

MURRELEKTRONIK

Industrial Radio Day Dresden, 2022-09-23



stay connected



INDUSTRIELLE KOMMUNIKATION UND FUNKSTANDARDS

Peter Lintfert; Wolfgang Wiedemann

<https://www.linkedin.com/in/peter-lintfert-b65b32184/>

<https://www.linkedin.com/in/wolfgang-wiedemann-0725a573/>



stay connected



Use Cases

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

- Spezial- und Sonderapplikationen in der Automation und Logistik erfordern drahtlose Lösungen:



DYNAMIK APPLICATIONS

- Robot-Arms
- Transport-Systems



FIX APPLICATIONS

- Harsh surroundings
- Supervision-Systems
- Retrofit



MOBILE APPLICATIONS

- Decentralized tooling
- Remote control
- Autonomous vehicles

- Bis heute gibt es kein einheitlich geeignetes Funksystem als resiliente wirtschaftliche Lösung.
- Das Problem der Stromversorgung könnte heute durch dezentrale industrielle Stromversorgungen und induktive Kopplungen gelöst werden.
- Murrelektronik als Lösungsanbieter für Automatisierungsanwendungen gibt einen aktuellen Überblick aus Sicht des Maschinenbauers.

Use Cases

DESIGN UNLIMITING



Arbeiten, die das Design einer Maschine aufgrund spezieller Kabelkanäle und / oder Kabelschlitze einschränken, um Sensoren und Aktoren anzuschließen. Mit dem Einsatz von Funksystemen sind völlig neue Designs möglich, da es keine Einschränkungen in Bezug auf mechanische Konstruktionen gibt.



Use Cases

- Case 1: Freefall Tower, Distanz 50m, Profisafe, 12 IO-Devices auf dem Tower



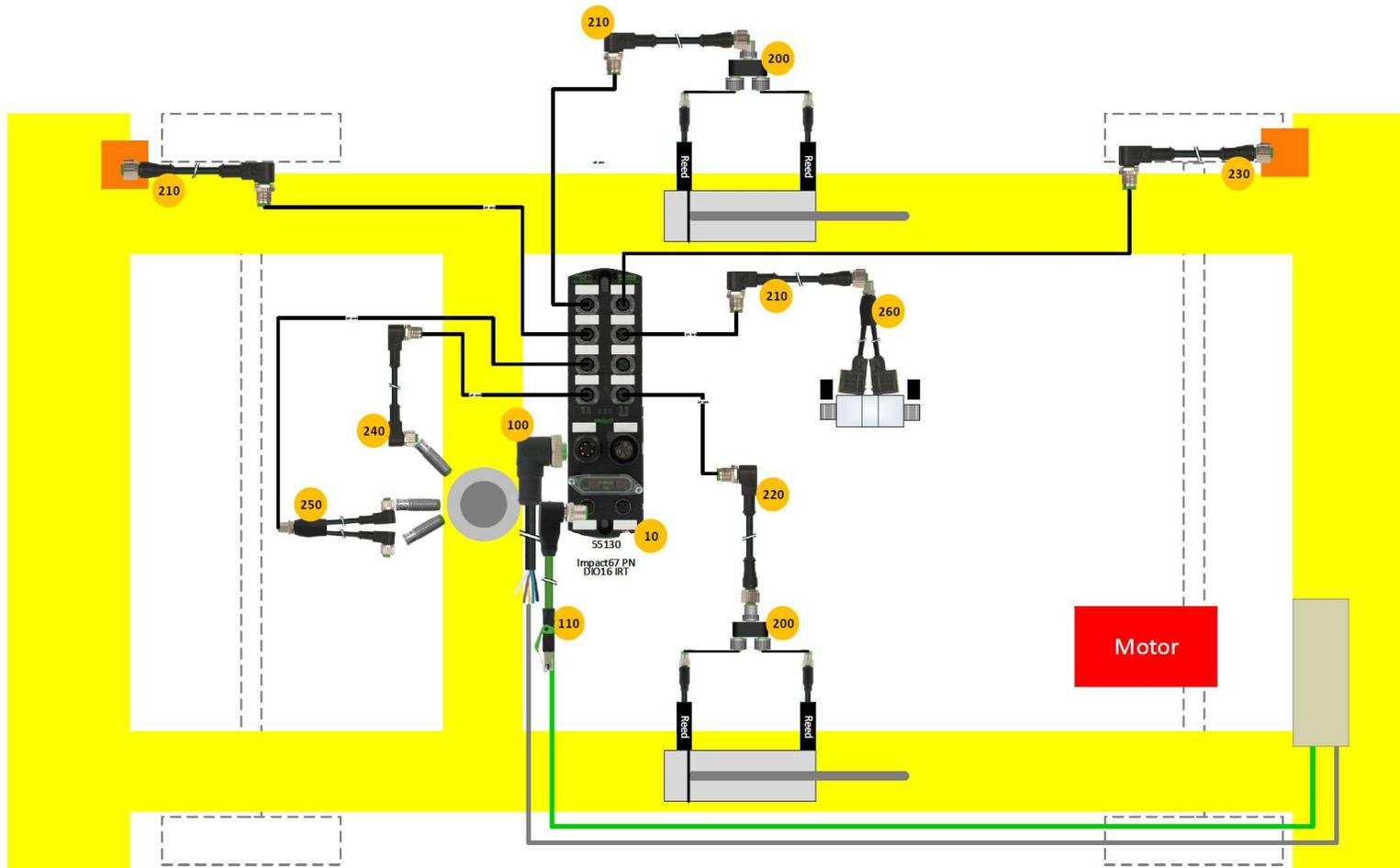
Sichere Übertragung von Sicherheitssignalen mittels „WLAN“

Anforderung an die Fa. Murrelektronik:

- Im folgenden wird beschrieben, wie ein FTS (Fahrerloses Transportsystem) Werkstücke an ein BAZ (Bearbeitungszentrum) anliefert und abholt.
- Das Hauptproblem ist, dass bei unserem Maschinenkonzept die Maschine betreten werden kann. Es muss daher verhindert werden, dass zu keinem Zeitpunkt eine Person den Arbeitsbereich der Maschine betreten kann. Durch die automatische Beladung könnte es dazu kommen, dass die Tür schließt und der Bearbeitungsprozess gestartet wird obwohl sich eine Person im Arbeitsraum befindet.
- Durch die FTS-Anbindung entstehen gemeinsame Sicherheitsbereiche welche hinsichtlich der Personensicherheit bewertet werden müssen.
- Aus Sicht dieser Sicht ist dazu ein Austausch von sicheren 2-kanaligen Signalen zwischen FTS und BAZ notwendig und erfordert eine sichere „WLAN“-Übertragung von I/O-Signalen. Gibt es eine Lösung?

Use Cases

- Case 2: AGV Powerversorgung über den Boden Induktiv oder Batterie



Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Industrielle Feldbusse

In Zukunft werden für eine flexible Industrie 4.0-Produktion Funklösungen eine Rolle spielen.

Funklösungen reduzieren aufwändige Verkabelung und ein Access Point kann mehrere kostspielige Switches ersetzen. Allerdings sind die Anforderungen an Latenz, Zuverlässigkeit, Reichweite, Fehlertoleranz, Sicherheit sehr hoch.

Heute sind die Ethernet basierenden Feldbusse **PROFINET®**, **EtherNet/IP** und **EtherCAT®** weltweit führend bei Neuinstallationen in der Fabrikautomation und Logistik.

Dazu gehören die für Personenschutz notwendigen ethernetbasierenden Safety Feldbusse: **PROFIsafe**, **CIP Safety™**, **Safety over EtherCAT®**.

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Neue deterministische Feldbus Protokolle

TSN Time Sensitive Network ist seit 2017 in Entwicklung als Layer2 für PROFINET Version 4.0 und EtherNet/IP. Es gibt bis heute noch keine verfügbaren Produkte für eine durchgängige Maschineninstallation.

Ebenfalls wird OPC UA (Controller zu Controller) über TSN seit 2022 als Produkt angeboten (B&R member of ABB group).

Im japanischen Raum ist **CC-Link IE TSN** bereits im Betrieb.

Momentan sind alle auf TSN basierenden Produkte Insellösungen von jeweils einem Hersteller. Die Konfiguration eines TSN Switches ist sehr komplex und herstellerspezifisch. Das verhindert den einfachen Gebrauch und die Verbreitung von TSN. (Großkunden bevorzugen Standardlösungen, um nicht von einem Hersteller abhängig zu werden)

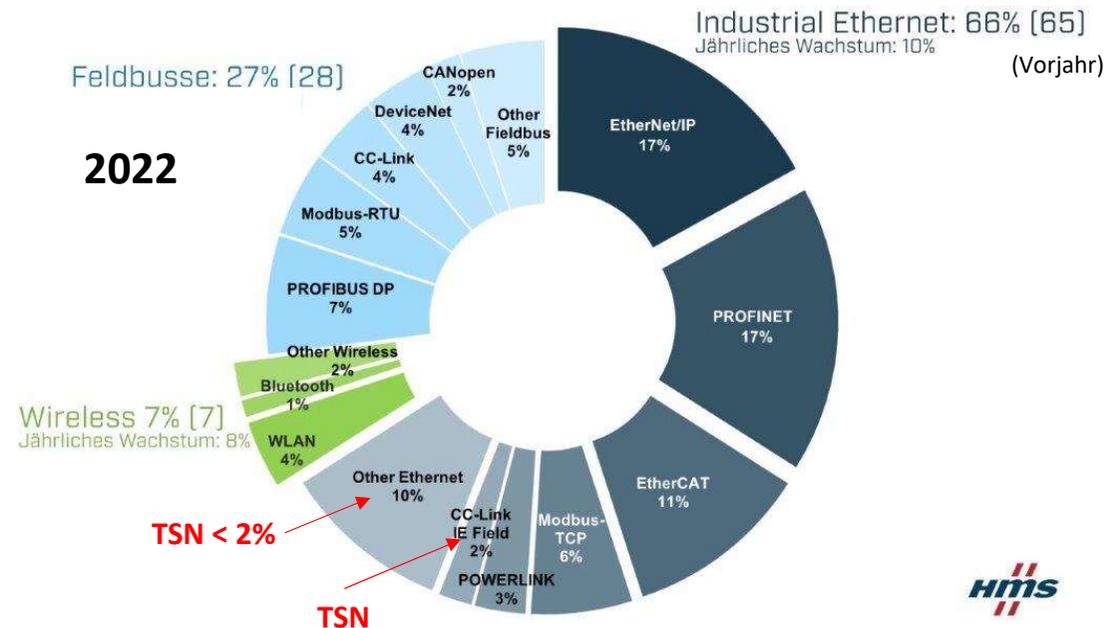
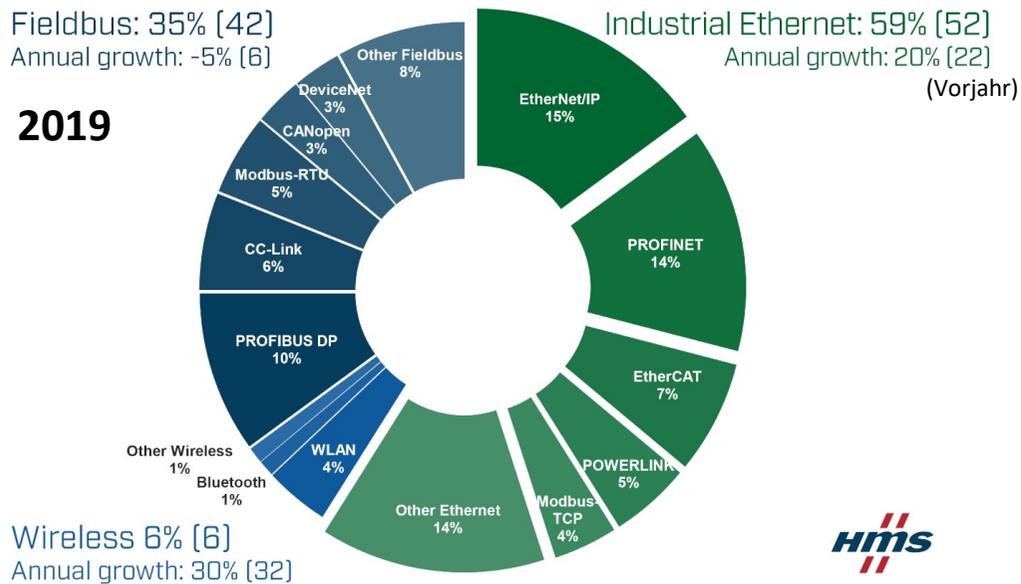
Zeitgleich wächst momentan der Marktanteil für das deterministische EtherCAT Protokoll mit minimalsten Zykluszeiten für viele Teilnehmer überproportional an. EtherCAT ermöglicht zudem eine mindestens 10-fach kleinere Zykluszeit in einer Anlage als eine auf TSN basierende Lösung.

Es ist davon auszugehen das die weltweit führenden Standard Protokolle **PROFINET®**, **EtherNet/IP** und **EtherCAT®** mindestens bis 2030 am weitesten bei Neuinstallation verbreitet bleiben.

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Relevante industrielle Feldbusprotokolle basierend auf Ethernet oder TSN (Layer2)

- Die klassischen seriellen Feldbusse sind anteilmäßig auf dem Rückzug. Neue Installationen basieren heute zumeist auf dem Ethernet Standard.
- Weltmarktanteil des industriellen Ethernet war 2018 52% und ist heute 2022 66%.
- Powerlink wird nicht mehr erweitert. B&R wurde von 2017 ABB übernommen und entwickelt eine OPC UA Field Level Kommunikation über TSN Produkte Controller to Controller gibt es bereits auf dem Markt. Die Mehrzahl der Produkte Controller to Device sind in Entwicklung.
- Wireless Netzwerke wachsen moderat, der Markt wartet noch auf die Einführung von 5G und die Auswirkungen von 5G in der Fabrikautomation.



https://www.smart-production.de/open-automation/_news-detailansicht/nsctrl/detail/News/hms-marktanteile-industrieller-netzwerke-2022

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

„Funktechnologien 4-0“ VDE Positionspapier

- Maschinen organisieren sich selbst, Lieferketten stellen sich automatisch zusammen, Aufträge münden direkt in den Produktionsprozess, Flugdrohnen, digitale Zwillinge und mobile Assistenzsysteme erleichtern den Alltag: Diese Vision von der digitalen Vernetzung der Industrie und Wertschöpfungsketten rückt in greifbare Nähe. Eine Schlüsselrolle für die hochdynamische und flexible Industrie 4.0-Produktion spielen Funklösungen. Sie reduzieren aufwändige Verkabelung, ermöglichen flexible Kommunikationsansätze und helfen dabei, neue Anwendungsfelder zu erschließen. **Allerdings sind die Anforderungen an Latenz, Zuverlässigkeit, Reichweite, Fehlertoleranz, Sicherheit und Möglichkeiten zur Lokalisierung so hoch, dass sie mit derzeit verfügbaren Funktechnologien für eine Vielzahl der zu adressierenden industriellen Anwendungsszenarien nicht erfüllt werden können, warnt der VDE in seinem neuen Positionspapier „Funktechnologien für Industrie 4.0“ 2017.**

<https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/funktechnologien-industrie-4-0>



Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Latenzen in der industriellen Welt

	Diagnose & Wartung		Diskrete Fertigung		Lager und Logistik			Prozess-automatisierung	Augmented Reality	Funktionale Sicherheit
	Generell	Condition Monitoring	Generell	Motion Control	Generell	AGV	Kran-szenario			
Latenz (Sensor zu Controller zu Aktor)	> 20ms	100ms	1 ms – 12 ms	250 µs – 1 ms	> 50 ms	15 ms – 20 ms	15 ms – 20 ms	50 ms – Xs	10 ms	10 ms
Zuverlässigkeit (i.S. „erfolgreich“ innerh. der Latenzanf.)	$1 - 10^{-4}$	$1 - 10^{-5}$	$1 - 10^{-9}$	$1 - 10^{-9}$	$> 1 - 10^{-2}$	$> 1 - 10^{-6}$	$> 1 - 10^{-6}$	$1 - 10^{-5}$	$1 - 10^{-5}$	$1 - 10^{-9}$
Datenrate	kbit/s – Mbit/s	kbit/s	kbit/s – Mbit/s	kbit/s – Mbit/s	kbit/s – Mbit/s	kbit/s – Mbit/s	kbit/s – Mbit/s	kbit/s	Mbit/s – Gbit/s	kbit/s
Paketgrößen	> 200 Byte	1 – 50 Byte	20 – 50 Byte	20 – 50 Byte	< 300 Byte	< 300 Byte	< 300 Byte	< 80 Byte	> 200 Byte	< 20 Byte
Reichweiten (zw. komm. Geräten)	< 100 m	100 m – 1 km	< 100 m	< 50 m	< 200 m	~ 2 m	< 100 m	100 m – 1 km	< 100 m	< 30 m
Bewegungsgeschwindigkeit	0 m/s	< 10 m/s	< 10 m/s	< 10 m/s	< 40 m/s	< 10 m/s	< 5 m/s	Generell keine, sonst < 10 m/s	< 3 m/s	< 10 m/s
Zeitkritische Mobilitätsunterstützung	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	ja
Gerätedichte	0,33 – 3 m ⁻²	10 – 20 m ⁻²	0,33 – 3 m ⁻²	< 5 m ⁻²	~ 0,1 m ⁻²	~ 0,1 m ⁻²	~ 0,1 m ⁻²	10.000 / Fabrik	> 0,03 – 0,02 m ⁻²	> 0,03 – 0,02 m ⁻²
Energieeffizienz	n/a	10 Jahre	n/a	n/a	n/a	< 8h	n/a	10 Jahre	1 Tag	n/a
Lokalisierungs-genauigkeit	< 50 cm	< 50 cm	n/a	n/a	< 1 cm	< 5 cm	< 10 cm	< 50 cm	n/a	< 50 cm

Tabelle II-1: Selektierte industrielle Anwendungen und ihre Anforderungen. Diese Tabelle ist das Ergebnis aus einer Reihe von Publikationen [II-1, II-2, II-4, II-5, II-6, II-7, II-9] und den BMBF geförderten ZDKI Projekten [III-18].

„VDE Positionspapier 2017 „Funktechnologien für Industrie 4.0“

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Bewertung verfügbarer Technologien VDE 2017

	Diagnose & Wartung		Diskrete Fertigung		Lager und Logistik			Prozess- automatisierung	Augmen- ted Reality	Funktio- nale Sicher- heit
	Generell	Condi- tion Monito- ring	Generell	Motion Control	Generell	AGV	Kran- szenario			
802.11 (WLAN, IWLAN)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
802.15.1 (Bluetooth, WISA)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
802.15.4 (Zigbee, ISA100.11a, Wireless- HART)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
LPWAN (LoRa, Sigfox, NB-IoT)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2G (GSM)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3G (UMTS)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4G (LTE R.13)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

- Anforderungen können nicht erfüllt werden
- Anforderungen können je nach Anwendungsfall erfüllt werden
- Anforderungen können erfüllt werden

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Bewertung verfügbarer Technologien 2022 (Murrelektronik)

Gegenwärtig (2022)										
	Diagnose & Wartung		Diskrete Fertigung		Lager und Logistik			Prozess- automa- tisierung	Augmen- ted Reality	Funktio- nale Sicher- heit
	Generell	Condition Monitoring	Generell	Motion Control	Generell	AGV/FTS	Kran- szenario			
5G (Rel. 15) / wie bei 4G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
VXLAN 5G Siemens	●	●	● (●)	●	●	●	●	●	●	● (●)
iWlan (Siemens)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
IO-Link Wireless	●	●	● (●)	●	●	●	●	●	●	●

- Im heute (2022) verfügbaren 5G Netz mit Release 15 hat sich die Latenzzeit in Bezug auf 4G nicht wesentlich verbessert. (> 10ms Layer II)
- VXLAN 5G Siemens (Erst-Präsentation SPS November 2021)
PROFINET Router (5G R.15) der die PROFINET Prozessdaten von Layer II auf Layer III mapped und dann über Funk überträgt. Für PROFINET (PROFIsafe) Zyklen ≥ 64 ms ist das für die diskrete Fertigung geeignet. Serienprodukte (Router, SPS, PN Devices) ab Mitte 2023.
- iWLAN Siemens
Wifi mit drei zusätzlichen Funktionen für zyklische Abfrage, kontinuierliche Suche nach anderen AP für schnelle Handover (<50ms) und parallele Redundanz Kontrolle. Primär für Lager und Logistik, FTS und Kräne konzipiert. Auch Funktionale Sicherheit. In der diskreten Fertigung nur geeignet da Zykluszeiten > 128ms.
- IO-Link Wireless
IO-Link Verbindung über Bluetooth (2,4GHz) Pro Zelle maximal 120 Teilnehmer. 3 Master á 40 Devices. Sehr geringe Fehlerrate (Bitfehlerrate von 10-9), welches einer festen Drahtverbindung entspricht. Für Prozessdaten mit 2Byte feste Zykluszeit 5ms. Distanz 10m.

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Was fehlt

Es fehlt ein genereller Ansatz für eine Funklösung, die das Kabel 1:1 in der Fabrikautomation und Logistik ersetzt.

- Pakete mit Latenzzeiten von 1ms müssen resilient ($1-10^{-9}$) neben den anderen Datenverkehr übertragen werden. Am meisten installiert werden heute PROFINET und Ethernet/IP auf Basis von Ethernet und EtherCAT.
- Im Wifi – Bereich muss die Upstream Kapazität erhöht bzw. skalierbar werden.
 - IEEE 802.1Qbv TSN – Wifi7 mit TSN **geeignet für Feldbusse auf TSN Basis?**
- 5G Rel. 16 **mit TSN** und Feldbusfähig (1ms Latenzzeit – Voraussage)
 - PROFINET over TSN **(x ms Latenzzeit ?)**
 - Ethernet/IP over TSN **(x ms Latenzzeit?)**
 - OPC UA FLC (Field Level Communication) über TSN **(x ms Latenzzeit?)**
- EtherCAT-Master-Slave-Kommunikation kann heute schon via TSN („getunnelt“) betrieben werden. Wie sieht hier dann die Latenz dann bei 5G Rel. 16 aus **?**
- Überlegungen zu klassischer EtherCAT Kommunikation über Funk fehlen

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Projekt Murrelektronik mit TU Dresden



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**



**INDUSTRIAL
RADIO LAB**
Germany

Projekt Murrelektronik mit der TU Dresden

Aspekte der Resilienz für drahtlose Kommunikation in der Industrieautomation

- Definition relevanter Netzwerktechnologien und Use Cases
- Untersuchung und Bewertung der Feldbusdaten auf Layer II in realen Anlagen (PN & EC)
- Auswahl geeigneter Technologien (wie z.B. OFDMA) für den Funk
- Neue Ansätze im Funk für die Resilienz
- Neue Ansätze für die Aufteilung der Daten
- Simulation und Erstellung eines Laborversuchs

Industrielle Kommunikation und Funkstandards

Betrachtung der Feldbusse im Projekt

PROFINET

- Conformance Class A (CC-A) Geräte können im WLAN eingesetzt werden. Jedoch sehr geringe Resilienz und lange Zykluszeiten.
- 4G / 5G Rel. 15 Nur PROFINET RT Anwendungen (CC-A/CC-B) werden unterstützt (Zykluszeiten ≥ 64 ms mit Siemens VXLAN / Produkte verfügbar erst ab 2023)
- PROFINET CC-D (TSN) kann in Zukunft davon profitieren, das in Wifi 7 und 5G Release 16 TSN unterstützt wird.

EtherCAT

- Für die drahtlose Kommunikation kann nur das EtherCAT-Automatisierungsprotokoll (EAP) verwendet werden
- EAP gilt nur für Master-to-Master-Kommunikation
- Das spezielle Ring-Datagramm-Propagationsschema zu den EC – Clients ist bei einer drahtlosen Verbindung in dem Access Point schwer zu implementieren