

# FUTURE MANUFACTURING

Magazin für intelligente Produktion

[www.future-manufacturing.eu](http://www.future-manufacturing.eu)

4/2022



**Drahtlose Konnektivität schafft Infrastruktur für Industrie 4.0**

**Forschung für kabellose Anwendungen in der Industrie**

**Funklösungen für mehr Effizienz und neue Geschäftsmodelle**

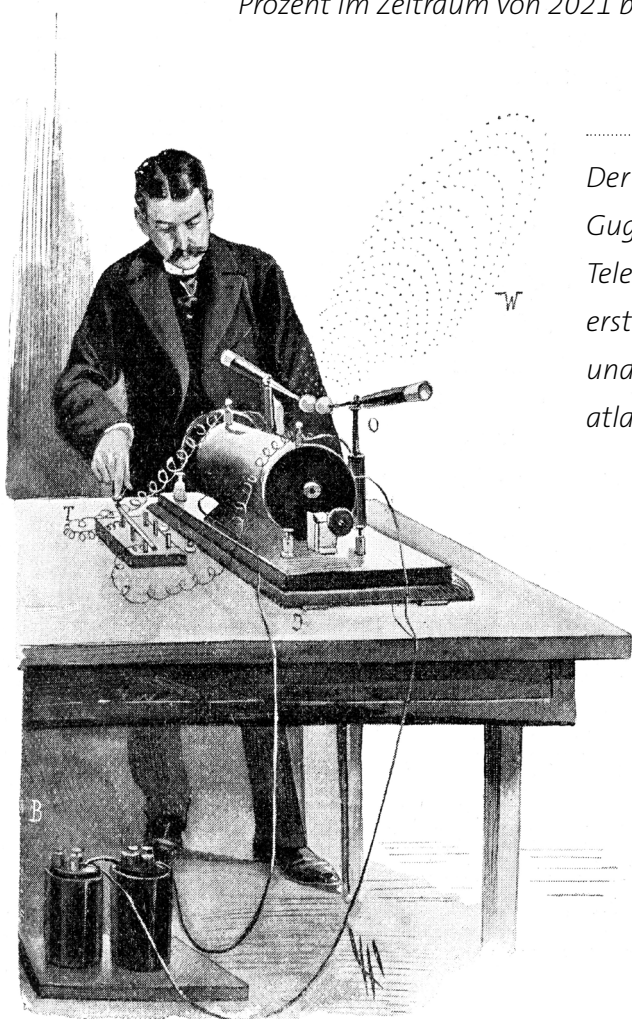


# Es funkt – kabellos für mehr Konnektivität

## Zahlen, Daten, Fakten



*Drahtlose Sensoren haben weltweit an Zugkraft gewonnen. Voraussichtlich wird ihr Markt im Jahr 2026 einen Wert von nahezu **16 Millionen US-Dollar** erreichen. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 23,5 Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2026.*



*Der italienische Physiker und Elektroingenieur Guglielmo Marconi war ein Pionier der drahtlosen Telekommunikation. **Im Jahr 1899** gelang ihm erstmals die Kommunikation über den Ärmelkanal und nur zwei Jahre später sogar über den Nordatlantik zwischen England und den USA.*

*Einer Prognose der Wi-Fi Alliance zufolge wird der globale wirtschaftliche Wert von Wi-Fi im Jahr 2025 fünf Milliarden US-Dollar betragen. Dies entspricht einem Anstieg von **150 Prozent** gegenüber dem Wert von 2018. Im vergangenen Jahr belief sich der globale Wert auf 3,3 Milliarden US-Dollar.*

---

# Editorial



**Ralf Neubert**  
Vice President  
R&D Digital Factory  
Schneider Electric  
Automation GmbH

## Funken Sie schon?

Vielen Anlagen- und Maschinenbauern stellt sich dieser Tage die Frage, welche die perfekte Funklösung für das eigene Unternehmen oder das der Kundschaft ist. Das Portfolio an verfügbaren und mittlerweile auch markt-reifen Lösungen ist schier unüberschaubar geworden. Gefühlt kommt jede Woche eine neue Technologie auf den Markt. Dies kann zur Verunsicherung führen. Denn nicht immer ist anfangs klar, ob sich diese durchsetzen wird und ob es sich lohnt, in diese zu investieren. Eine optimale Lösung zu finden, hängt sicher von verschiedenen Faktoren ab. Notwendige Investitionen, lokale beziehungsweise globale Funkstandards, notwendige Zertifizierungen, Marktdurchdringung, Akzeptanz bei der Kundschaft oder Interoperabilität sind nur einige der Punkte, die eine zentrale Rolle spielen.

Allerdings sollte auch abgewogen werden, welche Chancen in diesen Techno-logien liegen, welche neuen Geschäftsmodelle sich mit Funklösungen erschließen lassen oder diese überhaupt erst möglich machen. In Anbetracht steigender Forderungen nach flexiblen und effizienten – in diesen Tagen insbesondere energieeffizienten – Produktionsabläufen, ist nicht nur die eigentliche Kommunikation per Funk ein zentrales Thema. Vielmehr geht es darum, dass damit anwendungsorientierte und zuverlässige Zugriffe auf viele, vorher mehr oder weniger unbeachtete Daten erst möglich werden. Ein Beispiel: Informationen, die sich mit Wireless-Sensoren für Temperatur oder Vibration gewinnen lassen, wenn diese in die Gesamtlösung für bestehende und neue Anlagen eingebunden werden, erlauben es, Störungen oder drohende Ausfälle frühzeitiger zu erkennen. Damit können neue Servicemodelle für Betreiber und Hersteller oder energiesparendere Anlagen entstehen.

Sie sind herzlich eingeladen, sich in der Oktober-Ausgabe des vorliegenden Magazin über unterschiedliche Lösungen zu informieren, die Ihnen neue Einblicke geben und gegebenenfalls auch offene Fragen beantworten. Ich wünsche Ihnen eine aufschlussreiche Lektüre.



**Ralf Neubert**

# Inhalt

<b>Editorial</b>	4
<hr/>	
● <b>Drahtlose Konnektivität schafft Infrastruktur für Industrie 4.0</b>	
Industrielles Internet of Things: Funkanwendungen applikationsspezifisch im Blick	6
Wireless – es geht auch ohne 5G	8
Recycling – Verfügbarkeit und Lebensdauer kabellos erhöhen	10
5G DECT: Neuer Standard für Europas Industrie	12
Industrielles Internet of Things – 5G ist mitunter überflüssig	14
Einbindung passiver Objekte reduziert manuellen Aufwand	16
<hr/>	
● <b>Forschung für kabellose Anwendungen in der Industrie</b>	
Neue Standards erweitern deterministische drahtlose Produktionsinfrastrukturen	18
Energieautarke und robuste Sensorlösungen dank Telegramm-Splitting mit mioty	20
<hr/>	
● <b>Funklösungen für mehr Effizienz und neue Geschäftsmodelle</b>	
Bestandserfassung: Funkgestützter Materialabruf für eine effiziente Intralogistik	22
Baumaschinen: Tracking via Mobilfunk	26
Auf dem Weg zur autonomen Land- und Bautechnik	28
Funk auf engstem Raum	30
5G-Campusnetze mit Open RAN – Innovation oder Hype?	34
<hr/>	
<b>Neues aus der digitalen Fabrik</b>	36

## Industrie 4.0 – vernetzt und verletzlich

Digitale Ökosysteme haben enormes Potenzial – wenn sie gegen Cyberangriffe geschützt werden. Wir wissen wie.



**Jetzt Infos sichern:**

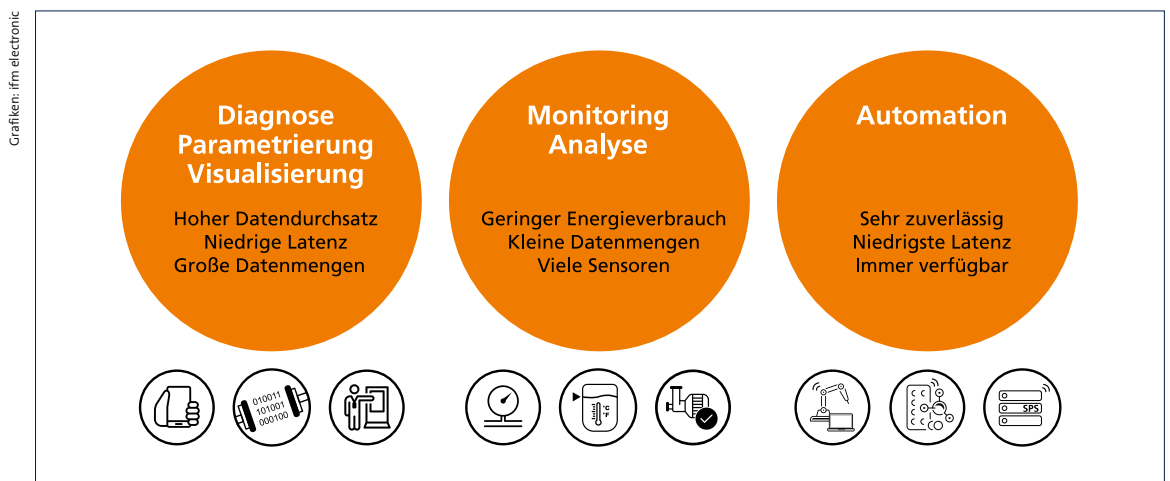
[www.genua.de/  
digitale-industrie](http://www.genua.de/digitale-industrie)



# Industrielles Internet of Things: Funkanwendungen applikationsspezifisch im Blick

STEFAN HEIDE UND DR.-ING. ALEXANDER KAHLIG

Mittlerweile haben sich viele neue Datenübertragungsarten am Markt etabliert, die sich durch unterschiedliche Ausprägungen charakterisieren und unterscheiden lassen – Tendenz steigend. Um die richtigen Technologien für die eine Applikationslösung auszuwählen, sollten die Anforderungen von der industriellen Applikation aus betrachtet werden.



Drei applikationsspezifische Cluster von Funktechnologien: Diese erleichtern die Zuordnung von Applikationen und Funktechnologien.

Anbieter von Sensoren, Steuerungen und Systemen für die industrielle Automatisierung und Digitalisierung erhalten von der Kundschaft verstärkt Anfragen zu Applikationslösungen, die mithilfe von kabellosen Übertragungstechnologien umgesetzt werden sollen. Um diese zielgerichtet beantworten zu können, hat die ifm-Unternehmensgruppe aus Essen einen applikationsorientierten Ansatz etabliert, der sich in drei Cluster teilt. Durch zuvor festgelegte Kriterien, kann das Unternehmen die jeweilige Applikation charakterisieren und die passende Funktechnologie auswählen.

Je nach Ausprägung der geforderten Eigenschaften Latenz, Reichweite, Anzahl Sensorknoten, Verfügbarkeit und Datenmenge haben die Essener die drei Cluster definiert: Das erste Cluster beschreibt die Applikation von „Diagnose, Parametrierung,

Visualisierung“. Diesen Bereich charakterisiert die direkte Kommunikation von in Maschinen integrierten Sensoren mit mobilen Endgeräten, etwa um Messdaten ad hoc auszulesen, Sensorparameter zu ändern oder mittels Virtual Reality (VR) Maschinenreparaturen oder Abnahmen zu unterstützen.

Das zweite Cluster kennzeichnet das Applikationsumfeld „Monitoring und Analyse“. Klassische Applikationen sind hier beispielsweise die Erfassung von Maschinenzuständen, Vibrationen oder Füllständen. Der Einsatz von Funktechnologien empfiehlt sich, wenn eine nachträgliche Verdrahtung nur mit hohem Aufwand gelöst oder die Applikation nicht verkabelt werden kann.

Das dritte Cluster beschreibt das Applikationsfeld „Automation“. Diese stellt die höchsten Anforderungen an die Funktech-

nologien, da eine kurze Latenzzeit und verlässlich größere Datenmengen über den Luftweg übertragen werden müssen. Eine typische Applikation ist dabei die Anbindung von Sensorik an die Anlagensteuerungen mit Echtzeitbezug, etwa an Roboterarmen, auf Förderbändern oder an Spannbacken. Der Einsatz ist für den Betrieb dieser Applikation obligatorisch.

## Applikationsbereiche und Funktechnologien verknüpfen

Bei der Auswahl aus dem globalen Spektrum von Applikationen für Funktechnologien bewertet ifm technologie-neutral. Für die Diagnose, Parametrierung und Visualisierung eignen sich Funktechnologien im Bereich von 2,4 GHz wie Bluetooth oder WLAN, um mit mobilen Endgeräten zu kommunizieren. Für das zweite Cluster,

das Monitoring, eignen sich Technologien für das Low Power Wide Area Network (LPWAN). Hierzu zählen Technologien wie Mioty, Narrowband-IoT oder Long Range (LoRa), die sich bei geringem Energiebedarf durch eine hohe Robustheit und Reichweite auszeichnen. Das dritte Cluster umfasst die Applikationen aus der Automation. Hier kommt es Schritt für Schritt zur Etablierung der ersten Funktechnologien, die die höchsten Anforderungen bezogen auf niedrigste Latenz, Übertragungssicherheit und Übertragung moderater Datenmengen besitzen wie IO-Link wireless, 5G oder Wifi6.

Da der Aufwand für die Entwicklung und weltweite Zulassung hoch ist, lohnt sich eine Implementierung von Funkschnittstellen in Sensoren nur für hohe Stückzahlen. Daher entwickelt ifm Adapterlösungen, um effizient und einfach Sensoren in funkende Endknoten zu verwandeln. Durch die Verwendung von Standardschnittstellen ist eine Vielzahl von Bestandssensoren kompatibel. Einzig eine Stromleitung ist nötig, um diese Systeme in Betrieb zu nehmen.

Der Weg der Sensordaten spielt in der Automatisierung eine entscheidende Rolle.

War es in der Vergangenheit so, dass Sensordaten ausschließlich direkt in der Steuerung der Maschine interpretiert und verarbeitet wurden, so wandelt sich dies im Rahmen der Digitalisierung immer mehr. Heute werden Sensordaten auch in höher gelegenen Schichten benötigt, um zum Beispiel spezifische Kennzahlen für die Overall Equipment Effectiveness (OEE) zu berechnen oder ähnliche Größen zur Auswertung der Produktions- und Produktqualität zu erzielen. Das Essener Unternehmen bezeichnet den zunehmenden Bedarf an zusätzlichen Messdaten außerhalb der Produktivsysteme in der Fertigungshalle hin zu den höhergelegenen Enterprise-Resource-Planning-Systemen als Y-Weg. Auf diesem Weg gibt es die Optionen, einen Teil der Daten zusätzlich zur Übertragung in die Maschinensteuerung auch in die IT-Welt zu übertragen oder diese ausschließlich für die IT bereitzustellen, beispielsweise durch Modernisierung von Anlagen über zusätzliche Sensorknoten. Im Zusammenspiel mit den kabelgebundenen Sensoriklösungen hat sich dieser Y-Weg bereits etabliert. Es ist geplant, diesen Weg auch bei zukünftigen Funklösungen weiterzuer-

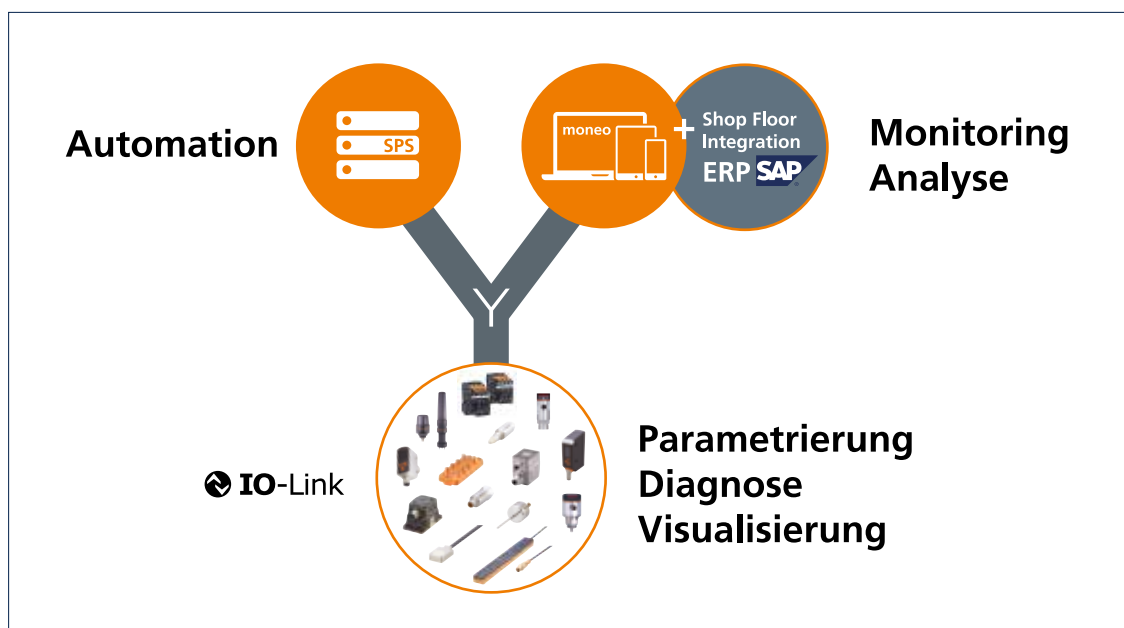
folgen. Der Y-Weg kann durch eine applikationsspezifische Zuordnung der zuvor definierten drei Cluster ergänzt werden.

**Künftig weitreichende Durchdringung ermöglichen**

Diese Herangehensweise zur Auswahl des richtigen Funkstandards hat sich bewährt. Jedoch gibt es keine Funktechnologie, die ganzheitlich alle Applikationen des Kunden erfolgreich lösen kann. Zukünftig besteht die Herausforderung, die Integration verschiedener Funksysteme und die nahtlose Verknüpfung verschiedener Standards im industriellen Umfeld so einfach wie möglich umzusetzen, damit eine weitreichende Durchdringung stattfinden kann. ●

Stefan Heide  
Senior Manager  
Product Management Wireless IoT  
ifm electronic gmbh

Dr.-Ing. Alexander Kahlig  
General Manager  
Technical Directives  
ifm electronic gmbh



Der Y-Weg für das industrielle IoT: Im Vergleich zu der klassischen Automation (links) wird es für viele Anlagenbetreiber immer interessanter, auch in ERP-Systemen auf Sensordaten zugreifen zu können (rechts).

# Wireless – es geht auch ohne 5G

THILO DÖRING

Der Trend in der industriellen Kommunikation geht deutlich in Richtung Wireless. 5G ist absolutes Topthema. Doch muss es wirklich immer 5G sein? Klare Antwort: Nein. Unternehmen sollten ihre Anforderungen genau prüfen, bevor sie sich für eine bestimmte Funk-Technologie entscheiden. Denn die beste Wireless-Lösung ist die, die für den jeweiligen Anwendungsfall am besten geeignet ist.

Der Trend zur kabellosen Vernetzung ist im industriellen Umfeld heutzutage in allen Branchen erkennbar. Ein deutliches Indiz dafür ist, dass es für etablierte Netzwerkstandards wie Highway Addressable Remote Transducer (HART) oder IO-Link mit Wireless HART und Wireless IO-Link mittlerweile auch Funkvarianten gibt. In der Erhebung, die HMS, ein Anbieter für industrielle Kommunikation,

jährlich zu den Marktanteilen industrieller Netzwerke durchführt, sind Wireless-Technologien inzwischen eine feste Größe geworden. In den letzten fünf Jahren lag ihr Anteil bei sechs beziehungsweise sieben Prozent. In der Erhebung für das laufende Jahr 2022 wird das jährliche Wachstum für WLAN & Co. auf acht Prozent beziffert, was der allgemeinen Wachstumsrate des Netzwerkmarktes entspricht.

## Mehr Flexibilität durch Wireless-Technologien

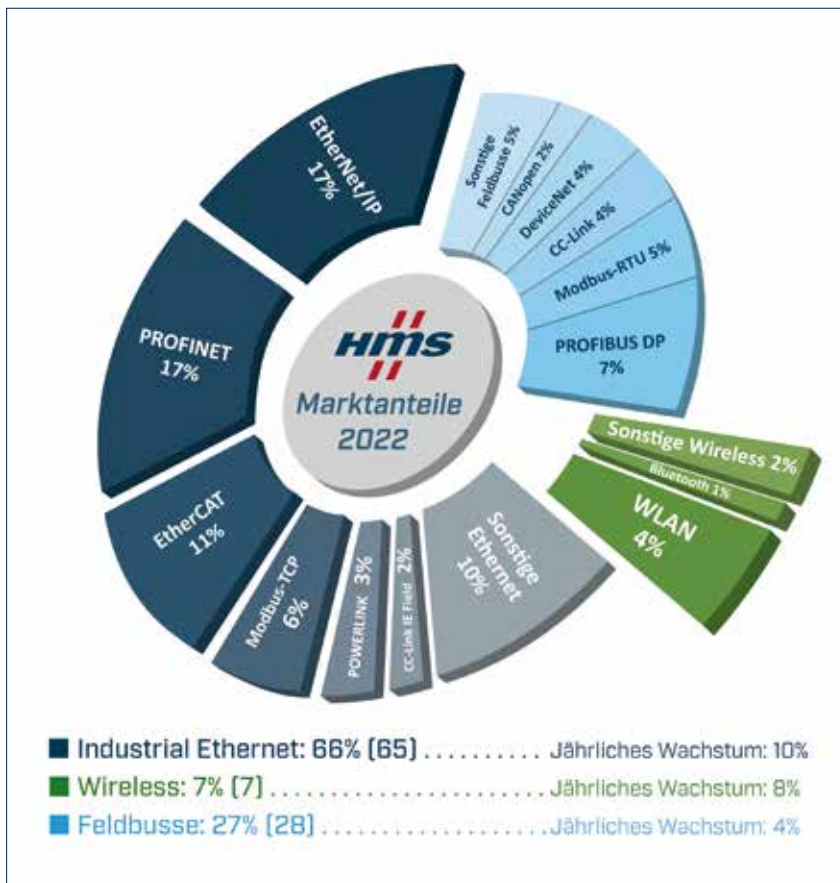
Funktechnologien sind nicht nur als Kabelersatz in schwer zugänglichen Bereichen oder für Anwendungen prädestiniert, in denen sie zum Beispiel teure mechanische Schleifringe und Schleppketten ersetzen können. Durch die gewonnene Flexibilität lassen sich neue Anwendungen in Automatisierungssysteme integrieren. Wie bei allen mobilen Anwendungen kann die Datenkommunikation etwa zwischen autonom arbeitenden Robotern oder fahrerlosen Transportsystemen und dem übergeordneten industriellen Netzwerk nur per Funk erfolgen.

5G gilt in diesem Zusammenhang als Schlüsseltechnologie. Doch bis zur flächendeckenden Einführung dieser Mobilfunkgeneration ist es noch ein langer Weg, und die meisten industriellen 5G-Anwendungen befinden sich derzeit in der Proof-of-Concept-Phase. Dafür gibt es mehrere Gründe: Die industriellen Komponenten sind momentan noch teuer. Ein privates 5G-Netzwerk, sogenannte Campus-Netzwerke, aufzusetzen, ist nicht ganz so einfach und es entstehen dabei zusätzliche Kosten. In der Fläche ist 5G also noch nicht angekommen und insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen lohnt es sich, andere Funktechnologien näher zu betrachten.

## Den richtigen Standard wählen

Wenn die Robustheit der Datenübertragung im Vordergrund steht, die Datenmenge gering und keine Internetverbin-

Bilder: HMS Industrial Networks



Die HMS-Erhebung zeigt Marktanteile industrieller Netzwerke.



derung erforderlich ist, ist Bluetooth eine gute Wahl. Die Kommunikation innerhalb von Werkzeugmaschinen kann zum Beispiel gut mit Bluetooth gelöst werden und wird unter anderem beim Messsystem in Werkzeugwechslern eingesetzt. Ist eine Internetverbindung über große Entfernungen mit geringer Bandbreite, niedrigen Kosten und geringem Stromverbrauch erforderlich, dann ist eine Mobilfunkverbindung mit Standards wie Low Power Wide Area Network (LPWAN) eine gute Lösung. In diese Kategorie fallen beispielsweise Funktechnologie-Standards wie LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), LTE-M (Long Term Evolution for Machines) und NB-IoT (Narrowband-Internet of Things). Diese Technologien kommen bisher vor allem im Infrastrukturbereich zum Einsatz, um Wasser- und Energieverbräuche zu erheben. Diese sind aber zunehmend auch für sogenannte Smart-City-Projekte attraktiv.

### Wireless-Technologien in Fertigung und Fabrikautomation

In der Fabrikautomation werden momentan WLAN (Wi-Fi 6 / Wi-Fi 6E) und natürlich 5G heiß diskutiert. Wenn eine Anwendung eine sehr große Bandbreite, Echtzeitverhalten, sehr schnelle Übertragungsraten und hohe Zuverlässigkeit erfordert, dann spricht alles für 5G. Viele Anwendungen können aber nach wie vor sehr gut mit den heute etablierten Funktechnologien aufgesetzt werden. Konfiguration, Diagnose und vorbeugende Wartung von Maschinen sind typische Anwendungen dafür. Auch bei Augmented-Reality-Brillen oder Sicherheitskameras sind diese Funktechnologien absolut ausreichend.

Bei fahrerlosen Transportsystemen verschwimmen die Grenzen und es kann durchaus mit 4G oder WLAN machbar sein. Sind in der Applikation zukünftig hohe Echtzeitanforderungen und eine Vielzahl von Teilnehmern bei großer Flächenabdeckung notwendig, sollten Anwender mittel- bis langfristig allerdings auf 5G umrüsten. Auch die WLAN-Technologie ver-

bessert sich mit jeder Generation hinsichtlich Geschwindigkeit, Reichweite, Stromverbrauch, Teilnehmer-Management und vieles mehr. Da hat sich bei der neuesten Generation Wi-Fi 6 viel getan.

Wenn Unternehmen das Potenzial der neuen Technologien optimal nutzen wollen, sollten sie Wi-Fi 6E in Betracht ziehen. Wi-Fi 6E hat zusätzlich zu den 2,4- und 5-GHz-Frequenzbändern Zugang zu dem bisher ungenutzten Frequenzband 6 GHz. Dadurch sind Wi-Fi-6E-Geräte weniger stör anfällig und bieten eine stabilere Verbindung bei gleichzeitig höheren Geschwindigkeiten.

### Geeignete Wireless-Lösung finden

Um die für den Anwendungsfall beste Wireless-Lösung zu finden, sollten Unternehmen folgendes bedenken:

- Wie viele Daten sollen per Funk übertragen werden?
- Wie schnell und wie oft sollen Daten übertragen werden?
- Ist Echtzeit erforderlich?
- Was muss bei der Installation der Funklösung und der Antennenausrichtung bedacht werden?

- Insbesondere bei WLAN ist eine detaillierte Planung wichtig, um eine gute Ausleuchtung der Umgebung zu gewährleisten.

Zudem stellt sich immer die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer Funkkommunikation. Bei Maschinen, die mit ihren Servoantrieben in Echtzeit kommunizieren, wird wohl eher nicht auf den Einsatz von kabelgebundenem Echtzeit-Ethernet verzichtet werden. Entscheidend ist die Applikation: Letztlich müssen Unternehmen abwägen, welche Technologie – verkabelt oder kabellos – für ihren jeweiligen Anwendungsfall die beste Lösung ist. Unterm Strich muss die gewählte Technologie die spezifischen Anforderungen der geplanten Anwendung erfüllen. Alles andere ist nicht zielführend. 5G hin oder her.

.....  
*Thilo Döring*  
 Geschäftsführer HMS Industrial Networks GmbH  
 Karlsruhe



Markanteile industrieller Netzwerke aus Sicht von HMS



Wireless-Lösungen ermöglichen den Zugriff auf Maschinen per Funk.

# Recycling – Verfügbarkeit und Lebensdauer kabellos erhöhen

MARCELLO MICELI

Recycling-Unternehmen sind auf die Verfügbarkeit ihrer Anlagen angewiesen. Fällt die Hydraulik aus, drohen hohe Stillstandskosten und Strafen. Regel- und datenbasierte Analysen können dies verhindern. Predictive Analytics senkt den Instandhaltungsaufwand und verlängert die Einsatzdauer des Equipments. Die damit verbundene Datenübertragung kann je nach Anforderung kabellos – über WIFI oder Bluetooth – oder kabelgebunden erfolgen.

**D**ie Wiederverwendung von Rohstoffen ist eine feste Größe in der Wirtschaft. Als Teil der Lieferkette führt sie aber auch zu hohem Termindruck und erfordert nicht zuletzt eine lückenlose Verfügbarkeit von Schreddern, Schrottscheren und Pressen. Fallen hydraulisch angetriebene Recycling-Maschinen wie Schredder, Schrottscheren oder -pressen aus, drohen Konventionalstrafen. Müssen Lkw, Züge oder Schiffe auf die Ladung warten, klettern die Folgekosten schnell in fünf- bis

sechsstellige Höhen. Akuter Fachkräftemangel und die simultane Betreuung verteilter Standorte verursachen Verzögerungen in der Instandhaltung. Darüber hinaus büßen Recycling-Unternehmen Lebensdauer, Material und Budget ein, wenn sie Hydraulikteile vorsorglich in festem Turnus tauschen. Diesen wirtschaftlichen Nachteilen und finanziellen Risiken wirkt Bosch Rexroth mit verschiedenen Lösungen entgegen, die auch kabellos genutzt werden können.

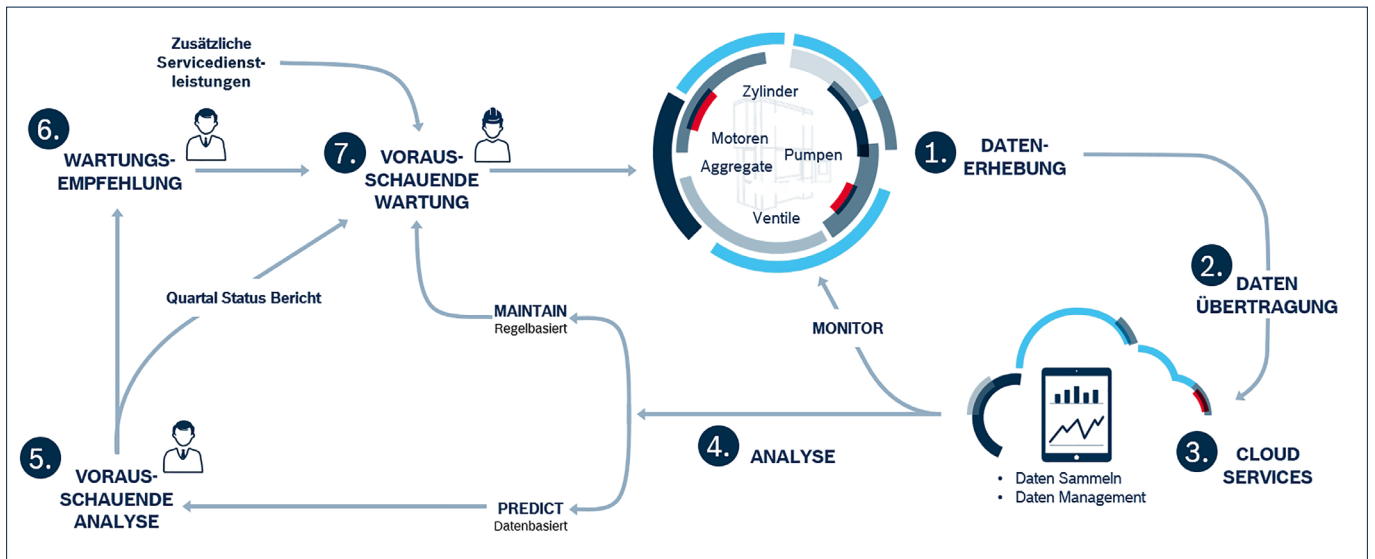
## Vorausschauende Analyse dank selbstlernender Algorithmen

Mit einer der Lösungen erzielen Anlagenbetreiber die größtmögliche Verfügbarkeit und Lebensdauer der Komponenten. Dabei bilden vorausschauende Analysen und detaillierte Statusberichte die Basis für frühzeitige Wartungsempfehlungen, sodass die betroffenen Komponenten geplant getauscht werden können. Der bisherige Instandhaltungsaufwand sinkt dadurch um



Bilder: Bosch Rexroth

Recycling-Unternehmen können mithilfe von kabellosen Lösungen Wartungskosten und Hydraulikausfälle minimieren.



Die Grafik zeigt den Weg von der Datenerhebung bis zur vorausschauenden Wartung.

bis zu 50 Prozent. Zusätzlich optimiert ein komplettes Ersatzteilmanagement mit Liefergarantie binnen 24 Stunden die Verfügbarkeit. Anfallende Servicegebühren amortisieren sich für Anlagenbetreiber in der Regel binnen eines Jahres, je nach Anwendung aber auch bei einem einzigen vermiedenen Ausfall, wie Praxisbeispiele zeigen.

Durch vorausschauende Analysen und die prädikative Wartung von Schrottscheren vermeidet ein Unternehmen mit über 100 Recycling-Höfen an unterschiedlichen Standorten jetzt hohe Stillstandkosten. Die bisherigen Ausfallkosten je Fall lagen bei etwa 600 Euro. Hinzu kamen Strafzahlungen von bis zu 100.000 Euro je Tag, wenn Schiffsladungen mit Stahlballen nicht rechtzeitig nach Übersee ausliefen. Verschleiß an der Schere wird nun frühzeitig anhand der Druckspitzen und Drehmomente an den Elektromotoren erkannt, sodass der Betreiber das Werkzeug künftig geplant austauschen kann. Das weit verzweigte Wartungspersonal wird nachhaltig entlastet und benötigt nun weniger Zeit für Fehlersuche, Wartung, Planung und Ersatzteilbeschaffung. Darüber hinaus spart das System einen Betrieb mit erhöhtem Energieverbrauch vermeidet.

In einem anderen Anwendungsfall vermeidet ein Verwertungsunternehmen durch die vorausschauende Analyse von Müllschreddern ungeplante Stillstände und Folgekosten. Der zerkleinerte Müll wird seither wieder pünktlich als Brennstoff an ein Zementwerk geliefert. Zuvor zogen häufige Ausfälle an Hydraulikpumpen und Elektromotoren regelmäßige Strafzahlungen und Zusatzkosten für die Zwischenlagerung des angelieferten Mülls nach sich. Die unter Facharbeitermangel leidende Instandhaltungsabteilung konnte nachhaltig entlastet werden.

**Echtzeitüberwachung sowie regel- und datenbasierte Analysen**

Eine andere Lösung gestattet die Echtzeitüberwachung mit Zugriff auf die historischen Daten der letzten 24 Stunden und eine dritte empfiehlt sich als Einstieg in regel- und datenbasierte Analysen. Letztere überwacht den Zustand der Komponenten im Hintergrund anhand vordefinierter Regeln, warnt per Push-Nachricht vor Schäden und unterstützt die kontinuierliche Optimierung von Anwendungen mit regelmäßigen Leistungs- und Nutzungsberichten.

**Verschlüsselt in die Cloud**

Alle drei Lösungen beinhalten bereits die jeweils erforderlichen Dashboards und Sensoren. Von Sensoren erfasste Daten fließen zunächst in eine sogenannte DAQ-Box (Datenakquisitionsbox). Anschließend werden die Daten in einem Internet-of-Things (IoT)-Gateway vorverarbeitet und verschlüsselt in die Cloud übertragen. Diese Übertragung von Sensor zu Gateway kann je nach Anforderungsprofil nicht nur kabelgebunden, sondern auch kabellos über WIFI oder Bluetooth erfolgen. Die Datenübertragung vom Gateway in die Cloud erfolgt bei den drei genannten Lösungen über einen Mobilfunkrouter.

Recycling-Unternehmen profitieren so schnell von einem intelligenten und nachhaltigen Ausfallschutz. Zudem vermeiden sie hohe Stillstandkosten oder gar Vertragsstrafen. Die Lösungen können auch in zahlreichen weiteren Branchen eingesetzt werden, beispielsweise in der Metallurgie oder der Papier- und Zellstoffindustrie.

*Marcello Miceli  
Senior Expert Industrial Hydraulics/  
Predictive Analytics  
Bosch Rexroth AG*

# 5G DECT: Neuer Standard für Europas Industrie

THOMAS WEISSHAUPT

Für die Industrie 4.0 und für das Internet of Things (IoT) ist mit 5G Digital Enhanced Cordless Telecommunications – kurz 5G DECT – künftig ein alternativer Funkstandard verfügbar. Der Standard wird schon lange für Sprach- und Datenübertragungen im Smart-Home-Bereich eingesetzt. Mit dem neuen technischen Ansatz können jetzt auch Maschinen- und Sensordaten im Frequenzband 1,9 GHz kostengünstig und zuverlässig übertragen werden.

WLAN, Bluetooth, Thread und andere sind Protokolle, die im Band 2,4 GHz Industrial, Scientific and Medical (ISM) seit Jahren parallel verwendet werden. Bei gleichzeitigem Einsatz birgt dies jedoch das Risiko kollidierender Datenpakete, da sie den Funkraum teils überlappend nutzen. Das führt zu erhöhter Latenz und Datenverlust. Damit ist die Koexistenz verschiedener Datenverkehre über 2,4 GHz im ISM-Band eine Herausforderung für Anwendungen, die hochskalieren wie das sogenannte Massive IoT.

Die Anforderungen der International Telecommunication Union (ITU) an das Anwendungsprofil Massive Machine Type Communications (mMTC) liegen bei einer Dichte von einer Million funkender Geräte pro Quadratkilometer – idealerweise ver-

teilt auf mehrere, koexistierende Netze im selben Funkraum. Dies ist im derzeit standardmäßig genutzten 2,4-GHz-Band nicht zuverlässig erreichbar.

### Datenverkehr ohne Kollision und Datenverlust

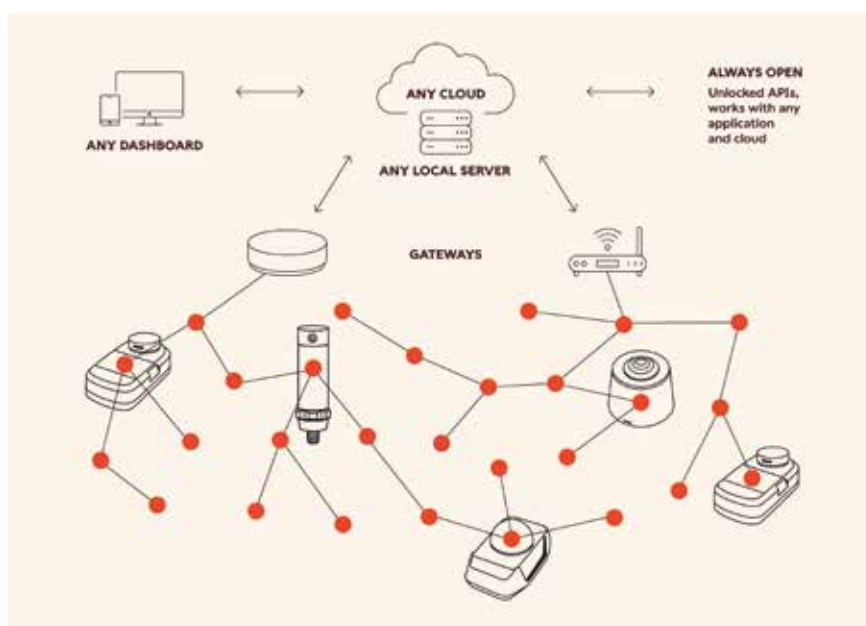
DECT 5G New Radio (NR) löst das Problem der Koexistenz. Ein Aspekt ist das dezentralisierte Netzwerk, in dem jedes einzelne Gerät Funktionen einer Basisstation übernehmen kann. Neue Komponenten können einfach hinzugefügt werden, Einzelbestandteile finden automatisch die beste Route beziehungsweise das Routing umgeht Fehlerquellen automatisch. Der neue Standard eignet sich zum Beispiel für Asset Tracking, Zustandsmonitoring von Maschinen oder

intelligentes Energiemanagement durch Aktoren und Zähler. Zudem erlaubt er Implementierungen mit geringer Latenz auf kleinem Raum.

Offiziell von der International Telecommunication Union anerkannt wurde DECT-2020 Ende 2021. Der Standard gilt als europäischer Beitrag zu 5G. Er wird gerne als „Demokratisierung“ bezeichnet, denn er ermöglicht es Unternehmen, ihr eigenes Netz autonom ohne Betreiber und Gebühren überall auf der Welt einzurichten und selbst zu verwalten. DECT-2020 unterstützt zudem die effiziente Nutzung der lizenzfreien international verfügbaren Frequenz rund um 1,9 GHz.

Unternehmen können so eigene Funkanwendungen wie mMTC oder Ultra reliable low latency communications (URLLC) in ihren Liegenschaften betreiben und die erzeugten Daten lokal oder in der Cloud nutzen. Die Szenarien weisen eine Verbindungssicherheit größer 99 Prozent aus und nähern sich damit denjenigen kabelgebundener Verbindungen an.

Bisherige Spezifikationen der Standardisierungsgremien des 3rd Generation Partnership Project (3GPP) sahen eine Koexistenz verschiedener Netze in einem Funkraum nicht vor. Funkräume wurden stattdessen vom Lizenznehmer exklusiv über alle Anwendungen hinweg betrieben.



5G DECT-2020 NR ermöglicht eine Mesh-Topologie, in der die IoT-Sensoren die Routing-Funktion hin zu einem Access-Point übernehmen.

Grafik: Wirepas

Doch bei DECT 2020 NR entfällt ein exklusiver Betreiber. Rein technologische Vorgaben definieren die Parameter, die eine Koexistenz mehrerer Netzwerke von unterschiedlichen Betreibern zum Standard erklären – Datenverluste durch Kollisionen sind damit so gut wie ausgeschlossen.

DECT 2020 NR wurde im Rahmen der 5G-Anforderungen der International Mobile Telecommunications-2020 genau analysiert. Schließlich erkannte die ITU erstmals einen Funkstandard an, der von europäischen Gremien des European Telecommunications Standards Institute (ETSI) und nicht von der klassischen Mobilfunkwelt 3GPP kontrolliert wird.

DECT wurde 1992 durch das ETSI als digitaler Schnurlosstandard festgelegt. Zuerst für Europa konzipiert, wurde dieser Standard mit Modifikationen für weltweite Anwendungen erweitert. DECT-2020 NR beziehungsweise NR+ entspricht nun den Anforderungen für 5G-Netze. Damit er-

öffnen sich viele progressive und flexible Anwendungen für IoT, Smart City und Industrie 4.0.

**Lizenzfreier Betrieb im 1,9 GHz-Frequenzband**

Der finnische Technologieanbieter Wirepas hat als Partner seine über 20-jährige Erfahrung bei Entwicklung und Betrieb koexistenzfähiger Funklösungen in den Standardisierungsprozess des Technical Committee DECT am ETSI eingebracht. DECT-2020 NR ist derzeit die einzige nicht-zelluläre 5G-Radio-Interface-Technologie, die standardkonforme, dezentrale und autonome Mesh-Netzwerke ermöglicht. Wichtiges Merkmal der DECT-Technologie ist der lizenzfreie Betrieb im Frequenzband 1880 – 1900/1920 MHz.

DECT-2020 NR erlaubt die zuverlässige Umsetzung produktionsrelevanter und unternehmenskritischer Prozesse, ohne von

kommerziellen Netzbetreibern abhängig zu sein. Die rasche Entwicklung weiterer Anwendungen ist möglich, da DECT 2020 auf Vorarbeiten der 3GPP-Standardisierung zurückgreifen und mit bestehenden Funkmodulen und angepasster Firmware betrieben werden kann. Mit der Implementierung einer Wirepas-Lösung erwartet Nordic Semiconductor, ein norwegischer Halbleiterhersteller, im Jahr 2023 eine erste adaptierte Funklösung mit einem Software Development Kit. Für Lösungsentwickler rund um die Themen Zustandsüberwachung, Warnsysteme, Intralogistik und Energiemanagement wird es ein kurzer Weg sein, eine eigene 5G Lösung ins Feld zu bringen.

.....  
*Thomas Weisshaupt*  
 Geschäftsführer  
 Wirepas Germany GmbH  
 .....

# WITTENSTEIN alpha in allen Achsen

Value ↑

Performance →

Alle Produkte verfügbar mit cynapse®-Funktionalität.

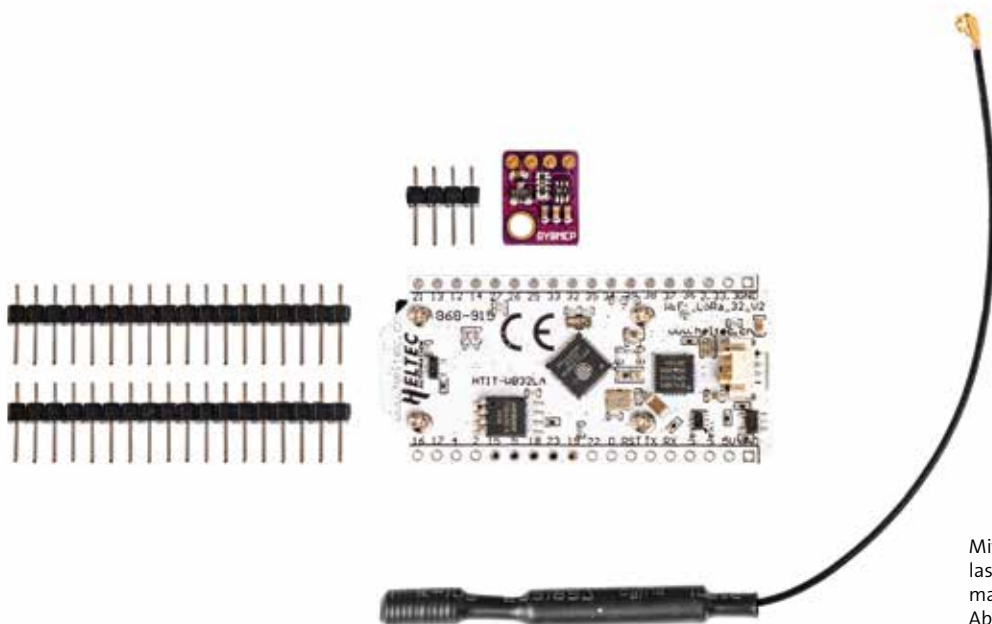
CAD POINT  
 YOUR SMART CATALOG  
 cymex select  
 BEST SOLUTION WITHIN SECONDS  
 cymex 5  
 CALCULATE ON THE BEST

# Industrielles Internet of Things – 5G ist mitunter überflüssig

BERNHARD SEIBOLD

Mit viel medialer Begleitung werden kommende Geschäftsmodelle proklamiert, die sich bereits seit einiger Zeit kostengünstig umsetzen lassen. Das gilt insbesondere für die industrielle Produktion im deutschen Mittelstand, der gerade mit Long Range Wide Area Network – kurz LoRaWAN – schnell und einfach neue, sensor- und IT-basierte Konzepte testen und umsetzen kann.

Fotos: Thomas-Krenn-AG



Mit einem LoRaWAN-Campus-Netz lassen sich im industriellen Umfeld mannigfaltige innerbetriebliche Abläufe überwachen.

Auf dem Mobile World Congress 2021 in Barcelona ließ der Mobilfunk-Brancheverband GSMA verlauten, bis 2025 sollen weltweit rund 900 Milliarden Dollar in die 5G-Technologie investiert werden – selbst auf globalem Level eine gigantische Summe. Einerseits solle damit Konnektivität zum Menschenrecht werden. Andererseits wird das 5G-Netz seit Jahren zum Heilsbringer für eine immer smartere Industrie, eine Welt mit jeder Menge Industrial Internet of Things (IIoT) und digitalen Identitäten sowie optimierter Customer Experience ausgerufen.

Doch Konnektivität wäre auch mit zuverlässig funktionierenden, stabilen und günstigen LTE-Verbindungen möglich, ohne

die Investitionen in 5G refinanzieren zu müssen: Für die allermeisten Industrieanwendungen mit ihren relativ kleinen Datenpaketen steht seit Jahren bereits eine Auswahl sehr gut funktionierender Technologien zur Verfügung: LoRaWAN, Narrowband-IoT (NB-IoT) und Sigfox. Natürlich sind sie alle drei in der möglichen Bandbreite limitiert. Dennoch ist diese für mannigfaltige aktuelle und auch kommende Szenarien mehr als ausreichend.

**LoRaWAN:  
der unabhängige Champion**

Während NB-IoT mit seiner Kostenstruktur und engen Verknüpfung an die großen

Telekommunikationsanbieter eher für global agierende Unternehmen eine Überlegung wert ist, dürften für Industrieunternehmen mit einem oder wenigen größeren Standorten mit vielen Knoten eher die lizenzfreien Ansätze von Sigfox und LoRaWAN von Interesse sein. Da Sigfox jedoch bei der Bidirektionalität Einschränkungen aufweist und keine privaten Netze unterstützt, sollte letztlich die komplett anbieterunabhängige LoRaWAN-Technologie mit ihrem eigenen Netz für die meisten Unternehmen des produzierenden Mittelstands meist die erste Wahl sein.

Die große Reichweite dieser Technologie beträgt in ländlichen Umgebungen bis zu 15 Kilometer, in städtischen bis zu fünf.



Über LoRaWAN-Knoten können unterschiedliche Sensoren und Aktoren angebunden werden.

Dabei durchdringt LoRaWAN, ebenso wie Sigfox oder NB-IoT, auch Wände recht gut. So lassen sich zum Beispiel Tiefgaragen und unterirdische Lager- und Produktionsstätten erschließen. LoRaWAN arbeitet auf der Netzwerkschicht als proprietäres Protokoll. Auch das spricht für den Einsatz in Szenarien mit weniger Standorten.

Weitere essenzielle Vorteile der Technologie sind die niedrigen Kosten bei der Hardware. Indoor-Gateways sind bereits für etwa 200 Euro zu haben. Auch die Endgeräte schlagen häufig nur mit wenigen Euros zu Buche. Auf der Habenseite stehen überdies eine solide Verschlüsselung mit 128-Bit AES (ECB), adaptive Datenraten, der geringe Energieverbrauch – eine Batterie hält mehrere Jahre – und die im Vergleich zu NB-IoT

hohe Immunität gegen Interferenzen anderer Funksysteme. Gerade letztgenannter Punkt kann essenziell für störungsfreie und zuverlässige Verbindungen und einen entsprechenden Datenaustausch samt zuverlässigen angeschlossenen Systemen sein.

### Campus-Netz für Überwachung und Steuerung

Mit diesen Charakteristika eignet sich LoRaWAN insbesondere für Unternehmen mit einer überschaubaren Zahl von Standorten, die dort jedoch über relativ viele Endgeräte beziehungsweise Sensoren verfügen. Es gilt zu bedenken: LoRaWAN bedeutet, ein eigenes Netz aufzubauen, wenn auch zu günstigen Konditionen. Ist ein solches Campus-Netz einmal installiert, lassen sich mit ihm im industriellen Umfeld mannigfaltige innerbetriebliche Abläufe durchführen – von der Überwachung bis zur Steuerung großer Maschinen.

Ein typisches Beispiel hierfür dürfte ein umfassendes Condition Monitoring sein, aus dem sich auch sehr gut eine vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) ableiten lässt. Zu den bekannteren Vorteilen zählen auch eine maximierte Zuverlässigkeit und Uptime. Das Beson-

dere ist weniger das Konzept per se, sondern dass auch kleine und mittlere Unternehmen mit überschaubaren Budgets und Teamgrößen einfach eigene Lösungen erstellen können. Doch auch die fortlaufende, sensoroptimierte Kontrolle samt Zusammenspiel mehrerer Maschinen ist ein denkbare Szenario, inklusive automatisierter Materialzuführung aus einem Lager und vieles mehr.

Leider werden in Deutschland in puncto Digitalisierung zu wenig Projekte über Versuch und Irrtum gestartet. Die Abneigung gegen das Scheitern führt bisweilen dazu, dass Projekte gar nicht erst zustande kommen. LoRaWAN setzt auf eine „Anpackmentalität“. Denn günstigste Entwickler-Kits und ein paar Stunden Zeit können oft schon zu Projekten und Lösungen mit deutlichem Wertbeitrag für Unternehmen führen. Das gilt umso mehr, als zahlreiche flexible Schnittstellen zu Cloud- und IoT-Systemen der Auswertung der Daten keine Grenzen setzen. Warum auf 5G warten, wenn Unternehmen es heute schon anpacken könn(t)en? ●

Bernhard Seibold  
Vice President Systems Engineering  
Thomas-Krenn.AG

**WIBU**  
SYSTEMS

## Das CodeMeter-Universum: Eine Konstellation von Schutz-, Lizenzierungs- und Sicherheitstools

Cybersicherheit erfordert Robustheit, Skalierbarkeit, Modularität und Effizienz in ständiger Feinabstimmung.

Das CodeMeter-Ökosystem schützt und monetarisiert die Maschinensoftware, Konfigurationsdaten und digitale Designs in der vernetzten Industrie.

Greifen Sie nach den Sternen und verlangen Sie Spitzenqualität!



**formnext**

Halle 11  
Stand D69J



**sps**

smart production solutions

Halle 6  
Stand 428

Treffen Sie uns!

+49 721 931720

sales@wibu.com

www.wibu.com



**SECURITY  
LICENSING  
PERFECTION IN PROTECTION**

# Einbindung passiver Objekte reduziert manuellen Aufwand

WOLFGANG WEBER

In Industrieanlagen und größeren Industrieparks gibt es zahlreiche passive Objekte, die für den betrieblichen Ablauf von Bedeutung sind, aber datentechnisch nicht einfach eingebunden werden können. Dabei geht es um Daten, die über den Status, die Position oder den Zustand der Objekte Auskunft geben. Eine Funktechnologielösung, die energieeffizientes Senden von Daten über lange Strecken ermöglicht, kann hierfür sinnvoll eingebunden werden.

Bilder: PepperlFuchs



Die eingesetzte LoRaWAN-Lösung lokalisiert bewegliche Objekte und verhindert unnötiges Suchen auf dem Betriebsgelände.

Üblicherweise haben Industrieunternehmen Daten für passive Objekte bisher nicht erfasst oder sie haben Informationen etwa über den personellen Einsatz mehr oder minder sporadisch eingeholt. Die fortschreitende Digitalisierung der Unternehmen soll einerseits die Effizienz erhöhen. Zum anderen soll sie dem zunehmenden Personalmangel entgegenwirken, der sich mittlerweile auf alle Tätigkeitsbereiche erstreckt.

Ein deutscher Automobilhersteller hatte

sich deshalb zum Ziel gesetzt, eine bessere Transparenz über diverse Einrichtungen auf dem Werksgelände zu erhalten, um eventuelle Störungen oder bestimmte Zustandsdaten lokal zu erfassen und zeitnah reagieren zu können. Da eine Verkabelung nicht nur mit hohen Kosten verbunden, sondern im konkreten Fall auch technisch kaum möglich gewesen wäre, fiel die Wahl der Datenübertragung auf die Funktechnologie Long Range Wide Area Network – kurz LoRaWAN. Dieses Funknetz nutzt die

lizenzfreie Frequenz von 868 MHz. Der Automobilist entschied sich dafür, ein eigenes Netz mit dieser Frequenz auf dem Betriebsgelände zu installieren.

## Durchdringung bis in den Keller

LoRaWAN zeichnet sich durch eine hohe Reichweite und eine gute Durchdringung in Bereichen mit hoher Gebäudedichte aus. So ist es möglich, auch Verbindungen in die Kellerbereiche herzustellen. Zudem ist





Der Sensor ermittelt den Füllstand des Containers (links) und sendet die erfassten Daten auch an mobile Endgeräte (rechts).

der Energieverbrauch extrem niedrig. In der Regel können Anwenderinnen und Anwender damit Endgeräte mit Batterien betreiben, die einen wartungsfreien Betrieb von mehreren Jahren ermöglichen. Endgeräte sind die Endpunkte in der Kommunikation, also Produkte die Daten via LoRaWAN an Gateways senden, die wiederum die Daten an Serverplattformen weiterreichen. Solche Endgeräte sind sehr oft Sensoren, die zum Beispiel Umweltdaten oder Zählerstände übermitteln. Aber es gibt auch komplexere Produkte, die über eine Multi-Sensorik verfügen und durchaus anspruchsvolle Aufgaben erfüllen können. Ein Beispiel dafür ist die Erkennung „belegt“ eines Parkhauses oder die Bestimmung der Ortsdaten eines Objekt mittels Ortung durch Global Positioning System (GPS).

Der Automobilhersteller entschied sich für ein Gerät, das den Füllstand und die Temperatur in Containern erfasst und darüber hinaus auch die Positionsdaten ermittelt. Die Container enthalten Reste aus der Produktion, die teilweise Wertstoffe sind oder Abfälle, die einer speziellen Entsorgung zugeführt werden müssen. Hierfür muss das Personal die Füllstände vor Ort ermitteln und sogenannte Tickets für die Abholung der Container erstellen. Die eingesetzte Lösung reduziert Arbeiten vor Ort und die Daten werden jetzt zentral erfasst und verarbeitet. Da es sich oft auch um bewegliche Container handelt, ist ihre Lokalisierung hilfreich, um unnötiges Suchen zu vermeiden.

Die Einbindung der Sensoren in das lokale Netz ist denkbar einfach. Die ge-

meinnützige Organisation LoRa Alliance liefert Spezifikationen, die die Kommunikation zwischen den Endgeräten, den Gateways und Servern vollständig beschreibt. Dabei ist die Kompatibilität verschiedener Endgeräte stets sichergestellt. Gleichzeitig sorgt ein hohes Sicherheitslevel dafür, dass sowohl die Protokollebene, als auch die Datenebene symmetrisch verschlüsselt werden (AES 128). Diese und weitere Maßnahmen sorgen dafür, dass Industrieunternehmen die gängigen Angriffsmethoden abwehren können. Zudem errechnet diese Lösung Prüfsummen und protokolliert Zähler, sodass auch sogenannte Replay-Versuche scheitern. Darüber hinaus ermöglicht die separate kryptographische Behandlung der Daten eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung. Dies bedeutet, dass selbst der Netzbetreiber die Daten nicht einsehen kann, sondern nur das einsetzende Unternehmen den Zugriff erhält.

### Geeignet für kleine Datenpakete

Doch LoRaWAN hat auch klare Limitationen. So ist die Übertragungszeit des Endgeräts aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen auf ein Prozent limitiert. Die maximale Anzahl der Datenbytes, auch Payload genannt, liegt bei 51. Im ungünstigsten Fall kann die Datenrate auf 0,3 Kilobit pro Sekunde sinken. Die Technologie eignet sich daher nur für Anwendungen, bei denen die Übertragungszeiten unkritisch sind und auch nur kleine Datenpakete gesendet werden müssen. Im konkreten Anwendungsfall sind diese Restrik-

tionen ohne Bedeutung, da der Datenumfang den Rahmen nicht sprengt und nur wenige Übertragungen pro Objekt und Tag notwendig sind.

Die Inbetriebnahme und Konfiguration des Geräts erfolgt über eine Bluetooth-Low-Energy-Schnittstelle und eine Smartphone-App, die sowohl für iOS- wie auch Android-Betriebssysteme verfügbar ist. Damit lassen sich die Sensor- und die Sendeparameter konfigurieren. Da die Anzeige der Messwerte unmittelbar erfolgt, kann das Bedienpersonal auch mechanische Einstellungen oder Fehlerdiagnosen sehr komfortabel durchführen.

Der Automobilist hat zudem eine spezielle Halterung konstruiert, die die Kommunikation mit dem Satelliten-System zur Ortsbestimmung gewährleistet. Damit werden nicht nur die Füllstände zuverlässig erfasst, sondern auch der Standort der beweglichen Container ermittelt. Die Daten werden zentral erfasst und optisch visualisiert. Hierfür wurden entsprechende graphische Oberflächen generiert, die eine schnelle Übersicht liefern.

Heute reduziert diese Installation beim Automobilisten manuelle Tätigkeiten sowie unnötige Wege und rationalisiert administrative Aufgaben. Zudem hat sich Transparenz innerbetrieblicher Abläufe verbessert und dem Unternehmen ist ein weiterer Schritt hin zur Digitalisierung gelungen. ●

Wolfgang Weber  
Global Industry Manager  
Pepperl+Fuchs SE

# Neue Standards erweitern deterministische drahtlose Produktionsinfrastrukturen

PROF. DR. RUTE CARVALHO-SOFIA

Neue drahtlose Standards wie IEEE 802.11ax und IEEE 802.11be ermöglichen es, bestehende deterministische Fertigungsinfrastrukturen zu erweitern. Dies ermöglicht eine schnellere Integration von Sensoren und Aktoren aus dem Internet der Dinge, die gleichzeitig über mehr Flexibilität verfügen und preiswerter in der Anschaffung sind.

Der Wireless-Fidelity-Standard IEEE 802.11ax, auch bekannt als Wi-Fi 6, ist bereits in verschiedenen Produkten auf dem Markt verfügbar. Er gilt als wichtige Zusatztechnologie zur Unterstützung der Machine-to-Machine-(M2M-) Kommunikation in der Produktion. Unternehmen setzen bereits verschiedene Varianten von Wi-Fi 6, beispielsweise Wi-Fi 6E, ein, um die Kapazität von Technologien wie Long Term Evolution (LTE) und Ethernet beziehungsweise Profinet zu erweitern.

Der Grund für das Interesse an der Nutzung von drahtloser Kommunikation in industriellen Umgebungen liegt in der inhärenten Flexibilität des gemeinsam ge-

nutzten drahtlosen Mediums. Denn dieses erleichtert insbesondere die Verbindung vieler IIoT-Geräte zu einem Edge- oder Cloud-System. Zudem bietet die drahtlose Kommunikation die Möglichkeit, mobile Geräte wie Roboter oder fahrerlose Transportsysteme auf vereinfachte Weise miteinander zu verbinden.

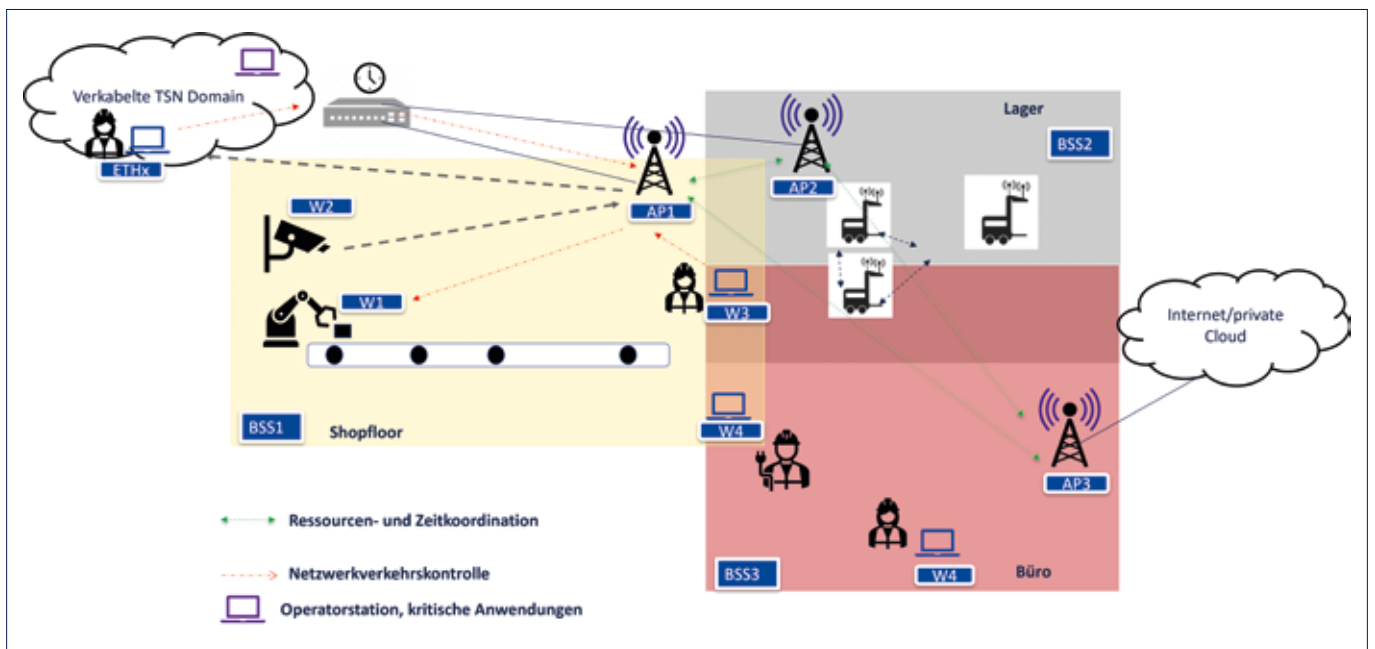
### Orthogonal Frequency Division Multiplexing bietet Vorteile

Weitere wichtige Vorteile ergeben sich vor allem aus dem Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDMA). OFDMA bietet Folgendes:

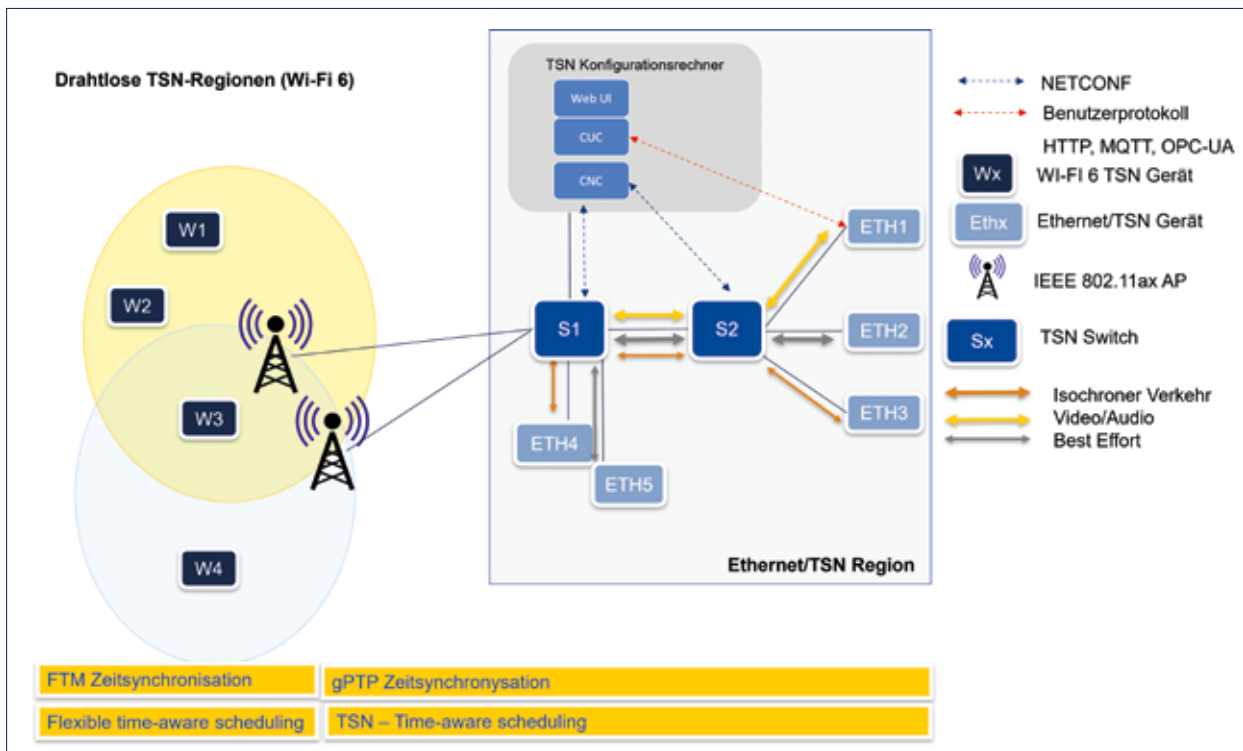
- die Isolierung des Netzwerkverkehrs und
- die gleichzeitige Übertragung zu und von drahtlosen Geräten auf Basis von Unterfrequenzen,
- eine größere Kanalkapazität und
- einen effizienteren Energieverbrauch.

Darüber hinaus kann Wi-Fi 6/7 auch auf mehreren Frequenzen – etwa auf 2,4 GHz, 5 GHz und 6 GHz betrieben werden. Dadurch wird das verfügbare Spektrum vergrößert, was Vorteile für Umgebungen mit zahlreichen Benutzerinnen und Benutzern sowie für bandbreitenintensive Anwendungen bietet. Dies ist ein wichtiger Aspekt im Kontext der nächsten Generation

Grafiken: Fortiss



Wi-Fi 6/7 schafft mehr Flexibilität in der Fertigung durch eine koordinierte Integration mit Ethernet und Time-Sensitive-Networking-Standards.



Das DetNetWiFiEdge-Forschungsprojekt konzentriert sich auf die Integration von deterministischen drahtlosen Mechanismen in der Fertigung.

von Anwendungen im Industrial Internet of Things (IIoT), zum Beispiel High-Definition-Video, Virtual Reality (VR) oder Augmented Reality (AR). Was den Energieverbrauch angeht, so integriert Wi-Fi 6 den Mechanismus Target Wake Time (TWT), der ein besseres Energiemanagement ermöglicht.

**Wi-Fi 6/7 erfüllt hohe Anforderungen in der Produktion**

Diese und andere Merkmale machen IEEE 802.11ax und IEEE 802.11be zu einer wichtigen Technologie für die Kommunikation in industriellen Umgebungen. In solchen Umgebungen haben IIoT-Anwendungen oft hohe Anforderungen wie Null-Paketverlust, begrenzte Latenz, begrenzter Jitter und garantierte Bandbreite. Diese Anforderungen erfüllen heute kabelgebundene Netzwerke wie Ethernet beziehungsweise Profinet in Verbindung mit dem Standard IEEE Ethernet Time-Sensitive Networking (TSN).

Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Integration von drahtlosen Netzwerken in industriellen Umgebungen ist daher die Fähigkeit, niedrige Latenzzeiten, geringen Jitter und keine Paketverluste in

einer Weise zu bieten, die mit den TSN-basierten Regionen der industriellen Infrastrukturen kompatibel ist.

Daher konzentriert sich das DetNetWiFiEdge-Forschungsprojekt von Fortiss auf die Integration von deterministischen drahtlosen Mechanismen in Fertigungsumgebungen. Das Hauptziel des Projekts ist die Entwicklung von Mechanismen, die eine drahtlose Kommunikation von Maschine zu Maschine mit kritischen Garantien in Form von niedriger Latenz (Millisekunden), enger Zeitsynchronisation (Nanosekunden) und Null-Paketverlusten unterstützen können. Das Projekt stützt sich auf das Konzept des Mehrpunkt-Co-OFDMA. Dieses Konzept beruht auf Konsens, damit mehrere Zugangspunkte in einer Fertigungsanlage ihre Ressourcen optimal aufeinander abstimmen und Interferenzen reduzieren können, um Garantien für kritische Anwendungen zu gewährleisten. Zudem untersuchen die Forscherinnen und Forscher auch die Anwendung des Fine-Time-Measurement-(FTM-)Protokolls (IEEE 802.1AS) für eine enge Zeitsynchronisation mit mehreren Access Points und mehreren drahtlosen Clients.

Im Fokus von DetNetWiFi steht eine fortschrittliche, schichtenübergreifende

ganzheitliche Integration zwischen deterministischer drahtgebundener und drahtloser Kommunikation in industriellen Umgebungen. Dabei wird auch berücksichtigt, dass einige der Geräte und die entsprechenden Steuerungen mobil sind.

**DetNetWifi in der Praxis**

Das Projekt stützt sich auf reale Anwendungsfälle in der industriellen Fertigung. Bei diesen praxisnahen Anwendungen müssen drahtlose Geräte mit der Edge-Cloud verbunden werden. Zudem müssen die Geräte in der Lage sein, verschiedene Arten von Datenverkehr zu übertragen, beispielsweise hochauflösende Videos oder kritische Fertigungsanwendungen.

Konkrete Proofs of Concept sind im Fortiss-IIoT-Lab, dem sogenannten TSN-WiFi-Demonstrator zu sehen. Diese sind darüber hinaus in Form von Simulationsmodulen für den Netzwerksimulator ns-3 verfügbar.

*Prof. Dr. Rute Carvalho-Sofia  
IIoT-Kompetenzfeldleiterin  
fortiss GmbH*

# Energieautarke und robuste Sensorlösungen dank Telegramm-Splitting mit mioty

JOSEF BERNHARD UND RENÉ DÜNKLER

Nur eine Basisstation und 100.000 Sensoren in der Produktion: mioty ist eine softwarebasierte Kommunikationslösung für den Aufbau von leistungsfähigen Low Power Wide Area Networks im industriellen Umfeld. Der offene Standard basiert auf dem Telegram-Splitting-Verfahren und gewährleistet die zuverlässige Übertragung von mehreren Millionen Sensordaten in nur einem Netzwerk. Die Technologie ist ein zukunftsfähiger Baustein für das Monitoring von Maschinen und Anlagen während der Fertigung.

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) sind eine neue Klasse von Kommunikationslösungen, die sich vor allem durch hohe Reichweite und geringen Energieverbrauch auszeichnen. Das klingt zunächst so, als ob hohe Reichweite und geringer Energieverbrauch im Widerspruch zueinander stehen, da eine hohe Reichweite häufig eine hohe Sendeenergie erfordert. Mit der mioty-Technologie lässt sich dieser

Widerspruch aktuell jedoch lösen. Mit ihr können auch energieautarke und robuste Sensorlösungen realisiert werden. Die Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen (Machinery Condition Monitoring) für eine vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance), die fabrikinterne Logistik (Intralogistik), Smart Metering, die Überwachung von Füllständen sowie die Gewährleistung der Sicherheit und des

Schutzes von Mitarbeitenden sind dabei mögliche Anwendungen.

## Telegramm-Splitting – robust gegenüber Störsignalen

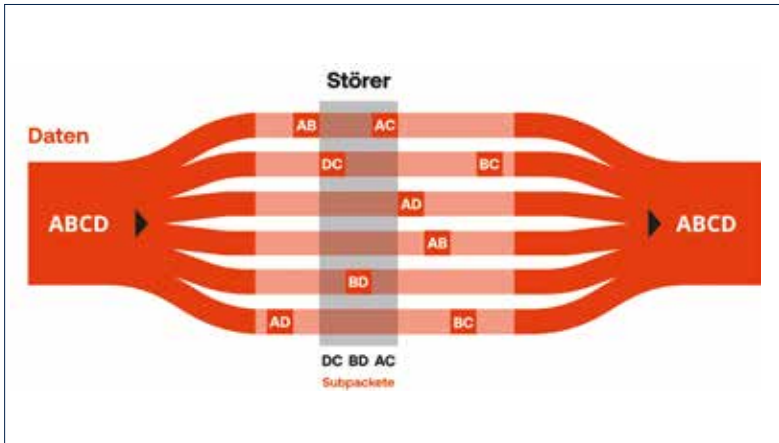
Die verwendete Modulation und die Kanalcodierung hält die benötigte Sendeenergie beim Einsatz von mioty gering. Es können dafür bereits existierende Chipsätze vieler



Foto: Fraunhofer IIS/Kurt Fuchs

Die standardisierte Kommunikationslösung mioty ist ideal geeignet für Anwendungen im industriellen Internet der Dinge.

Grafik: mioty Alliance, Bild: Fraunhofer IIS



Beim Telegram-Splitting wird ein Sendetelegramm nicht in einem Stück, sondern in viele kleine Sendepakete, sogenannte Subpakete, unterteilt und auf unterschiedlichen Frequenzen und mit zeitlichen Abständen per Funk gesendet.



Q-Bo ermöglicht eine drahtlose, energieautarke Überwachung der Vorspannkraft mithilfe eines nachrüstbaren Sensorsystems für DIN-Schrauben.

Hersteller verwendet werden. Jedoch ist die Nutzung des lizenzfreien Spektrums nicht exklusiv. Deshalb müssen Anwender beim Einsatz von Kommunikationsstandards im lizenzfreien Spektrum immer mit Störungen von anderen Systemen rechnen. Allerdings gelingt es mit der Kerntechnologie von mioty, dem Telegram-Splitting, die größte Herausforderung zu bewältigen und die Robustheit gegenüber Störsignalen zu erhöhen.

Durch das Aufteilen der Telegramme und der verwendeten Kanalcodierung muss der Empfänger nicht alle sogenannten Subpakete störungsfrei empfangen, um die Sensordaten wieder dekodieren zu können. Es reichen 50 Prozent der Sendepakete für eine vollständige und korrekte Übertragung aus. Das aus dem Telegramm-Splitting resultierende Sendeschema mit kurzen Aussendungen und stromsparenden Pausen verbessert die Ausnutzung der Batteriekapazität und bereitet den Weg zur Versorgung durch Energy-Harvesting-Technologien. Die mioty-Technologie garantiert so einen hohen Quality of Service auch bei einer großen Anzahl von Sensoren im Netz.

**Effizient und zuverlässig**

Im Vergleich zu vorhandenen Technologien setzt mioty neue Maßstäbe bei der drahtlosen Datenübertragung hinsichtlich Skalierbarkeit, Kosteneffizienz, Reichweite, Übertragungssicherheit und Batteriele-

bensdauer. Die Technologie erfasst funkttechnisch schwer erreichbare Orte in einer Industriehalle oder auf einem Gelände mit notwendigen Reichweiten von mehreren Kilometern zuverlässig. Damit lässt sich mit geringem Infrastrukturaufwand ein Industriestandort zuverlässig und kostengünstig abdecken.

Zudem erlaubt mioty aufgrund des Telegram-Splittings eine verbesserte Koexistenz mit anderen Funksystemen wie WLAN oder Bluetooth im lizenzfreien Frequenzband.

**Hohe Datenaktualität und integrierbar in bestehende Systeme**

mioty erreicht eine zuverlässige Übertragungskapazität von 3,5 Millionen Nachrichten pro Tag und Basisstation. Selbst bei großen Netzen mit vielen Sensoren können hier noch im Minutentakt Sensordaten übertragen werden. Dies bietet eine hohe Datenaktualität auf Anwenderebene. Die Datenaktualität ermöglicht es, auf Veränderungen beispielsweise in der Produktionsumgebung zeitnah zu reagieren.

Aufgrund der Energieoptimierungen können mioty-Sensoren bis zu zehn Jahren über eine Batterie versorgt werden, oder sich autark aus Energy Harvesting, der Umgebungsenergie, versorgen. Damit lassen sich sehr einfach Sensoren ohne zusätzliche Energieversorgung über ein Kabel auch an entlegenen Stellen einsetzen. Dank der Möglichkeit des Retrofitings

können Hersteller Bestandsmaschinen und bereits vorhandene Sensoren schnell und kosteneffizient anbinden.

mioty wird bereits in vielen Projekten und Produkten für Industrie-4.0-Anwendungen eingesetzt – unter anderem bei der intelligenten Schraubverbindung Q-Bo. Diese Schraubverbindung ermöglicht eine präzise Messung der Vorspannkraft einer Schraube während der Montage und des Betriebs an kritischen, sicherheitsrelevanten Objekten wie Brücken, Windkraftanlagen, Fahrzeugen oder Maschinen. Für die Datenübertragung wird mioty genutzt. Anwender erkennen Abweichungen so per Fernwartung sofort und können Ausfallbeziehungsweise Instandhaltungszeiten bei Maschinen vermeiden.

Um die mioty-Technologie auch in Produkte für Industrie-4.0-Anwendungen zu integrieren, wurde die mioty-Allianz gegründet. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Anbietern, die Mitglied der mioty-Allianz sind und die ihre Sensoren, Steuerungen, Software und Systeme für die industrielle Automatisierung und Digitalisierung mit der Funktechnologie mioty ausstatten.

.....  
*Josef Bernhard*  
 Chairman Technical Committee of mioty alliance  
 Fraunhofer IIS

.....  
*René Dünkler*  
 LV Marketing und Kommunikation  
 Fraunhofer IIS

# Bestandserfassung: Funkgestützter Materialabruf für eine effiziente Intralogistik

ANDREAS SCHENK

Die lückenlose Bestandserfassung im innerbetrieblichen Materialfluss ist die Voraussetzung für eine bedarfsgerechte Nachschubversorgung. Die üblichen Systeme für Enterprise-Resource-Planning weisen hier Lücken auf. Ein funkgestütztes automatisches Materialabrufsystem hingegen kann diese Lücken schließen.

**E**ine besondere Herausforderung stellt in der City-Logistik die sprichwörtlich letzte Meile dar. In der innerbetrieblichen Logistik ist es oft der letzte Meter oder eine kurze Strecke im Materialfluss, bei der die Bestände an Ladungsträgern oder an zu montierenden Bauteilen nicht erfasst werden – und das kann für Probleme sorgen.

## Ungenauere Bestandserfassung

Bei der Montage von Kfz-Zulieferkomponenten sind in der Regel zahlreiche Behälter oder Kästen mit Verbrauchsmaterialien in Umlauf. Dabei handelt es sich nicht um Kernkomponenten. Die aktuellen Zu- und Abgänge werden über ein Enterprise-Resource-Planning-(ERP)-System ermittelt, das

den Nachschub veranlasst. Das Problem dabei: Mit der Zeit weichen die tatsächlich vorhandenen Materialmengen immer stärker von den per IT ermittelten Werten ab. Das liegt unter anderem daran, dass zwischen den Bedarfsermittlungen mehrere Stunden vergehen und somit der Mehrbestand vor Ort hoch ist. Außerdem wird nur der Bedarf am Montageplatz ermittelt. Das



In der Montage von Kfz-Komponenten erfasst ein AMS mittels Funk-Lasersensoren die Bestände der Behälter.

ERP-System erfasst nicht die auf dem Weg befindlichen Behälter.

Diese trotz Digitalisierung entstehende Ungenauigkeit in der Bestandsführung hat einige Unternehmen der Kfz-Zulieferindustrie veranlasst, die Automatisierung einen Schritt zurückzudrehen und Personal einzusetzen, das den Bedarf beziehungsweise den Bestand an den Montageplätzen erfasst. Oder die Unternehmen arbeiten mit den gebräuchlichen Kanban-Karten. Andere wiederum haben Bedienterminals in der Montage eingerichtet, über die Material nach dem sogenannten Pull-Prinzip angefordert werden kann.

### Durchgängige Informationskette schaffen

Aus informationstechnischer Sicht ist das in der Tat ein Rückschritt, und in der Praxis funktioniert es meistens nicht optimal. Was hingegen dauerhaft Abhilfe schafft, ist ein funkgestütztes automatisches Materialabruf-System (AMS). Der Grundge-

danke bei diesem System besteht darin, nicht die Behälter, sondern die Transportmittel und die Lagerorte beziehungsweise -kanäle mit Funksensorik auszustatten und ein Funknetz über den Betrieb zu spannen. Dieses System erfasst mittels Funk-Lasersensoren die Bestände von größeren Behältern (GLT) oder Kleinladungsträgern (KLT) in der Montage oder in der Materialversorgung. Die Funk-Lasersensoren können auch den Füllstand in den Behältern detektieren und entsprechend Nachschub veranlassen. Da diese Sensoren ihre Signale per Funk übermitteln, sind sie in der Lage, auch an mobilen Einheiten wie Routenzügen oder eKanban-Regalen den Bestand zu ermitteln.

Außerdem gibt es Sonderbauformen unter anderem für die Erfassung von Dollies in Monorail-Spuren sowie von Behältern in Kanban-Regalen. Ein weiterer Einsatzbereich sind Übergabestationen von stationärer und mobiler Fördertechnik, wie Rollenförderer oder fahrerlose Transportsysteme (FTS).

### Hohe Übertragungssicherheit gewährleistet

Das Funksystem ist an die besonderen Anforderungen der industriellen Produktion angepasst. Es arbeitet auch unter ungünstigen Bedingungen mit hoher Zuverlässigkeit und Übertragungssicherheit. Die per Funk gesammelten Daten werden von der Sensor-Bridge-Software direkt an eine vorhandene Backend-Anwendung weiterleitet und dort verarbeitet. Typische Anwendungen in der industriellen Intralogistik, unter anderem für eKanban-Systeme und für FTS, sind vorkonfiguriert. Über eine Funkplattform können Unternehmen unterschiedliche Applikationen betreiben.

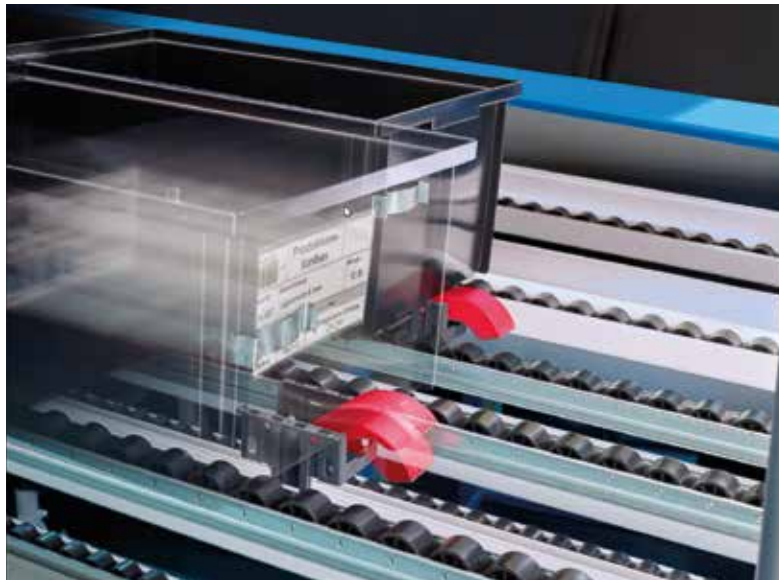
Dass sich ein solches funkgestütztes automatisches Materialabrufsystem in der Praxis bewährt, zeigen inzwischen diverse Einsätze in der Automobilindustrie, aber auch in der Produktion etwa von Elektronikkomponenten. Dort kommunizieren teilweise mehrere tausend Funksensoren, verbunden über Access Points mit der Sensor



Access Points leiten die Funk-signale in der Montage oder in der Produktion an eine Sensor Bridge weiter. Diese bildet die Schnittstelle zum ERP-System.



Das Funksystem kann parallel auch weitere Aufgaben übernehmen wie die Integration von Andon-Systemen.



Bilder: steute Technologies

Das AMS erfasst die Position der Behälter im Regal über Sensoren.

Bridge und sorgen so für Transparenz im Materialfluss. Dabei hat es sich als sinnvoll erwiesen, das Gesamtsystem auf mehrere kleinere, funktechnisch getrennte Systeme mit maximal 1.500 Funkeinheiten aufzuteilen. So vermeiden die Industrieunternehmen Datenkollisionen im Funkverkehr.

Eine Kernfrage bei der Bewertung eines solchen AMS lautet: Ist so ein System wirtschaftlich? Das kann man ohne Wenn und Aber bejahen, wie modellhafte Wirtschaftlichkeitsberechnungen der steute Technologies GmbH & Co. KG zeigen. Unter verschiedenen Ausgangsbedingungen ergab sich ein überschaubarer Amortisationszeitraum von wenigen Monaten – auch bei der Nachrüstung vorhandener Montagelinien mit einem Nexy-Funknetzwerk. Einer der Gründe für die kurze Amortisationszeit ist die einfache Implementierung der vorkonfigurierten eKanban-Applikation.

**Höhere Transparenz, bessere Steuerung des Materialflusses**

Der konkrete Nutzen eines funkgestützten automatischen Materialabruf-Systems, das an das ERP- oder das Produktionsplanungssystem andockt, besteht in der höhe-

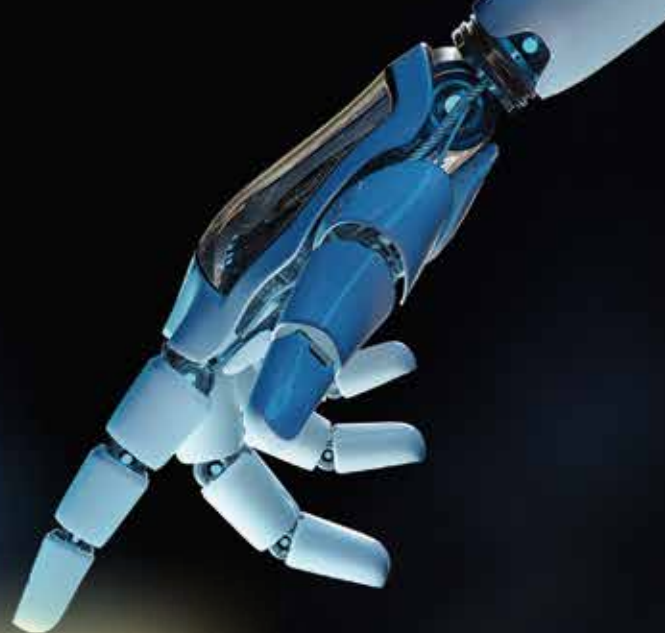
ren Transparenz und besseren Steuerbarkeit des Materialflusses. Die Funksensoren erfassen die Prozesse auch in und an mobilen Einheiten und ermöglichen eine Reaktion in Echtzeit. Die Folge sind eine verbesserte, weil bedarfsgerechte Materialversorgung, und eine Reduzierung der Fehlerquote.

**Automatisches Materialabruf-System steigert Wirtschaftlichkeit**

Zudem senkt ein passgenaues, die Wirklichkeit abbildendes Bestandsmanagement die Kapitalkosten, ohne das Risiko von Engpässen oder Produktionsausfällen zu steigern. Genau das ist der Hauptvorteil von Kanban-Systemen. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Lösung kann noch gesteigert werden, wenn das Funksystem – was problemlos möglich ist – weitere Aufgaben übernimmt, zum Beispiel die Integration von Andon-Systemen oder die automatisierte Materialübergabe an fahrerlose Transportsysteme. ●

Andreas Schenk  
Produktmanager Wireless  
steute Technologies GmbH & Co. KG





mesago

sps

08. – 10.11.2022  
NÜRNBERG

# Bringing Automation to Life

31. Internationale Fachmesse  
der industriellen Automation

Praxisnah.  
Zukunftsweisend.  
Persönlich.

Vom Start-up zum Keyplayer, vom Komplettanbieter zum Spezialisten, vom Hidden Champion zum internationalen Techgiganten, vor Ort in Nürnberg sowie global über die ergänzende digitale Plattform »SPS on air« – finden Sie maßgeschneiderte Automatisierungslösungen für Ihren spezifischen Anwendungsbereich. Entdecken Sie die Innovationen von morgen.

Nutzen Sie den Code **SPS22DAC5** für 50 % Rabatt auf alle regulären Dauerkarten!

Registrieren Sie sich jetzt:

[sps-messe.de/eintrittskarten](https://sps-messe.de/eintrittskarten)

[sps-messe.de](https://sps-messe.de)



# Baumaschinen: Tracking via Mobilfunk

DENNIS KNAKE

Flexibilität und Effizienz in der Bauwirtschaft wird immer wichtiger. Dies dürfte die Umsätze der Baumaschinenvermieter in den kommenden Jahren wachsen lassen. Beim Maschinentracking helfen smarte Technologien nicht nur bei der frühzeitigen Erkennung von Wartungsbedarf. Sie könnten auch Vermietungsmodelle flexibilisieren. Low-Power-Mobilfunknetze eignen sich dabei ideal für die Datenerfassung. Bisher waren die Kosten dafür zu hoch – doch das ändert sich jetzt.

Die Vermieter von Baumaschinen können zufrieden auf die vergangenen fünf Jahre zurückblicken. Ursächlich für die positive Stimmung in der Branche war die hohe Nachfrage der inländischen Bauwirtschaft nach den Dienstleistungen. So stieg sowohl im Wohnungsbau wie auch im Wirtschaftsbau das Auftragsvolumen. Flankiert wurde diese Entwicklung

von einem Anstieg bei den öffentlichen Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur. Dies führte in allen großen Produktkategorien wie Baggern, Radladern, Staplern, Kippen, Arbeitsbühnen und Kränen, aber auch bei Betonpumpen, Verdichtungs- sowie Straßenbaumaschinen zu einer erhöhten Nachfrage bei den Vermietern. Abgesehen von einem corona-bedingten Ein-

bruch 2020 steigen die Umsätze bei der Vermietung von Baumaschinen- und Geräten wieder kontinuierlich an. Laut Statista sollen diese in Deutschland von rund fünf Milliarden Euro im Jahr 2021 auf rund 6,5 Milliarden Euro im Jahr 2024 wachsen.

Eine große Herausforderung der Branche ist jedoch das Thema Digitalisierung.

Fotos: General Mechatronics



Für die Nachverfolgung ist der Tracker am Arm des Baggers befestigt und sammelt Daten zum Ist-Zustand.

Und hier geht es nicht nur einfach darum, Baumaschinen auch online zur Miete anzubieten, sondern den gesamten Miet- und Wartungsprozess zu digitalisieren. Eine besondere Aufgabe besteht vor allem darin, bei der Prozessoptimierung die bestmögliche Auslastung der Maschinen zu ermöglichen. Denn oftmals werden Baumaschinen für einen vorher festgelegten Zeitraum angemietet, in dieser Zeit aber nicht optimal genutzt. Das ist sowohl für Mieter als auch Vermieter unbefriedigend. Hier können smarte Technologien helfen, die Auslastungszeiten besser zu erfassen, Wartungsfenster vorherzusehen und für die Mieter attraktivere Nutzungsmodelle anzubieten, die sich vom Wettbewerb abheben.

**Nutzungsbezogene Mietmodelle mit smarten Sensoren und Mobilfunk**

So lassen sich Mietmodelle entwickeln, die den tatsächlichen Nutzungszeiten und damit auch dem Verschleiß der Geräte viel genauer Rechnung tragen. Gleichzeitig können jederzeit Standorte und Zustand der Maschinen überwacht und im Bedarfsfall zeitnah Ersatz oder Reparaturen durchgeführt werden.

Die größte Herausforderung bei der Erfassung aktueller Zustandsdaten ist neben der ständigen Verfügbarkeit einer zuverlässigen Kommunikationsverbindung die einfache Nachrüstung notwendiger Sensoren sowie deren möglichst wartungsfreier Betrieb.

Das ungarische Unternehmen General Mechatronics, 2012 aus einem Team junger Absolventen der Budapester Universi-

tät für Technologie und Wirtschaft hervorgegangen, entwickelte 2018 ein kleines, batteriebetriebenes Überwachungsgerät mit einer Vielzahl eingebauter Sensoren. Untergebracht in einem kleinen Tubus erfasst das Gerät nicht nur die aktuellen Positionsdaten via GPS und Mobilfunk, sondern kann auch andere Werte wie Beschleunigung, Orientierung, Temperatur und Vibration messen.

Damit eignet es sich perfekt zur Überwachung von schweren Geräten wie Stromgeneratoren oder Baumaschinen. „Unser Tracker kann wertvolle Informationen über den Ist-Zustand von Maschinen sammeln“, erklärt Dr. Géza Szayer, Mitbegründer des Unternehmens. „Er kann nicht nur die Position, sondern auch die Nutzungszeit einer Maschine erfassen und melden. Das hilft, den Einsatz von Maschinen zu optimieren, oder Wartungsbedarf zu erkennen. Letztendlich könnte es die Art und Weise verändern, wie Vermieter ihr Geschäft betreiben.“

Der Tracker wird mit einer einzigen 3,6-Volt-Batterie betrieben. Er sendet seine Daten per Narrowband-IoT (NB-IoT), eine extrem stromsparende Funktechnologie, im Mobilfunknetz. Mit dieser Lösung ist kein Aufbau eines eigenen dedizierten Netzwerks notwendig, was auf Baustellen ohnehin nur schwer möglich ist und der Kundschaft zusätzliche Kosten und Ressourcen spart. Die Mobilfunktechnologie macht es überall einsetzbar. Durch die Verwendung von NB-IoT, das auf Datenübertragung mit geringer Bandbreite ausgelegt ist, kann das Gerät mehrere Jahre ohne Batteriewechsel betrieben werden. 2021 gewann das Unternehmen für die Einfachheit seiner Lösung gar den Red Dot Design Award.

**Mobile Gerätekommunikation wird bezahlbar**

Ein Grund für die schnelle Einsetzbarkeit: Die Endkunden müssen sich nicht um eigene Mobilfunkverträge für den Betrieb des Trackers kümmern. So wird das Gerät bereits fertig mit eingebauter Konnektivität ausgeliefert. General Mechatronics kooperiert bei der Anbindung mit der Kölner 1NCE GmbH. Das auf mobile Gerätekommunikation spezialisierte Unternehmen, bietet weltweite Mobilfunk-Konnektivität



Der Tracker erfasst kleinste Erschütterungen und gibt sehr genau Auskunft über die Betriebszeiten von Stromaggregaten.

über die gesamte Lebensdauer von Geräten an. Die Kosten liegen dabei lediglich bei rund einem Euro pro Jahr und werden für zehn Jahre im Voraus bezahlt. Mit dieser Methode können Gerätehersteller die Mobilfunkkosten viel leichter in ihre Produkte einpreisen, als es mit den sonst üblichen mobilen Laufzeitverträgen möglich wäre.

Der Tracker kann frei konfiguriert werden und entweder regelmäßig oder bei bestimmten Ereignissen Daten senden. Die gesammelten Daten sind über eine Webseite, Mobile App aber auch über eine Programmierschnittstelle (REST-API) verfügbar und können so in die Endkunden-Systeme integriert werden, wo beispielsweise auch die Abwicklung der Vermietungsverträge stattfindet.

Vor wenigen Jahren wären solche Geschäftsmodelle noch kaum möglich gewesen. Die Betriebskosten allein für die Mobilfunkverbindungen waren so hoch und unflexibel, dass sie den Businessplan für eine solche Lösung bereits gesprengt hätten. Günstige und transparente Pre-paid-Angebote für die Gerätekommunikation im Mobilfunk, wie sie die die Kölner anbieten sind noch rar. Doch sie eröffnen Geräteanbietern ganz neue Möglichkeiten, smarte Technologien für eine Vielzahl von Branchen anzubieten, die wiederum deren Geschäftsmodellen ganz neue Perspektiven eröffnen.

*Dennis Knake  
Communication Manager  
1NCE GmbH*



Der Tracker hält Nutzungszeit und -ort fest.

# Auf dem Weg zur autonomen Land- und Bautechnik

DR. FRIEDRIKE BRENDEL UND DR. THOMAS POHLMANN

Im sogenannten Off-Highway-Bereich findet heute eine Revolution land- und bauwirtschaftlicher Arbeitsprozesse statt. Getrieben von dem weltweit zunehmenden Fachkräftemangel eröffnet die intelligente Kombination etablierter Funktechnologien zahlreiche Möglichkeiten.

Mobile Bediensysteme mit zuverlässiger Haptik gewährleisten eine sichere Funkautomatisierung.



Fotos: Reichardt, HBC – Radiomatic, Vogt, MDB

Seit den 90er-Jahren bestimmen drahtlose Technologien wie das Global Navigation Satellite System (GNSS), die für die Ortung und die hochgenaue Real-Time-Kinematik-(RTK-)Navigation eingesetzt werden, die Automatisierung landwirtschaftlicher Geräte bestehend aus Schlepper und Anbaugerät.

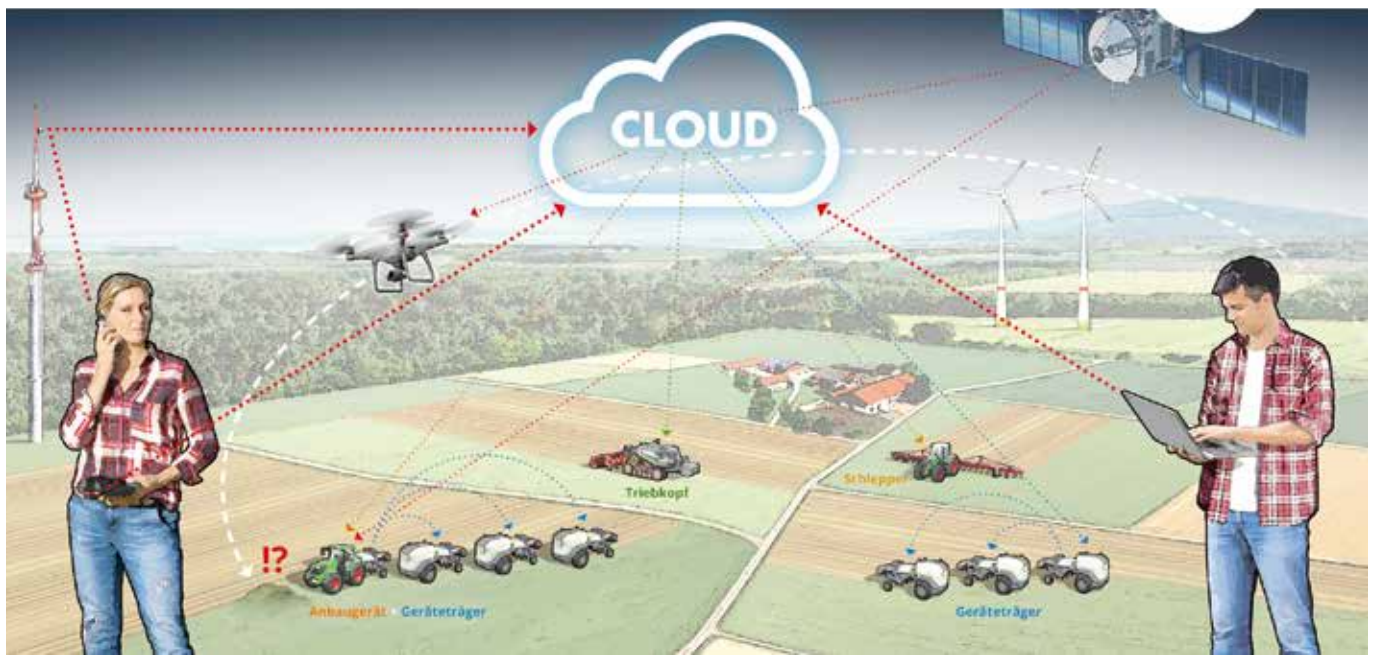
Während zur genauen Positionierung heute Satellitenfunk in den Frequenzbändern 1.164 MHz – 1.300MHz sowie 1.559 MHz – 1.610 MHz eingesetzt wird, müssen für das sogenannte Precision Farming mit Genauigkeitsanforderung plus/minus 2,5 Zentimeter zusätzlich erforderliche Satelliten-Korrekturdaten übertragen werden. Dies erfolgt heute weitgehend über das

Internet mittels Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) auf Basis der heutigen Mobilfunkstandards 4G, 5G und künftig 6G.

Im Bau- oder Forstbereich hat sich die drahtlose Steuerung per Funk seit vielen Jahren etabliert. Es ist oft erforderlich, dass die Bedienerin oder der Bediener den Gefahrenbereich der Maschine verlässt und einen Arbeitsgang aus sicherer Entfernung überwacht. Daraus ergeben sich nur moderate Anforderungen an den Datendurchsatz. Entscheidend ist aber die zuverlässige Übertragung bei geringer Latenz und hoher Störsicherheit. Aus diesem Grund kommen meist optimierte proprietäre Protokolle in den lizenzfreien Frequenzbändern Indus-



Kombinierte Funktechnologien ermöglichen einen teilautonomen Maschineneinsatz.



Eine leistungsfähige drahtlose Infrastruktur ist Voraussetzung für die Bau- und Landwirtschaft der Zukunft.

trial Scientific and Medical (ISM) bei 434 MHz beziehungsweise 2,4 GHz zum Einsatz. Durch das Mobilfunknetz ist auch eine weitere drahtlose Infrastruktur für eine Vielzahl von Telematik-Diensten entstanden, zum Beispiel Diebstahlschutz, Fernservice oder Flottenmanagement.

### Drahtlose Technologien intelligent kombiniert

Da die Umfeldbedingungen und Anforderungen für Funkanwendungen auf dem Acker, der Baustelle oder sonstigen Outdoor-Einsätzen unterschiedlich sind, haben sich mehrere verschiedene Technologien für mobile Arbeitsmaschinen etabliert. Während bei den Landmaschinen der Schwerpunkt eher auf der hochgenauen Navigation liegt, sind beispielsweise bei den Bau- und Forstmaschinen Verfahren zur sicheren Fernbedienung und Fernsteuerung seit Jahrzehnten im Einsatz. Kernelement einer sicheren Steuerung ist die Integration der Funksteuerung in die Sicherheitstechnik der Maschine. Dabei wird zum Beispiel das Funksystem in den Not-Halt integriert.

Die Kombination dieser unterschiedlichen Funktechnologien und ihre Integration in einer Systemsteuerung eröffnet neue Perspektiven für die teilautonome Maschinensteuerung. Dabei ist die direkte

Überwachung durch die Bedienerin oder den Bediener jederzeit gewährleistet.

Statt der Entwicklung einer umfassenden neuen Funktechnologie, deren Erprobung und Standardisierung äußerst komplex und extrem zeitaufwendig ist, lohnt sich der Einsatz innovativer Steuerungssysteme. Diese integrieren bereits heute mehrere etablierte Funksysteme. Dies gilt etwa für die Fernsteuerung und die Fernbedienung von Geräten mit hoher funktionaler Sicherheit in Verbindung mit einer hochgenauen GNSS-Navigation sowie drahtloser Datenkommunikation über ein serielles Bussystem (Controller Area Network – kurz CAN) mit kritischer Latenzzeit.

Sowohl neuartige portable Funk-Bediensysteme als auch die Kombination einer stationären drahtlosen Infrastruktur (etwa für GNSS) mit mobilen Funknetzen (zum Beispiel zur Fernsteuerung und Datenkommunikation) ermöglichen eine Vielzahl innovativer Anwendungen.

### Funk-Ökosystem ermöglicht autonomen Betrieb

Besonders in den letzten Jahren hat sich ein neues Geschäftsfeld für autonome mobile Arbeitsmaschinen sprunghaft entwickelt. Eine Vielzahl internationaler Roboterprojekte bei etablierten Fahrzeugherstellern aber auch unzählige junge

Start-ups zeigen eindrucksvoll die Dynamik und Begeisterung für diese faszinierende Technik.

Aktuelle Marktstudien im Agrarsektor prognostizieren, dass in den nächsten 20 Jahren jede zweite mobile Landmaschine teil- oder vollautonom arbeiten wird. Dies kann als technische Revolution bezeichnet werden, die nur durch etablierte Funktechnologien und ein innovatives drahtloses Ökosystem ermöglicht wird. Voraussetzung ist die Schaffung eines Feldschwarm-Ökosystems zur maschinen- und herstellerübergreifenden Steuerung, das die Arbeitsprozesse auf der Baustelle oder dem Feld überwacht und optimiert.

Elektrifizierung, neuartige Sensoren, Sensor-Fusion und eine ultraschnelle Datenverarbeitung via 5G beziehungsweise 6G werden weitere, bislang ungeahnte Möglichkeiten eröffnen. Dabei werden eine zeitnahe Standardisierung und skalierbare Lösungsansätze über die Technologieführerschaft der nächsten Jahrzehnte entscheiden. ●

Dr. Friederike Brendel  
Geschäftsführerin  
HBC-radiomatic GmbH

Dr. Thomas Pohlmann  
Geschäftsführer  
Reichardt GmbH Steuerungstechnik

## Funk auf engstem Raum

FLORIAN BONANATI UND JAN RÄHM

Die Industrie im Allgemeinen und automatisierte Transportsysteme sowie autonome mobile Roboter im Speziellen haben besondere Anforderung an die Datenübertragung per Funk. Es gibt Technologien, die sich den Herausforderungen stellen und eine sichere Datenübertragung gewährleisten.

**Z**u wenig Personal, viel mehr zu tun: Automatisierte Transportsysteme (Automated Guided Vehicle – kurz AGV) und autonome mobile Roboter (AMR) erleichtern den Alltag in Produktion und Logistik. Doch mit zunehmend variablen Aufgaben, größeren Flächen und komplexeren Einsatzszenarien kommen herkömmliche Systeme an ihre – meist von Kabeln und Schleifleitungen gezogenen – Grenzen. Abhilfe schaffen Funksysteme, die hochzuverlässige und robuste Datenübertra-

gung auch für sicherheitsrelevante Anwendungen ermöglichen.

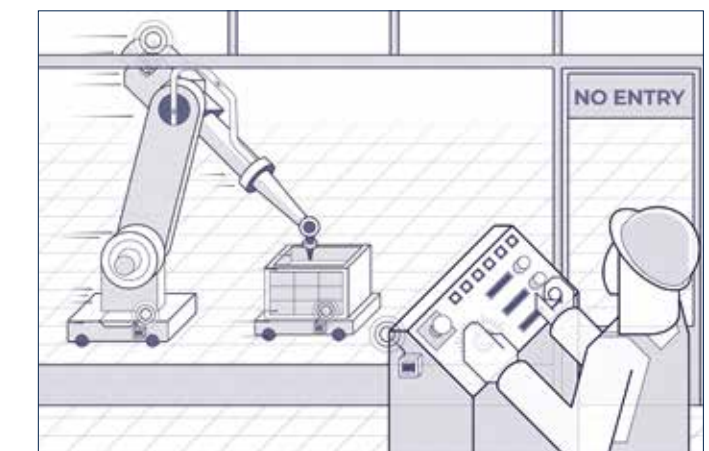
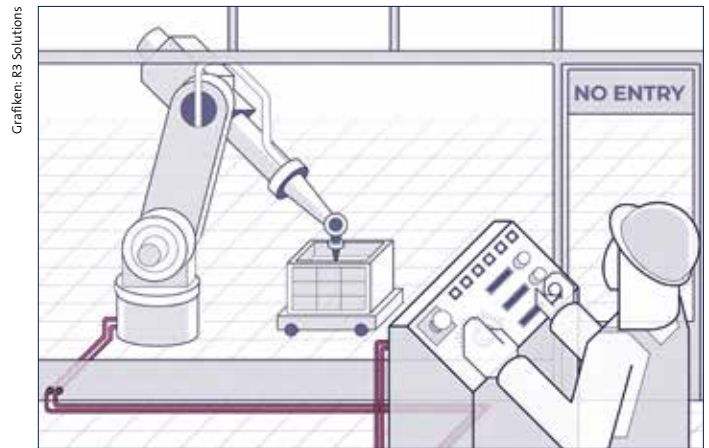
Will heutzutage ein Maschinenbauer oder ein Ausrüster für industrielle Anlagen ein neues Projekt planen, klingelt oftmals bei Bernd Kremer das Telefon. „Meist geht es um Pilotprojekte, bei denen beispielsweise die Materialzuführung mit fahrerlosen Transportsystemen oder mit autonomen mobilen Robotern automatisiert werden soll“, erklärt der Leiter Verkauf und Kundenbetreuung beim Indus-

triezulieferer R3 Solutions. „Das sind Anwendungsfälle, die es vor einigen Jahren noch nicht gab und somit neue besondere Herausforderungen haben.“ Denn natürlich benötigen diese neuen Industrieanlagen robuste Funkkommunikation, die zu jeder Zeit verlässlich und planbar funktioniert, geringste Verzögerungen bei der Datenübertragung aufweist und zudem auch Safety-relevanten Datenverkehr ermöglichen muss. Man spricht dabei von Ultra-Reliable Low-Latency Communica-

Foto: shutterstock

In modernen Transportrobotern ist wenig Raum für große Funkmodule. Daher müssen sich Zulieferer auf die technischen Anforderungen bei beengtem Bauraum einstellen.





Bisher waren Roboter in kritischen Umgebungen verkabelt (oben). Heute ermöglicht Industriefunk höhere Mobilität und mehr Flexibilität (unten).

tions kurz URLLC. „Dabei hat man natürlich das Problem, dass konventionelles WLAN diese Anforderungen nicht abdeckt“, fasst Kremer zusammen.

### Ohne Daten geht nichts (mehr) in der Industrie

Datenkommunikation in der Industrie ist heute Alltag. Es gibt kaum eine Maschine, die nicht mit einer Steuerung, mit einem Warenwirtschaftssystem oder mit anderen Produktionssystemen vernetzt ist. Und natürlich erwartet jedes Unternehmen, das auf solche Technik setzt, dass die Performance der heutigen Industriekommunikation unabhängig vom verwendeten Protokoll gleich hoch ist – natürlich im besten Fall auch dann, wenn das, was heute verkabelt ist, morgen kabellos umgesetzt wird. Auf Industrie spezialisierte Ethernet-basierte Kommunikation wie beispielsweise Profinet, EtherNet/IP oder Modbus TCP haben Jahrzehnte Zeit gehabt, die Anforderung industrieller Kommunikation wie Zuverlässigkeit, Latenz und den Transport sicherheitsrelevanter Daten (Safety) umzusetzen. Jetzt wird zunehmend erwartet, dass auch Funkkommunikation das gleiche Leistungsversprechen erfüllt, wie kabelbasierte Kommunikation. Und das nicht erst in Zukunft, sondern bestenfalls schon heute.

Dabei hat Funk physikalische Herausforderungen zu meistern, die verkabelten Installationen in der Regel fremd sind. Stichworte sind hier Funkschatten, Interferenzen, Frequenzknappheit und vor allem Berechenbarkeit, also Determinismus. Denn ob und wann ein gewöhnliches Funksignal ankommt, ist bei weitverbrei-

teten herkömmlichen Technologien wie WLAN, Mobilfunk oder auch Bluetooth nicht sichergestellt.

### 5G für die Industriekommunikation

Eine Technologie, die sich auf die Fahnen geschrieben hat, URLLC-fähige Netze aufzuspinnen, ist der Mobilfunk der fünften Generation kurz 5G. In lokalen Installationen, den sogenannten Campusnetzen, sollen Maschinen zuverlässig in Echtzeit kommunizieren. Ein Aspekt, der die Verbreitung von 5G-Campusnetzen hemmt, sind die vergleichsweise hohen Initialkosten, die ein Unternehmen aufwenden muss, egal ob fünf oder 5.000 Maschinen vernetzt werden sollen. Campusnetze sind also relativ teuer, auch weil sie zahlreiche komplexe Netzwerkkomponenten erfordern. Das lässt den Schluss zu, dass zelluläre Technologien ihre ökonomische Wirkung erst dann entfalten, wenn es um eine ext-

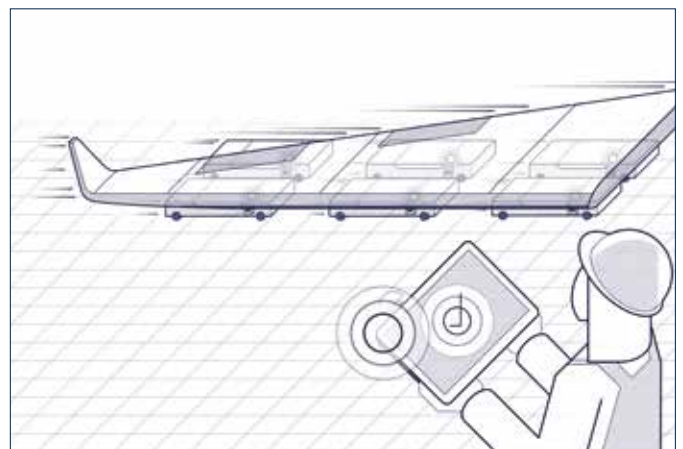
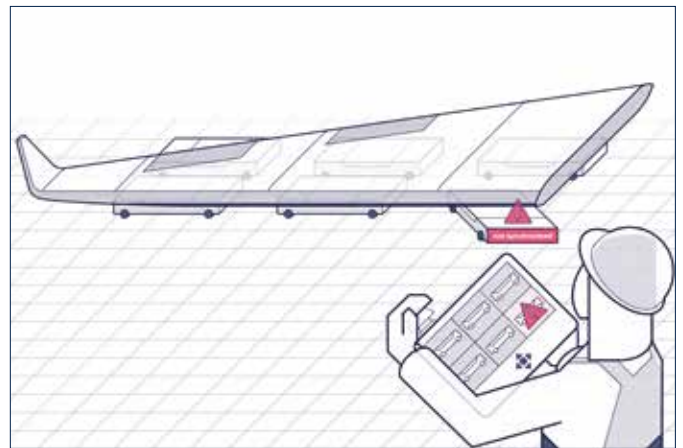
rem große Zahl von Netzteilnehmern geht.

Entsprechend selten sind 5G-Campusnetze heute noch. Abgesehen von Testprojekten wird die weite Verfügbarkeit dieser Mobilfunktechnologie mit ihren für die Industrie relevanten Funktionen für das Jahr 2023 oder später erwartet. Die frühere Prognose, 5G würde die Industrie im Sturm erobern, ist bisher nicht Wirklichkeit geworden. Vielmehr ist in der Industrie der Wunsch zu hören, mit Standard-Hardware wie WiFi oder Bluetooth voranzuschreiten.

### Leistungsfähige lokale Netze auf WiFi-Basis

Hier kommen auf industrielle Funkkommunikation spezialisierte Ansätze ins Spiel wie die von R3 Solutions entwickelte Echoring-Technologie. Sie ermöglicht durch ihre an das Token-Passing-Verfahren angelehnte Ringstruktur kalkulierbare und sehr geringe Signallaufzeiten, die in minimalen

Grafiken: R3 Solutions



Für den kollaborativen Transport sperriger Güter mit vielen kleinen Transportsystemen eignet sich der Einsatz von echtzeitfähigem Industriefunk.

Latenzen um fünf Millisekunden resultieren. Diese Technologie erfüllt somit die erste Anforderung an ein URLLC-Funk-System. Die zweite Anforderung, hohe Zuverlässigkeit, schafft die Technologie durch ein Echo-Verfahren, bei dem ein Netzteilnehmer automatisch die Datenbotschaft wiederholt, die ein anderer Teilnehmer gesendet hat. So stellten die beiden Forscher, die Echoring initial entworfen haben, sicher, dass essenzieller Datenverkehr in jedem Fall ankommt. Durch die Kombination der Verfahren sind echoring-basierte Installationen auch black-channel-fähig und ermöglichen den Einsatz von Funk in Safety-Anwendungen mit sehr hohen Sicherheitsanforderungen.

Geräte auf Basis dieser Technologie nutzen Standard-WLAN-Chips, die auch in aktueller Bauteilknappheit noch in ausreichender Menge verfügbar sind. So können auch komplexe Netze mit geringerem finanziellen Implementierungsaufwand aufgespannt werden als mit aktueller Mobilfunktechnik. Ihre Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit stellen Echoring-Netze schon heute in umfangreichen Installationen wie in einem Werk eines US-amerikanischen Elektroautoherstellers unter Beweis.

**Herausforderung AGV und AMR**

Doch ob 5G, Echoring oder andere URLLC-fähige Funkssysteme: Für den Einsatz in AGV und AMR müssen die Komponenten spezielle Anforderungen erfüllen, erklärt Thomas Förste, Chief Product Officer bei

R3 Solutions: „Die Hersteller von AGV und AMR wollen vor allem ein möglichst kleines Gerät, das sich in den knappen Bauraum ihrer Lösungen flexibel integrieren lässt. Und sie wollen ein Gerät, das alle Arten von Funk für den Anwendungsfall abdeckt.“

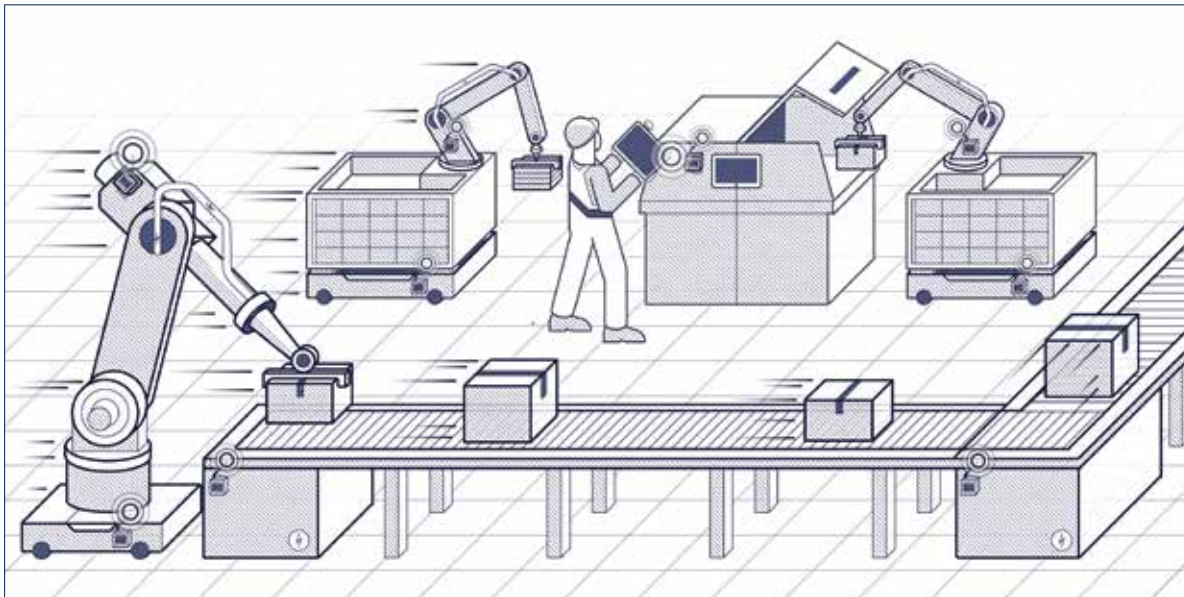
Die Forderung nach dem möglichst geringen Platzbedarf erklärt sich aus der Bauform vor allem kleinerer AGV-Systeme. Die Shuttles sind in der Regel schildkrötenartige kleine Gerätschaften, die so arbeiten, dass sie unter eine Last fahren, diese anheben und dann transportieren. Schon die sehr flache Konstruktion der Geräte erklärt die spezielle Anforderung an Bauhöhe und Volumen der verwendeten Komponenten. In Sachen Funk gibt es auf dem Markt einige Anbieter, aber deren Geräte bauen höher auf, so wie es auch eine echoring-basierte Lösung von R3 Solutions macht. „Wir entwickeln gerade ein neues Gerät, das speziell auf die Hersteller

von AGV und AMR zugeschnitten ist“, erklärt Förste. Dabei sei man in enger Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern wie beispielsweise Conductix-Wampfler, mit dem das Berliner Unternehmen eine Partnerschaft eingegangen ist. Herauskommen wird ein Gerät, das nicht nur flach ist, sondern auch die zweite erwähnte Anforderung erfüllt und mit nur einem Gerät unterschiedliche Datenströme simultan übertragen kann. Neben dem essenziellen Datenverkehr, der auch den URLLC-Funk umfasst, wird das neue Produkt außerdem hoch breitbandige Funkverbindungen erlauben.

**Essential Data versus Broadband Data**

Der Bedarf an hohen Datenraten ist eine noch junge Anforderung an industriellen Funk. Bisher reichten für Steuersignale und Sensordaten Bandbreiten im ein- bis zwei-





Die moderne Produktion ist hoch vernetzt. Dank URLLC-Funk kommunizieren fahrerlose Transportsysteme und mobile Roboter mit Förderanlagen und anderen Maschinen.

stelligen Megabit-pro-Sekunde-Bereich. Künftig werden hunderte Megabit bis hin zu Gigabit pro Sekunde gefordert. „Die Bandbreiten-Forderung ist enorm“, weiß Förste, „Es geht um Software- und Konfigurationsupdates per Funk. Wenn ich beispielsweise eine Flotte von AGV und anderen mobilen Robotern konfigurieren möchte, dann ist das ein Moment der Verletzbarkeit für die Geräte.“ Und der wird kürzer, je schneller die Maschine die Daten erhält. Es geht also um Spitzen- nicht Dauerlasten. Förste ergänzt: „Auch ist es einfach unproduktive Zeit, weil in der Zeit die Gerätschaften nicht arbeiten können und in der Regel eine komplette Flotte an Robotern stillsteht.“ Um diese Situation so kurz wie möglich zu halten, braucht es zuverlässige und hochleistungsfähige Funkdatenverbindungen.

Die Anforderungen an industrielle Funkkommunikation sind hoch. Doch mit echoring-basierten Netzen und jenen auf Basis

von 5G, gibt es für die Industrie mehr oder weniger kostenintensive Lösungen. Speziell für AMR und AGV sind innovative neue Produkte in Vorbereitung, die auf die besonderen Wünsche der Hersteller und Integratoren eingehen.

Florian Bonanati  
CEO  
R3 Solutions GmbH

Jan Rähm  
Head of Communications  
R3 Solutions GmbH



Fließbänder sind out. Mit mobilen Arbeits- und Transportwagen lassen sich Autos deutlich flexibler herstellen.

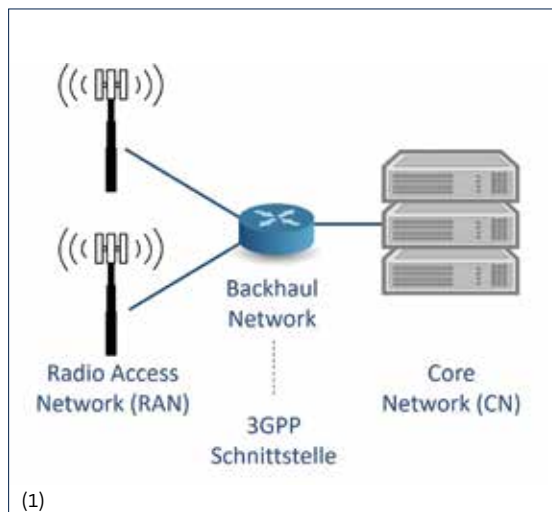
Foto: shutterstock

# 5G-Campusnetze mit Open RAN – Innovation oder Hype?

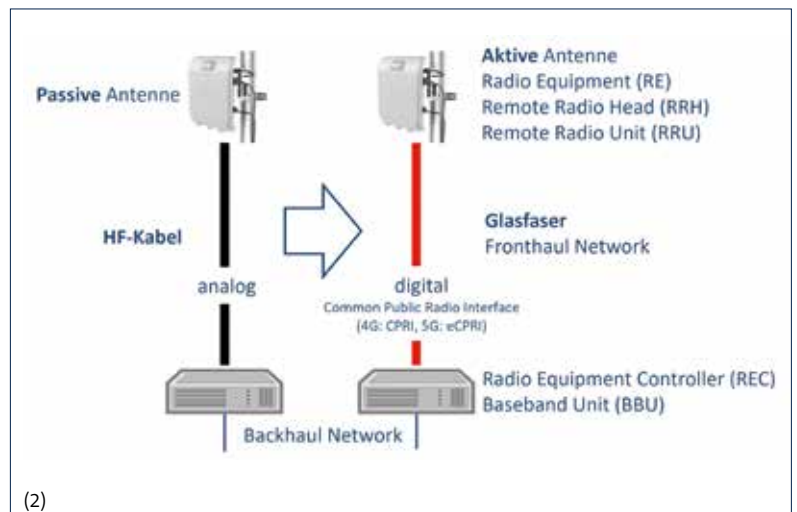
DR. TORSTEN MUSIOL

Im Kontext der öffentlichen Mobilfunknetze, aber auch im Zusammenhang mit Campusnetzen, taucht immer öfter der Begriff Open Radio Access Network – kurz Open RAN auf. Ein offenes Funkzugangnetz klingt gut. Es bietet Raum für Innovationen, fördert Interoperabilität und ermöglicht Herstellerunabhängigkeit. Doch Open RAN birgt nicht nur Vorteile.

Grafiken: MECSoftware, Pixabay



Architektur Mobilfunknetz: Die Vielzahl der RAN-Basisstationen ist durch das Backhaul Network mit dem Core Network verbunden.



Architektur Basisstation: Glasfaser ermöglicht anstelle der analogen die digitale Übertragung. Einige Modemfunktionen wurden in die Antenneneinheit verlagert.

Die Architektur der Mobilfunknetze besteht aus dem sogenannten Core Network (CN) und dem Radio Access Network (RAN), mit dem sich das User Equipment (UE) verbindet. Das Core Network enthält die Steuerungsfunktionen und ist in zentralen Rechenzentren aufgebaut. Das RAN besteht aus einer Vielzahl von Basisstationen, die mit dem Core Network durch ein digitales Datennetz, das Backhaul Network, verbunden sind (1). Dabei ist die Schnittstelle als Standard global verankert (3GPP-Schnittstelle).

Mobilfunk-Basisstationen sind komplexe Systeme, die vereinfacht gesagt durch ein Modem und eine Antenne realisiert werden. Mittels Glasfaser wurde die analoge Übertragung zwischen Modem und Antenne über verlustbehaftete HF-Kabel durch

eine digitale Übertragung abgelöst. Einige Funktionen des Modems wurden dabei in die nunmehr aktive Antenneneinheit – Radio Equipment (RE), Remote Radio Head (RRH) oder Remote Radio Unit (RRU) genannt – verlagert (2). Eine weitere Komponente wird als Radio Equipment Controller (REC) oder Baseband Unit (BBU) bezeichnet. Diese ist durch das Fronthaul Network mit der Antenne verbunden.

Jedoch ist die Fronthaul-Schnittstelle durch das Common Public Radio Interface (CPRI, eCPRI) nicht vollständig spezifiziert, sodass BBU und RRU vom selben Hersteller kommen mussten. Hier setzt das Open-RAN-Konzept an, das ursprünglich aus dem Telecom Infra Project einiger Netzbetreiber hervorgegangen ist. Durch die offene Spezifikation aller Schnittstellen soll es ver-

schiedenen Herstellern möglich werden, innovative Produkte in das Radio Access Network einzubringen. Die vor allem in der 3GPP initiierten und der O-RAN Alliance vorangetriebenen Spezifikationen des Open-RAN-Konzepts gehen allerdings noch weiter. Das als funktionale Disaggregation bezeichnete Konzept sieht eine Aufspaltung der Baseband Unit in eine Central Unit und ein oder mehrere Distributed Units vor. Diese Architektur wird im Folgenden als Split-RAN bezeichnet (3 links).

**Hohe Anforderungen, hoher Energieverbrauch**

In dieser Architektur sollen möglichst viele Funktionen des 5G RAN durch Software implementierbar sein, die auf Commercial-

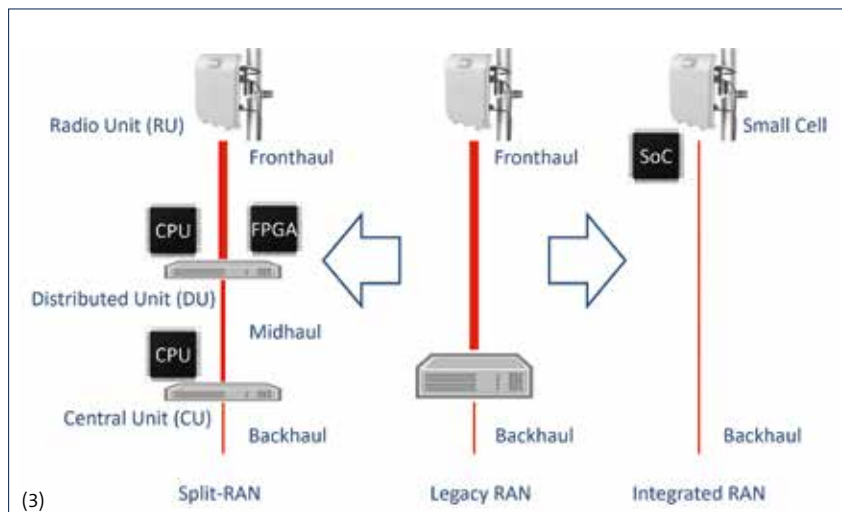
Off-The-Shelf-(COTS-)Hardware in einem Datacenter läuft. Die Idee der Software Defined Networks (SDN) ist grundsätzlich gut, bei 5G-Campusnetzen aber problematisch. Denn dem Vorteil höherer Flexibilität durch Software-Defined-Radio-(SDR-) Technologie steht insbesondere bei der Distributed Unit (DU) der Nachteil extrem hoher Anforderungen an die Performance der Serverhardware mit entsprechend hohem Energieverbrauch gegenüber. Oftmals

verteilte Installation der DU-Server außerhalb des Datacenters bringt jedoch den Nachteil mit sich, dass Skalierungseffekte verlorengehen und an weiteren Stellen geeignete Umgebungsbedingungen für Hochleistungsserver geschaffen werden müssen.

Darüber hinaus stellt die Komplexität der Split-RAN-Architektur sehr hohe Anforderungen an Hersteller, Systemintegratoren und Campusnetzbetreiber. Dies wirkt

etwa einem WLAN Access Point. Mit einem dedizierten Chipsatz, oft als System-on-Chip (SoC) implementiert, können Modem-Funktionen kostengünstiger und energiesparender realisiert werden als mit Software-basierten Server-Architekturen. Beim Integrated RAN werden die extern zugänglichen Schnittstellen auf ein Minimum reduziert, auf die sich die Maßnahmen zur Datensicherheit fokussieren können.

Zudem entfällt beim Integrated RAN das Fronthaul Network vollkommen. Die Anforderungen an das Backhaul Network, das heißt die Verbindung zwischen Integrated RAN Small Cells und dem Core Network, werden im Wesentlichen durch die benötigte Nutzdatenrate (User-Plane Throughput) bestimmt. Zum Anschluss einer Small Cell ist Gigabit Ethernet (GE) meist ausreichend. Oft besteht auch die Möglichkeit, die Small Cells über das Kupferkabel mit Spannung zu versorgen (PoE). Diese Flexibilität ist ein entscheidender Vorteil, da oftmals vorhandene LAN-Strukturen weiterverwendet werden können. Mithilfe des Precision Time Protocol (PTP – IEEE1588v2) werden Indoor Small Cells über das Backhaul Network synchronisiert. In Outdoor Small Cells sind GPS-Empfänger zur Synchronisierung integriert.



(3) Die Split-RAN-Architektur sieht die Aufspaltung der Baseband Unit in eine Central Unit und ein oder mehrere Distributed Units vor.

reichen übliche CPU-Kerne allein nicht aus und es werden zusätzlich Hardware Accelerator Boards eingesetzt, die auf Field Programmable Gate Arrays (FPGA) basieren. Damit wird der COTS-Gedanke zum Teil konterkariert und die Nachhaltigkeit des Konzepts infrage gestellt. Zudem ist das Fronthaul Network durch sehr hohe Datendurchsatz- und Synchronitätsanforderungen (Latenz und Jitter) gekennzeichnet. Eine bei Anwendern oftmals vorhandene LAN-Infrastruktur ist für die Realisierung meist nicht verwendbar. Die zusätzlichen Kosten und der nicht zu vernachlässigende Energieverbrauch des Fronthaul Networks müssen in die Gesamtbilanz einbezogen werden. Aus diesem Grund ist eine zentralisierte Installation der DU oft nicht möglich oder unwirtschaftlich. Eine

sich nicht nur auf die Gerätekosten, sondern langfristig auch auf den Betriebs- und Wartungsaufwand negativ aus. Mit der Anzahl zugänglicher Schnittstellen und der Anzahl der Technologielieferanten in einem Netz wächst außerdem das Sicherheitsrisiko.

### Integrated-RAN-Architektur

Ein vollkommen anderer Ansatz wird mit Integrated RAN Small Cells verfolgt (3 rechts). Bei der Integrated-RAN-Architektur, auch Full-Stack oder All-in-One genannt, ist die gesamte Funktionalität eines Radio Access Networks, das heißt CU, DU und RU zusammen in einem Gerät integriert. Im Vergleich mit dem bekannten WLAN-Modell entspricht eine Small Cell

### Einbindung von Split-RAN und Integrated-RAN-Architektur

Es ist fraglich, ob die vollständige Disaggregation und "Softwareisierung" des RAN eine ökonomische und nachhaltige Lösung für Campusnetze darstellt. Tatsächlich birgt das Konzept Open RAN jedoch weitere interessante Aspekte, wie die Spezifikation der Managementschnittstelle für das RAN (O1 Interface). Damit wird Herstellerunabhängigkeit – eines der Ziele von Open RAN – erreicht, wobei die Produkte in Split-RAN und auch die in der Integrated-RAN-Architektur eingeschlossen werden. ●

Dr. Torsten Musiol  
Geschäftsführer  
MECSware GmbH

# Prozesse digital verknüpfen – Produkte effizienter auf den Markt bringen

RICHARD BURKE

Fertigungsunternehmen, die Produktdesign, Beschaffung und Fertigung digital miteinander verbinden, können Leistung, Gewinn und Agilität steigern und ihre Produkte schneller auf den Markt bringen. Zudem lassen sich mithilfe dieser digitalen Verknüpfung Betriebskosten besser darstellen und Optimierungspotenziale aufzeigen. Darüber hinaus kann die digitale Fertigungsintelligenz Einblicke in potenzielle Unterbrechungen der Lieferkette geben.

Um den laufenden Veränderungen in der Fertigungsindustrie gerecht zu werden, sollte sich der Fokus auf die Digitalisierung richten. Diese bietet Unternehmen die nötige Geschwindigkeit und Flexibilität, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu optimieren. Durch die Verknüpfung verschiedener Funktionen und Pro-

zesse in Produktentwicklung, Fertigung und Lieferkette können Industrieunternehmen ihre Produkte schneller auf den Markt bringen. Die Zeitersparnis liegt dabei zwischen 20 und 40 Prozent. Die Einführung einer digital ausgerichteten Geschäftsintegration beschleunigt Design- und Fertigungskapazitäten. Bei gleichzeitiger Stärkung

der Lieferantenbeziehungen unterstützt die digitale Transformation reibungslosere Prozesse.

## Digitale Simulation verbessert Entscheidungsfindung

Nahezu alle Fertigungsindustrien kämpfen mit dem Fachkräftemangel. Die Unternehmen können diesem Mangel durch Automatisierung begegnen, insbesondere im Bereich der Produktentwicklung. In einem ersten Schritt gilt es, vorhandene Systeme zu modernisieren, um bessere Entscheidungen über den Einsatz vorhandener Arbeitskräfte für kritische Aufgaben treffen zu können, und dadurch die Unternehmensprozesse insgesamt zu optimieren. Durch die digitale Simulation von Produkten und Prozessen verbessern produzierende Unternehmen außerdem die Qualität ihrer Entscheidungen.

## Simulation in Echtzeit

Eine digitale Fabrik ist eine virtuelle Darstellung einer physischen Fabrik, die es ermöglicht, die Herstellung aktueller Designs zu simulieren und Alternativen für Design, Fertigungsprozesse, Beschaffung und vieles mehr zu bewerten. Da Simulationen nahezu in Echtzeit durchgeführt werden können, ergeben sich zahlreiche Vorteile, ohne Arbeitsläufe oder bevorstehende Innovationen zu verlangsamen. Optimalerweise nutzt die Software der digitalen Fabrik die in einem 3D-CAD-Model (digitaler Zwilling) erfassten intelligenten Merkmale,

Simulationstools zeigen Konstruktionsalternativen auf, die Produktionskosten senken können.

Bilder: aPrio/5WC



einschließlich Geometrie, Eigenschaften, Toleranzen, Oberflächenbeschaffenheit, Materialien, Gewicht und Größe.

### Schneller Bewertung von Konzepten

Die Simulationssoftware ermöglicht es Konstruktionsingenieurinnen und -ingenieuren sowie den Beschaffungsteams, Konzepte zu einem viel früheren Zeitpunkt in der Produktentwicklung zu bewerten als es bisher möglich war. Auf diese Weise können Probleme bei der Herstellung schnell identifiziert werden – idealerweise lange bevor das Design zur Angebotsabgabe an die Zulieferer geschickt wird.

Außerdem hilft die Simulationssoftware dabei, Kostenvariationen über mehrere Regionen und Fertigungsstätten hinweg zu vergleichen, um die wirtschaftlichsten Alternativen zu finden. Die Nutzung von Kostenmanagement-Software als Teil einer digitalen Fertigung ermöglicht es Anwendern zudem, Prozesse effizienter zu gestalten.

Die erfolgreiche Herstellung von Produkten hängt vom Einfluss vieler Variablen ab, zum Beispiel von den eingesetzten Materialien oder den Produktionsprozessen einschließlich der Heiz- oder Kühlzeiten sowie den Durchsatzgeschwindigkeiten. Um diese Komplexität zu bewältigen, vergleichen Simulationstools für Design for Manufacturability (DFM) Konstruktionsalternativen. Ziel dabei ist es, die Produktionskosten zu senken oder Konstruktionsmerkmale zu ermitteln, die möglicherweise eine zusätzliche Fertigung erfordern, und sicherzustellen, dass in späteren Konstruktionsphasen keine Fertigungsprobleme auftreten. Ohne ein robustes DFM-Simulationstool werden Probleme bei der Herstellung wahrscheinlich erst in der Fertigung und nicht bereits in der Designphase in Erscheinung treten.



Die Simulationssoftware hilft dabei, Produktionsprozesse effizienter zu gestalten.



Mithilfe der Simulation können Hersteller Produkte schneller auf den Markt bringen.

### DFM-Simulation steigert Flexibilität und Reaktionsgeschwindigkeit

Wenn ein digitales Fertigungsmodell Optimierungsmöglichkeiten aufzeigt, gewinnt das produzierende Unternehmen an Flexibilität. Es kann gezielter reagieren, sei es durch die Beschaffung bei einem Drittanbieter oder durch die Investition in neue Maschinen in der Fertigung. Durch den Einsatz der richtigen Simulationssoftware für die Fertigung, können Konstruktionsingenieurinnen und -ingenieure ermitteln, welche Maschinen für die Herstellung eines bestimmten Designs erforderlich sind. Dabei können sie auch detaillierte Anforderungen an die Zykluszeit für jeden Teil des

Prozesses ermitteln, um zeitnah festzustellen, wie viele Maschinen ein Zulieferer benötigt, um die Produktmengen zu produzieren.

Die Intelligenz der Simulationssoftware ist dabei von entscheidender Bedeutung, insbesondere wenn Unternehmen auf eine Unterbrechung der Lieferkette reagieren müssen. Letztlich hilft der Einsatz digitaler Simulationssoftware dabei, die Effizienz von Drittanbietern zu maximieren und den Angebotsprozess zu rationalisieren. ●

Richard Burke  
aPriori Technologies

---

# Impressum

## Herausgeber und Verlag

VDMA Services GmbH  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main  
www.vdma-verlag.com

## Geschäftsführung

Holger Breiderhoff, Sven Laux,  
Dr. Ralph Wiechers

## Anzeigenleitung/Projektleitung

Robert Hruby  
robert.hruby@vdma.org

## Redaktion

Antje Stohl  
Telefon +49 173 6566991  
a.stohl@frankfurt-pr.de

## Anzeigen

Verlagsvertretung  
Baden-Württemberg und Hessen  
Armin Schaum  
Telefon +49 69 95408775  
verlagsbuero.schaum@t-online.de

Verlagsvertretung  
Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen  
Gabriele Schneider  
Telefon +49 5206 91500  
g.schneider@gs-media-service.de

## Druckauflage

6500 Exemplare

## Titelbild

Fotografiert von Manfred Zimmermann,  
Euromediahouse

## Quelle Seite 3

Mordor Intelligence, whoswho, statista  
Bilder: Grafissimo/iStock, Mario Breda/  
shutterstock

## Editorial

Bild: Schneider Electric Automation  
GmbH

## Layout und Design

VDMA Services GmbH

## Produktion

designtes, Frankfurt am Main

## Druck

Druck- und Verlagshaus Zarbock  
GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main

## Copyright

Veröffentlichungen in jeder Form, auch  
auszugsweise, nur mit Genehmigung der  
VDMA Services GmbH und unter ausführ-  
licher Quellenangabe gestattet.

## Hinweis

Gezeichnete Artikel geben nicht unbedingt  
die Meinung des Herausgebers wieder.  
Für unverlangt eingesandte Manuskripte  
haftet die VDMA Services GmbH nicht.

ISSN 2366-777X

DAS NETZWERK  
FÜR  
INTELLIGENTE  
PRODUKTION

[www.future-manufacturing.eu](http://www.future-manufacturing.eu)

# Alles für die Zerspanung.

Mit unserem breiten Serviceportfolio sind wir Ihr unschlagbarer Partner.  
Das ist GENAU UNSER DING.

[www.genau-unser-ding.de](http://www.genau-unser-ding.de)

A photograph of three men in a workshop. The man in the center, wearing a white shirt with the CERATIZIT logo, is focused on adjusting a small metal component on a workbench. He is flanked by two other men in dark blue shirts, one on the left and one on the right, both looking on attentively. The background shows industrial machinery and a clean, well-lit environment. A large red graphic element is overlaid on the bottom left of the image.

**GENAU  
UNSER  
DING**

**DIE Zerspanungslösung**

CERATIZIT ist eine Hightech-Engineering-Gruppe,  
spezialisiert auf Zerspanungswerkzeuge und  
Hartstofflösungen.

**Tooling the Future**

[ceratizit.com](http://ceratizit.com)



**CERATIZIT**  
GROUP