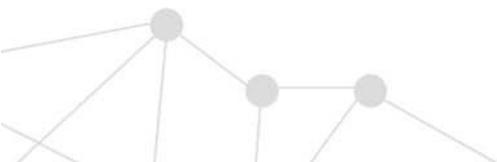


Das 5G-Campus-Netzwerk

Eine Kurzeinführung

© 2023 autarkom GmbH, Am Wulfbach 3, D-78570 Mühlheim

Die Informationen, die in diesem Dokument enthalten sind, stellen die zum Zeitpunkt der Erstellung gültige Auffassung der autarkom GmbH dar. Die aufgeführten Produkt- und Firmennamen können eingetragenen Warenzeichen ihrer jeweiligen Inhaber sein und unterliegen demnach gesetzlichen Bestimmungen. Für die Richtigkeit von Herstellerangaben kann keine Gewähr übernommen werden



Inhalt

1	Was ist das - ein 5G-Netzwerk ?	3
2	Privates 5G-Campus-Netzwerk oder WLAN?	4
2.1	Unterschiede unlizenziertes / lizenziertes Funknetzwerk	4
2.2	Unterschiede WiFi / 5G	5
3	Wie ist ein 5G-Netzwerk aufgebaut?	6
4	Dienstkategorien eines 5G-Netzwerkes	6
5	Wie wird ein 5G-Netzwerk betrieben?	7
6	Einsatzszenarien für 5G-Campus-Netzwerke	8
7	5G – Wie starten?	10

1 Was ist das - ein 5G-Netzwerk ?

Einfach gesagt ist ein 5G-Netzwerk ein drahtloses Funk-Netzwerk. Es ist darauf ausgelegt, nahezu jeden und alles miteinander zu verbinden, Menschen, Maschinen, Objekte und Geräte.

Die 5G-Technologie ist ein globaler Funkstandard, der sich an die älteren Standards 1G, 2G, 3G und 4G (LTE) anschließt und in seiner finalen Ausbaustufe das Potenzial hat, die Prozesse in Industrien aller Art umzuwälzen: hohe Übertragungs-Bandbreite, geringste Latenzzeiten sowie die Möglichkeit, extrem viele parallele Datenübertragungen realisieren zu können, sind die Versprechen, mit denen wir planen können. Bekannte Netze wie bspw. WiFi/WLAN sind von ihrer Charakteristik her ebenso Funknetze, allerdings unterscheiden sich die beiden Standards erheblich.

Die wichtigsten Vorteile von 5G sind (Details siehe im weiteren Verlauf):

- **Höhere Datenraten:** 5G kann theoretisch Daten mit Geschwindigkeiten von bis zu 10 Gbit/s übertragen, was 100-mal schneller ist als 4G.
- **Geringere Latenzzeiten:** Im Gegensatz zu WiFi wurde 5G für nahtlose Mobilität konzipiert. Die Latenzzeit von 5G beträgt nur wenige Millisekunden, was es für Echtzeit-Anwendungen wie autonomes Fahren und Virtual Reality geeignet macht.
- **Mehr Kapazität:** 5G kann sehr viel mehr Geräte gleichzeitig in ein Funknetzwerk integrieren und dabei mehr Daten übertragen als frühere Generationen.
- **Verbesserte Zuverlässigkeit:** 5G ist aufgrund seiner gerichteten Strahlung robuster gegen Störungen und ermöglicht deutliche weitere Übertragungstrecken.

5G wird eine Reihe neuer Anwendungen und Dienste ermöglichen, darunter:

- **Vernetztes Fahren:** 5G kann verwendet werden, um autonome Fahrzeuge gesichert kollisionslos betreiben zu können. Über Sensoren erfasste Daten können verzögerungsfrei ausgetauscht werden.
- **Virtual Reality und Augmented Reality:** 5G kann verwendet werden, um immersivere VR- und AR-Erlebnisse zu schaffen.
- **Industrie 4.0:** Mit Latenzen, die denen einer Ethernet-Verkabelung nahekommen, kann 5G verwendet werden, um intelligente Fabriken und Produktionsanlagen drahtlos miteinander zu verbinden.
- **Künstliche Intelligenz:** 5G kann verwendet werden, um KI-Anwendungen zu beschleunigen und zu verbessern.

2 Privates 5G-Campus-Netzwerk oder WLAN?

Neben den öffentlichen 5G-Netzwerken hat der Gesetzgeber die Möglichkeit eröffnet, private 5G-Netzwerke zu betreiben. Ein privates 5G-Campus-Netzwerk gehört exklusiv einer Firma oder einer Organisation und ist auf definierte geografische Grenzen festgelegt (auf Geodaten basierend). Es stellt eine Ergänzung zur vorhandenen Verkabelungs- und möglicherweise WLAN-Infrastruktur (zumeist auf Basis des WiFi-Standards) dar. Die Frequenzen für private 5G Campus-Netzwerke befinden sich in Deutschland im Bereich von 3,7GHz - 3,8GHz und sind bei der Bundesnetzagentur zu beantragen. Sie können derzeit maximal für einen Zeitraum von 10 Jahren beantragt werden (Verlängerung möglich).

Im Grunde könnte 5G auch WiFi-Netzwerke komplett ersetzen, da beide Funkstandards darstellen. Ökonomisch und auch technisch macht das aber nur bedingt Sinn, da sich die Technologien und Einsatzzwecke unterscheiden: WiFi hat dort seine Berechtigung, wo statische Arbeitsumgebungen mit unkomplizierten Umgebungsvariablen vorhanden sind und durchaus preiswerte Zugangsgeräte (Access Points) verwendet werden können (z.B. im Büro). Sobald aber Bewegung (z.B. autonome Fahrzeuge, Roboter) ins Spiel kommt, Maschinen in Fertigungsstraßen miteinander kommunizieren sollen, große Datenmengen (z.B. EDGE-Computing) vor Ort verarbeitet oder weite Entfernungen überbrückt werden müssen, kommt WiFi an seine Grenzen und ist 5G aus verschiedenen Gründen die richtige Wahl.

2.1 Unterschiede unlizenzirtes / lizenziertes Funknetzwerk

Einer der Hauptunterschiede zwischen WiFi und 5G ist, dass WiFi in einem lizenzfreien Raum funkt und sich daher mit beliebig vielen Teilnehmern um die verfügbaren Netzwerkressourcen streiten muss. Die Lizenzierung von 5G verschafft dagegen Exklusivität im Netz und sorgt für dauerhaft verfügbare Bandbreiten und geringe Latenzzeiten.

lizenzfrei	lizenziert
Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LPWan, UWB, Amateur-Funk (und andere)	Zellular, Rundfunk, Satelliten, Behördenfunk (und andere)
Negativ: <ul style="list-style-type: none"> - Kein exklusiver Zugang -> hohe Überlagerung, Überlastung - Regulierte Grenzen bis hin zum Betriebsverbot - Reduzierte Sicherheit insbesondere im Umfeld von vielen Endgeräten - Keine Planbarkeit Positiv <ul style="list-style-type: none"> + Geringe Anschaffungskosten + Keine Lizenzkosten 	Positiv: <ul style="list-style-type: none"> + Exklusiver Zugang -> keine Überlagerung -> Geringes Grundrauschen -> gesteigerte Effizienz Leistung + Größte mögliche Sicherheit durch asymmetrischen Schlüsselaustausch über SIM-Karten + Höchste Planungssicherheit Negativ <ul style="list-style-type: none"> - Höhere Anschaffungskosten - Lizenzkosten

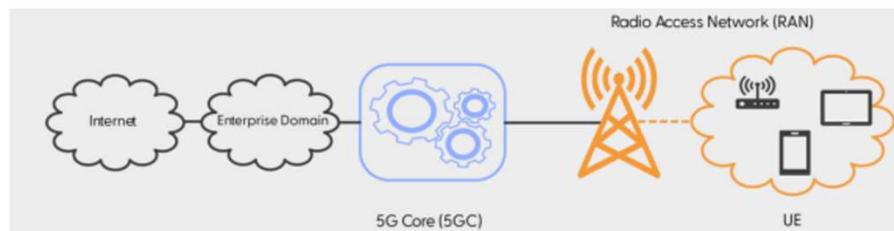
2.2 Unterschiede WiFi / 5G

Zusammenfassend lassen sich folgende Unterschiede zwischen WiFi und 5G festmachen:

	WiFi	5G
Lizenz	Unlizenziert, stetige Konkurrenz der Endgeräte um Bandbreite und Verfügbarkeit	Lizenziert. Das 5G-Campus-Netzwerk steht exklusiv dem Lizenzinhaber zur Verfügung. Allein durch die geringere Anzahl der integrierten Geräte sinkt das Grundrauschen im Netzwerk und erhöht sich die Übertragungsqualität.
Mobilität	Ideal für statische Umgebungen, nicht für Bewegung konzipiert. Konnektivitätsverlust im Bewegungsumfeld ist die Folge.	Für nahtlose Mobilität konzipiert. Auch größere Geschwindigkeiten von Fahrzeugen werden über die 5G-Infrastruktur gesteuert: „seamless communication“ wird möglich.
Netzabdeckung	Geringe Netzabdeckung, Sendeleistung begrenzt durch den Wifi-Standard und das hohe Grundrauschen aufgrund der Nutzung eines lizenzfreien Frequenzbandes.	Große Netzabdeckung, höhere Sendeleistung aufgrund der gerichteten Signalübertragung und der Exklusivität durch die Lizenzierung des Frequenzbandes.
Sicherheit	Die offene Architektur macht WiFi-Netze angreifbar, gerade wenn es um die Anbindung einer Großzahl von Geräten geht.	5G-Drahtlos-Netzwerke arbeiten über SIM/eSIM-Technologien und garantieren damit Ende-zu-Ende-Sicherheit, auch im Ruhezustand.
Quality of Service	Keine Garantie für Durchsatz und Latenz, da Wi-Fi keine strikte Priorisierung unterstützt.	Deterministische (garantierte) Service Levels für Geräte und Anwendungen.
Kosten	Die geringe Reichweite von WiFi erfordert den Invest in viele Access Points, um ein Gelände abzudecken. Die Vielzahl der AP treibt die Kosten für Installations- und Kabelarbeiten sowie Lizenz- und Servicekosten für das WLAN-Netz.	5G benötigt eine drastisch geringere Menge an Endgeräten, um gleiche oder größere Flächen abzudecken. Entsprechend geringer sind sämtliche Begleitkosten wie bspw. für Verkabelung und Service.

3 Wie ist ein 5G-Netzwerk aufgebaut?

Ein 5G-Netzwerk hat seine Ursprünge in der Funktechnik und besteht aus unterschiedlichen Komponenten, die zusammenspielen müssen:



5G Core (5GC) stellt die Funktionen und Dienste bereit, um den Zugang und die Verbindung aller Nutzer, Endgeräte und Netzwerke zu regeln.

Radio Access Network (RAN) beinhaltet die drahtlosen Funkverbindungen zwischen den Zugangspunkten (Funkstationen) und Endgeräten, um den Datentransfer innerhalb des physikalischen Netzes zu ermöglichen

User Equipment (UE) Endgeräte, die an der Kommunikation innerhalb des Netzes beteiligt sind (u.a. Smartphones, Tablets, Computer, 5G-Modems in Robotern oder Drohnen etc.)

4 Dienstkategorien eines 5G-Netzwerkes

Mit 5G verbunden sind technologische Konzepte, die eine extrem leistungsstarke Funkkommunikation zwischen vielen Teilnehmern garantiert. Erreicht wird dies über drei konkrete Dienstkategorien, die final die Kernkomponenten von 5G sein werden:

eMBB (Enhanced Mobile Broadband)

- erweiterte mobile Breitbandverbindung, um Mobilgeräte mit möglichst hohen Datenraten zu versorgen

mMTC (Massive Machine Type Communication)

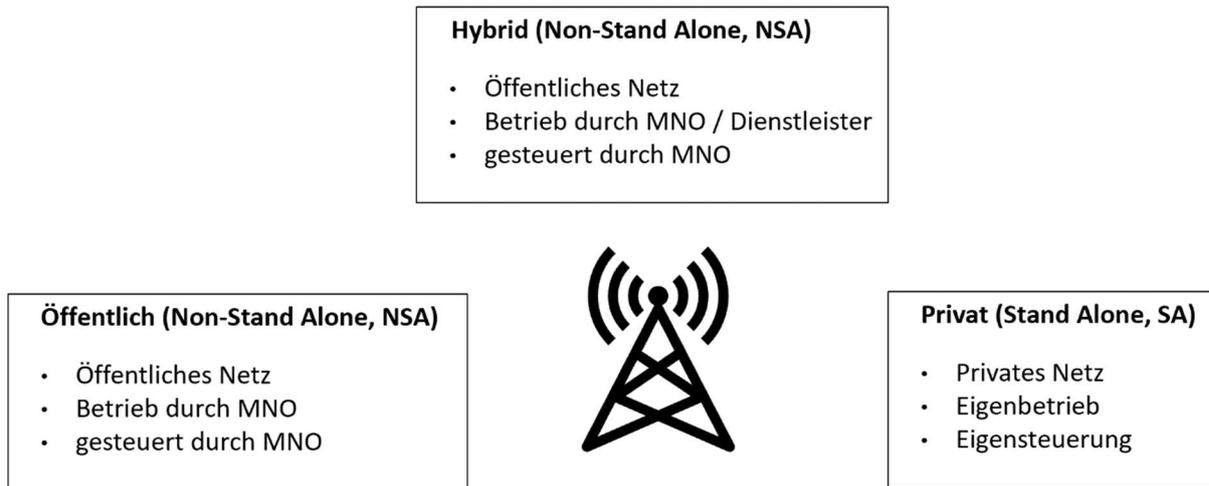
- Anwendung im Internet-of-Things, Unterstützung möglichst vieler paralleler Verbindungen mit geringen Datenraten und niedrigem Energieverbrauch unterstützen (bspw. Sensoren)

uRRLC (Ultra Reliable Low Latency Communications)

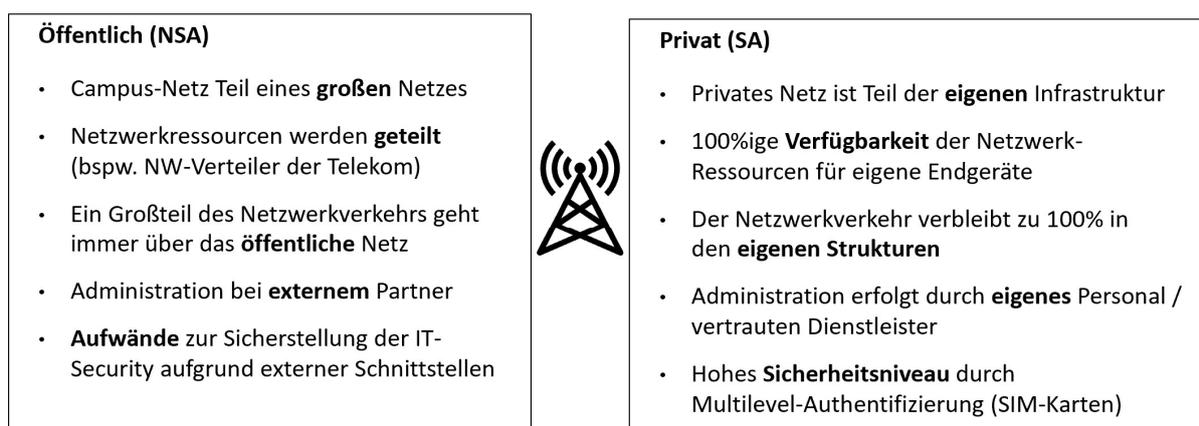
- extrem zuverlässige Kommunikation mit geringsten Latenzzeiten

5 Wie wird ein 5G-Netzwerk betrieben?

5G-Netzwerke können auf unterschiedliche Art und Weise betrieben werden:



Der große Unterschied zwischen Campus-Netzwerken, die von den großen Mobilfunkbetreibern (MNO) betrieben werden, und solchen, die von Firmen selbst in Privatregie aufgebaut werden, liegt darin, dass bei den privaten Campus-Netzen sämtliche Ressourcen in der Hoheit des Lizenzinhabers sind und bleiben. Daten verbleiben im eigenen Netzwerk und müssen nicht im öffentlichen Raum verwaltet werden.



6 Einsatzszenarien für 5G-Campus-Netzwerke

Ein privates 5G Campus-Netzwerk wird immer speziell für die Bedürfnisse eines bestimmten Standorts oder Unternehmens aufgebaut. Es kommt dort zum Einsatz, wo eine hohe Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit der drahtlosen Kommunikation erforderlich sind, oder aber es zu aufwändig und teuer wäre, eine Festverkabelung zu etablieren. Beispiele sind vielfältig, hier eine grobe Zusammenstellung:

1. Industrieunternehmen

Produktionsstätten und Fabriken können von einem 5G Campus-Netzwerk profitieren, um vernetzte Maschinen, Robotik und IoT-Geräte miteinander zu verbinden. Die niedrige Latenz und hohe Bandbreite von 5G ermöglichen Echtzeit-Kommunikation und -Steuerung, was Prozesse verlässlich automatisieren lässt und die Produktivität und Effizienz erhöht. Ermöglicht wird dies auch dadurch, dass sich mit 5G definierte Quality-of-Service festlegen lassen und diese für jede einzelne Ressource im Netzwerk. Dadurch wird verhindert, dass sich Endgeräte um Bandbreite „streiten“ müssen, sondern dem jeweiligen Gerät immer die vordefinierten Übertragungsraten zur Verfügung stehen.

Plant man eine Produktionsoptimierung, dann ist derzeit sicherlich die Kombination von 5G und EDGE-Computing ein sehr attraktives Szenario, um vor allem aufwändige Verkabelungsarbeiten einzusparen und dennoch eine hochleistungsfähige Netzwerkinfrastruktur aufbauen zu können. Die Vorteile sind:

- **Geringe Latenz:** Durch die Verlagerung der Datenverarbeitung zum Netzwerkrand wird die Latenzzeit weiter reduziert. Dadurch können Anwendungen, die Echtzeitreaktionen erfordern, von einer extrem schnellen Kommunikation profitieren.
- **Leistungsstarke Vernetzung:** 5G bietet eine hohe Bandbreite und Kapazität, um große Datenmengen schnell zwischen Endgeräten und EDGE-Computing-Ressourcen zu übertragen.
- **Effiziente Datenverarbeitung:** Durch EDGE-Computing werden nur relevante Daten zur weiteren Analyse oder Speicherung in eine EDGE-Cloud übertragen, was die generelle Netzwerkbelastung reduziert, und Kosten spart.

Zusammengefasst: 5G (speziell in Kombination mit EDGE-Computing) ermöglicht in der Produktion innovative Anwendungen und Technologien: autonom fahrende Fahrzeuge können absolut unfallfrei gesteuert werden, sich selbst steuernde Fabriken, Augmented Reality, Virtual Reality und durch die Einbindung intelligenter Sensoren beliebige Anwendungsfälle, die die Automatisierung vorantreiben.

2. Logistikunternehmen

Die große Problematik der Verwendung von Funktechnologien wie WiFi zur Automatisierung der Logistik sind die vielen Materialien (Metall), die die Funksignale ablenken können, sowie die begrenzte Leistungsfähigkeit von WiFi bei Bewegungen (wie bspw. automatisierte Hublifter). Aufgrund der drastisch erhöhten Empfangsleistung von 5G-Geräten und der exklusiven Funkverbindungen können Logistikzentren, Lagerhallen, Häfen und Transportzentren eine zuverlässige, auf QoS-basierende, Kommunikation zwischen Hubwagen, Flottenfahrzeugen, Drohnen, Sensoren und anderen Geräten sicherstellen. Verlässliche Ein- und Auslagerungsprozesse sowie die transparente Darstellung von Messpunkten im Prozessverlauf ermöglichen eine effizientere Warenverfolgung und Optimierung der Lieferketten.

3. Gesundheitswesen

Krankenhäuser und medizinische Einrichtungen können 5G nutzen, um Telemedizin, IoT-Geräte zur Überwachung von Patienten und hochauflösende Bildgebung in Echtzeit zu ermöglichen. Dies kann die Patientenversorgung verbessern und lebensrettende Maßnahmen beschleunigen.

4. Smart Cities

Städte und Gemeinden können 5G Campus-Netzwerke nutzen, um Smart City-Anwendungen zu unterstützen, wie z. B. intelligente Verkehrssteuerung, öffentliche Sicherheit, Straßenbeleuchtung und Umweltüberwachung.

5. Messen und Veranstaltungen

Bei temporäre Veranstaltungen wie Messen, Konzerten oder Sportveranstaltungen besteht immer die Gefahr, dass im Falle von Unglücken die öffentlichen Netzwerke so überlastet sind, dass die Rettungskräfte nicht mehr kommunizieren können. Hier können dezidierte 5G-Campus-Netze helfen, eine eigene Kommunikationsinfrastruktur für Veranstalter und Rettungskräfte aufzubauen, die unabhängig von den öffentlichen Netzwerken funktioniert und jederzeit verlässliche Kommunikation garantiert.

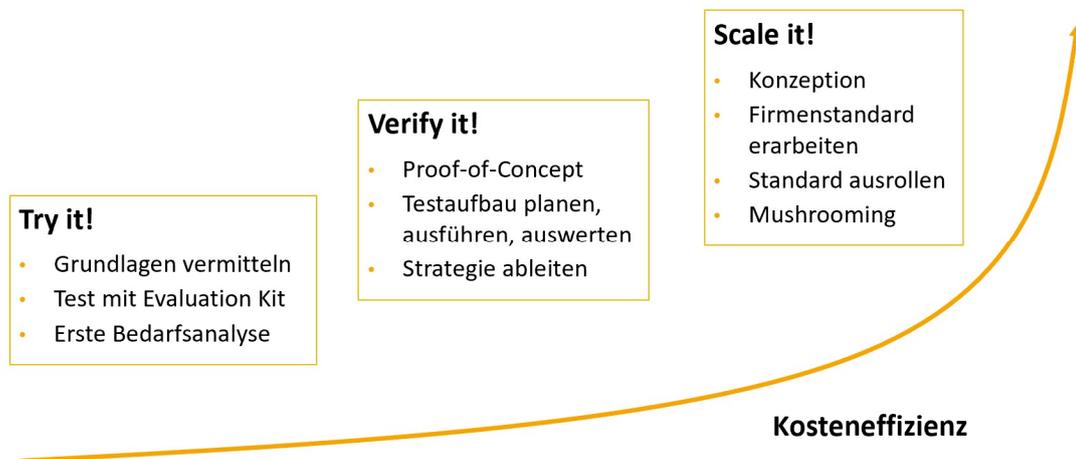
6. Campus-Netzwerke für Universitäten oder Unternehmensstandorte:

Große Universitäten oder Unternehmen können von einem privaten 5G-Netzwerk profitieren, um die interne Konnektivität zu verbessern, entferntere Standorte kostengünstig in das Firmennetzwerk zu integrieren, Forschungsprojekte zu unterstützen und generell Campus-Services zu optimieren.

7 5G – Wie starten?

Private Funknetzwerke unter Nutzung von 5G werden in den kommenden Jahren zu den bestimmenden Zukunftstechnologien in der Industrie gehören. Unsere langjährige Erfahrung im IT- und Kommunikationsumfeld macht die autarkom GmbH zum verlässlichen Partner Ihres Unternehmens, um den passenden Entwicklungspfad für Ihr Unternehmen in diese neue technologische Welt zu gestalten.

Unser Vorgehen basiert auf drei wesentlichen Phasen, über die Sie organisatorisch und kaufmännisch schrittweise in das neue Umfeld hineinwachsen können, ohne sofort zu große Organisationsprojekte mit entsprechendem Kostenrahmen angehen zu müssen.



Sprechen Sie uns an und haben Sie umgehend Ihr Evaluation Kit zur Verfügung, mit dem Sie die ersten Schritte in der 5G-Welt machen können. Sie erhalten für vier Wochen

- 2 5G-Zellen
- Mini-Server mit vorinstalliertem 5G Core[pus]
- SIM-Karten / Dongles
- Ein 5G SA fähiges Tablet
- Eine 5G-Testlizenz für 4 Wochen

In diesen vier Wochen können Sie einen ersten Kontakt zur 5G-Technologie herstellen und Hands-On erfahren, wie einfach sich unsere 5G-Systeme in Ihren IT-Betrieb integrieren lassen.

Anschließend definieren wir gerne gemeinsam mit Ihnen den weiteren Weg, identifizieren Anwendungsfälle, wo in Ihrem Hause 5G einen Mehrwert darstellen könnte, und projektieren die nächsten Schritte.

Sprechen Sie uns an!