

Disposition und Steuerung des Wareneingangs in einem Transportermontagewerk

Christian Stegner, Stefanie Wendler, Mario Wöllner, Herbert Sonntag

Zusammenfassung

Die Leistungsfähigkeit produzierender Unternehmen ist maßgeblich von der Steuerung logistischer Prozesse bestimmt. Im Sinne einer Effizienzmaximierung der nachfragebasierten Materialversorgung kommt dem Informationsfluss eine bedeutende Rolle zu. Dabei ist eine einwandfreie Datenerfassung, als Schnittstelle zwischen Informations- und Materialfluss, essentiell. Allerdings kann eine fehlerfreie Erfassung logistikrelevanter Daten entlang der Supply Chain aufgrund manueller Identifizierungsabläufe nicht immer gewährleistet werden. Dies kann die Fähigkeit der effizienten Prozesssteuerung stark einschränken und demzufolge zu empfindlichen Einschnitten bezüglich der Prozessqualität führen. Der Einsatz automatischer Identifizierungssysteme im Unternehmen stellt ein probates Hilfsmittel zur Sicherstellung der logistischen Prozesssicherheit dar. Doch sind bei der Auswahl eines für den jeweiligen Anwendungsfall bestgeeigneten Auto-ID-Systems neben monetären auch qualitative Parameter zu untersuchen. Nur so kann sichergestellt werden, dass aus einer Vielzahl möglicher Technologiealternativen eine Systemvariante ausgewählt wird, die die gegebenen Rahmenbedingungen optimal berücksichtigt. Im Nachfolgenden soll die Auswahl eines Auto-ID-Systems exemplarisch erläutert werden. Dazu wird zunächst eine detaillierte Systemanalyse durchgeführt. Zur Bewertung des qualitativen Nutzens der Implementierung eines Auto-ID-Systems kommt eine Nutzwertanalyse zur Anwendung. Des Weiteren wird eine umfassende Investitionsrechnung durchgeführt, bei der sowohl etwaige Investitions- als auch Betriebskosten einbezogen werden, um ebenso quantitative Aufwandparameter abschätzen zu können. Die abschließende Systemempfehlung erfolgt mittels einer Nutzwert-Kosten-Analyse, bei der die einzelnen Systemalternativen anhand ihrer qualitativen und quantitativen Eigenschaften gegenübergestellt werden. Vor dem Hintergrund der gegebenen Problemstellung hat sich ein WLAN-gestütztes Auto-ID-System als Vorzugsvariante herausgestellt. Es verfügt unter allen Alternativen über das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis und führt zur größtmöglichen Prozessverbesserung.

Abstract

The performance of manufacturers is mainly determined by the control of the logistic processes. To maximize the efficiency of a demand based material flow, it is of particular importance to focus on the information flow. It is essential to have a perfectly working data recording as interface between the material and information flow. However, manual identification procedures in supply chains do not guarantee a faultless recording of relevant data. On the contrary, automatic identification systems are known to ensure logistic process reliability. Against the background of a diversity of available Auto-ID solutions, the choice for an appropriate one needs not only to take into account monetary, but also qualitative parameters. In this way, also on-site conditions are considered. In the following, the selection of an Auto-ID system will be exemplified which is firstly based on a detailed system analysis. Secondly, a value benefit analysis will be conducted that evaluates the qualitative advantages of the implementation of an Auto-ID system. Thirdly, potential expenditures will be estimated by carrying out a comprehensive investment appraisal, focusing both on investment and operating costs. Finally, a system recommendation will be offered as a result from a cost-benefit analysis that compares all system solutions on the basis of their qualitative and quantitative properties. In the given study, a WLAN based Auto-ID system turned out to be the favorable solution. It had the best cost-benefit ratio across all alternatives and led to the largest possible process improvement.

1 Einleitung

Der Fahrzeugbau ist durch eine hohe Teilevielfalt gekennzeichnet, verursacht durch komplexe Produkte [1]. Somit ist ein erheblicher Logistikaufwand zu erbringen, um diese Komplexität unter Beachtung wirtschaftlicher Ziele zu beherrschen [2]. Insbesondere die Datenerfassung ist für einen optimierten, kostenminimalen Materialfluss von hoher Bedeutung [3]. Ziel eines produzierenden Unternehmens muss es daher sein, eine effiziente Steuerung der Materialbeschaffungsvorgänge sicherzustellen. Dies gilt insbesondere auch im Bereich der Transport- und Wareneingangsprozesse, der von einem zunehmenden Aufwand zur Koordination der Informations- und Materialflüsse geprägt ist. Dies ist im vorliegenden Anwendungsfall von Stegner (2008) im Rahmen einer Diplomarbeit im Werk Mercedes Benz Ludwigsfelde untersucht worden.

Im bearbeiteten Fall ist die Leistung der Logistikprozesse stark von der Qualität (Menge, Validität, Verfügbarkeit etc.) logistischer Datensätze abhängig. Bei der Konzipierung wird daher der Einsatz automatischer Identifizierungssysteme erwogen, denn die Leistungsfähigkeit logistischer Prozessketten ist nur so gut wie die Informationen, die zur Lenkung derselben notwendig sind [4]. Es bildet die Auto-ID durch ihre nahezu feh-

lerfreie Identifikation in kürzester Zeit die elementare Voraussetzung für eine effiziente Prozessgestaltung [5]. Auto-ID-Verfahren umfassen die automatische Übertragung von Informationen der realen Welt in die Informationssysteme von Unternehmen. Diese übernimmt dabei auch Dienste zur Vorverarbeitung von Daten, die von der Auto-ID-Peripherie bereitgestellt werden (=Event Middleware). Einem zentralen unternehmensinternen Informationssystem werden somit nur die betriebswirtschaftlich sinnvollen Daten weitergereicht [6]. Nachfolgend ist eine geeignete Gesamtarchitektur dargestellt.

2 Untersuchungsbereich

Zur Planung des Material- und Informationsflusses innerhalb des Teilgebietes »Inboundlogistik« wurde dieses in die drei Phasen *Warenabholung*, *Transport* und *Wareneingang* unterteilt. Letztgenannte Phase ist Schwerpunkt dieser Arbeit gewesen. Der Wareneingang schließt mit Ankunft des Spediteurs am Werk die betriebsexternen Schritte der Beschaffung ab.

Abbildung 2 verdeutlicht, welche Teilprozesse bei der Wareneingangsabwicklung betrachtet wurden. Im Vordergrund standen die Prozessschritte zwischen der WE-Leitstelle an der Werkseinfahrt und den relevanten

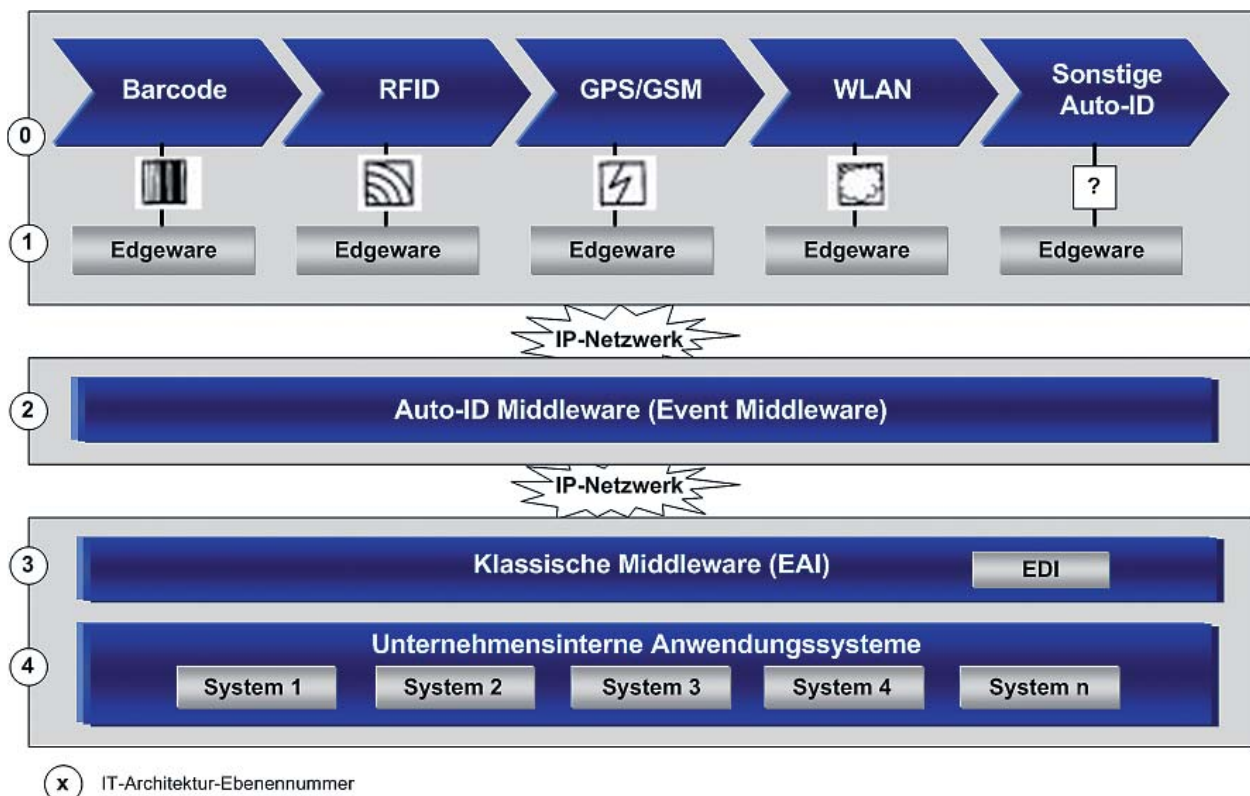


Abb. 1: IT-Architektur eines Auto-ID-Systems

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Gillert/Hansen 2007, S. 137



Abb. 2: Abgrenzung des Untersuchungsbereiches (blau)

Be- bzw. Entladezonen des Montagewerkes. Die Aufgabe des Wareneingangs besteht in der Annahme und Erfassung angelieferter Produktionsmaterialien. Dazu wird in den informatrischen und physischen Wareneingang unterschieden. Die Analyse, Darstellung und Bewertung der Wareneingangsprozesse beschränkte sich auf sämtliche Inbound-Verkehre zur Anlieferung von Produktivmaterial sowie auf Be-/Entladezonen, die der Lkw-Steuerung unterliegen.

3 Ausgangssituation, Rahmenbedingungen und Planungsgrundlagen

Die Transport- und Wareneingangsprozesse in der industriellen Automobilherstellung werden durch die Interaktion verschiedener IT-Systeme unterstützt. Diese tragen maßgeblich zur Effizienzsteigerung bei der Erfassung und Steuerung der Wareneingänge bei. Im themenstellenden Unternehmen ist das Wareneingangssystem (WES) fundamentaler Bestandteil der Wareneingangsabwicklung. Das WES ist ein System für die ordnungsgemäße Erfassung und Verarbeitung der Ein- und Ausgänge sowohl von Produktivmaterial als auch von Ladungsträgern. Im Zuge der Avisierung von Materiallieferungen werden per Datenfernübertragung (DFÜ) elektronische Lieferschein-Avisen an das WES übermittelt.

Ankommende Lkws werden zunächst in der WE-Leitstelle informatrisch abgefertigt. Im Rahmen der informatrischen Warenvereinnahmung werden die

Daten der Lieferanten in das WES übernommen (informatrische Ersterfassung). Es folgt die Zuweisung einer ersten anzufahrenden Entladezone als Teil der internen Lkw-Steuerung. Dort erfolgt der physische Wareneingang, d. h. die eigentliche physische Lkw-Abfertigung. Abbildung 3 gibt einen schematischen Überblick über die Wareneingangsabwicklung des Montagewerkes für Nutzfahrzeuge.

Neben der Erfassung, Korrektur und Abfrage der Wareneingangsdaten ermöglicht eine WES-Funktionalität, dass zu jedem Bordero-Umfang Lkw-Abfertigungsdaten und -zeiten (KOMMT- und GEHT-Zeiten) erfasst werden können. Somit stellt das WES allen Prozessbeteiligten Informationen über die im Werk befindlichen und die vor dem Werk wartenden Lkws zur Verfügung.

Aufgabe der internen Lkw-Steuerung ist es, auf dem Werksgelände befindliche Lkws optimal durch das Werk von Entladezone zu Entladezone zu leiten. Bei einer optimalen operativen Steuerung sollten u. a. folgende Prämissen verfolgt werden:

- minimale Durchlaufzeiten pro Lkw,
- gleichmäßige Auslastung der Be- und Entladezonen,
- Minimierung der Belastung der Be- und Entladezonen,
- Beachtung zeitkritischer Anlieferungen.

Dazu wird jedoch eine höchstmögliche Prozesstransparenz vorausgesetzt. Es ist unabdingbar, genaue Informationen über die Auslastungen von Be- und Entladezonen sowie über den Bearbeitungsstatus einzelner Lkws vorliegen zu haben. Demzufolge ist die exakte

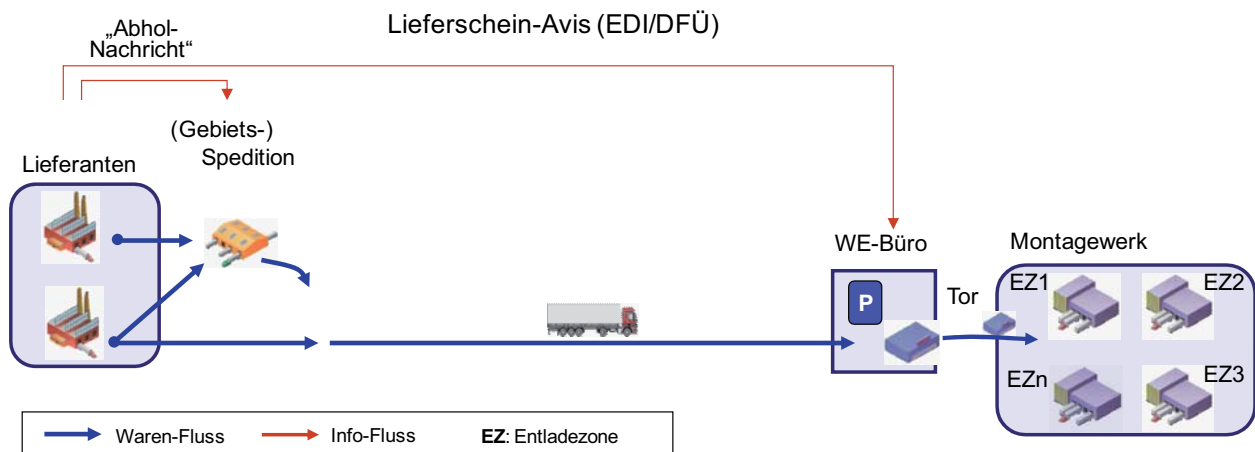


Abb. 3: Schema Transport- und Wareneingangsprozess

und vollständige An- und Abmeldung eines Lkws – insbesondere an den jeweiligen Be- und Entladezonen des betroffenen Werkes – essentiell.

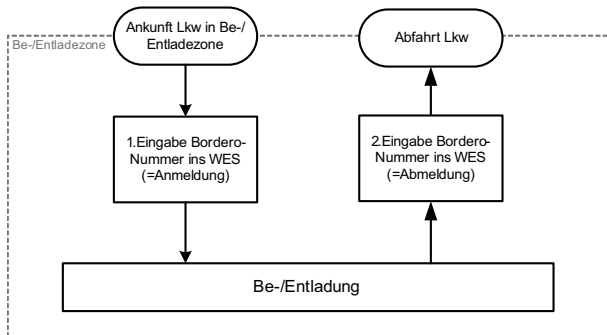


Abb. 4: Prinzipskizze der Lkw-Erfassung

Bei der Erfassung von Lkw-Abfertigungszeiten können zum einen Ankunfts- und zum anderen Abfahrtsdaten eines Fahrzeuges an einer Be-/Entladezone erfasst werden. Die Setzung von Abfertigungszeiten wird an den Be- und Entladezonen manuell durchgeführt, indem durch manuelle Eingabe der Bordernummer im WES das aktuelle Zeitereignis im Abfertigungssatz gebucht wird. Dieses manuelle Prinzip erfordert eine genaue Einhaltung von Prozessvorgaben.

<ul style="list-style-type: none"> – Wareneingangssystem (WES) – Frühzeitige DFÜ-Avisierung 	Stärken	Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> – Mangelnde Daten- und Prozesstransparenz – Schlechte Datenqualität – Unzulängliche Lkw-Steuerung im Werk MBLU – Nicht-Einhaltung von Prozessvorgaben – kaum Auswertungsmöglichkeiten
<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz innovativer Technologien – Nutzung vorhandener (IT-Infrastruktur) – Beachtung konzerninterner Projekte 	Chancen	Risiken	<ul style="list-style-type: none"> – Mangelnde Akzeptanz der Prozessbeteiligten – Überdimensionierung neuer Systeme

Abb. 5: Zusammenfassung SWOT-Analyse

In Abbildung 5 sind die Ergebnisse der SWOT-Analyse dargestellt. Es ist ersichtlich, dass im Werk eine schlechte Datenqualität in Bezug auf die Erfassung von Lkw-Abfertigungszeiten vorherrscht, was in einer ungenügenden Prozesstransparenz resultiert. Die Hauptursache dafür ist in dem hohen Einfluss manueller Tätigkeiten bei den Erfassungsvorgängen zu sehen, der hohe Fehlerquoten begünstigt. Diese Qualitätsdefizite nehmen negativen Einfluss auf die gesamte interne Lkw- und Wareneingangssteuerung, wie in Abbildung 6 verdeutlicht.

Aufgrund der beschriebenen Ausgangssituation und der Tatsache, dass der Einsatz automatischer Identifikationssysteme erhebliches Potenzial zur Optimierung bietet, wurde in dieser Arbeit eine Untersuchung zum möglichen Einsatz eines solchen Systems durchgeführt. Damit sollen zukünftig alle Lkws, die Produktivmaterial anliefern, automatisch an neuralgischen Punkten im Werk identifiziert bzw. erfasst werden können. Eine Prozessoptimierung in Form der Einführung eines umfangreichen technischen Systems gibt die Möglichkeit einer ganzheitlichen Optimierung betroffener Prozesse im Wareneingang und lässt höhere Synergien erwarten als partielle Verbesserungen entlang der Prozesskette.

4 Auswahl eines Auto-ID-Systems zur Optimierung der Wareneingangssteuerung

4.1 Allgemeine Vorgehensweise

Bei der Auswahl eines geeigneten Auto-ID-Systems muss stets bedacht werden, dass eine rein technisch ausgerichtete Implementierungsstrategie ohne detaillierte Kosten-Nutzen-Betrachtung einen angestrebten Projekterfolg entscheidend gefährden kann. Demzufolge spielt bei der Auswahl eines geeigneten Auto-ID-Systems, unter Berücksichtigung der Vielzahl an

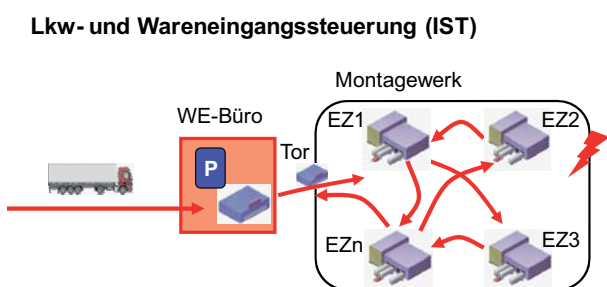
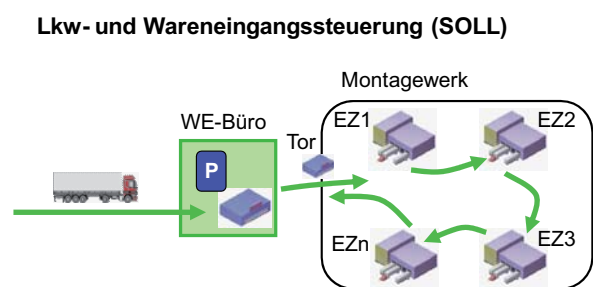


Abb. 6: Problemstellung der internen Lkw- und Wareneingangssteuerung



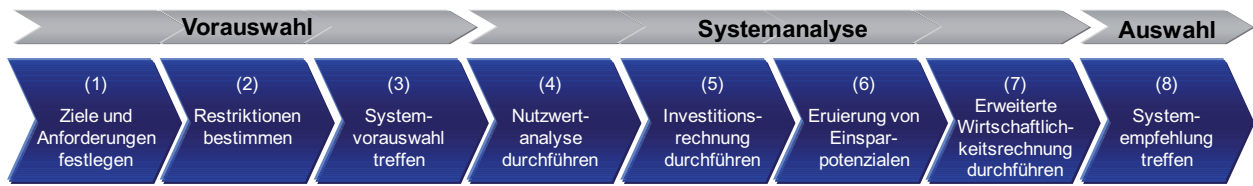


Abb. 7: Vorgehensweise bei der Auswahl eines Identifikationssystems

Technologiealternativen, die Wirtschaftlichkeit und der individuelle Nutzen potenzieller Lösungsvarianten eine entscheidende Rolle. Zur Durchführung der Auswahl eines geeigneten Identifikationssystems ist eine strukturierte Vorgehensweise erforderlich, die es ermöglicht, eine Analyse von der ersten Zielformulierung bis zur finalen Bestimmung einer Vorzugsvariante zu realisieren. Folgende Vorgehensweise wurde bei dieser Arbeit angewandt und ist im Allgemeinen für eine Systemauswahl zu empfehlen:

4.2 Vorauswahl

Zu Beginn der Bewertung potenzieller Auto-ID-Systeme ist zu klären, welche Systeme aus der Vielzahl vorhandener Lösungen zur automatischen Identifikation in Betracht gezogen werden sollen. Bei dieser Analyse wurden alle die Systeme bei der Bewertung beachtet, die alle Lkws im Werk aktuell (d. h. in Echtzeit), lückenlos und fehlerfrei zu erfassen in der Lage sind. Der Kreis möglicher Identifikationssysteme wurde bewusst groß gehalten, um unter Garantie die für die vorliegende Situation optimale Technologie zu eruiieren. Insgesamt wurden 13 Systeme auf deren Anwendbarkeit geprüft.

In einer ersten Vorauswahl wurden einige potenzielle Auto-ID-Systeme ausgeschlossen, die erwarten ließen, dass sie den Prozessanforderungen der Lkw-Steuerung des Werkes nicht genügen. Dazu lassen sich aus den Anforderungen Restriktionen bezüglich des Gesamtsystems ableiten. Diese Restriktionen können organisatorischer und technischer Art sein und sind unternehmensspezifisch. Ein neues System muss die Restriktionen erfüllen. Andererseits fungieren diese als K.O.-Kriterien, sodass die Lösungsvariante von der weiteren Auswahl eines passenden Identifikationssystems auszuschließen ist.

Durch Abgleich der (technischen) Eigenschaften der betrachteten Auto-ID-Systeme mit den vorangehend definierten Restriktionen lässt sich bereits eine Vorauswahl treffen. Bei der vorliegenden Analyse stellten sich drei Systeme heraus, die für eine weitergehende Analyse geeignet sind. Dies betrifft die aktive und passive RFID-Technologie sowie die Ortungstechnologie auf Basis eines ausgedehnten WLAN-Netztes. Im Weiteren erfolgte nun eine detaillierte Systemanalyse – unter Beachtung von Nutzwerten und Kosten – der verbliebenen Systeme RFID (aktiv und passiv) sowie WLAN.

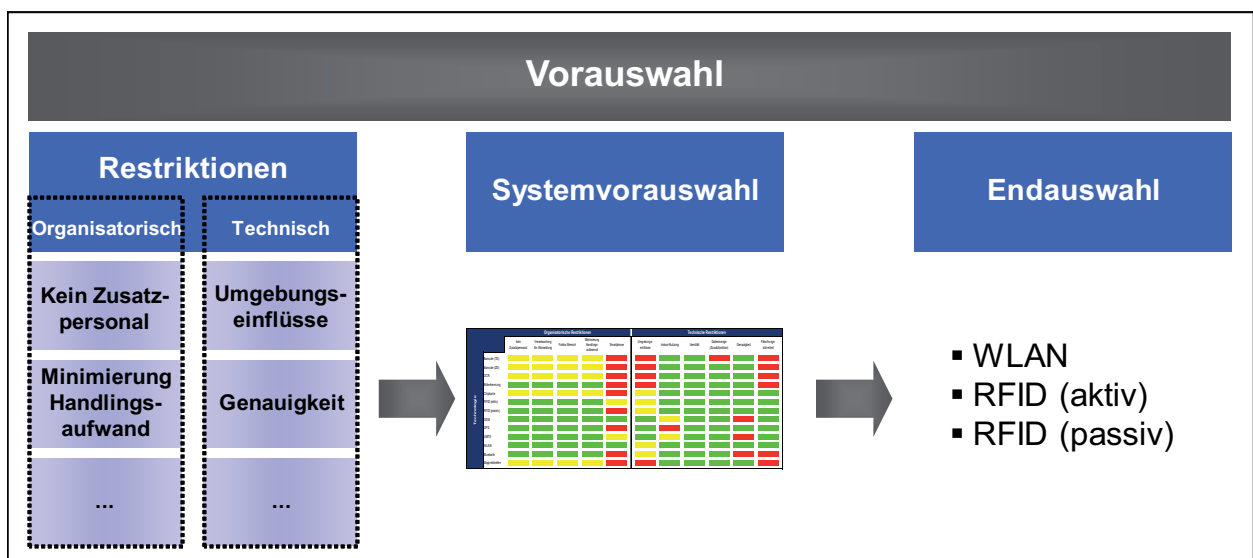


Abb. 8: Vorauswahl eines Auto-ID-Systems im betrachteten Unternehmen

4.3 Systemanalyse

Nutzwertanalyse

Zur Bestimmung einer Vorzugsvariante ist es von Bedeutung, dass bei der systematischen Entscheidungsfindung neben monetären auch nicht quantifizierbare Entscheidungskriterien bedacht werden. Zur nicht-monetären Bewertung und Gegenüberstellung der verbliebenen Varianten wurde sich des Nutzwertverfahrens bedient. Bei einer Nutzwertanalyse können mehrere Alternativen verglichen und ihr Wert in Hinsicht auf die gestellten Ziele ermittelt werden. Folgende Schritte sind bei einer Nutzwertanalyse zu tätigen:

- 1) Erster Schritt und Grundlage für eine Nutzwertanalyse ist das Erkennen und Formulieren von Bewertungskriterien, die die Zielvorgaben der Implementierung eines Auto-ID-Systems erfassen und die Prozessstrukturen des betrachteten Unternehmens berücksichtigen. Die einzelnen Kriterien müssen weitestgehend unabhängig voneinander sein.
- 2) Die Bedeutung der verschiedenen Kriterien für den Gesamtwert wird über Gewichtungsfaktoren ausgedrückt. Wegen hoher Objektivität und guter Reproduzierbarkeit kam hierbei das Verfahren der absoluten Gewichtung zur Anwendung. Es wurden absolute Gewichtungsfaktoren zwischen eins (unwichtig) und fünf (äußerst wichtig) vergeben.
- 3) Anschließend werden die einzelnen Varianten hinsichtlich der Erfüllung der einzelnen Kriterien beurteilt. Für das Beurteilen des Erfüllungsgrades einer Systemalternative für jedes der Kriterien wurden hierbei Punkte von null (unbrauchbar) bis zehn (ideal) vergeben.
- 4) Zur Ermittlung der Teilnutzwerte einer Alternative wird je Kriterium der Erfüllungsgrad mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert.
- 5) Der Gesamtnutzwert jeder Systemvariante wird durch Addition der gewichteten und ungewichteten

ten Teilnutzwerte der Kriterien bestimmt. Für einen Vergleich der Alternativen werden die jeweiligen Gesamtnutzwerte zu den maximal erreichbaren Nutzwerten ins Verhältnis gesetzt. Daraus ergibt sich eine Rangfolge, die zu einer ersten Systempräferenz führt. Als Referenzwert dient dabei der IST-Zustand, der ebenfalls zu bewerten ist.

Zum Schluss erfolgt die Aufbereitung der Ergebnisse. Nach Abschluss dieser Nutzwertanalyse wird deutlich, dass die Variante 1 (WLAN) den besten Gesamtnutzwert unter allen Alternativen aufweist. Insgesamt führen jedoch alle Alternativen zu einer deutlichen qualitativen Verbesserung im Vergleich zur IST-Situation. Um den Einfluss der Gewichtungen zu relativieren, sollte ebenfalls für die ungewichteten Nutzwerte eine Rangfolge gebildet werden.

Investitionsrechnung

Auch wenn nach Beurteilung qualitativer Aspekte hierbei eine erste Systempräferenz abgegeben werden konnte, erweist sich eine detaillierte Analyse quantitativer Aufwandsparameter als sinnvoll. Für eine ausführliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Bestimmung einer Vorzugsvariante ist eine Investitionsrechnung unumgänglich. Im Allgemeinen ergibt sich die Wirtschaftlichkeit eines Investitionsvorhabens aus der Gegenüberstellung der erzielten Ergebnisse (Leistungen) und dem dafür getätigten Mitteleinsatz (Kosten). Das heißt, auf der Kostenseite sind zunächst sämtliche mittelbaren und unmittelbaren Kostenbestandteile – die Investitions- und Betriebskosten – zu ermitteln. Ergänzt wird dies durch die Ermittlung individueller Leistungspotenziale, d. h. potenzieller Kosteneinsparungen, die sich durch die Implementierung eines Auto-ID-Systems ergeben können.

Bei den Investitionskosten sind die einzelnen Kostenbestandteile für die Einführung eines neuen Systems zur automatischen Identifizierung zu bestimmen. Im

		Ist-Zustand (manuell)	Variante 1 WLAN	Variante 2 RFID (aktiv)	Variante 3 RFID (passiv)
Nutzwert (gewichtet)	Punktzahl	628	827	772	761
	Rang	4	1	2	3
	Anteil an maximaler Punktzahl	60 %	80 %	74 %	73 %
Nutzwert (ungewichtet)	Punktzahl	217	282	265	261
	Rang	4	1	2	3
	Anteil an maximaler Punktzahl	60 %	78 %	74 %	73 %

Tab. 1: Ergebnis der Nutzwertanalyse

Investitionskosten							
Kosten für		Variante 1 (WLAN)		Variante 2 (RFID aktiv)		Variante 3 (RFID passiv)	
		Umfang	Kosten	Umfang	Kosten	Umfang	Kosten
Hardware	Schreib/Leseinheit	–	0,00 €	16 Stück	40.000,00 €	16 Stück	35.200,00 €
	Access Points	6 Stück	4.500,00 €	–	0,00 €	–	0,00 €
	Datenträger (Tags)	151 Stück	7.550,00 €	151 Stück	7.550,00 €	33158 Stück	24.868,80 €
	Halterung	50 Stück	250,00 €	50 Stück	250,00 €	–	0,00 €
	Chokepoints	2 Stück	1.300,00 €	–	0,00 €	–	0,00 €
	Server	2 Stück	8.000,00 €	2 Stück	8.000,00 €	2 Stück	8.000,00 €
Software	Edgware	–	0,00 €	1 Stück	8.000,00 €	1 Stück	8.000,00 €
	Middleware (inkl. Programmierleistung)	1 Stück	85.000,00 €	1 Stück	50.000,00 €	1 Stück	50.000,00 €
	Anwendungssoftware	3 Stück	750,00 €	3 Stück	150,00 €	3 Stück	750,00 €
Integration	Umbaumaßnahmen	1 Auftrag	5.000,00 €	1 Auftrag	5.000,00 €	1 Auftrag	5.000,00 €
	Schulung Mitarbeiter	1 Mann/Tag	570,00 €	1 Mann/Tag	570,00 €	1 Mann/Tag	570,00 €
	Abfindungen, Sozialpläne	–	0,00 €	–	0,00 €	–	0,00 €
	Schnittstellenanpassung	1 Auftrag	50.000,00 €	1 Auftrag	50.000,00 €	1 Auftrag	50.000,00 €
	Erweiterung WES	2 Mann/Tage	685,52 €	2 Mann/Tage	685,52 €	2 Mann/Tage	685,52 €
Dienstleistungen	I. Projektbearbeitung (Erarbeitung Aufgabenstellung/Planung)	6 Mann/Tage	2.056,56 €	6 Mann/Tage	2.056,56 €	6 Mann/Tage	2.056,56 €
	II. Realisierung Phase 1 (Externe Beratung/Vorbereitung Umsetzung)	3 Mann/Tage	1.938,00 €	3 Mann/Tage	1.938,00 €	3 Mann/Tage	1.938,00 €
	III. Realisierung Phase 2 (Montage Auto-ID-Equipment **)	3 Mann/Tage	912,00 €	6 Mann/Tage	1.824,00 €	6 Mann/Tage	1.824,00 €
	IV. Realisierung Phase 3 (Konfiguration + Abnahme Auto-ID-System)	5 Mann/Tage	1.713,80 €	5 Mann/Tage	1.713,80 €	5 Mann/Tage	1.713,80 €
Summe			170.225,88 €		177.737,88 €		190.606,68 €

Tab. 2: Investitionskosten

vorliegenden Anwendungsfall setzen sich die Investitionskosten aus vier Kostenblöcken zusammen. Dies sind Kosten für:

- die zu beschaffende Hardware,
- die Software für notwendige Applikationen,
- die Integration des neuen Systems in die Unternehmensstrukturen,
- die eigentliche Planungsleistung.

Aufgrund der hohen Varianz bezüglich der Leistungsmerkmale der am Markt angebotenen Systemkomponenten sind vor Angebotseinholung gewisse Systemanforderungen zu determinieren, die bei der Auswahl geeigneter Komponenten helfen sollen. Zusammenfassend gibt die Tabelle 2 sämtliche zu berücksichtigende Kostenblöcke und deren einzelne Bestandteile wieder.

Insgesamt weist die Variante 1 (WLAN) nach der Investitionskostenrechnung mit zu erwartenden rund 170.000 € den geringsten einmaligen Investitionsbedarf auf. Dies lässt sich insbesondere auf die bereits vorhandene WLAN-Infrastruktur in dem Werk für Nutzfahrzeuge zurückführen, die bereits wichtige Komponenten zur automatischen Identifizierung enthält. Es lässt sich festhalten, dass sich die einzelnen Alternativen vor allem in den Kosten für Hard- und Software unterscheiden, denn beide Kostenblöcke bestimmen bei allen Varianten ca. zwei Drittel der gesamten Investitionskosten.

Für die Investitionsrechnung ebenso bedeutend ist eine detaillierte Behandlung der Betriebskosten. Im Gegensatz zu den Investitionskosten ist die Kostenanalyse bei den Betriebskosten weniger umfangreich. Insgesamt

Betriebskosten p. a.						
Kosten für	Variante 1 (WLAN)		Variante 2 (RFID aktiv)		Variante 3 (RFID passiv)	
	Umfang	Kosten	Umfang	Kosten	Umfang	Kosten
Wartung, Instandhaltung und Energie	5 % vom Invest	8.511,29 €	5 % vom Invest	8.886,89 €	5 % vom Invest	9.530,33 €
Datenträgermaterial	8 Stück	400,00 €	8 Stück	400,00 €	33158 Stück	24.868,80 €
laufende Schulungen	–	0,00 €	–	0,00 €	–	0,00 €
Datenbestand	0,1 AK/Jahr	8.226,24 €	0,1 AK/Jahr	8.226,24 €	0,1 AK/Jahr	8.226,24 €
Handling	–	0,00 €	–	0,00 €	–	0,00 €
Summe		17.137,53 €		17.513,13 €		42.625,37 €

Tab. 3: Betriebskosten

können nur fünf Kostenbestandteile eruiert werden, die für die Sicherstellung des Systembetriebs eines Auto-ID-Systems von Bedeutung sind. Dazu zählen Kosten für:

- die Wartung, Instandhaltung und Energie,
- den Ersatz der Datenträger,
- das Handling der Datenträger (z. B. Rückführung zum Ausgabeort),
- die Pflege des Datenbestandes der Datenbank,
- laufende Schulungen.

Zwei dieser Bestandteile sind für diesen Anwendungsfall sogar zu vernachlässigen, der Aufwand für Schulungen sowie für Handlungsaufgaben wird als gering angesehen. Allgemein können die einzelnen Kostenblöcke der Betriebskosten – in Abhängigkeit von den vorliegenden Rahmenbedingungen – unterschiedlich stark in die Gesamtkosten einfließen.

Im Ergebnis verzeichnet die Alternative des WLAN mit jährlich ca. 17.100 € die geringsten Betriebskosten. Der Unterschied zur Technologie des RFID aktiv ist jedoch marginal. Deutlich höhere Betriebskosten entfallen auf RFID passiv, was sich mit dem deutlich höheren Investitionsaufwand für die jährliche Nachbestellung der Datenträger begründen lässt. Der Bedarf an neuem Datenträgermaterial ist abhängig von der Art des Speichermediums. Aktive Transponder können mehrfach benutzt werden, wohingegen passive Einwegtags jedes Jahr mindestens in gleichem Umfang ersetzt werden müssen wie zum Zeitpunkt der Erstbeschaffung. Da-

pro Jahr	WLAN	RFID aktiv	RFID passiv
Durchschnittliche Einsparungen	55.083,58 €	55.083,58 €	55.083,58 €
Durchschnittliche Betriebskosten	17.137,53 €	17.513,13 €	42.625,37 €
Durchschnittlicher Gewinn	37.946,05 €	37.570,45 €	12.458,21 €

Tab. 4: Jährliche Gewinne

raus lässt sich schließen, dass bei den Betriebskosten vor allem die Datenträger Kostentreiber sind. Personalkosten, die gewöhnlich einen Großteil der Betriebskosten stellen, müssen in diesem Fall nicht beachtet werden, da es sich um vollautomatisierte Abläufe mit automatischer Identifikation bzw. Handhabung handeln würde.

Zum Abschluss der Investitionsrechnung müssen die bei der Implementierung eines neuen Identifikationssystems realisierbaren Ergebnisse (Leistungen) ermittelt werden. Darunter verstehen sich Kosteneinsparungen, die sich beispielsweise durch Substitution manueller Tätigkeiten ergeben. Bei allen untersuchten Varianten würden im Falle einer Implementierung sämtliche Kostensenkungseffekte in gleichem Maße zum Tragen kommen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es hierbei lediglich von Bedeutung ist, ob ein neues Identifikationssystem eingeführt wird oder nicht. Prinzipiell fallen etwaige Kosteneinsparungen umso höher aus, desto höher der angestrebte Automatisierungsgrad ist.

Nach Abschluss der Ermittlung sämtlicher Leistungspotenziale kann ein Gesamteinsparpotenzial von 55.083,58 € im Jahr für das besagte Werk festgestellt werden. Zu beachten ist, dass sich je nach Anwendungsfall andere bzw. weitere Einsparpotenziale ergeben können, weshalb individuelle Potenziale ausgelotet werden müssen.

Je nach Bedarf können ergänzend zu den vorangehend ermittelten quantitativen Aufwandparametern auch Finanzkennzahlen, wie z. B. die Amortisationszeit oder der Kapitalwert, berechnet werden. Diese können helfen, die Ergebnisse der Investitionsrechnung zu konzentrierten Aussagen über die ökonomische Vorteilhaftigkeit eines neuen Auto-ID-Systems zusammenzufassen. Für den vorliegenden Fall soll jedoch eine Nutzwert-Kosten-Analyse zur Entscheidungsfindung herangezogen werden.

Erfüllungsgrad	0	1	2	3	4	5
Investitionskosten (€)	>200.000	175.001-200.000	150.001-175000	100.001-150.000	50.001-100.000	<50.000
jährliche Gewinne (€)	<10.000	10.001-20.000	20.001-30.000	30.001-40.000	40.001-50.000	>50.000

Tab. 5: Wertetabelle – Erfüllungsgrade in Abhängigkeit der Kosten

4.4 Systemempfehlung

Nach Abschluss der Bewertung der drei verbliebenen Alternativen nach qualitativen und quantitativen (monetären) Aspekten erfolgt abschließend eine finale Empfehlung zugunsten eines der Systeme. Für eine Nutzwert-Kosten-Analyse müssen den Nutzwerten der Nutzwertanalyse die absoluten Kosten der Investitionsrechnung gegenübergestellt werden, d. h. die Investitionskosten als auch die jährlichen Gewinne. Die Berechnung des jährlichen Gewinns bildet sich bei dieser Analyse aus der Differenz der Einspareffekte pro Jahr und den jährlichen Betriebskosten.

jährlicher Gewinn = jährlicher Einspareffekt – jährliche Betriebskosten

Das Ergebnis der Berechnung der jährlichen Gewinne ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

Im Sinne einer Vergleichbarkeit bedarf es der Transformation der Kosten in einen Nutzwert, um aus dem Nutzwert der Nutzwertanalyse und dem Nutzwert der Kostenanalyse einen Gesamtnutzwert je Systemalternative zu erhalten [7]. Die Transformation der Kosten erfolgt über die Vergabe von Erfüllungsgraden. Der Erfüllungsgrad ist von der Höhe der errechneten Investitionskosten bzw. der jährlichen Gewinne abhängig.

Der Nutzwert der Kosten ergibt sich aus der Addition des gewichteten Erfüllungsgrades der Investitionskosten ($w_i * E_i$) mit dem gewichteten Erfüllungsgrad der jährlichen Gewinne ($w_g * E_g$) [8]:

$$N_k = w_i * E_i + w_g * E_g.$$

Es wurde festgelegt, dass die Gewichtung der Investitionskosten und der jährlichen Gewinne ein Verhältnis von 0,4 zu 0,6 erhalten ($w_i = 40\%$; $w_g = 60\%$). Dies ist jedoch individuell anzupassen. Der endgültige Gesamtnutzwert einer Variante wird ermittelt aus den gewichteten Nutzwerten der Kosten ($w_k * N_k$) und den gewichteten Nutzwerten aus der Nutzwertanalyse ($w_n * N_n$) entsprechend folgender Nutzwertformel [9]:

$$N_{ges} = w_k * N_k + w_n * N_n.$$

Für die Gewichtung der beiden Nutzwerte N_k und N_n wurde ein Gewicht von je 0,5 bestimmt ($w_k = w_n = 50\%$). Die Nutzwerte N_n leiten sich aus den prozentualen Nutzwerten der Nutzwertanalyse ab und werden auf einen Wert zwischen null und fünf umgerechnet. Das Ergebnis der Nutzwert-Kosten-Analyse kann der Tabelle 6 entnommen werden.

Ergebnisse	Alternativen		
	WLAN	RFID aktiv	RFID passiv
Investitionskosten	170.225,88 €	55.083,58 €	55.083,58 €
Erfüllungsgrad E_i ($w_i = 0,4$)	2	1	1
Gewinne p. a.	37.946,05 €	37.570,45 €	12.458,21 €
Erfüllungsgrad E_g ($w_g = 0,6$)	3	3	1
Nutzwert Kosten N_k	2.6	2.2	1
Nutzwert (%)	80 %	74 %	73 %
Nutzwert Nutzwert- analyse N_n	4	3.7	3.65
Gesamtnutzwert N_{ges} ($w_k = w_n = 0,5$)	3.30	2.95	2.33
Rangfolge	1	2	3

Tab. 6: Gesamtnutzwerte der Systemalternativen

Die Variante der automatischen Erfassung der Lkws über ein WLAN-gestütztes System erhält hierbei den größten Gesamtnutzwert unter allen drei in der Endauswahl befindlichen Alternativen. Sie erhält 3,3 von 5 möglichen Punkten. Je größer der Gesamtnutzwert, desto vorteilhafter ist eine Variante anzusehen. Die Variante WLAN verspricht somit die größten qualitativen Prozessverbesserungen sowie die größten jährlichen Kostenvorteile bei gleichzeitig geringstem Investitionsaufwand. Prinzipiell lassen sich aber alle drei Alternativen umsetzen.

Zur Stabilisierung des Ergebnisses sollte zudem eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden, bei der die einzelnen Gewichtungen variiert werden. Bei dieser Untersuchung hatte eine Veränderung der Gewichtungen jedoch keine Auswirkungen auf die Gesamtnutzwerte zueinander und somit auf das Endergebnis.

Anmerkungen

- [1] Vgl. Ihme 2000, S. 7 ff.
- [2] Vgl. Ihme 2000, S. 7 ff.
- [3] Vgl. Universität Dortmund 2003, S. 1
- [4] Vgl. Lolling 2003, S. 11
- [5] Vgl. Hompel et al. 2008, S. 9
- [6] Vgl. Gillert/Hansen 2007, S. 136
- [7] Vgl. Rinza/Schmitz 1992, S. 155
- [8] Vgl. Rinza/Schmitz 1992, S. 156 ff.
- [9] Vgl. Rinza/Schmitz 1992, S. 156

Literatur

- Finkenzeller, K. (2002): RFID-Handbuch, 3. aktualisierte und erweiterte Auflage, München/Wien: Hanser.
- Franke, W. et al. (2006): RFID – Leitfaden für die Logistik, Wiesbaden: Gabler.
- Gillert, F./Hansen, W.-R. (2007): RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen, München/Wien: Hanser.
- ten Hompel, M. et al. (2008): Identifikationssysteme und Automatisierung, Berlin/Heidelberg: Springer.
- Ihme, J. (2000): Logistik im Fahrzeugbau, Wien: Manz
- Lolling, A. (2003): Identifikationssysteme in der Logistik, München: Huss.
- Mühlenkamp, H. (1994): Kosten-Nutzen-Analyse; München/Wien/Oldenbourg: Oldenbourg.
- Rinza, P./Schmitz, H. (1992): Nutzwert-Kosten-Analyse, Düsseldorf: VDI Verlag.
- Seifert, W./Decker, J. (2005): RFID in der Logistik, Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag.
- Stegner, Christian (2008): Optimierung und Reorganisation des Material- und Informationsflusses in der Beschaffungslogistik, Diplomarbeit, TFH Wildau.
- Universität Dortmund (2003): Auswahlmethodik für Identifikationssysteme in der Logistik; unter: <http://www.lfv.mb.uni-dortmund.de/mab/p12987/identifikationssysteme.pdf>, Dortmund [abgerufen am 05.06.2008].

Autoren

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Christian Stegner
Technische Fachhochschule Wildau

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Stefanie Wendler
Mercedes Benz Ludwigsfelde

Dipl.-Ök. Mario Wöllner
Mercedes Benz Ludwigsfelde

Prof. Dr.-Ing. Herbert Sonntag
Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Logistik
Tel. +49 3375 508-924
herbert.sonntag@tfh-wildau.de