Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät *90(2007), 257–270*

Uwe Meinberg

Intelligente und nachhaltige Logistik

Der Beitrag setzt sich mit gesellschaftlich induzierten Herausforderungen an Produktions- und speziell an Logistiksysteme auseinander. Neue Technologien und Techniken wie Radio Frequency Identification (RFID) und Service Orientated Architectures (SOA) können entscheidende Enabler für eine intelligente, d.h. schnelle und adaptive Logistik sein, die den Wertschöpfungssystemen die Flexibilität verleiht, die sie in einer zunehmend digitalisierten Welt benötigen. Darauf aufsetzende neue Ansätze der Verplanung von Ressourcen können zudem zu einer ökologisch nachhaltigen Logistik führen.

1. Digitalisierung und Leistungsforderung

Wir sind in einer Gesellschaft angekommen, in der aufgrund der zur Verfügung stehenden Technologie und Technik alles als möglich erscheint. Wir betreiben Kommunikation global, jederzeit und überall. Wir sind ständig mit Informationen versorgt oder von diesen nur einen Klick entfernt. Auch komplexe Anwendungen, wie Simulation (Die Sims) oder Virtualität (Second Life), haben in unserem fast täglichen Leben einen Platz gefunden – wir fühlen uns bereits weitgehend in der digitalen Welt zuhause. Damit sind auch die Ansprüche an Produkte und Dienstleistungen gewachsen. Auch hier erwarten wir eine Digitalisierung. Wenn das Produkt sich nicht digitalisieren lässt – die Pizza kommt auch in Zukunft nicht aus dem Internet – so erwarten wir doch wenigstens, dass die Verkaufsprozesse von der Informationsbeschaffung und dem Produktvergleich über den eigentlichen Kauf mit der dazugehörenden formalen Abwicklung (Vertrag, Zahlung) bis hin zum anschließenden Kundenservice unserem aktuellen gesellschaftlichen Entwicklungsstand entsprechend digital erfolgen.

Damit sind Änderungen in unseren Wertschöpfungssystemen verbunden. Wer hätte noch vor einigen Jahren gedacht, dass ein Klingelton ein Produkt sein könnte, mit dem sich auch noch herausragende Umsätze und Gewinne erzielen lassen. Die Musikindustrie hat vollkommen übersehen, dass nach der

Musikkassette und der CD ein Standard namens MP3 zur weiten, nicht immer legalen Verbreitung einst teurer Musik beiträgt. Die Digitalisierung von Produkten hat den Anspruch entwickeln lassen, dass auch Produkte jederzeit und überall verfügbar sein müssen. Und sind die Produkte nicht in digitaler Form erhältlich – wie das bei einer Pizza oder einem Automobil offensichtlich der Fall ist – so spiegelt der Begriff „24-Stunden-Service“ deutlich eine weitere Herausforderung für die Wertschöpfungssysteme wider: Die Schnelllebigkeit unserer Gesellschaft erfordert eine schnelle Reaktion auf Kundenwünsche. Wir wollen die Pizza elektronisch bestellen und dann sofort und zwar heiß geliefert bekommen. Wir wollen unser Automobil im Internet konfigurieren, die Finanzierung abklären, die Bestellung auslösen und das Wunschfahrzeug in kürzester Zeit geliefert bekommen. Damit sind große Herausforderungen an Produktions- und Logistiksysteme skizziert, die zu gravierenden Veränderungen in diesem Bereich geführt haben. Apropos „Wunschfahrzeug“: natürlich wollen wir ein Auto konfigurieren, das individuell auf unsere persönlichen Belange zugeschnitten ist und dies natürlich zu niedrigsten Preisen. „Geiz ist geil“ gilt in weiten Teilen der Gesellschaft als attraktive Mentalität und setzt damit die Wirtschaft weiter unter Druck; dies gilt zumindest für Produkte, für die durch die Globalisierung bedingt leicht Substitute zu finden sind. Elektronikgeräte, Kraftfahrzeuge, aber auch die so genannte weiße Ware zählen zu dieser Kategorie.

Die Produktions- und Logistiksysteme müssen auf diese Herausforderungen ausgerichtet werden. Es müssen Organisationsformen für moderne Unternehmen gefunden und implementiert werden, die die Herstellung von hoch individualisierten Produkten, also von Produkten mit sehr hohen Variantenzahlen, in kürzest möglicher Zeit erlauben. Dazu gehört eine Logistik, die nicht nur das Endprodukt schnell und kostengünstig zum Kunden bringt, sondern auch die zur Herstellung benötigten Teile und Komponenten bedarfsorientiert in der Produktion bereitstellt. Die Logistik digitalisierter Produkte ist im Unterschied dazu nahezu trivial: der Klingelton kommt via UMTS auf das Handy, der MP3-Song über das Internet auf den PC – Daten lassen sich jederzeit und global in verschwindend geringer Zeit distributieren. Physikalisch existente Produkte müssen transportiert, gehandhabt und umgeschlagen werden; diese Prozesse benötigen Zeit, die sich in vielen Fällen kaum noch reduzieren lässt.

Die Distribution digitaler Produkte benötigt in einem vereinfachten Szenario lediglich einen einsamen Server, der die Verkaufs- und Verteilungsprozesse mittels entsprechender Software autonom und ohne maßgeblichen

menschlichen Aufwand abwickelt. Die Herstellung und die Verteilung physikalischer Produkte benötigt dagegen weitaus mehr menschliches Zutun sowohl im administrativen (z.B. Planung und Steuerung) wie auch im operativen (z.B. Herstellung Handhabung) Kontext. Die optimale Abwicklung dieser Prozesse setzt eine hohe Transparenz hinsichtlich ihrer dynamischen Zustände voraus; die Komplexität der Koordination der vielschichtigen Teileströme und die Steuerung kundenorientierter Produktionsprozesse lassen sich nur noch dann zeit- und kosteneffizient beherrschen, wenn jederzeit Kenntnis über der Verlauf und den Zustand eines jeden Prozessschrittes bei den Prozessverantwortlichen vorliegt.

Auch hier kommen den Anforderungen Technologie- und Technikentwicklungen entgegen, die grade im industriellen Umfeld zu erheblichen Effizienzsteigerungen führen werden: die Entwicklung von RFID (Radio Frequency Identification) und die Entwicklung serviceorientierter Strukturen (SOA: Service Orientated Architecture) bieten die Plattform, die hoch digitalisierte Prozesse zur Unterstützung physischer Produktions- und Logistiksysteme ermöglichen.

2. Transparenz durch Objektgebundene Datenflüsse

Die Operationalisierung von Maßnahmen zu Reaktionen auf die bereits angesprochenen Herausforderungen hat durch die Verlagerung von Fertigungsschritten und durch eine Konzentration der Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen zu Wertschöpfungsnetzen geführt, in denen eine Vielzahl von Unternehmen eng miteinander kooperiert, um gemeinsam Produkte zu entwickeln und diese zu fertigen. Die Logistik übernimmt bei der Umsetzung dieser Strategie eine tragende Rolle. Sie ist mit ihrer Organisation und den eingesetzten (technischen) Ressourcen dafür verantwortlich, die mit der Bildung von Wertschöpfungsnetzen einhergehenden Versorgungsstrategien – wie beispielsweise Kanban, just-in-time oder just-in-sequence – mit hoher Zuverlässigkeit umzusetzen.

Dabei stellt insbesondere die kundenbezogene Individualisierung der Produkte eine große Herausforderung dar. Gehört die Beherrschung einer großen Variantenzahl ohnehin zu einem der dauerhaften Probleme in der Industrie, so kommt noch hinzu, dass die herkömmliche Belegung von Fertigungslinien mit einem Produkt und seinen Varianten bei den heute vorherrschenden Marktbedingungen immer häufiger zu starken Schwankungen der Kapazitätsauslastungen führt. Daraus abgeleitet entwickelt sich die Notwendigkeit, Produktderivate und neue Modelle in bereits bestehende Fertigungslinien zu

integrieren. So können hohe Investitionen für neue Linien vermieden und die Auslastung vorhandener Linien harmonisiert werden. Offensichtlich ist, dass diese Integration zu einer deutlichen Erhöhung der Anforderungen an ein effizientes Teilemanagement bereits innerhalb eines einzigen Unternehmens führt; auch hier ist die Logistik gefordert

Somit ist die Logistik auf der operativen Ebene in besonderem Maße gefordert: aus dem Aufbau der Wertschöpfungsnetzwerke resultiert ein nahezu unvorstellbar großer und weit verzweigter Materialfluss. Bauteile, Komponenten oder ganze Systeme müssen ebenso zeitpunktgenau gehandhabt und transportiert werden, wie die entsprechenden Ladehilfsmittel (Behälter, Spezialladungsträger etc.). Die Bestands- und Bedarfspuffer moderner Fertigungssysteme sind als teure Ressourcen so knapp dimensioniert, dass sich Mängel in den logistischen Prozessen unmittelbar auf die Auslastung der Puffer auswirken und ein Überlaufen (Bestand) bzw. ein Leerlaufen (Bedarf) als Folge sofort zu Störungen in den vorhergehenden und nachfolgenden Fertigungssystemen führt.

Werden verschiedene Produkte auf einer Linie gefertigt, ergeben sich hohe Anforderungen an das linienbezogene Teilemanagement. Die Teilevielfalt steigt erheblich, die mengenbezogenen Volumina nehmen im gleichen Zuge drastisch ab. Die Sicherstellung der optimalen Auslastung für Transport- und Ladehilfsmittel erfordert neben dem bedarfsorientierten und zeitpunktgenauen line-feeding eine neue Qualität der Planungs- und Steuerungssysteme.

Materialflüsse im Allgemeinen und erst recht im Zusammenhang mit den dargestellten Szenarien sind nur durch lückenlose und mit den dezidierten Materialflüssen synchronisierte Informationsflüsse beherrschbar. Diese Erkenntnis begleitet die Logistik schon seitdem sie systematisch erforscht wird als dogmatische These. Obgleich die heute eingesetzten Informationssysteme sehr weit entwickelt sind, gelingt die Umsetzung dieser These nur bedingt; die zur exakten Planung und Steuerung erforderliche Informationsqualität entlang der Lieferketten wird nach wie vor in vielen Fällen nicht erreicht. Bei der Vielzahl der ineinander verzahnten Objektflüsse (Teile, Behälter etc.) in den Wertschöpfungsnetzen treten immer wieder Fehler auf, die in einfachen Fällen zu Überlieferungen, in kritischen Fällen zu Bandstillständen durch Falsch- oder Unterlieferungen führen. Auf Folgeschäden durch Fehllieferungen, die sich erst im Markt beispielsweise durch Rückrufaktionen bemerkbar machen, wird später noch einmal eingegangen. Die Informationsqualität ist häufig deswegen nicht ausreichend, weil eben die Synchronisation zwischen

den Objektflüssen und den sie in Informationssystemen begleitenden Datenflüssen nicht oder nur unzureichend erfolgt. Damit sind die Abbilder der Realität in den Modellen, die den Planungs- und Steuerungssystemen als Basis dienen, zu ungenau oder sogar falsch, was schließlich zu korrekt errechneten, aber dennoch falschen Ergebnissen führt. Daraus abgeleitete Entscheidungen sind folgerichtig ebenso falsch. Damit besteht die große Herausforderung nach wie vor darin, die Informationsqualität zu erhöhen, die Synchronisation zwischen Material- und Informationsfluss Realität werden zu lassen.

RFID weist das Potenzial zur Lösung dieser Problemstellungen auf. Bei dieser Technik handelt es sich um Speicherchips (tags), die in nahezu beliebiger Bauform physikalisch an Objekten befestigt werden können. In den Speichern abgelegte Daten bleiben dort auch ohne weitere Energiezufuhr erhalten und können aus größerer Distanz gelesen und verändert werden. Die Technik ermöglicht die gleichzeitige sichtkontaktlose Identifizierung von mehreren Objekten auf Distanz und zusätzlich auch das Speichern von Daten unmittelbar an Objekten. Die Schreib- und Lesefunktionen können während der Objektbewegung ausgeführt werden, was damit ihre Integration in unterschiedliche Prozessschritte in der Fertigung und in der Logistik erlaubt.

3. Material- und Datenflüsse

Das Management von Objekten ist insbesondere eine Aufgabe des Managements von Daten und Datenflüssen. Daten, die physikalisch mit den Objekten verbunden die Produktions- und Logistiksysteme durchlaufen, sind zu jeder Zeit und an jedem Ort verfügbar. Aufgrund der besonderen Eigenschaften der RFID-Technik sind die Daten unaufwendig und, da kein Sichtkontakt notwendig ist, sogar nach der Verbauung der Objekte zu lesen. Damit ergeben sich gegenüber den heute zur Identifikation eingesetzten Systemen, wie beispielsweise Barcode, erhebliche Vorteile. Der Einsatz von RFID-tags ermöglicht die Realisierung von objektgebundenen Datenflüssen; objektbegleitende Datenflüsse können reduziert oder eliminiert werden. Damit ist auch die Synchronisation zwischen Material- und Informationsfluss inhärent gegeben. Die Objekte bringen „ihre“ Daten physikalisch gebunden mit. Objektgebundene Datenflüsse bilden damit die Basis effizientere, reduzierte und kostengünstigere Prozesse zu implementieren.

Dabei sind allerdings noch einige Fragestellungen hinsichtlich der Gestaltung des Datenmanagements der in den Wertschöpfungsnetzen zusammengeführten Unternehmen zu beantworten. Die jeweiligen aus den unternehmensbezogenen Erfordernissen und Prozessabläufen resultierenden

Datenhaushalte stellen sich inhaltlich und organisatorisch sehr unterschiedlich dar und werden sehr unterschiedlich organisiert. Die die Objektflüsse begleitenden Datenflüsse erfordern daher häufig hohe Aufwendungen im Hinblick auf ihre Implementierung und ihre Administration. Dies trifft in besonderer Weise kleine und mittlere Unternehmen, die sich projektbezogen sehr schnell in Wertschöpfungsnetze integrieren und laufend ihre Informationssysteme anpassen müssen.

Die objektbegleitenden Datenhaushalte sind heute zentral organisiert. Das bedeutet, dass sämtliche Daten, die zu einem Objekt gehalten werden müssen, in entsprechenden Datenhaltungssystemen gespeichert sind; die Objekte selber tragen lediglich identifizierende Referenzen (z.B. Teilenummer oder Behälternummer), die als Zugriffsschlüssel auf die in den Informationssystemen abgelegten Daten dienen. Diese Daten begleiten den Objekt- bzw. Materialfluss in den Informationssystemen. An ausgewählten Transaktionspunkten, wie beispielsweise an Fertigungseinrichtungen oder an Entscheidungspunkten in Materialflusssystemen, werden die Daten mit dem Objektfluss synchronisiert

Mit der Realisierung objektgebundener Datenflüsse entstehen dezentrale Datenhaushalte, welche dieselben Funktionen der Datenhandhabung (Schreiben, Ändern, Lesen, Löschen) zulassen, wie wir es bei zentralen Datenhaushalten gewohnt sind. Die Objekte führen die für ihre Bearbeitung in den Fertigungs- oder ihre Handhabung in Logistiksystemen benötigten Daten unmittelbar physikalisch gebunden mit sich. In der Folge ergeben sich nunmehr vollkommen neue Möglichkeiten der Prozessgestaltung. Die Interaktionen zwischen der technischen Logistikebene und den Informationssystemen können deutlich reduziert werden. Allerdings müssen die installierten Softwaresysteme an die objektgebundenen Datenflüsse angepasst werden: wo Informations- und Steuerungssysteme heute eine Referenznummer aus dem Prozess erwarten (z.B. Barcodelesung), können sie im Zusammenhang mit objektgebundenen Datenflüssen zukünftig vollständige Datensätze erhalten.

Die allgemein anerkannten Gestaltungsebenen der Logistik (Administration, Disposition, Steuerung und Operation) müssen hinsichtlich der ebenebezogenen Datenhaushalte und der resultierenden Datenflüsse einer erneuten Betrachtung unterzogen werden. Den Ebenen sind Objekte bzw. Funktionen zugeordnet, die durch Modelle und dedizierte Datenhaushalte in Informations- und Steuerungsebenen abgebildet werden. Theoretisch, d.h. zunächst einmal ohne Betrachtung der Wirtschaftlichkeit (s.u.), erlaubt der Einsatz der RFID-Technik die aufwandsarme Identifikation jedes einzelnen Objektes auf

der operativen Ebene. Zugleich können diesen einzelnen Objekten theoretisch alle notwendigen Stamm-/Beschreibungs- und Bewegungsdaten unmittelbar mitgegeben werden. Damit können Aufwendungen auf der Steuerungsebene reduziert werden. Die Disposition kann erheblich detaillierter auf Objektebene erfolgen, die administrativen Systeme könnten in einer Idealvorstellung möglicherweise sogar vollständig entfallen.

Diese theoretischen Denkmodelle müssen durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten jedoch noch weiter unterstützt werden. Die bislang im industriellen Umfeld durchgeführten Pilotprojekte decken einen so geringen Teil der theoretischen Möglichkeiten ab, dass aus der Auswertung der Projekte derzeit noch keine belastbaren und vor allem verallgemeinerbare Konzepte ableitbar sind. Mit einer Reihe von Forschungsarbeiten widmet sich das Fraunhofer-Anwendungszentrum Logistiksystemplanung und Informationssysteme aktuell diesen Fragestellungen. Ein besonderer Fokus liegt neben der technischen und organisatorischen Gestaltung auf objektgebundenen Datenflüssen basierender Logistiksysteme auf der Absicherung eines wirtschaftlichen Einsatzes der RFID-Technik.

In diesem Zusammenhang entstehen auch vollständig neue Konzepte, die Mehrwertfunktionen und Mehrwertdienste, die unmittelbar mit dem Technikeinsatz verbunden sind, zum Inhalt haben.

Mehrwertfunktionen

Als wichtigste Mehrwertfunktion kann die Ergänzung der RFID-tags um Sensoren angesehen werden. Die Integration von Mikrosensoren erlaubt die Erfassung von Umgebungsbedingungen, denen die Teile während des Durchlaufens der Produktions- und Logistikprozesse oder aber nach ihrer Verbauung ausgesetzt sind. Dies ist im Zusammenhang mit den ökologisch bedeutsamen Kreislauf- und Recyclingprozessen von großer Bedeutung. Die Auswertung von Betriebsdaten, die beispielsweise ein demontiertes Bauteil zukünftig mit sich führen kann, wird die Aufwendungen für heute noch notwendige Qualitätssicherungsmaßnahmen vor der Wieder- oder Weiterverwendung der Bauteile deutlich reduzieren.

Mehrwertdienste

In den Wertschöpfungsnetzen und Lieferketten ist heute nicht in ausreichender Detailtiefe bekannt, wie einzelne Objekte durch die verschiedenen am Wertschöpfungsprozess beteiligten Produktions- und Logistiksysteme fließen. Zur Optimierung der Materialflüsse und um die Potenziale, die mit einem medienbruchfreien durchgängigen objektgebundenen Datenfluss verbunden sind, zu identifizieren, können Dienste zur Flussanalyse aufgesetzt werden.

Auf der Basis der tag-Daten kann nicht nur der Fluss einzelner Teile durch die Wertschöpfungsnetze dargestellt werden. Es lassen sich auf der Basis dieser Daten auch strukturelle Aspekte, zugehörige Einflussfaktoren – z.B. Fertigungstechnologien und Entstehungs- sowie Bedarfs-orte für objektgebundene Daten – transparent darstellen.

Die Analyse der objektgebundenen Datenflüsse kann dazu genutzt werden, Objekt- und Datenflüsse hinsichtlich Plausibilität, Vollständigkeit und Bedarfsorientierung entlang der gesamten Produktions- und Logistikkette zu bewerten. Von großem Interesse ist dabei, qualitative Aussagen hinsichtlich des jeweiligen Nutzenpotenzials durch quantitativ nachvollziehbare und belastbare Kennzahlen zu ersetzen. Hier kommen somit technische, organisatorische und wirtschaftliche Betrachtungsweisen zueinander. Der Simulation kommt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle zu. Objektgebundene Datenflüsse liefern eine bislang nicht erreichbare Datenqualität, die wiederum zu einer neuen Qualität von Simulationsergebnissen führen wird.

4. Prozesse und Services – Agilität und Flexibilität durch IT

Die Transparenz in Produktions- und Logistikprozessen, die auf der Basis des RFID-Einsatzes erreicht werden kann, bildet die Grundlage für hoch flexible Abläufe in den Unternehmen. Die Marktsituation, gekennzeichnet durch bereits genannte Begriffe wie Globalisierung, Schnelllebigkeit, Kundenindividualität etc. erfordert agile Unternehmen, die in kürzester Zeit auf Veränderungen in ihrem Umfeld, speziell in Wertschöpfungsnetzen, angemessen reagieren können. Sie benötigen ihrerseits agile Informationssysteme, die ebenso schnell angepasste werden können.

Die Entwicklung von objektorientierten Programmiersprachen und Werkzeugen sowie Softwareentwicklungsmethoden, wie beispielsweise die Komponententechnologie, erlauben es, die Geschäftsprozesse und die dezidierten Objekte immer exakter im Rechner zu beschreiben. Es entsteht ein immer vollständigeres digitales Abbild der Geschäftsprozesse.

Je exakter die Abbildungen und Modelle werden, je „intelligenter“ die Softwarelösungen hinsichtlich der Entscheidungsfindung werden, desto autonomer – also ohne Eingriff des Menschen – können Informationssysteme arbeiten. Diese wachsende Autonomie beinhaltet selbstverständlich auch, dass der Mensch als Systemanwender letztlich keinen Einblick mehr in die Entscheidungsfindung hat; bei vernetzten Systemen fehlt ihm die Kenntnis über die Eingangsparameter, die tatsächliche Prozessabbildung ist ihm genauso unzugänglich wie die implementierten Optimierungs- und/oder Planungsme-

thoden. Er wird mehr und mehr zum Beobachter, der schließlich die Entscheidungen, die von Informationssystemen getroffen werden, hinnehmen und als „richtig“ ansehen muss.

Moderne Informationssysteme müssen unternehmerische Entscheidungen unter Berücksichtigung aller angesprochenen Facetten unterstützen. Dies in einem hoch dynamischen Umfeld, das eben durch schnell und häufig wechselnde Partnerschaften (z.B. Entwicklung, Produktion), technologische Innovationen (z.B. Werkstoffe, IT) und durch laufend anzupassende Prozesse gekennzeichnet ist.

Das Datenmanagement und das Prozessmanagement bekommen in dem dargestellten Szenario eine besondere Bedeutung. Neben der technischen Fertigkeit, die einem Unternehmen zugeschrieben werden muss, zeichnet es sich dann als besonders kompetent aus, wenn es seine Geschäftsprozesse optimal „im Griff“ hat – ein großer Wettbewerbsvorteil, der durch ein konsequent eingeführtes und genutztes Prozessmanagement erreicht und gehalten werden kann. Prozesse können über Kennzahlen bewertet und letztlich einer laufenden Optimierung zugeführt werden. Ein auf die Netzwerkbedürfnisse zugeschnittenes Datenmanagement liefert hier die Basis. Klassische Datamining-Systeme werden den zukünftigen Anforderungen nicht mehr gerecht werden, da sie zwar auf die Analyse schwach strukturierter Datenhaushalte ausgerichtet sind, die durch die Interdisziplinarität bedingten verschiedenen Sichtweisen einzelner Domänen auf das jeweilige Prozessobjekt jedoch nicht überbrücken können.

Die Basis agiler Informationssysteme stellen die Prozesse der Produktentstehung sowie die Prozesse der Entwicklung dezidierter Produktionssysteme dar. In beide Prozesslinien finden unterschiedliche Kompetenzen mit wechselnder Intensität und zeitlicher Abfolge Eingang. Da davon ausgegangen werden kann, dass die notwendigen Kernkompetenzen in den Wertschöpfungsnetzen verteilt sind, kommt der Nutzung von Wissen und Erfahrung eine bedeutende Rolle zu. Hier steht weniger die Frage im Vordergrund, wie Wissen verfügbar gemacht wird, sondern welches verteilte Wissen wann unter welchen Konditionen in die Prozesse einfließt oder im Sinne einer push-Funktion propagiert wird. Agile Informationssysteme müssen also den bedarfsgerechten Abruf, die Bereitstellung aber auch den Schutz von Wissen und Erfahrung gleichermaßen unterstützen. In diesem Zusammenhang werden Systeme vermehrt Methoden und Verfahren der künstlichen Intelligenz (beispielsweise neuronale Netze zur Bedarfsanalyse und Agententechnologie zur Akquisition und geschützten Bereitstellung) nutzen müssen. Während das

Prozess- und das Datenmanagement die Geschäftsprozesse in ihrer Operation zu treiben und zu optimieren sucht, werden die inhaltliche Qualität und Stabilität der Prozesse über das Wissensmanagement gestützt. Auch dies ist ein kontinuierlicher Prozess, da nicht nur bereits vorhandenes Wissen genutzt, sondern auch laufend neu entstehendes Wissen zugänglich gemacht wird. Das Unternehmen muss über ein collaboration portal auch auf externes Wissen zugreifen können.

Gerade in den Bereichen, in denen Informationssysteme in starkem Maße eine Realität zeigen sollen, ist die Gefahr eines Realitätsverlustes derjenigen Menschen, die mit diesen Systemen und den angebotenen Handlungsalternativen arbeiten sollen, zu beachten.

Im Bereich Konstruktion und Entwicklung werden beispielsweise computeranimierte Simulationen verwendet (Digital Mock Up), um im virtuellen Raum zu überprüfen, ob bestimmte Montageprozesse realisierbar sind. Der feste Glaube an die Richtigkeit der Simulation wirkt sich hier nur gering aus; spätestens bei der Aufnahme der prototypischen Produktion wird ein möglicher Fehler erkannt. Was ist, wenn mit ähnlichen Mitteln die Funktion sicherheitsrelevanter Teile ermittelt wird? Auch das Verhalten von Märkten wird in Informationssystemen abgebildet, um beispielsweise die Absatzmöglichkeiten von Produkten oder das Kaufverhalten in dezidierten Märkten simulativ vorhersagen zu können. Entscheidungen, die auf der Basis rechnergestützt erzeugter Informationen getroffen werden müssen, werden an rechnergestützte Systeme zwecks Validierung delegiert (Beispiel: Simulation). Schnell stellt sich hier die Frage nach der Rolle des Menschen in derart gestützten Entscheidungsprozessen – trifft er wirklich Entscheidungen, oder setzt er Vorgaben der Informationssysteme letztlich nur um? Es besteht das grundsätzlich wachsende Risiko, dass die den Entscheidungen zugrunde liegenden Modelle nicht korrekt sind, die Entscheidungen in der Modellwelt aber schon. Komplexe Produktionssysteme werden häufig mittels aufwändiger Informationssysteme, die einzelne Prozesszustände zu übersichtlichen Prozessabbildern aggregieren, gesteuert. Das Verhalten der Werker und Maschinen in der Produktion wird anhand weniger aussagekräftiger Kennzahlen beurteilt. Immer häufiger werden über Kameras Livebilder in die Steuerleitstände eingespielt, um dem Bedienpersonal neben den abstrakten Prozessschaubildern und kennzahlenorientierten Diagrammen auch einen Eindruck bezüglich des „echten" Prozessablaufes zu geben.

Aufgrund der wachsenden Fülle von Informationen, die als Grundlage von Entscheidungen dienen müssen, werden die Entscheidungssituationen

kontinuierlich komplexer. Schon die Selektion der „richtigen“ Informationen, ihre Einordnung und die Beurteilung gegenseitiger Abhängigkeiten fordern den entscheidenden Menschen mehr und mehr heraus.

Eine zentrale Aufgabe agiler Informationssysteme besteht somit darin, eine Konvergenz zwischen der Leistungsfähigkeit der modernen IT und der Verständnisfähigkeit der Anwender herzustellen. Erreicht werden kann dies durch die Integration von coaching-Funktionen, die individualisierte Unterstützung für unterschiedliche Benutzergruppen und Anwendungsszenarien anbieten.

5. Objektgebundene Datenflüsse und agile Informationssysteme

An dieser Stelle ist es hilfreich, die Potenziale objektgebundener Datenflüsse und die Anforderungen an agile Informationssysteme zusammen zu führen.

Wenn objektgebundene Datenflüsse zu einem hohen Maß an Transparenz auch und gerade durch die Dezentralisierung der Datenhaushalte führen, ist der nächste folgerichtige Schritt, die Komplexität der Prozessabläufe und der entsprechenden Modelle in den Informationssystemen aufzulösen. Serviceorientierte Strukturen bieten sich in diesem Zusammenhang als Lösungsraum an.

Die Prozessorientierte Denkweise ist mittlerweile fester Bestandteil der Gestaltung von Produktions- und Logistiksystemen. Diesem Ansatz folgend, bezeichnet eine serviceorientierte Architektur (Service-Oriented Architecture, SOA) ein Architekturkonzept, das sich im Wesentlichen aus Diensten zusammensetzt, die von den Prozessobjekten angefordert werden können. Konnektoren erlauben dabei die Interaktion zwischen den implementierten und registrierten Diensten. Serviceorientierte Architekturen setzen konsequent das Paradigma der Trennung von Dienstbeschreibung und seiner Realisierung um und stellen damit ein hohes Maß an Transparenz sicher. Zu jedem Dienst existiert eine separate Schnittstelle, über die der Dienst eindeutig adressiert und angefragt werden kann

Das Konzept SOA weist im Wesentlichen drei Komponenten auf:

- Service Provider
  Diese Komponenten stellen Dienste (services) bereit;
- Service Requestor
  Anwendungen, oder in hier dargestelltem Zusammenhang Objekte, die Dienste anfordern;
- Service Registries
  Hier werden die angebotenen Dienste zentral registriert und das Suchen nach Diensten unterstützt.

Hinzu kommen Basisinteraktionen, die zur Registrierung eines Dienstes, zum Suchen und Finden eines Dienstes, zum Herstellen der Bindung zu einem Dienst und zur Anforderung an einen Dienst notwendig sind.

Das Konzept SOA führt damit unmittelbar zur Auflösung von Komplexität, was für agile Informationssysteme von entscheidender Bedeutung ist. Im Informationssystem müssen nicht mehr die Prozessabläufe vollständig mit allen Eventualfällen modelliert werden, sondern es sind lediglich die für die einzelnen Prozessschritte erforderlichen Dienste zu definieren und zu implementieren. Die Abfolge ihres Abrufes ergibt sich nicht durch eine vorweggenommene Modellierung, sondern durch das jeweilige Prozessgeschehen unmittelbar.

Dieser konzeptionelle Ansatz lässt sich nun hervorragend mit dem Ansatz der objektgebundenen Datenflüsse kombinieren; die Leistungsobjekte in den Produktions- und Logistiksystemen führen ihren Datenhaushalt mit sich und rufen entlang der Prozessschritte die jeweils notwendigen Dienste ab. Diese wiederum beziehen die relevanten Daten unmittelbar vom anfordernden Objekt. Da eine starre Modellbildung und -implementation entfällt, sind auf dieser konzeptionellen Plattform agile Informations- und Steuerungssysteme aufzubauen, die den Anforderungen im Hinblick auf eine hohe Flexibilität entsprechen.

6. Ökologie als Zukunftsthema der Logistik

Nicht unmittelbar ersichtlich, aber doch zwingend mit der Thematik agiler Unternehmen in Wertschöpfungsnetzen verbunden, ist das Thema Ökologie.

Aktuell nimmt die Diskussion um die durch den Menschen verursachte Klimaänderung an Eindringlichkeit und Schärfe zu. Der Logistik kommt in diesem Zusammenhang eine bedeutende Rolle zu, wenngleich hier derzeit eher negative Aspekte im Vordergrund stehen. Die Themen der Atomisierung von Warenströmen im Handel und die Unterstützung bestandsminimaler Produktionsstrategien in Wertschöpfungsnetzen führen zwangsläufig zu einem hohen Aufkommen an Wirtschaftsverkehren. Die politischen und gesellschaftlichen Diskussionen gehen verstärkt in die Richtung, Individualverkehre durch gesetzliche Regelungen, die im Nachgang einer strengen Kontrolle hinsichtlich ihrer Umsetzung bedürfen, ökologischer zu gestalten. Ohne die Erfolgsträchtigkeit dieser Bemühungen in Zweifel zu ziehen, stellt sich aber doch die Frage, ob eine stärkere Fokussierung auf die Logistik nicht schneller und effizienter Beiträge zum Klimaschutz leisten kann.

Die Gestaltung logistischer Prozesse ist seit langer Zeit Gegenstand der Forschung und Entwicklung. Es sind hoch effiziente Methoden der Planung und Steuerung entwickelt worden, die zur Optimierung der Logistik in der Beschaffung, der Produktion und der Distribution geführt haben und auch weiterhin führen. Auch Bereiche der Logistik, die das tägliche Leben tangieren, wie die Entsorgungslogistik, sind umfassend erforscht. Auf dieser Basis kann nun unter ökologischen Gesichtspunkten bestens aufgesetzt werden. Es sind umfangreiche Kennzahlenwerke entstanden, die zur Analyse und Optimierung logistischer Prozesse herangezogen werden können. Alle diese Kennzahlenwerke haben eines gemeinsam: sie orientieren sich an ökonomischen Aspekten. Die Minimierung von Durchlaufzeiten, die Sicherung einer hohen Termintreue oder die Reduzierung von Beständen sind typische Zielvorgaben, deren Erreichen mittels der Kennzahlensysteme analysiert und optimiert werden. Auch der Einsatz von Ressourcen wird dabei selbstverständlich in die Überlegungen und Optimierungsstrategien mit einbezogen. Zu den Ressourcen gehören natürlich technische, wie Fahrzeuge oder Fördertechniken. Auch Personal oder Flächen werden betrachtet. Dabei stehen jedoch ausnahmslos Investitions- und Betriebskosten im Vordergrund.

Die ökologische Dimension bleibt nahezu vollständig außen vor. Am Beispiel der Herstellung eines Erdbeerjoghurts zeigte Stefanie Böge in ihrer Diplomarbeit schon 1992, dass mehr als 9.000 LKW-Kilometer nötig sind, damit ein deutscher Joghurt im deutschen Ladenregal stehen kann. Die Erdbeeren stammen aus Polen, die Bakterien kommen aus Schleswig, das Glas wird in Bayern produziert, der Aluminiumdeckel wird im Rheinland gefertigt [BÖGE 1992]. Zwar wurde durch diese Arbeit ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit erzeugt, nachhaltige Überlegungen, wie umweltbezogene Aspekte berücksichtigt werden können, sind daraus jedoch nicht entstanden.

Logistische Prozesse laufen zumindest in der Idealvorstellung geplant, koordiniert, gesteuert und kontrolliert ab. Es liegt also nahe, in die diesbezüglichen Planungs- und Steuerungssysteme ökologische Parameter zu integrieren, um auch unter diesem Gesichtspunkt zu optimierten Ergebnissen zu kommen.

Dabei geht es nicht nur darum, Prozesse der Kreislaufwirtschaft logistisch zu unterstützen, sondern die Forderung besteht darin, die Logistik selbst ökologischer zu gestalten. Energieverbrauch, Schadstoffausstoß und Flächenverbrauch müssen in die Optimierungsstrategien eingebunden werden.

Betrachten wir als ein Beispiel in diesem Zusammenhang den Transport von Biomasse, die zur Energieerzeugung eingesetzt werden soll: Bisher exi-

stieren nur rudimentäre Ansätze und Modelle, um die zum Transport von Energieträgern aufzuwendenden Ressourcen vollständig in eine Berechnung der Energiebilanz oder auch der Wirtschaftlichkeit (Volkswirtschaft!) aufzunehmen. Der Wirkungsgrad der Energieträger wird sicher neu zu bewerten sein, wenn entsprechende Modelle den tatsächlichen Ressourcenaufwand transparent werden lassen. Auch auf die Produktion lassen sich derartige Fragestellungen abbilden: über welche Distanzen und mit welchen Ressourcen ist beispielsweise eine JIT/JIS-Anlieferung ökologisch noch vertretbar. Und natürlich kommt auch hier die Frage auf, in wie weit intelligente IT-Lösungen hier Unterstützung leisten können. Gerade diese Frage ist dann besonders kritisch zu stellen. Denn nicht alles, was technisch möglich ist, muss unbedingt Vorteile – hier in ökologischem Zusammenhang – mit sich bringen. Beispielsweise ist zu hinterfragen, ob die Forschungsarbeiten, die sich mit intelligenten Objekte, die sich ihren Weg durch Produktions- und Logistiksysteme selbständig suchen, auseinandersetzen, wirklich zielführend sind. Oder ob diese Forschung nicht ein eher einen Weg ins Suboptimale beschreiten, da sie zwar lokale respektive individuelle Optimierungen im Fokus haben, diese dem Gesamtzusammenhang also überordnen.

Literatur

[Böge 1992] Böge, Stefanie, Diplomarbeit an der Universität Dortmund: „Die Auswirkungen des Straßengüterverkehrs auf den Raum – Erfassung und Bewertung von Transportvorgängen in einem Produktlebenszyklus“ am Beispiel von Milchprodukten („Der Weg eines Erdbeerjoghurts“)