



INDUSTRIAL  
RADIO LAB  
Germany

#IRLG\_erklärt

# 5G Campus-Netze

S e p  
2020

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# #IRLG\_erklärt

Merkblatt zum Thema  
**5G Campus-Netze**

September 2020

eine Initiative des



GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung**

## 1. Merkblatt 5G Campus-Netze - Worum geht es überhaupt?

Spätestens seit der Versteigerung der Frequenzspektren für öffentliche 5G-Mobilfunknetze und der besonderen Regelung zur Bereitstellung von Frequenzbändern für die exklusive lokale industrielle Nutzung haben das Interesse und die Diskussion um sogenannte Campus-Netze enorme Bedeutung erlangt. Es zeichnet sich ab, dass Campus-Netze einen spezifischen Markt im Bereich der Kommunikationstechnologie darstellen, der durch neue Unternehmen, aber auch durch die etablierten Systemhersteller, Mobilfunkbetreiber und Dienstleister in zum Teil veränderten Rollen erschlossen wird. So können beispielsweise Systemhersteller zu Betreibern der Campus-Netze werden, Mobilfunkbetreiber die Rolle des beauftragten Dienstleisters übernehmen oder auch IT-Dienstleister unabhängig von Mobilfunkbetreiber und Systemherstellern auftreten.

Da die Ausprägung eines Campus-Netzes sehr unterschiedlich sein kann, werden von den jeweiligen Akteuren sehr spezifische Sichten geprägt. Die Vielfalt der Aussagen stellt für ein interessiertes anwendendes Industrieunternehmen häufig eher eine Hürde dar.

Dieses Merkblatt soll einen ersten Einstieg und eine marktneutrale Orientierung in das Thema 5G Campus-Netze geben und verweist im Folgenden ausdrücklich auf weitergehende Veröffentlichungen aus der Forschung, den Verbänden und den Ministerien [1], [2].

## 2. Funkssysteme im industriellen Einsatz - Was bedeutet das?

Der Einsatz von Funkkommunikation im industriellen Einsatz bietet grundsätzlich eine Vielzahl an Vorteilen zum Beispiel in puncto Flexibilität und Investitionskosten. Für die Steuerung von beweglichen oder sogar mobilen Einheiten im Produktionsprozess, sind rein kabelgebundene Kommunikationssysteme ungeeignet. Insgesamt gelten für alle Kommunikationssysteme in industriellen Anwendungen hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit [3] im Sinne der Ausfallsicherheit, Determinismus und in einigen Fällen auch sehr kurze Antwortzeiten (Latenz).

Typische Funkssysteme wie beispielsweise WLAN, Bluetooth oder auch ZigBee setzen auf offene, für alle nutzbare lizenz- und zulassungsfreie ISM-Bänder, bei denen einzelnen Nutzern keine Störungsfreiheit zugesichert wird. Ebenso ergeben sich durch die Einbindung eines öffentlichen Mobilfunknetzes in die Prozesse des Unternehmens grundsätzlich keine garantierten Leistungsmerkmale. Somit werden die typischen hohen Anforderungen industrieller Anwendungen nicht erfüllt. Dies ist insbesondere kritisch zu betrachten, da für die Verbindung solcher Netze die Notwendigkeit eines Mobilfunkvertrages besteht. Zwar können diese Leistungen zum Teil über sogenannte "Service Level Agreements (SLA)" mit dem Mobilfunkanbieter eingekauft werden, diese sind aber bisher in der Regel mit weiterem Aufwand und zusätzlichen Kosten verbunden.

Der Einsatz verschiedenster Funkssysteme in industriellen Anwendungen wurde in den vergangenen Jahren intensiv erforscht, u.a. in den BMBF-Programmen "Zuverlässige, drahtlose Kommunikation in der Industrie", "5G: Industrielles Internet" und "5G: Taktiler Internet".

Die aufkommende 5. Mobilfunkgeneration (5G) hat insbesondere die Erforschung und Entwicklung von Anwendungsanforderungen noch einmal deutlich verstärkt. Denn dieses Mobilfunksystem ermöglicht die Abbildung verschiedenster Anforderungsprofile durch ein einziges System. Die Weiterentwicklung zu noch höheren Übertragungsraten, bezeichnet als "enhanced Mobile Broadband (eMBB)", erlaubt beispielsweise die schnelle Übertragung von hochauflösenden Videos und folgt dem

Trend der vorangegangenen Mobilfunkgenerationen. Eine andere 5G Konfiguration ermöglicht die effiziente Übertragung von sehr vielen, aber kleinen Datenpaketen, wie sie typischerweise von Sensoren im Bereich des "Internets der Dinge" erzeugt werden. Die damit verbundenen spezifischen Anforderungen werden unter dem Begriff "massive Machine-Type Communication (mMTC)" zusammengefasst. Für industrielle Anwendungen steht auch die hochzuverlässige Kommunikation mit sehr kurzen Übertragungszeiten im besonderen Fokus, die über das Anforderungsprofil "Ultra-Reliable Low-Latency Communication (URLLC)" abgebildet werden.

Neben der rein technischen Weiterentwicklung und den damit verbundenen völlig neuen Einsatzmöglichkeiten bietet 5G auch eine wichtige regulatorische Besonderheit mit der Möglichkeit eines lokal exklusiv nutzbaren Frequenzspektrums, welches für die eigene und somit nicht-öffentliche Nutzung zur Verfügung steht. So können im Frequenzbereich 3,7-3,8 GHz bis zu 100 MHz oder auch größere Bandbreiten im Bereich 26 GHz (24,25-27,5 GHz) für die lokale Nutzung beantragt werden (siehe Abschnitt 4).

Hiermit werden nicht nur völlig neue Optionen für die Abbildung von industriellen Prozessen beispielsweise in der Produktion, Logistik und Landwirtschaft aber auch beispielsweise beim autonomen Fahren und im Gesundheitswesen ermöglicht, sondern über neue Geschäftsmodelle auch Märkte für Systemhersteller und Dienstleister für den Betrieb von lokalen Campus-Netzen eröffnet.

### 3. 5G Campus-Netze - Was wird darunter verstanden?

Wie im vorigen Abschnitt beschrieben, eröffnet die Bereitstellung von lokalem exklusivem Frequenzspektrum neue Möglichkeiten für den Aufbau eines nicht-öffentlichen industriellen 5G-Kommunikationsnetzes. Diese von öffentlichen Mobilfunknetzen getrennten Funknetze für die interne Nutzung werden als Campus-Netze bezeichnet. Allerdings bedarf der Aufbau eines Campus-Netzes nicht zwangsläufig eines eigenen lokalen Frequenzbereichs, denn insbesondere 5G bietet weitere technische Möglichkeiten, um auch innerhalb eines öffentlichen 5G-Mobilfunknetzes durch den Betreiber ein separiertes lokales Netz einzurichten.

Insbesondere bei kritischen, für das Unternehmen besonders wichtigen Prozessen und den damit verbundenen Betriebsinformationen sind datenschutzrechtliche und sicherheitstechnische Aspekte zu berücksichtigen. Hierbei bieten separierte Campus-Netze gute Möglichkeiten der adäquaten Umsetzung. Darüber hinaus bietet 5G generell die Möglichkeit verschiedene Anwendungen, die sehr unterschiedliche Anforderungsprofile mit sich bringen, durch ein einziges System abbilden zu können.

Die Notwendigkeit für die Einrichtung eines Campus-Netzes und insbesondere dessen konkrete Umsetzung hängt maßgeblich von den jeweiligen individuellen Anforderungsprofilen ab. Zur Erfüllung der hohen Anforderungen industrieller Anwendungen kann ein 5G Campus-Netz in einer großen Vielfalt an technischen Topologien und Betreibermodellen umgesetzt werden. Die technischen Fähigkeiten, die eine konkrete Umsetzung eines Campus-Netzes bietet, werden daher in einem Fähigkeitsprofil zusammengefasst. Zur Bewertung der Eignung einer konkreten Umsetzung wird ihr Fähigkeitsprofil mit dem Anforderungsprofil der Anwendung abgeglichen. Welche Optionen bei der konkreten Umsetzung bestehen und welche Ausprägung unter welchen Rahmenbedingungen sinnvoll ist, wird im Folgenden weiter erläutert. Hierzu werden beispielhaft drei grundsätzliche Ausprägungen und deren Rahmenbedingungen beschrieben.

## *Virtuelles 5G Campus-Netz*

Ein virtuelles 5G Campus-Netz basiert auf der Infrastruktur eines vor Ort verfügbaren öffentlichen Mobilfunknetzes und nutzt keine eigenen 5G Netzwerkkomponenten. Um eine bessere Versorgung zu erreichen, kann der Mobilfunkanbieter das öffentliche Netz weiter ausbauen, beispielsweise durch zusätzliche Antennensysteme auf dem Gelände des Campus-Netzes. Die Abtrennung vom öffentlichen Mobilfunkverkehr erfolgt u.a. über das sogenannte "Network Slicing" im Netzmanagement beim Mobilfunkanbieter. Dabei wird ein Teil der Ressourcen des öffentlichen Netzes exklusiv für die Anwendung bereitgestellt. Mit diesen Ansätzen sollen Service-Level-Agreements einfacher umsetzbar werden. Es wird keine Campus-Lizenz für eigenes 5G Frequenzspektrum benötigt.

<b>Virtuelles 5G Campus-Netz</b>
<b>Geeignete 5G Ausprägung</b>
massive Machine-Type Communication (mMTC) enhanced Mobile Broadband (eMBB) - optional (vertragsbedingt)
<b>Topologie</b>
Keine eigene lokale 5G Infrastruktur Keine Campus-Lizenz Nutzung des öffentlichen Mobilfunknetzes (Infrastruktur, Management) Virtuelle Abtrennung des Datenflusses (Network Slicing) Eigene oder bereitgestellte 5G-Endgeräte (Funkmodule, Smartphones) Indirekte Anbindung an die IT Infrastruktur des Unternehmens (über externen Internetzugang) Lokaler Antennenstandort des Mobilfunkbetreibers (optional)
<b>Rahmenbedingungen</b>
Vertragliche Bindung an Mobilfunkbetreiber Geringere Investitionskosten, höhere Betriebskosten Expertise Funkkommunikation für Planung, Aufbau und Betrieb nicht notwendig Technische Abhängigkeit von öffentlicher Mobilfunknetz-Infrastruktur Keine Beschränkung der Datenübertragung, -verarbeitung und -haltung auf lokales Netz Edge-Cloud-Computing Unterstützung nicht vorgesehen

Ein virtuelles Campus-Netz wird über eine vertragliche Regelung mit einem Mobilfunkbetreiber eingerichtet, ohne dass erforderliche Know-how beim Nutzer des Campus-Netzes aufzubauen oder einzukaufen. Ebenso ist die notwendige Anfangsinvestition vergleichsweise klein. Allerdings ergibt sich eine stärkere technische und ökonomische Abhängigkeit vom Mobilfunkbetreiber und der gegebenen Infrastruktur, wodurch dieser bzgl. Flexibilität und Skalierbarkeit eng eingebunden werden muss. Für hoch-kritische Betriebsprozesse im Sinne der Sicherheit oder sehr hoher Anforderungen bzgl. Zuverlässigkeit und Übertragungszeiten aber auch für die Auslagerung von Funktionen (Edge-Cloud-Ansätze) ist dieses Modell eher nicht geeignet.

## *Eingebettetes 5G Campus-Netz*

Ein eingebettetes 5G Campus-Netz setzt sich zusammen aus einem Teil eigener 5G Infrastruktur Komponenten und nutzt komplementär Komponenten eines der öffentlichen Mobilfunknetze. Die technischen Ausgestaltungsmöglichkeiten sind sehr vielfältig und werden in der Regel durch die spezifischen Anforderungsprofile der Anwendungen und der Unternehmensstrategie bestimmt. Ein eingebettetes 5G Campus-Netz wird in Kooperation mit einem Mobilfunkanbieter realisiert.

Beim hybriden Ansatz eines Campus-Netzes werden verschiedene Komponenten, u.a. das 5G Kernnetz, eigenständig lokal eingerichtet. Somit können die Betriebsdaten der 5G Anwendungen ausschließlich innerhalb des Campus-Netzes verarbeitet werden. Dagegen werden für den Funkzugang die Antennensysteme des öffentlichen Mobilfunknetzes genutzt was als "shared RAN (Radio Access Network)" bezeichnet wird. In diesem Fall können 5G Endgeräte wie zum Beispiel Smartphones das Campus-Netz und auch das öffentliche Mobilfunknetz nutzen.

Eine andere mögliche Ausprägung ist der Aufbau eines lokalen exklusiven Funkzugangsnetzes z.B. durch sogenannte SmallCells. Diese werden durch einen Mobilfunkanbieter realisiert und in das öffentliche Mobilfunknetz eingebunden und darüber gesteuert.

<b>Eingebettetes 5G Campus-Netz</b>
<b>Geeignete 5G Ausprägung</b>
Massive Machine-Type Communication (mMTC)
Enhanced Mobile Broadband (eMBB) - optional (vom Szenario abhängig)
Ultra-Reliable Low-Latency Communication (URLLC) - optional (vom Szenario abhängig)
Edge-Cloud-Unterstützung - optional (vom Szenario abhängig)
Beschränkung der Datenübertragung, -verarbeitung und -haltung auf lokales Netz - optional (vom Szenario abhängig)
<b>Topologie</b>
Lokale Sende- und Empfangseinheiten (ggf. eigene, vom Szenario abhängig)
5G Kernnetz (ggf. eigenes, vom Szenario abhängig)
Zugangsmanagement (ggf. eigenes, vom Szenario abhängig)
Edge-Cloud-Server (ggf. eigene, vom Szenario abhängig)
Lokale Anbindung an die IT Infrastruktur des Unternehmens (vom Szenario abhängig)
<b>Rahmenbedingungen</b>
Vertragliche Bindung an Mobilfunkbetreiber
Skalierbare Investitions- und Betriebskosten
Expertise Funkkommunikation für Planung und Aufbau notwendig
Technische Abhängigkeit von öffentlicher Mobilfunknetz-Infrastruktur
Zuverlässigkeit/Sicherheit/Datenschutz vom Szenario abhängig

Die Umsetzung eines eingebetteten Campus-Netzes bietet die Chance einer spezifischen Realisierung nach Bedarf des nutzenden Unternehmens. Allerdings erfordert es eine noch genauere Planung und somit längere Vorlaufphase als ein virtuelles 5G Campus-Netz, da sehr detaillierte Absprachen mit

einem Mobilfunkbetreiber erfolgen müssen. Hierzu werden auch seitens des anwendenden Unternehmens sehr gute Kenntnisse über 5G Funkssysteme und deren Realisierung erforderlich sein, die gegebenenfalls über einen Dienstleister eingekauft werden muss. Die Höhe der Anfangsinvestition ist eng mit dem Anteil der benötigten eigenen 5G Komponenten verbunden.

### *Eigenständiges 5G Campus-Netz*

Ein eigenständiges 5G Campus-Netz zeichnet sich dadurch aus, dass keine Komponenten des öffentlichen Mobilfunknetzes genutzt werden. Es wird isoliert aufgebaut und betrieben. Die benötigte Verfügbarkeit des Netzes und Zuverlässigkeit der Kommunikation werden maßgeblich durch das nutzende Unternehmen vorgegeben. Weiterhin ist sichergestellt, dass weder Prozessdaten der unternehmerischen Anwendungen, noch Steuerungsinformationen des Netzbetriebes das Unternehmen systembedingt verlassen. Für ein eigenständig betriebenes 5G Campus-Netz ist die Beantragung eines lokal nutzbaren Funkspektrums im Bereich von 3,7-3,8 GHz oder 26 GHz zwingend notwendig. Insgesamt erlangt das betreibende Unternehmen die vollständige Hoheit über das Funkkommunikationssystem.

Eigenständiges 5G Campus-Netz
<b>Geeignete 5G Ausprägung</b>
massive Machine-Type Communication (mMTC) enhanced Mobile Broadband (eMBB) Ultra-Reliable Low-Latency Communication (URLLC) Edge-Cloud-Unterstützung Beschränkung der Datenübertragung, -verarbeitung und -haltung auf lokales Netz Hohe Skalierbarkeit (Unabhängigkeit von z.B. Funknetzversorgung, Betreiber, Ausbau)
<b>Topologie</b>
Eigene Campus-Lizenz für exklusives Frequenzspektrum Nicht-öffentliche Antennensysteme & Basisstationen Nicht-öffentliches 5G Kernnetz Hoheit über Zugangsmanagement (SIM-Karten, Authentifizierung, Rechtemanagement) Nicht-öffentliche Edge-Cloud-Server (optional) Lokale Anbindung an die IT Infrastruktur des Unternehmens
<b>Rahmenbedingungen</b>
Beantragung eigener lokaler Frequenz Hohe Expertise Funkkommunikation für Planung, Aufbau und Betrieb notwendig Einbindung eines Dienstleisters (optional) Investitionsbereitschaft Betriebskosten sind vom öffentlichen Mobilfunkbetreiber entkoppelt

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein eigenständiges Campus-Netz größtmögliche Flexibilität und volle technische Kontrolle des betreibenden Unternehmens über das Kommunikationssystem und die Betriebsdaten ermöglicht. Dabei kann es völlig unabhängig und

daher ungestört von anderen Funkssystemen genutzt werden. Allerdings gehen höhere Anfangsinvestitionen einher und es erfordert sehr gute Kenntnis über den Aufbau und Betrieb des 5G Campus-Netzes, die gegebenenfalls über einen Dienstleister eingekauft werden müssen.

Die Entscheidung für eine Variante der beispielhaft genannten Betreibermodelle eines Campus-Netzes bedarf einer eingehenden Prüfung und Abwägung der Optionen, Risiken und Kosten. Es ist den Unternehmen - die möglicherweise keine umfangreiche Erfahrung in Fragen der Funkkommunikation und des Mobilfunks haben - angeraten, sich entsprechende Unterstützung einzuholen.

#### 4. Lokal nutzbares Frequenzspektrum - Was ist zu tun?

Wer ein eigenständiges 5G Campus-Netz unabhängig von einem öffentlichen Mobilfunknetz einrichten möchte, benötigt dafür ein lokales Frequenzspektrum für die Funkkommunikation. Die Realisierung kann grundsätzlich technologieneutral erfolgen. Die Bundesnetzagentur (BNetzA) ermöglicht eine solche Bereitstellung [4] im Bereich von 3,7 GHz bis 3,8 GHz für das eigene, gemietete oder gepachtete Gebiet gegen eine Nutzungsgebühr. Weiterhin können Zusammenschlüsse von Grundstücksnutzern, z.B. in Technologieparks, eine gemeinsame Nutzung beantragen. Die Beantragung erfolgt über das entsprechende Formular der BNetzA [5] und kann stellvertretend durch eine dritte Instanz erfolgen.

Vor der Antragstellung müssen verschiedene Fragen geklärt werden, die auch einen Einfluss auf die zu entrichtende Nutzungsgebühr haben:

- Angabe zur Startfrequenz (z.B. 3,7 GHz) und benötigter Bandbreite B in MHz (max. 100 MHz)
- Angabe zur benötigten Laufzeit t in Jahren (max. 10 Jahre)
- Lage und Größe des Gebiets, mit Unterscheidung der Fläche<sup>1</sup> nach "Siedlungs- und Verkehrsfläche" a<sub>1</sub> und "Land- und Forstwirtschaft" a<sub>2</sub> in km<sup>2</sup>
- Angaben zur Ausführung der Sende- und Empfangseinheiten inklusiv Standort und Sendeleistungen

Die Berechnung der Nutzungsgebühr in Euro erfolgt entsprechend der Gebührenformel:

$$\text{Gebühr} = 1000 + B \cdot t \cdot 5 \cdot (6a_1 + a_2)$$

Für die Vergabe von lokalem Spektrum im Bereich 26 GHz (24,25 - 27,5 GHz) liegen derzeit Entwürfe der Rahmenbedingungen vor, die entsprechenden Beschlüsse werden zeitnah erwartet. Trotz der physikalisch bedingten kürzeren Reichweite der Funkwellen bietet der 26 GHz Bereich aufgrund der höheren möglichen Bandbreiten ein großes Potential für Innovationen und technisch-wissenschaftliche Fragestellungen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Angaben des Statistischen Bundesamtes und des Umweltbundesamtes zur Flächennutzung, abrufbar unter [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de) „Struktur der Flächennutzung“

## 5. Referenzen

- [1] 5G-ACIA, "5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios" (White Paper)  
<https://www.5g-acia.org/publications/5g-non-public-networks-for-industrial-scenarios-white-paper/>
- [2] BMWI, Leitfaden 5G-Campusnetze  
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/leitfaden-5g-campusnetze-orientierungshilfe-fuer-kleine-und-mittelstaendische-unternehmen.pdf>
- [3] BZKI, "Aspekte der Zuverlässigkeitsbewertung in ZDKI", Fachgruppe 1 Anwendungen, Anforderungen und Validierung im BMBF-Förderprogramm "IKT 2020 – Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie" (BZKI), 2017  
[https://industrial-radio-lab.eu/wp-content/uploads/pubs/ZDKI-FG1\\_Zuverlässigkeit\\_Druck.pdf](https://industrial-radio-lab.eu/wp-content/uploads/pubs/ZDKI-FG1_Zuverlässigkeit_Druck.pdf)
- [4] BNetzA, "Antragsverfahren für lokale 5G-Campus-Netze gestartet"  
[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20191121\\_lokaleFreq.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20191121_lokaleFreq.html)
- [5] BNetzA, "Regionale und lokale Netze"  
[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html)

## 6. Welche Rolle hat das Industrial Radio Lab Germany?

Das IRLG ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderter Laborverbund für industrielle Funkanwendungen mit regionaler Verankerung in Bremen, Dresden, Kaiserlautern und Magdeburg. Die Forschungs- und Entwicklungslabore des IRLG bieten kooperierenden Unternehmen eine wissenschaftlich-technisch orientierte Unterstützung über gemeinsame Forschungsarbeiten und erlauben den Unternehmen die effiziente Entwicklung von Demonstratoren und Produkten im Bereich Funkkommunikation unter anderem auf der Basis von 5G.

<https://industrial-radio-lab.eu>

[contact@irlg.eu](mailto:contact@irlg.eu)