Projekt, das vor ca. 2,5 Jahren bei IFA Rotorion Haldensleben richtig Fahrt aufgenommen hat. Ziele des Projektes waren unter anderem:

- Einführung eines Standard-Materialbereitstellungsprozesses,
- Durchgängige Abbildung im SAP,
- Staplerlose Versorgung der Montagebereiche,
- einheitliches Behältersystem,
- Schaffung von Materialbereitstellfläche,
- strukturierter Leergutrückführungsprozess,
- Getaktete Routenfahrten.

In das Projekt einbezogen wurden alle produzierenden Bereiche der Montage und der Komponentenfertigung. Heute erfolgt die Steuerung der Produktionsversorgung mit ca. 2.500 Roh- und Halbfabrikaten über 21 Produktionsversorgungsbereiche (PVBs) und zehn Kanban-Lagerorte.

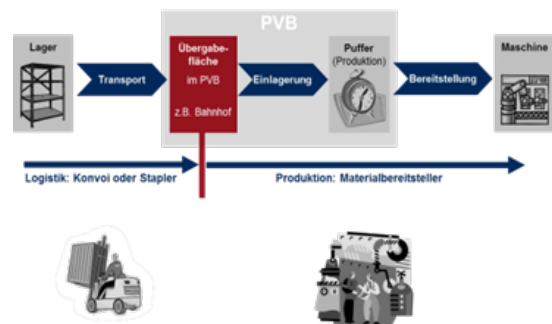


Abbildung 5: Produktionsversorgung, IFA Rotorion – Powertrain GmbH, © IFA Rotorion

17 Übergabebereiche («Haltestellen und Bahnhöfe») und sieben Leergutsammelpplätze dienen als Anfahrpunkte in Montage und Fertigung.

Die Realisierung der Produktionsversorgung erfolgt durch drei Routenfahrer und 300 Konvoiwagen. Basis bildet ein neu installiertes Behälterstandardsystem mit acht Standardbehältern.

Aktuell bewegt die Logistik jährlich:

- 16.000 Konvoi-Züge mit 99.000 Konvoiwagen,
- 30.000 Staplertouren mit 60.000 Gitterboxen,
- 22.000 innerbetriebliche Transporte (Maschine an Maschine) und
- über 18.000 Entsorgungstransporte.

OPTIMIERUNG DES ENERGIEEINSATZES IN LACKIERPROZESSEN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

Dr.-Ing. Jens Götze
BMW AG, München

Dr.-Ing. Frank Ryll
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Robert Kummer M. A.
Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg

LEBENS LAUF



Dr.-Ing. Jens Götze

BMW AG,
Referent Technische Planung Lackiererei

1987 – 1991	Studium Technische Gebäudeausrüstung an der Technischen Universität Dresden.
1991 – 1992	Planer im Ingenieurbüro Müller & Partner Riesa.
1992 – 1999	Bauleiter, Sanitärtechnik GmbH Riesa.
1999 – 2003	Bereichsleiter Technische Gebäudeausrüstung, TS Bau GmbH Riesa.
2003 – 2006	Planer, BMW AG Werk Leipzig.
2006 – 2007	Leiter Energieversorgung und Gebäudebewirtschaftung, BMW AG Werk Leipzig.
2008 – 2015	Planer BMW AG Technische Planung Lackiererei Werk Leipzig, Energie- und Nachhaltigkeitsmanagement.
2008	Promotion zum Dr.-Ing.
Seit 01.04.2015	Referent BMW AG, Technische Planung Lackiererei, Energie- und Nachhaltigkeitsmanagement.

OPTIMIERUNG DES ENERGIEEINSATZES IN LACKIERPROZESSEN DER AUTOMOBIL-INDUSTRIE

Dr.-Ing. Jens Götze, Dr.-Ing. Frank Ryll, Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Robert Kummer M. A., Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk

1 Ausgangssituation und Motivation

Die BMW Group beansprucht die Innovationsführerschaft auf dem Automobilmarkt und optimiert bereits seit den 70er Jahren die Produktionsprozesse und Fahrzeugtechnologien vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit. In den Jahren von 2006 bis 2010 hat BMW beispielsweise den Energieverbrauch für die Produktion der Fahrzeuge um 30 Prozent senken können, bis 2020 ist eine Reduzierung um weitere 25 Prozent geplant.

Für das Unternehmen definiert sich der Begriff Nachhaltigkeit über ökologische, wirtschaftliche und soziale Aspekte, deren Gestaltung über die gesamte Wertschöpfungskette und über den Produktlebenszyklus stattfindet.

Dadurch wachsen auch die Anforderungen an die Kernbereiche der Produktion hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit und Effizienz. Aufgrund der komplexen und energetisch sehr aufwendigen Lackierprozesse bietet gerade dieser Bereich besonders viele Potenziale zur Prozessoptimierung und Effizienzsteigerung. Gemeinsam mit Wissenschaftlern des Fraunhofer IFF wurde in einem Entwicklungsprojekt an Lösungen zur Reduzierung des Energieeinsatzes im Lackierprozess gearbeitet. Der Ansatz ist so gestaltet, dass er für alle Produktionsstandorte der BMW Group eingesetzt werden kann.

2 Vorgehensweise

Zur Einordnung des Projektgegenstands bietet sich die Betrachtung der Energiewertkette nach Posch [1] an. Wie Abbildung 1 zeigt, werden dort fünf Phasen der Energiewertschöpfung unterschieden:

1. Energiebezug
2. Energieumwandlung
3. Energieverteilung
4. Energienutzung
5. Energieabgabe/-rückgewinnung/-speicherung.

Die bisherigen Untersuchungen und Maßnahmen zur Reduzierung des Energieeinsatzes in der Produktion konzentrierten sich auf Technologien zur Effizienzsteigerungen in der Phase der Energienutzung.

Mit dem Projekt wurde nun der Ansatz verfolgt, den Betrachtungsumfang in der Energiewertkette um den Bereich der Energiewandlungs- und -speicherprozesse zu erweitern. Dazu wurde eine vierstufige Vorgehensweise gewählt (vgl. Abbildung 2). Auf Basis eines Zielfokussierungsworkshops sowie einer Energiewertstromanalyse (vgl. [2]) wurden zunächst Alternativtechnologien identifiziert und in Form einer »Energiewandlungslandkarte« dargestellt.

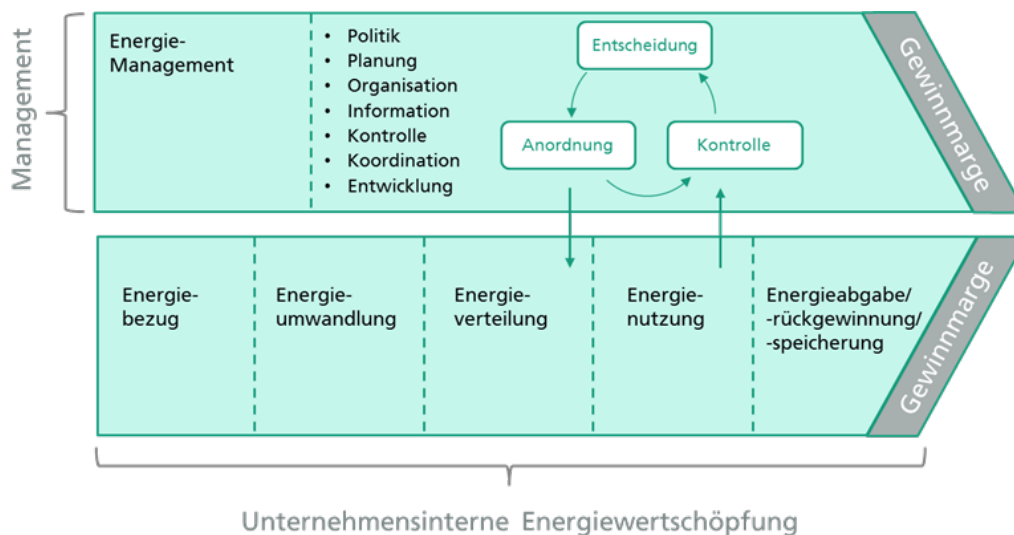


Abbildung 1: Energiewertkette in Anlehnung an [1]

Ein Kern des Projekts war die darauf aufbauende Erstellung von Technologiesteckbriefen. Ziel der Steckbriefe ist die standardisierte Beschreibung und Dimensionierung bzw. Auslegung der identifizierten Technologien. Um die einzelnen Technologien nicht losgelöst voneinander zu betrachten und das resultierende Gesamtpotenzial aus dem Einsatz unterschiedlicher Technologien in unterschiedlichen Bereichen bewerten zu können, wurde ein Modulbaukasten entwickelt und die Technologien in diesen integriert. Mit dem prozessorientiert aufgebauten Modulbaukasten wird der Planer in die Lage versetzt, unterschiedliche Alternativtechnologien für einen oder mehrere Prozessabschnitte gegenüberzustellen, die möglichen Einsparungen an Energieverbrauch und CO₂-Emission zu ermitteln und die resultierenden Auswirkungen auf die gesamte Prozesskette zu bewerten.

3 Konzept

Entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise, werden nachfolgend die Energiewandlungslandkarte, der Aufbau der Technologiesteckbriefe sowie die Struktur des Modulbaukastens, als die drei Kernergebnisse des Projekts, vorgestellt.

3.1 Energiewandlungslandkarte

Ein Hauptaugenmerk des Projekts bestand in der Identifizierung und Aufbereitung alternativer Energiewandlungs- und -speichertechnologien. Zur Einordnung möglicher Technologien wurde energieform-orientiert vorgegangen, d. h. die identifizierten Technologien wurden gemäß den

Energieformen, die durch sie substituiert bzw. alternativ bereitgestellt werden können, systematisiert. Im Ergebnis entstand die in Abbildung 3 ausschnittsweise dargestellte Energiewandlungslandkarte, in der 27 Energiesubstitutionspfade beschrieben sind. Jeder Substitutionspfad besteht in Anlehnung an [3] aus den Bereichen Eingangsmedium, Substitutionsmedium, Technische Lösung (Technologie) und Ausgangsmedium.

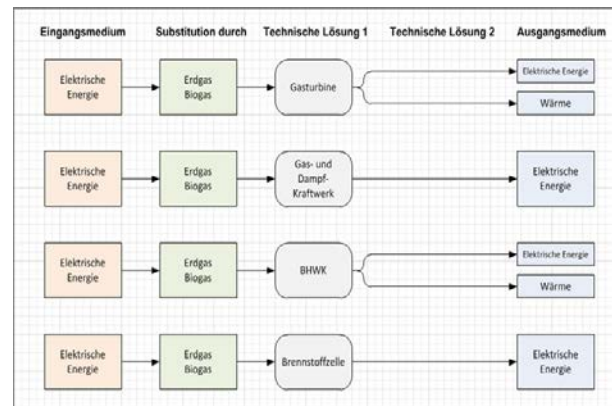


Abbildung 2: Ausschnitt Energiewandlungslandkarte, © IFF

Wie der Abbildung (erster Substitutionspfad) zu entnehmen, kann beispielsweise elektrische Energie, die bisher von einem Energieversorger aus dem Netz bezogen wird, durch den Einsatz von Erdgas oder Biogas in Verbindung mit einer Gasturbine substituiert werden. Als Ausgangsmedium steht neben elektrischer Energie auch Wärme zur Verfügung, die beispielsweise für endotherme Prozesse (z. B. Trocknungsprozesse) genutzt werden kann.

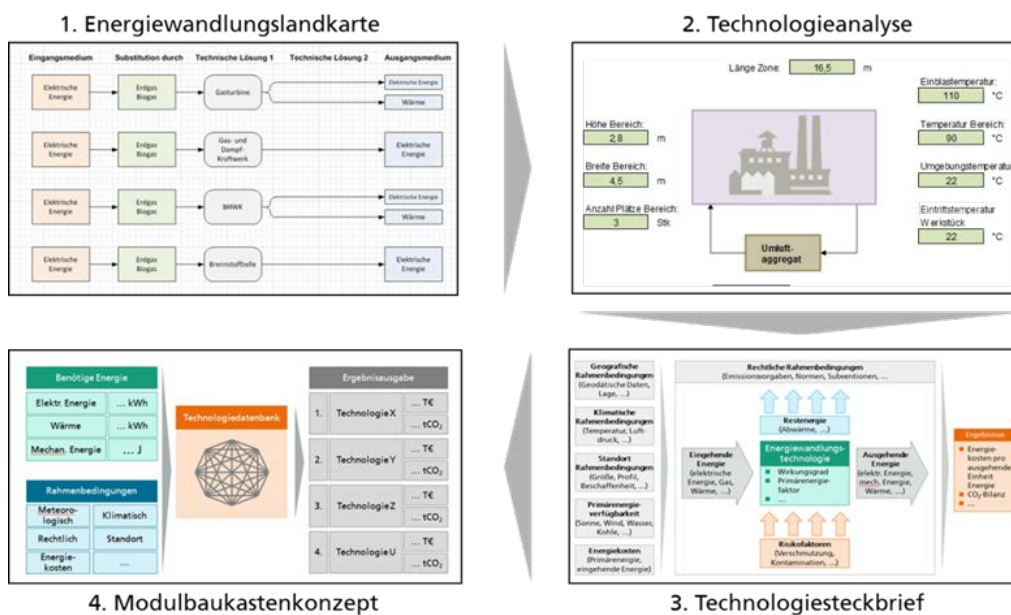


Abbildung 3: Vorgehensweise VET-Projekt, © IFF

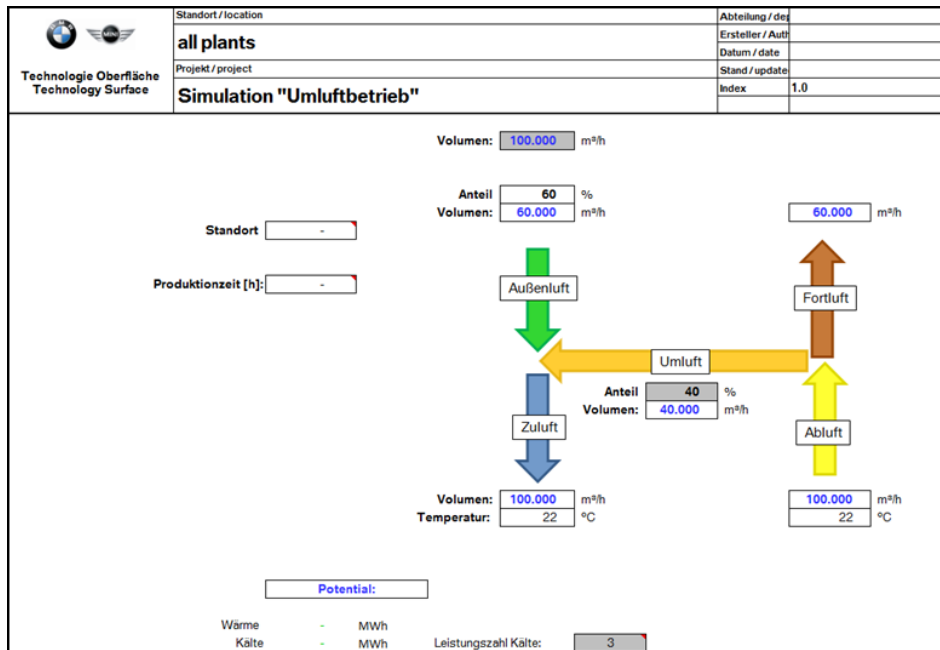


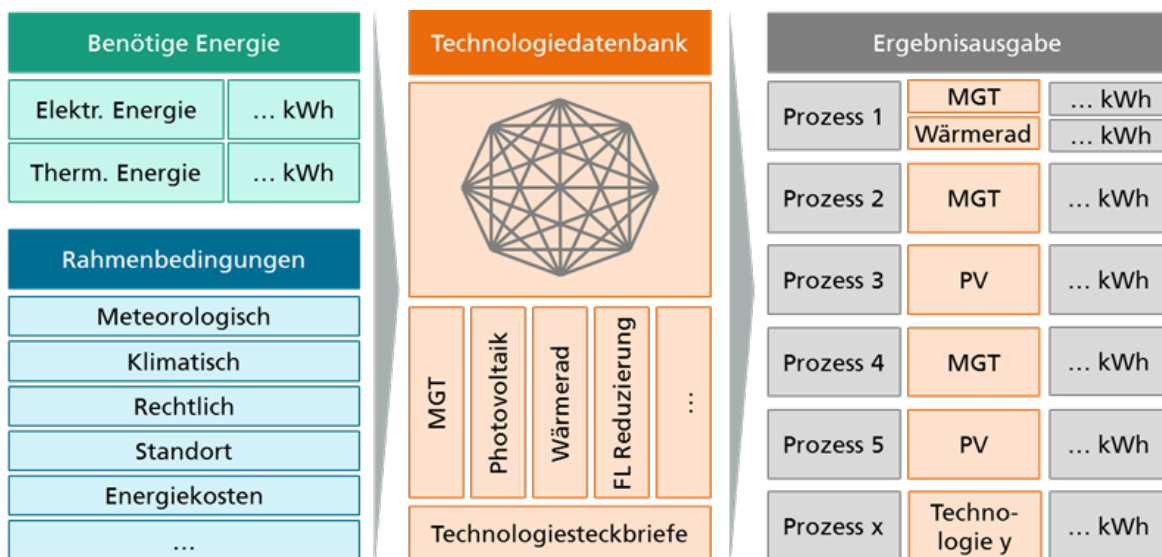
Abbildung 4: Steckbrief der Technologie »Umluftbetrieb«, © IFF

3.2 Technologiesteckbrief

Für ausgewählte Technologien bzw. technische Lösungen wurden Technologiesteckbriefe erarbeitet. Auf Basis der Steckbriefe wird dem Planer im konkreten Anwendungsfall ermöglicht, eine Grobdimensionierung der Technologie vorzunehmen und Aussagen hinsichtlich Energieeinsparung und CO₂-Reduktion zu treffen. Ein Ausschnitt von einem der insgesamt 21 Steckbriefe ist in Abbildung 4 dargestellt.

Kern der Steckbriefe sind die zur Dimensionierung bzw. Auslegung der Technologien erforderlichen Berechnungsvorschriften.

Über definierte Eingabefelder werden anwendungs- und technologiespezifische Daten eingegeben. Beispiele für anwendungsspezifische und in der Regel technologieübergreifende Daten sind Produktionsstandort und Produktionszeit. Das Volumen der benötigten Außenluft, das Fortluftvolumen und die Umluftrate sind Beispiele für technologiespezifische Daten in diesem Anwendungsprozess. Auf Basis der eingegebenen Daten kann der Planer ohne technologiespezifisches Expertenwissen die Technologie dimensionieren und die resultierenden Potenziale hinsichtlich Energie- und CO₂-Einsparungen berechnen.



Abkürzungen: MGT = Mikrogasturbine, PV = Photovoltaik, FL = Frischluft

Abbildung 5: Konzept Modulbaukasten, © BMW AG

3.3 Modulbaukasten

Mit der Konzeption und Umsetzung des Modulbaukastens wird das Ziel verfolgt, den Prozessplanern analog zu den Software-Lösungen der Lackieranlagen- und Materialflussplanung ein Werkzeug bereit zu stellen, mit dem die Energiewandlung und -speicherung in Lackierereien geplant werden kann. Das Konzept des Modulbaukastens ist in Abbildung 5 dargestellt.

Zur Auswahl der für den Anwendungsfall geeigneten Technologien, sind seitens des Planers Energiebedarfe und Standort-Rahmenbedingungen einzugeben. Die Energiebedarfe resultieren aus der Betriebsmittelplanung sowie weiteren Planungsparametern wie Stückzahl und Produktionszeiten. Lokale Energiekosten, Anzahl der Sonnenstunden pro Jahr sowie Tagesdurchschnittstemperaturen sind Beispiele für Standortrahmenbedingungen. Um die Auswirkungen von lokalen, prozessabschnittsbezogenen Optimierungen auf den Gesamtprozess transparent darstellen zu können, ist der im Rahmen der Energiewertstromanalyse erhobene Lackierprozess im Modulbaukasten abgebildet. Durch eine Verknüpfung der Technologiesteckbriefe mit dem Modulbaukasten kann der Planer für die einzelnen Prozessabschnitte in Abhängigkeit von deren spezifischen Energiebedarf Alternativtechnologien auswählen, dimensionieren und das resultierende Potenzial berechnen.

Im Ergebnis ist die gesamte Prozesskette »Lackiererei« hinsichtlich des Einsatzes alternativer Energiewandlungs- und speichertechnologien geprüft und das über die vollständige Prozesskette resultierende Gesamtpotenzial in Energiekosten- und CO₂-Einsparungen ausgewiesen.

4 Umsetzung

Um die kontinuierliche Anwendung des Modulbaukastens innerhalb der BMW Group sicherzustellen, und den Modulbaukasten mit Standard-IT-Kenntnissen und ohne zusätzliche Software nutzbar zu machen, erfolgte die Umsetzung auf Basis einer vorhandenen MS Office-basierten Standardumgebung (MS Excel). Ähnlich der Technologiesteckbriefe ist der Modulbaukasten hierarchisch aufgebaut. Er besteht im weiteren Sinne aus einer Projektverwaltung, dem eigentlichen Modulbaukasten und den Technologiesteckbriefen (Abbildung 6).

Durch die Projektverwaltung können neue Projekte angelegt und vorhandene Projekte gelöscht werden. Die Projektverwaltung verhindert, dass der Modulbaukasten eines vorhandenen Projekts bei Anlage eines weiteren Projekts überschrieben wird.

Sobald ein neues Projekt angelegt wurde, öffnet sich der eigentliche Modulbaukasten. Mit dem Modulbaukasten können den einzelnen Prozessabschnitten auf Basis der generierten Steckbriefe konkrete Alternativtechnologien zugewiesen und die resultierenden Auswirkungen auf den Gesamtprozess dargestellt werden. Dazu werden u.a. die Planungsparameter des zugrunde liegenden Werks wie Produktionszeit pro Tag, geplante Ausbringungsmenge pro Stunde sowie die Anfahrvorgänge pro Woche eingegeben. In weiteren Masken sind zudem u.a. die standortspezifischen Kosten je Energieträger und die Primärenergiefaktoren verzeichnet.



Abbildung 6: Komponenten den erweiterten Modulbaukastens, © IFF

Basis für die Auswahl und Bewertung möglicher Technologiealternativen für den gesamten Lackierprozess ist die Abbildung der einzelnen Prozessstufen. Für jede Prozessstufe sind wiederum die Kapazität sowie die Anzahl der vorhandenen Arbeitsplätze verzeichnet. Über ein Drop-Down Auswahlmenu können für jeden Prozessabschnitt vorkonfigurierte Alternativtechnologien ausgewählt werden.

Beispielsweise stehen für den Prozessabschnitt »Trockner« die Technologien Blindleistungskompensation, Frischluft-Optimierung, effiziente Ventilatoren und Mikrogasturbine (MGT) zur Auswahl.

Sobald der Planer eine Technologie auswählt, öffnet sich der entsprechende Technologiesteckbrief. Die Dimensionierung der Technologie für den konkreten Prozessabschnitt sowie die Berechnung der resultierenden Potenziale erfolgen wiederum in den Technologiesteckbriefen.

Die erzielten Ergebnisse werden kumulativ sowohl in den Prozessabschnitten als auch in zwei separaten Auswertemasken dargestellt. Zudem wurde ein übergeordnetes »Cockpit« implementiert, auf dessen Basis ersichtlich ist, welche Technologie für welchen Prozessabschnitt ausgewählt wurde.

5 Ausblick

Nachdem mit dem Projekt eine umfangreiche konzeptionelle Wissensbasis geschaffen wurde, die bereits in einer MS Office-basierten Standardumgebung umgesetzt wurde, besteht der nächste Schritt darin, den entstandenen Modulbaukasten in der Praxis einzusetzen und zu testen. Die dabei gewonnenen Erfahrungen, insbesondere mit Planern, die nicht unmittelbar am Projekt und bei der Erstellung des Modulbaukastens beteiligt waren, werden in die kontinuierliche Verbesserung des Modulbaukastens, insbesondere der Usability einfließen.

6 Literatur

[1] Posch, W.: Ganzheitliches Energiemanagement für Industriebetriebe, Gabler Research, 2011.

[2] Erlach, K (2013): Energiewertstrom – Steigerung der Energieeffizienz in der Produktion. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): Handbuch Ressourcenorientierte Produktion, Hanser.

[3] Schenk, M.; Wirth, S.; Müller, E.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik, Springer, 2014.

ANFORDERUNGEN AN LOGISTISCHE KENNZAHLEN AUS SICHT DER INDUSTRIE

Falk Schröder M. Sc.
Volkswagen Group Logistics GmbH, Wolfsburg

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner
Technische Universität München

LEBENS LAUF



Falk Schröder M. Sc.

Volkswagen Group Logistics GmbH,
Doktorand – Konzernprojektleitung NLK

10/2008 – 05/2012

Studium Wirtschaftsingenieurwesen für Maschinenbau, Abschluss: Bachelor of Science zum Thema »Systematisierung und Eignungsprüfung der Methoden und Verfahren zur Betriebsmittelanordnung bei der Planung und Gestaltung von Produktionssystemen«, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

04/2012 – 09/2013

Studium Wirtschaftsingenieurwesen für Maschinenbau – Produktionstechnik, Abschluss: Master of Science »Entwicklung einer Methodik der Logistikplanung des gleichzeitigen An- und Auslaufmanagements bei der Erweiterungsplanung«, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

08/2005 – 07/2006

Auslandsjahr in Brockport (NY, USA) mit Abschluss »Highschool Certificate«.

2009 – 2013

Aktive Tätigkeit in der studentischen Unternehmensberatung SIDUM e.V.

2009 – 2013

Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Informatik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

2011– 2012

6-monatiges Praktikum im Bereich der Wertstrom- und Versorgungsplanung mit abschließender Bachelorarbeit, BMW AG.

2012 – 2013

Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Fabrikplanung, Otto-von-Guericke-Universität.

2013

7-monatiges Praktikum bei der BMW AG im Bereich der Logistikplanung lackierte Karosserie mit abschließender Masterarbeit.

Seit 10/2013

Doktorand bei der Volkswagen Group Logistics GmbH mit dem Arbeitsthema »Konzeption eines Kennzahlensystems zur Materialflusseffizienz- und -effektivitätsmessung«.

ANFORDERUNGEN AN LOGISTISCHE KENNZAHLEN AUS SICHT DER INDUSTRIE

Falk Schröder M. Sc, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner

1 Moderne Logistikprozesse im Wandel

Die wirtschaftliche Bedeutung der Logistik hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. Steigende Produktionsvolumina, eine durch erhöhte Kundenanforderungen zunehmende Komplexität der Produkte und der globalen logistischen Netzwerke erfordern logistische Höchstleistungen [1–3]. Der darüber hinaus branchenübergreifend zunehmende Wettbewerbsdruck führt besonders bei internationalen Unternehmen zu einem weltweiten Beschaffungs- und Vertriebsnetzwerk. Während die Logistik bis in die 80er Jahre maßgeblich durch den Materialfluss und dessen technische Umsetzung definiert war, hat sich dieses Bild weitgehend verändert [1, 2]. Früher hat jeder Prozessbeteiligte in seinem Verantwortungsbereich Optimierungen durchgeführt. Heutzutage werden zunehmend die Grenzen der logischen Betrachtungen verschoben, sodass über Organisationsgrenzen hinaus, z.B. zwischen den Fabriken eines Unternehmens oder sogar zwischen Unternehmen logistische Planungs- und Optimierungsleistungen stattfinden (sog. Supply Chain Management) [4]. Unter diesen Leistungen werden die Auslegung und Definition der logistischen Abläufe sowie die kontinuierliche Optimierung und Verbesserung dieser verstanden. Individualisierte Kundenansprüche und weltweit wachsende Absatzmärkte erfordern zudem flexible, kosteneffiziente und transparente Logistikkonzepte, die der steigenden Komplexität sowie der erhöhten Leistungsanforderung der Logistik, u.a. in Form der Menge, Entfernung und Diversifikation, gerecht werden müssen.

Ein weit verbreiteter Ansatz, um mit diesen Herausforderungen umzugehen, ist Lean Production. Seit der vom MIT im Jahre 1990 veröffentlichten Studie »The Machine that changed the World – The Story of Lean Production« wird für die Methoden, Prinzipien und die Philosophie des ursprünglich durch Taiichi Ohno geprägten Toyota Produktionssystem in der westlichen Kultur der Begriff »Lean« (engl. »schlank«) genutzt [5]. Während zunächst lediglich die Produktion im Fokus stand, wurde insbesondere innerhalb der letzten Jahre auch für die Logistik der Begriff Lean Logistics geprägt. In der Theorie bedeuten diese Lean Prinzipien für die Logistik die Reduktion von logistischer Verschwendung bspw. durch die Minimierung der Durchlaufzeiten und Bestände mit dem Ziel der Optimierung der Gesamtkosten.

Unter logistischer Verschwendung werden alle wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Aktivitäten verstanden, die vom Kunden (u.a. dem Endkunde oder der Produktion) nicht wahrgenommen werden können (z.B. Überlieferung, Wartezeiten, überflüssige Transporte, undefinierte Prozesse, überdimensionierte Bestände, unnötige Tätigkeiten oder Fehler im logistischen Prozess) [6, 7]. Ein weiterer Aspekt von Lean Production ist es, sich aus den organisatorischen und prozessualen Betrachtungsgrenzen zu lösen und somit ein Gesamtoptimum aus finanziellen, prozessualen und organisatorischen Aspekten zu erreichen [8]. Um diese Prozesse umzusetzen, setzen Unternehmen Produktionssysteme ein. Der Volkswagen Konzern hat daraufhin das Konzernproduktionssystem entwickelt, welches sich an den Prinzipien des Toyota Produktionssystems orientiert (vgl. Abbildung 1).

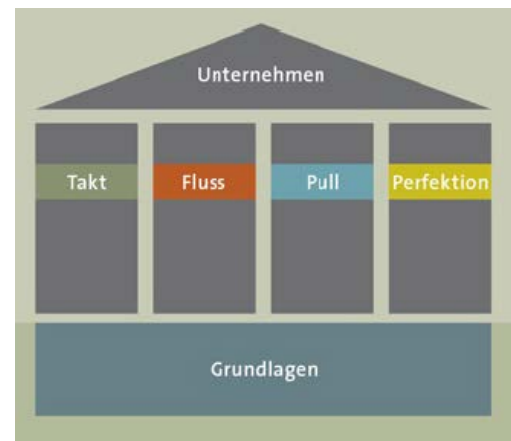


Abbildung 1: Prinzipien des Lean Managements bei Volkswagen [9]

Unter dem Prinzip Takt wird verstanden, dass die eingehenden Aufträge des Kunden den Rhythmus der Produktion für alle Unternehmensbereiche vorgeben. Das Fluss-Prinzip zielt auf einen am Fertigungsablauf orientierten kontinuierlichen und geglätteten Material- und Informationsfluss ab. Durch das Pull-Prinzip werden nur die Güter und Informationen am Bedarfsort bereitgestellt, die tatsächlich benötigt werden. Gleichzeitig produziert der vorgelagerte Prozess nur das, was der nachgelagerte Prozess verbraucht.

Unter Perfektion wird ein durchgehendes Qualitätsmanagement verstanden, welches kleinste Fehler sofort abstellt und so die Effizienz der Prozesse kontinuierlich verbessert.

Im Volkswagen Konzern werden diese Prinzipien für die Logistik durch verschiedene Methodenbausteinen weiter konkretisiert, z.B.:

- eine verdichtete Materialbereitstellung am Bedarfsort,
- fertigungsnahe Supermärkte zur Sequenzierung und Vereinzelung,
- eine getaktete Logistik, die sich am Produktionsfortschritt orientiert,
- Produktionsscheibenprozesse in der Inhouselogistik,
- Just-in-Sequence Belieferung ohne Lagerstufen,
- optimale Anlieferfrequenzen,
- gestufte Konsolidierungsprozesse der LKW Transporte oder
- frachttträgerbezogene Komplettladungen mit Bezug zum Abholtag und Zeitfenstersteuerung.

Aufgrund der steigenden Komplexität logistischer Abläufe und einer zunehmenden Anzahl beteiligter Akteure steigt der Steuerungsaufwand in der Versorgungskette stetig an [10]. Für eine effiziente Steuerung dieser Prozesse sind folglich die die Logistik unterstützenden Informationsprozesse von essentieller Bedeutung [4, 11].

Unter Logistik – Controllings wird im Folgenden neben der klassischen Logistiksteuerung die Unterstützung der Logistikplanung und -überwachung verstanden. Informationsprozesse dienen dabei dazu, geeignete Daten zur Erhebung von Kennzahlen für das Logistik – Controlling bereitzustellen. Diverse Studien belegen zudem, dass die Anwendung von Kennzahlen sich im wirtschaftlichen Ergebnis von Unternehmen widerspiegeln.

Unternehmen, die die Wichtigkeit von Kennzahlen zur Steuerung ihrer Prozesse als hoch einschätzen, agieren profitabler bzw. höherperformant als Unternehmen, die Kennzahlen zur Steuerung als weniger wichtig einschätzen [11–13].

Um gemäß der Lean Logistics Prinzipien neu gestaltete Prozesse adäquat steuern und messen zu können, müssen auch die Informationsprozesse und Kennzahlen neu gestaltet werden. Folglich entstehen neue Anforderungen an Kennzahlen und Kennzahlensysteme, an die Erhebung notwendiger Daten und das Ableiten von Informationen. Neben neuen Messstellen im Prozess gewinnt u.a. die Prozessorientierung des Logistik-Controllings gegenüber des traditionellen Kostenmonitorings an Bedeutung.

Für das Logistik-Controlling lassen sich zwei wesentliche Anforderungen identifizieren:

das Controlling veränderter Prozesse (Lean Logistics) sowie das Controlling übergreifender Versorgungsketten (sog. Supply Chain Controlling). Kennzahlen und Kennzahlensysteme, die bisher genutzt wurden, können daher nicht mehr eins zu eins übernommen werden (vgl. [13]). Sie müssen zukünftig sowohl prozessgrenzenübergreifende Materialströme als auch die Prozesse

der Lean Logistics bewertbar machen.

Die steigende Wichtigkeit von Transparenz über Prozessinformationen zeigt sich am Beispiel der Umsetzung der zuvor beschriebenen Lean – Prinzipien, die zielgemäß zu einer Absenkung der Puffer- und Lagerbestände in der Versorgungskette führt. Während früher höhere Lagerbestände für eine Stabilität in der Prozesskette gesorgt haben (schwankende Belieferungen des Lieferanten konnten ohne Folgen für die gesamte Prozesskette abgepuffert werden), muss nun eine erhöhte informationelle Transparenz der Versorgungskette drohende Versorgungsengpässe frühzeitig identifizieren. Je größer das Unternehmen wird, desto schwieriger ist es diese richtigen Informationen, zur richtigen Zeit, in der richtigen Form, dem richtigen Adressaten zukommen zu lassen [14].

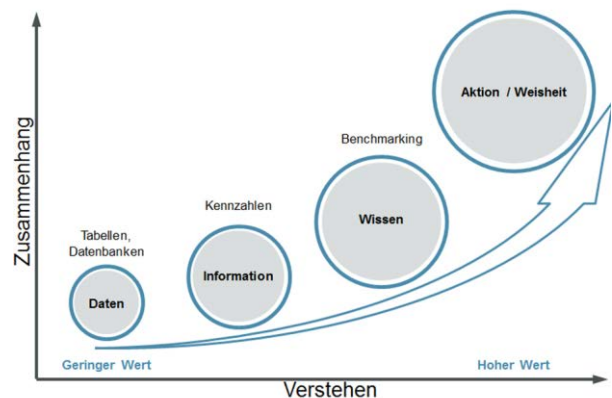


Abbildung 2: Von Rohdaten zur Weisheit (in Anlehnung an [15, 16])

Insbesondere bei großen, global agierenden Konzernen sind i.d.R. so viele Daten vorhanden, dass es schwierig ist, die richtigen Daten in einen gesamtheitlichen Kontext zu bringen. Daher ist es wichtig, die relevanten Daten korrekt zu konsolidieren und aus den Daten Informationen und folglich Wissen zu generieren (vgl. Abbildung 2). Der Spruch »Volkswagen weiß gar nicht, was Volkswagen alles weiß« beschreibt diesen Umstand relativ gut und lässt sich sicher auf weitere Unternehmen übertragen.

2 Kennzahlen und Kennzahlensysteme im industriellen Umfeld

Im Rahmen eines durch die Volkswagen Konzernlogistik beauftragten Forschungsprojektes wird ein Kennzahlensystem entwickelt, welches diese neuen Anforderungen an das Logistik – Controlling erfüllen soll. Die Kennzahlensystematik muss moderne Lean Logistics Prozesse über die Versorgungskette vom Lieferanten bis an den Bereitstellort in der Produktion bewertbar machen.

Dazu müssen die relevanten Daten identifiziert und in einer zusammenhängenden Systematik zu Informationen aggregiert werden. Der Fokus liegt dabei weder auf wirtschaftlichen noch auf prozessualen Kenngrößen, sondern auf der Verknüpfung dieser beiden Aspekte, um eine Gesamtaussage zur Logistikeffizienz und -effektivität treffen zu können. Die Logistikeffizienz und -effektivität zeichnet sich zum einen dadurch aus, dass die für den Gesamtprozess am besten geeigneten Prozesse ausgewählt werden und zum anderen die Prozesse dem richtigen Kosten-Leistungsverhältnis und der richtigen Qualität entsprechen.

Ziel des Kennzahlensystems ist es folglich, diese Aspekte mithilfe ausgewählter Kennzahlen quantitativ bewertbar zu machen.

Der Betrachtungsumfang des Forschungsprojektes umfasst vornehmlich Vollgutströme vom 1st-Tier Lieferanten in die fahrzeugaufbauenden Werke der Automobilindustrie sowie vom 2nd-Tier Lieferanten über die Komponentenwerke (vor allem Fabriken für Motoren und Getriebe) zu den fahrzeugaufbauenden Werken. Auf Basis einer wissenschaftlichen Analyse der Materialströme sollen dabei Logistikkennzahlen abgeleitet und in eine zusammenhängende Systematik gebracht werden, die die logistischen Ist-Prozesse bewertbar macht. Neben der kennzahlenbasierten Betrachtung der zuvor beschriebenen Lean – Logistikprozesse, also der Messung der Umsetzung der Prinzipien Fluss, Takt, Pull und Perfektion liegt der Fokus der Forschungsarbeit auf der mehrdimensionalen, zusammenhängenden Betrachtung der logistischen Materialströme. Das bedeutet, dass insbesondere die Verknüpfung prozessualer und wirtschaftlicher Kennzahlenkomponenten, die erst eine gesamthafte Aussage ermöglicht, dabei untersucht werden.

Wie u.a. in [11, 17, 18] empfohlen, wurde zunächst eine Zielanalyse zur korrekten Ausrichtung des Kennzahlensystems sowie eine Anforderungsanalyse der Nutzer zur Identifizierung möglicher Einsatz- und Nutzungsfälle durchgeführt. Um das Konzept industriell einsetzbar zu gestalten, müssen die individuellen Anforderungen der Nutzer des Kennzahlensystems beachtet werden. Ein operativer Logistikplaner bspw. muss für seinen Bereich spezifische Informationen erhalten, wohingegen ein Logistikmanager einen Überblick über das gesamte Unternehmen erhalten sollte. Diese Anforderung an die Konzeption der Kennzahlen gilt nicht nur für die hierarchischen Ebenen der Nutzer, sondern auch für die prozessual verschiedenen Fertigungsbereiche, Produktgruppen oder Fabriken. So gibt es prozessbedingte Unterschiede zwischen Fabriken zur Herstellung von Aggregaten und Komponenten sowie solchen zur Produktion von Fahrzeugen.

Ein wesentlicher Punkt der Anforderungsanalyse war eine konzernweite Befragung, die aufgrund der Größe des Volkswagen Konzerns wichtige Anforderungen an

Kennzahlen und Kennzahlensysteme der Nutzer und Anwender von Kennzahlen im Umfeld der Logistik der Automobilindustrie aufzeigt. Befragt wurden 44 Mitarbeiter aus 23 unterschiedlichen Abteilungen der Werke, Marken und in Konzernfunktionen, die sich mit logistischen Kennzahlen befassen, mit dem Ziel, die Anforderungen an Kennzahlen und Kennzahlensysteme zu ermitteln (vgl. Abbildung 3).

Teilnehmerverteilung nach Marken

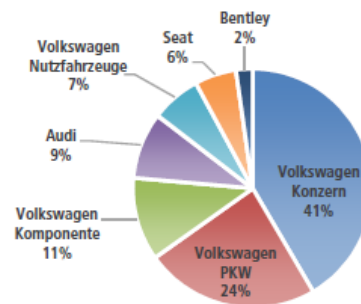


Abbildung 3: Markenzugehörigkeit der 44 Befragten (eigene Darstellung)

Die Befragten können fachlich den Bereichen Inbound und Inhouselogistikplanung, Disposition und Materialflusststeuerung sowie unterstützenden Bereichen wie der IT oder dem Logistik-Controlling zugeordnet werden.

3 Anforderungen an Kennzahlen und Kennzahlensysteme

Die im Rahmen des Projekts durchgeführte Befragung zur Ermittlung der Anforderungen an Kennzahlen und Kennzahlensysteme bestand aus Fragen mit vorgegebenen Antworten sowie aus Fragen mit Freitextantwortmöglichkeiten.

Die Befragung wurde sowohl mithilfe von persönlichen Interviews als auch durch den E-Mail-Versand eines Fragebogens durchgeführt. Zunächst mussten aus der Literatur recherchierte Anforderungen priorisiert werden, um diese mit den Anforderungen an Kennzahlen der Anwender im Volkswagen Konzern abzugleichen.

Es folgte eine Konkretisierung dieser Anforderungen durch offene Fragen und persönliche Interviews. Danach wurden mithilfe von Kennzahlen gemessene Funktionen sowie verwendete und gewünschte Top-Kennzahlen aus den verschiedenen Bereichen abgefragt. Schließlich folgte die Abfrage gewünschter Darstellungs- und Veröffentlichungsformen von Kennzahlen.

Die nachfolgende Analyse und Aufbereitung dieser Befragung fokussiert auf der Abfrage der Anforderungen an Kennzahlen und Kennzahlensysteme. Die vorgegebenen Anforderungen wurden der Literatur (u.a. [11, 17–20]) entnommen und aufgrund unterschiedlicher Abgrenzung

dieser Anforderungen in der Literatur inhaltlich und begrifflich auf die nachfolgenden sieben Punkte zusammengefasst. Das Ergebnis der Umfrage lässt aufgrund der Priorisierung eine Einteilung in wichtigere und unwichtigere Anforderungen zu:

Wichtige Anforderungen an Kennzahlen und -systeme:

- Orientierung an den Unternehmenszielen
- Unterstützung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses,
- Transparenz für Nutzer,
- Standardisierung.

Weniger wichtige Anforderungen:

- Anpassbarkeit an Veränderungen,
- Verfügbarkeit und Aktualität,
- Mehrdimensionale Betrachtung der Logistik.

Es fällt jedoch auf, dass es eine leichte Verschiebung der Wichtigkeit der Anforderung Standardisierung sowie Verfügbarkeit und Aktualität der Kennzahlen gibt, die sich auf die akuten Handlungsbedarfe der Befragten und damit den Teilnehmerkreis zurückführen lässt. Während sich diese Anforderungen in anderen Umfragen zwar als relevant, jedoch nicht als überdurchschnittlich wichtig herausstellen, rechnen die Befragten dieser Umfrage diesen Anforderungen eine höhere Wichtigkeit zu. Möglicherweise liegt das an einer im Volkswagen Konzern vorherrschenden guten Bereitstellung gewonnener Daten, die jedoch durch die Menge der Daten und Nutzer eine einheitliche Aufbereitungs- und Berechnungsvorlage erfordern.

Dies spiegelt sich auch in der Beantwortung der offenen Fragen wider. Da die aus der Literatur recherchierten Anforderungen einen hohen Abstraktionsgrad vorweisen und damit einen größeren Interpretationsspielraum für Unternehmen öffnen, lassen sich die Antworten der offenen Fragen diesen Überbegriffen zuordnen. Die in dieser Umfrage genannten und im nachfolgenden aufbereiteten Anforderungen sind konkreter und spiegeln die Bedürfnisse der Nutzer und Anwender von Kennzahlen direkt wider.

Auf Basis einer Strukturierung der Antworten aus den offenen Fragen der Umfrage sowie aus den Interviews der Logistikexperten diverser Bereiche im Rahmen des zuvor beschriebenen Projekts, lassen sich so vier wesentliche Anforderungsfelder identifizieren: 1. Flexibilität, 2. Standardisierung, 3. Fokus und 4. Datenqualität. Abbildung 4 zeigt diese Kategorien inkl. detaillierter Anforderungen, die in der Umfrage genannt wurden.

3.1 Flexibilität

Die erste Anforderungskategorie an Kennzahlen und Kennzahlensysteme lässt sich unter dem Begriff Flexibilität zusammenfassen. Die hier zugeordneten Anforderungen beziehen sich auf die Veränderbarkeit von Kennzahlen und Kennzahlensystemen in ihrer Erhebung und Anwendung. Die Nutzer von Kennzahlen fordern eine gewisse Anpassbarkeit der Kennzahlendefinition, das bedeutet, dass bei einer veränderten Zielausrichtung des Unternehmens die Kennzahlerhebung und -berechnung einfach bzw. automatisch anpassbar sein muss.

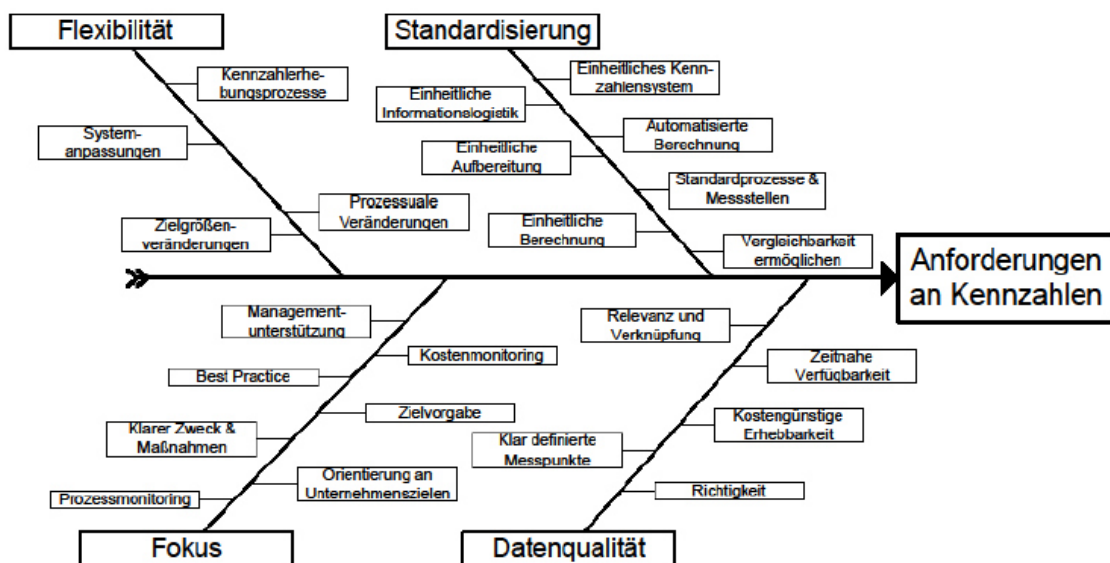


Abbildung 4: Vier Anforderungskategorien an Kennzahlen (eigene Darstellung)

Derzeit ist es häufig so, dass einmalig definierte Kennzahlen in ihrer Definition, Betrachtungsumfang sowie (Daten-)Erhebung nur durch großen finanziellen und zeitlichen Aufwand angepasst werden kann. Neben dieser organisatorischen Anpassung sollen Kennzahlen auch prozessuale Veränderungen einfach abfangen können. Wird also ein Prozess verändert, so muss ebenfalls die Kennzahl den neuen Prozess relativ einfach bewertbar machen. Werden Kennzahlen beispielsweise für einzelne Prozessbausteine definiert, die sich beliebig zu einem Gesamtprozess zusammensetzen lassen, so lassen sich auch die Kennzahlen beliebig zusammensetzen. Damit wird eine flexible Gesamtprozessbewertung ermöglicht. Weiterhin dürfen auch IT-technische Veränderungen, wie bspw. die Umstellung der Systemlandschaft keinen Einfluss auf die Kennzahl haben. Insbesondere neuere IT-Systeme sollten die Bereitstellung und Aufbereitung vorhandener und neuer Kennzahlen unterstützen und vereinfachen.

3.2 Standardisierung

Die zweite Anforderungskategorie umfasst die Vereinheitlichung aller Prozesse und Tätigkeiten rund um Kennzahlen. Es beginnt bereits mit der Definition der Kennzahl, die häufig aufgrund einer individuellen Anforderung in einzelnen Fachbereichen separat festgelegt wird. Klassische Beispiele sind diverse Verrechnungslogistiken von Lagerbeständen, die den Verbrauch, die Lagerdauer, die Lagerplatzbelegung, das gebundene Kapital und viele mehr zu vereinen versuchen. Bereits hier sollte zum Zweck der Vergleichbarkeit von Prozessen anhand der Kennzahlen und den daraus folgenden Benchmarking- und Best-Practice Ansätzen auf eine zentral definierte Berechnungsvorschrift zurückgegriffen werden. Um im Sinne des Supply Chain Controlling eine Aussage über die gesamte Prozesskette zu erhalten, müssen alle Prozesspartner am Definitionsprozess dieser Kennzahl beteiligt sein (vgl. [13]).

Die wesentlichen Voraussetzungen dafür sind standardisierte Prozesse. Unter standardisierten Prozessen werden einheitliche und verallgemeinerte Prozessbausteine bzw. insbesondere in der Logistik Methodenbausteine verstanden, die übergreifend im Unternehmen eingesetzt werden. Im Kontext von Kennzahlen sind dabei nicht nur die physischen Prozesse, sondern auch die informationellen Prozesse gemeint. Eine standardisierte Informationslogistik ist folglich eine weitere wesentliche Anforderung an Kennzahlen.

Dies führt zwingend zu klar definierten und einheitlichen Messstellen, -daten und einem einheitlichen Detaillierungsgrad der Daten. Um Kennzahlen zum Steuern und Verbessern von Prozessen einzusetzen, sind sowohl organisationsübergreifende, als auch zeitliche Vergleiche ein wichtiges Hilfsmittel.

Ändern sich jedoch bei den zu vergleichenden Elementen bspw. die Messstellen, so ist eine Interpretation der Informationen schwierig.

Ein geeignetes Hilfsmittel der Standardisierung der Kennzahlenberechnung ist eine vollautomatisierte Datenerhebung und damit eine automatische Verknüpfung der Rohdaten hin zu Kennzahlen. In der Realität zeigt sich insbesondere bei der Arbeit mit Kennzahlen, dass das Risiko besteht, dass manuelle Eingriffe genutzt werden, um die Aussage von Kennzahlen zu manipulieren. Sind die Voraussetzungen der Anforderungskategorie Standardisierung erfüllt, führt eine einheitliche Darstellung und Aufbereitung der Kennzahlen zu einer übergreifenden Vergleichbarkeit betrachteter Prozesse.

3.3 Fokus

Fokus ist eine weitere Anforderungskategorie für Kennzahlen und Kennzahlensysteme aus industrieller Sicht. Darunter ist sowohl der Bezug der Kennzahl zu einem Aufgabengebiet an sich zu verstehen, als auch die Orientierung der Kennzahl an den Unternehmenszielen sowie eine konkrete Festlegung der Maßnahmen und Tätigkeiten, die eine Kennzahl auslösen sollte. Der traditionelle Fokus von Kennzahlen, die Messung der Wirtschaftlichkeit, spiegelt sich auch hier in den Anforderungen der Befragten wider (vgl. [11]). Doch aufgrund der Prinzipien der Lean Logistics hat in der Automobilindustrie ein Wandel dieses Fokus begonnen, sodass prozessrelevante Fragestellungen aus Sicht der Befragten an Wichtigkeit gewonnen haben. Während der primäre Fokus auf der Wirtschaftlichkeitsbewertung verbleibt, ist die reine Betrachtung der Effizienz von Logistikprozessen auf Basis monetärer Betrachtungen überholt und muss durch prozessuale Elemente erweitert werden.

Dies bedeutet bspw., dass die Steuerung von Prozessen allein durch die Kennzahl Transportkosten nicht ausreicht, sodass die Logistikqualität in Form der Beschädigungsquote oder der Termin- und Mengentreue ebenfalls die gesamtwirtschaftliche Logistikperformance zumindest mittel- und langfristig beeinflusst und daher gemessen werden muss. Darüber hinaus wird insbesondere von der operativen Logistiksteuerung die klare Festlegung der Arbeitsweise und Maßnahmen mit den Aussagen der Kennzahl hervorgehoben.

Das bedeutet, dass bereits bei der Definition der Kennzahl feststehen muss, wer diese Kennzahl nutzt und was getan werden muss, sobald die Kennzahl einen bestimmten Wert annimmt bzw. einen festgelegten Zielwert unter- oder überschreitet. Erst eine klare Zielrichtung sowie strukturierte Maßnahmen führen zum Ausnutzen der gesamten Potentiale aus den Erkenntnissen einer Kennzahl (vgl. Abbildung 2).

Der Fokus auf relevante und nutzbringende Kennzahlen ist dabei essentiell für eine übergreifende Verständlichkeit und Akzeptanz von Kennzahlen im Unternehmen. Zudem ist die in der Literatur häufig dargestellte Anforderung der Verknüpfung von Kennzahlen mit den Unternehmenszielen wichtig [11, 17]. Diese Anforderung hat zwei Dimensionen. Einerseits kann die Interpretation und Umsetzung der strategischen Unternehmensziele durch die jeweiligen Bereiche zu unterschiedlichen Kennzahlen führen. Diese sollten jedoch bis auf die unterste operative Ebene dem Gesamtziel des Unternehmens zugutekommen. Eine strukturierte und klare Zielstruktur des Unternehmens ist eine wichtige Voraussetzung, um diese Anforderung an Kennzahlen überhaupt erfüllbar zu machen.

Dazu spielt die Unterstützung durch das Management eine entscheidende Rolle bei der Definition, Erhebung und Arbeit mit Kennzahlen. Andererseits müssen die für die Zielvereinbarung festgelegten Kennzahlen auch dem Aufgabengebiet jedes einzelnen Mitarbeiters entsprechen und es ermöglichen, aktiven und positiven Einfluss auf diese Kennzahlen zu nehmen.

3.4 Datenqualität

Das vierte Feld der Anforderungen wird in der Literatur bisher selten so konkretisiert und gilt häufig als selbstverständliche Voraussetzung. Gerade große Unternehmen bzw. Konzerne haben umfangreiche Datawarehouse Lösungen, die mehrere Terrabyte an Daten vorhalten. Aufgrund der historisch gewachsenen Strukturen dieser Systeme kommt es zu amorphen Datenkonstrukten und damit zu Fehlern in der Aufbereitung und Verknüpfung der vorhandenen Informationen.

Da diese jedoch die Grundlage für die Berechnung von Kennzahlen darstellen, folgt die zwingende Anforderung der Richtigkeit und Aktualität der Daten im Kontext und der Konsistenz dieser Daten. Zwei unterschiedliche Ansätze zur Berechnung einer Kennzahl dürfen nicht zu unterschiedlichen Ergebnissen bzw. Aussagen führen. Diese Voraussetzung garantiert nicht nur eine fachliche Korrektheit der Aussage der Kennzahl, sondern auch die Akzeptanz von Kennzahlen im Unternehmen und ermöglicht damit eine objektivere Steuerung der Prozesse. Die Menge der Rohdaten führt weiter zur nächsten Anforderung dieser Kategorie, dass nicht jede Information, die gemessen werden kann auch gemessen werden muss. Der Fokus auf relevante und nutzbringende Information trägt somit nicht nur zur Verständlichkeit und Akzeptanz der Kennzahl, sondern auch der Qualität der Daten bei. Ein niederfrequenter Abgleich vorhandener und relevanter Daten in Datenbanken in Form einer Art »Dateninventur« ist empfehlenswert. Es sollte geprüft werden, welche Daten vorhanden sind und welche Daten davon in Zukunft für die Steuerung genutzt werden. Eine tiefgründige Nutzen- und Aufwandsbetrachtung von Kennzahlen ist dabei relevant

[11]. Die derzeitig u.a. im Volkswagen Konzern vorherrschende organisatorische Struktur zwischen Fachbereich als Auftraggeber für die Kennzahlenerhebung sowie -implementierung und der IT als Dienstleister führt zu hohen Kosten. Um der daraus resultierenden zurückhaltenden Einstellung gegenüber der Neu- und Weiterentwicklung von Kennzahlen entgegen zu wirken, wird eine kostengünstige Erhebung der Kennzahlen verlangt. Die Anforderung ist es also, schnelle und kostengünstige Möglichkeiten zu schaffen, um Kennzahlen umzusetzen.

4 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich herausstellen, dass in der Literatur dargestellte Anforderungen an Kennzahlen und Kennzahlensysteme die Anforderungen der Nutzer zwar umfassend beschreiben, eine Kategorisierung sowie Konkretisierung dieser Anforderungen jedoch häufig ausbleibt. Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Befragung zeigt mögliche konkretere Anforderungen auf. Auf Basis der Befragung wurde hier zudem ein möglicher Ansatz vorgestellt, um diese Anforderungen zu strukturieren. Die dargestellten vier Anforderungsbereiche zeigen auf, welche Themen insbesondere in großen Konzernen, am Beispiel des Volkswagen Konzerns, wichtig sind und beachtet werden sollten.

Die Konkretisierung dieser Anforderungen hilft beim Verständnis und der Interpretation der Anforderungen. Bei der Erhebung, Berechnung und Bereitstellung von Kennzahlen muss folglich der Fokus bis auf die operative Ebene klar sein, die Kennzahlen bereichsübergreifend vergleichbar sein, die Datenqualität ausreichen, um bei vertretbaren Kosten eine hohe Akzeptanz zu erlangen und schließlich prozessuale und organisatorische Veränderungen abfangen können.

Die konkrete Priorisierung der vier Anforderungsfelder muss jedes Unternehmen individuell auf Basis der vorherrschenden Rahmen- und Randbedingungen durchführen. Darüber hinaus ist bei der Konzeption eines Kennzahlensystems ein modularer Aufbau standardisierter Prozesse und der dazugehörigen Kennzahlen empfehlenswert.

5 Literatur

[1] Wiendahl, H.-P.: Erfolgsfaktor Logistikqualität. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung, 2. Aufl. Berlin, 2002.

[2] Baumgarten, H.: Das Beste der Logistik. Innovationen, Strategien, Umsetzungen. Berlin, 2008.

[3] Schieck, A.: Internationale Logistik. Objekte, Prozesse und Infrastrukturen grenzüberschreitender Güterströme. München, 2009.

- [4] Werner, H.: Supply Chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, 3., vollständig überarbeitete und erw. Aufl. Wiesbaden, 2008.
- [5] Günthner, W. A.; Boppert, J. (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, 2013, S.35 ff.
- [6] Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J.: Schlanke Logistikprozesse. Handbuch für den Planer. Berlin, 2013.
- [7] Ohno, T.: Toyota production system. Beyond large-scale production. Cambridge MA u.a 1988.
- [8] Harrison, A.; Hoek, Remko I. van: Logistics management and strategy, 1. publ., 4. [print.]. Harlow u.a 2004.
- [9] Volkswagen AG - Konzern: Produktionssystem: Warum ein Haus?
URL: https://volkswagen-portal.web.vwg/jctportal/web/guest/konzern?p_p_auth=TfFMKHV1&p_p_id=CQIntegrationPortlet_WAR_cqportlet_INSTANCE_KM5z&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&CQIntegrationPortlet_WAR_cqportlet_INSTANCE_KM5z_cqp:action=cqp:render&CQIntegrationPortlet_WAR_cqportlet_INSTANCE_KM5z_cqp:url=/cqpubl-vwp/content/vwwwp/de/myvw/unternehmen/strategie/konzern/konzern__produktionssystem/dasproduktionssystem--ein-haus.portlet.html. Abrufdatum: 30.03.2015.
- [10] Gleißner, H.; Femerling, J. C.: Logistik. Grundlagen - Übungen - Fallbeispiele, 2., aktualisierte und erw. Aufl. Wiesbaden, 2012.
- [11] Weber, J.: Logistik-Controlling mit Kennzahlensystemen, Koblenz, 2012.
- [12] Weber, J.; Blum, H.: Logistik-Controlling. Konzept und empirischer Stand, Vallendar, 2001.
- [13] Günthner, W. A.; Dörnhöfer, M.: Einsatz von Kennzahlensystemen in der Automobillogistik. Aktueller Entwicklungsstand und Handlungsbedarf. Garching, 2014.
- [14] Reichmann, T.: Kostenrechnung und Kennzahlensystem für das Logistik-Controlling: Logistik-Controlling : Konzepte - Instrumente - Wirtschaftlichkeit, Wiesbaden 1993.
- [15] Stratham, C.; Pike, D.: Property Benchmarking. URL: <http://www.civilservice.gov.uk/networks/gpp/property-asset-management-ingovernment/property-benchmarking>. Abrufdatum: 30.03.2015.
- [16] Ackoff, R. L.: From data to wisdom: Presidential address to ISGSR, June 1988. In: Journal of applied systems analysis (1989) 16, S. 3–9.

UNTERSTÜTZUNG DER ABLAUFSIMULATION BEI DER PLANUNG VON INTRALOGISTIKSYSTEMEN

Dipl.-Wirt.-Ing Stefan Galka
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner
Technische Universität München

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirt.-Ing. Stefan Galka

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,
Technischen Universität München

- | | |
|-------------|---|
| 1997 – 1999 | Lehre zum Speditionskaufmann, Hellmann-Nicolai Worldwide Logistics GmbH & Co.KG Osterweddingen. |
| 2000 | Disponent, Hellmann-Nicolai Worldwide Logistics GmbH & Co. KG Osterweddingen. |
| 2000 – 2005 | Studium zum Wirtschaftsingenieur für Logistik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. |
| 2002 – 2004 | Hilfswissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg, Abteilung Prozess und Informationsmanagement. |
| 2005 – 2006 | Projektingenieur bei der SWJ Engineering GmbH, (Schwerpunkte: Lager- und Prozessplanung, Anlaufmanagement). |
| Seit 2006 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München, (Schwerpunkte: Lager- und Kommissioniersystemplanung, Produktionslogistik). |
| Seit 2009 | Mitglied des Lenkungskreises des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München. |
| Seit 2010 | Freiberufliche Tätigkeit, (Schwerpunkte: Lager- und Kommissioniersystemplanung, Fabrikplanung). |

UNTERSTÜTZUNG DER ABLAUSIMULATION BEI DER PLANUNG VON INTRALOGISTIKSYSTEMEN

Dipl.-Wirt.-Ing Stefan Galka, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Willibald A. Günthner

1 Herausforderungen bei der Planung von Logistiksystemen

Ein effizientes Bereitstellen von Gütern zur richtigen Zeit am richtigen Ort ist die Kernaufgabe der Logistik [1]. Diese Aufgabe wird von Logistiksystemen bewerkstelligt, die dabei mit vielen anderen Systemen interagieren. Daraus ergeben sich zahlreiche Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Systemen, die das Beschreiben des Verhaltens von logistischen Systemen schwierig macht [2] u. [3]. Nicht nur die äußeren Einflüsse sind kompliziert zu beschreiben, auch die gegenseitige Beeinflussung der Elemente eines Logistiksystems ist möglich und führt zu einem komplexen Systemverhalten [4].

Trotzdem wird erwartet, dass logistische Systeme von Beginn an ihre Aufgabe zuverlässig und effizient erfüllen. Daraus lässt sich die Forderung ableiten, dass bereits in der Planung ein großes Augenmerk auf die Absicherung und Überprüfung der Planungsergebnisse gelegt werden muss. Durch die stetige Zunahme der Anforderungen an Logistiksysteme, z.B. durch eine sequenzgerechte Belieferung der Bedarfsorte oder kundenindividuelle Produkte, bei deren Herstellung Wertschöpfungsschritte direkt in die Logistikprozesse integriert werden müssen, lassen sich Logistiksysteme nur in Teilen durch bestehende allgemeingültig Modelle abbilden. Beispielhaft sei hier die Spielzeitberechnung von Automatischen Regallagern genannt, für die es zahlreiche analytische Modelle gibt [5] u. [6]. Wird z.B. an das automatische Lager die Anforderung gestellt, dass die Auslagerung der Paletten in einer vorgegebenen und einzuhaltenden Reihenfolge zu erfolgen hat, können die analytischen Modelle das Systemverhalten nur unzureichend abbilden. Um trotzdem in der Planung abschätzen zu können, ob das Lager ausreichend dimensioniert wurde, wird in solchen Fällen häufig die Ablaufsimulation eingesetzt.

2 Einsatzmöglichkeiten der Ablaufsimulation im Rahmen der Logistikplanung

Die meisten logistischen Prozesse sind zeitdiskreter Natur, so dass sich der Einsatz einer ereignisdiskreten Simulation für Logistiksysteme anbietet [7]. So ist es nicht verwunderlich, dass es zahlreiche Veröffentlichungen zu diesem Thema gibt [8]. Der Detaillierungsgrad der Modelle ist dabei sehr unterschiedlich und muss dem Untersuchungsziel angepasst werden. Den Grundsätzen einer guten

Planung folgend, muss der Nutzen aus einer Simulationsstudie in der Planung den Aufwand für diese rechtfertigen [9]. Der hohe Aufwand für Simulationsstudien ist sicherlich ein Grund, warum viele logistische Systeme vor der Realisierung nicht simuliert werden.

Nur wenn das planerische Risiko einer Fehlentscheidung deutlich reduziert werden kann, lohnt es, eine Simulationsstudie durchzuführen. Das Risiko ist dann besonders hoch, wenn sehr komplexe Systeme geplant werden müssen, wie z.B. Kommissioniersysteme, Lager mit speziellen Anforderungen an die Auslagerung oder komplexere Lieferketten mit sehr engverzahnten Wertschöpfungsstufen.

Typischerweise wird in diesen Fällen die herkömmliche Planung (Ausführungsplanung) mittels Simulation abgesichert und ggf. die Planung angepasst. Häufig dient eine Simulationsstudie auch zur Nachweisführung eines Auftragnehmers, dass die vom Auftraggeber gestellten Anforderungen mit der geplanten Anlage realisiert werden können und der Auftraggeber somit die Ausführungsplanung des Auftragnehmers abnehmen kann.

In wissenschaftlichen Publikationen finden sich Ansätze, die Simulation auch in früheren Planungsphasen einzusetzen. So stellen Ulbrich [10] und Venn [11] einen Ansatz vor, bei dem die Grobplanung von Kommissioniersystemen durch Simulationsbausteine unterstützt wird. Eine schnelle Untersuchung von innerbetrieblichen Logistikprozessen für die Produktionsversorgung ist Gegenstand der Arbeiten von Staabetal et al. [12], die ein generisches Modell zur Abbildung von innerbetrieblichen Transportprozessen entwickelt haben.

Beide Ansätze haben gemein, dass ein Großteil des Aufwands für die Modellerstellung in eine projektunabhängige Phase verlagert wird und die Bestandteile des Systems möglichst allgemeingültig gehalten und modelliert werden. Dieser hohe einmalige Aufwand soll durch die schnelle projektspezifische Modellerstellung kompensiert werden. Durch die schnelle Modellerstellung ist es möglich, mehrere Planungsalternativen mit einem vertretbaren Zeitaufwand zu untersuchen. Damit wird die Qualität der Entscheidungsgrundlage erhöht, dies führt zu einer Reduzierung des Risikos, dass sich in der Grobplanungsphase für eine Planungsvariante entschieden wird, die nicht die beste Alternative darstellt.

Neben der Grobplanung und der Validierung der Ausführungsplanung werden Simulationsmodelle auch im Rahmen der Inbetriebnahme logistischer Anlagen eingesetzt. Hierbei bieten die Simulationsmodelle die Möglichkeit, noch nicht aufgebaute technische System (z.B. förder-technische Anlagen) für eine überlagerte Steuerung, z.B. den Materialflussrechner, zu emulieren. Dadurch ist es möglich, bereits in der Entwicklung der Steuerungssysteme das Verhalten der Anlagen zu überprüfen sowie Anlagen virtuell in Betrieb zu nehmen und die Inbetriebnahmephase auf der Baustelle deutlich zu verkürzen [13, 14].

Bei komplexen Systemen mit einem hohen unternehmerischen Risiko, wenn die Anlage nicht die geforderte Leistung erbringt, werden Simulationsmodelle auch während der Betriebsphase genutzt. Beispiele hierfür sind Gepäckförderanlagen an Flughäfen oder die Montageversorgung in Automobilwerken [15] u. [4, 15].

Kann die Versorgung der Montagebänder nicht aufrechterhalten werden, entsteht schnell ein hoher finanzieller Schaden. Um das Risiko zu mindern, kann das Systemverhalten regelmäßig für die erwarteten zukünftigen Anforderungen überprüft und z.B. die Mitarbeiterinsatzplanung angepasst werden [17].

Abschließend sind in der Tabelle 1 typische intralogistische Aufgabenstellungen in den einzelnen Planungsphasen zusammengefasst, bei denen es sinnvoll sein kann, Simulationsmodelle für die Überprüfung der Planungsergebnisse zu nutzen.

Phase	Typische Aufgaben
Grobplanung	Konzeptvergleiche Szenario-/Parameterstudien
Feinplanung	Leistungsüberprüfung (z.B. Engpässe im Systemdesign erkennen), Verfügbarkeitsprüfung (z.B. zur Überprüfung, ob für kritische Elemente Redundanzen vorgesehen werden müssen), Überprüfung von Steuerungsstrategien (z.B. Auslagerstrategien festlegen, Steuerungsparameter), Dimensionierung von Puffern
Inbetriebnahme	Emulation des physischen Systems für Steuerungssysteme (z.B. Materialflussrechner)
Betrieb	Überprüfung Systemverhalten und Unterstützung der operativen Steuerung (z.B. Auftragsreihenfolge)

Tabelle 1: Aufgabenstellungen für die Ablaufsimulation im Bereich Intralogistik, (eigene Darstellung)

3 Phasen einer Simulationsstudie zur Unterstützung der Logistikplanung

Eine Simulationsstudie lässt sich typischerweise in fünf Phasen unterteilen, die in Abbildung 1 dargestellt sind.

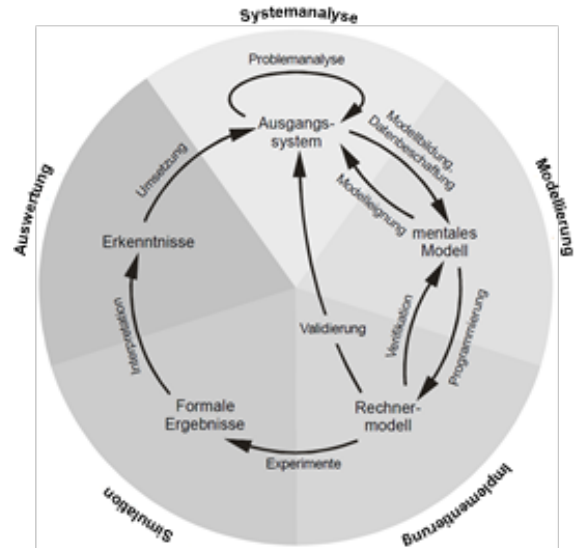


Abbildung 1: Vorgehensmodell für die Durchführung von Simulationsstudien [16]

In diesem Kapitel wird jede dieser Phasen anhand einer durchgeführten Simulationsstudie erläutert. Diese Simulationsstudie war Bestandteil eines Projektes, in dem ein neues Logistikkonzept (NLK) für einen Automobilzulieferer entwickelt und umgesetzt wurde. Basis des NLK ist der flächendeckende Einsatz von Routenzügen für alle Materialtransporte im Werk. Dies umfasst sowohl die Materialbereitstellung in der Produktion, den Transport von Baugruppen innerhalb der Produktion, als auch den Abtransport von Fertigwaren in den Versandbereich. Im Zuge dieser Umstellung wurden ein neues Lager für Fertigware und zwei Automatiklager für Kaufteile – ein Paletten-Hochregallager (HRL) und ein Automatisches Kleinteilelager (AKL) – gebaut. In Abbildung 2 ist das Werk mit den drei neuen Lagerbereichen zu sehen.

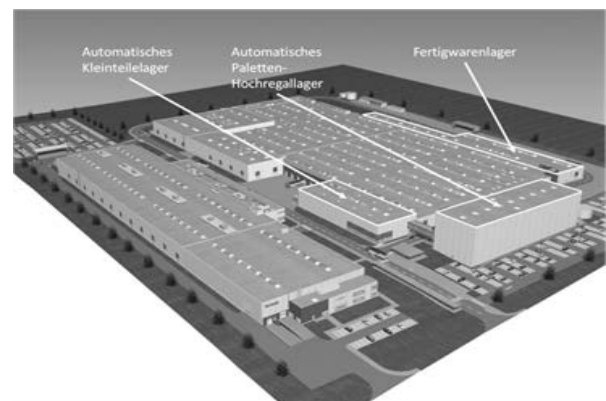


Abbildung 2: Werksansicht mit den Strukturelementen des NLK (eigene Darstellung)

Bei derartigen Routenzugsystemen handelt es sich um komplexe und dynamische Systeme. Auf mehreren, meist festgelegten Routen müssen von mehreren Routenzügen in kurzen Zyklen diverse Ladungsträger an verschiedene Verbauorte verteilt werden. I.d.R. schwanken die Transportbedarfe und sind erst recht kurzfristig exakt bekannt, dennoch muss eine sichere, stabile und gleichzeitig effiziente Versorgung gewährleistet werden. Die verschiedenen Routenzüge nutzen Ressourcen wie z.B. Beladebahnhöfe und Wege gemeinsam, wodurch zusätzlich Abhängigkeiten zwischen den Routen sowie gegenseitige Behinderungen und Behinderungen mit anderen Fahrzeugen auftreten können, mit Staus und Verspätungen der Züge als Folge. Die Verkehrssituation hat damit entscheidenden Einfluss auf die Stabilität im System und die Versorgungssicherheit, d.h. die rechtzeitige Bereitstellung der Materialien durch das Routenzugsystem.

Die Sorge um die Versorgungssicherheit der Produktion war Anstoß für die Analyse der Verkehrssituation im Werk nach der Einführung der flächendeckenden Routenzugversorgung.

3.1 Phase I: Zielsetzung und Untersuchungsgegenstand abstimmen

Zu Beginn müssen die genauen Zielsetzungen der Untersuchung abgestimmt werden. Dabei ist es wichtig, klar abzugrenzen, welche Systembestandteile bzw. Prozesse untersucht und welche Aspekte analysiert werden sollen. Diese Festlegungen dienen später dazu, den Umfang zu bewerten, der in der Simulation abgebildet werden muss und an welcher Stelle das reale System für die Abbildung im Simulationsmodell vereinfacht werden kann. Wird die Simulationsstudie durch einen Dienstleister durchgeführt, so gilt es, diese Festlegungen bereits in der Angebotsphase zu treffen, damit der Aufwand durch den Dienstleister abgeschätzt werden kann.

Für die Beispielstudie wurden zwei wesentliche Aspekte für die Untersuchung spezifiziert. Zum einen sollten die Routenzüge für die Versorgung der Produktion mit Kaufteilen hinsichtlich der Einhaltung des Fahrplans untersucht werden. Damit sollte die Frage beantwortet werden, ob sich Verspätungen einzelner Routenzüge negativ auf andere Routenzüge auswirken können. Dies kann vorkommen, da die Routenzüge an gemeinsamen Bahnhöfen beladen werden, die dann durch eine bereitgestellte Ladung für einen verspäteten Routenzug belegt sind und damit die Beladung anderer Routenzüge verhindern. Der zweite Aspekt fokussierte die Materialverfügbarkeit an den einzelnen Verbauorten. Mit dieser Untersuchung sollte abgesichert werden, dass die geplanten Bestandsreichweiten in der Produktion ausreichend sind, um die Wiederbeschaffungszeit mit dem neuen Prozess zu überbrücken.

3.2 Phase II: Systemverständnis, Modellierung und Datenerhebung

In der Regel werden für eine Simulationsstudie Experten für diese Aufgabe hinzugezogen, die das zu simulierende System nicht kennen. Um das System in einer Simulationssoftware abzubilden, benötigt der Simulationsexperte ein sehr gutes Systemverständnis, welches die Bestandteile (Elemente) des Systems umfasst, die Wechselwirkungen innerhalb des Systems und auch externe Einflussgrößen, die das System beeinflussen. Diese Kenntnisse kann sich der Experte auf verschiedenem Wege aneignen. Dazu gehört die Systembeobachtung vor Ort, Workshops mit Mitarbeitern, die im zu simulierenden System arbeiten, Prozessbeschreibungen und Datenanalysen. Der dafür notwendige Zeitaufwand für alle Beteiligten ist nicht zu unterschätzen. Ist ein Grundverständnis vom System vorhanden und erste Ideen für das Modell entwickelt, kann eine Analyse von relevanten Daten das Systemverständnis weiter schärfen. Diese Analyse von Daten, wie z.B. Transportaufträge oder Lagerbewegungen, lässt erste Aussagen über die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten zu. Ist das Systemverständnis beim Simulationsexperten hergestellt, gilt es, ein mentales Modell zu entwickeln. Dazu ist es notwendig, festzulegen, welche Systemelemente in welchem Detaillierungsgrad abzubilden sind. Diese Überlegung beinhaltet auch eine Beschreibung der Beziehungen zwischen den Elementen, die sich gegenseitig beeinflussen. Weiterhin ist die Beziehung der Elemente zu externen Einflussgrößen zu beschreiben. Für die einzelnen Elemente ist deren Verhalten in Abhängigkeit der internen Beziehungen zu anderen Elementen und externen Einflüssen zu beschreiben.

In einem weiteren Schritt ist zu detaillieren, welche Eingangsgrößen notwendig sind, damit das konzipierte Modell das Systemverhalten nachbilden kann. Sind diese Eingangsdaten spezifiziert, gilt es diese zu erfassen und zu validieren, wozu meistens eine Analyse der Daten notwendig ist. Die Datenerhebung kann sehr zeitintensiv sein. Es ist empfehlenswert, bereits in der Angebotsphase zu klären, wer die Daten erhebt und in welcher Qualität die Daten für die Untersuchung vorliegen müssen. Können keine validen Daten erhoben werden, so muss die Sinnhaftigkeit der Simulationsstudie bewertet und nach Alternativen gesucht werden. Dies kann eine Anpassung der Untersuchungsziele und des Modells sein oder eine Generierung von Daten auf Basis bestimmter Annahmen. Dabei ist zu beachten, dass nur valide Eingangsgrößen auch zu aussagekräftigen Ergebnissen führen können. Im Zuge der Datenerhebung ist auch festzulegen, wie das später erstellte Simulationsmodell validiert werden kann, also wie geprüft werden kann, ob das Modellverhalten dem Verhalten des realen Systems entspricht. Hierzu müssen weitere Daten für die Validierung erhoben werden.

Die Routenzugsimulation wurde zu einer Phase durchgeführt, zu deren Zeitpunkt das NLK noch nicht umgesetzt war. Damit musste die Modellerstellung auf Grundlage des aktuellen Planungsstandes erfolgen. Dazu wurden mit den Simulationsexperten mehrere Workshops durchgeführt und die Planungsdocumentation (Layouts, Lastenheft, Pflichtenhefte) zur Verfügung gestellt. Die Analyse des Systems hat ergeben, dass neben den Routenzügen für die Produktionsversorgung auch die anderen Routenzüge (Baugruppen und Fertigware) im Simulationsmodell abgebildet werden müssen. Weiterhin müssen die Wege in der Fabrik mit deren wesentlichen Eigenschaften beschrieben werden (Breite, Einbahnstraße ja/nein). Um die Materialverfügbarkeit am Verbauport zu untersuchen, musste eine einfache Bestandsverwaltung auf Materialnummerebenen im Simulationsmodell umgesetzt werden. Über die Produktionsmenge pro Zeiteinheit und die Verbauprozent pro Endprodukt kann der Materialverbrauch abgebildet werden. Angaben über die Behälterfüllmenge erlauben die Bestimmung der Materialreichweite. Die Bestellung von neuem Material erfolgt im untersuchten System über eKanban; dessen Abruflogik musste ebenso modelliert werden. Die erzeugten Bestellungen müssen den Routenzügen zugewiesen werden, wobei es die Transportkapazität der Routenzüge zu beachten gilt. Auch diese Logik musste im Simulationsmodell nachgebildet werden. Nicht abgebildet werden musste für diese Untersuchung die Fördertechnik mit den beiden automatischen Lagern, da der Einfluss der technischen Verfügbarkeit der Fördertechnik auf den Routenzugprozess nicht mit untersucht werden sollte.

Als Datengrundlage dienten Stücklisten, in denen Bedarfe, Füllmengen der Behälter und Verbauprozent enthalten waren. Die Verknüpfung der Informationen aus der BOM mit Informationen aus dem Layout (Wo wird das Material benötigt?), hat sich als sehr zeitintensiv herausgestellt, da die Verknüpfung manuell gepflegt werden musste. Weiterhin benötigt das Modell eine Planung der Routen und einen Fahrplan, mit geplanten Abfahrtszeiten der Routenzüge vom Bahnhof. Da zum Zeitpunkt der Simulation die dafür vorgesehenen Funktionen noch nicht zur Verfügung standen, mussten Routen und Fahrplan manuell erstellt werden. Für die Simulation der weiteren Routenzüge im Werk wurden die geplanten oder aktuellen Routen aufgenommen und der Fahrplan ermittelt. Da die Routenzüge für die Fertigwaren und Baugruppen nicht nach einem regelmäßigen Takt fahren, wurde anhand der aufgenommenen Daten eine Verteilungsfunktion für die Startzeiten dieser Routenzüge bestimmt.

3.3 Phase III: Implementierung, Verifikation und Validierung

Nach der Entwicklung des mentalen Modells und dessen geeigneter Dokumentation ist eine Abstimmung mit dem

Auftraggeber sinnvoll. In diesem Rahmen werden das konzipierte Modell, die benötigten Eingangsdaten und die angedachten Ergebnisdaten vorgestellt. Die Vorstellung der Ergebnisse erlaubt eine Reflektion mit den gesetzten Untersuchungszielen und sichert somit das zielgerichtete Arbeiten ab. Für die Implementierung ist eine geeignete Simulationssoftware zu wählen. Ausschlaggebend für die Auswahl sind die Leistungsfähigkeit der Software (z.B. Anzahl Elemente, Schnelligkeit, Detaillierungsgrad, Anpassbarkeit), die gewünschte Form der Visualisierung und auch die Möglichkeit vorgefertigte Objekte (Bibliotheken des Softwareanbieters oder spezielle Bibliotheken des Auftragnehmers) zu nutzen und damit den Implementierungsaufwand zu reduzieren. Aus letztgenanntem Grund ist es empfehlenswert, im Rahmen der Auftragsvergabe nur die Anforderungen zu benennen und die Wahl der Simulationssoftware dem Anbieter zu überlassen. Die eigentliche Implementierung wird begleitet von der Verifikation der Teilmodelle [18]. Nach Abschluss der Implementierung muss das gesamte System verifiziert und validiert werden. Startpunkt bildet dabei meist die visuelle Beobachtung des Modells. Die Ergebnisse von ersten Simulationsexperimenten mit wenigen Daten sollten händisch nachvollzogen werden. Somit kann die korrekte Ausgabe der Ergebnisdaten geprüft werden.

Die Umsetzung des Routenzugsystems erfolgte in der Simulationssoftware Plant Simulation. Neben dem Know-how des Auftragnehmers mit dieser Software konnten die vorhandenen Elemente für Straßen und Fahrzeuge genutzt und erweitert werden. Die Umsetzung der Entscheidungslogik, wann ein Routenzug einen anderen Zug überholt, musste neu erstellt werden. Eine weitere Herausforderung war die Umsetzung der Straßenkreuzungen. Im Vergleich zur Umsetzung im Standard, wo mehrere Fahrzeuge gleichzeitig die Kreuzung befahren können, ist dies im untersuchten System nicht der Fall, da die Routenzüge aufgrund der Kurvenradien und der Länge die komplette Kreuzung beim Abbiegen benötigen. Die Verifikation des Modells erfolgte größtenteils durch visuelle Beobachtungen. Dabei wurde festgestellt, dass für den stabilen Lauf der Simulation die Entscheidungslogik für das Überholen deutlich erweitert werden muss, damit es für jede denkbare Kombination an Zuständen Regeln gibt, die einen Deadlock vermeiden.

3.4 Phase IV: Simulationsexperimente

Vor der Durchführung der eigentlichen Simulationsexperimente muss ein Simulationsplan erstellt werden. Anspruch dabei ist es, möglichst aussagekräftige Ergebnisse mit einer geringen Anzahl von Experimenten zu ermöglichen. Vor allem bei komplexen Systemen mit vielen externen Einflussfaktoren und Eingangsdaten muss eine hohe Anzahl von Simulationsläufen durchgeführt werden, damit alle denkbaren Kombinationen untersucht werden.

Ab einer bestimmten Anzahl von Experimenten kann es sinnvoll sein, die Simulationsergebnisse automatisch zu analysieren und von der Entwicklung der Ergebniswerte das Ende eines Simulationslaufes festzulegen bzw. auch die Anpassung der Parameter abzuleiten. Weiterhin muss die Einschwingphase der Simulationsläufe beachtet werden. Dies bedeutet, dass die Ergebniswerte erst ab einer bestimmten Laufzeit des Simulationsmodells für die Auswertung herangezogen werden sollten.

Auf eine automatische Ergebnisdatenanalyse wurde im Falle der Routenzugsimulation verzichtet. Als wesentliche Einflussgrößen für das untersuchte System wurde die Lage, die Taktzeit und die mittlere Auslastung der Routen sowie die Reihenfolge der Abfahrt der Routen am Bahnhof identifiziert. Um den Einfluss der Verbaquoten zu untersuchen (Auswirkungen auf den Materialbedarf und die Schwankungen in den Transportmengen), wurden diese auch variiert.

3.5 Phase V: Auswertung und Handlungsmöglichkeiten erkennen

Die Kunst bei der Auswertung der Simulationsergebnisse ist es, bei der Anzahl der Ergebnisdaten mit unterschiedlichen Eingangsdaten den Überblick zu behalten und die wesentlichen Veränderungen in Abhängigkeit der Eingangsdaten zu erkennen. Hierbei hilft meistens die Überführung der Ergebnistabellen in grafische Darstellungen (Diagramme). Häufig reichen eine gute Darstellung und »kluge Köpfe« aus, um anhand der Ergebnisse die richtigen Handlungsmöglichkeiten abzuleiten, die wiederum durch eine Anpassung des Modells und erneute Simulationsexperimente validiert werden können. Vor allem bei einer sehr großen Anzahl von Ergebniswerten und vielen Einflussgrößen können auch statistische Verfahren für die Analyse der Simulationsergebnisse genutzt werden. So können Hypothesen für den Zusammenhang von bestimmten Aspekten aufgestellt und diese dann z.B. über Korrelationsanalysen untersucht und ggf. nachgewiesen werden.

Liegen die ersten Simulationsergebnisse vor, kommt es nicht selten vor, dass der Auftraggeber auch noch weitere, vorher nicht benannte Aspekte untersuchen möchte. Mit etwas »Glück« kann der Wunsch mit vertretbarem Aufwand erfüllt werden. Da die nicht bekannten Aspekte bei der Modellerstellung nicht berücksichtigt wurden, kann ein solcher nachträglicher Wunsch einen sehr hohen Anpassungsaufwand darstellen. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass der Auftraggeber zu Beginn der Simulationsstudie alle gewünschten Aspekte bekannt gibt.

Für das untersuchte Routenzugsystem konnte die Verkehrssituation analysiert werden. In Abbildung 3 ist das Wegenetz dargestellt. In den markierten Bereichen

kommt es zu häufigen Wartevorgängen. Routen, die durch diese Bereiche geführt werden, sollten eine höhere Reservezeit aufweisen, damit die Einhaltung der Taktzeiten gewährleistet ist. Weiterhin sollten Routen diesen Bereich meiden, wenn dort kein Material bereitgestellt werden muss. Allein ein hohes Verkehrsaufkommen ist noch nicht ausschlaggebend, um einen Bereich als störanfällig zu klassifizieren. Erst in Kombination mit Haltepunkten an Stellen, an denen nicht überholt werden kann, verschärft es die Situation und führt zu einer Häufung an Wartevorgängen. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse konnte die Lage der Haltestellen verändert und die Routenführung angepasst werden.

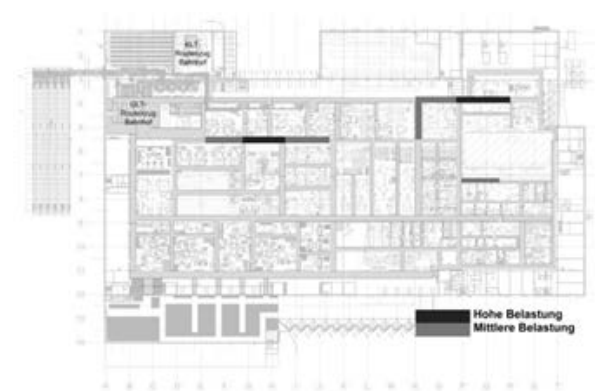


Abbildung 3: Werkslayout mit der Kennzeichnung der Wegbelastung, (eigene Darstellung)

Weiterhin konnte anhand der Simulationsergebnisse aufgezeigt werden, dass die Startreihenfolge der Routenzüge am Bahnhof die Behinderungen zwischen den Routenzügen beeinflusst. Eine Veränderung der Reihenfolge führt bei einigen Routen zu einer Verringerung der Wartezeiten, gleichzeitig erhöht sich aber auf einigen Routen die Wartezeit.

Anhand der Simulationsergebnisse wurden mehrere Regeln für die spätere Routenplanung und Fahrplanerstellung festgelegt. Diese Regeln sollen dazu beitragen, dass das Risiko von Behinderungen zwischen den Routenzügen möglichst gering ist. Eine Synchronisation der im Fokus stehenden Routenzüge für die Produktionsversorgung mit den weiteren Routenzugverkehren (Baugruppen, Fertigwaren) wurde ausgeschlossen, da der damit verbundene Steuerungsaufwand zu hoch ist.

Die Simulation hat gezeigt, dass es trotz einiger Überschreitungen der geplanten Abfahrtszeiten zu keinen Materialengpässen in der Produktion gekommen ist. Die maximal zulässige Wiederbeschaffungszeit von 4 Stunden, auf deren Basis die Produktionsbestände ausgelegt sind, konnte immer eingehalten werden.

4 Zusammenfassung

Die Planung und der Betrieb von Intralogistiksystemen kann durch den Einsatz von Simulationsmodellen abgesichert werden. Dies ermöglicht, Probleme bereits vor deren Auftreten zu erkennen und Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Nicht bei allen Aufgabenstellungen ist eine Simulation notwendig und nützlich. Vor der Entscheidung, eine Simulationsstudie durchzuführen, sollte immer die Fragen nach der Notwendigkeit, der Umsetzbarkeit und den Alternativen stehen. Die Komplexität und der zeitliche Aufwand für die Durchführung einer Simulation sollten nicht unterschätzt werden.

Wichtig ist es, vor Beginn der Simulationsstudie festzuhalten, welche Aspekte untersucht werden sollen. Diese Festlegung bildet das Fundament für die weiteren Arbeiten. Eine spätere Anpassung kann unter Umständen einen hohen Aufwand bedeuten. Weiterhin sollte bereits zu Beginn geklärt werden, ob die für die Simulation benötigten Eingangsdaten vorliegen und in welcher Qualität. Können keine validen Eingangsdaten erhoben werden, so muss der Nutzen der Simulation und demnach auch die Sinnhaftigkeit der Durchführung der Simulation hinterfragt werden. Sind die Eingangsvoraussetzungen für eine erfolgreiche Simulationsstudie gegeben, so können die Ergebnisse helfen, ein intralogistisches System sicher zu planen und zu realisieren. Zusätzlich schärfen Simulationsstudien bei allen Beteiligten das Systemverständnis, was vor allem die spätere Arbeit mit dem System verbessert.

5 Literatur

- [1] Gudehus, T. : Logistik. VDI-Buch. Springer, Berlin, 2000.
- [2] Gudehus, T. (2006): 10 Goldene Regeln der Logistikplanung. In: Wolf-Kulthausen H. (ed): Jahrbuch Logistik 2006. free beratungs gmbh, Korschenbroich, pp 250–253.
- [3] Gudehus, T.: Netzwerke, Systeme und Lieferketten. Logistik, / Timm Gudehus ; 2. Springer, Berlin [u.a.], 2000.
- [4] Arnold, D.: Intralogistik: Potentiale, Perspektiven, Prognosen, 1. Aufl. VDI. Springer, Berlin, 2006.
- [5] Gagliardi, J.; Renaud J.; Ruiz A. (2012): Models for automated storage and retrieval systems: a literature review. International Journal of Production Research 50(24): 7110–7125. doi:0.1080/00207543.2011.633234.
- [6] de Koster R., Le-Duc T., Roodbergen K.J. (2007): Design and control of warehouse order picking: A literature review. European Journal of Operational Research 182(2): 481–501. doi: 10.1016/j.ejor.2006.07.009.
- [7] Nyhuis P.: Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Springer, Berlin, 2008.
- [8] Reggelin T.: Mesoskopische Modellierung und Simulation logistischer Flusssysteme. Magdeburg, 2011.
- [9] ten Hompel M., Sadowsky V., Beck M.: Materialflusssysteme. VDI-Buch. Springer, Berlin, 2007-2011.
- [10] Ulbrich A.: Simulationsgestützte Grobplanung von Kommissioniersystemen. fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, München, 2010.
- [11] Venn, E.: Beitrag zur simulationsgestützten Konzeptplanung von heterogen strukturierten Kommissioniersystemen. Verl. Praxiswissen, Dortmund, 2011.
- [12]. Staab, T.; Klenk, E.; Galka, S. et al.(2015): Efficiency in in-plant milk-run systems – The influence of routing strategies on system utilization and process stability. J Simulation. doi: 10.1057/jos.2015.6.
- [13] Bleifus, R.; Spieckermann, S.; Stauber, S. (2012): A case study on simulation and emulation of a new case picking system for a US based wholesaler. In: Laroque, C.; Himmelspach, J.; Pasupat, R. et al. (eds): 2012 Winter Simulation Conference – (WSC 2012), pp 1–12.
- [14] Gutenschwager, K.; Kemper, J. (2003): Neue Potentiale der Logistiksimulation. In: Müller, K.; Habiger, E.; Brandenburg G. (eds): A&D Kompendium Automation & Drives 2003. publish industry Verlag, München, pp 56–58.
- [15] Richter, A.: Gepäcklogistik auf Flughäfen: Grundlagen, Systeme, Konzepte und Perspektiven. SpringerLink : Bücher. Springer Berlin Heidelberg; Im-print: Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [16] Kudlich, T.: Optimierung von Materialflusssystemen mit Hilfe der Ablaufsimulation, Technische Universität München, 2000.
- [17] Mayer, G.; Spieckermann, S. (2008): Lebenszyklus von Simulationsmodellen: Anforderungen und Fallbeispiele aus der Automobilindustrie. In: Rabe M (ed) Advances in Simulation for Production and Logistics Applications. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, pp 61–69.
- [18] Rabe M.: Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik: Vorgehensmodelle und Techniken. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.

ENTWICKLUNG UND ETABLIERUNG EINER INTEGRIERTEN ROHSTOFF- BEREITSTELLUNGSLOGISTIK FÜR DEN ROHSTOFF HOLZ

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Veronika Auer M. Eng.
Hochschule Rosenheim

Dipl.-Wirt.-Inform. Oliver Meier
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Forstassessor Dipl. Forstwirt Jörn Hevendehl
Hevendehl Consult, Halver

Peter Eickelmann
Eickelmann Transport + Logistik, Südharz/ Rottleberode

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Veronika Auer M. Eng.

Hochschule Rosenheim, Abteilung Forschung und Entwicklung

- | | |
|-------------|--|
| 2009 | Abschluss des Diplomstudiengangs Wirtschaftsingenieurwesen an der Hochschule Rosenheim, Vertiefung Logistik. |
| 2011 | Abschluss des Masterstudiengangs Holztechnik mit Auszeichnung an der Hochschule Rosenheim, Vertiefung Holzlogistik. |
| 2011 – 2015 | Projektleiterin Rohstoff- und Holzlogistik, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IML, Projektzentrum Verkehr, Mobilität und Umwelt. |
| Seit 2015 | Lehrtätigkeit an der Fachhochschule Erfurt im Studiengang Management von Forstbetrieben, Vorlesung »Holzlogistik«. |
| Seit 2015 | Projektkoordinatorin, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Hochschule Rosenheim, Abteilung Forschung und Entwicklung. |

LEBENS LAUF



Dipl.-Wirt.-Inform. Oliver Meier

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Logistik und Materialflusstechnik

2012

Abschluss des Diplomstudiengangs Wirtschaftsinformatik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Schwerpunkte: Produktion und Logistik, Datenbanktechnologien.

Seit 2012

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Logistische Systeme des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

LEBENS LAUF



Forstassessor Dipl. Forstwirt Jörn Hevendehl

Hevendehl Consult, Halver

1998 – 2000

Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen.

2000 – 2008

ante-Holz Gruppe, Assistent der Geschäftsleitung.

2008 – 2015

Hevendehl Consult, Unternehmensberatung Forst- und Holzindustrie.

Seit 2015

Wald und Holz NRW, Fachgebietsleiter Privat- und Körperschaftswald,
Stellv. Forstamtsleiter des Regionalforstamtes Märkisches Sauerland.

LEBENS LAUF



Peter Eickelmann

Eickelmann Transport + Logistik, Geschäftsführer/ Gesellschafter

1992 – 1994

Ausbildung zum Speditionskaufmann.

1995 – 2008

Leitender Mitarbeiter, Eickelmann Transport + Logistik.

Seit 2009

Geschäftsführer, Eickelmann Transport + Logistik.

Seit 2012

Mitglied Spitzencluster BioEconomy.

ENTWICKLUNG UND ETABLIERUNG EINER INTEGRIERTEN ROHSTOFFBEREITSTELLUNGS-LOGISTIK FÜR DEN ROHSTOFF HOLZ

Dipl.-WirtschaftsIng. (FH) Veronika Auer M. Eng., Dipl.-Wirt.-Inform. Oliver Meier, Forstassessor Dipl. Forstwirt Jörn Hevendehl, Peter Eickelmann

1 Spitzencluster BioEconomy

Der Spitzencluster BioEconomy arbeitet seit 2012 an breitgefächerten Themengebieten zur Nutzung des Rohstoffs Buchenholz. In Zeiten des Umdenkens hin zu einem schonenden Umgang mit Natur und natürlichen Ressourcen steht der Spitzencluster BioEconomy für innovative Lösungen im Sinne der Bioökonomie. Die Entwicklung neuartiger biobasierter Produkte erlaubt eine nahezu vollständige Kaskadennutzung des Rohstoffs Holz, bevor dieser der energetischen Verwertung zugeführt wird. Voraussetzung für die Etablierung einer Nutzungskaskade »Buchenholz« ist, neben der Rohstoffverfügbarkeit, die Sicherstellung der Versorgung aller Wertschöpfungsstufen.

Das Verbundprojekt »VP 1.1 Holzlogistik – Entwicklung und Etablierung einer integrierten Rohstoffbereitstellungslogistik« stellt einen ersten Schritt zur Etablierung der integrierten Rohstoffbereitstellung und somit zur Umsetzung der Nutzungskaskade dar. Das dreijährige Forschungsprojekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Spitzenclusterinitiative gefördert. Zu den Kooperationspartnern des Projektes zählen die Hochschule für angewandte Wissenschaften Fachhochschule Rosenheim, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, die Eickelmann Transport & Logistik GmbH & Co. KG und die ante-holz GmbH & Co. KG.

2 Ausgangssituation

Der dezentral vorliegende Rohstoff Holz birgt enormes Potenzial für die Verwendung als nachwachsender Rohstoff beispielsweise in Bereichen des Bauwesens und der chemischen Industrie. Speziell die in Deutschland am häufigsten vorkommende Laubholzart Buche kann in Zukunft eine nachhaltige Versorgung verschiedener biobasierter Produktionszweige gewähren. Allerdings gilt es bestehende Herausforderungen in der Bereitstellungslogistik zu bewältigen, um einen nachwachsenden Rohstoff zukunfts- und wettbewerbsfähig gegenüber fossilen Rohstoffen etablieren zu können.

Grundlegend ist dabei die Bereitstellung des Rohstoffs Holz, dessen Quelle sich als dezentral und infrastrukturell mäßig erschlossen herausstellt. Holzsortimente sind nach der Ernte im Wald sinnvoll zu sammeln und zu bündeln,

um sie der Verarbeitung in zentralen Produktionsstätten zuzuführen. Zusätzlich wird die kontinuierliche Rohstoffbereitstellung von Abhängigkeiten erschwert, wie saisonaler Einschlag, Witterung und Verfügbarkeit. Die spezifischen Eigenschaften von Buchenholz wirken sich ferner auf die eingesetzte Technik für Ernte, Transport, Lagerung und Verarbeitung aus. In Verbindung mit der Rolle als Vorlieferant einer biobasierten Wirtschaft ergibt sich die Forderung nach der Neugestaltung der technischen und organisatorischen Rohstoffbereitstellungslogistik als logische Konsequenz.

Die Holzlogistik bildet nach der Holzernte den nächsten Schritt zur Versorgung aller nachgelagerten Bereiche der Holzindustrie. Die be- und verarbeitenden Akteure fordern eine kontinuierliche Bereitstellung des Rohstoffs Holz in gleichbleibender Qualität und unabhängig von saisonalen Einschlagszeiträumen. Es sind dabei verschiedene Ernte- und Transporttechnologien sowie Lagerkonzepte zu betrachten und geeignete Bereitstellungsstrategien zu entwickeln.

Die Logistikkette der beteiligten Akteure, beginnend beim Forst bis hin zu den Holzbe- und verarbeitenden Betrieben inklusive neuer Zweige, wie der chemischen Industrie, kennzeichnet eine unternehmensorientierte Systemabgrenzung. Unternehmen planen innerhalb ihrer branchenspezifischen Produkt- und Dienstleistungen. Eine übergreifende, strategische Logistikplanung zur Versorgung mehrerer Industriebetriebe findet bis dato nicht statt.

3 Zielstellung

Das Verbundprojekt Holzlogistik setzt sich die Entwicklung eines integrierten Logistikkonzeptes zur Buchenholzbereitstellung zum Ziel. Es soll für alle beteiligten Akteure von der Ernte bis zur Holzverarbeitung in der Clusterregion eine gemeinsame strategische Entscheidungsunterstützung entwickelt werden, welche den Informations- und Entscheidungshorizont der am Cluster beteiligten Unternehmen deutlich erweitern wird. Hierfür werden kosteneffiziente Bereitstellungsstrategien für die verschiedenen Holzsortimente erarbeitet, zentrale und dezentrale Lagerstrategien zum Ausgleich saisonaler Schwankungen beim Bucheneinschlag gebildet, ein technisches Konzept für ein Buchenholzverarbeitungszentrum in der Clusterregion beschrieben und ein Simulationsmodell zur Planung logistischer Prozesse in der Rohstoffbereitstellung entwi-

ckelt. Die genaue Analyse der Subsysteme und der Akteure sowie die Entwicklung von standardisierten Bereitstellungsstrategien soll dem zukünftigen Anwender die Gestaltung einer sicheren sowie kosten- und leistungseffizienten Logistikkette zur Rohstoffversorgung ermöglichen. Dafür können mit Hilfe des Simulationswerkzeugs frühzeitig die Auswirkungen von gewollten oder nichtgewollten Änderungen auf das System untersucht werden und die Berechnung von Standardszenarien führt zu Handlungsempfehlungen beim Eintritt bestimmter Ereignisse. Zu dem kann das Simulationswerkzeug auch zukünftig verwendet werden, um Veränderungen bestimmter Parameter dynamisch zu berechnen und entsprechende Handlungsschritte abzuleiten. Die damit verbundene Entwicklung und Bewertung adaptiver Beschaffungsszenarien sichert eine störungsfreie Rohstoffversorgung des Spitzenclusters auf Basis der vorhandenen Ressourcen und Kapazitäten.

4 Entwicklung und Etablierung einer integrierten Rohstoffbereitstellungslogistik

4.1 Subsysteme, Akteure und Bereitstellungsszenarien

Zu Beginn werden die verfügbaren Rohstofflieferströme untersucht und deren Anforderungen zur Erschließung der Buchenholzbestände analysiert. Darauf aufbauend folgt die zusammenhängende Betrachtung der groben Logistikkette. Ausschlaggebend für die Bereitstellung des Buchenholzes sind die benötigten Sortimente für die Be- und Verarbeitung in der Säge- und in der Chemieindustrie. Ergebnis daraus ist die Definition der relevanten Rohstoffbereitstellungsszenarien als Basis für die detaillierte Planung.

Die zu untersuchenden Szenarien werden auf Grundlage der beteiligten Akteure, ihrer Aufgaben im Prozess sowie der benötigten Produkte erarbeitet, dargestellt und mittels kosten- und leistungsvariabler Prozesskenngrößen bewertet. Informationen aus der Praxis und die Ergebnisse von Erprobungen im Praxisfall stellen die beteiligten Industriepartner bereit. Die Ergebnisse zur Einteilung der Logistikkette in Subsysteme zeigt die nachstehende Tabelle. Im nächsten Schritt erfolgt die Zuordnung der beteiligten Akteure. Vier Subsysteme werden im Projektverlauf identifiziert und mit den jeweiligen Akteuren hinterlegt, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Subsysteme und zugehörige Akteure

Subsystem Rohstoffbereitstellungslogistik	Akteur
Ernte (Holzernte, Rücken, Poltern)	Forstunternehmer
Verarbeitung (Hacken, ggf. Entrinden)	Forstunternehmer, Holzindustrie
Lager (Waldlager, dezentrales Lager, Zentrales Lager)	Holztransportunternehmer, Holzindustrie
Transport (Rundholz, (Wald-)Hackschnitzel)	Holztransportunternehmer

Das Subsystem Ernte beschreibt den ersten Bearbeitungsschritt und beinhaltet das Fällen des Baumes im Bestand, sowie das Rücken des Holzes vom Einschlagsort an die Waldstraße und das dortige Poltern des Holzes. Das Subsystem Verarbeitung umfasst die Bearbeitungsschritte Entrinden (optional) und Hacken. Das Subsystem Transport steht für den Transport des Rohstoffes zwischen Wald, eventuellem dezentralem Lager und Werk. Beim Transport werden neben dem direkten Transport (keine dezentrale Lagerung) und dem gebrochenen Transport (Nutzung der dezentralen Lagerung) noch die Sortimente Rundholz und Hackschnitzel unterschieden. Ein weiteres Subsystem ist die Lagerung mit drei unterschiedlichen Varianten. Einerseits gibt es die Möglichkeit das Holz dezentral im Wald zu lagern, wobei zwischen einzelnen Poltern und der Zusammenführung dieser unterschieden wird, andererseits besteht die Variante eines zentralen Lagerplatzes zur Lagerung des Holzes oder auch der Hackschnitzel.

Die grobe Darstellung der Logistikkette soll alle möglichen, in der Praxis sinnvollen Varianten abdecken. Die Szenarien Hacken im Werk, Hacken im Wald und die Rundholzvarianten lassen sich nicht miteinander kombinieren. Deshalb ergeben sich drei übergeordnete Szenarien. In Abbildung 1 sind die unterschiedlichen Szenarien mit Varianten im Materialfluss dargestellt.

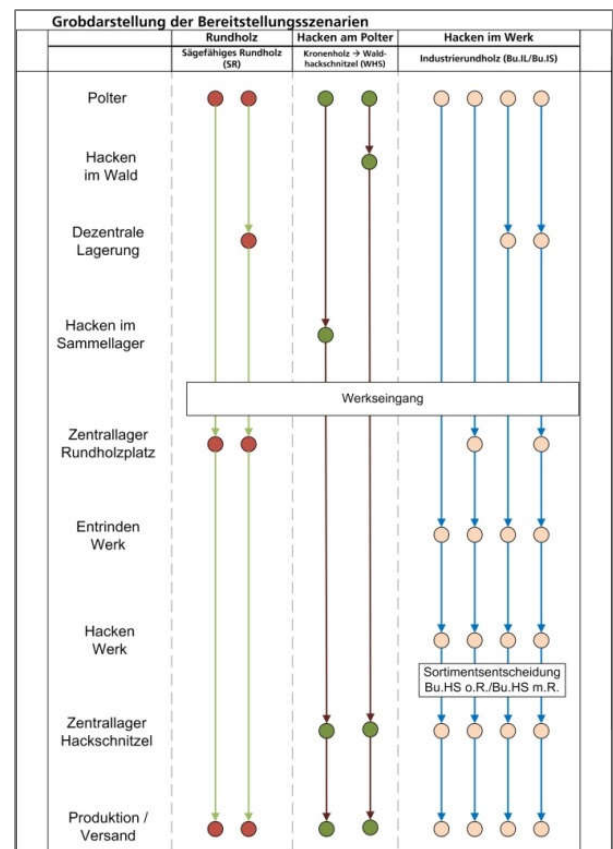


Abbildung 1: Zusammenstellung möglicher Bereitstellungsszenarien (eigene Darstellung)

4.2 Erarbeitung eines Lagerhaltungs- und Bereitstellungskonzepts

Die Clusterregion wird zunächst nach Einkaufsvolumen regionalisiert. Da ein Ziel des Projektes die Untersuchung der Notwendigkeit sowie der Vorteile einer weiteren dezentralen Lagerstufe ist, werden, abgeleitet von der regionalen Verfügbarkeit von Buchenholz, bis zu fünf potenzielle Standorte für dezentrale Lager betrachtet. Für die zentrale Lagerhaltung am Verarbeitungsort sowie für die dezentralen Lager werden umfangreiche Analysen zum finanziellen Aufwand für Investitionen und laufende Kosten sowie zu organisatorischen und strukturellen Aufwänden durchgeführt. Hauptziel der dezentralen Lagerhaltung sind lokale Bündelungseffekte und eine höhere Versorgungssicherheit. Den Mehrkosten stehen dabei folgende Einsparpotentiale gegenüber:

- die Reduktion von Leerfahrten,
- die Reduktion des Bedarfs an Transporteinheiten,
- die Auflösung der Polterplatzrestriktionen an der Waldstraße durch schnelle Abfuhr und
- die Reduktion des möglichen Holzdiebstahls (v.a. an Waldholzpoltern mit langer Liegedauer).

Dezentrale Lagerstätten ermöglichen eine erhebliche Flexibilisierung des Rundholzeinkaufes und der operativen Holzernte. Auch neue Alleinstellungsmerkmale in den Serviceleistungen, wie beispielsweise eine schnelle Holzabfuhr, werden ermöglicht.

Abbildung 2 zeigt die regionale Verteilung der Rohholzvorkommen sowie die Lage der dezentralen Lager.

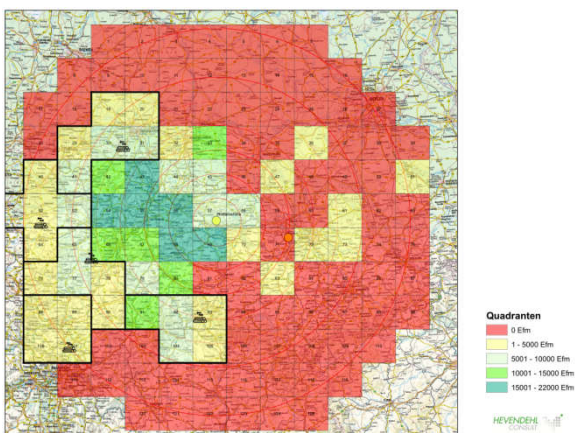


Abbildung 2: Buchenholzaufkommen und dezentrale Lagerstätten (auf Grundlage des Knowhows und der Erfahrungswerte der Verbundpartner) (eigene Darstellung)

4.3 Technisches Konzept für die Buchenholzverarbeitung in der Clusterregion

Die technologischen Eckpfeiler für das Buchenverarbeitungszentrum, welches als Teil eines Holztechnologieparks entstehen soll, bilden ein Rundholzplatz mit integriertem Buchenstammholzsägewerk samt Schnittholzveredelung sowie ein Buchenhackschnitzelwerk zur Bereitstellung und Bahnverladung für Buchenhackschnitzel, siehe Abbildung 3.

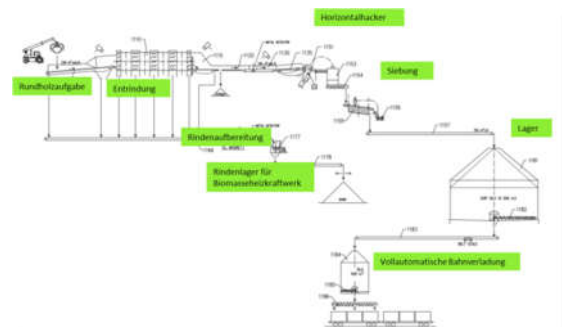


Abbildung 3: Fließschema des Buchenholzverarbeitungszentrums (eigene Darstellung)

4.4 Kombiniertes Konzept zur Simulation der Supply Chain

Als erster Schritt zur Modellierung der Rohstoffbereitstellung wird ein Lastenheft zur detaillierten Beschreibung der Anforderungen an das Modell erarbeitet. Die Grundlage für das Lastenheft bilden die durchgeführten Prozessanalysen, die Subsysteme, die Akteure sowie die Bereitstellungsszenarien. Hier spielt insbesondere das Praxiswissen der Projektpartner Eickelmann und ante-holz für die realitätsgerechte Formulierung der Anforderungen an das Modell eine entscheidende Rolle. Daraus resultiert die Entscheidung, die Simulation als strategisches Werkzeug einzusetzen. Der Zeithorizont für einen Simulationdurchlauf beträgt zwölf Monate. Die umfangreichen Eingabeparameter werden demnach für jeweils ein Jahr festgelegt und es können somit keine kurzfristigen Änderungen oder Störfälle im operativen Betrieb der Logistikkette simuliert werden. Das Simulationswerkzeug soll unter anderem zur Unterstützung der Beantwortung folgender Fragen dienen:

Wie müssen Ernte-, Transport-, Verarbeitungs- und Lagerkapazitäten strukturiert und dimensioniert werden, um eine nachgefragte Menge an Buchenschnittholz bzw. Buchenhackschnitzeln mit einem gegebenen Lieferservicegrad liefern zu können?

Wie reagiert das System bei bestimmten Störereignissen, wie zum Beispiel Ernteauffälle oder -verschiebungen, Verknappung von Kapazitäten und Maschinenausfällen?

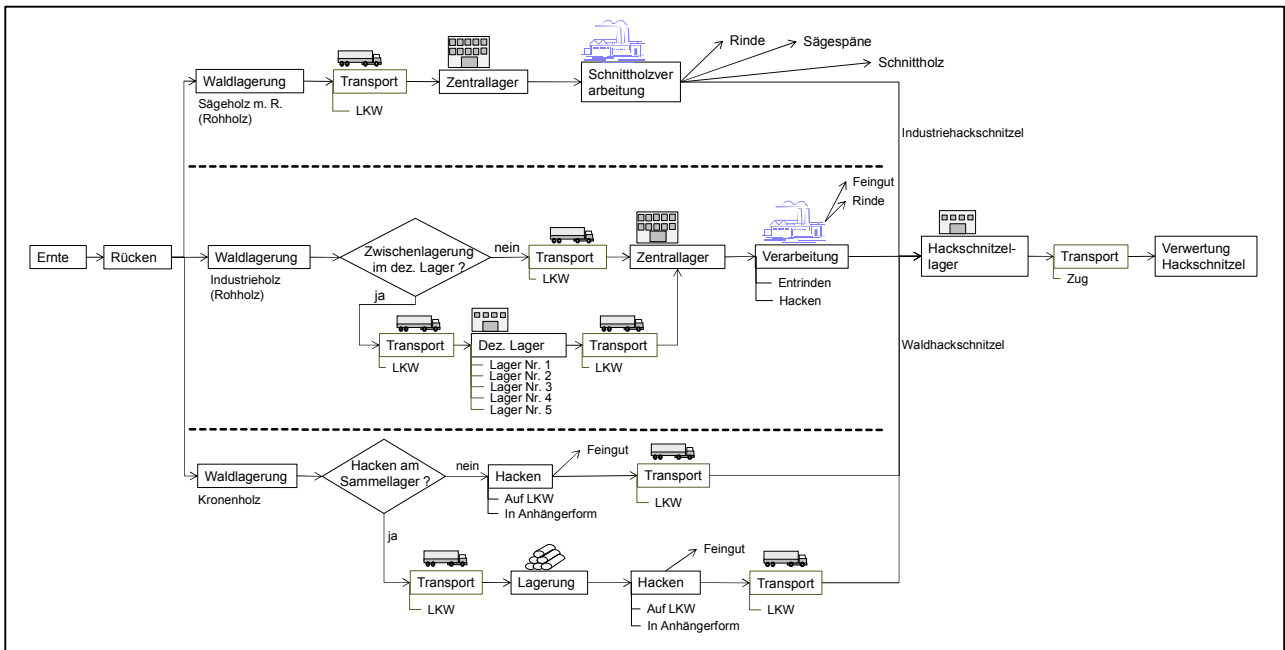


Abbildung 4: Konzeptionelles Modell der Simulation (eigene Darstellung)

Abgeleitet aus den Analysen der Realprozesse und von den formulierten Anforderungen ergibt sich das in Abbildung 4 dargestellte Konzeptmodell. In dem Konzeptmodell sind die Subsysteme Ernte, Transport, Lagerung und Verarbeitung sowie die Prozessketten der drei Sortimente sägefähiges Rundholz, Industrierundholz und Kronenholz zu erkennen. In der Implementierung wird das Konzeptmodell um weitere benötigte Objekte (Pufferlager, Be- und Entladebereiche, usw.) erweitert. Für alle Objekte in der Simulation sind umfangreiche Parameter hinterlegt, die vom Anwender verändert werden können. Die Eingabemaske basiert auf einer Software zur Tabellenkalkulation, da dies eine weitverbreitete Büroanwendung ist und somit eine leichte Einarbeitung in die Bedienung für den Nutzer ermöglicht. Tabelle 2 zeigt einen Ausschnitt der Eingabeparameter für die Ernte- und Transportmaschinen:

Tabelle 2: Eingabeparameter für Erntemaschinen und Transportfahrzeuge

Eingabeparameter Erntemaschinen	Eingabeparameter Transportfahrzeuge
Ernteleistung [min/fm] (Min. Max. Durchschnitt)	Nutzlast [fm]
Kosten [€/fm]	Beladungszeit [min]
Anzahl verfügbarer Erntemaschinen des entsprechenden Typs	Entladezeit [min]
Prozentuale Aufteilung der Erntemengen auf den Erntezeitraum	Sonstige Zeiteile [min]
Tägliche Arbeitszeit [h]	Transportzeitfunktionen für Last- und Leerfahrten
Prozentuale Aufteilung der Erntemengen auf die verschiedenen Erntetechnologien	Tägliche Arbeitszeit [h]
	Anzahl verfügbarer Fahrzeuge des entsprechenden Typs

Da der Einsatz unterschiedlicher Typen von Ressourcen (Kurzholzzug, Langholzzug, Sattelaufleger usw. für den Transport) simuliert werden soll, ist zunächst der Ansatz der ereignisdiskreten Simulation zielführend. Einen kurzen Einstieg sowie einen guten Überblick über vertiefende Literatur zur ereignisdiskreten Simulation bietet u.a. Regglin 2011. Um einen schnelle Berechnung verschiedener Szenarien mit Hilfe der Simulation zu ermöglichen werden im weiteren Verlauf der Simulation, insbesondere bei der Abbildung der Holzverarbeitung, Flussraten verwendet. Das bedeutet, dass das Rohholz beziehungsweise alle weiteren Zwischen- und Endprodukte nicht als einzelne Objekte, sondern in Flussraten zwischen den Verarbeitungsschritten modelliert werden. Regglin 2011 beschreibt dieses, auf Flussraten basierende Simulationskonzept als Mesoskopische Simulation. Der, sich daraus ergebende hybride Modellierungsansatz mit ereignisdiskreten und mesoskopischen Teilen ermöglicht eine ausreichend realitätsnahe Simulation bei gleichzeitig möglichst geringer Laufzeit.

4.5 Szenarioberechnung

Die Simulation steht den Mitgliedern des Spitzencluster BioEconomy nach Projektende als Werkzeug zur dynamischen Berechnung unterschiedlicher Szenarien für die Logistikkette von der Holzernte bis zur Verarbeitung zur Verfügung. Darüber hinaus werden Standardszenarien berechnet, um die Auswirkungen bestimmter Szenarien auf die Struktur und Dimensionierung der Logistikkette aufzuzeigen.

Das Grundscenario baut auf die, im Projekt erarbeiteten Kennzahlen auf, wie beispielsweise die jährliche Nachfrage für Buchenholzhackschnitzel, den verfügbaren

6 Erntemonaten von Oktober bis März sowie der Verteilung der unterschiedlichen Ernte-, Transport- und Verarbeitungstechnologien.

Auch werden bei der Berechnung der Standardszenarien bestimmte Störeinflüsse, wie Ernteauffälle oder Ernteverchiebungen und Ausfälle bei den Verarbeitungsmaschinen berücksichtigt und deren Auswirkungen auf die Sicherstellung der kontinuierlichen Versorgung der Buchenholzverarbeitung untersucht.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Aufbau des vorgestellten Zielsystems ist generisch. Das Projektziel des VP 1.1 »Holzlogistik« im Spitzencluster BioEconomy war die Entwicklung eines mesoskopischen Simulationsmodells. Das erarbeitete Modell liefert aus strategischer Sicht den Akteuren der Logistikkette Holz sowie den Abnehmern, auf Basis von kosten- und leistungsrelevanten Systemvariablen, eine fundierte Entscheidungsgrundlage zur Gestaltung der Rohstoffbereitstellung am Beispiel von Buchenholz. Den Herausforderungen des dreijährigen Forschungsprojekts stellte sich der Verbund aus den Unternehmen ante-holz GmbH & Co. KG, Eickelmann Transport und Logistik GmbH & Co. KG und den Wissenschaftlern der Hochschule für angewandte Wissenschaften Fachhochschule Rosenheim, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und dem Fraunhofer IML. Die ausschlaggebenden Größen einer dauerhaft funktionierenden Rohstoffbereitstellungslogistik für Buchenholz in der Clusterregion wurden im Projekt analysiert. Nach der systematischen Aufbereitung relevanter kosten- und leistungsspezifischer Kenngrößen erfolgte die Implementierung der Prozesse in das Simulationsmodell. Es gelang, die in der Wertschöpfungskette ablaufenden Prozesse am Beispiel von Buchenholz transparent abzubilden und zu bewerten. Abschließend wurde das Simulationsmodell durch Expertenszenarien hinsichtlich seiner Praxistauglichkeit getestet. Als Projektergebnis steht ein Demonstrator des Simulationsmodells zur Verfügung. Dieser kann entsprechend seiner Auslegung von Clustermitgliedern genutzt werden.

6 Literaturverzeichnis

[1] Auer, Veronika; Clausen, Uwe; Zscheile, Matthias (2014): Die Bedeutung der Logistik in der Rohstoffbereitstellung für die Bioökonomie. Spitzencluster BioEconomy Themengebiet 1 – Rohstoffversorgung und -logistik, innovative Holzprodukte. naro.tech, 10. Internationales Symposium. Erfurt, 17.09.2014.

[2] Arndt, Holger (2013): Supply Chain Management. Optimierung logistischer Prozesse. Wiesbaden: Springer Gabler (Springer-Lehrbuch).

[3] Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai (Hg.) (2008): Handbuch Logistik. 3., neu bearbeitete Aufl. Berlin: Springer (VDI-Buch).

[4] Becker, Jörg; Probandt, Wolfgang; Vering, Oliver (2012): Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. Konzeption und Praxisbeispiel für ein effizientes Prozessmanagement. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (BPM kompetent).

[5] Becker, Torsten (2008): Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. 2., neu bearb. u. erw. Aufl. Berlin: Springer.

[6] Büssow, Christian (2004): Prozessbewertung in der Logistik. Kennzahlenbasierte Analysemethodik zur Steigerung der Logistikkompetenz, Wiesbaden.

[7] Ebner, Veronika (2011): Einflussgrößen zur mathematischen Modellierung der verkehrsträgerübergreifenden Tourenplanung für die trimodale Holztransportlogistik. Masterarbeit. Hochschule für angewandte Wissenschaften Fachhochschule Rosenheim, Rosenheim. Fakultät Holztechnik und Bau.

[8] Ebner, Veronika (2011): Softwaresysteme in der Holzlogistik – Informations- und Kommunikationsplattformen. Hochschule für angewandte Wissenschaften Fachhochschule Rosenheim, Rosenheim. Fakultät für Holztechnik und Bau.

[9] Ebner, Veronika; Matthias Zscheile (2014): Holzlogistik – Entwicklung und Etablierung einer integrierten Rohstoffbereitstellungslogistik. In: Forschungsbericht 2013 der Hochschule für angewandte Wissenschaften Fachhochschule Rosenheim.

[10] Langendorf, Günter; Schuster, Erhard; Wagenführ, Rudi (1976): Rohholz. Mit 239 Bildern, Tabellen und Anlagen. 2., verb. Aufl. Leipzig: Fachbuchverlag (Holztechnik).

[11] Reggelin, Tobias (2011): Mesoskopische Modellierung und Simulation logistischer Flusssysteme. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität.

[12] Sohns, Holger (2012): Moderne Holzernte. Stuttgart: Ulmer Verlag.

EINHEIT VON ROBOTIK, LOGISTIK UND ENERGIE- EFFIZIENZ IN INDUSTRIELLEN WÄSCHEREIEN ALS HERAUS- FORDERUNG FÜR DIE TECHNOLOGIEENTWICKLUNG DER NÄCHSTEN JAHRE

Dipl.-Ing. oec., Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kühne
Tobias Klehm B. A.
Laundry Innovation Network, Berlin

LEBENS LAUF



Dipl.-Ing. oec., Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kühne

Laundry Innovation Network,
Gründer, Beiratsvorsitzender, Sprecher

1947

Geboren in Bernau.

1968 – 1992

Vorstandsmitglied, Rewatex AG.

Seit 1993

Prokurist und Leiter für Forschung und Entwicklung, Waretex GmbH, Berlin.

Seit 1994

Gründer und Geschäftsführer, Hygienia Service GmbH, Berlin.

Seit 1997

Präsident, Liga Oeconomica e.V.

Seit 2010

Gründer, Beiratsvorsitzender und Sprecher, Laundry Innovation Network, Berlin.

EINHEIT VON ROBOTIK, LOGISTIK UND ENERGIEEFFIZIENZ IN INDUSTRIELLEN WÄSCHEREIEN ALS HERAUSFORDERUNG FÜR DIE TECHNOLOGIEENTWICKLUNG DER NÄCHSTEN JAHRE

Dipl.-Ing. oec., Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kühne, Tobias Klehm B. A.

1 Einleitung

Derzeit existieren ca. 2.000 gewerbliche Wäschereien in der Bundesrepublik Deutschland mit einer Jahresleistung von 1,8 Mio. t Wäsche. Ca. 50% dieser Betriebe setzen täglich zwischen 7 – 60 Tonnen Wäsche um und sind damit als industrielle Wäschereien zu werten. In der industriellen Wäscherei ist ein starker Trend zur Konzentration auf große, regionale Wäschereizentren mit einem Volumen von über 50 – 70t Waschgut/Tag zu verzeichnen. Der aktuelle Umsatz der Wäschereien in Deutschland beträgt etwa 1,5 Mrd. € jährlich.

Der spezifische Wasserbedarf variiert üblicherweise je nach technischer Ausstattung, Programmwahl, Verschmutzungsgrad und Wäscheart zwischen 8 – 25 l/kg Waschgut. Trotz drastischer Reduzierung des Energiebedarfs von Waschmaschinen in der Vergangenheit, werden aktuell immer noch ca. 3KWh Stunden pro kg Wäsche benötigt. Im Rahmen der Initiative des Laundry Innovation Network in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Textilreinigungsverband (»Trommeln für die Energiewende«) soll dieser Wert um 30% gesenkt werden.

2 Probleme und Zielsetzung

Insbesondere bei der Behandlung von Flachwäsche, bei der definierte geometrische Merkmale bestehen, z.B. Bett- und Tischwäsche, Hygienewäsche, werden hohe Investitionen getätigt, die auch technische Innovationen zur Steigerung der Ressourceneffizienz (Energieverbrauch, Wärmerzeugung, Trink- und Abwasserverbrauch) abheben. Die Flachwäscheproduktion wird insbesondere durch die Mengenzunahme in der Beherbergungswirtschaft sowie dem Bereich Healthcare (Alten- und Pflegeheime sowie Krankenhäuser) verstärkt. Nach einer aktuellen Erhebung des Reinigungs-Fachverbandes INTEX (vorgestellt auf der internationalen Messe TEXCARE 2012 in Frankfurt) werden hier bis zu zweistellige jährliche Mengenzuwachsraten prognostiziert.

Die moderne Wäschereitechnik ist in Waschstraßen gegliedert, vergleichbar mit existierenden Lösungen in der Automobilproduktion. Wirtschaftliche Parameter wie

Durchlaufzeitoptimierung, Kapazitätsauslastung und effiziente Intra- und Extralogistik spielen eine wichtige Rolle. Die Einhaltung internationaler Qualitätsmanagement- und Hygienestandards ist unabdingbar geworden. Die aktuellen Umsatzzahlen lassen weitere Anlageninvestitionen in der Wäschereitechnik zu, Deutschland ist im Bereich der Wäschereitechnik traditionell sehr gut vertreten und profitiert noch vom technologischen Vorsprung. Großwäschereien in Deutschland sehen sich einem hohen Wettbewerb mit grenznahen Wäschereibetrieben ausgesetzt, die durch eine niedrigere Energie- und Personalkostensituation gekennzeichnet sind. Durch konsequente Automatisierung kann diesem Wettbewerb Rechnung getragen werden.

Die Tendenzen der letzten Jahre und die laufenden Forschungsprojekte des LIN zeigen eine immer engere Verknüpfung von Automatisierungslösungen unter Einsatz von Robotern, automatisierter Wäschereilogistik und Energieeffizienz auf. Die Lösungsansätze bestehen in der Verknüpfung von gezielter Prozessautomatisierung mit automatisierter Wäschereilogistik auf Basis des gezielten Einsatzes von RFID und der Mehrfachnutzung von Energie und deren Erfordernissen in die Logistik.

3 Lösungsansätze

Dabei werden auch erste Ansätze von Industrie 4.0 der Maschine zu Maschine Kommunikation sichtbar. So z.B. bei der Erfassung des Wäscheinhaltes je Rollcontainer durch das LARS-System, die Datenverarbeitung in der automatisierten Wäschereilogistik und die Befehlsweitergabe an den Transportroboter zum Weitertransport des Rollcontainers. Ein weiteres Beispiel ist die Kommunikation der aus Mangel- und Trockenprozess resultierenden Stapel und die Weitergabe dieser Daten an die Kommissionierroboter, der auf der Basis der automatisierten Wäschereilogistik die eigenständige Container Befüllung vornimmt. Beide Anwendungsbeispiele werden in zwei

durch das BMWI geförderten ZIM Projekten durch insgesamt zehn Partner aus Industrie und Forschung erarbeitet.

Das Netzwerk Laundry Robotics bereitet derzeit die Entwicklung eines Simulationsmodells zur Verbesserung der Produktionsabläufe unter Einbezug der energetischen Prozesse für den Elbe Dom beim Fraunhofer IFF Magdeburg vor. In dieser Richtung ist auch die Verknüpfung von zunehmendem Robotereinsatz mit energetischen Kreisläufen vorgesehen. Allein die veränderten Schicht-Rhythmen führen zu Auswirkungen auf die energetischen Kreisläufe. Dies sei am Beispiel der Verflechtung der Wärmeströme zwischen Waschbereich, Mangel und Trockner deutlich gemacht. Wenn das Waschwasser mit Mangelabluft beheizt wird, kann die Waschtechnik nicht ohne Mangelabluft auskommen und wenn die Mangelabluft keine Abnehmer zur Wiederverwendung findet, führt dies zu starken Beeinträchtigungen der Wärmemehrfachnutzung.

Es gilt in den nächsten Monaten, weitere Nutzenpotenziale für die RFID Wäscheidentifikation zu sich selbst steuernden Fertigungsprozessen zu finden. Dies soll, unter Einbeziehung der RFID Kennung im Logistischen, beim Endkunden, z.B. Krankenhäusern und Hotels, erfolgen. Völlig neue technologische Entwicklungen zeigen die Möglichkeiten der RFID Identifikation für personengebundene Altenheimwäsche. Hier ist bisher ein hoher manueller Anteil bei den Arbeitsabläufen zu verzeichnen. Es scheint deshalb die Zeit dafür gekommen zu sein, sowohl Serviceroboter für das Sortieren der Schmutzwäsche als auch für das personenbezogene Zusammenfügen der Wäsche nach dem Bearbeitungsprozess zu entwickeln.

Auch auf dem Gebiet der Wiederverwertung von Abwässern im Wäschereiprozess forscht das Laundry Innovation Network mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft. Wäschereien weisen einen hohen Bedarf an Wasser und Energie auf. Angesichts des hohen Konkurrenzdruckes in dem Gewerbe, steigender Energiekosten sowie zu erfüllender rechtlicher Rahmenbedingungen werden Abwasserrecyclingsysteme zur Wiederverwendung von Betriebswasser, Wärme und Waschchemikalien in Deutschland zunehmend nachgefragt. Eine Markt- und Literaturrecherche zeigte, dass für Kleinstwäschereien, deren Reinigungskapazität unter 500 kg/d liegt, nur wenige Konzepte und Anwendungsbeispiele für das Recycling des anfallenden Wäschereiabwassers vorhanden sind.

Eliminationsrate für den Parameter chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) von 93%. Weiterhin konnten mit Hilfe der Versuchsanlage 90% des zugeführten Abwassers aufbereitet und wiederverwendet werden. Das Permeat war feststofffrei und beinhaltete keinerlei Bakterien mehr, sodass eine hohe hygienische Qualität vorlag.

Somit eignete sich das gereinigte Abwasser zur direkten Wiederverwendung im Waschprozess. Eine Kostenanalyse zeigte, dass ein wirtschaftlicher Betrieb im Wesentlichen davon abhängt, in welchem Maße die Wärme des Permeats zur Substitution von elektrischer Energie genutzt wird.

RESSOURCEN-MANAGEMENT – EINSPARPOTENZIALE IM MODERNEN WÄSCHEREI- BETRIEB AUS SICHT EINES WÄSCHEREIMASCHINEN- HERSTELLERS

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Andreas Langer B. Eng.
Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

LEBENS LAUF



Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Andreas Langer B. Eng.

Herbert Kannegiesser GmbH,
Fachberatung Prozesstechnik

- | | |
|-------------|--|
| 1989 – 1993 | Fachhochschule Osnabrück und Coventry University (UK), Studium zum Diplom-Ingenieur »European Mechanical Engineering Studies«. |
| 1993 – 1995 | Fachhochschule Bielefeld, Zusatzstudium zum Diplom-Wirtschaftsingenieur. |
| 1996 – 2000 | Bühler GmbH, Braunschweig, Anlagenplanung für die Lebensmittel- und Tierfutterindustrie. |
| 2000 – 2002 | Bühler AG, Uzwil (CH). Anlagenplanung für die Lebensmittel- und Tierfutterindustrie. |
| Seit 2002 | Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho. Verfahrens- und Prozesstechnik für Wäschereien. |

RESSOURCEN-MANAGEMENT – EINSPARPOTENZIALE IM MODERNEN WÄSCHEREIBETRIEB AUS SICHT EINES WÄSCHEREIMASCHINEN-HERSTELLERS

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Andreas Langer B. Eng.

1 Wäscherei-Wasser – ein wertvoller Rohstoff

Der Wert von Wäscherei-Wasser umfasst erheblich mehr als die reinen Frischwasserkosten. Berücksichtigt man die Kosten für die Wasseraufbereitung, die lokal sehr unterschiedlichen Abwasser-Gebühren und vor allem auch die in die Waschflotte eingebrachte Wärme-Energie, dann muss man Wäscherei-Abwasser in der Tat als wertvollen Rohstoff betrachten. Und die Kosten steigen weiter!

Frischwasser einschließlich Aufbereitung und Abwasserkosten	3-5 €/m ³
Wärmeinhalt von Wäscherei-Abwasser	ca. 3 €/m ³
Einsparpotential durch Reduzierung des Wasserverbrauchs	6-8 €/m ³
Wert der „unverbrauchten“ Restchemie im Wäscherei-Abwasser	plus 2-5 €/m ³

Abbildung 1: Der Wert von Wäscherei-Wasser: mindestens 6-8 €/m³, ©Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

Je nach Größe der Wäscherei führt eine Reduzierung des Wasserverbrauchs zu erheblichen Kosteneinsparungen. Die in der zurückgewonnenen und weiterverwendeten Waschflotte enthaltene Restchemie ist dabei nicht einmal berücksichtigt.

Output (t/Tag)	Frischwasser-Reduzierung (l/kg)		
	1	2	3
10	15.000 €/Jahr	30.000 €/Jahr	45.000 €/Jahr
20	30.000 €/Jahr	60.000 €/Jahr	90.000 €/Jahr
30	45.000 €/Jahr	90.000 €/Jahr	135.000 €/Jahr

Abbildung 2: Einsparpotentiale durch Wassersparen, bei 250 Tagen pro Jahr und 6 €/m³ Wasserkosten, © Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

2 Das SpezialTankSystem

2.1 Von der Waschmaschine zum Wasch-System

Durch die Optimierung der Einflussfaktoren Zeit, Temperatur, Chemie und Mechanik lassen sich mit moderner Waschtechnik niedrigste Verbräuche erzielen, wie sie noch vor wenigen Jahren als utopisch erschienen. Das Potential weiterer Einsparungen innerhalb von Einzelprozessen erscheint jedoch begrenzt. Die Systemgrenzen der Einzelmaschine sind nunmehr zu überschreiten – es folgt die Betrachtung von Gesamtsystemen.

Galt die Waschstraßentechnologie bislang als primär geeignet für möglichst gleichförmige Prozesse, so gewinnt heute die sogenannte »Anwendungsflexibilität« zunehmend an Bedeutung. Die Bearbeitung unterschiedlichster Kriterien ist inzwischen auch auf der Waschstraße ohne Qualitätseinbußen möglich. Verbrauchsoptimierte Waschprozesse leben jedoch von der Rückgewinnung und Wiederverwendung der Wasch-, Spül- und Entwässerungsflotte. Ist die Rückgewinnungskapazität nicht ausreichend, dann steigen die Verbräuche!

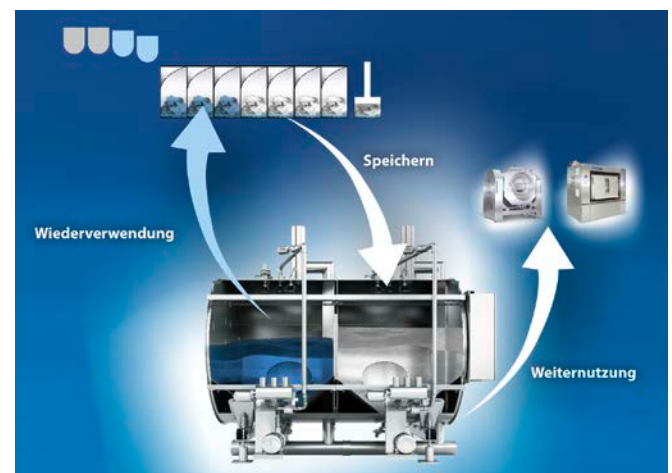


Abbildung 3: Das SpezialTankSystem – Speichern und Wiederverwenden von Prozesswasser, © Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

Das SpezialTankSystem stellt große Speicherkapazitäten zur Verfügung. Eine Rückgewinnungsflotte, die aufgrund eines aktuellen Farbwechsels momentan innerhalb der Waschstraße nicht verwendet werden kann, wird in gro-

ßen und vollisolierten 2 m³ oder 4 m³-Tankmodulen gespeichert. Diese Flotte lässt sich entweder innerhalb der Waschstraße zu einem späteren Zeitpunkt wiederverwenden – und zwar dann, wenn die dazu passende Wäsche wieder zur Beladung ansteht – oder die Flotte wird sinnvoll auf anderen Waschmaschinen weitergenutzt.

2.2 Das SpezialTankSystem für Einzelmaschinen

Die internen Rückgewinnungstanks einer Waschstraße bieten einen idealen Puffer für schwankende Postengrößen und 1-2 Leerfächer. Für flexible Farbwechsel-Prozesse stellt das SpezialTankSystem eine erheblich größere Speicherkapazität zur Verfügung.

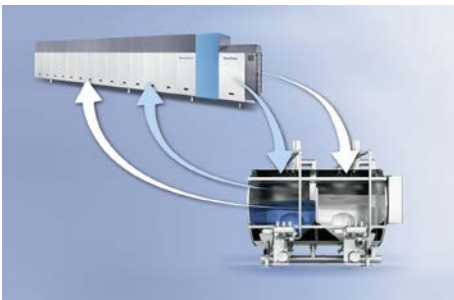


Abbildung 4: Das SpezialTankSystem als Tankerweiterung für eine Einzelmaschine, © Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

2.3 Das SpezialTankSystem im Wasch-System

Die überschüssige Flotte aus dem Waschstraßenprozess lässt sich im Wasch-System entweder auf einer anderen Waschstraße oder auf Waschsleudermaschinen sinnvoll weiterverwenden. Zentrales Bindeglied ist hier das SpezialTankSystem.



Abbildung 5: Gemeinsame oder sequenzielle Brauchwassernutzung im Wasch-System, © Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

2.4 Das SpezialTankSystem im Medienverbund

Das SpezialTankSystem stellt dem Waschprozess warmes Frischwasser zur Verfügung – durch die Integration eines zentralen Abwasser-Wärmetauschers oder durch die

Energie-Rückgewinnung aus den Verdampfungsprozessen im Mangel- und Finishbereich.

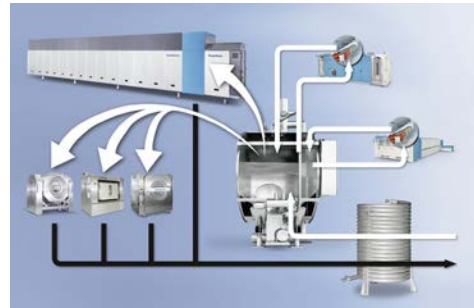


Abbildung 6: Energie-Rückgewinnung im Medienverbund, © Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

3 Kernanforderungen an ein modernes Rückgewinnungssystem

3.1 Hohe Speicherkapazität – Wasser und Energie

Große 2 m³ und 4 m³-Module bieten eine einmalig hohe Rückgewinnungskapazität auf sehr kompaktem Bauraum. Dabei sind die einzelnen Module hermetisch voneinander getrennt – verfahrenstechnisch absolut sicher, ohne dass sich benachbarte Brauchwasser-Flotten vermischen können. Eine Wärmeisolierung nach außen und zwischen den Kammern sorgt dafür, dass die gespeicherten Flotten über einen möglichst langen Zeitraum die Wärmeenergie behalten.

3.2 Sauberkeit und Hygiene

Die Tankmodule sowie alle medienberührten Teile sind aus Edelstahl. Diese ist die Voraussetzung nicht nur für Langlebigkeit, sondern auch für Sauberkeit und Hygiene. Das SpezialTankSystem zeichnet sich darüber hinaus in vielen Details als besonders hygienisch und reinigungsarm aus:

- Der Vertikalüberlauf und die Sprühbefüllung mit Selbstreinigungs-Effekt verhindern Schmutzanbautungen
- Die parametrierbare Reinigungsunterstützung ermöglicht eine weitestgehend automatisierte Tankreinigung, einschließlich der bedarfsgerechten Dosierung von Desinfektions- und Neutralisationsmitteln
- Die starke 35°-Bodenneigung sorgt für ein rückstandsfreies Abfließen.

3.3 Hohes Maß an Flexibilität

Das SpezialTankSystem ist einsetzbar sowohl als Prozess-tank einer Einzelmaschine als auch als Zentralsystem für die Gesamtwäscherei. Durch den modularen Aufbau der Tankmodule kann es ideal auf die verfahrenstechnischen Anforderungen der Wäscherei ausgelegt werden. Jedes Tankmodul bietet flexible Anschlussmöglichkeiten für

Verbraucher über FU-geregelte Druckkonstanz. Weitere Waschtechnik lässt sich auch nachträglich problemlos einbinden. Zur Optimierung der Energieströme in der Wäscherei kann das SpezialTankSystem um einen zentralen Abwasser-Wärmetauscher und um einen oder mehrere Kondensations-Wärmetauscher für Mangel- oder Finisherablufte erweitert werden.



Abbildung 7: SpezialTankSystem mit Sprühbefüllung, Vertikalüberlauf und starker 35°-Bodenneigung
© Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

4 Integrierte Wärmerückgewinnung

4.1 Zentraler Abwasser-Wärmetauscher

Die Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser erfolgt entweder über dezentrale Einheiten an den einzelnen Waschmaschinen oder über einen zentralen Wärmetauscher für das gesamte Waschhaus. Das SpezialTankSystem bietet einen integrierten Abwasser-Wärmetauscher für Abwassermengen bis 32 m³ pro Stunde.

Der zentrale Abwasser-Wärmetauscher STS-Hx ist ein auf die speziellen Anforderungen einer Wäscherei angepasstes Rohr-im-Rohr-System. Das Schmutzwasser bewegt sich in einem inneren Rohr, das Außenrohr leitet das Frischwasser im Gegenstrom. Die Befüllung des Frischwasser-Moduls erfolgt direkt durch den Abwasser-Wärmetauscher. Anschließend wird das Frischwasser aus dem Frischwasser-Modul permanent im Kreislauf durch den Wärmetauscher gepumpt.

4.2 Kondensations-Wärmetauscher EMS

Mit dem Kondensations-Wärmetauscher EMS gelingt die energetische Integration der Wasch- und Finishbereiche der Wäscherei. Die in der Mangel- oder Finisherablufte enthaltene Energie wird zur Erwärmung des Frischwassers für die Waschprozesse genutzt.

Die Feuchtigkeit der Mangel- oder Finisherablufte kondensiert an den Platten des Wärmetauschers. Dadurch wird das Frischwasser im Gegenstrom erwärmt. Die Ablufte und Frischwasserströme sind getrennt – es ist keine Vermischung der Ablufte oder des Kondensats mit dem Frischwasser möglich.

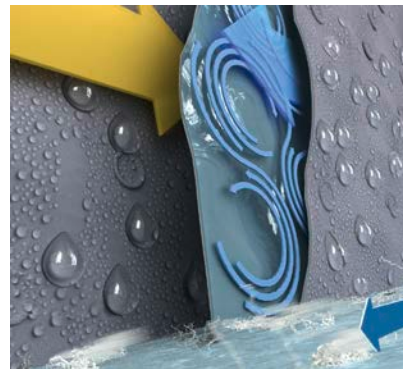


Abbildung 8: Kondensation der feuchten Mangel- oder Finisherablufte an den kalten Wärmetauscherplatten
© Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

5 Fazit

Ein verantwortungsbewusster und wirtschaftlicher Einsatz von Ressourcen wird immer mehr zur Kernaufgabe auch der Wäschereitechnik. Kannegiesser steht dabei den Wäschereien als Gesamtanbieter der Wäschereitechnik zur Seite.

Einsparungen von Energie, Wasser und Chemie erfolgen dabei nicht nur aus betriebswirtschaftlichen, sondern auch aus gesellschaftlichen Gründen und werden in vielen Fällen sogar von der Gesetzgebung gefordert und gefördert. Mit dem SpezialTankSystem präsentiert sich Kannegiesser auch auf diesem Gebiet als Innovationsführer und kompetenter Technikpartner der Wäschereibranche.



Abbildung 9: Ressourcen-Einsparung als gesellschaftliche Aufgabe
© Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho

WASSERAUFBEREITUNG – KREISLAUFFÜHRUNG VON WÄSCHEREIABWÄSSERN DURCH WASSERAUF- BEREITUNG

Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch
Christian Försterling M. Sc.
Technische Universität Berlin

LEBENS LAUF



Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch

Technische Universität Berlin,
Leiter Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft

12/1988 – 02/1989

Freier Mitarbeiter am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Ab- freier
Mitarbeiter am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, u.a.
Betreuung von Versuchsanlagen.

03/1989 – 05/1996

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und
Abfalltechnik der Universität Hannover.

07/1996

Promotion zum Doktor-Ingenieur mit der Dissertation:
»Leistungsfähigkeit und Kosten von Filtern in der kommunalen
Abwasserreinigung«.

07/1996 – 09/1997

Abteilungsleiter für Wasserwirtschaft bei der Ingenieurgemeinschaft Sudau und
Partner in Osnabrück.

10/1997 – 12/2005

Stelle entsprechend eines Akademischen Oberrats am Institut für
Umweltingenieurwesen der Universität Rostock.

01/2006

Universitätsprofessor (W3) für Siedlungswasserwirtschaft, TU Berlin,
Stiftungsprofessur KWB-Veolia Wasser.

WASSERAUFBEREITUNG – KREISLAUF- FÜHRUNG VON WÄSCHEREI-ABWÄSSERN DURCH WASSERAUFBEREITUNG

Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch, Christian Försterling M. Sc.

1 Einleitung

1.1 Branchenbild und Hintergrundinformationen

In der Bundesrepublik Deutschland existieren derzeit ca. 2.000 gewerbliche Wäschereien mit einer Jahresleistung von 1,8 Mio. t Wäsche [1]. Der spezifische Wasserbedarf variiert üblicherweise in Abhängigkeit von der technischen Ausstattung, der Programmwahl, dem Verschmutzungsgrad und der Wäscheart zwischen 8 – 25 l/kg Waschgut [2].

Weiterhin werden aktuell ca. 0,1 – 0,3 kWh elektrische Energie pro kg Waschgut benötigt sowie 50.000 – 60.000 t Waschchemikalien pro Jahr verbraucht [3] u. [4]. Diese Daten belegen den hohen Bedarf an Betriebsstoffen von Wäschereien.

Gleichzeitig kann eine drastische Reduzierung des Frischwasserbedarfs nur durch eine Aufbereitung und anschließende Wiederverwendung erzielt werden, da der Stand der Technik bezüglich der Wassereinsparung im Waschprozess sehr weit fortgeschritten ist [4].

Im Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft der TU Berlin wird daher seit 2011 im Bereich der Waschwasseraufbereitung und -kreislaufführung geforscht. Die Konzepte berücksichtigen, dass der Frischwasserbedarf auf ein Minimum reduziert wird sowie eine Wärmerückgewinnung erfolgen soll.

Weiterhin wird untersucht, ob ein Recycling von Tensiden realisierbar ist. Da derzeit keine marktreifen Abwasserrecycling-Konzepte und -anlagen für Kleinstwäschereien – deren Reinigungskapazität unter 500 kg Waschgut/d liegt – vorhanden sind, wurde ein Forschungsprojekt im Fachgebiet in Kooperation mit dem Laundry Innovation Network (LIN) sowie den Firmen MARTIN Membrane Systems AG und Heckelsberg & Wiesner initiiert,

indem ein Membranbioreaktor(MBR) verwendet wurde. Die wichtigsten Ergebnisse werden im zweiten Abschnitt aufgeführt. Ebenso werden die ersten Ergebnisse des aktuell laufenden Forschungsprojekts mit einer Trägerkörperbiologie im dritten Abschnitt vorgestellt.

1.2 Beschaffenheit von Wäschereiabwasser

Die Abwassercharakteristik wird besonders durch die Art des Waschguts und den Herkunftsbereich beeinflusst, da je nach Verwendungszweck unterschiedliche Verschmutzungsgrade und Schmutzarten anfallen und damit auch unterschiedliche Waschmittel und Hilfsstoffe verwendet werden. Typische Konzentrationsbereiche ausgewählter Parameter sind in Tab. 1 aufgeführt.

1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

In Deutschland gibt es derzeit keine rechtlich verbindlichen Vorschriften, die Anforderungen oder Richtlinien an ein Wasserrecycling in Wäschereien festlegen.

Dennoch können durch eine unsachgemäße Kreislaufführung u. a. hygienische Probleme, Dermatosen und eine Abnahme der Waschqualität resultieren. Die Gütegemeinschaft sachgemäßer Wäschepflege e. V. hat daher in dem Gütezeichen RAL-GZ 992 Kriterien für die Freigabe von Prozesswasser aus Aufbereitungsanlagen festgelegt, welche u. a. hygienische, chemische und waschtechnische Aspekte berücksichtigt. Die wichtigsten Grenz- bzw. Richtwerte sind in Tab. 2 aufgeführt.

Die Anforderungen haben sich in der Praxis bewährt und werden daher als Kriterien auch in den hier beschriebenen Untersuchungen herangezogen.

Parameter	Einheit	Haushalts- und vergleichbare Objektwäsche	Krankenhaus- und Heimwäsche	Berufskleidung	Putztücher
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l	600 - 2.500	400 - 1.200	1.200 - 20.000	bis 100.000
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	mg/l	300 - 1.000	200 - 800	600 - 10.000	bis 10.000
Gesamt-Stickstoff (N _{ges})	mg/l	20 - 50	keine Angabe	1 - 37	bis 50
Gesamt-Phosphor (P _{ges})	mg/l	bis 120	bis 120	bis 240	bis 100
pH-Wert	-	9,0 - 10,0			

Tabella 1: Abwasserbeschaffenheit ausgewählter Waschgutarten [mg/l] (verändert nach [2], [5] und [6])

Kriterium	Parameter	Grenz- bzw. Richtwerte
hygienische Anforderungen	Gesamtkeimzahl [KBE/ml]	Spülwasser: 100 Wasser zur Vorwäsche: 1.000
	pathogene und fakultativ pathog. Keime	nicht nachweisbar
chemische Anforderungen	Optik	klar, farblos
	Geruch	neutral
	CSB	max. 200 mg/l optimal 100 mg/l
	elektrische Leitfähigkeit	konstante Bandbreite
	pH-Wert	konstante Bandbreite

Tabelle 2: Relevante Parameter für Prozesswasser nach RAL-GZ 992 (verändert nach [7])

Die Anforderungen haben sich in der Praxis bewährt und werden daher als Kriterien auch in den hier beschriebenen Untersuchungen herangezogen.

2 Forschungsprojekt Membranreaktor

2.1 Einleitung und Voruntersuchungen

Eine kleine Wäscherei in Berlin, ausgestattet mit 5 Waschschleudermaschinen mit einem Gesamtfassungsvermögen von 35 kg, wurde für die Untersuchungen ausgewählt. Stellvertretend für viele andere kleine Wäschereien ist das für die Installation von Recyclingtechnik verfügbare Platzangebot niedrig. Der tägliche Wasserbedarf belief sich auf 3,5 m³, um 160 kg Schmutzwäsche pro Arbeitstag zu reinigen. Folglich werden pro kg Wäsche ungefähr 20 Liter Wasser benötigt, welche nach Gebrauch konventionell in das öffentliche Kanalnetz abgeleitet werden. An Wochenenden bleibt die Wäscherei geschlossen. Die Voruntersuchungen ergaben, dass hohe Konzentrations- und Frachtschwankungen sowohl zwischen als auch innerhalb der Programmstufen auftreten können (siehe Tab. 3).

Der Membranbioreaktor (MBR) wurde in die Wäscherei integriert (Abb. 1)

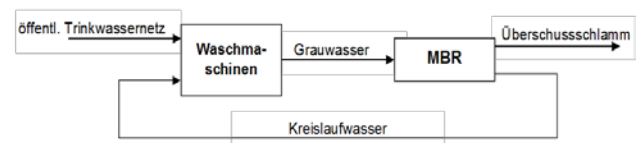


Abbildung 1: Prinzip der Kreislaufführung mittels MBR (eigene Abb.)

Abbildung 1: Prinzip der Kreislaufführung mittels MBR, (eigene Darstellung)

Das Abwasser (Grauwasser) der Waschmaschinen wurde gesammelt und floss mittels Schwerkraft durch ein Schrägsieb (Lochdurchmesser 5 mm) als mechanische Vorreinigung. Durch diese Maßnahmen erfolgte die Abtrennung von Fasern und anderen Grob- bzw. Störstoffen. Anschließend wurde das Grauwasser in einen Vorlagebehälter gepumpt, in dem eine Tauchmotorpumpe am Boden installiert war. Diese beförderte das Grauwasser in den MBR, welcher nach dem Prinzip des aeroben Belevungsverfahrens funktioniert und ein Volumen von 1,8 m³ aufweist. Eine vollständige Schlammabtrennung wird durch die Verwendung getauchter Ultrafiltrationsmembranen mit einem molecular weight cut-off (MWCO) von 150 kDa gewährleistet (ca. 0,04 µm Porenweite). Der Permeatvolumenstrom beträgt im Dauerbetrieb nach Herstellerangaben 250 l/h (maximal 390 l/h).

Parameter	Einheit	Programmstufe				
		Vorwaschgang	Hauptwaschgang	Spülgang 1	Spülgang 2	Spülgang 3
Temperatur	° C	28,4	35,3 – 61,9	22,7 – 37,0	19,5 – 26,9	22,7 – 26,6
pH-Wert	[-]	10,4	8,2 – 9,8	8,0 – 9,7	7,9 – 9,4	8,6 – 9,6
Leitfähigkeit	mS/cm	1,05	0,54 – 3,28	0,42 – 1,33	0,39 – 0,76	0,40 – 0,77
CSB	mg/l	127 – 4.114	1.080 – 10.772	241 – 7.710	80 – 1.647	59 – 510
N _{ges}	mg/l	< 1 – 57,80	1,89 – 81,60	1,27 – 21,80	< 1 – 6,26	< 1 – 5,97
P _{ges}	mg/l	1,06	8,14 – 17,50	3,07 – 4,95	1,04 – 2,55	< 0,05 – 2,68

Tabelle 3: Schwankungsbreite ausgewählter Parameter der einzelnen Programmstufen, (eigene Darstellung)

Der bei dem Verfahren anfallende Überschussschlamm muss regelmäßig abgezogen und entsorgt werden. Nach Abschluss der Reinigung wurde das Kreislaufwasser den Waschmaschinen erneut zugeführt.

2.2 Ergebnisse

Aus der Differenz zwischen Zu- und Ablauf ergibt sich eine Eliminationsrate von 93 % für den Parameter CSB in der Dauerbetriebsphase (vgl. Tab. 4). Trotz der relativ kurzen hydraulischen Mindestaufenthaltszeit (HRT) von 7,5 h unterschritten die Permeatproben den in RAL-GZ 992 festgelegten Grenzwert von 200 mg CSB/l. Obwohl das BSB5:N:P-Verhältnis 100:5,8:0,7 einen Mangel an Phosphor aufweist, war keine zusätzliche Nährstoffdosierung notwendig. Aufgrund der geringen Porengröße der Ultrafiltrationsmembran konnte ein vollständiger Rückhalt aller Bakterien ebenso erzielt werden, wie eine vollständige Abtrennung von abfiltrierbaren Stoffen (AFS). Ein Recycling von Tensiden stellte sich als nahezu unmöglich heraus, da diese durch die Mikroorganismen fast vollständig verstoffwechselt wurden. Mit Hilfe der Versuchsanlage konnten mehr als 90 % des zugeführten Abwassers zu Permeat aufbereitet werden. Dennoch sollte, in Hinblick auf eine Salzanreicherung und der leicht gelblichen Färbung des Permeats, zur Wahrung der Produktqualität auf Frischwasser im letzten Spülgang zurückgegriffen werden, so dass ein Recyclinganteil von 70 % als realistisch einzuschätzen ist.

	CSB [mg/l]	BSB ₅ [mg/l]	AFS [mg/l]	Trübung [NTU]	N _{ges} [mg/l]	P _{ges} [mg/l]	Färbung [m ⁻¹]
Median Rohabwasser	1.256	436	453	432	25,5	3,2	6,07
Median Permeat	76	7	0	0,3	1,9	1,6	1,28
Median Permeat Einfahrphase	75	7	0	0,3	4,0	2,5	1,22

Tabelle 4: Analyseergebnisse ausgewählter Parameter im Zulauf und im Permeat, MBR, (eigene Darstellung)

2.3 Energiebedarf

Es ergab sich ein Energiebedarf der Pilotanlage von 10 kWh/m³ Permeat mit der vorliegenden Konfiguration, da die Anlage mit größeren Verdichtern ausgestattet war, um für unterschiedliche Frachten geeignet zu sein und divergierende Lastfälle simulieren zu können. Berechnungen ergaben, dass dieser durch einen Austausch der Kompressoren durch adäquat dimensionierte auf 3,9 kWh/m³ Permeat während der Filtrationsphasen gesenkt werden kann und sich dann der Gesamtenergiebedarf unter Berücksichtigung der Stillstandsphasen auf 4,4 kWh/m³ belaufen würde. Nach Angaben des Herstellers MARTIN Membrane Systems AG variiert der Energiebedarf ihrer MBR-Systeme zwischen 1,1 – 1,7 kWh/m³ behandeltem Abwasser, wenn diese zur Aufbereitung von kommunalem Abwasser verwendet werden.

2.4 Kostenanalyse

In Deutschland begünstigen die hohen Preise für Trinkwasser – durchschnittlich 1,69 €/m³ – und teure Abwassergebühren – im Mittel 2,20 €/m³ – die Implementierung von Wasserrecyclingsystemen ebenso, wie sie auf Wasserknappheit in trockeneren und wärmeren Regionen der Welt zurückzuführen ist [8]. Eine Kosten-Nutzen-Analyse verdeutlicht, dass ein kosteneffizienter Betrieb hauptsächlich davon abhängt, in welcher Höhe die Wärme des Permeats, im Mittel etwa 30 °C, zur Substitution von elektrischer Energie genutzt werden kann. Im Falle der untersuchten Wäscherei ergibt sich somit ein jährliches Energieeinsparpotential von 12.600 kWh durch Energierückgewinnung, was in Deutschland einem Betrag von ca. 3.500 € entspricht. Weiterhin können hohe Kosten für die Schlamm Entsorgung auftreten, wenn keine Indirekteinleitgenehmigung erteilt wird. Zusätzlich ist von einer verkürzten Standzeit der Membranen auszugehen, wenn zeolith- und silikathaltige Waschmittel verwendet werden, sodass aus den aufgeführten Aspekten ein unwirtschaftlicher Betrieb resultieren kann.

3 Forschungsprojekt Trägerbiologie

In dem aktuell laufenden Forschungsprojekt wird das Waschabwasser mittels Trägerkörperbiologie gereinigt (Abb. 2).

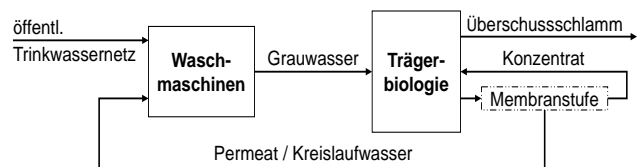


Abbildung 2: Kreislaufführung mittels Trägerbiologie und geplanter Membranstufe, (eigene Darstellung)

Der Vorteil dieses Verfahrens im Vergleich zur MBR-Technologie besteht darin, dass durch die zusätzlich vorhandenen Aufwuchsflächen mit höheren Raumbelastungen gearbeitet werden kann und sich das Gesamtsystem aufgrund der besseren Raum-Zeit-Ausbeute kompakter realisieren lässt.

Derzeit wird mit Hilfe einer Laboranlage erprobt, mit welchen Trägerkörpern sich die besten Reinigungsergebnisse erzielen lassen.

Die ersten Untersuchungen zeigen, dass eine mechanische Abtrennung des Abwasser-Schlamm-Gemisches in Form einer Membranfiltration unerlässlich ist, um die Grenzwerte für eine Wiederverwendung einhalten zu können (Tab. 5). Eine Membranstufe befindet sich daher in Planung.

Parameter	Einheit	Zulauf	Ablauf
CSB	mg/l	2.454	899
CSB _f	mg/l	1.791	216
BSB ₅	mg/l	1.101	290

Tabelle 5: Analyseergebnisse im Zu- und Ablauf, Trägerbiologie, (eigene Darstellung)

Die hohe organische Belastung resultiert aus der aktuellen Betriebsweise, da die Laboranlage gegenwärtig nur mit Waschabwasser aus der Programmstufe Hauptwaschgang beschickt wird. Ebenso ist eine Nährstoffdosierung notwendig, die mit der Zudosierung von (NH₄)H₂PO₄ erfolgt. Anhand der gewonnenen Daten soll eine Pilotanlage entwickelt und zur Marktreife gebracht werden.

4 Fazit und Ausblick

Die Forschungsprojekte demonstrieren, dass eine Wiederverwendungsrate von mehr als 90 % bei der Aufbereitung von Wäschereiabwasser erreicht werden kann. Insbesondere die Kombination aus biologischer Stufe und Membraneinheit garantiert eine hohe Permeatqualität und führt zur sicheren Einhaltung der Grenz- bzw. Richtwerte nach dem Gütezeichen RAL-GZ 992. Viele Randbedingungen beeinflussen die Kosteneffizienz dieser Systeme, sodass keine allgemeingültige Aussage über die Wirtschaftlichkeit getätigt werden kann. Von hoher Relevanz ist die Rückgewinnung von (Wärme-) Energie. Weitere Forschungsvorhaben auf diesem potentialbehafteten Themengebiet sind in Planung bzw. befinden sich in der Beantragungsphase.

5 Danksagung

Wir bedanken uns für die Projektförderungen beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie der Bundesrepublik Deutschland (BMWi) sowie bei der AiF Projekt GmbH für die Trägerschaft. Ebenso möchten wir uns bei unseren Partnern, dem Laundry Innovation Network, der MARTIN Membrane Systems AG, Heckelsberg & Wiesner sowie DELTA Umwelt-Technik für die erfolgreiche Kooperation bedanken.

6 Literatur

[1] Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2012): Wäschereien nehmen hohen Energieverbrauch in die Mangel. Pressemitteilung. Im Internet verfügbar unter: https://www.dbu.de/123artikel33763_335.html

[2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (2002): Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 55 Abwasserverordnung – Wäschereien.

[3] Wagner, G. (2010): Waschmittel. Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

[4] Beeh, M. et al. (2004): Waschmittel- und Wasserrecycling in gewerblichen und Krankenhauswäschereien Phase II. Abschlussbericht zum BMBF-Verbundprojekt Nr. 0330204.

[5] Zimpel, J. (1997): Industrielle und gewerbliche Abwassereinleitungen in öffentliche Abwasseranlagen. Anforderungen und Problemlösungen. Band 525. Renningen: expert Verlag.

[6] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2003): Technische Anleitung zur Begrenzung von Abwassermissionen aus Wasch- und Chemischreinigungsprozessen von Textilien.

[7] Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG (2012): Hygienemanagement-Handbuch für die Bearbeitung von Oberbekleidung aus Pflegeeinrichtungen.

[8] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2014): DWA-Politikmemorandum 2014. Positionen zur Umweltpolitik.

MITARBEITERMOTIVATION FÜR KLIMASCHUTZ UND ENERGIEEFFIZIENZ

Philipp Andree M. A.
Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V., Berlin

LEBENS LAUF



Philipp Andree M. A.

Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V.,
Referent

2006 – 2011

Studium der Politik und Wirtschaftswissenschaften (B. A. & M. A.),
Universität Bremen, Istanbul Bilgi University, Middles East Technical University
und Humboldt Universität zu Berlin.

01/2012 – 06/2012

Einsätze beim Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH) und der Stiftung
Mercator.

07/2012

DIHK Trainee, Dortmund (IHK), Berlin/Brüssel (DIHK), Kairo (AHK) und Wetzlar
(IHK).

01/2013

Projektreferent, Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V. (DIHK)
Bereich Umwelt, Energie, Rohstoffe, Mittelstandsinitiative Energiewende und
Klimaschutz.

01/2014 – 07/2014

Komm. Geschäftsführer der Klimaschutz-Unternehmen e. V.
(Elternzeitvertretung).

MITARBEITERMOTIVATION FÜR KLIMASCHUTZ UND ENERGIEEFFIZIENZ

Philipp Andree M. A.

1 **Motivierte Mitarbeiter als Schlüsselfaktor für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens**

Neben allen technischen Maßnahmen ist der Faktor Mensch der Schlüssel zur nachhaltigen Senkung des Energieverbrauchs im Betrieb. Energieeffizienz- und Klimaschutzziele können im Betrieb erst umgesetzt werden, wenn die Belegschaft bereit ist, aktiv Energieeffizienzpotenziale zu erschließen und für das Vorhaben sensibilisiert wird.

So kann beispielsweise die Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 einen positiven Effekt auf die Motivation haben, lässt sich im Gegenzug jedoch leichter einführen, wenn die Belegschaft den Optimierungs- und Transparenzprozess im Betrieb stützt [1]. Eine Umfrage der Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz zu Hemmnissen bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen, für die über 1000 Unternehmen befragt wurden, ergab: Rund 70% der befragten Unternehmen sehen die Sensibilisierung der Mitarbeiter für Energieeffizienz als zentralen Faktor für die nachhaltige Senkung ihres Energieverbrauchs an [2]. Aus Sicht des Unternehmens rechnet sich erfolgreiche Mitarbeitermotivation für Energieeffizienz und Klimaschutz gleich dreifach: erstens werden Energie und Ressourcen eingespart, zweitens leistet man einen Beitrag zum Klimaschutz, der sich im Umwelt- und Nachhaltigkeitsbericht des Unternehmens darstellen lässt und drittens erhöht man die Zufriedenheit der Mitarbeiter.

2 **Motivation durch gemeinnütziges Engagement**

Damit Mitarbeiter angeregt werden, Verantwortung für einen bewussten Umgang mit knapper werdenden Ressourcen zu übernehmen und ihr Verhalten dahingehend zu ändern, sind die Auseinandersetzung mit dem Thema Energiesparen und Klimaschutz sowie das Reflektieren des eigenen Handelns in jeglichen Lebensbereichen wichtige Voraussetzungen. Ziel ist es, das Engagement der Mitarbeiter für Klimaschutz und Energieeffizienz aus dem privaten- in den beruflichen Kontext durch partizipative Instrumente zu transferieren.

Als ein Best-Practice kann hier ein Projekt der Provinzial Rheinland Versicherung angesehen werden, die in einem Pilotprojekt Klimaspargbücher an alle Mitarbeiter und deren Familien austeilte, um diese für das Thema Umweltschutz zu sensibilisieren [3].

Die in den Klimaspargbüchern dokumentierten CO₂ Einsparungen wurden von der Provinzial Rheinland mit 200% verzinst und Aufforstungsmaßnahmen im Namen der Sparer in Auftrag gegeben.

Mittelstandsinitiative
Energiewende und
Klimaschutz



Abbildung 1: Praxisleitfaden Mitarbeitermotivation für Energieeffizienz und Klimaschutz der Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz, ©thinkstock

3 **Motivation durch Kommunikation**

Grundlage der Motivation ist die Kommunikation. Das Know-how und das Bewusstsein für ökologische Zusammenhänge und konkrete Verbesserungsmöglichkeiten im eigenen Betrieb sind die Grundvoraussetzungen dafür, dass Mitarbeiter die Energieeffizienz- und Klimaschutzziele des Unternehmens mittragen. Von zentraler Bedeutung ist dabei die zielgerechte Aufarbeitung von Daten und Fakten. Wer seine Mitarbeiter zu einem verantwortungsvollen Umgang mit den knapper werdenden Ressourcen anregen möchte, muss Botschaften auf den Punkt bringen können. Um Informationen zu platzieren und zielgruppenspezifisch zu kommunizieren, eignen sich beispielsweise Mitarbeiterzeitschriften, Intranet, Plakat- oder Aufkleber-Aktionen (an neuralgischen Stellen, wo Energie und Ressourcen eingespart werden können) und Social Media Kanäle.

4 Partizipation und Teamwork

Eine interaktive Herangehensweise an Klimaschutz- und Energieeffizienzthemen, die die Mitarbeiter und ihr direktes soziales Umfeld einbezieht, fördert den Teamgeist im Betrieb. Oftmals wissen die Mitarbeiter selbst am besten, wo in Ihrem Unternehmen Potenziale für Energieeffizienz schlummern. Die Chance, sich mit eigenen Ideen für ein energieeffizientes und umweltbewusstes Nutzerverhalten einzubringen, erzeugt Motivation im Team und das Unternehmen profitiert davon in doppeltem Maße. Das Management ist hier gefordert, durch möglichst interdisziplinäre und teamorientierte Instrumente Partizipation im Unternehmen zuzulassen und zu fördern. Die Gründung von Umweltausschüssen im Unternehmen, Projektgruppen und Arbeitsgemeinschaften bei gleichzeitiger Einbindung der Arbeitnehmervertretung kann ein guter Schritt in diese Richtung sein. Von Bedeutung sind dabei die Kontinuität und Beständigkeit solcher Maßnahmen, um Mitarbeiter dauerhaft und erfolgreich für ein umweltbewusstes Verhalten am Arbeitsplatz zu sensibilisieren.

5 Wettbewerbe und Vorschlagswesen

Wettbewerbe und Vorschlagswesen fördern Partizipation und Teamwork in hohem Maße. Die Chance, selbst gestalten zu dürfen und sich mit eingebrachten Initiativen am Arbeitsplatz bestätigt zu sehen, steigert die Motivation. Wettbewerbe oder auch Gamification-Ansätze, also spieltypische Elemente im spielfremden unternehmerischen Kontext, steigern Motivation und Leistung. Energie- und Klimastrategien im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses im Unternehmen eignen sich bestens, um in Wettbewerbe und Gamification-Ansätze integriert zu werden. Spielregeln müssen dafür festgelegt und transparent kommuniziert werden. Der IKEA Energieeffizienzpreis ist ein unternehmerischer Wettbewerb, der nicht nur auf die Steigerung der Energieeffizienz, sondern vor allem auf die Sensibilisierung der Mitarbeiter für das Thema Energiesparen abzielt [4]. Als weiteres Best-Practice kann der CO₂-Kompass der Deutschen Bahn angeführt werden, der als online basierter Wettbewerb dazu motiviert, seinen eigenen CO₂ Fußabdruck zu verringern [5].

6 Personalentwicklung

Wie gut ein Unternehmen beim Klimaschutz ist, hängt entscheidend von seinen Mitarbeitern ab: ohne ihre Unterstützung kann es sich nicht weiterentwickeln. Gleichzeitig kann ein Unternehmen jedoch Mitarbeiter gezielt weiterbilden und qualifizieren und damit Gestaltungsspielräume zur Mitwirkung sowie Aufstiegsmöglichkeiten im Betrieb schaffen. Eine gute Personalentwicklung kann maßgeblicher Faktor zur Motivationssteigerung sein.

BSH Hausgeräte praktiziert beispielsweise schon seit Jahren einen mehrstufigen Ansatz bei der Schulung seiner Mitarbeiter. Führungskräften werden Motivations- und Coaching-Konzepte vermittelt, die dafür sorgen, dass ihre Mitarbeiter zu wertvollen Ideengebern für Verbesserungen in ihrem Fachbereich werden [4].

7 Azubi-Projekte

Azubi-Projekte können neben der Personalentwicklung ein starkes Instrument der Motivationssteigerung für alle Mitarbeiter, nicht nur für Azubis, darstellen. Gelingt es den Azubis, Einsparpotenziale transparent zu machen und Lösungsvorschläge auszuarbeiten, kann viel Kreativpotenzial freigesetzt werden. Außerdem können Azubi-Projekte das Image des Unternehmens als Ausbildungsbetrieb steigern und junge Mitarbeiter schon früh selbst Verantwortung übernehmen.

Das Anfang 2014 gestartete Projekt Energie-Scouts der Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz, qualifiziert Auszubildende in mehreren Workshops zu Energie-Scouts. In fünf eintägigen Workshops werden den Azubis Kompetenzen zum Thema Energieeffizienz, Kommunikation, Projektmanagement und praktisches Arbeiten mit Messgeräten vermittelt. Im letzten Workshop-Modul stellen die Azubis eigene, in ihren Betrieben umgesetzte Projekte vor und erhalten ihre Teilnahmeurkunde von ihrer Industrie- und Handelskammer. Immer mehr Unternehmen entdecken das Azubi-Energie-Scout Projekt für sich. Rund 1000 Azubis aus 300 Unternehmen sind bereits zu Azubi-Energie-Scouts qualifiziert worden.

8 Literatur

[1] Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Energiemanagementsysteme in der Praxis – ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen, Berlin, 2012.

[2] Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (Hrsg.): Energieeffizienz – Unternehmen besser informieren und beraten, Berlin, 2014.

[3] Klimaschutz-Unternehmen e.V. (Hrsg.): Klimaschutz zahlt sich aus, Berlin, 2013.

[4] Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (Hrsg.): Praxisleitfaden Mitarbeitermotivation für Energieeffizienz und Klimaschutz, Berlin, 2015.

[5] <https://www.co2-kompass.de> (18. Mai 2015).

PROGRAMMBEIRAT

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier,

Heinz Nixdorf Institut,
Universität Paderborn

Prof. Dr.-Ing. Bernd Hellingrath,

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Logistik,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Prof. Dr. habil. Béla Illés PhD,

Direktor des Instituts für Logistik,
Universität Miskolc, Ungarn

Univ.-Prof. Dr.-Ing. André Katterfeld,

Institut für Logistik und Materialflusstechnik,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller,

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF, Magdeburg

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter,

Institut für Logistik und Materialflusstechnik,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF, Magdeburg

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk,

Institut für Logistik und Materialflusstechnik,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF, Magdeburg

Dipl.-Ing. Holger Seidel,

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF, Magdeburg

Univ.-Prof. Prof. eh. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing. Dr. h.c. Wilfried Sihn,

Institut für Managementwissenschaften,
Technische Universität Wien, Österreich

Prof. Dr.-Ing. habil. Zbigniew Antoni Styczynski,

Institut für Elektrische Energiesysteme,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Prof. Dr.-Ing. Thomas Wimmer,

Bundesvereinigung Logistik, Bremen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek,

Institut für Logistik und Materialflusstechnik,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Prof. i. R. Dr.-Ing. h. c. Dietrich Ziems,

Institut für Logistik und Materialflusstechnik,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits,

Lehrstuhl Industrielogistik,
Montanuniversität Leoben, Österreich

AUTOREN

Andree, Philipp, M. A.

Deutscher Industrie- und
Handelskammertag e.V.
Breite Straße 29
10178 Berlin
Deutschland

**Auer, Veronika, Dipl.-
Wirtschaftsing. (FH) M. Eng.**

Hochschule Rosenheim
Hochschulstraße 1
83024 Rosenheim
Deutschland

Barjenbruch, Matthias, Prof. Dr.-Ing.

Technische Universität Berlin
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin
Deutschland

**Dangelmaier, Wilhelm, Prof.
Dr.-Ing. habil.**

Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn
Fürstenallee 11
33102 Paderborn
Deutschland

**Dittmer, Patrick, Dipl.-Wirt.-Ing.
Pat.-Ing.**

BIBA – Bremer Institut für Produktion
und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen
Deutschland

Drews, Tom, Dipl.-Wirt.-Ing.

Fraunhofer-Institut Produktionstechnik
und Automatisierung IPA
Universitätsstraße 30
95547 Bayreuth
Deutschland

Eickelmann, Peter

Eickelmann Transport + Logistik
Schwendaerstraße 2
06536 Südharz/ Rottleberode
Deutschland

Emmermann, Marco, Dr.-Ing.

Visality Consulting GmbH
Puschkinallee 3
14469 Potsdam
Deutschland

Försterling, Christian, M. Sc.

Technische Universität Berlin
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin
Deutschland

Freitag, Michael, Prof. Dr.-Ing.

BIBA – Bremer Institut für Produktion
und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen
Deutschland

Gadzhanov, Petyo, M. Sc.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und
Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund
Deutschland

Galka, Stefan, Dipl.-Wirt.-Ing.

Technische Universität München
Boltzmannstr. 15
85748 Garching
Deutschland

Glaser, Peter, M. Sc. Bauingenieur

Technische Universität München
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland

Götze, Jens, Dr.-Ing.

BMW Group
Knorrstrasse 147
80788 München
Deutschland

Gorltdt, Christian, M. Sc.

BIBA – Bremer Institut für Produktion
und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen
Deutschland

**Günthner, Willibald. A., Prof.
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.**

Technische Universität München
Boltzmannstr. 15
85748 Garching
Deutschland

Haimerl, Josef, M. Sc.

DE software & control GmbH
Mengkofener Str. 21
84130 Dingolfing
Deutschland

Herlyn, Wilmjacob, Dr.

Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Deutschland

**Hevendehl, Jörn, Forstassessor Dipl.
Forstwirt**

Hevendehl Consult
Becke 1
58553 Halver
Deutschland

Illés, Béla, Prof. Dr. habil. PhD

Universität Miskolc
Egyetemvaros
3515 Miskolc
Ungarn

Klehm, Tobias, B. A.

Laundry Innovation Network
Greifswalder Straße 5
10405 Berlin
Deutschland

Kolomiichuk, Sergii, Dipl.-Ing.

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF
Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg
Deutschland

**Krause, Andreas, Dipl.-Wirt.-Ing.
(FH)**

Technische Universität Chemnitz
Thomas-Müntzer-Straße 10
04575 Neukieritzsch OT Kahnsdorf
Deutschland

**Kühne, Lothar, Dipl.-Ing. oec.
Dipl.-Ing. (FH)**

Laundry Innovation Network
Greifswalder Straße 5
10405 Berlin
Deutschland

**Kummer, Robert, Dipl.-Wirt.-Ing.
(FH)**

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF
Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg
Deutschland

Kurnaz, Tamer, M. Sc.

Technische Universität Darmstadt
Hochschulstraße 1
64289 Darmstadt
Deutschland

**Langer, Andreas, Dipl.-Ing. Dipl.-
Wirt.-Ing. B. Eng.**

Herbert Kannegiesser GmbH
Kannegiesserring 8
32602 Vlotho
Deutschland

Lappe, Dennis, M. Sc.

BIBA – Bremer Institut für Produktion
und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen
Deutschland

Ludwig, Christopher, Dipl.-Ing.

Technische Universität München
Boltzmannstr. 15
85748 Garching
Deutschland

Martini, Andreas, M. Sc.

Universität Siegen
Paul-Bonatz-Str. 9-11
57068 Siegen
Deutschland

Meier, Oliver, Dipl.-Wirt.-Inform.

Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Deutschland

Molenda, Paul, M. Sc.

Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30
95547 Bayreuth
Deutschland

Müller, Egon, Prof. Dr.-Ing.

Technische Universität Chemnitz
Erfenschlager Straße 73
09111 Chemnitz
Deutschland

Oechsle, Oliver, Dr.-Ing.

Fraunhofer-Institut Produktionstechnik
und Automatisierung IPA
Universitätsstraße 30
95547 Bayreuth
Deutschland

Parlings, Matthias, Dipl.-Logist.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und
Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund
Deutschland

**Pfohl, Hans-Christian, Prof. Dr.
Dr. h.c.**

Technische Universität Darmstadt
Hochschulstraße 1
64289 Darmstadt
Deutschland

Ryll, Frank, Dr.-Ing.

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF
Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg
Deutschland

Sárközi, György, Prof. h. c. Dr.

Nordungarische Verkehrszentrale AGg
Borsod Volán
Miskolc
Ungarn

Schröder, Falk, M. Sc.

Volkswagen Konzernlogistik GmbH &
Co. OHG
Brieffach 011/6803
38436 Wolfsburg
Deutschland

Seidler, Tobias, M. B. A.

Fraunhofer-Institut für Integrierte
Schaltungen
Nordostpark 93
90411 Nürnberg
Deutschland

Seyffert, Sebastian, Dipl.-Wirt.-Ing.

DHL HUB Leipzig GmbH
Hermann-Köhl-Str. 1
04435 Schkeuditz
Deutschland

Siebert, Johannes, Dr.

Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30
95547 Bayreuth
Deutschland

**Stache, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Dipl.-Oec.**

Universität Siegen
Paul-Bonatz-Str. 9-11
57068 Siegen
Deutschland

Strauch, Jörg, Dr.-Ing.

Technische Universität Chemnitz
Erfenschlager Straße 73
09111 Chemnitz
Deutschland

Thamer, Hendrik, Dipl.-Inform.

BIBA – Bremer Institut für Produktion
und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen
Deutschland

Uriarte, Claudio, Dipl.-Ing. Pat.-Ing.

BIBA – Bremer Institut für Produktion
und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen
Deutschland

Veigt, Marius, Dipl.-Wirt.-Ing.

BIBA – Bremer Institut für Produktion
und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen
Deutschland

Wahl, Manuela, Dipl.-Wirtsch.-Ing.

IFA Rotorion – Powertrain GmbH
Industriestraße 6
39340 Haldensleben
Deutschland

Winter, Stefan, Prof. Dr.-Ing.

Technische Universität München
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland

IMPRESSUM

20. Magdeburger Logistiktage
»Sichere und nachhaltige Logistik«
24. Juni – 25. Juni 2015, Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Herausgeber:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk
Sandtorstraße 22 | 39106 Magdeburg
Telefon +49 391 4090-0 | Telefax +49 391 4090-596
ideen@iff.fraunhofer.de
<http://www.iff.fraunhofer.de>

Umschlaggestaltung: Ina Daehre
Redaktion: Dr.-Ing. Annegret Brandau, Madlen Jirmann B. A.
Titelfoto: Dirk Mahler, Fraunhofer IFF
Fotos, Bilder, Grafiken: Soweit nicht anders angegeben,
liegen alle Rechte bei den Autoren der einzelnen Beiträge.

Herstellung: Docupoint GmbH

Bibliografische Information der Deutschen
Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.
ISSN 2196-7571

Alle Rechte vorbehalten
Für den Inhalt der Vorträge zeichnen die Autoren verantwortlich.
Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich
geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des
Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung
des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die
Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in
diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche
Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-
Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von
jedermann benutzt werden dürften.
Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften
oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen
zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit,
Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

© 06/2015 Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb
und -automatisierung IFF
Institut für Logistik und Materialflusstechnik an der
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

