

Intelligentes Behältermanagement:

Transparente Ladungsträgerbestände und -bedarfe durch Technologien des Internets der Dinge und Dienste

Martina Romer und Sebastian Meißner, Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut

Experteninterviews haben gezeigt, dass viele Tätigkeiten im Behältermanagement manuell durchgeführt werden und Transparenz über die Ladungsträgerbestände fehlt. Die Folgen sind unter anderem Unter- oder Überbestände von Ladungsträgern. In diesem Beitrag wird das Konzept der datenbasierten Dienstleistung „automatisierte Kreislaufüberwachung“ vorgestellt. Die Dienstleistung basiert auf der Integration von Identifikations-, Kommunikations- und Lokalisierungstechnologien in Ladungsträgern und der durchgängigen Erfassung von Zustandsdaten in den logistischen Prozessen. Die Daten werden in einem cloudbasierten Service-System verarbeitet und lösen bei potenziellen Über- und Unterbeständen so genannte Supply-Chain-Event aus, um frühzeitig Gegenmaßnahmen ergreifen zu können und eine Lieferstörung zu verhindern.

Ladungsträger dienen dem Transport, der Lagerung und dem Umschlag von Bauteilen in Wertschöpfungsnetzwerken. Bauteilindividuelle Ladungsträger werden von Behälterherstellern gemäß den Kundenanforderungen entwickelt, hergestellt [1, 2] und in Prozessen zwischen produzierenden Unternehmen wie beispielsweise einem Zulieferer und Automobilhersteller eingesetzt. Für das Management von Ladungsträgern existieren in den jeweiligen Unternehmen eigenständige Abteilungen. Zu den Hauptaufgaben des Behältermanagements zählen: Behälterplanung, Bedarfsermittlung, Kreislaufüberwachung, Kontenführung und Verrechnung. Viele dieser Aufgaben werden manuell durchgeführt und sind für einen reibungslos funktionierenden Materialfluss notwendig, aber nicht wertschöpfend [3]. Aufgrund der fehlenden Transparenz über die Bestände bauen Unternehmen oftmals große Sicherheitsbestände an Ladungsträgern auf, die dennoch keine Versorgungssicherheit gewährleisten und eine hohe Kapitalbindung zur Folge haben [4]. Diesen Herausforderungen muss sich vor allem die Automobilindustrie mit ihren anfälligen Just-in-Time (JiT) Belieferungskonzepten stellen. Deren Aufgabe ist es, die richtigen Ladungsträger am richtigen Ort in der richtigen Menge, Zeit und Qualität bereitzustellen. Unterstützend für manuelle

Tätigkeiten wie beispielsweise Wareneingangsbuchungen oder tägliche Bestandsaufnahmen in Lägern setzen Unternehmen IT-gestützte Behältermanagementsysteme ein. Die Daten werden überwiegend manuell und meist mit zeitlichem Verzug eingepflegt. Dies führt unter anderem zu fehlerhaften Entscheidungen auf Grundlage veralteter Daten in den Behältermanagementsystemen.

Der aktuelle Stand der Wissenschaft und Technik bietet bereits erste Konzepte und Lösungen für den Einsatz von Technologien des Internets der Dinge an Ladungsträgern. Beispielsweise wurden Kommunikationstechnologien und Sensoren in Ladungsträger integriert, um Standorte und Umgebungstemperaturen zu überwachen [5-7]. Zudem wurden Sensorknoten genutzt, die selbstständig Abläufe von Ladungsträgern steuern [8-10]. In der Praxis existieren aber keine Ansätze, die sich auf das automatisierte Überwachen von Ladungsträgerkreisläufen auf Basis von intelligenten Ladungsträgern fokussiert haben. Das Forschungsprojekt „iSLT.NET“ hat eine Reihe von datenbasierten Dienstleistungen für ein intelligentes Behältermanagement konzipiert und setzt diese pilothaft um [11].

Smart Load-Carrier-Management: Monitoring of Stock Levels and Requirements Through Technologies of the Internet of Things and Services

Regarding to a lack of transparency, expert interviews have shown that many activities in load-carrier-management in companies are performed manually and are prone to errors. The consequences are overstock or more severe understock of load carriers. This article presents the concept of the data-based service "automated monitoring of stock levels". The service is based on the integration of technologies for identification, communication and localization into conventional load carriers and the generation of data during the logistic process. The data are processed in a cloud-based service-system that triggers supply chain events in case of potential understock of load carriers to prevent supply chain disruptions.

Keywords:

Automated monitoring of stock level, data-based services, smart load carrier management



M. Eng. Martina Romer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS) der Hochschule Landshut.



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Meißner ist Professor für Produktionsmanagement und Logistik an der Hochschule Landshut. Er forscht auf dem Gebiet intelligenter Produktions- und Logistiksysteme und der effizienten Gestaltung von logistischen Schnittstellen am TZ PULS.

sebastian.meissner@haw-landshut.de
www.tz-puls.de

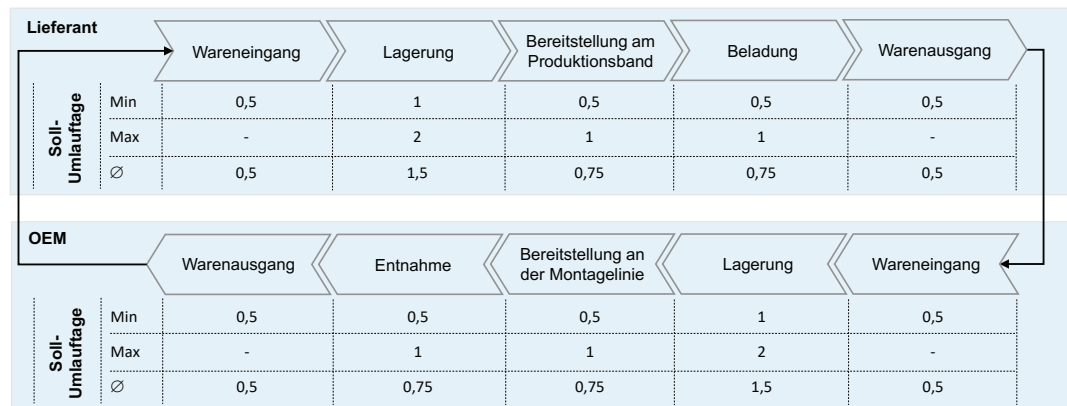


Bild 1: Soll-Umlaufzeit für Prozesse.

Literatur

[1] Attig, P.: Komplexitätsreduktion in der Logistik durch modulare Sonderladungsträger. Dissertation. RWTH Aachen 2011.

[2] Rosenthal, A.: Ganzheitliche Bewertung modularer Ladungsträgerkonzepte, AutoUni Schriftreihe Band 93. Wiesbaden 2016.

[3] Bergmann, L.; Lacker, M.: Denken in Wertschöpfung und Verschwendung. In: Uwe Dombrowski, Christoph Herrmann, Thomas Lacker und Sabine Sonntag (Hrsg): Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen. Ein ganzheitliches Konzept. Berlin Heidelberg 2009.

[4] Hofmann, E.; Bachmann, H.: Behälter-Management in der Praxis. State-of-the-art und Entwicklungstendenzen bei der Steuerung von Ladungsträgerkreisläufen. Hamburg 2006.

[5] Seidler, T.; Konstantinos, T.: CairGoLution – Real time transparency of the air freight supply chain. In: Proceedings of the Security Research Conference 10th Future Security. Berlin 2015.

[6] Prives, S.: Systemkonzept zur Steigerung logistischer Effizienz im Lebensmittel Einzelhandel durch Einsatz intelligenter Behälter. Dissertation. Technische Universität München 2016.

[7] IMSAS Institut für Mikrosensoren, -aktoren und -systeme: Ergebnis des Projektes intelligenter Container. URL: www.intelligentcontainer.com/fileadmin/Redakteure/pic/Bericht2014/Ergebnisse_IntelligenterContainer_v22_k.pdf, Abrufdatum 14.03.2019.

[8] Emmerich, J.; Roidl, M.; Bich, T.; ten Hompel, M.: Entwicklung von energieautarken, intelligenten Ladehilfsmitteln am Beispiel des inBin. In: Logistics Journal 8 (2012), URL: www.logistics-journal.de/proceedings/2012/3430/08-emmerich-wgtl2012.pdf, Abrufdatum 22.05.2019.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird in diesem Beitrag folgende Forschungsfrage beantwortet: Wie muss die datenbasierte Dienstleistung „automatisierte Kreislaufüberwachung“ konzipiert sein, um Ladungsträgerbestände und Ladungsträgerbedarfe zu überwachen? Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf insgesamt sechs Workshops und zwei Experteninterviews mit Behälterherstellern, Lieferanten und Automobilherstellern.

Ermittlung des Behälterbedarfs

Für die Planung der umlaufenden Ladungsträger wenden die befragten Unternehmen die Behälterbedarfsrechnung an. Der Behälterbedarf für einen Kreislauf zwischen Lieferanten und OEM ermittelt sich wie folgt:

$$\text{Behälterbedarf} = \text{Behälterbedarf pro Tag} * \text{Umlaufzeit} + \text{Sicherheitsbestand}$$

Der Behälterbedarf pro Tag wird aus dem Behälterpacklos und aus den geplanten Produktionsstückzahlen ermittelt. Die Umlaufzeit orientieren sich an den Prozessen und beschreiben den Zeitraum, den ein Ladungsträger von der Quelle bis zur Senke und zurück benötigt. Bild 1 zeigt beispielhaft die Prozesse eines Ladungsträgerkreislaufts zwischen einem Lieferanten und einem Original Equipment Manufacturer (OEM). Bei relevanten Prozessen, wie zum Beispiel beim Wareneingang, der Bereitstellung und dem Lagern, werden Minimal-, Maximal- und Durchschnittszeiten für die Soll-Umlaufzeit hinterlegt. Potenzielle Bestandsschwankungen, wie beispielsweise Schwund oder Reparaturen an Ladungsträgern, werden durch einen Sicherheitsbestand in der Behälterbedarfsrechnung ausgeglichen [12].

Der Behälterbedarf wird auf Basis von Plan- und Ist-Daten berechnet. Folglich werden Ladungsträger beschafft und in den Kreislauf integriert. Während dem Einsatz in den logistischen Pro-

zessen prüfen Unternehmen, ob die Anzahl der umlaufenden Ladungsträger noch ausreichend ist. Für einen Vergleich zwischen dem Ladungsträgerbestand und dem tatsächlichen Bedarf, wird die Behälterbedarfsrechnung auf Basis der aktuellen Daten wiederholt manuell durchgeführt.

Einflussfaktoren auf die Ladungsträgerbestände im laufenden Prozess

Zur Identifikation von Einflussfaktoren auf die Ladungsträgerbestände wurden Experteninterviews mit den Industrieunternehmen geführt. Im Ergebnis kristallisieren sich fünf Einflussfaktoren heraus. Bild 2 zeigt die Einflussfaktoren, die zu einer Überprüfung der Anzahl an umlaufenden Ladungsträger führen können.

Die Einflussfaktoren Veränderung von Belieferungskonzepten, Verlagerung eines Lieferantenstandorts und der Lieferantenwechsel sollten innerhalb der Unternehmen frühzeitig kommuniziert werden. Dann kann der Behälterbedarf manuell neu berechnet und bei drohendem Unterbestand zusätzliche Ladungsträger beschafft werden. Abweichungen zwischen dem tatsächlichem und dem geplanten Produktionsverlauf werden heute bei den befragten Unternehmen aufgrund von fehlenden Daten im Behältermanagement nicht kontinuierlich überwacht. Dies hat zur Folge, dass sich zum Beispiel Bestandsreichtweiten schleichend verringern und ein Unterbestand an Ladungsträgern zu spät erkannt wird.

Bis dato fehlt den Unternehmen Transparenz über die im Umlauf befindlichen Ladungsträgerbestände, sodass Schwund zumeist erst im Falle eines akuten Ladungsträgermangels zu spät bemerkt wird. Dies führt beispielsweise auch dazu, dass bei Unterbestand die Anzahl an Ladungsträgern, die zusätzlich beschafft werden, auf einer unzureichenden Datenbasis

festgelegt wird. Diesen Problemen soll die automatisierte Kreislaufüberwachung entgegenwirken.

Automatisierte Kreislaufüberwachung

Im Rahmen eines intelligenten Behältermanagements verfolgt die Dienstleistung „automatisierte Kreislaufüberwachung“ vorrangig das Ziel, die umlaufenden Ladungsträgerbestände zu ermitteln und mit den aktuellen Bedarfen abzugleichen. Bei Abweichungen zwischen den Beständen und Bedarfen wird automatisiert ein Supply-Chain-Event ausgelöst, das Maßnahmen einleitet, um eine Störung der Supply Chain zu verhindern. Ein Supply-Chain-Event-Management ist eine Anwendung, mit der Ereignisse (Events) innerhalb und zwischen Unternehmen erfasst, überwacht und bewertet werden [13].

Für die Realisierung der Dienstleistung „automatisierte Kreislaufüberwachung“ wurden zwei Prozesse konzipiert: Die Überwachung der Datenermittlung sowie die Überwachung der Umlaufzeit und der Behälterbestände. Bild 3 zeigt die Prozesse der Dienstleistung, die in einem cloudbasierten Service-System Daten aus den logistischen Prozessen und aus ERP-Systemen verarbeiten.

In den logistischen Prozessen werden Ladungsträger mit intelligenten Hardwarekomponenten (z. B. Sensoren und Mikroprozessoren) und Identifikations- und Kommunikationstechnologien (z. B. RFID, Bluetooth Low Energy oder Low Power Wide Area Network) ausgestattet und zu intelligenten und vernetzten Logistikobjekten weiterentwickelt [14]. Der sogenannte intelligente (Sonder-)Ladungsträger (iSLT) wird dadurch befähigt, unter anderem Lokalisierungsdaten zu erfassen und zusammen mit seiner iSLT-ID an ein cloudbasiertes Service-System zu senden. Verknüpft mit einem ERP-System, welches zusätzliche Daten bereitstellt, verarbeitet das cloudbasierte Service-System die Daten in sequenziellen Prozessschritten. Die beiden Prozesse „Überwachung der Datenermittlung“ und „Überwachung der Umlaufzeit und der Behälterbestände“ der Dienstleistung „automatisierte Kreislaufüberwachung“ werden im Folgenden erläutert.

Im Prozess „Überwachung der Datenermittlung“ werden eingehende Datensätze auf ihre Vollständigkeit überprüft. Während des Einsatzes senden die iSLT ihre Datensätze standortbezogen oder in regelmäßigen Zeitintervallen an das cloudbasierte Service-System

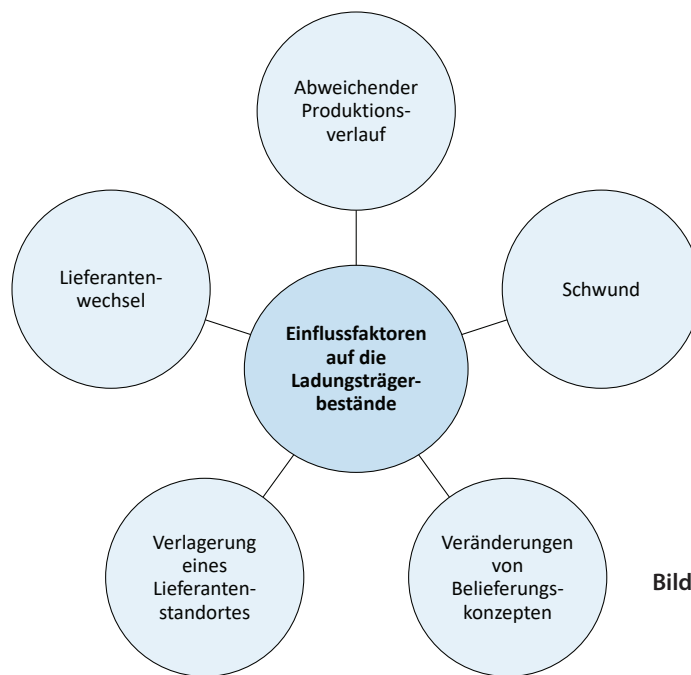


Bild 2: Fünf Einflussfaktoren auf die Ladungsträgerbestände.

[15]. Ein Datensatz setzt sich aus der iSLT-ID, dem Zeitstempel und den Lokalisierungsdaten zusammen. Im cloudbasierten Service-System werden die eingehenden iSLT-IDs mit den erwartenden iSLT-IDs verglichen. Letztere werden als Bestandsdaten vom ERP-System bereitgestellt. Fehlen iSLT-IDs oder sind Datensätze unvollständig, löst das cloudbasierte Service-System automatisch unterschiedliche Supply-Chain-Events aus, um Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Bei einem Fehlen eines Datensatzes wird allerdings zunächst davon ausgegangen, dass beispielsweise keine Funkverbindung zwischen der Kommunikationstechnologie am iSLT und dem Gateway bestand. Bleiben jedoch (abhängig von der Sendefrequenz) beispielsweise fünf aufeinanderfolgende Datensätzen aus, wird der Ladungsträger auf einen „nicht verfügbaren iSLT-Bestand“ gebucht und ein Mitarbeiter der Logistik informiert. Ursache für ein längerfristiges Ausfallen von Datensätzen können Ladungsträgerschwund oder ein defektes Kommunikationsmodul am iSLT sein.

In dem Prozess „Überwachung der Umlaufzeit und Behälterbestände“ werden Über- und Unterbestände innerhalb der logistischen Prozesse frühzeitig identifiziert. Der Prozess kann in regelmäßigen Zeitintervallen oder eventbasiert durchgeführt werden. Eventbasiert bedeutet, dass Vergleiche zwischen den tatsächlichen (Ist) und geplanten (Soll) Umlaufzeiten und Beständen durchgeführt werden, wenn sich in den ERP-Systemen Daten verändern, die Auswirkungen auf Bestände und Umlaufzeit von Ladungsträgern haben.

- [9] Hoffmann, F.: iBin – Anthropomatik schafft revolutionäre Logistik-Lösungen. In: Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden 2014.
- [10] Lammers, W.; Thile, B.; Pelka, M.: Schlussbericht – Service-orientiertes Logistikkonzept für ein multifunktionales Behältersystem. 2013.
- [11] Romer, M.; Meißner, S.: Das Internet der Behälter. Der intelligente Sonderladungsträger und dessen cloudbasiertes Service-System. In: Industrie 4.0 Management 37 (2018) 3, S. 13-16.
- [12] Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. 2. Auflage. Berlin Heidelberg 2018.
- [13] Nissen, V. (2002): Supply Chain Event Management als Beispiel für Electronic Business in der Logistik. In: Roland Gabriel und Uwe Hoppe (Hg.): Electronic Business. Theoretische Aspekte und Anwendungen in der betrieblichen Praxis. Heidelberg: HD (2002), S. 428-445.
- [14] Mattern, F.: Die technische Basis für das Internet der Dinge. In: Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis. Berlin 2005.
- [15] Romer, M.; Meißner, S.: Data-Based Services for Smart Load Carriers: Functional Design and Requirements Analysis for Internet of Things Technologies. In: Proceedings of the 9th International Federation of Automatic Control Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control (IFAC MIM 2019) (accepted).

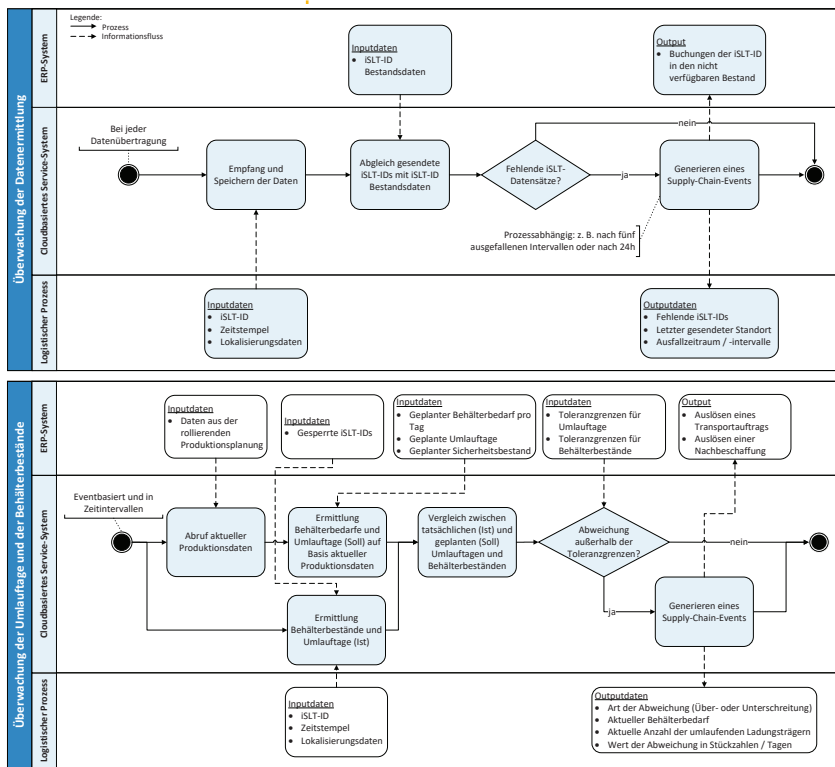


Bild 3: Prozesse für eine automatisierte Kreislaufüberwachung.

Die Soll-Daten werden über eine automatisierte Behälterbedarfsrechnung innerhalb des cloudbasierten Service-Systems ermittelt. In diese fließen rollierende Produktionsdaten sowie Daten aus der geplanten Behälterbedarfsrechnung ein. Die Ist-Daten werden auf Basis der iSLT in den logistischen Prozessen ermittelt. Dafür ist es notwendig, die iSLT einem konkreten Prozessschritt zuzuordnen. Das bedeutet, dass bei Ein- und Austritt in und aus einem Prozessschritt, z. B. im Wareneingang und Lager, jeder iSLT über seine iSLT-ID und Lokalisierungsdaten zu erfassen ist. Algorithmen stellen im cloudbasierten Service-System sicher, dass die iSLT nicht doppelt einem Prozess zugeordnet werden und folglich mehrfach in die Berechnung einfließen. Durch die Zuordnung der iSLT zu einem Prozess können die Umlaufzeit und die Bestände auf Einzelprozessebene ermittelt werden. Defekte iSLT bleiben in der Berechnung der tatsächlichen Umlaufzeit und Bestände unberücksichtigt.

Nachdem die Ist-Daten der umlaufenden iSLT ermittelt wurden, werden diese mit den Soll-Daten abgeglichen. Bei festgestellten Unter- oder Überschreitungen von Beständen oder Umlaufzeiten wird in einem nächsten Schritt geprüft, ob die Abweichungen außerhalb von festgelegten Toleranzgrenzen lie-

gen. Trifft dies zu, werden beispielsweise bei kurzfristigen Bedarfen eine Warnmeldungen an einen Prozessmitarbeiter gesendet und ein Transportauftrag automatisch ausgelöst, der zu einer Disposition von iSLT führt.

Fazit

Durch die Integration von Identifikations-, Kommunikations- und Lokalisierungstechnologien in Ladungsträger und der Entwicklung eines cloudbasierten Service-Systems werden datenbasierte Dienstleistungen realisiert. Datenbasierte Dienstleistungen sind in der Lage, manuelle Prozesse des Behältermanagements wie beispielsweise die Kreislaufüberwachung zu ersetzen. Dieser Beitrag stellt ein Konzept vor, wie auf Basis von intelligenten Ladungsträgern eine automatisierte Kreislaufüberwachung in den logistischen Prozessen umgesetzt werden kann. Das Konzept beschreibt Prozesse die innerhalb des cloudbasierten Service-System automatisch ablaufen, mit dem Ziel, tatsächliche Bestände und Umlaufzeit mit den aktuellen Bedarfen zu vergleichen und Aussagen über potenzielle Über- und Unterbestände zu treffen. Zudem wurden Schnittstellen zu ERP-Systemen definiert. Dies ermöglicht dem Service-System auf prozessuale Veränderungen zu reagieren. Bei drohendem Unter- oder Überbestand werden Maßnahmen ausgelöst, die von einer Meldung an einen Prozessmitarbeiter hin zu einer automatisierten Generierung eines Transportauftrages und der Nachbestellung von Ladungsträgern zum Ausgleich eines Unterbestands reichen. Die Ergebnisse dieser Veröffentlichung wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „iSLT.NET“ erarbeitet. In den nächsten Arbeitspaketen des Projekts wird die datenbasierte Dienstleistungen prototypisch umgesetzt und evaluiert.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „iSLT.NET“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Programms Digitale Technologien für die Wirtschaft (PAICE) unter dem Kennzeichen 01MA17006F gefördert und vom Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) betreut wird.

Schlüsselwörter:

Automatisierte Kreislaufüberwachung, Kreislaufauslegung, datenbasierte Dienstleistungen, intelligente Ladungsträger, Behälterbedarfsermittlung, intelligentes Behältermanagement