

# Automatisierter Stückgutumschlag - welche Möglichkeiten bietet der Markt dem Verloader?

Willibald A. Günthner, Gunther Freudl<sup>1)</sup>

Die Materialflußtechnik hat in nahezu allen Branchen und Industriebetrieben eine große Bedeutung. Der stetig steigende Konkurrenzdruck erfordert ein Ausschöpfen der vorhandenen Rationalisierungspotentiale dieser Materialflußsysteme. Dies gilt auch für den Umschlagbereich, denn hier entstehen infolge der sehr umständlichen und oft langwierigen Handhabungsvorgänge bei der Be- und Entladung hohe Kosten. Durch den Einsatz neuer Technologien lassen sich in diesem Bereich in vielen Fällen noch große wirtschaftliche und logistische Vorteile erzielen.

Die herkömmliche Art der Verladung mit Hilfe von Gabelstaplern oder Handgabelhubwagen wird in nahezu jedem Betrieb eingesetzt. Dieser personal- und kostenintensive Vorgang gewinnt bei weiter steigendem Gütertransport- und damit auch Verladeaufkommen immer mehr an Bedeutung. Viele Unternehmen sind daher um eine Rationalisierung und Optimierung des Güterumschlages bemüht. Neben der Kostenreduzierung spielen dabei auch noch die Verkürzung der Verlade- und damit auch Wartezeiten, mögliche Arbeitserleichterungen, Fehlerminimierungen und viele andere logistische Ziele eine Rolle.

Diese Ziele können durch eine Modernisierung der „Staplerflotte“, einen effektiveren Materialfluß, den Einsatz technischer Hilfsmittel wie z.B. Datenfunk u.a. erreicht werden. Über mögliche Alternativen zur manuellen Verladung ist indes in den meisten Unternehmen entweder noch nicht nachgedacht worden, oder sie sind nicht bekannt.

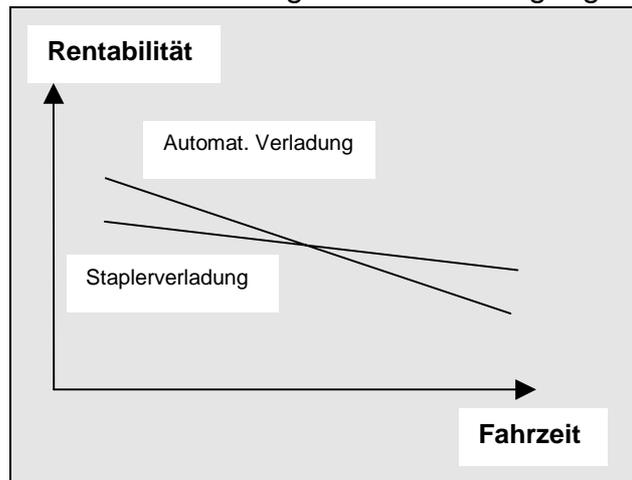
Eine technische Weiterentwicklung des Stückgutumschlages, die sich bei geeigneten Randbedingungen langsam durchzusetzen beginnt, sind automatische Verladesysteme. In Tabelle 1 sind die Vor- und Nachteile der manuellen und automatisierten Verladung aufgelistet.

Vorteile automatischer Verladesysteme	Nachteile manueller Verladung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personaleinsparung</li> <li>• Verringerung der Verladezeiten</li> <li>• Erhöhte Verfügbarkeit der Verladesysteme</li> <li>• Geringerer Platzbedarf für die Verladung</li> <li>• Verringerung der Gutbeschädigungen</li> <li>• Verringerung der Fehllieferungen</li> <li>• Anbindung an Lagerverwaltung</li> <li>• Einsparungen bei der Gebäudetechnik (weniger Verladestellen)</li> <li>• Erhöhung des Umschlages</li> <li>• Verladung teilweise außerhalb der Arbeitszeiten möglich, da kein Personal erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Wartezeiten der Lkws</li> <li>• Keine gleichmäßige Auslastung des Personals</li> <li>• Für das Personal teilweise harte körperliche Arbeit unter klimatisch ungünstigen Bedingungen</li> <li>• Hohe Wartungskosten bei Gabelstaplern</li> </ul>

**Tab.1: Vor- und Nachteile der manuellen und automatisierten Verladung**

<sup>1)</sup> Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. A. Günthner leitet den Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik an der Technischen Universität München. Dipl.-Ing. G. Freudl ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am selben Lehrstuhl.

Vor allem bei Kurzstreckenverkehren, so z.B. bei innerbetrieblichen Shuttle-Verkehren, oder Transporten von Produktion zu externen Lagern bzw. Versorgung der Produktion mit Zulieferteilen aus einem Lager, ist bereits eine hohe Akzeptanz solcher Systeme zu erkennen. Dies liegt primär an der steigenden Rentabilität mit sinkender Fahrzeit zwischen der Be- und Entladung (Bild 1). Zum Einsatz kommen hier in den meisten Fällen Verladesysteme mit auf den Fahrzeugen installierter Förder-technik. Bei diesen Verladesystemen sind die Verladezeiten äußerst kurz. Da bei kurzen Fahrzeiten der Einfluß der Verladezeit auf die Gesamtkosten höher ist, können hier die Gesamtkosten besonders stark gesenkt werden.



1: Rentabilität in Abhängigkeit von der Fahrzeit

Weitere kostenabhängige Einflußgrößen werden im Abschnitt „Kostenvergleichsrechnung“ erläutert. Abhängig von den gegebenen Randbedingungen in einem Unternehmen kann die Entscheidung für ein bestimmtes Verladesystem gefällt werden.

### Automatische Verladesysteme

Die auf dem Markt angebotenen Systeme lassen sich grundsätzlich unterscheiden nach Tabelle 2:

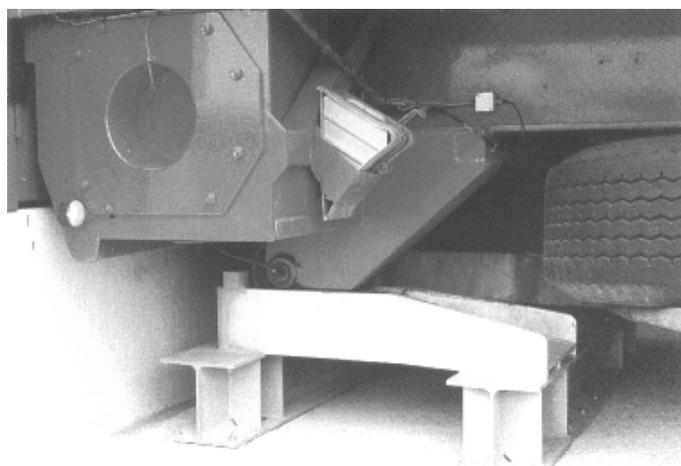
Art der Verladung	Art der Fördertechnik auf dem Lkw
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heckverladung</li> <li>• Seitenverladung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit auf der Ladefläche installierter Fördertechnik</li> <li>• Ohne auf der Ladefläche installierter Fördertechnik</li> </ul>

Tab. 2: Unterscheidungsmerkmale der automatischen Verladesysteme

Systeme zur Heckverladung (in der Regel Einsatz bei Sattelzügen, häufig mit Heckrolltor) werden überwiegend für Transporte mit Vollbe- bzw. -entladung eingesetzt. Die hohen Positionieranforderungen bei vollautomatischer Verladung werden mit einer rampenähnlichen Andockvorrichtung realisiert (Bild 2). Auf der Fahrzeugseite ist das Gegenstück der Positioniereinrichtung montiert (Bild 2). Die Bereitstellbahnen auf der stationären Seite entsprechen der Länge des Sattelzuges.

Systeme zur Seitenverladung hingegen eignen sich vor allem für Teilentladungen und den parallelen Rücktransport von Leergut. Die Zentrierung bei Seitenverladung kann je nach System etwas schwieriger sein, da diese z.B. bei Rollenförderersystemen mit einem seitlichen Dorn-/Pfannensystem erfolgt.

Ein weiteres wichtiges Unter-



2: Andockvorrichtung

scheidungsmerkmal ist die Installation einer Fördertechnik auf dem Fahrzeug. Hierbei gilt grundsätzlich, daß Systeme ohne auf der Ladefläche installierte Fördertechnik (Einsatz nur bei Systemen zur Seitenverladung) sich auch für den Langstreckenverkehr eignen, da hier kein unnötiges Gewicht „durch die Gegend“ gefahren wird.

Im folgenden werden einige gebräuchliche Systeme an Hand ihrer technischen Eigenschaften kurz beschrieben und zu erwartende Investitionskosten quantitativ miteinander verglichen.

### Systeme mit auf der Ladefläche installierter Fördertechnik:

- **Tragkettenförderer** (Bild 3):

Die Ladefläche des Fahrzeuges ist mit Tragkettenförderern (in der Regel vier- oder sechsspurig – je nach Palettenmaßen) ausgerüstet. Nach dem Andockvorgang, Anschluß der Steuerleitungen und Energiezufuhr wird die Verladung automatisch initiiert. Das Rolltor öffnet sich und die schwenkbaren Überbrückungsstücke senken sich zwischen stationärer Seite und Fahrzeug. Die quer angeordneten Paletten werden vollautomatisch in



3: Tragkettenförderer

das Fahrzeug gefördert. Ist der Ladevorgang abgeschlossen, wird die Ladung z.B., wie im Bild 3 erkennbar, durch an der Decke befestigte pneumatische Preßplatten gesichert. Bei anderen Varianten (Ketten heb- und senkbar) ist eine zusätzliche Ladungssicherung nicht erforderlich. Dieses System eignet sich jedoch nur für die Verladung von Paletten zur heckseitigen Be- und Entladung. Ein vollständiger Lade- bzw. Löschvorgang dauert bei 32 Paletten ca. 2 - 3 min. Die Kosten für ein solches System belaufen sich je nach Ausstattung und Hersteller auf etwa 155 TDM (Sattelaufleger incl. Fördertechnik).

- **Rollenförderer** (Bild 4):

Rollenförderer werden im allgemeinen zur Heckverladung (vierspurig) eingesetzt. Die Heckverladesysteme werden meistens mit pneumatisch heb- und senkbaren Rollen ausgestattet. Während des Lade-, Löschvorganges werden diese angehoben. Gleichzeitig wird die Ladung mittels einer dazwischen liegenden ebenfalls heb- und senkbaren Transportkette in den Lkw gezogen. Nach Beendigung des Vorgangs werden die Rollen und Ketten abgesenkt, weshalb keine zusätzliche Ladungssicherung erforderlich ist. Bei anderen Varianten werden die Rollen



4: Rollenförderer

direkt elektrisch angetrieben. Bei diesen Systemen ist jedoch eine zusätzliche Ladungssicherung erforderlich. Ein Verladezyklus bei einer Fahrzeuglänge von 13,5 m (entspricht bei diesem System 22 Europaletten längs bzw. 32 Paletten quer) dauert

ca. 2 - 3 min. Die Investitionen belaufen sich je nach Ausstattung und Hersteller auf ca. 155 TDM (Sattelaufleger incl. Fördertechnik).

- **Transportband- bzw. Gurtbandsystem** (Bild 5):

Ein universell einsetzbares Verladensystem zur Heckverladung stellt das Transportband dar. Es handelt sich hierbei um ein speziell beschichtetes Gurtband (über die gesamte Laderaumbreite), welches bei der Entladung des Fahrzeugs auf eine am Fahrzeug fest installierte Trommel aufgewickelt wird. Bei der Beladung kehrt sich der Vorgang um. Das Band wird mittels eines Drahtseiles von der Trommel wieder abgerollt. Es ist eine hohe Leistung von ca. 15 – 18 kW erforderlich, da das Transportband auf dem Fahrzeugboden aufliegt und die hohen Reibkräfte überwunden werden müssen. Da bei dieser Variante im Gegensatz zu den vorher beschriebenen



5: Transportbandsystem

Beispielen kein spurabhängiges System vorhanden ist, kann die gesamte Laderaumbreite des Fahrzeugs genutzt und nahezu jedes Gut transportiert werden. Der Vorgang des Be- bzw. Entladens dauert zwischen 2 - 3 min (für 32 Paletten). Die Anschaffungskosten liegen für einen Sattelaufleger incl. Fördertechnik bei ca. 175 TDM.

- **Tragprofilförderer** (Bild 6):

Ein auf dem Kettenfördererprinzip aufbauendes System ist der Gliederboden oder Tragprofilförderer. Auf einem Kettenförderer „aufgesetzte“ robuste Aluminiumprofile (vergleichbar der Kette einer Planieraupe) schließen die Zwischenräume zwischen den Ketten und erlauben so einen universellen Einsatz. Die erforderliche Leistung liegt um das vier- bis fünffache niedriger (ca. 3 – 4 kW) als bei einem Transportbandsystem. Jedoch baut dieses System etwas schwerer und höher, da die Aluminiumprofile nicht auf eine Trommel aufgewickelt werden, sondern umlaufend sind. Dies führt zu einer Verringerung der Ladekapazität der Fahrzeuge. Die einzelnen Glieder bzw. Profile lassen sich leicht austauschen, was bei einer Beschädigung einzelner Profile das Risiko eines totalen Systemausfalls verringert. Ein solches System wird je nach Ausstattung und Hersteller für ca. 175 TDM angeboten. Die Be- oder Entladezeit liegt für 32 Paletten bei etwa 3 min.



6: Tragprofilförderer

## Systeme ohne auf der Ladefläche installierter Fördertechnik:

- **Portalkran** (Bild 7):

Der Portalkran besitzt zwei vertikal bewegliche Gabelpaare zur Verladung von 2 oder 4 Paletten pro Hubvorgang. Dieses System ist lediglich als halbautomatisch einzustufen, da der erste Be- und Entladevorgang manuell gesteuert werden muß. Die restlichen Spiele werden dann automatisch unterstützt. Die Portalkranverladung eignet sich nur zur Seitenverladung von Paletten. Je nach Hersteller des Krans können bei einer Verladung Euro- bzw. auch andere



**7: Portalkran**

Palettenarten verladen werden, d.h. es ist die Stellung von unterschiedlichen Ladebildern möglich. Dieses schienengebundene System existiert sowohl als flurgebundenes als auch als flurfreies System auf dem Markt. Ist eine Anhängerverladung gewünscht, müssen die unterschiedlichen Deichsellängen der Lkw berücksichtigt werden, d.h. es ist ein zweiter manueller Eingriff erforderlich. Für den Lade- bzw. Löschvorgang werden zwischen 4 - 6 min benötigt. Die Investitionskosten liegen je nach Ausstattung zwischen 700 TDM und 1 Mio. DM.

- **Teleskopgabelförderer** (Bild 8):

Die letzte beschriebene Variante stellt der Teleskopgabelförderer dar. Er wird bedingt durch seine Systemlänge von ca. 7,5 m in der Regel bei Gliederzügen eingesetzt. Die Be- und Entladung von Systemfahrzeug und Anhänger geschieht räumlich getrennt. Zur automatischen Beladung fahren pneumatisch heb- und senkbare Lanzen in Führungsschienen in das Fahrzeug.

Die Europaletten / Rollbehälter werden abgesetzt, anschließend werden die Lanzen zurückgezogen. Sind die Lanzen auf einem Querverfahrwagen installiert, so können mehrere Rampen bedient werden. Der Teleskopgabelförderer wird als Heckverladesystem eingesetzt, ist aber auch als Querverladesystem



**8: Teleskopgabelförderer**

denkbar. Mit diesem Verladesystem können 27 Europaletten bzw. Rollbehälter in einer Zeit von ca. 2 - 5 min verladen werden. Ein Querverfahrwagen mit Hubeinrichtung ermöglicht eine Doppelstockverladung an mehreren Toren. Die Kosten für ein

System Teleskopgabelförderer mit Querverfahrwagen sind in etwa vergleichbar mit denen für einen Portalkran.

### Kostenvergleichsrechnung

Die anfänglich hohen Investitionskosten für automatische Systeme schrecken viele Verloader vor einer Automatisierung ihres Stückgutumschlages ab. Entgegen stehen die kurzen Verladezeiten, die mit diesen Systemen erreicht werden können. Addiert man zu den Be- und Entladezeiten von ca. 2 – 5 min die Nebenzeiten für den Andockvorgang, den Anschluß der Steuerleitungen und Energiezufuhr sowie das Lösen dieser Verbindungen nach dem Verladevorgang, werden Gesamtverladezeiten pro Fahrzeug von ca. 10 min erreicht. Diese kurzen Verladezeiten ermöglichen jedoch zum Teil erhebliche Einsparungen im Fuhrpark bzw. bei den Personalkosten, so daß je nach Einsatzfall die Gesamtkosten niedriger liegen als bei der Staplerverladung (Tab. 4). Bei der Staplerverladung wird im folgenden Fallbeispiel eine Gesamtverladezeit pro Fahrzeug und Lkw von 25 min angesetzt. Diese Zeit setzt sich aus der reinen Verladezeit (18 min für 32 Paletten) und den Nebenzeiten, z.B. Anfahren der Lkw an die Verladestelle, das Aufplanen der Fahrzeuge u.a. zusammen. Welche Verladetechnik kostengünstiger ist, kann an Hand einer Kostenvergleichsrechnung ermittelt werden. Ein konkretes Fallbeispiel soll dieses Vorgehen verdeutlichen. Folgendes Szenario liegt der Berechnung zugrunde:

Ein Unternehmen transportiert seine Paletten im Kurzstreckenverkehr von der Produktion zu seinem 5 km entfernt gelegenen Lager. Die eingesetzten Lkw müssen zwischen dem Ausgangs- und Zielpunkt ihrer Fahrt eine Strecke über Ortsstraßen zurücklegen. Es wird eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h angesetzt, d.h. eine reine Fahrzeit von 7,5 min. Bei einem Verladeaufkommen von 120 Pal/h und einer Ladekapazität der Fahrzeuge von 32 Paletten müssen 4 Lkw je Stunde zur Verladung zur Verfügung stehen. Multipliziert mit der Zeit für einen Verladezyklus<sup>2)</sup> berechnet sich daraus die jeweilige Anzahl der erforderlichen Lkw. Aus dem Verhältnis von Verladeaufkommen und der -leistung des Systems pro Stunde ergibt sich die Anzahl der erforderlichen Verladeanlagen bzw. Stapler je Umschlagbereich (Tab.3). Verglichen wird eine automatische Verladung mit einem Tragprofilförderer (s. Bild 6) und eine manuelle Verladung mit einem Sitzstapler mit 2-fach Gabel jeweils im Einschicht-Betrieb.

	Variante Tragprofilförderer TPF	Variante DFG-Stapler
Verladeaufkommen in Pal/h	120	
Ladekapazität der eingesetzten Fahrzeuge in Pal/Fahrzeug	32	32
Zeit für einen Verladezyklus in h	0,58	1,08
Anzahl der erforderlichen Lkws	3	5
Verladeleistung der Systeme in Pal/h	190	90
Anzahl der erforderlichen stationären TPF-Systeme bzw. DFG-Stapler <sup>3)</sup>	2	4
Beschäftigungsgrad des Staplerpersonals durch die Verladung in %	–	56,25 <sup>4)</sup>

**Tab. 3 Ausgangsdaten**

<sup>2)</sup> Summe aus Gesamtverladezeiten plus Fahrzeiten zwischen den Verladungen.

<sup>3)</sup> Es werden Produktion und Lager berücksichtigt.

<sup>4)</sup> Verhältnis von Gesamtverladezeit je Stapler pro Jahr zur Jahresarbeitszeit.

Die Berechnung der Kosten für den DFG-Stapler sind der VDI-Richtlinie 2695, die Ermittlung der Zeitrictwerte der VDI-Richtlinie 2391 entnommen. Für die Berechnung der Umschlagleistung wird die Beladung eines Lkw mit Palettenentnahme von einem Kettenförderer oder einer Rollenbahn, mittlerem Fahrweg von 15 m und Absetzen der Paletten auf dem Fahrzeug angenommen. Als tatsächliche Arbeitszeit werden 3000 s je Stunde angesetzt, die restliche Zeit sind Nebenzeiten.

	Variante Tragprofilförderer TPF	Variante DFG-Stapler
1. Investition		
• 1 Lkw	200.000 DM	200.000 DM
• Stat. Förderanlage incl. Andockvorrichtung	159.000 DM	–
• Tragprofilförderer für einen Lkw incl. Zentriervorrichtung	132.000 DM	–
• 1 Stapler	–	83.650 DM
Summe <sup>5)</sup>	1.314.000 DM	1.334.600 DM
2. Feste Kosten p.a.		
• Afa (5 Jahre)	262.800 DM	237.643 DM <sup>6)</sup>
• Zinsen (6% der ½ Investition)	39.420 DM	35.646 DM <sup>6)</sup>
Summe	302.220 DM	273.289 DM
3. Betriebsabhängige Kosten p.a.		
• Reparatur, Wartung, Energie <sup>5)</sup>	91.989 DM	154.002 DM
• Fahrerlöhne <sup>7)</sup>	180.000 DM	435.000 DM <sup>6)</sup>
Summe	271.989 DM	589.002 DM
4. Gesamtkosten bei 1-Schicht- betrieb (1540 h/a)		
• Kosten pro Jahr	574.209 DM	862.291 DM
• <b>Kosten pro Stunde</b>	<b>372,86 DM</b>	<b>559,93 DM</b>

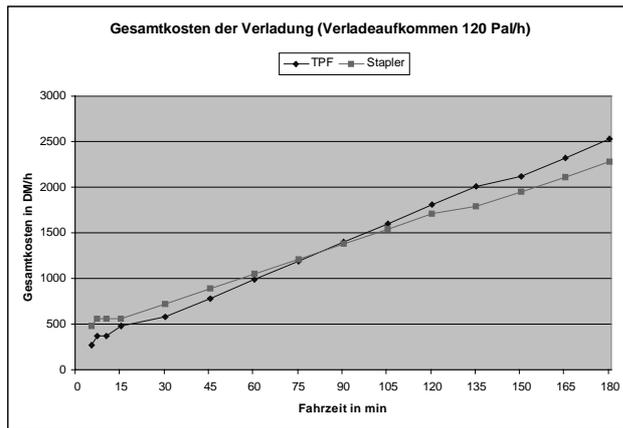
**Tab. 4: Kostenermittlung**

In Tabelle 4 sind für beide Varianten die erforderlichen Investitionen und die Kostenermittlung zusammengestellt. Daraus wird ersichtlich, daß für den geschilderten Fall eine Automatisierung des Umschlags wirtschaftliche Vorteile bietet. Dies verstärkt sich noch, wenn im 2-Schichtbetrieb gearbeitet wird und wenn die i.a. geringeren Gebäudeinvestitionen mit angerechnet werden. Haupteinflußfaktoren auf die Gesamtkosten sind wie bereits angesprochen das Verhältnis von Fahrzeit zu Verladezeit sowie das Verladeaufkommen des Unternehmens. Um diese Einflüsse zu verdeutlichen, werden diese Parameter in Bild 9 und Bild 10 variiert. Bei einem Verladeaufkommen von 120 Pal/h ist eine Automatisierung mit einem Tragprofilförderersystem bis zu einer Fahrzeit von ca. 1,5 h zwischen Be- und Entladung rentabel (Bild 9). Wird die Fahrzeit von 7,5 min beibehalten und das Verladeaufkommen variiert, so ergibt sich der Kostenverlauf von Bild 10. Der Einsatz des DFG-Staplers ist nur bis zu

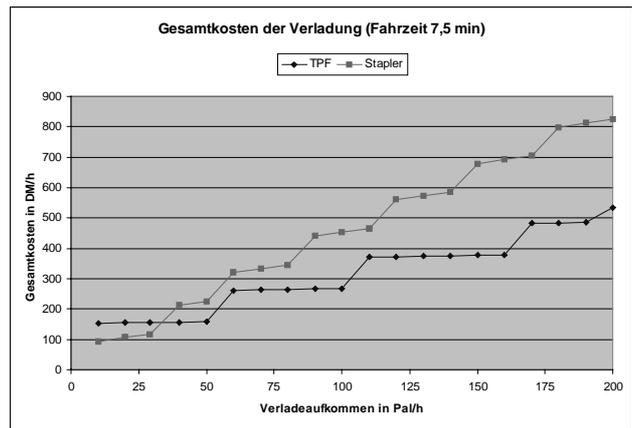
<sup>5)</sup> Es wird sowohl die erforderliche Anzahl Lkws als auch die komplette Fördertechnik berücksichtigt.

<sup>6)</sup> Es wird berücksichtigt, daß die Stapler nur zu 56,25 % für die Verladung im Einsatz sind (s. Tab. 3).

<sup>7)</sup> Die Personalkosten für Lkw-Fahrer und Staplerfahrer wurden mit 60.000 DM/a angesetzt.



9: Einfluß der Fahrzeit auf die Gesamtkosten



10: Einfluß des Verladeaufkommens auf die Gesamtkosten

einem Verladeaufkommen von ca. 30 Pal/h sinnvoll. Darüber hinaus verursacht das TPF-System die geringeren Gesamtkosten.

## Fazit

Mit der Automatisierung des Stückgutumschlages können Verladezeiten und –kosten reduziert werden. Ob der Einsatz eines solchen Systems aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist, muß im Einzelfall geprüft werden, denn die unterschiedlichen Einsatzfelder lassen keine allgemein gültige Aussage zu. Die Kostenvergleichsrechnung ist für den Einzelfall anzupassen; das oben beschriebene Beispiel kann jedoch eine Orientierungshilfe geben.

Vor einer wirtschaftlichen Betrachtung steht jedoch die Frage der technischen Realisierbarkeit einer Automatisierung. Für diese Überlegungen existieren bis zu diesem Zeitpunkt noch keine allgemeingültigen Hilfsmittel, welche den Planer bei der Entscheidung unterstützen. Ein solches Planungshilfsmittel wird zur Zeit am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik der Technischen Universität München entwickelt. Dieses Projekt wird mit Mitteln des BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft) unter der AiF-Nr. 11440 N gefördert.

## Bildnachweis:

- Bild 2: Fa. ACTe, Hilzingen
- Bild 3: Fa. Kramer, Herford
- Bild 4: Fa. ACTe, Hilzingen
- Bild 5: Fa. ACTe, Hilzingen
- Bild 6: Fa. ACTe, Hilzingen
- Bild 7: Fa. Schier, Hövelhof
- Bild 8: Fa. KRONES / Kettner, Rosenheim