

System zur reproduzierbaren, automatischen und sicheren Stapelung von Gitterboxen mit einem Brückenkran – KrasS

System for a reproducible, automatic and safe stacking of pallet cages using an overhead crane – KrasS

*Steffen Bolender
Jan Oellerich
Meike Braun
Markus Golder
Kai Furmans*

*Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

Gitterboxen werden in vielen produzierenden Unternehmen zur Lagerung und Bereitstellung von Materialien genutzt und lassen sich leicht aufeinanderstapeln. Bisher geschieht die Lagerung in selbsttragenden Stapelkonstruktionen hauptsächlich durch die Nutzung eines manuell betriebenen Gabelstaplers, für den breite Gassen bereitgestellt werden müssen. Diese Art von Blocklagerung ist zeitaufwendig und benötigt eine große Fläche, welche bei kleinen und mittelständischen Unternehmen meist nur erschwert freigehalten werden kann. Gleichzeitig befindet sich in nahezu allen produzierenden Unternehmen mindestens ein Brückenkran in der Produktions- bzw. Montagehalle. In der Regel wird so ein Brückenkran aber nur für einzelne Transporte pro Tag genutzt und steht die restliche Zeit still. In diesem Beitrag wird daher ein System zur flexiblen Lagermöglichkeit von Gitterboxen vorgestellt. Mit diesem System ist es möglich reproduzierbar und sicher Stapel von Gitterboxen vollautomatisiert mit einem Brückenkran zu bilden. Ziel dabei ist es, dass dieses innovative System in bereits bestehende Standardbrückenkrane ohne Veränderungen der Konstruktion eingesetzt werden kann. Vorgestellt werden der Prozessablauf sowie die einzelnen Komponenten des Systems.

[Schlüsselwörter: Gitterbox, Stapellager, Brückenkran, automatisches Kransystem]

Pallet cages are used in many producing companies for storing and supplying materials and can be easily stacked. Nowadays this storage using self-supporting stacks is mainly done by using manual forklifts, which need wide lanes. This type of block storage is time-consuming and needs large areas, which can hardly be supplied and kept free for small and medium-sized companies. At the same time there is at least one overhead crane

in almost every production or assembly hall. This overhead crane is often used only for a few transports per day and stands still the rest of the day. Therefore, in this contribution a system for a flexible storage of pallet cages is presented. Using this system, it is possible to fully-automated use overhead cranes to build stacks of pallet cages reproducibly and safely. The goal is to integrate this innovative system into a given overhead crane without making changes to the construction. The process flow and the components of the system will be presented in this contribution.

[Keywords: Pallet cage, stack storage, overhead crane, automatic crane system]

1 EINLEITUNG

Gitterboxen sind ein wesentlicher Vertreter der Ladehilfsmittel in der Fördertechnik und werden als geschweißte Stahlrahmenkonstruktion ausgeführt. Zusätzliche Gitter an den Seitenwänden gewährleisten eine sichere Aufbewahrung von Materialien. So eignen sich Gitterboxen hervorragend für die Lagerung von diversen Ladungsgütern sowie deren Bereitstellung und werden dementsprechend in vielen Unternehmen eingesetzt. Des Weiteren können diese sehr gut gestapelt werden, wobei für die Lagerung in den dafür vorgesehenen Stapellagern meist Gabelstapler eingesetzt werden. Diese benötigen jedoch breite Gassen innerhalb des Stapellagers, um entsprechend arbeiten zu können. Zudem ist diese Art der Blocklagerung sehr zeitintensiv und erfordert zur Realisierung große Flächen, welche in kleinen und mittelständischen Betrieben nur schwer bereitgestellt werden können. Weiterhin verfügen diese Unternehmen in nahezu allen Montage- und Produktionshallen über mindestens einen Brückenkran zum Um-

schlag von Waren. Dessen Einsatz ist jedoch nur auf wenige Transporte pro Tag beschränkt, was zu einer vergleichsweise hohen Stillstandzeit führt.

Am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme wurde das Potential der wenig genutzten Brückenkrane für den Transport von Gitterboxen erkannt. Vor diesem Hintergrund wird im ZIM-Projekt „KrasS“ ein Kransystem zur reproduzierbaren, automatischen und sicheren Stapelung von Gitterboxen entwickelt. Gleichzeitig ermöglicht das System eine flexible Lagerung und kann von kleinen sowie mittelständischen Unternehmen eingesetzt werden. Ein wesentlicher Aspekt im Rahmen der Entwicklung besteht in einer möglichen Integrierbarkeit des Systems in bereits bestehende Brückenkrananlagen, um somit kostenintensive Umbaumaßnahmen vermeiden zu können. Das neue System besteht aus den folgenden Komponenten:

- Laufkatze mit Mehrfachkettenzug
- Steuerungs- und Automatisierungstechnik
- Lastaufnahmemittel zum Greifen der Boxen

In diesem Beitrag sollen insbesondere die genannten Komponenten vorgestellt und deren Funktionsweise näher erläutert werden. Für die weitere Bearbeitung des Projektes steht der Aufbau eines Prototyps in der Versuchshalle des IFL im Fokus, um einen späteren realen Einsatz im Betrieb demonstrieren zu können.

2 STAND DER TECHNIK

Im Folgenden wird der aktuelle Stand der Technik präsentiert, wobei die automatisierte Blocklagerung sowie herkömmliche Gitterboxen im Fokus der Betrachtung stehen.

2.1 AUTOMATISIERTE BLOCKLAGERUNG

Aktuell werden Gitterboxen in Blocklagern üblicherweise mit Gabelstaplern ein- und ausgelagert. Dies geschieht manuell durch den Fahrer des Gabelstaplers. Um genug Platz zum Rangieren zur Verfügung zu stellen und ein zeit- und arbeitsaufwendiges Umlagern der Boxen zu vermeiden, werden die Lagerstellen für Gitterboxen meist in Zeilenlagern angeordnet. Alternativ gibt es automatisierte Lagersysteme beispielsweise mit Hilfe eines Regalbediengeräts, welche aber häufig ebenfalls als Zeilenlager ausgelegt und in der Anschaffung vergleichsweise teuer sind.

Für die automatisierte Lagerung von kleinen Behälter und Containern in Blocklagern sind bereits Systeme auf dem Markt verfügbar:



Abbildung 1. AutoStore-System von Swisslog im Einsatz bei der Euro-Friwa GmbH [Eur17]

Für das Lagern von kleinen Behältern gibt es das System AutoStore der Firma Swisslog. Hier fahren kleine batteriebetriebene Roboter oberhalb eines Blocklagers, heben die Behälter aus dem Lager und bringen sie zur Kommissionierstation. Dabei werden die Behälter und die Fahrzeuge jedoch über Schienen geführt. Im Unterschied zum Kransystem, ist es hier möglich, dass mehrere Fahrzeuge gleichzeitig im System verfahren, wodurch die Durchlaufzeiten verringert werden können. Bei entsprechender Auslastung und Warenvelfalt sind unter Umständen Umlagerungsvorgänge notwendig. [Aut18]

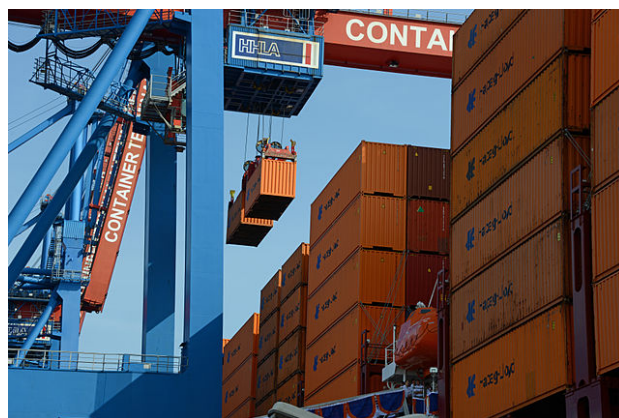


Abbildung 2. Containerverladung im Hamburger Hafen [Mon12]

Automatische Blocklager mittels Krane sind beispielsweise für Container bereits im Einsatz. Hierbei können die Container über standardisierte Verriegelungsmechanismen (Twistlocks) einfach gegriffen werden. Des Weiteren gibt es bei Containerkränen Regelungssysteme, die zum Beispiel das Schwingen der Container reduzieren und somit eine genauere Positionierung ermöglichen. [Bös11]

Zum Lagern von Gitterboxen in Blocklagern mithilfe von Standardbrückenkranen gibt es bisher keine bekannten automatisierten Lösungen.

2.2 GITTERBOXEN

Gitterboxen sind Ladehilfsmittel, die auf Europool-Paletten basieren. Gitterboxen werden als geschweißte

Stahlrahmenkonstruktion ausgeführt und bestehen aus einer Bodenpalette, vier Füßen und dem Käfig aus Gittern an den Seitenwänden. Zusätzlich gibt es an einer Seite noch eine Seitenklappe, wodurch das Befüllen der Gitterbox vereinfacht wird. Die Abmessungen entsprechen denen der Europool-Palette (800 mm x 1200 mm), genormt sind die Gitterboxen in der UIC 453-3 „Gütenorm für einen europäischen EUR-Ladungsträger aus Stahl“. Gitterboxen können problemlos gestapelt werden, die Stapelhöhe ist hierbei abhängig vom tatsächlichen Gewicht der gestapelten Gitterboxen sowie der zulässigen Auflast. [UIC453-3]

Für das automatische Kransystem sind nur solche Gitterboxen geeignet, welche neuwertig sind. Die Gitterboxen dürfen insbesondere an den Füßen sowie an den Ecksäulen und am Steilwinkelaufsatz keine Beschädigungen aufweisen. Das maximal zulässige Gesamtgewicht der Gitterboxen, die im System befördert werden sollen, beträgt 800 kg. Die Füllhöhe ist beschränkt auf 800 mm, ein Deckel kann nicht aufgesetzt werden.



Abbildung 3. Gitterbox nach UIC 453-3 [Eko11]

Zum Transport von Gitterboxen werden üblicherweise Traversen eingesetzt mit jeweils zwei starren und zwei schwenkbaren Greifern, welche am oberen Rand der Gitterbox von außen befestigt werden. Diese Traversen werden jedoch ausschließlich für den manuellen Transport von Gitterboxen verwendet und können Gitterboxen nicht automatisiert greifen.

3 VORSTELLUNG DES SYSTEMS

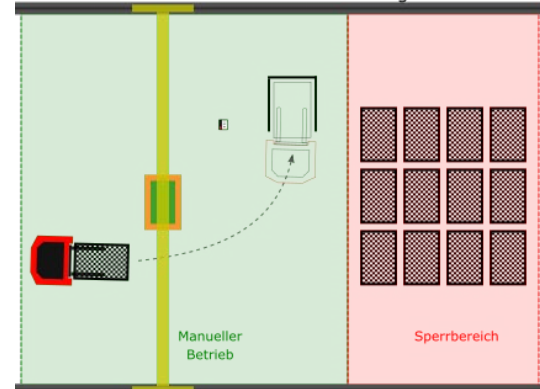
Im folgenden Abschnitt werden der Stapelungsprozess und die einzelnen benötigten Komponenten des automatischen Kransystems detailliert beschrieben.

3.1 PROZESSABLAUF

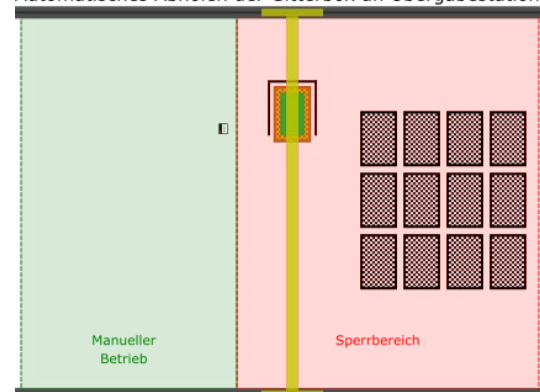
Zunächst wird der Prozessablauf für Ein- und Auslagerungsvorgänge beschrieben.

Ein Einlagerungsvorgang im System soll wie folgt ablaufen:

Manuelles Absetzen der Gitterbox an Übergabestation:



Automatisches Abholen der Gitterbox an Übergabestation:



Automatisches Absetzen der Gitterbox in Stapellager:

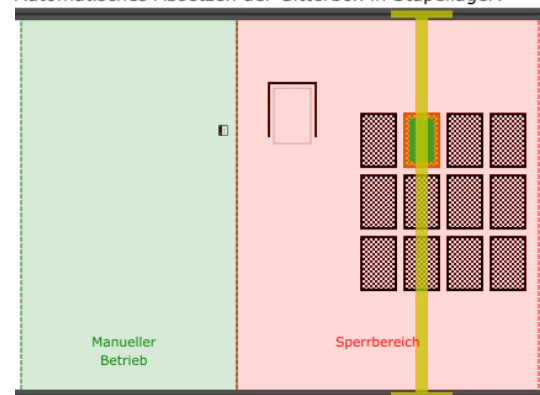


Abbildung 4. Ablauf der Einlagerung einer Gitterbox

Zunächst wird die einzulagernde Gitterbox manuell an einer Übergabestelle abgesetzt. Über ein Terminal wird der Einlagerungsbefehl an das System gegeben. Nachdem sichergestellt wurde, dass sich keine Personen mehr im Arbeitsbereich befinden, fährt der Kran die Übergabestelle an und die Gitterbox wird über das Lastaufnahmemittel aufgenommen. Anschließend wird die Gitterbox angehoben und oben am Hubwerk fixiert, bevor der Kran und die Laufkatze an die Zielposition im Gitterboxstapel fahren. Anschließend wird die Gitterbox an der Zielposition abgesetzt und vom Lastaufnahmemittel gelöst. Die Position der Box wird vom System gespeichert, sodass immer bekannt ist, wo sich welche Box im Stapel befindet.

Der Auslagerungsvorgang funktioniert nach dem gleichen Prinzip in umgekehrter Reihenfolge. Die auszulagernde Box wird zunächst im Gitterboxstapel anhand der gespeicherten Daten lokalisiert. Falls die Gitterbox nicht zugänglich ist, werden zunächst die blockierenden Gitterboxen umgelagert bis das Zielobjekt gegriffen werden kann. Die ausgelagerte Gitterbox wird dann wieder an der Übergabestelle abgesetzt und kann, nachdem sich der Kran wieder in der Ruheposition befindet, manuell weiter transportiert werden.

Um den Platz im Blocklager möglichst gut auszunutzen sollen die Gitterboxen möglichst dicht nebeneinander stehen. Dies erfordert eine sehr hohe Positioniergenauigkeit sowie eine Reduzierung von auftretenden Schwingungen, damit es beim Heben und Senken der Box nicht zu Kollisionen mit benachbarten Stapeln kommt.

3.2 KOMPONENTEN DES SYSTEMS

Das innovative Kransystem besteht aus einem neu entwickelten Lastaufnahmemittel zum vollautomatischen sicheren Greifen von Gitterboxen, einem Vierfach-Kettenzug, der in bestehende Kranbrücken eingesetzt werden kann sowie einer innovativen Automatisierungs- und Steuerungstechnik. Als Schnittstelle zwischen manuellem und automatischem Betrieb wird eine Übergabestelle mit Bedienterminal benötigt. Die einzelnen Komponenten werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

3.2.1 LASTAUFNAHMEMITTEL

Mit dem Lastaufnahmemittel (LAM) sollen Gitterboxen automatisch und sicher gegriffen werden können.

Das Greifen der Gitterbox stellt hierbei mehrere Herausforderungen dar: Alle verwendeten Gitterboxen müssen sicher vom System gegriffen werden können, d.h. das System muss sicher erkennen können, dass die Gitterbox korrekt gegriffen wurde und dass sie sich während des Transports nicht lösen kann. Die korrekte Positionierung des Greifers an der Gitterbox sowie die korrekte Platzierung der Box auf der Oberfläche sind ebenfalls wichtig um instabile Stapel zu vermeiden. Des Weiteren darf der Greifer weder die Gitterbox selbst noch den Inhalt der Gitterbox beschädigen.

Hierzu wurden mehrere Möglichkeiten zum Greifen der Gitterbox untersucht:

- Greifen am Boden
- Greifen von außen
- Greifen von innen

Beim Greifen von außen sowie dem Greifen am Boden ergibt sich das Problem, dass verhältnismäßig viel Platz für

den Greifer benötigt wird, da dieser bei dieser Lösung größer als die Gitterbox sein muss. Beim Greifen von innen liegt die größte Herausforderung im Finden eines geeigneten Lastangriffspunktes. Des Weiteren kann beim Greifen von innen der Inhalt der Box beeinträchtigt werden und es muss sichergestellt sein, dass der Inhalt der Box nicht beschädigt wird. Um die Lagerdichte durch niedrige Abstände zu gewährleisten wird bei der Entwicklung des LAM auf das Greifen von innen zurückgegriffen.

Da die Laufkatze des Systems auch im manuellen Betrieb für den üblichen Gütertransport verwendet werden soll, kann der Greifer für die Gitterbox auch durch einen Kranhaken ersetzt werden, der direkt am LAM befestigt werden kann.

3.2.2 VIERFACH-KETTENZUG

Um ein Verdrehen der Gitterbox zu vermeiden, wird eine Laufkatze mit vier Kettenabgängen konstruiert. Bei der Konstruktion muss darauf geachtet werden, dass die Kettenabgänge synchron laufen, sodass die Box während des Hebe- und Senkvorgangs waagrecht bleibt. Während des Verfahrens der Kranbrücke und der Laufkatze wird das Lastaufnahmemittel an der Laufkatze arretiert, sodass die Gitterbox durch die Fahrbewegungen nicht ins Schwanken kommt.

Es soll ein Kettenzug eingesetzt werden, da hierdurch eine feste Position der Kettenabgänge festgelegt wird. Im Gegensatz zum Seilzug findet keine Hakenwanderung statt. Nachteil des Kettenzugs ist der Polygoneffekt, wodurch unter Umständen zusätzliche Schwingungen in das System eingebracht werden.

Die Laufkatze stellt die Hauptkomponente des Systems dar. Zum Einrichten des Systems muss lediglich die Laufkatze ausgetauscht werden. Die Laufkatze ist somit so konstruiert, dass sie an bereits bestehende Brückenkränträger angepasst werden kann.

3.2.3 AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

Für die Steuerung des Systems wird eine neuartige Automatisierungstechnik entwickelt. Die gesamte Steuerungstechnik soll hierbei zentral an der Laufkatze untergebracht werden. Über Sensoren an der Laufkatze muss die Position der Gitterbox exakt ermittelt werden können. Des Weiteren muss von der Steuerung sichergestellt werden, dass die Gitterbox sicher gegriffen wurde und dass sich keine Personen im Gefahrenbereich während des Automatikbetriebs aufhalten. Für den manuellen Transport von Lasten kann das System zwischen Automatik- und Manuellbetrieb umgeschaltet werden.

3.2.4 ÜBERGABESTELLE

Als Ein- und Auslagerungspunkt dienen Übergabestellen. An der Übergabestelle werden die Gitterboxen z.B.

mittels eines Flurförderfahrzeuges abgesetzt und an das System übergeben. Die Übergabestelle ist dabei mechanisch so gestaltet, dass die Gitterbox immer bereits korrekt ausgerichtet ist und somit problemlos automatisch vom Lastaufnahmemittel gegriffen werden kann. Des Weiteren gibt es ein Bedienterminal über welches Angaben zur ein- oder auslagernden Gitterbox hinterlegt werden. Vor der Einlagerung der Gitterbox durch das System, wird zunächst geprüft, ob die Gitterbox für das System geeignet ist, d.h. es liegen keine Beschädigungen vor und die Box ist weder zu hoch noch zu schwer beladen. Nach erfolgreicher Prüfung wird die Gitterbox automatisch in das System eingelagert.

Je nach Bedarf können auch mehrere Übergabestellen im System vorgesehen werden um z.B. Kollisionen zwischen Ein- und Auslagerungen oder Wartezeiten zu vermeiden.

3.2.5 STAPELSTRATEGIE

Die Einlagerung der Boxen erfolgt automatisch nach einer im System hinterlegten Stapelstrategie. Je nach Gitterboxinhalt, Platzbedarf und Zugriffshäufigkeit können hierbei verschiedene Strategien angewendet werden. Um beispielsweise Umlagerungen zu vermeiden, ist es bei entsprechendem Platzbedarf sinnvoll zunächst die unterste Reihe zu füllen und bei gleichbeladenen Gitterboxen diese übereinander zu lagern. Gitterboxen, die nur selten verwendet werden, können eher unten im Stapel abgestellt werden, während häufig benötigte Gitterboxen möglichst weit oben im Stapel stehen sollten, um kurze Zugriffszeiten zu gewährleisten und Umstapelungsvorgänge zu vermeiden.

4 HERAUSFORDERUNGEN

Die Herausforderungen im System liegen vor allem in der hohen Lagerdichte. Durch die engen Abstände zwischen den einzelnen Gitterboxen muss die Position durch die Laufkatze und die Kranbrücke sehr exakt angefahren werden. Dabei spielt insbesondere die Positionserkennung eine entscheidende Rolle.

Außerdem muss das Heben und Senken der Kiste exakt senkrecht mit möglichst minimalen Schwingungen erfolgen, um Kollisionen mit benachbarten Stapeln zu vermeiden.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In diesem Beitrag wurde ein System vorgestellt, das zum reproduzierbaren, automatischen und sicheren Stapeln von Gitterboxen mithilfe eines Brückenkrans eingesetzt werden kann. Hierbei können bestehende Kranbrücken verwendet werden, es muss lediglich eine neu entwickelte Laufkatze eingesetzt werden. Es wurden die einzelnen

Komponenten des Systems erläutert und die Herausforderungen dargestellt.

Aktuell werden die einzelnen Komponenten des Systems konzipiert und konstruiert, sodass im nächsten Schritt ein erster Prototyp des Systems am IFL aufgebaut werden kann. Parallel werden an einem skalierten Modell erste Versuche zum Schwingverhalten des Vierfach-Kettenzugs sowie zur reproduzierbaren Stapelung der Kisten durchgeführt.

6 FÖRDERHINWEIS

Dieses Projekt wird im Rahmen eines ZIM Kooperationsprojekts (Förderkennzeichen: ZF4251410RF7) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

LITERATUR

- [Aut18] AutoStore: *Explore AutoStore*. <https://www.autostoresystem.com/Explore-AutoStore>, abgerufen am 30.07.2018
- [Bös11] Böse, Jürgen W. (Hrsg.): *Handbook of Terminal Planning*. Hamburg: Springer Science+Business Media, LLC 2011. – ISBN 978-1-4419-8407-4
- [Eko12] „Ekom69“: *EUR-Boxpalette*. Wikipedia 2012, <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gitterbox100.JPG>, CC-BY-SA 3.0, abgerufen am 30.07.2018.
- [Eur17] Euro-Friwa GmbH: *AutoStore®-Behältersystem im Lager der Euro-Friwa GmbH*. Wikimedia Commons 2017, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Euro-friwa-autostore.jpg>, CC-BY-SA 4.0, abgerufen am 30.07.2018.

- [Mon12] „Monster4711“: *Containerverladung im Hamburger Hafen*. Wikimedia Commons 2012, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Containerbruecke.jpg>, CC0 1.0, abgerufen am 30.07.2018.
- [UIC453] Union Internationale des Chemins de Fer: *UIC 453-3 – Gütenorm für einen europäischen EUR-Ladungsträger aus Stahl (EUR-Boxpalette) „Y“ mit den Abmessungen 800 mm x 1 200 mm*. Paris: 2008.

M.Sc. Steffen Bolender, Research Associate at the Institute for Material Handling and Logistics (IFL), Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

Steffen Bolender studied Mechanical Engineering at Karlsruhe Institute of Technology (KIT) from 2009 to 2015. Since 2015, he is a research associate in the department of Warehouse and Material Handling Technology at IFL.

E-Mail: Steffen.Bolender@kit.edu

M.Sc. Jan Oellerich, Research Associate at the Institute for Material Handling and Logistics (IFL), Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

Jan Oellerich studied Mechanical and Process Engineering at the Technical University of Darmstadt from 2007 to 2015. Since 2015 he works as a research associate in the department of FLX at IFL.

E-Mail: Jan.Oellerich@kit.edu

Address: Institute for Material Handling and Logistics (IFL), Karlsruhe Institute of Technology (KIT),
Gotthard-Franz-Straße 8, 76131 Karlsruhe,
Phone: +49 (0)721/608-48619,
E-Mail: Steffen.Bolender@kit.edu