

Entwicklung eines automatisierten Shootersystems für Großladungsträger

Invention of an automated shootersystem for bulk containers

Björn Zierold
Klaus Nendel
Jörg Hübler

*Professur Fördertechnik
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Fakultät Maschinenbau
Technische Universität Chemnitz*

Serienprodukte werden mit einem hohen Grad an auf den Endkunden zugeschnittener Individualität hergestellt. Dieser hohe Individualitätsgrad stellt Produktionsbetriebe, insbesondere die der Kraftfahrzeugindustrie, vor immer neue Herausforderungen. Neben der Erhöhung der Variantenvielfalt, der durch die Hersteller angebotenen Derivate, ist auch die Effizienz der Produktion entscheidend, um im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Das bezieht sich neben der Automatisierung von Prozessen auch auf die Verringerung des für die Produktion erforderlichen Platzbedarfs. In der Automobilindustrie betrifft dies beispielsweise die Bereitstellung der benötigten Bauteile an den Montagelinien. Hier beeinträchtigen die zunehmende Anzahl verschiedener Bauteile und die damit einhergehende Vielzahl an Großladungsträgern effiziente und ergonomische Arbeitsabläufe an den Montagearbeitsplätzen. Diese Problematik ergibt sich unter anderem dadurch, dass für jeden Teiletyp ein zweiter Ladungsträger als Puffer an der Linie platziert werden muss, um einen unterbrechungsfreien Produktionsablauf zu gewährleisten. Zur Minimierung des hierfür notwendigen Flächenbedarfs und zur Schaffung einer Möglichkeit das Behälterhandling zu automatisieren, wurde ein bedienerfreies Handlingsystem für Großladungsträger umgesetzt. Der besondere Anspruch lag in der Entwicklung einer neuen, in dieser Art nicht am Markt verfügbaren Anlage für das Behälterhandling. Im Anschluss an die Erfassung der an das System gestellten Anforderungen folgte die Erarbeitung von Konzepten und konstruktiven Lösungen. Der Abgleich der gestellten Anforderungen mit der Leistungsfähigkeit der gesamten Konstruktion war der letzte Schritt vor der laufenden, fertigungstechnischen Umsetzung der Anlage und deren anschließenden Erprobung in Form von Dauerversuchen. Diese bilden gleichermaßen den Abschluss des Forschungsprojektes. Weitere Forschungsansätze bestehen in der Skalierung und Flexibilisierung des Systems, um es für andere Behältertypen einsetzbar zu machen.

[Schlüsselwörter: Großladungsträger, automatisierte Fertigung, Fahrerlose Transportsysteme (FTS), Flächenoptimierung, Automobilindustrie]

The large-scale production with a high quality is one of the biggest challenges for companies in various sectors particularly in the automotive industry and the focus point by customers to buy a product is the degree of quality of this product. In addition to increase the diversity of variants offered by manufacturers, it's also very important to increase the production efficiency in international competition. However, the optimization of the production by minimizing the production space and integrate robotic technology is highly required. In the automotive industry for example, this relates to the provision of the required components at the assembly line. Here, the increasing number of different components is adversely affected; therefore the associated multiplicity of bulk containers (GLTs) provide efficient and ergonomic workflows at assembly workplaces. This problem arises, among other things, in the fact that a second container has to be placed as a buffer at the line for each part type to ensure an uninterrupted production process. In order to minimize the necessary space requirements as well as create a possibility for automated container handling, a research project was initiated with the aim to implement a handling system for bulk containers. The special requirement is to develop a completely new plant for container handling, which is not available on the market in this way. First of all, the requirements placed on the system were determined and on this basis concepts and constructive solutions will be worked out. This was followed by the consideration of the entire system and the examination of the initial requirements. The last step of the project is the realization of the system and the implementation of endurance tests. The aim of future research projects will be the increasing of the flexibility of the system, to use it with other types of containers.

[Keywords: bulk containers, automated manufacturing, driverless transportation system, area optimization, automotive industry]

1 EINLEITUNG

Die Vielfalt an Produkten, Produktvarianten und das Variantenmanagement können neue Chancen im Wettbewerb eröffnen. Besonders deutsche Unternehmen bieten Erzeugnisse an, die in ihrer Mannigfaltigkeit über dem internationalen Durchschnitt liegen [KES95, S. 223]. Das betrifft besonders die technischen Industriezweige, wie die Automobil-, Textil- und Werkzeugmaschinenindustrie, aber auch die Lebensmittel- und die pharmazeutische Industrie [RIE06, S. 2-5]. Um diese Vielzahl an Produkten und Produktvarianten effizient herstellen zu können, wird an Möglichkeiten gearbeitet Produktionsabläufe zu optimieren und zu automatisieren. In der Automobilindustrie liegt dabei ein Ansatzpunkt in der Materialbereitstellung an den Montagelinien. Für diese Bereitstellung werden insbesondere bei größeren Bauteilen GLT eingesetzt. Der Begriff umfasst per Definition alle unterfahrbaren Transport- und Ladehilfsmittel, welche für die Verpackung von Großteilen eingesetzt werden [MAR14, S. 64]. Im Bereich der Automobilindustrie kommen hauptsächlich Euro-Gitterboxpaletten und Kunststoff-GLTs bspw. der Firma KTP zum Einsatz [KTP16]. Letztere bieten im Vergleich zu Gitterboxen einen Gewichtsvorteil von ca. 57% bei gleichzeitiger Gewährleistung der benötigten Stabilität. Abbildung 1 zeigt einen Standardladungsträger KTP 114 888, der in der Automobilindustrie millionenfach bspw. für die Anstellung von Scheinwerfern, Hutablagen, Dichtungen etc. zum Einsatz kommt.



Abbildung 1: Kunststoffgroßladungsträger des Herstellers KTP [KTP16]

In der Kraftfahrzeugindustrie werden die Ladungsträger mit den verschiedenen Bauteilen sequenziert im Logistiksupermarkt bereitgestellt und von dort aus mit Schleppern an die Linien transportiert [KLU10, S. 197 ff.]. Die Anstellung dieser Behälter erfolgt nach dem sog. Zwei-Behälter-Prinzip. Pro Sachnummer werden am Werkerarbeitsplatz, dem Werkerdreieck, demnach zwei GLTs nebeneinander vorgehalten (siehe Abbildung 2 links). Ist ein Behälter entleert kann die Produktion mit dem zweiten, gepufferten Behälter weiterlaufen. Der entleerte Behälter wird indes durch die Logistik ausgetauscht.

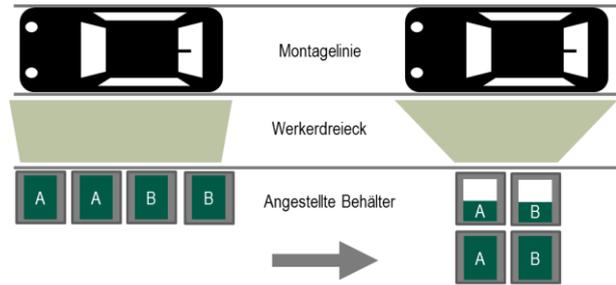


Abbildung 2: Prinzipdarstellung des Werkerdreiecks. (links) Ausgangszustand, (rechts) angestrebter Zustand

2 STAND DER TECHNIK

2.1 INNERBETRIEBLICHER MATERIALTRANSPORT

Für den innerbetrieblichen Materialtransport, insbesondere im Bereich der Automobilproduktion, kommen manuelle Schlepperzüge, FTS und Gabelstapler zum Einsatz. Letztere werden dabei hauptsächlich für die Be- und Entladung von LKWs sowie die Ein- und Auslagerung im Warenein- und -ausgang und dem Lager genutzt. Für den Transport von GLTs an die Montagelinie kommt den Staplern durch Faktoren wie eine erhöhte Unfallgefahr und ein vergleichsweise geringes Transportvolumen, eine eher untergeordnete Bedeutung zu. Stattdessen stellen bemannte Schlepp- bzw. Routenzüge die bislang meist genutzte Strategie für den Behältertransport an die Montagelinie dar. Dies liegt unter anderem an der fehlenden Möglichkeit des automatischen, bedienerfreien Austauschs der GLTs. Wird diese durch das zu entwickelte Wechselsystem geschaffen, eröffnet dies neue Perspektiven hinsichtlich des Einsatzes von FTS. Hierdurch lassen sich Personalkosten einsparen sowie jederzeit pünktliche und transparente Transportvorgänge realisieren.

2.2 ANSÄTZE ZUM AUTOMATISCHEN HANDLING VON GROSSLADUNGSTRÄGERN

Die grundsätzliche Idee zur Realisierung der in Abbildung 2 rechts dargestellten sequenziellen Anstellung von GLTs gleicher Sachnummer und der damit einhergehenden Platzersparnis an der Montagelinie besteht in der Nutzung der Höhenrichtung für den GLT-Wechsel. Im Rahmen einer Marktrecherche wurden dazu zwei Ansätze gefunden, welche nachfolgend beschrieben werden.

Ein Ansatz für den automatischen Wechsel von GLTs sieht die Nutzung von Schwerkraft mit Hilfe eines Shootersystems, so wie es für Kleinladungsträger (KLTs) genutzt wird, vor. Dem Vorteil dieses Systems, keine elektrische Energie zu benötigen, stehen die Nachteile eines hohen Platzbedarfs in Abhängigkeit von der Behältergröße und die Notwendigkeit einer manuellen Bestückung gegenüber. Letztere wird durch die Tatsache bedingt, dass die für

den Fördervorgang mittels Schwerkraft notwendige potentielle Energie zunächst in das System eingebracht werden muss.

Ein weiterer Ansatz besteht in der Nutzung eines verfahrbaren Portals, wie es bspw. bei Werkzeugmaschinen zum Einsatz kommt. Mit diesem Portal wird der leere Behälter an der Montagelinie angehoben und abtransportiert, während mit einer zusätzlichen linearen Handlingeinheit ein voller Behälter an die Linie transportiert wird.

2.2.1 ANSATZ FÜR EINEN GLT-WECHSLER IM RAHMEN DES FORSCHUNGSPROJEKTS

Der im Rahmen des Forschungsprojekts verfolgte Ansatz sieht die Schaffung zweier Pufferplätze vor, wobei ein Pufferplatz einen vollen, der andere einen leeren GLT aufnimmt. Hintergrund ist die Einhaltung einer möglichst kurzen Zeitdauer des Wechsels von einem leeren gegen einen vollen Behälter. Die Generierung von zwei Pufferplätzen ermöglicht es, zunächst einen vollen Behälter vom Routenzugwagen aufzunehmen und anschließend einen leeren Behälter an diesen abzugeben. Die Forderung nach einer unterbrechungsfreien Teileversorgung über den gesamten Produktionsprozess hinweg steht dabei an erster Stelle. Um die Vorgabe einer geringen Baugröße einzuhalten, werden die Pufferplätze übereinander angeordnet.

Der gesamte Kreislauf des Behälterwechsels ist in Abbildung 3 dargestellt. Wurde der Behälter an der Montagelinie vollständig entleert, so kann der Werker den Wechsel mittels eines Tasters auslösen. Als Folge senkt die Anstalleinrichtung den Behälter in die horizontale Übergabeposition ab. Anschließend schwenkt das Lastaufnahmemittel der Schwenkeinrichtung nach unten, nimmt den Behälter mittels einer Greifeinrichtung auf und schwenkt ihn in die obere Pufferposition (Teilabbildung a). Um eine niedrige Bauhöhe des Wechselsystems zu ermöglichen, ist der sich auf dem unteren Pufferplatz befindliche, volle GLT zu diesem Zeitpunkt auf dem Hallenboden abgesenkt. Im nächsten Schritt wird dieser mittels einer Hubeinrichtung angehoben und anschließend durch eine Teleskopgabel auf die Anstalleinrichtung an der Montagelinie gefahren (Teilabbildung b).

Sobald ein Routenzug den Montagearbeitsplatz anfährt wird wiederum ein voller GLT auf den unteren Pufferplatz gefördert (Teilabbildung d). Hierzu fährt die Teleskopgabel aus, hebt den Behälter aus der Verankerung am Routenzugwagen und fährt ihn auf den Pufferplatz. Nachdem der volle GLT auf dem Hallenboden abgesetzt wurde wird der leere Behälter durch die Schwenkeinrichtung auf den Routenzugwagen gesetzt (Teilabbildung c) (4).

Dieser Lösungsansatz bietet ggü. den anderen beschriebenen Varianten folgende Vorteile:

- Geringere Abmaße in Höhen- und Tiefenrichtung realisierbar,

- Anstalleinrichtung unabhängig vom Wechselsystem,
- Günstigerer Materialfluss durch zwei Pufferplätze,
- Automatische Behälteraufnahme vom und -abgabe zum Routenzug.

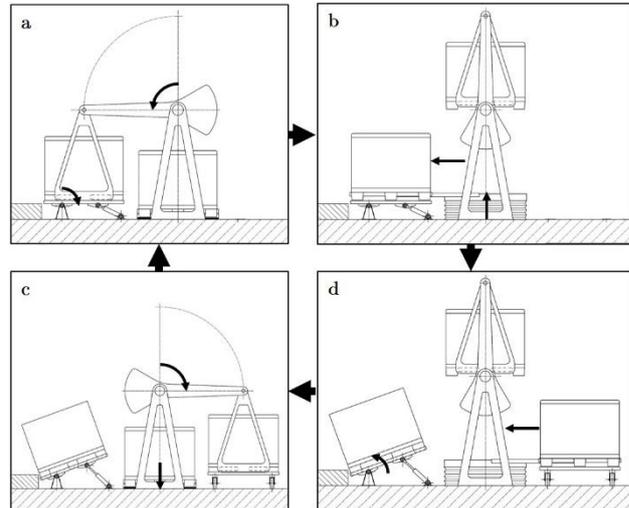


Abbildung 3: Schematischer Ablauf des GLT-Wechsels. a Aufnahme des leeren GLTs von der Montagelinie, b Übergabe des vollen GLTs an die Montagelinie, c Schwenken des leeren GLTs auf den Routenzugwagen, d Übergabe des vollen GLTs an den unteren Pufferplatz

3 ENTWICKLUNG EINES WECHSELSYSTEMS FÜR GLTs

3.1 DEFINITION DER ANFORDERUNGEN UND AUSWAHL DER VORZUGSVARIANTEN

In der Entwicklungsphase wurden zunächst, gemeinsam mit dem Projektpartner, die Anforderungen an das GLT-Wechselsystem festgelegt. Die relevantesten sind als Auszug in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Anforderungen an den GLT-Wechsler (Auszug)

Anforderung	Wert	
Abmessung	Höhe:	2500 mm
	Tiefe:	2300 mm
	Breite:	1500 mm
Kosten	Serienvariante:	max. 20 T€
	Prototyp:	max. 50 T€
GLT-Wechselzeit	An der Linie:	max. 50 s
Energieversorgung	elektrisch	

Im Anschluss wurden, auf Basis der festgelegten Prämissen, Teillösungen für die Realisierung der zum Behälterwechsel notwendigen Bewegungen festgelegt. Diese sind in Tabelle 2 aufgelistet und in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

Tabelle 2: Lösungen zur Realisierung der Teilbewegungen des GLT-Wechslers

Teilbewegung	Vorzugslösung
Lineares Handling des vollen GLTs	Angetriebene Rollenbahn
Anstellen des GLTs an der Montagelinie	Neigegerät mit spindelgetriebenem Scherenmechanismus (rein elektrische Energieversorgung)
Schwenken des leeren GLTs	Parallelschwinge mit integrierter Hubeinrichtung zur Einhaltung der Höhenvorgabe

3.2 REALISIERUNG DER LINEAREN HANDLINGBEWEGUNG

Die lineare Bewegung des vollen GLTs wird mit Hilfe einer angetriebenen Rollenbahn realisiert. Um diese optimal auslegen zu können wurden in der Konstruktionsphase zunächst die zu realisierende Kinematik festgelegt und anschließend mit Hilfe eines Versuchsstands Beschleunigungsversuche der beladenen Palette des GLTs durchgeführt. Mit der in Abbildung 4 dargestellten Kurve ließ sich dann die zur Realisierung der vorgegebenen Beschleunigung des GLTs notwendige Kraft ablesen und für die Dimensionierung des Antriebsmotors nutzen.

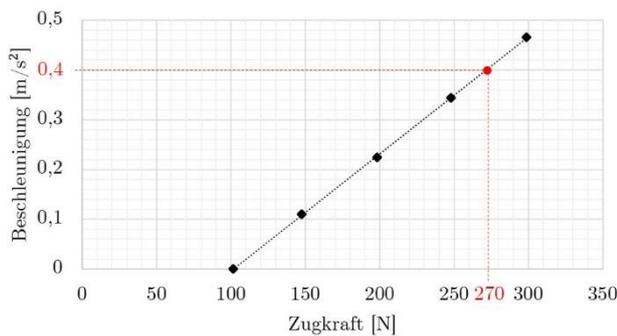


Abbildung 4: Verlauf der Beschleunigung des GLT in Abhängigkeit der Zugkraft (interpoliert)

Außerdem wurden sowohl unter Praxis- als auch unter Laborbedingungen Versuche zur Ermittlung des Haftreibungswerts der GLT-Palette gegen verschiedene, am Markt verfügbare Tragrollenmaterialien durchgeführt. Mit Hilfe dieser Versuche, deren Ergebnisse in Abbildung 5 dargestellt sind, konnten Stahlrollen mit einem Überzug aus weichem PVC als Vorzugsvariante ausgewählt werden.

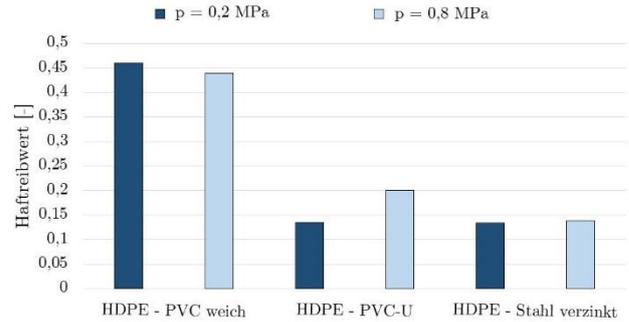


Abbildung 5: Ergebnisse der Haftreibungsermittlung unter Laborbedingungen

Ein weiterer Punkt bei der Realisierung des linearen Handlings war die Übergabe des vollen GLTs vom Routenzug an den GLT-Wechsler. Dies wurde mit einer riemengetriebenen Linearachse umgesetzt, die zu diesem Zweck mit einer Zugstange und einem Hakenmechanismus bestückt wurde und den vollen Behälter vom, ebenfalls mit einer Rollenbahn ausgerüsteten, Routenzugwagen auf den unteren Pufferplatz des GLT-Wechslers zieht.

3.3 REALISIERUNG DER SCHWENKBEWEGUNG DES LEEREN GLTs

Das Schwenksystem wurde, wie in Tabelle 2 festgelegt als Parallelschwinge ausgeführt, um den zu schwenkenden Behälter während der Bewegung immer in der horizontalen Position zu halten. Des Weiteren wurde in das Lastaufnahmemittel des Schwenksystems eine Hubeinrichtung integriert, mit der der Lagerpunkt des Schwenkarms an der Lastaufnahme in vertikaler Richtung verfahren werden kann. Durch eine schwenkwinkelabhängige Steuerung beschreibt die Bewegung des Behälters ein „Portal“, wodurch der GLT kollisionsfrei an dem auf dem unteren Pufferplatz befindlichen Ladungsträger vorbeigeschwenkt wird. Abbildung 6 zeigt das Schwenksystem inklusive der relevanten Baugruppen und Bewegungen.

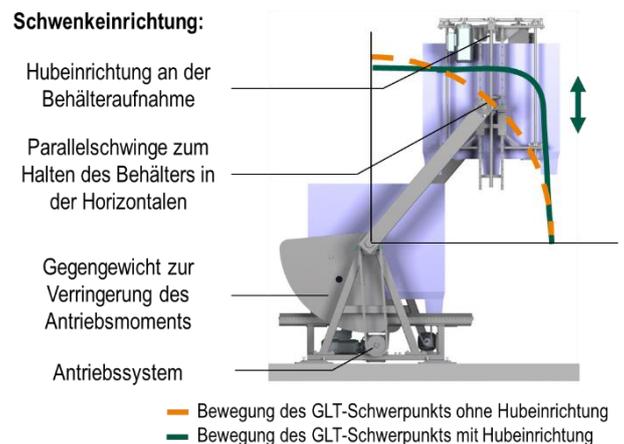


Abbildung 6: Schwenksystem des GLT-Wechslers (CAD-Capture)

Mit der Entwicklung des letzten Teilsystems war die Entwicklung des GLT-Wechslers abgeschlossen (siehe Abbildung 7). Die festgelegten Anforderungen an das System konnten weitestgehend eingehalten werden, lediglich die zulässige Breite und Tiefe des Wechslers wurden überschritten, wie Abbildung 8 zeigt. In Absprache mit dem Projektpartner wurden diese Abweichungen in der Prototypenphase jedoch als zulässig bewertet.

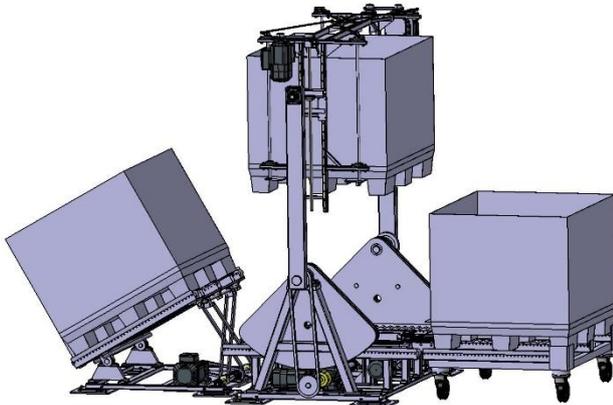


Abbildung 7: Gesamtansicht des GLT-Wechslers (CAD-Capture)

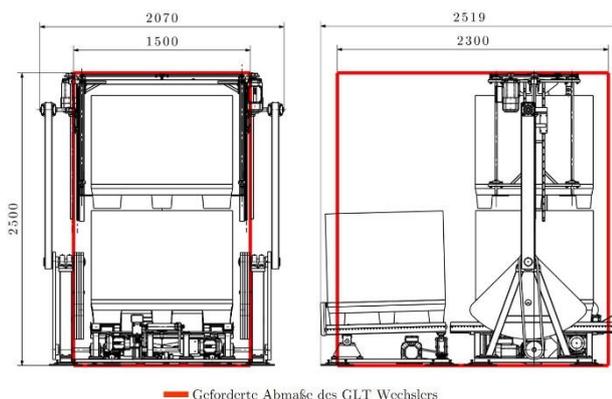


Abbildung 8: Abmaße des GLT-Wechslers

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Einsatz eines automatischen Wechselsystems für GLTs, stellt insbesondere für Materialanstellungsprozesse in der Automobilindustrie, ein enormes Optimierungspotenzial dar. Zum einen können leere Behälter an den Montagelinien ohne Zutun der Mitarbeiter gegen volle ausgetauscht werden, zum anderen wird durch ein Überkopfhandling der Behälter wertvolle Fläche frei. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde ein derartiges System entwickelt, welches das Funktionsprinzip Schwenken zur Realisierung der Wechselbewegung nutzt. Im weiteren Verlauf des Projekts wird dieses System fertigungstechnisch umgesetzt und getestet. Im Anschluss an das Projekt ist die Weiterentwicklung des GLT-Wechselsystems hin zu einem Serienprodukt geplant. Dabei soll neben einer Kos-

tenoptimierung auch die Möglichkeit zum Handling verschiedener Behältertypen umgesetzt werden. Außerdem wird weiterhin nach konstruktiven Möglichkeiten gesucht die Abmaße des Wechselsystems, insbesondere in Breitenrichtung zu optimieren.

Neben diesen Entwicklungen besteht außerdem ein Ansatzpunkt in der Umsetzung eines Systems, das gefüllte Behälter sowohl zur Montagelinie hin, als auch von der Linie weg bewegen kann. Mit einem solchen Wechsler, der ebenfalls über zwei Pufferplätze verfügt, ließen sich in Kleinserienfertigungen verschiedene Fahrzeuge auf einer Linie fertigen ohne die benötigten Teilebehälter permanent händisch auszutauschen. Dieser Vorgang würde dann vollautomatisch durch das Wechselsystem realisiert werden.

LITERATUR

- [KTP16] KTP Packaging Solutions GmbH : KTP Kunststoff Palettentechnik. Version: 06 2016. <http://www.ktp-online.de/produkte/behaelter/system-2000/s2000-standard/> . 2016. – Produktbroschüre
- [MAR14] Martin , Heinrich: Transport- und Lagerlogistik . Springer Science Business Media, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-03143-5> . <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-03143-5>
- [RIE06] Riemenschneider , M.: Der Wert von Produktvielfalt . 1. Aufl. Wiesbaden : Dt. Univ.Verl., 2006 (Gabler Edition Wissenschaft). – ISBN 3835003054
- [KES95] Kestel , R.: Variantenvielfalt und Logistiksysteme . Deutscher Universitätsverlag, 1995
- [KLU10] Klug , F.: Logistik in der Automobilindustrie . Springer Berlin Heidelberg, 2010

Björn Zierold M.Sc., Research Assistant at the Chair of Conveying Engineering, Chemnitz University of Technology.

Björn Zierold was born 1991 in Chemnitz, Germany. Between 2011 and 2016 he studied Automobilproduction and -engineering at Chemnitz University of Technology.

Address: Professur Fördertechnik, Technische Universität Chemnitz, Reichenhainer Str. 70, 09126 Chemnitz, Germany,
Phone: +49 371 531-31375, Fax: +49 371 531-831375,
E-Mail: bjorn.zierold@mb.tu-chemnitz.de

