

LoRa-Technologie in der Logistik

Eine strukturierte Analyse, ob sich LoRa in Lagerprozesse integrieren lässt und welche Chancen sich hieraus ergeben

Lena Herion, Christiana Hunecke und Dieter Uckelmann

Die Entwicklung von Industrie 4.0, getrieben von der Forderung nach Kontrolle, verlässlichen Prognosen und Transparenz, stellt viele Unternehmen vor die Herausforderung innovative Technologien in bestehende Prozesse zu integrieren. Für die produktionsnahe Logistik bieten neue Technologien Potenziale zur Kostensenkung und Serviceverbesserung. Das Internet der Dinge (IoT) rückt dabei in den Fokus, da in diesem Zusammenhang ein automatisierter Informationsaustausch möglich wird. Dies kann vor allem in der Lagerlogistik ein relevantes Thema sein, da dort bislang viele Prozesse nicht standardisiert, automatisiert und transparent ablaufen. Während beispielsweise Technologien wie Radio-frequency Identification (RFID) bereits in der Logistik genutzt werden, wurde die Nutzbarkeit von Long Range (LoRa) bisher unzureichend untersucht.

LoRa wird derzeit vor allem zur Datenübertragung in Gebäuden eingesetzt, in denen herkömmliche Technologien, aufgrund ihrer zu geringen Reichweite, versagen [1]. Zur Begegnung der derzeitigen Herausforderungen in einem (Logistik-)Lager wird LoRa im Vergleich zu anderen gleichartigen IoT-Technologien, den sogenannten Low-Power-Wide-Area-Netzwerken (LPWAN) betrachtet. Daraus resultiert die Frage, ob LoRa als Technologie in Lagerprozesse integrierbar ist und darüber hinaus, welche Chancen sich für die Lagerlogistik ergeben können.

Für die Methodik wurde eine umfassende Literaturrecherche nach Brocke [2] durchgeführt, die mit einem aufbauenden Experteninterview ergänzt wird.

Funktionsweise der LoRa-Technik

Ein System der bereits genannten LPWAN-Technologien ist LoRa. Es handelt sich dabei um einen Kommunikationsstandard für Funkverbindungen, welcher eine große Reichweite und geringe Fehleranfälligkeit in der Datenübertragung aufweist [3].

Zudem wird LoRa von Unternehmen auf der ganzen Welt genutzt, da es vor allem langfristig kostengünstig ist und den Aufbau privater Netzwerke ermöglicht. Allerdings kann nur eine geringe Menge an Daten übertragen werden. Die Firma Semtech gründete die

LoRaWAN Alliance, welche als Non-Profit-Organisation die Technologie weiter spezifiziert und fördert [4, 5]. Die Alliance geht einem Open-Source-Ansatz nach, bei dem die Netzwerknutzung frei zugänglich ist. Viele Hardwarehersteller produzieren LoRaWAN-kompatible Geräte [5]. Bild 1 zeigt die Architektur des Netzwerks. Sie besteht aus den LoRa-Endgeräten (Sensoren und Aktoren), Gateways und dem LoRa-Network-Server, welcher mit dem Internet verbunden ist.

LoRa-Endgeräte, die an orts- und netzunabhängigen Stellen positioniert sind, kommunizieren mit einem oder mehreren in Reichweite liegenden stationären Gateways. Gleichzeitig sind diese mit dem Hauptknotenpunkt, dem LoRa-Network-Server verbunden. Die Gateways leiten alle empfangenen Datenpakete der Endgeräte an den Network-Server weiter [4]. Dieser verfügt dabei über standardisierte Schnittstellen in Richtung der lokalen oder Cloud-basierten Endanwendungen [6]. Der Applikationsserver enthält alle Daten, um sie der Endanwendung zur Verfügung zu stellen [7].

Grenzen der Technologie stellen die geringe Datenrate und die Endgeräte, welche aus Gründen der Energieeffizienz nicht jederzeit aktiv sind, dar. Daraus ergibt sich jedoch eine langlebige und batteriegestützte Nutzung bei hoher Reichweite [8]. Die LoRaWAN-Technologie kann somit leicht IoT-Strukturen unter-

- ✓ Chancen von Long Range-Technologien in der Logistik
- ✓ LoRaWAN im Technologie-Vergleich
- ✓ Schaffung von Wettbewerbsvorteilen



Lena Herion studiert im Masterstudiengang „Umweltorientierte Logistik“ an der Hochschule für Technik Stuttgart.



Christiana Hunecke studiert im Masterstudiengang „Umweltorientierte Logistik“ an der Hochschule für Technik Stuttgart.



Prof. Dr.-Ing. Dieter Uckelmann leitet den Studiengang Informationslogistik an der Hochschule für Technik Stuttgart.

www.hft-stuttgart.de



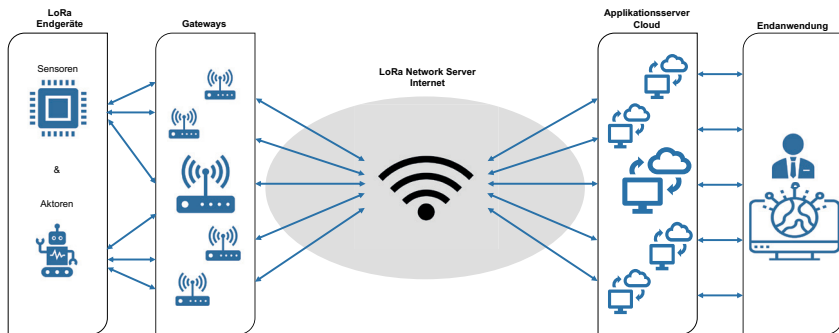


Bild 1: Struktur des LoRa-Ökosystems (Eigene Darstellung in Anlehnung an [6, 7]).

stützen und bietet eine günstige und sichere Datenübertragung [6]. LoRa bietet Vorteile in Anwendungen, bei denen einfache Informationen wie Sensordaten oder Zustandsänderungen über weite Entfernungen nur mehrmals pro Stunde benötigt werden [3]. Anwendung findet die Technologie bereits in verschiedenen Bereichen, wie beispielsweise intelligenten Verbrauchsmessungen in Gebäuden, Umweltüberwachung und Smart-City-Anwendungen [4]. Die globale Abdeckung steigt zunehmend, da Anwendungsfelder wie Warenverfolgung oder Heimautomation verstärkt nachgefragt werden. Aktuell ist das LoRaWA-Netzwerk in 157 Ländern weltweit aktiv, wobei der Netzwerktyp unabhängig ist [8-10].

LoRa im Technologie-Vergleich

Momentan finden Technologien wie RFID oder WLAN Anwendung in logistischen Lagerprozessen. Einige Eigenschaften weisen jedoch Nutzungslücken in Bezug auf Anwendungen im IoT-Bereich auf. Dahingehend wurde deutlich, dass sich LPWAN-Technologien wie LoRa, bestens für dieses Anwendungsgebiet eignen, da sie die Übertragung von geringen Mengen an Informationen bei geringem Energieverbrauch über eine große Entfernung hinweg er-

möglichen [6, 11]. Um nun LoRa als mögliche Lösung für die Prozesse in einem Lager identifizieren zu können, sollen zwei weitere LPWAN-Technologien (Sigfox und NB-IoT) mit LoRa verglichen werden [5]. Hierfür werden diverse Kriterien herangezogen, die sich zu vier essenziellen Betrachtungsgruppen zuordnen lassen. So finden Aspekte hinsichtlich der Betriebswirtschaft, der Informationstechnologie, der Infrastruktur und der Hardware Anwendung.

In Bild 2 sind die Unterschiede zwischen den genannten LPWAN-Technologien aufgeführt. Basierend darauf werden folgend einzelne Kriterien nochmals aufgezeigt.

Demnach ist bezüglich der Hardware-Anforderungen das Ökosystem aufzugreifen, welches benötigt wird, damit ein Informationsaustausch stattfinden kann und Daten gesichtet und analysiert werden können. Sigfox setzt auf proprietäre Speziallösungen mit eigenen Protokollen. NB-IoT baut auf LTE auf. LoRa verfolgt einen Open-Source-Ansatz, was durch viele Mitglieder, welche die Hardware vertreiben, zu einem größeren Ökosystem führen kann als es bei Sigfox und NB-IoT vorzufinden ist. Allerdings kann für NB-IoT das bestehende weit verbreitete LTE-Netzwerk mittels entsprechender Updates der Infrastruktur genutzt werden.

Die Störanfälligkeit in dem jeweils genutzten Frequenzbereich stellt ein weiteres wichtiges Kriterium für den Vergleich der verschiedenen Technologien dar. NB-IoT nutzt einen lizenzierten Frequenzbereich, der somit weniger störanfällig ist. LoRa und Sigfox setzen hingegen auf den lizenzfrei nutzbaren Frequenzbereich bei 868MHz in Europa, in dem eher Störungen und Überlastungen durch andere Sender auftreten können, sowie der sogenannte Duty Cycle und die nutzbare Ausgangsleistung stärker eingeschränkt sind.

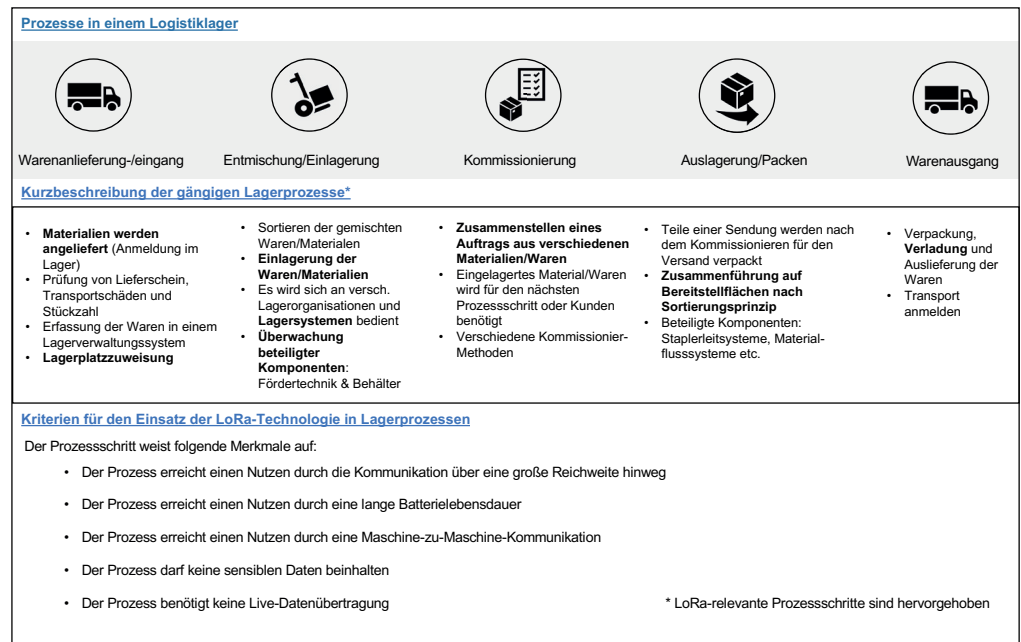
Bild 2: Vergleich LPWAN-Technologien (Eigene Darstellung in Anlehnung an [5]).

Anforderungen	sigfox	NB-IoT	LoRa
Hardware			
Ökosystem	Speziallösungen mit eigenen Protokollen	Speziallösungen mit eigenen Protokollen	LoRa verfolgt einen Open-Source-Ansatz
Energieeffizienz	Lange Batterielebensdauer, einfaches Handling, robust	Lange Batterielebensdauer, einfaches Handling, robust	Lange Batterielebensdauer, einfaches Handling, robust
Infrastruktur			
Frequenz	868 MHz (EU)	7-900 MHz (EU)	433/868 (EU)
Reichweite	3-10 km (urbaner Bereich)	2-5 km (urbaner Bereich)	2-5 km (urbaner Bereich)
Durchdringung	Hohe Gebäudedurchdringung	Hohe Gebäudedurchdringung	Hohe Gebäudedurchdringung
Datenrate	1 kbp/s	100 kbp/s	100 kbp/s
Unternehmen			
Lizenzmodell	geschlossen	geschlossen	offen
Implementierungskosten	Keine Kosten, da SaaS	Keine Kosten, da SaaS	Kosten für Netz und Gateways
Informationstechnologie			
IT-Sicherheit	128 Bit AES Verschlüsselung	128 Bit AES Verschlüsselung	128 Bit AES Verschlüsselung

Im Block der Unternehmensanforderungen werden Kriterien beleuchtet, die für ein erfolgreiches Wirtschaften eine Rolle spielen. Demnach ist hinsichtlich der Implementierungskosten für die Infrastruktur zu sagen, dass diese nur bei einer Nutzung der LoRa-Technologie anfallen, da das LoRaWA-Netzwerk Gateways für den Betrieb benötigt. Sigfox und NB-IoT, welche auf das Prinzip Software als Dienstleistung (SaaS) setzen, erheben eine monatliche Gebühr für die Nutzung des Netzes. Weiterhin sind die laufenden Betriebskosten zu nennen, die jedoch von dem jeweiligen Lizenzmodell abhängen. Hinzu kommen Kosten für Personal, IT, Energie und Hardware, die jedoch bei allen Technologien anfallen.

Nutzungspotenziale in Lagerprozessen

LoRaWAN hat derzeit einen Vorteil in dem Wettbewerb der Technologien, da es bereits ausgereifte Systeme und erprobte Anwendungen gibt [12]. An Flughäfen, Bahnhöfen oder in Städten findet die LoRa-Technologie bereits ihren Einsatz [13, 14]. Im Folgenden soll daher geprüft werden, ob sich diese Anwendungsfelder auf die Prozesse in einem Logistiklager übertragen lassen. In Bild 3 sind die gängigen Prozesse in einem Logistiklager mit kurzen inhaltlichen Beschreibungen aufgeführt.



Basierend auf diesen Prozessen wurden Kriterien für den Einsatz der LoRa-Technologie ausgearbeitet und ebenfalls im Schaubild aufgeführt.

Beginnend mit der Warenanlieferung-/eingang könnte ein Nutzen geschaffen werden, indem die ankommenden LKW mittels GPS-/LoRa-Trackern überwacht werden. Dadurch kann alles, was für die Entladung benötigt wird, bereits vor Ankunft des Fahrzeugs bereitgestellt werden. Alternativ kann die Belegung der LKW-Entladeplätze und Parkbuchten über LoRa-Parkensensoren erfolgen. Darüber hinaus ist es möglich ein erhöhtes Entladevolumen ohne Probleme abzuwickeln. Bei Betrachtung der in Bild 3 aufgeführten Kriterien würde es jedoch Unstimmigkeiten im Punkt der Live-Übertragung geben, da für ein erfolgreiches Tracking der Live-Standort des LKW benötigt wird, LoRa aber zu einer verzögerten Übertragung führt und darüber hinaus, die mögliche Reichweite überschritten wird. Anhand dieses Beispiels wird ersichtlich, dass der Einsatz von LoRa für Prozesse in der Logistik individuell betrachtet werden muss.

Bei den Einlagerungsprozessen kann eine geringere Durchlaufzeit im Lager erreicht werden, indem die im Lager genutzten Fördermittel wie Gabelstapler, Ameisen, Hubwägen etc. mithilfe von LoRa getrackt werden. Hierfür müsste eine Maschine-zu-Maschine-Schnittstelle mittels eines LoRa-Sensors, der am Fahrzeug befestigt ist, geschaffen werden, damit der derzeitige Standort und auch der Lade- und Wartungszustand des Fördermittels auf einem mobilen Endgerät angezeigt werden kann. Vergleichen lässt sich dies mit einem smarten Parkhaus,

dessen Besonderheit, sprich die visuelle Anzeige der freien Parkplätze, auf diesem Funktionsprinzip beruht [16]. Hinzu kommt, dass keine Live-Daten benötigt werden, da der Sensor nur Daten bei Fortbewegung des Fördermittels senden muss und daher eine lange Batterielebensdauer vorweisen kann. Dadurch erhöht sich der Nutzen des Prozesses.

Neben den Transportsystemen könnten mit LoRa auch Mitarbeiterdaten erfasst werden. Da es sich in diesem Bereich jedoch um personenbezogene und sensible Daten handelt und ein Einsatz der LoRa-Technologie eine Übertragung dieser über einen Server bedeuten würde, kann LoRa hier nicht genutzt werden [1].

In Kommissionier-Prozessen geht es darum Materialien/Waren im Lager aufzusuchen und nach Sendungsauftrag zusammenzuführen. Hier kann LoRa eingesetzt werden, um die Behälter bspw. KLTs zu tracken, um möglichst schnell deren Aufenthaltsort ausmachen zu können. Sobald daher ein KLT bzw. dessen Inhalt in einem Auftrag vorkommt, leuchtet ein dort angebrachtes Licht auf. Dieses Einsatzfeld mittels der LoRa-Technologie findet bereits in der Praxis statt und eignet sich hierfür optimal, da alle genannten Kriterien zutreffen [8]. Hinzu kommt, dass es sinnbehafteter ist LoRa statt WLAN einzusetzen, da so die Übertragung auch über eine weite Entfernung, wie zum Beispiel auf einem großen Werksgelände, erfolgreich funktionieren kann.

Weiterhin kann auch die Lagerhaltung dynamischer geplant und gesteuert werden, da immer der reale Standort und nicht mehr nur der Soll-Zustand der Ladungsträger bekannt

Bild 3: Gängige Prozesse in einem Logistiklager (Eigene Darstellung [15]).

Literatur

- [1] Guedey, M.: Experteninterview, gehalten am 04.05.2020.
- [2] Brocke, J.; Simons, A.; Niehaves, B.; Riemer, K.; Plattfaut, R.; Cleven, A.: Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process. In: 7th European Conference on Information Systems. Verona 2009.
- [3] Koning, R.; Stricker, T.; Schneider, P.: Was ist LoRa und LoRaWAN. In: Smart City Solutions. Karlsruhe 2017.
- [4] Zeiler, J.; Scherer, F.; Fottner, J.: LoRaWAN als Kommunikationstechnologie für vernetzte Sonderladungsträger. In: ZWF 114 (2019) 5, S. 268-272.
- [5] Linnemann, M.; Sommer, A.; Leufkes, R.: Einsatzpotentiale von LoRaWAN in der Energiewirtschaft: Praxisbuch zu Technik, Anwendung und regulatorischen Randbedingungen, 1. Auflage. Wiesbaden 2019.
- [6] Kostic, V.; Janke, R.: Die Zukunft hat mit LoRa begonnen – Low Power Netze für das Internet der Dinge. In: NET 6 (2016), S. 22-25.
- [7] Hood, I.; Schlimm, D.; Götz, J.; Reina, V.; Stolle, H.; Craciun, A.; Stockmann, C.; Matthews, D.: 2.1.2 Der Einsatz im Unternehmen. Digitale Welt Magazin 1 (2019), S. 65-73.

- [8] Pieper, C.; Lücke, B.; Schuba, K.; Schriegel, S.; Jaspermeite, J.: LoRaWAN-basiertes Intralogistikassistenzsystem. In: 10. Jahresskolloquium KomMA – Kommunikation in der Automation. Magdeburg 2019.
- [9] LoRa Alliance: Abdeckung & Betreiberkarten. URL: <https://lora-alliance.org>, Abrufdatum 15.05.2020.
- [10] The Things Network: Building a global open LoRaWAN network. URL: www.thethings-network.org, Abrufdatum 16.05.2020.
- [11] Sinha, R. S.; Wie, Y.; Hwang, S.-H.: A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. In: ICT Express 3 (2017), S. 14-21.
- [12] Abi Research: LoRaWAN und NB-IoT. URL: https://lora-alliance.org/sites/default/files/2019-06/cr-lora-102_lo-ranr_and_nb-iiot.pdf, Abrufdatum 24.05.2020.
- [13] Jo.V.: Semtech's LoRa Technology to Track Assets at Istanbul Airport. In: Transportation Monitor Worldwide – Airports & Aviation. Camarillo, USA 2019.
- [14] Schulze, M.: Übersicht am Airport. In: DVZ Online vom 16.10.2018. URL: www.dvz.de/rubriken/luft/detail/news/uebersicht-am-airport.html, Abrufdatum 14.04.2020.
- [15] Furmans, K.; Kilger, C.: Betrieb von Logistiksystemen, 1. Auflage. Berlin 2019.
- [16] Flier, S.: Discounter kontrollieren per Sensor. In: Lebensmittel Zeitung 45 (2019), S. 53.
- [17] Kessler, R.; van der Ahe, F.; Suske, J.; Marx Gómez, J.: Einbindung von intelligenten Ladungsträgern in Prozesse der Intralogistik. In: HMD 56 (2019), S. 574-586.

ist. Infolgedessen kann das Lagerlayout individuell angepasst werden und der tatsächliche Aufenthaltsort aller eingelagerten Waren/Materialien ist zu jeder Zeit bekannt. Hier hat ein Einsatz der LoRa-Technologie besonders Sinn, da wie im Beispiel des Trackens der Ladehilfsmittel, diese nur Daten senden müssen, sobald sich diese bewegen und somit eine lange Batteriebensdauer vor allem in diesem Prozess großen Nutzen hat [17].

In den vorangegangenen Beispielen wurde deutlich, dass anhand der Kriterien die gängigen Prozesse beleuchtet und auf deren Einsatzpotenzial der LoRa-Technologie untersucht werden können. Daher ist zum aktuellen Stand der Entwicklung vereinzelt Potenzial in den gängigen Lagerprozessen zu erkennen.

Bewertung der Chancen und Grenzen

In der bisherigen Untersuchung wurden Kriterien (Bild 3) aufgestellt und erläutert, die bestimmen, ob LoRa in einem Lagerprozess Anwendung finden kann. In Anbetracht dieser und der Prozesse kann die Forschungsfrage dieses Beitrags, ob die LoRa-Technologie in einem Logistiklager Einsatz finden kann, aufgegriffen werden. Eine Integration von LoRaWAN im Lager ist somit möglich und durch die Eigenschaften der Technologie zu begründen.

Mithilfe der vorangegangenen verknüpften Analyse von LoRaWAN und Lagerprozessen, lassen sich Chancen bezüglich Kennzahlenverbesserung für bestehende gängige Lagerprozesse identifizieren. Da durch den Austausch von Daten zwischen Sensoren und Informationssystemen, Prozesse automatisiert und ohne manuelle Eingriffe ablaufen, lassen sich folgende Chancen ableiten.

- Kürzere Durchlaufzeiten
- Geringere Fehlerquote
- Bessere Auslastung der vorhandenen Infrastruktur und Räume

Allerdings hat die Analyse aufgezeigt, dass es technische Grenzen gibt. Diese gelten allgemein und nicht nur für Prozesse im Lager gültig.

- Fehlende Netzabdeckung [4, 15]
- Fehlende Erfahrungswerte [5]

Aufgrund der identifizierten Chancen und Grenzen ist weitere Forschung für den Einsatz von

LoRa im Lager empfehlenswert. Jedoch bildet diese Technologie, aufgrund der festgelegten Kriterien, keine Pauschallösung für alle Aktivitäten im Lager ab und eine Lösungsfindung ist in jedem einzelnen Lager individuell.

LoRa – ein Zukunftsthema

Im Kontext der Verknüpfung von Geräten im IoT kann LoRa bestehende Prozesse optimieren und zusätzlich neue generieren [1]. Damit ist es möglich, nicht nur neue Geschäftsfelder in der Lagerlogistik, sondern auch weitere Bereiche der Logistik, wie bspw. die City-Logistik, zu erschließen. Der Trend geht in Richtung digitalisierter Prozesse und dem Tracking von Fahrzeugen und Materialien, sodass alle Informationen von allen intelligenten Geräten gleichzeitig bewertet werden können [4, 15]. Allerdings stellt eine Investition in eine neue Technologie, ohne ein in der Praxis erforschtes Kosten-Nutzenverhältnis ein Risiko für die Unternehmen dar.

Der Vorzug von LoRa wäre, dass das Unternehmen unabhängig handeln kann und es kalkulierbare Kosten gibt. Zudem können Synergieeffekte erreicht und Erfahrungswerte durch die LoRa Alliance genutzt werden. Jedoch hat LoRa Vor- und Nachteile, wodurch Chancen in der Lagerlogistik entstehen, aber zum jetzigen Zeitpunkt noch Grenzen existieren. Es wird deutlich, dass LoRa nur mittels der genannten Kriterien und bei gängigen Prozessen teilweise eingesetzt werden kann und es resultierend daraus nicht sinnvoll ist, die Technologie als pauschale Lösung im Lager einzusetzen.

Doch auch wenn LoRa zum jetzigen Zeitpunkt und fehlendem flächendeckenden Ausbau des Netzwerks in der Logistik und vor allem im Lager noch keinen weiten Einsatz findet, kann es sich lohnen in Hardware und Module zu investieren. Neben den Logistikprozessen kann LoRa dann auch im Facility-Management seinen Einsatz finden und mit der Forschung einhergehend Schritt für Schritt weiter ausgebaut werden.

Gerne möchten wir uns auch bei Myriam Guedey für das informative und aufschlussreiche Interview, das im Rahmen der Literaturrecherche stattgefunden hat, bedanken.

Schlüsselwörter:

LoRaWAN, LPWAN, IoT-Anwendung, Lagerlogistik, Lagerprozesse

LoRa Technology in Logistics

Due to digitalization, many companies are facing the challenge of integrating innovative technologies into existing processes. For production-related logistics, the Internet of Things (IoT) is moving into focus, as it enables an automated exchange of information. This can be a relevant topic, especially in warehouse logistics, as many processes there have not been standardized and automated up to now. Therefore, there could be a need to monitor different process components. In this article the LoRa technology is examined in detail and applied to common warehouse processes.

Keywords:

LoRaWAN, LPWAN, Logistics, Warehouse Processes, IoT