

# Monitoring: Campusnetze

2. Quartal 2023

# Impressum

## Herausgeber

DLR Projektträger, Programmbegleitung

Bereich Gesellschaft, Innovation, Technologie

Abteilung Digitale Strategien und Entwicklungen

## Autor

Dr. Walter Mattauch

Tel.: +49 30 67055774 | E-Mail: walter.mattauch@dlr.de

## Gestaltung

Kompetenzzentrum Öffentlichkeitsarbeit des DLR-PT

## Stand

August 2023

## Hinweis:

Das beiliegende Monitoring wurde erstellt im Rahmen der Programmbegleitung zum Technologieprogramm „5G-Campusnetze“, dessen Projekte durch das BMWK gefördert werden. Das Kapitel 2.2 „Analyse der bekannt gewordenen Campusnetz-Installationen“ wurde von Partnern des Projekts „CampusOS“ beigesteuert, die Daten beruhen auf dem im Projekt angelegten und gepflegten Tool „Networking Tracker“. Die Programmbegleitung des DLR-PT und das Projekt CampusOS stimmen sich zum Monitoring von 5G-Campusnetzen in regelmäßigen Abständen ab.

## Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	4
1. Marktentwicklung.....	6
1.1. Allgemeine Entwicklung im 5G-Markt.....	6
1.2. Globale Entwicklungen im Bereich Campusnetze.....	7
1.3. Wachstumsraten.....	11
1.4. Innovationen am Markt.....	12
2. Entwicklung von 5G-Campusnetzen in Deutschland.....	14
2.1. Frequenzzuteilungen für lokale Frequenznutzungen.....	14
2.2. Analyse der bekannt gewordenen Campusnetz-Installationen.....	14
2.3. Bedarfserhebungen in der deutschen Wirtschaft.....	15
2.4. Kommerzielle Lösungen im deutschen Markt.....	16
2.5. Informationen zu Forschungsvorhaben und Demonstrationsprojekten.....	17
3. Wissenschaft und Transfer.....	19
3.1. Konferenzen.....	19
3.2. Wissenschaftliche Publikationen.....	19
3.3. Workshops und Leitfäden.....	20

## Zusammenfassung

Als Campusnetz wird ein i.d.R. 3GPP-basiertes privates LTE/5G-Mobilfunknetzwerk bezeichnet, welches für die ausschließliche Nutzung durch eine Einrichtung wie ein Unternehmen oder eine Regierungsorganisation betrieben wird. Campusnetze nutzen ein definiertes, von der BNetzA genehmigtes Spektrum sowie LTE- oder 5G-NR-Basisstationen, Funkzugangsinfrastrukturen (RAN, Radio Access Network) zur Übertragung von Sprache und Daten an Endgeräte.

Betrachtet man die allgemeine Entwicklung des 5G-Marktes, so kann aktuell von rund 1.650 unterschiedlichen Gerätetypen ausgegangen werden, wobei etwa die Hälfte der Geräte Mobiltelefone sind. Der Anteil an 5G-fähigen Geräten (z. B. Routern) für die Industrie ist deutlich geringer und liegt unter 10%. Der Markt umfasst entsprechend einer Datenbank der GSA 233 unterschiedliche Geräte- und Komponentenhersteller.

Weltweit existieren laut einer Studie der GSA ca. 1.148 Campusnetze-Installationen, wobei lediglich rund 275 Installationen reine 5G-Campusnetze sein dürften. In den meisten Fällen handelt es sich noch um LTE-Installationen oder Kombinationen von LTE und 5G. Berg Insight schätzt die Anzahl der weltweiten 5G-Campusnetz-Installationen mit 200-300 höher ein, zählt aber reine Testanwendungen mit. In Europa nimmt Deutschland bei den 5G-Campusnetzen eine Vorreiterrolle ein, vor UK, Finnland und Frankreich. Auch Schweden, Österreich, Tschechien und Polen weisen erste Installationen auf. Während die Anzahl der Campusnetze-Installation in DE im Q1/2023 stagniert und in den USA deutlich angewachsen war, verzeichneten beide Länder im vergangenen 2. Quartal ein Wachstum um 10%.

***In Europa nimmt Deutschland bei den 5G-Campusnetzen eine Vorreiterrolle ein, vor UK, Finnland und Frankreich.***

Private Funknetze werden bislang vor allem in entwickelten Industriestaaten eingesetzt, insbesondere in Deutschland, in UK, den USA, China und Japan. Neben 459 Installationen in Europa (39,9%) existieren weitere 302 in Nordamerika, 213 im Asien-Pazifik-Raum und die restlichen 174 Installationen in anderen Weltregionen.

Rund ein Fünftel der Installationen (18%) sind in der Produktion angesiedelt, insbesondere im Automotive-Sektor. Weitere wesentliche Anwendungsszenarien für 5G-Campusnetze finden sich in den Bereichen Bildung, Bergbau, Energiewirtschaft und Verteidigung. Bei den Installationen gehen aktuelle Analysen von einem jährlichen Wachstum von rund 57 Prozent aus. Beim Umsatz liegt von GrandViewResearch eine Schätzung von 49% jährlichen Wachstumsraten (CAGR) vor, andere Marktstudien nennen jährliche Wachstumsraten zwischen 29% und 38,5%.



In Deutschland hat die BNetzA bislang 331 Anträge für den Frequenzbereich 3,7-3,8 GHz und 17 Anträge für den Frequenzbereich 26 GHz bewilligt. Im vergangenen Quartal erhöhte sich die Zahl der Anträge für den Frequenzbereich 3,7-3,8 GHz um rund 4,4%. Insgesamt ist hinsichtlich der Antragstellung aktuell eher eine geringe Dynamik festzustellen.

Einer repräsentativen Umfrage des Bitkom zu Folge möchten 7 Prozent der befragten Industrieunternehmen selbst ein Campusnetz betreiben und 19 weitere Prozent ein 5G-Campusnetz durch einen Dienstleister betreiben lassen. Das Ziel ist in 85% der Fälle die Vernetzung von Produktionsanlagen, aber auch die Steuerung von Maschinen in Echtzeit oder die Fernwartung von Anlagen sind wichtige Motive.

Im Berichtszeitraum wurden neue Informationen über kommerzielle 5G-Campusnetz-Lösungen und solche aus FuE-Vorhaben aufgenommen. Informiert wird u. a. über kommerzielle Angebote von Cisco, der Deutschen Telekom AG gemeinsam mit Ericsson sowie über das US-amerikanische Unternehmen viavi, das nach eigenen Aussagen ein „intuitives, kostengünstiges und lückenloses 5G-Testportfolio“ für private 5G-Netze entwickelt hat.

Im Kapitel „Transfer“ zeigt sich, dass das Thema 5G-Campusnetze in Broschüren für Endanwender mündet und zunehmend Workshops und Seminare für Einsteiger, aber auch zum Erwerb eines Sachkundenachweises (TÜV Rheinland) angeboten werden.

**19 Prozent der von Bitkom befragten Unternehmen möchten ein 5G-Campusnetz durch einen Dienstleister betreiben lassen.  
7 Prozent möchten ein 5G-Campusnetz selbst betreiben.**

# 1. Marktentwicklung

## 1.1. Allgemeine Entwicklung im 5G-Markt

Entsprechend dem GSA 5G-Ecosystem Member Report steigt die Anzahl der kommerziell erhältlichen, 5G-fähigen Geräte im Markt kontinuierlich an (Abb. 1). Ende Juni 2023 kann von einer Anzahl von 1.650 unterschiedlichen 5G-fähigen Gerätetypen weltweit ausgegangen werden, 1 (Vergleichswert Ende Juni 2022: 1.105, Anstieg um 51,3% innerhalb 1 Jahres). Diese lassen sich in ca. 26 unterschiedliche Kategorien („Form Factors“) einteilen und werden von 233 unterschiedlichen Herstellern produziert. Mobiltelefone machen etwa die Hälfte der Geräte aus (52,1%), Industrierouter, -Gateways oder -Modems nehmen lediglich einen Anteil von ca. 8,5% ein (Abb. 2).

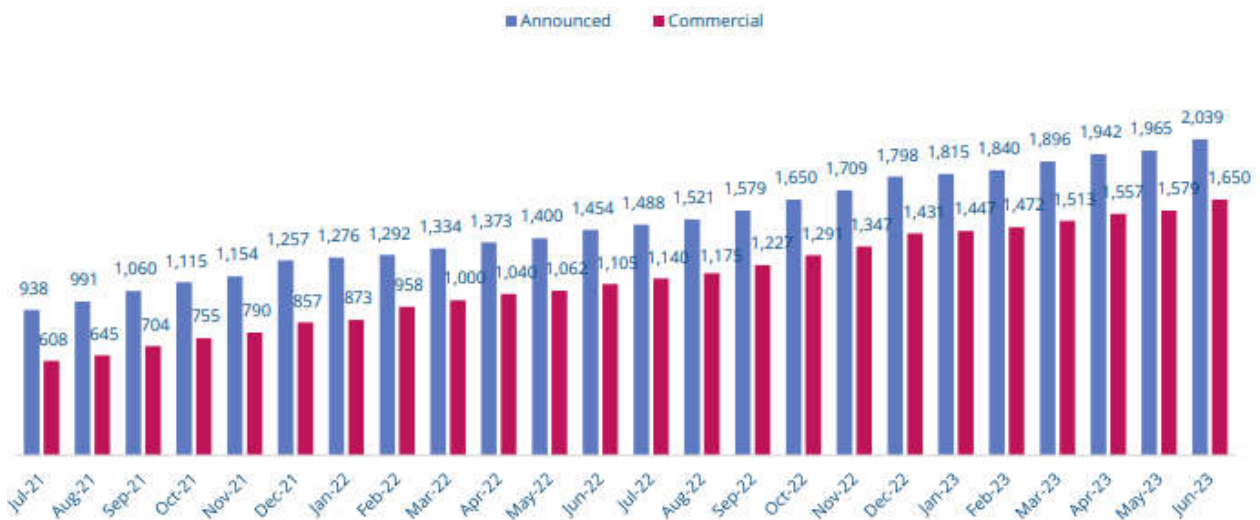


Abbildung 1: Entwicklung der 5G-fähigen Geräte im Markt. Quelle: GSA

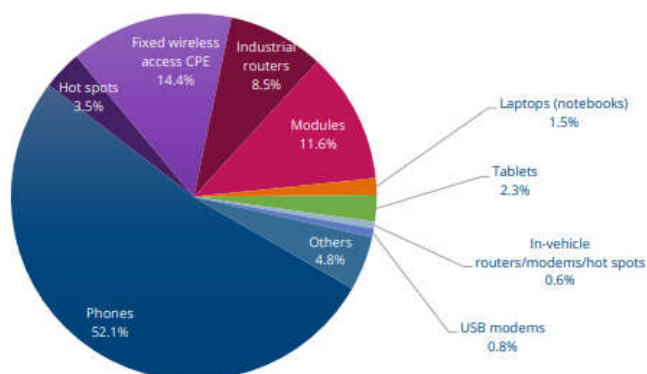


Abbildung 2: Kategorisierung der 5G-fähigen Endgeräte. Quelle: GSA

<sup>1</sup> GSA 5G Ecosystem Report Juni 2023: <https://gsacom.com/reports/>



## 1.2. Globale Entwicklungen im Bereich Campusnetze

Das Monitoring umfasst die weltweite Anzahl an Campusnetz-Installationen, die Anzahl der Staaten mit privaten Funknetzen sowie eine Zuordnung zu industriellen Anwendungsszenarien. Die nachstehenden Angaben der GSA<sup>2</sup> beziehen sich auf Installationen von privaten Funknetzen mit Kosten größer 100,000 Euro.

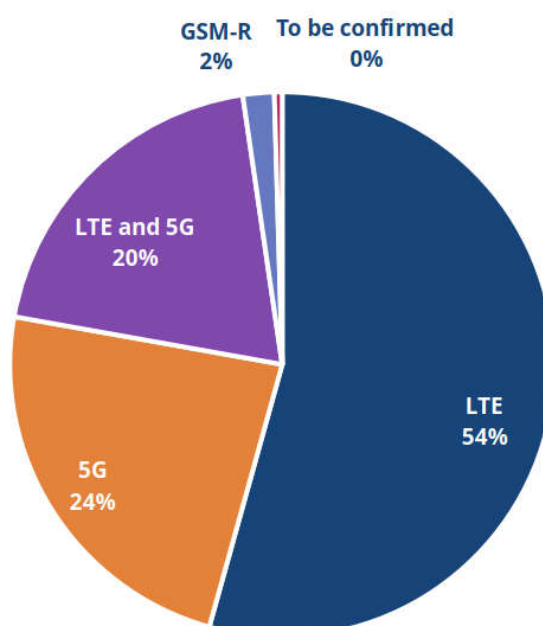
Abbildung 3 zeigt, welche Technologien bei den heutigen Campusnetzen zum Einsatz kommen. Mehr als die Hälfte (54%) der Campusnetze bestehen aktuell noch aus LTE-Komponenten. Reine 5G-Campusnetze („Stand-alone“) finden sich hingegen lediglich in 24% der Fälle, in Kombination mit LTE kommen weitere 20% hinzu.

Abbildung 3: Technische Ausstattung der weltweiten Campusnetz-Installationen

### Anzahl der Campusnetze-Installationen weltweit

Aktuell (Ende Q1/2023) wurden von GSA weltweit 1.148 Campusnetze (unterschiedliche Einzelinstallationen) identifiziert. Hiervon sind 24% reine 5G-Installationen. Somit kann von rund 275 reinen 5G-Campusnetz-Installationen weltweit ausgegangen werden. Gegenüber den vorherigen Quartalsberichten (258 bzw. 220 reine 5G-Campusnetze) ist ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen, der sich allerdings im vergangenen Quartal gegenüber den Werten der Vorquartale leicht abgeschwächt hat. So sind im Q4 2022 laut GSA 66 neue 5G-Campusnetz-Installationen entstanden, im Q1 2023 waren es 17.

Der Anteil an Campusnetzen, die ausschließlich auf LTE basieren, dürfte in den kommenden Monaten weiter sinken. Die Entwicklung der Campusnetze in den vergangenen 10 Jahren zeigt Abbildung 4.



<sup>2</sup> Die „Global mobile Suppliers Association“ (GSA) ist eine not-for-profit Industrievereinigung von Technologie-Anbietern in der Mobilkommunikation. Die GSA adressiert Technologien nach 3GPP-Standards wie 3G, 4G und 5G und kooperiert mit zahlreichen weiteren 5G-relevanten Organisationen wie COAI, ETSI, GSMA, ICU und ITU sowie regionalen Regulierungsbehörden und Industrievereinigungen.

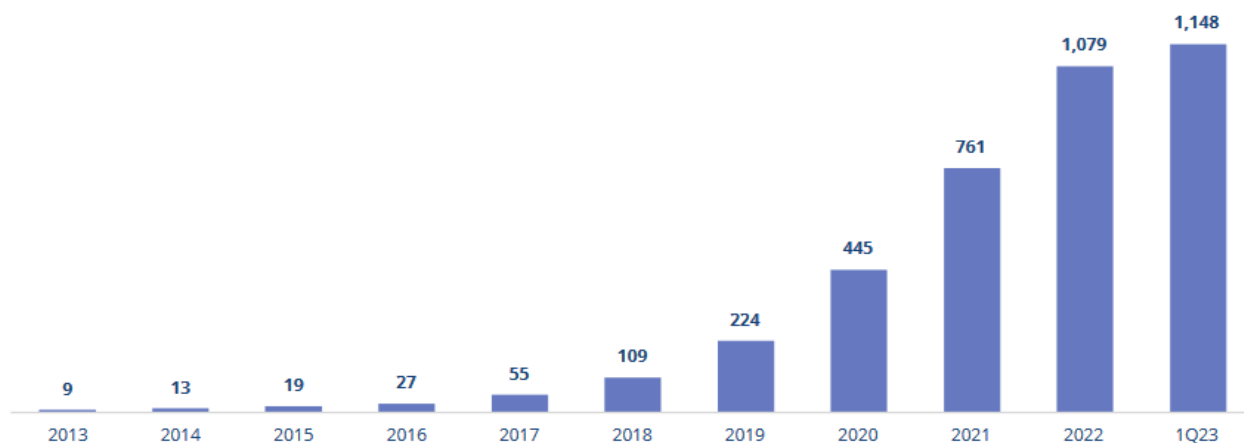


Abbildung 4: Anzahl der weltweiten Campusnetze-Installationen (Wert > 100€). Quelle: GSA

### Regionale Verteilung der Campusnetze-Installationen

Im Bereich der Campusnetze besteht typischerweise ein starker Zusammenhang zwischen der Anzahl an Implementierungen und der Frequenzvergabe. Private Funknetze werden bislang vor allem in entwickelten Industriestaaten eingesetzt, insbesondere in Deutschland, in UK, den USA, China und Japan. Die meisten Installationen befinden sich in Europa (n= 459), weitere 302 in Nordamerika und 213 im Asien-Pazifik-Raum. Die restlichen 172 Installationen verteilen sich über die anderen Weltregionen. Wie bereits im Q4 2022 und im vergangenen Quartal war der prozentuale Aufwuchs in Nord-Amerika höher als in Europa.

Region	Anzahl der Installationen	Anzahl im Vorquartal	Aufwuchs
Europa	459	434	25
Nord-Amerika	302	276	26
Asien-Pazifik-Raum	213	200	13
Mittlerer Osten und Afrika	53	50	3
Latein-Amerika und Karibik	67	65	2
Ozeanien	52	49	3

Abbildung 5: Globale Verteilung von Installation von 5G-Campusnetzen

Eine spezifische, offenbar nicht vollständige Auflistung von Projekten zu 5G-Campusnetzen innerhalb der EU bietet das „European 5G Observatory“<sup>3</sup>. Das Observatory listet 73 Projekte (vorheriges Quartal: 64 Projekte) EU-weit auf und bietet auch Informationen zu Anwendern, Betreibern und Equipment.

EU-Mitgliedsstaat	Anzahl der Installationen
Deutschland	16
Frankreich	10
Finnland	8
Schweden	5
Österreich, Tschechische Republik, Polen	Je 4
Andere EU-MS	22

Abbildung 6: EU-weite Verteilung von Demonstratoren für 5G-Campusnetze

<sup>3</sup> Quelle: <https://5gobservatory.eu/5g-private-networks/>





Abbildung 7 zeigt den Aufwuchs an neuen Campusnetz-Installationen und die Zuweisung von spezifischen Funkfrequenzen in unterschiedlichen Weltregionen. Neben Deutschland werden in den USA, UK, Japan, Finnland, Schweden, Frankreich, sowie einigen anderen Ländern spezifische Funkfrequenzen für Campusnetze vergeben (in Abb. 7 grün markiert). Aktuell überlegen Brasilien und Polen die Zuweisung von spezifischen Funkfrequenzen für private Funknetze (in Abb. 7 rot markiert).

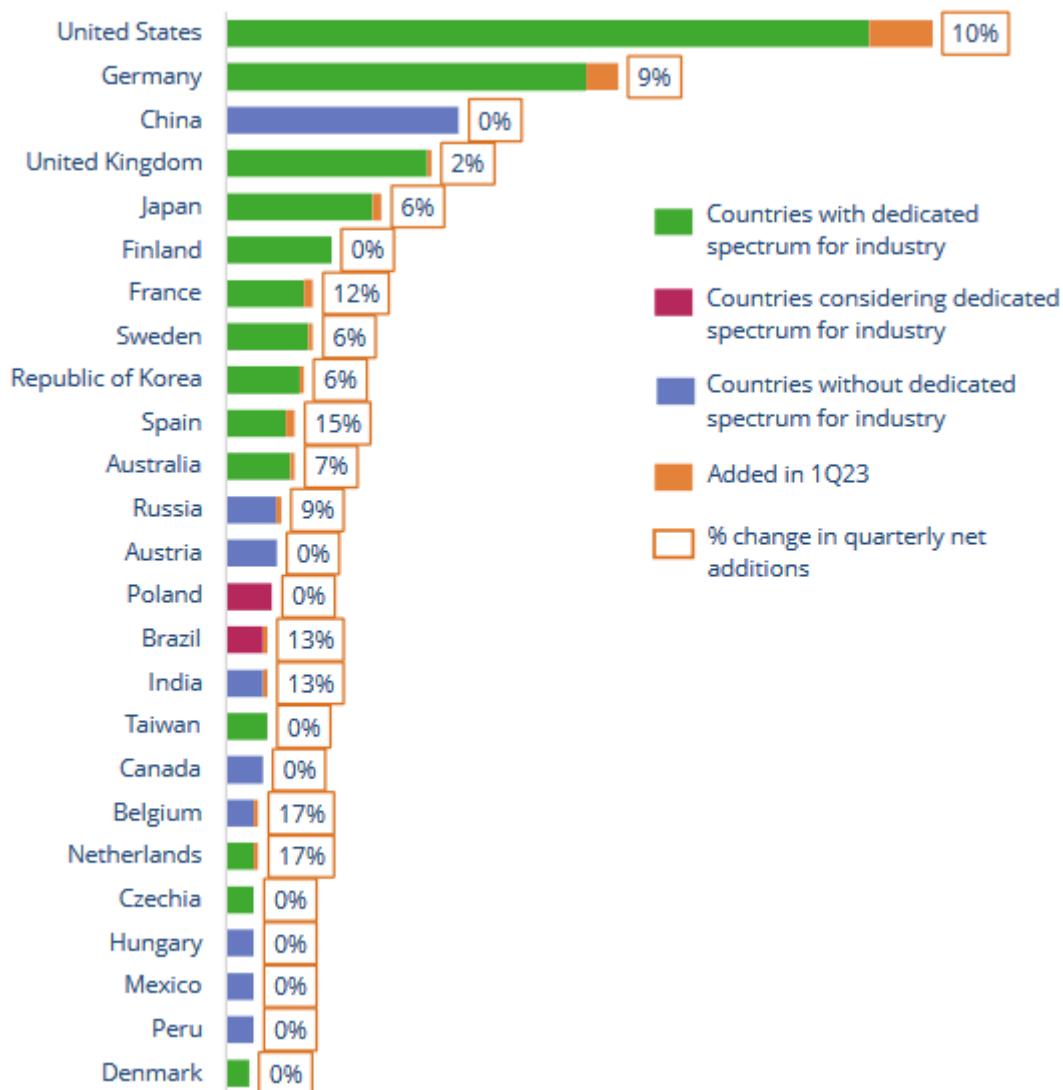


Abbildung 7: Campusnetze auf Basis spezifischer Funkfrequenzen in unterschiedlichen Staaten

#### Anwendungsszenarien für Campusnetze nach Sektoren

Eine Analyse der Campusnetze nach Anwendungsszenarien (vgl. Abb. 8) zeigt einen besonders hohen Anteil in der Automobilbranche sowie in der Produktion von Elektrogeräten und Elektronik und im Maschinenbau. Etwas weniger häufig sind Installationen im Bereich Herstellung von elektronischen und optischen Produkten sowie in der Chemischen Industrie.

Betrachtet man die Wachstumsbereiche des 1. Quartals 2023 (in Abb. 8 orange dargestellt), so fallen signifikante Steigerungen in den Bereichen Elektrogeräte, Computer und Metallverarbeitung (jeweils 25%) auf.

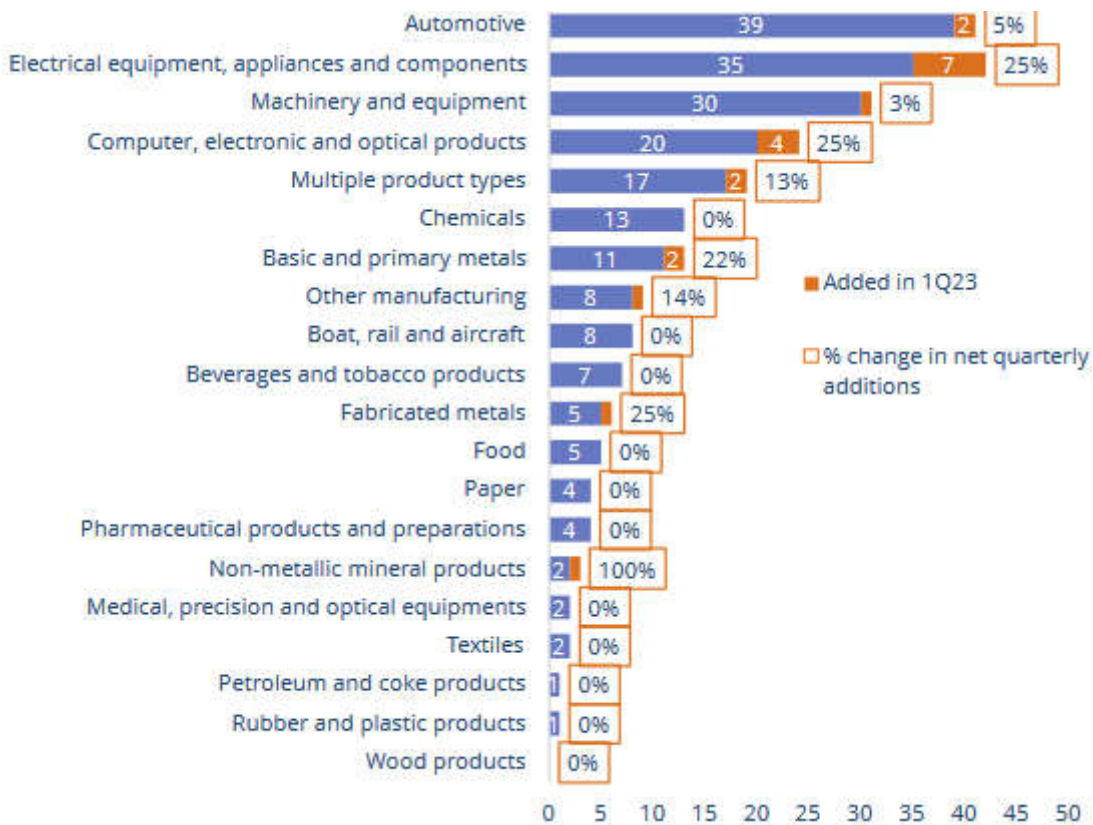


Abbildung 8: Darstellung der weltweiten Campusnetz-Installationen nach Anwendungsgebieten. Quelle: GSA



### 1.3. Wachstumsraten

Die verfügbaren Analysen decken unterschiedliche Wachstumsaspekte ab. Daher wird nachstehend zwischen der Wachstumsrate an Campusnetze-Installationen und der Entwicklung des Umsatzwachstums unterschieden.

#### Wachstumsrate der 5G-Campusnetze Installationen

Laut einem Bericht von Berg Insight<sup>4</sup> wird sich der Einsatz privater LTE/5G-Netze im Zeitraum von 2021 bis 2026 verzehnfachen. Berg Insight erwartet eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Installationen von 57 Prozent. Am Ende des Zeitraums werden laut dem Bericht 13.500 Campus Netzwerke in Betrieb sein.

Laut einer aktuellen Economist-Studie<sup>5</sup> planen 94 Prozent der befragten Firmen Konnektivität-Upgrades oder implementieren diese bereits: *„Die private 5G-Einführung scheint kurz- bis mittelfristig in der Planung vieler Unternehmen. Insgesamt plant etwas mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen (51%) den Einsatz eines privaten 5G-Netzes innerhalb von 6-24 Monaten aufzubauen; 61% in Japan, 55% im Vereinigten Königreich, 52% in den USA und 39% in Deutschland. In allen Ländern geben 3% der Unternehmen an, dass sie innerhalb von sechs Monaten private 5G-Netze aufbauen, 15% innerhalb von 12 Monaten und 19% innerhalb von 18 Monaten.“*

#### Umsatzwachstum im Bereich 5G-Campusnetze

Einer Analyse von GrandViewResearch (GVR)<sup>6</sup> zufolge lag im Jahr 2021 der globale Markt für private 5G-Netzwerke bei 1,38 Milliarden US-Dollar. Der Bericht geht für den Zeitraum 2022 bis 2030 von einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 49,0% aus. Gleichzeitig wird erwartet, dass die sich entwickelnden Netzwerkdienste der nächsten Generation den Bedarf an kritischer drahtloser Kommunikation für industrielle Abläufe, öffentliche Sicherheit und kritische Infrastrukturkonnektivität adressieren werden und so den Bedarf verstärken. Darüber hinaus wird der globale Markt laut GVR in erster Linie durch einen wachsenden Bedarf an extrem zuverlässiger Konnektivität mit niedriger Latenz für das industrielle Internet der Dinge (IIoT), einschließlich kollaborativer Roboter, Industriekameras und industrieller Sensoren, angetrieben.

Differenziert man die Campusnetze in private LTE-Netze und reine 5G-Netze, so ergibt sich folgendes Bild: Der Markt für Privates 5G soll laut MarketDigits<sup>7</sup> auf 8,75 Mrd.

Markt-Analysen prognostizieren ein jährliches Umsatzwachstum bei Campusnetzen zwischen 30 und 50 Prozent. Auch die Angaben zum zukünftigen Gesamtmarkt sind uneinheitlich.

<sup>4</sup> Berg Insight: »Private LTE/5G Networks for IoT Applications« (Langfassung: 1500 Euro). Der Bericht lag dem Autor nicht im Original vor. Zusammenfassung unter: <https://www.berginsight.com/private-lte-5g-networks-for-iiot-applications>

<sup>5</sup> The Economist: Private 5G here and now: Perspectives on industry adoption. <https://connect.hello.global.ntt/Economist-P5G-CIO-Survey-Report>

<sup>6</sup> GVR-Report. Private 5G Network Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component By Frequency (Sub-6 GHz, mmWave), By Spectrum, By Vertical, By Region, And Segment Forecasts, 2022 – 2030. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/private-5g-network-market>

<sup>7</sup> Vgl. <https://marketdigits.com/private-5g-network-market/>

US-Dollar in 2027 anwachsen, was einer jährlichen Wachstumsrate von 38,5% gleich kommt. Hinzu kommt, einer Einschätzung von MarketsandMarkets<sup>8</sup> zu Folge, ein Anwachsen des Markts für Privates LTE von 5.0 Mrd USD in 2022 auf 8.3 Mrd. USD in 2027, was einer jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 10,6% entsprechen würde.

Eine weitere Prognose, von Maximise Market Research<sup>9</sup>, kalkuliert für das Jahr 2022 einen globalen Markt für private 5G-Netze von 7,6 Mrd. US-Dollar und prognostiziert 45,3 Mrd. US-Dollar für das Jahr 2029. Dies entspräche einer jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 29%.

Die im Web verfügbaren Markt-Analysen weisen unterschiedliche Werte zwischen ca. 30-% und 50% jährliches Umsatzwachstum sowie sehr uneinheitlichen Angaben hinsichtlich des zukünftigen Gesamtmarktes auf.

## 1.4. Innovationen am Markt

### Demonstrations- und Testfelder

Die Initiative »5G Bavaria« umfasst ein Testzentrum am Fraunhofer IIS in Erlangen und verschiedene Testbeds in Bayern. Im Testzentrum sind verschiedene Link-Level-Umgebungen zur Performanz-Optimierung verfügbar, die neben der Konnektivität auch die Lokalisierungsmöglichkeiten von 5G berücksichtigen. Der Fokus liegt auf Anwendungen in den Bereichen Industriekommunikation (Industrial IoT), Fahrzeugkommunikation (V2X) sowie satellitengestützte Netze (Non-Terrestrial-Networks, NTN). Ein weiterer Teil der Initiative ist das 5G-Testbed „Industrie 4.0“, hier können kundenspezifische Anwendungsszenarien aus dem Bereich Industrie und Logistik unter realistischen Bedingungen in einem eigenständigen 5G-Campusnetz getestet werden.

Das global agierende Unternehmen viavi<sup>10</sup> mit Sitz in Chandler (USA) und Niederlassungen in Berlin und Eningen, hat nach eigenen Angaben „ein intuitives, kostengünstiges und lückenloses 5G-Testportfolio entwickelt, das ideal für die Überprüfung von privaten 5G-Netzen sowie für die Gewährleistung der Zuverlässigkeit (Assurance) während des gesamten Netzwerk-Lebenszyklus geeignet ist.“ Ein spezielles Angebot zielt auf Ende-zu-Ende-Lösungen, die auf Open-RAN basieren. VIAVI bietet Tests sowohl einzelner Netzelemente, wie O-RU, O-DU, O-CU und Near-RT RIC an, aber auch kombinierte Elemente für eine lückenlose Ende-zu-Ende-Validierung offener Netze. Geprüft wird, „ob die Schnittstellen erwartungsgemäß funktionieren und die von einem einzigen (Single-Vendor-Netze) oder auch von mehreren Anbietern (Multi-Vendor-Netze) stammenden Komponenten unter Last den vorgegebenen Spezifikationen gerecht werden.“

Telefónica betreibt im spanischen Malaga ein 5G-Campusnetz / Testzentrum für vernetztes und autonomes Fahren. Auf dem 50.000 Quadratmeter großen Gelände können Automobilunternehmen, -zulieferer und Start-ups ihre 5G-Lösungen und Kommunikationsanwendungen „Vehicle to Everything“ (V2X, Fahrzeug zu anderen Objekten) unter

***Kontinuierlich entstehen neue Angebote im Markt, um den produktiven Einsatz von 5G-Campusnetzen zu testen bzw. im Unternehmen einzuführen. Traditionelle Anbieter und Ausrüster sind dabei Vorreiter.***

<sup>8</sup> Vgl. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/private-lte-market-64117901.html>

<sup>9</sup> Vgl. <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/private-5g-network-market/188048/>

<sup>10</sup> Vgl. <https://www.viavisolutions.com/de-de/loesungen/private-5g-netze>



realistischen Bedingungen erproben. Geboten wird eine Verkehrsinfrastruktur für wirklichkeitsnahe Tests sowie ein System aus zwei 5G-Antennen, leistungsstarken Servern, einer Vielzahl über das Gelände verteilten Sensoren sowie einem aufwändigen Kamerasystem.

### Unternehmenslösungen

Die Deutsche Telekom AG und Ericsson haben eine neue Netzwerk-Slicing-Lösung für Unternehmen entwickelt und getestet. Network Slicing ist ein zentrales architektonisches Merkmal von 5G Standalone (SA), mit dem mehrere virtuelle Netze auf einer einzigen physischen Netzinfrastruktur geschaffen werden können. Mit dem jetzt angebotenen Tool lassen sich Network-Slices für Cloud-basierte Applikationen von Unternehmen konfigurieren. Das Slice-Design-Tool bietet eine integrierte Buchung und Konfiguration von Netzwerk-Slices sowie Schnittstellen für die Integration in Verwaltungsschnittstellen von Drittanbietern. Bereits im Februar 2022 war es DTAG und Ericsson In einer Machbarkeitsstudie gelungen, 5G-Ende-zu-Ende Network Slicing mit einer garantierten Service-Qualität (QoS) über Ländergrenzen hinweg umzusetzen.

Cisco bietet seit Mai 2023 mit „Cisco Private 5G“ Unternehmenslösungen im Bereich Campusnetze an<sup>11</sup>. Die Lösung wird als Serviceangebot bereitgestellt, um die Vorlaufkosten (CapEx) zu minimieren. Ein intuitives Dashboard soll die mit dem Betrieb eines Campusnetzes einhergehenden Probleme geringhalten. Das Angebot wird als Ergänzung und Verbesserung bereits bestehender Netzwerke beworben. Adressiert wird ein breites Spektrum an Use Cases aus den Bereichen Produktion, Logistik, Veranstaltungen, Bergbau, Energie und Bildung. Für die Realisierung setzt Cisco auf sein globales Partner-Netzwerk.

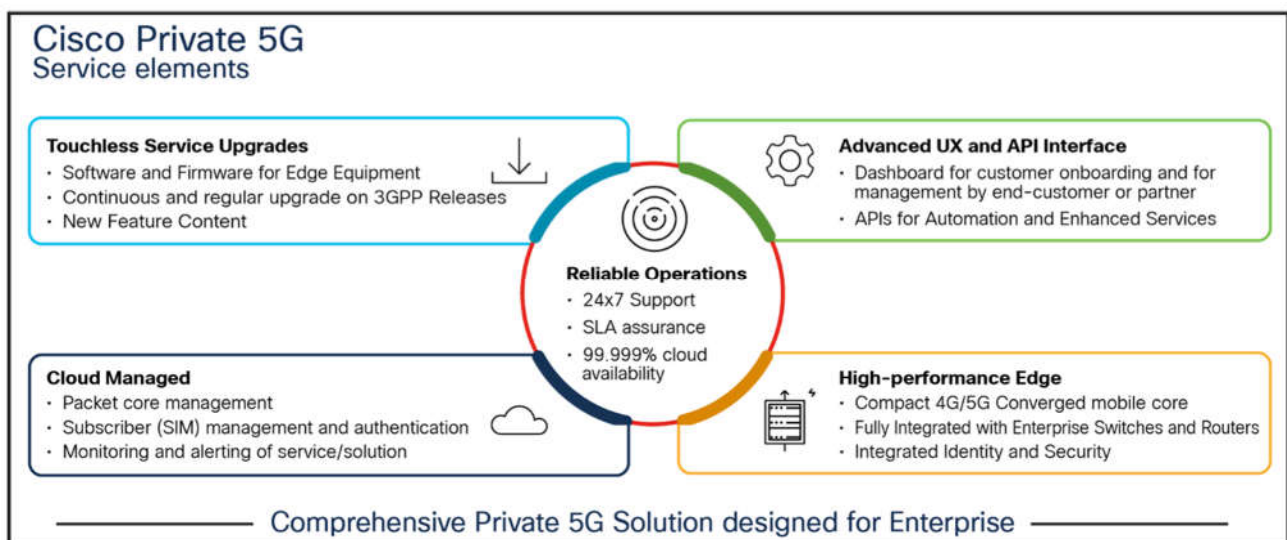


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Cisco Private 5G-Angebots

<sup>11</sup> Vgl. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/private-5g/private-5g-service-so.html>

## 2. Entwicklung von 5G-Campusnetzen in Deutschland

Die nachstehenden Abschnitte legen einen Fokus auf die Ausbreitung der 5G-Campusnetze in Deutschland. Dargestellt wird die Entwicklung der Frequenzzuteilungen in den Bereichen 3.7-3.8 GHz sowie im Frequenzbereich 26 GHz auf Basis der von der BNetzA bereitgestellten Daten. Des Weiteren wird auf verfügbare Bedarfsanalysen eingegangen und es werden einzelne relevante Umsetzungsprojekte kurz skizziert.

### 2.1. Frequenzzuteilungen für lokale Frequenznutzungen

Wesentliche Quelle für die Informationen in diesem Kapitel sind die Webseiten der BNetzA (Stand: 17.7.2023, Vergleichswerte: 15.4. und 15.1.2023)<sup>12</sup>. Im Frequenzbereich 3.700-3.800 MHz wurden insgesamt 336 Anträge auf Zuteilung von Frequenzen für lokale 5G-Netze gestellt und es fanden 331 Zuteilungen von Frequenzen für lokale 5G-Netze durch die Bundesnetzagentur statt (Vergleichswerte Q4/22: 317; Q1/23: 293 Anträge). Dies entspricht einem Zuwachs 4,4% im vergangenen Vierteljahr bzw. von 13% im vergangenen Halbjahr. Im Frequenzbereich 24.250-27.500 MHz (26 GHz, Mobiles Breitband) wurden insgesamt 17 Anträge auf Zuteilung von Frequenzen für lokale 5G-Netze gestellt und durch die Bundesnetzagentur erteilt (Q1/23: 16 Anträge). Im vergangenen Vierteljahr wurden keine neuen Anträge in diesem Frequenzbereich eingereicht.

***Im vergangenen Halbjahr ist die Zahl der Frequenzzuteilungen für 5G-Campusnetze um ca. 13 Prozent gestiegen.***

### 2.2. Analyse der bekannt gewordenen Campusnetz-Installationen

Im Konsortialprojekt CampusOS wird eine systematische Erfassung von Daten zu Campusnetzen in Deutschland auf der Basis öffentlich zugänglicher Quellen vorgenommen und eine Datenbank, in Form des CampusOS Network Trackers aufgebaut. Erhoben werden allgemeine Informationen zum Campusnetz, zu den Vendoren und Service-Anbietern, Kriterien zur Klassifizierung von Campusnetzen und zu Betreibermodellen. Die verwendeten Quellen werden dokumentiert.

Ausgangspunkt der Recherche ist die von der Bundesnetzagentur veröffentlichte Liste der Lizenznehmer für 3,7 GHz-Industriespektrum. Um auch Campusnetze zu erfassen, die auf der Basis von öffentlichen Mobilfunknetzen realisiert werden, wurden zusätzlich die Pressemitteilungen und Blogbeiträge der MNOs ausgewertet.

<sup>12</sup> Die Informationen werden i.d.R. monatlich von der BNetzA aktualisiert. Ab dem Folgebericht werden hier auch quartalsweise Daten zu den Veränderungen angegeben und es wird eine entsprechende Verlaufsgraphik bzw. Tabelle eingefügt. Quelle:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber26GHz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber26GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=2)



Der Tracker basiert aktuell auf dem Veröffentlichungsstand 18.04.2023 der Liste der Lizenznehmer und umfasst 98 Campusnetze, zu denen Informationen aus öffentlichen Quellen recherchiert werden konnten. Der Tracker wird fortlaufend aktualisiert. – Damit wird für einen großen Teil des Marktes eine bisher nicht vorhandene Transparenz hergestellt; gleichwohl müssen die Daten mit Vorsicht interpretiert werden, da keine Aussage dazu möglich ist, ob die mit dieser Methodik erfassten Daten für den Gesamtmarkt repräsentativ sind.

***Der CampuOS Network Tracker  
enthält detaillierte Informationen  
zu 98 erfolgten Installationen  
von 5G-Campusnetze in  
Deutschland.***

Bisher wurden im Projekt CampusOS folgende Erkenntnisse aus dem Tracker gewonnen:

- a. Bei dem überwiegenden Teil der Campusnetze handelt es sich um Forschungs-, Entwicklungs-, Test- oder Demonetze. 30% der erfassten Netze befinden sich dagegen in einer produktiven Umgebung (Fabrik, Flughafen, Hafen, Krankenhaus usw.) und werden potenziell produktiv eingesetzt.
- b. Bei 86 der erfassten Campusnetze handelt es sich um isolierte private Netze; 12 der Installationen sind auf der Basis öffentlicher Netze realisiert.
- c. Bei 50 Campusnetzen konnten die Vendoren der Netztechnik identifiziert werden. Die Mehrzahl davon sind etablierte Anbieter (Nokia, Ericsson, in Einzelfällen Huawei); alternative Anbieter mit offenen und modularen Architekturen haben aber bereits eine beachtliche Marktbedeutung gewonnen. Es konnten 16 Netze mit Open RAN identifiziert werden.

### **2.3. Bedarfserhebungen in der deutschen Wirtschaft**

#### **Umfrage des Bitkom zur zukünftigen Nutzung von Campusnetzen (11/2022)**

Bitkom Research hat eine repräsentative Umfrage mit 553 Industrieunternehmen in Deutschland im Auftrag des Digitalverbands Bitkom durchgeführt.<sup>13</sup> Die Ergebnisse wurden zum 15.11.2022 veröffentlicht. Gefragt wurde:

- A) „Inwieweit nutzen Sie ein 5G-Campus-Netz oder wollen dies zukünftig nutzen?“ 26% der Industrieunternehmen wollen Campus-Netze mit 5G einrichten oder haben es schon getan. 7 Prozent der Befragten planen die Einrichtung in Eigenregie, 19 Prozent durch einen Mobilfunkanbieter.
- B) „Für welche der folgenden Anwendungsszenarien setzen Sie 5G in Ihrem Unternehmen bereits ein bzw. wollen Sie 5G zukünftig einsetzen?“ Hier zeigten die Ergebnisse eine Präferenz für die Nutzung von 5G-Campusnetzen in folgenden Anwendungsbereichen:
  - Vernetzung von Produktionsanlagen: 85 Prozent
  - Steuerung von Maschinen in Echtzeit: 79 Prozent
  - Fernwartung von Anlagen: 74 Prozent
  - Assistenzsysteme AR/VR: 71 Prozent
  - autonome Fahrzeuge und Transportsysteme: 65 Prozent
  - Einsatz mobiler Roboter: 40 Prozent

<sup>13</sup> Quelle: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Viertel-deutscher-Industrie-5G-Campus-Netze>



## 2.4. Kommerzielle Lösungen im deutschen Markt

### Informationen aus Q2/2023

Rohde und Schwarz bieten Netzwerktests in privaten 5G-Netzen mit Schwerpunkt auf die industrielle Fertigung kommerziell an<sup>14</sup>. Das Angebot erfolgt in 5 Phasen (Spektrumbereinigung, Standortabnahmeprüfungen, Abdeckungs- und Performance-Tests, Echtzeit-Monitoring der Servicequalität sowie Konformität mit Vorgaben der Regulierungsbehörden). Über die Unternehmenswebseite werden verschiedene Webinare und Erklärvideos angeboten.

Das Fraunhofer IIS bietet unter dem Slogan „Das mobile 5G-Campusnetz kommt als schlüsselfertige Lösung zu Ihnen“ ein Testangebot für Unternehmen, die überlegen, ein 5G-Campusnetz bei sich einzuführen. Das kompakte Netzequipment ist transportabel und kann einfach und schnell aufgebaut werden.

Das Unternehmen HMF (Bad Münde) bietet nach eigener Aussage professionelle Campus-Lösungen „engineered in Germany“<sup>15</sup>. Zu den Dienstleistungen gehören Rollout, Support, Consulting und Training. HMF setzt auf maßgeschneiderte Lösungen, die den Kundenbedarf erfassen und umsetzen.

### Ausgewählte frühere Informationen

Deutsche Telekom kooperiert mit Amazon Web Services: Im Rahmen einer Kooperation bieten die Deutsche Telekom und AWS-Services private Campusnetz Lösungen für verschiedene Unternehmensgrößen an. Kunden und Kundinnen sollen dabei die Möglichkeit haben über ein Internetportal individuelle Campusnetz-Produkte für ihre digitalen Anwendungen auszuwählen.

Das 2013 gegründete belgische Unternehmen Accelleran HQ bietet OpenRAN Lösungen für Industrieunternehmen an. Auf der Website werden Use Cases vergleichbar zu den Förderprogrammen des BMWK genannt. Die Cloud-nativen Technologien des Unternehmens unterstützen die Netzwerkvirtualisierung privater und öffentlicher Netzwerke. Quelle: <https://accelleran.com/private5g/>

Vodafone bewirbt neuerdings drei Business-Lösungen für 5G-Campusnetze<sup>16</sup>. Die Variante „Campus Flex“ sichert die Performance des Kunden in Vodafone's öffentliches Netz. Kunden erhalten priorisierte oder dedizierte Ressourcen durch Slicing des Netzwerks. In der „Campus Private“-Variante wird beim Kunden ein eigenes Mobilfunknetz eingerichtet und mit dem öffentlichen Vodafone-Netz kombiniert. Sensible Daten bleiben im Gelände des Unternehmens, gleichzeitig ist die Kommunikation nach außen gewährleistet. Ein komplett autarkes 5G-Campusnetz bietet die Variante „Business Campus Isolated“. Die „Business Campus Isolated“-Lösung wurde auf der Hannover-Messe 2023 dem breiten Publikum vorgestellt: <https://www.computerwoche.de/a/vodafone-bringt-campus-isolated-netze-auf-5g-basis.3614281>

**Im 01. Halbjahr 2023  
ist die Zahl der Frequenzuteilungen  
für 5G-Campusnetze um  
ca. 13 Prozent gestiegen.**

<sup>14</sup> Vgl. [https://www.rohde-schwarz.com/in/solutions/test-and-measurement/mobile-network-testing/5g-network-testing/smart-factory-campus-networks\\_253071.html](https://www.rohde-schwarz.com/in/solutions/test-and-measurement/mobile-network-testing/5g-network-testing/smart-factory-campus-networks_253071.html)

<sup>15</sup> Vgl. [https://hmf-smart-solutions.de/Portfolio/private\\_5g/](https://hmf-smart-solutions.de/Portfolio/private_5g/)

<sup>16</sup> <https://www.vodafone.de/business/loesungen/campus-netz/>





Partnerschaft Ericsson und Mugler: Die Unternehmen Mugler und Ericsson vertiefen ihre Partnerschaft bei privaten 5G-Campusnetzen und unterzeichneten im Dezember 2022 eine entsprechende Vereinbarung im Bereich „Dedicated Networks“<sup>17</sup>. Zentrale Aspekte der Partnerschaft konzentrieren sich auf die Bereitstellung von 5G-Campusnetz-Infrastrukturen. Der Partneransatz mit Ericsson erlaubt es Mugler, Lösungen schnell und äußerst flexibel anzubieten: als selbst administriertes Campusnetz oder als Managed Service mit garantierten Servicezeiten. Nach eigener Aussage werden Campusnetze von Mugler „schlüsselfertig realisiert“, inklusive Anforderungsanalyse, Planung und Konzeption, über Integration und Aufbau bis hin zum Netzbetrieb und Support.

## 2.5. Informationen zu Forschungsvorhaben und Demonstrationsprojekten

Nachstehend werden jeweils aktuell Demonstrationsprojekte für 5G-Campusnetze in Kurzform dargestellt.

### Beiträge aus Q2/2023

TARGET-X - Digitale Transformation mit 5G-/6G-Technologien: An diesem von der Europäischen Kommission kofinanzierten Projekt sind unter der Leitung der Fraunhofer-Gesellschaft 14 Konsortialpartner aus sechs Ländern beteiligt.<sup>18</sup> TARGET-X ist eines von vier europäischen Testbedprojekten im Rahmen des gemeinsamen Unternehmens für intelligente Netze und Dienste (SNS JU). Im Projekt sollen spezifische Funktionen wie Lokalisierung, digitales Twinning und Datenfusion zwischen Sensoren und Netzwerken in verschiedenen Testumgebungen und Branchen (Fertigung, Energie, Automobil, Bau) getestet und bewertet werden. Über ein Cascaded Funding in Höhe von 6 Mio. Euro können bis zu hundert Drittprojekte gefördert werden. Einzelantragsteller können bis zu 60.000 Euro erhalten, Konsortien aus zwei Antragstellern bis zu 120.000 Euro.

5GCampusKIShuttle - Im Juni 2023 fiel der Startschuss für ein gemeinsames Projekt der TU Clausthal und der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften. Die technische Infrastruktur des Campusnetzes bildet die Grundlage für die Verarbeitung der für das autonome Fahren und die KI benötigten hohen Datenübertragungsraten. Durch ein Testfeld mit dem 5G Forschungsnetz sollen künftige 5G-Technologien etabliert und erprobt werden.

5G für Brandenburg<sup>19</sup>: Mit seiner 5G-Strategie und dem 5G-Testbed-BB möchte das Land Brandenburg mittelfristig zur Entwicklung eines leistungsfähigen und sicheren 5G-Ökosystems für unterschiedliche Zielgruppen und Anwendungen im Land Brandenburg beitragen. Ein Schwerpunkt liegt auf mittelständischen KMU. Adressiert werden stationäre und nomadische Netze. Das Projekt wird mit rd. 6,5 Mio. Euro durch das BMDV gefördert. Beteiligt sind das IHP Frankfurt (Oder), die BTU Cottbus-Senftenberg, die Kommune Welzow, die TH Brandenburg, die TH-Wildau sowie die Unternehmen DAKO GmbH Jena und INNOMAN GmbH Ilmenau.

5G-Telerettung: Gefördert durch das BMDV, wird in wird an der Westfälischen Hochschule Bocholt der Einsatz eines 5G-Campusnetzes in der medizinischen Notfallversorgung erprobt. Die Technologie stammt aus der Firma Triopt aus Moers. Mit dem Projekt sollen die notärztliche Versorgung insbesondere in ländlichen Gebieten deutlich verbessert und gleichzeitig knappe Notarztressourcen entlastet werden.

### Ausgewählte frühere Beiträge

---

<sup>17</sup> <https://industrie.de/5g-mobilfunkstandard/5g-campusnetze-mugler-und-ericsson-vertiefen-partnerschaft/>

<sup>18</sup> <https://www.ipt.fraunhofer.de/de/projekte/target-x.html>

<sup>19</sup> Vgl. [5G für Brandenburg](#)

BMBF-gefördertes Forschungsprojekt „6G Native Extensions for XR Technologies (6G NeXt)“ erprobt erste Anwendungsszenarien im Bereich 6G<sup>20</sup>: Konsortialführer ist die Deutschen Telekom AG, beteiligt sind daneben die TU Ilmenau sowie sieben<sup>21</sup> weitere Partner aus Forschung und Industrie. Entwickelt werden neue Multimedia-Anwendungen, etwa ein Anti-Kollisionssystem für die moderne Luftfahrt (Drohnen), ein Videokonferenzsystem mit holografisch in drei Dimensionen dargestellten Teilnehmerinnen und Teilnehmern und einen mobilen Gaming-Controller für die Spieleindustrie. Das 6G-NeXt-Projekt wird im Rahmen des Programms „Kommunikationssysteme Souverän. Digital. Vernetzt.“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung für drei Jahre gefördert (BMBF-Förderkennzeichen 16KISK182).

OpenRAN für die Forschungsbereiche der RWTH Aachen: die Exzellenzuniversität setzt für ihr Campusnetz auf OpenRAN Technologie von NTT Germany, Cisco Systems und NTT und Airspan Networks. Die Hochschule hat laut einem RWTH-Sprecher durch das Campus-Netz „ihre Exzellenz unterstrichen und ist jetzt in Deutschland ein wissenschaftlicher P5G-Vorreiter“. Mit 260 Instituten in neun Fakultäten gehört die RWTH Aachen University zu den führenden europäischen Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen. Rund 47.000 Studierende in mehr als 150 Studiengängen sind derzeit an der Hochschule eingeschrieben.

Das BMDV-geförderte Forschungsprojekt EConoM<sup>22</sup> – Edge-Computing, KI und 5G-Campusnetze in nomadischer Anwendung für das Management von Baustellen ist ein Verbund von Fraunhofer FOKUS, Fraunhofer HHI, HOCHTIEF Vicon GmbH, planen-bauen 4.0 GmbH, Uniberg GmbH, Zeppelin Rental, IP Lehrstuhl der RWTH Aachen University und dem TÜV Rheinland. Das Kickoff fand am 13.04.2023 statt.

Logistik - Autonome Transportfahrzeuge<sup>23</sup>: Im Rahmen einer Informationsveranstaltung (5. Dezember 2022) wurden zwei entwickelte Anwendungsfälle zu privaten 5G-Campusnetzen in der Logistik vorgestellt. Das autonom fahrende Transportfahrzeug „Eisenschwein“ kann durch das 5G-Campusnetz von Telefonica Germany ein größeres Einsatzfeld abdecken. Es sind flexiblere und gleichzeitig sichere Fahrtrouten sowie auch ganze Flotten von autonomen Transportfahrzeugen realisierbar. Als weiteres Forschungsthema für die Industrie wurde ein teleoperierter Gabelstapler präsentiert.

---

<sup>20</sup> <https://www.tu-ilmenau.de/aktuelles/tu-ilmenau-grosses-6g-netz-projekt-fuer-neue-multimedia-anwendungen>

<sup>21</sup> <https://services.global.ntt/de-de/newsroom/ntt-enables-innovative-research-and-education-with-a-new-private-5g-network>

<sup>22</sup> <https://construction-robotics.de/aktuelles/econom-edge-computing-ki-und-5g-campusnetze-in-nomadischer-anwendung-fuer-das-management-von-baustellen/>

<sup>23</sup> <https://www.mec.ed.tum.de/fml/aktuelles/article/erste-5g-anwendungsfaele-in-der-logistik/>



## 3. Wissenschaft und Transfer

### 3.1. Konferenzen

In der zweiten Jahreshälfte 2023 sind zum Thema 5G-Campusnetze unter anderem folgende Kongressveranstaltungen im internationalen Raum relevant:

- August 11, New Delhi: Private 5G Networks Congress. <https://www.nexgenconferences.com/private-5g/>
- September 7-9, Dortmund: IEEE IDAACS 2023 Workshop "Beyond 5G and 6G Networks Technologies and Security" <https://6g-ia.eu/event/ieee-idaacs-2023-workshop-beyond-5g-and-6g-networks-technologies-and-security/>
- Oktober 18-20, Paris: IEEE International Conference on 6G Networking. <https://6g-conference.dnac.org/>
- Oktober 18-19, Riga: 5G TECHRITORY FORUM. <https://6g-ia.eu/event/5g-techrity-forum-europes-leading-5g-ecosystem-october-18-19-2023-in-riga-latvia/>
- Oktober 24.-26., Paris Expo Porte de Versailles FR: Network X 2023; <https://networkxevent.com/>
- November 13-15, Baltimore: IEEE Future Networks Forum. <https://fnwf2023.ieee.org/>
- November 29/30, Rome.: 5G in Italy - <https://www.5gitaly.eu/speakers/>
- Dezember 4-8, Malaysia: IEEE GLOBECOM - Intelligent Communications for Shared Prosperity, <https://globecom2023.ieee-globecom.org/>

### 3.2. Wissenschaftliche Publikationen

Die nachstehende Auswahl an internationalen Publikationen zeigt, dass 5G-Campusnetze weltweit ein Forschungsthema darstellen. 5G-Campusnetze werden u. a. im Zusammenhang mit dem Edge Computing oder mit Time-Sensitive-Networks (TSN) untersucht. Aktuelle Forschungsthemen beziehen sich weiterhin auf die Architektur und das Management der 5G-Campusnetze.

- Ch.-Ch. Lin: A lightweight design of 5G private network with edge computing., Die bestehenden Lösungen für Edge Computing in 5G-Campusnetzen sind mit hohen Kosten und einer hohen Komplexität des Systems verbunden. Diese Lösungen sind für einfache Szenarien nicht geeignet. In dem Beitrag wird eine leichtgewichtige Architektur für ein 5G-Privatnetz mit Edge Computing vorgeschlagen, die von der Wirtschaft genutzt werden kann, um einen unkomplizierten und einfach zu wartenden 5G-Dienst für die Fertigungsautomatisierung usw. aufzubauen. [2022 25th International Conference on Mechatronics Technology \(ICMT\)](#)
- X. Li, Y. Chi, X. Jia, Y. Xie: Research on Integration of 5G and TSN. Für die künftige industrielle Kommunikation gelten die zeitabhängige Vernetzung (TSN) und 5G als die wichtigsten Netzverbindungstechnologien, d. h. TSN für kabelgebundene Verbindungen und 5G für drahtlose Verbindungen. Zur Erfüllung der Anforderungen an große Bandbreite, flexiblen Einsatz (drahtlos und drahtgebunden) und hohe Determiniertheit in industriellen Anwendungen, müssen 5G und TSN effektiv integriert werden. Drei

Möglichkeiten der Integration werden untersucht und vorgestellt. In: J. Xu (ed): Mechatronics and Automation Technology, 12/2022; 10.3233/ATDE221158

- S. Oechsle, F. Fricka, A. Lechler, A. Verl: A modular configuration and management framework for distributed real-time applications based on converged networks using TSN: Das Paper bietet eine Struktur-Analyse von industriellen Echtzeitanwendungen. Es wird eine Architektur konzipiert und beschrieben, die die fehlende Verwaltung und Konfiguration von konvergenten Netzwerken auf Basis von TSN ermöglichen soll. Eine Evaluierung erfolgt anhand einer prototypischen Implementierung des entworfenen Frameworks. CIRP ICME '22
- T. Park; H. Lee; H. Kim; S. Han; T. Kim; S. Pack: Divide and Cache: A Novel Control Plane Framework for Private 5G Networks: Die koreanische Arbeitsgruppe schlägt in diesem Paper ein neuartiges CP-Framework für private 5G-Netze vor, das sie Divide and Cache (D&C) nennen. In D&C werden zunächst die Abhängigkeit und Häufigkeit von CP-NFs auf der Grundlage der Spezifikation des 3rd Generation Partnership Project (3GPP) analysiert. Basierend auf den Analyseergebnissen werden die NFs in On-Premise- und Edge/Public-Clouds aufgeteilt, um den Kompromiss zwischen Leistung und Kosten auszugleichen. D&C wurde auf einem privaten 5G-Testbed mit einer Open-Source-Software (z. B. free5GC) implementiert. Die Bewertungsergebnisse zeigen, dass D&C im Vergleich zum bestehenden Modell 19% niedrigere Bereitstellungskosten auf Kosten einer leicht erhöhten Latenz erreichen kann. [2023 IEEE 20th Consumer Communications & Networking Conference \(CCNC\)](#)
- S. Eswaran, P. Honnavalli: Telecommunication Systems volume 82, pages 3–26 (2023): Private 5G networks: a survey on enabling technologies, deployment models, use cases and research directions: Die kostenlos verfügbare Übersichtsarbeit zeigt eine Vielzahl interessanter Aspekte von 5G-Campusnetzen, auch im Vergleich zu öffentlichen 5G-Netzen und Wifi 6. Es werden typische Use Cases in den Bereichen Gesundheit, öffentlicher Verkehr / Flughäfen, Industrie 4.0, Präzisionslandwirtschaft vorgestellt. Ebenso werden führende Open Source-Initiativen präsentiert und Forschungsschwerpunkte aufgezeigt. Quelle: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11235-022-00978-z>

### 3.3. Workshops und Leitfäden

Nachstehende Angebote für potenzielle Anwender sind im Markt verfügbar.

- VDMA: 5G im Maschinen- und Anlagenbau. Leitfaden für die Integration von 5G in Produkt und Produktion <http://bit.ly/3LxLeNg>
- TÜV Rheinland: 5G nimmt Fahrt auf. Entwicklung und Umsetzungsansätze der neuen 5G-Mobilfunkgeneration für Unternehmen. Broschüre der TÜV Rheinland Consulting GmbH,
- Integrata cegos: 5G Campus-Netze - Eine Einführung für Einsteiger. Neben den technischen Möglichkeiten vom 5G-Campus-Netzen vermittelt der Kurs Kenntnisse für Planung, Bau und Betrieb von Campusnetzen. Das Knowhow zur Beurteilung, ob ein 5G-Campus-Netz eine technisch und wirtschaftlich passende sowie zukunftsfähige Lösung für die eigene Firma oder Institution ist, liegt am Ende des Kurses vor. 1-tägige Veranstaltungen auf Anfrage. <https://static.integrata-cegos.de/pdf/4709.pdf>
- Das Fraunhofer IPA bietet am 25.10.2023 ein Seminar „Die neue 5G-Technologie für Industrienanwendungen“ an. Nach Erläuterung wichtiger Grundlagen zu 5G und Campusnetzen findet ein Workshop statt zur Erarbeitung erster Handlungsfelder im eigenen Unternehmen.



Quelle: <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/aktuelles/veranstaltungen/detailseite/die-neue-5g-technologie-fuer-industrieanwendungen>

- Der TÜV Rheinland bietet eine Qualifikation zum Erwerb der Sachkunde im Bereich 5G für zwei Zielgruppen an: a) Fachkräfte in Industriebetrieben, Krankenhäusern, Kliniken, Landwirtschaft, Luftfahrtunternehmen, Handelsunternehmen sowie Unternehmen der Lagerwirtschaft und der Logistik. B) Fachkräfte in Behörden, Kommunen, Gemeinden

Quelle: <https://akademie.tuv.com/themen/emerging-technologies/5g>

- Das Gigabitbüro des Bundes bietet nach Anmeldung Workshops für Interessenten an 5G-Campusnetzen an. Die Workshops sollen die Relevanz des Internet of Things (IoT) und von 5G-Campusnetzen aufzeigen und einen Einstieg in die Strategieentwicklung zu diesem Thema bieten. Neben der Vermittlung der technischen Grundlagen werden anhand von Praxisbeispielen mögliche Anwendungsfälle für unterschiedliche Unternehmensbereiche und Möglichkeiten der Umsetzung und des Betriebs von 5G-Campusnetzen aufgezeigt.