

Positionspapier

5G im industriellen Einsatz

November 2016

Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

5G – neue Möglichkeiten für Industrie 4.0 und IoT

In Industrie 4.0 und im Internet der Dinge (englisch: Internet of Things (IoT)) scheint jegliche Information augenblicklich und überall verfügbar zu sein; im Sinne der Kommunikation ist alles mit allem „verbunden“. Neben leitungsgebundenen Kommunikationssystemen via Kupferkabel oder Lichtwellenleiter schlagen drahtlos verbundene Systeme zunehmend die Brücke zu agilen und dynamisch beweglichen Akteuren. 5G, die fünfte Generation des Mobilfunks, soll die technische Antwort auf die Anforderung zunehmender Mobilität sein. Wie Industrie 4.0 und IoT wird 5G nicht nur Veränderungen in der Technologie bewirken, sondern

auch in den Prozessen und Geschäftsmodellen der Betreiber und Zulieferer von Industrieanlagen. Gleichzeitig müssen industrielle Standards aufrechterhalten und die Betreiber und Zulieferer ihrer Verantwortung in den Geschäftsprozessen gerecht werden. Dies beinhaltet auch die Verantwortung für die „Total Cost of Ownership“, also für die Investition in Installation und Betrieb von Maschinen und Anlagen, die im Verbund mit 5G weltweit standardisierte Garantien bezüglich Verfügbarkeit, Bandbreite und Kommunikationsqualität (QoS, Quality of Service) mit einschließen.

Status quo – Wireless-Kommunikation im industriellen Umfeld heute

Wireless-Kommunikation im industriellen Einsatz hängt heutzutage von verschiedenen Faktoren ab:

- von der verwendeten Technologie des Einsatzfalls (Use Case)
- von den Randbedingungen der Use Cases: Reichweite, Datenaufkommen, Reaktionszeiten, Determinismus, Energiebedarf u. a.
- von der Zusicherung dieser Eigenschaften (Verfügbarkeit, Planbarkeit etc.)

Die Vorgängertechnologien von 5G (2G bis 4G) werden meist nicht in der eigentlichen Industrieanwendung eingesetzt, sondern in ihrem Umfeld. Zuverlässigkeit und berechenbare Latenz, also deterministisches Verhalten, lassen sich heute fast ausschließlich nur mit „privaten“ Funknetzwerken bzw. kontaktbehafteten Netzwerken realisieren. Dabei ist die Funktechnologie ein wichtiger, aber für den jeweiligen Einsatz nicht allein entscheidender Aspekt.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen eine Übersicht wesentlicher Eigenschaften industrieller Infrastrukturen für den Wide Area Network (WAN) und Backhaul Bereich (Tabelle 1) sowie den Bereich der Local Area Network (LAN) (Tabelle2).

Industrielle Infrastrukturen im WAN und Backhaul.

Typische Branchen: Energie, Wasser & Abwasser, Gas, Verkehr, Intralogistik

Technologie	Öffentliche 2G und 3G	Private Funktechnik, WiMax
Anwendung	Sprachkommunikation, Office, M2M	Steuerung, Monitoring, M2M
Anforderungen und Wirtschaftlichkeit	→ Günstige Kosten durch Kostenteilung → Große geografische Abdeckung → Laufende Kosten durch Provider (Miete der Infrastruktur)	Private Netze auf regulierten und ISM-Bändern: → Hohe Anforderung bezüglich Zuverlässigkeit und Latenz → Invest für eigene Infrastruktur
Technische Eigenschaften	+ Frontend: große bis mittlere Strukturen + Internet-Integration – Hoher Jitter durch schwankende Netzbelastung – Komplexe Infrastruktur und Backbone	+ Hohe Zuverlässigkeit + Berechenbare Latenzzeiten + Anbindung von Netzsegmenten bis zu I/Os – Steigende Interferenzprobleme im ISM-Bereich
Hersteller von Kommunikationskomponenten und -systemen	Infrastruktur: Telekommunikationsausrüster Endgeräte: • M2M-Kommunikationsausrüster • Telekommunikationsausrüster • Industrierausrüster	Infrastruktur: Industrierausrüster Endgeräte: Industrierausrüster
Erbringung von Services	• Mobilfunk-Netzwerkbetreiber • MNO (M2M Mobile Network Operator)	• Anlagenbetreiber • Infrastrukturbetreiber (z. B. Stadtwerke) • Interne IT-Dienstleister

Industrielle Infrastrukturen im LAN.

Typische Branchen: Fabrikfertigung und Prozessindustrie

Technologie	Öffentliche 2G und 3G	Private Funktechnik IWLAN, WSA
Anwendung	Monitoring (M2M-Instandhaltung)	Industrielle Steuerung, Monitoring, Identifizieren
Anforderungen und Wirtschaftlichkeit	Öffentliche Mobilfunknetze: → Einfache Anbindung von Maschinen und Anlagen an die Hersteller	Private Netze überwiegend auf ISM-Bändern: → Hohe Anforderung bezüglich Zuverlässigkeit und Latenz
Technische Eigenschaften	+ Frontend: große bis mittlere Zellen + Internet-Integration – Hoher Jitter durch schwankende Netzbelastung – Komplexes Backbone (ATM) der Frontends – Zu langsam und nicht zuverlässig genug, Maschinen im Produktionsprozess zu steuern	+ Mittlere bis kleine Zellenstrukturen + Hohe Zuverlässigkeit durch Redundanz erreichbar + Berechenbare Latenzzeiten + Anbindung von Netzsegmenten bis zu I/Os – Steigende Interferenzprobleme im ISM-Bereich
Hersteller von Kommunikationskomponenten und -systemen	Infrastruktur: Telekommunikationsausrüster Endgeräte: • M2M-Kommunikationsausrüster • Telekommunikationsausrüster • Automatisierungsausrüster	Infrastruktur: Automatisierungsausrüster Endgeräte: Automatisierungsausrüster
Erbringung von Services	• Mobilfunk-Netzwerkbetreiber • MNO (M2M Mobile Network Operator)	• Anlagenbetreiber • Interne IT-Dienstleister

Größte Herausforderung für Provider derzeit: ausreichende Bandbreite

2G bis 4G werden heute in öffentlichen Funknetzen durch Telekommunikationsprovider angeboten und betrieben. Das heißt aber auch, dass die Zuverlässigkeit und Kommunikationsqualität (QoS – Quality of Service) im Wesentlichen vom Provider und dessen Backbone(-Netzwerk) bestimmt werden. Die größte Herausforderung für Provider besteht derzeit darin, genügend Bandbreite am Frontend ihrer Netzwerke mit einem moderaten QoS für alle Netzwerkteilnehmer (Clients) bereitzustellen.

Gesetzliche Rahmenbedingungen: schon heute wesentlicher Einflussfaktor

Sollen vorhandene technische Möglichkeiten genutzt werden, um bestimmten Teilnehmern eine bessere Kommunikationsqualität bereitzustellen, müssen in regulierten

Bereichen auch gesetzliche Rahmenbedingungen beachtet werden. Diese können ein bevorzugtes Verhalten einschränken (z. B. in Deutschland die „Netzneutralität“) oder technische Vorgaben diversifizieren (z. B. länderspezifische Funkanforderungen versus international eingesetzte Produkte). Die Kosten für länderspezifische Funktionalitäten bei Produktbereitstellung und Einsatz können sich damit erhöhen.

Die Funktechnologie bestimmt nur zu einem gewissen Teil die Qualität und Leistungsfähigkeit öffentlicher Funknetze. Größeren Einfluss haben regulatorische Randbedingungen und Betreibermodelle.

Private Funktechnologien sind heute im industriellen Umfeld für Anlagenbetreiber und Zulieferer die einzige Möglichkeit, Use-Case-abhängig industrielle Kommunikationsqualität bereitzustellen.

Wireless-Kommunikation in Industrie 4.0 und IoT – Anforderungen an die 5G-Technologie

Der Mobilfunkstandard 5G will viele Anforderungen aus der Vergangenheit sowie neue aus dem Industrie-4.0-Umfeld aufnehmen. Kleinere Netzwerkzellen und -strukturen, durchgehende IP-Kommunikation, gestufte Security-Architekturen und ein Sensornetzwerk mit großer Reichweite und geringem Energiebedarf im Client sollen möglich werden.

Erweitertes Anwendungsspektrum

Das Anwendungsspektrum soll zukünftig nicht nur Sprache und Internet abdecken, sondern u. a. auch Steuerungsaufgaben, videobasiertes Remote Control, Sensor-Monitoring und Wartung. Lokale Mobilfunknetze, vergleichbar mit WLAN-Installationen, sollen möglich sein. Ob diese aufgrund der verwendeten Frequenzen an einen Mobilfunkprovider gebun-

den sind, wird in der Diskussion nicht immer transparent, ist aber ein systemkritischer Punkt, wenn über ihre Verwendung entschieden werden muss.

Performance-Garantien

Die Hersteller von Mobilfunkchips liefern immer einfacher handhabbare und hochintegrierte Chips, vor allem um die Anforderungen der Mobilfunkprovider zu erfüllen. Der stärkste Treiber der Technologie ist hier weiterhin die Forderung nach einer höheren Bandbreite und Teilnehmeranzahl. Auch in Industrieapplikationen steigen die Teilnehmerzahlen, und der Bandbreitenbedarf erhöht sich stetig.

Lokale Zellen sollen hier Abhilfe schaffen und die derzeit privat organisierten lokalen

Netzwerke abbilden. Voraussetzung dazu ist die Verfügbarkeit von Mobilfunkchips, die deterministische Reaktionszeiten für Industrieanwendungen unterstützen (Anforderungen aus Time-Sensitive Networking (TSN), Echtzeit-Ethernet etc.) und weiterhin auch providerunabhängig orchestrierbar sind. Eine IP-Kommunikation, die keine garantierten Verfügbarkeiten, Bandbreiten und kein deterministisches Zeitverhalten (QoS, Quality of Service) unterstützt, würde den Handlungsspielraum für die Hersteller und Anwender von Automatisierungsgeräten und -anlagen stark einschränken.

Eine nicht nach Spezifikation funktionierende Kommunikation führt im Produktionsumfeld in der Regel zu wirtschaftlichen Schäden. Daher muss das Verständnis für QoS-bezogene Verträge (SLA) mit Blick auf das internationale Geschäft der Industrie weltweit einheitlich sein. Für typische Industrieanwendungen müssen einheitlich standardisierte Verträge international sofort und ohne langwierige SLA-Verhandlungen verfügbar sein. Dabei ist es nur bedingt hilfreich, wenn einzelne Provider global mit gleichem SLA vertreten sind, da Industriekunden in vielen Fällen an einen anderen lokalen Provider gebunden sind.

Die vertraglich in SLAs zugestandenen Garantien für die Kommunikationsqualität ergeben nur dann Sinn, wenn der Anwender oder unabhängige Dritte jederzeit überprüfen kann, ob diese Garantien eingehalten werden. Dazu sind standardisierte und unabhängige Schnittstellen über internationale Netzwerkgrenzen hinweg notwendig. Diese sollen es dem Anwender ermöglichen, eine Nichteinhaltung der Garantien und den dafür Verantwortlichen klar zu erkennen sowie damit zusammenhängende Fehler beheben zu lassen.

Investitionsschutz

Ein Netzausbau, erweiterte oder veränderte Geschäftsmodelle oder das Umrüsten beste-

hender Basisstationen (z. B. UMTS nach LTE) können aus Providersicht sinnvoll, aber mit Blick auf eine Anlage kritisch sein, die für einen jahrzehntelangen, zuverlässigen Betrieb errichtet wurde. Dies gilt auch für eingesetzte 5G-Komponenten. Vollständig elektrisch und mechanisch kompatible Produkte müssen für mindestens zehn Jahre verfügbar sein. Eine Ersatzteilversorgung ist für mindestens zehn weitere Jahre notwendig.

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Kommunikation

Die Komplexität der heutigen Mobilfunknetze führt immer wieder zu Ausfällen, die sich teilweise über Stunden hinziehen. Die Nutzung von 5G für den operativen Betrieb einer Produktion über Netzwerkprovider erfordert das nahtlose weitere Funktionieren des eigenen lokalen 5G-Netzes, unabhängig vom Zustand des Providernetzes. Die hierfür notwendige und für die Industrie typische Redundanz und die Sicherheit von Netzwerken müssen auch unter der Kontrolle des Anwenders liegen.

5G-Installationen müssen zusammen mit dem Provider oder autark durch den Nutzer realisiert werden können. Dieses stellt den funktionalen sicheren Betrieb, die Verfügbarkeit sowie transparente Investitions- und Betriebskosten über den langjährigen Betrieb von Maschinen und Anlagen sicher.

Die Komplexität der öffentlichen Netze führt auch dazu, dass Netzwerkprovider vermehrt technische Aufgaben „outsourcen“. Durch diese immer weiter verteilten und untereinander abhängigen Businessmodelle steigt das Risiko, dass Lücken und Missverständnisse in den Vereinbarungsketten zu Kommunikationsstörungen führen. Das ist ein Grund, weshalb industrielle Anwender kein großes Interesse an erweiterten Businessmodellen haben, wenn es sich um betriebs-

kritische Prozesse handelt. Zuverlässigkeit der Kommunikation wird hier mit Netzwerken gleichgesetzt, die selbst oder von bereits involvierten IT-Dienstleistern gemagt werden.

Industrie 4.0 und IoT nehmen einen Trend auf, der in anderen Bereichen der Gesellschaft heute schon State of the Art ist. Jeder bzw. jedes Ding ist online – in den meisten Fällen per Funktechnologie. Interferenzprobleme sind hier allgegenwärtig. Auch in der Industrie haben Anlagen mit Funktechnologien immer wieder Probleme durch „Störer“ in der Luft. Eine Anforderung an 5G lautet daher, durch die Verwendung verschiedener Frequenzbänder (exklusiv, reguliert oder ISM) flexibler bezüglich der Bedingungen am Einsatzort und der jeweiligen Anwendungsanforderung zu sein.

Industriespezifische Anforderungen

In diesem Zusammenhang ist auch das Umfeld der Zertifizierungen und Qualifizierungen genauer zu betrachten. Auf der einen Seite hat man es mit qualifizierbaren Produkten zu tun, die nach internationalen Standards erstellt wurden und in von Maschinen- und Anlagenbauern sowie von anderen Betreibern erzeugten Produkten, Lösungen und Installationen (internationale Duplizierung vorhandener Produktionsanlagen) international verwendet werden können. Auf der anderen Seite sind Applikationen vielfach auditierfähig zu gestalten (z. B. nach ISO 27000) bzw. erst nach Qualifizierung durch eine Freigabeinstanz (Behörde, Berufsgenossenschaft, TÜV etc.) in einem fest definierten Zustand (Chemie, Energie etc.) nutzbar.

5G-Installationen müssen den Anforderungen an die Rahmenbedingungen, ihrer Dokumentation und der Risikobeurteilung samt Absicherung bezüglich der Verfügbarkeit und des sicheren Betriebs genügen.

Im ersten Fall würden die spezifischen Anforderungen ein z. B. zentrales Management von Infrastrukturen über einen Provider nahezu verhindern. Im zweiten Fall würden Änderungen an Infrastrukturen und ihren Parametrierungen die Betriebszulassung von Produktionsanlagen gefährden. Das Abschätzen von Risiken und Ausfallversicherungen für industrielle Anwendungen, die besonderen Schutz oder Verfügbarkeit benötigen, könnten Maschinen- und Anlagenbauer oder auch die Betreiber davon abhalten, eine aus applikativer Sicht nutzbringende Technologie einzusetzen.

Anforderungen an 5G-Netzwerke aus Sicht der Industrie

Bezogen auf das öffentliche 5G-Netzwerk

- **Services und Technologie**
 - Unterstützung von deterministischen Echtzeit-Anforderungen (Anforderungen aus Time Sensitive Networking (TSN), Echtzeit-Ethernet etc.) über QoS-Garantien bzgl. Latenz und Jitter
 - Zuverlässigkeit (= Verfügbarkeit) für den operativen Betrieb: Verfügbarkeit zwischen 99,99 Prozent und 99,999 Prozent
 - Weltweites gleiches Verständnis und Einhaltung von industriellen QoS-Parametern (Standardverträge)
 - Verfügbarkeit der Technologie und Netze von mindestens 20 Jahren
- **Diagnose und Fehlerbehebung bei Nutzung von providerbetriebenen Netzen**
 - Vom Provider unabhängige Schnittstelle für eine Echtzeitüberwachung und Nachweis der Einhaltung von zugesicherten QoS-Parametern
 - Fehlerlokalisierung mit klarer Erkennbarkeit der Zuständigkeit zur Fehlerbehebung
 - Standardisierte Schnittstellen und Protokolle für die Diagnose und Vorausschau (Predictive/Prescriptive)
- **Regulierung und Inbetriebnahme der 5G-Netzwerke**
 - Unterstützung einheitlicher und für die industriellen Anwendungen weltweit nutzbarer Frequenzbänder (Ziel: möglichst keine regionalspezifischen Komponenten)
 - Reduzierung der Aufwendungen für Zulassungen
 - Weltweit einheitliche Funkzulassungen
 - Ohne Providerzulassungen
 - Anerkennung von Prüfergebnissen verschiedener Labore

Bezogen auf die Anwendung von 5G-Technologie

- **Generelle Bedingungen für den Einsatz in der Automatisierung**
 - Unterstützung des Engineering- und Betriebsprozesses durch modellbasierte Konfigurations- und Laufzeitdaten
 - Kommunikationskomponenten müssen zusätzlich zur Funkzulassung unterschiedliche industrielle Standards einhalten können (UL, Atex, IEC, Namur etc.)
 - Produktverfügbarkeit von mindestens zehn Jahren und nachfolgende Ersatzteilversorgung von mindestens weiteren zehn Jahren nach Produktabkündigung
 - Vollständige Rückwärtskompatibilität bei Erweiterung von Netzwerk-Services sowie in diesen Netzen eingesetzten Nachfolgeprodukten, welche die Services nutzen
 - Datengenerierung und Nutzung für Services: konfigurierbarer Datenschutz und Datennutzung für Geschäftsmodelle mit mehreren Beteiligten (Quelle, Senke)
- **Sicherung des operativen Betriebs im Produktionsumfeld**
 - Möglichkeit des Betriebs „privater“ 5G-Netzwerke ohne zwingende Einbindung von Mobilfunk Providern (reguliertes Spektrum, ISM-Band, vom Provider zur Verfügung gestellt)
 - Autarke Netzwerkstrukturen (Störungen im EPC des Providers wirken sich nicht auf den operativen Betrieb aus)
 - Geschlossene abgesicherte Netzwerkstrukturen
 - Interferenzmanagement
 - Netzwerkstruktur lokal und/oder dezentral über Standardschnittstellen administrierbar



Impressum

Positionspapier

5G im industriellen Einsatz

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.

Fachverband Automation

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Ansprechpartner:

Carolin Theobald

Telefon: +49 69 6302-429

E-Mail: theobald@zvei.org

www.zvei.org

November 2016

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI
keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere
die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.