

# Facettenreich

## Was darf man von privaten LTE/5G-Netzen erwarten?

Brigitte Kasper

Die letzte Frequenzversteigerung ist knapp ein Jahr her, und die Aufregung um den neuen, den fünften Mobilfunkstandard (5G) hat sich etwas gelegt. Erste Netze sind live geschaltet, Antennen ausgebracht, Endgeräte verfügbar. Bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) können mittlerweile bereits auch Frequenzen für lokale private 5G-Netze (sog. Campusnetze) beantragt werden. NET befragte Experten nach ihrer Einschätzung des aktuellen 5G-Geschehens in Deutschland und dem Potenzial von Campusnetzen. In den Antworten zeigen sich die vielen Facetten dieser Technik.

Brigitte Kasper ist Chefredakteurin der NET in Kremen

**NET:** Wie schätzen Sie die aktuelle 5G-Lage in Deutschland ein?

**Antje Williams, SVP 5G Campus Networks bei der Deutschen Telekom:** Kürzlich hat die Telekom die größte 5G-Initiative Deutschlands angekündigt: Bis Jahresende wollen wir 50 % der deutschen Bevölkerung, d.h. über 40 Mio. Menschen, mit 5G versorgen. Hier sind wir auf einem sehr guten Weg. Für 5G nutzen wir sowohl neue als auch bestehende 4G-Standorte. Denn die neue Technik wird über LTE synchronisiert und ins Netz gebracht. 5G setzt sich quasi „Huckepack“ auf LTE. Und wir bauen die 5G-Antennen zusätzlich zum laufenden LTE-Ausbau.

Die LTE-Abdeckung in Deutschland liegt aktuell bereits bei 98,1 % der Bevölkerung. Deutschlandweit sind für die kommenden vier Jahre über 10.000 neue LTE-Mobilfunkstandorte geplant, die Hälfte davon im ländlichen Raum. Hinzu kommen mehrere Tausend LTE-Erweiterungen an bestehenden Masten. Dreiviertel der rund 30.000 Mobilfunkstandorte der Telekom sind heute technisch bereit für 5G.

Übrigens: Für die schnelle und erfolgreiche Einführung von 5G hat die Telekom bereits 2018 ein Acht-Punkte-Programm vorgelegt. Danach planen wir u.a. eine Abdeckung mit 5G für 99 % der Bevölkerung bis zum Jahr 2025. Auch in der Flächenabdeckung macht die Telekom einen großen Schritt: Bis 2025 sollen 90 % der bundesdeutschen Fläche mit 5G versorgt sein. Mit LTE kann dieser Wert bereits 2021 erreicht werden. Bei reinen Telefoniediensten liegt die Abdeckungsrate noch einmal höher. Mit diesen erheblichen Anstrengungen unterstreichen wir als Telekom unseren Anspruch, das beste deutsche Mobilfunknetz zu haben – heute und in Zukunft, und insbesondere im Bereich 5G.

**Sharath Muddaiah, Global Director of Business Development, 5G &**



Antje Williams, SVP 5G Campus Networks bei der Deutschen Telekom: „Kürzlich haben wir angekündigt, bis Jahresende 50 % der deutschen Bevölkerung, das heißt über 40 Mio. Menschen, mit 5G zu versorgen.“

(Foto: Deutsche Telekom)

**IoT bei Giesecke & Devrient:** Dank der BNetzA kann privates LTE überall in Deutschland eingesetzt werden, auch in Gebieten, in denen heute keine Mobilfunkversorgung vorhanden ist. Es ermöglicht Unternehmen und Organisationen, ihr Netz zu optimieren, ihre Daten intern zu sichern, ein besseres Kostenmanagement zu führen und spezifische Service Level Agreements (SLAs) zu unterstützen. Unternehmen, die in naher Zukunft solche in sich geschlossenen Netze einführen wollen, können dies mithilfe von Mobilfunknetzbetreibern (MNOs), Netzinfrastrukturspezialisten oder sogar Startups, die einfache „Network-in-a-Box“-Lösungen anbieten, einrichten. Privates LTE kann den heutigen Anforderungen bzw. Bedürfnissen der Kunden standhalten und ebnet den Weg zu den bevorstehenden 5G-Diensten.

Die meisten Diskussionen, die wir derzeit führen, drehen sich darum, wie und warum private Netze bestehende Wifi- oder Kabelnetze unterstützen oder sogar eine Alternative zu ihnen darstellen können. Herausforderungen sind dabei, hohe Leistungsanforderungen wie verbesserte Mobilität und Abdeckung von geschäftskritischen Bedürfnissen zu garantieren so-



*Sharath Muddaiah, Global Director of Business Development, 5G & IoT bei Giesecke & Devrient: „Die meisten Diskussionen, die wir derzeit führen, drehen sich darum, wie und warum private Netze bestehende Wifi- oder Kabelnetze unterstützen oder sogar eine Alternative zu ihnen darstellen können.“*

*(Foto: Giesecke+Devrient)*



*Roland Götz, Vorstand und Chief Operating Officer (COO) bei der LS Telcom AG: „Aber das Neue und eigentlich Interessante bei diesem Generationswechsel ist hier in Deutschland die Tatsache, dass es diesmal neben den Lizenzen für die Mobilfunknetzbetreiber auch Frequenzen für lokale oder sogenannte Campusnetze gibt.“*

*(Foto: LS Telcom)*



*Thomas Hainzel, Marktsegmentsleiter „Industrie & Logistik“ für Europa bei Nokia: „In den nächsten sechs bis zwölf Monaten erwarten wir Erkenntnisse aus den nun anlaufenden Projekten und Gespräche über die weitere Skalierbarkeit von privaten 5G-Netzen in Deutschland.“*

*(Foto: Nokia)*

wie den Bedarf an höheren Sicherheitsstandards, die die Stärken eines privaten Netzes sind, zu gewährleisten.

**Roland Götz, Vorstand und Chief Operating Officer bei der LS Telcom AG:** Die Mobilfunkversorgung, speziell mit LTE, ist in Deutschland nach wie vor nicht flächendeckend und in ausreichender Qualität vorhanden. Gerade wurde von der BNetzA bei deren Überprüfung der Erfüllung der Versorgungsaufgaben aus der Frequenzversteigerung 2015 festgestellt, dass alle drei Mobilfunknetzbetreiber die Versorgungsaufgaben nicht in vollem Umfang fristgerecht erfüllt haben.

In Deutschland wurde nun jüngst im Rahmen einer Auktion auch wertvolles 5G-Frequenzspektrum an die Mobilfunkbetreiber versteigert. Erste 5G-Signale sind in der Luft und erste Handys können bestellt werden. Die Weichen sind also gestellt, und einem Ausbau der Netze – bis zur letzten Milchkanne – steht kaum noch etwas im Wege. Ob 5G allerdings die Versorgungssituation in Deutschland kurzfristig wesentlich verbessern können wird, bleibt abzuwarten. Der höhere Frequenzbereich und die damit einhergehende geringere Reichweite pro Sender machen die flächendeckende Versorgung sicher nicht einfacher.

Aber das Neue und eigentlich Interessante bei diesem Generationswechsel ist hier in Deutschland die Tatsache, dass es diesmal neben den Lizenzen

für die Mobilfunknetzbetreiber auch Frequenzen für lokale oder sog. Campusnetze gibt. Diese mutige, federführende Entscheidung der BNetzA bringt Deutschland in eine Vorreiterrolle mit großer internationaler Beachtung. Für viele Industrieunternehmen und Organisationen bietet sich damit die Möglichkeit und Chance, ihr eigenes, individuelles und für ihre Belange maßgeschneidertes 5G-Mobilfunknetz auf ihren Grundstücken zu errichten und zu betreiben.

**Thomas Hainzel, Marktsegmentsleiter „Industrie & Logistik“ für Europa bei Nokia:** Wir erleben in Deutschland derzeit eine Konkretisierung der Private-LTE/5G-Aktivitäten, vor allem in den Bereichen Industrie, Transport, Logistik und Energie. In den letzten sechs bis zwölf Monaten hat sehr viel Informationsaustausch und Wissenstransfer über private Netze, die privaten Mobilfunklizenzen und mögliche Anwendungsszenarien stattgefunden. Sowohl Großkonzerne als auch der Mittelstand haben Innovationsprogramme ins Leben gerufen, Förderungen beantragt und Budgets reserviert. Trotz der aktuellen Corona-Krise und der damit verbundenen Herausforderungen zeichnet sich nun eine Konkretisierung der Projekte ab. D.h., aus der Vielzahl an Anwendungsfällen für private Netze werden häufig ein bis zwei Startkandidaten identifiziert, erste Proof-of-Concept-Projekte und kleine private Netze beauftragt, und die ersten Endgeräte

sind als Prototypen verfügbar. Somit sind mit lokaler Lizenz, Netzinfrastruktur und Endgeräten nun alle Voraussetzungen für den Start von Pilotprojekten vorhanden.

Auch auf der Beratungs- und Konzeptseite zeigt sich eine Entwicklung vom generellen Überblick hin zu technischen Ende-zu-Ende-Integrationskonzepten für konkrete Anwendungsfälle, Gesprächen über Funktionen in den nächsten Versionen 16 und 17 des 5G-Standards sowie über die Industrialisierung und Produktion der Endgeräteprototypen. In den nächsten sechs bis zwölf Monaten erwarten wir Erkenntnisse aus den nun anlaufenden Projekten und Gespräche über die weitere Skalierbarkeit von privaten 5G-Netzen in Deutschland.

**Harald Kraft, Network Design Consultant für Private LTE/5G Networks/IoT bei der Telent GmbH:** Aktuell besteht in Bezug auf private LTE- oder 5G-Netze in vielen Branchen großes Interesse, das in zahlreichen Proof of Concepts mündet. Die Vorteile von 5G liegen klar auf der Hand. Es müssen aber alle Beteiligten noch dazulernen: angefangen bei den Systemlieferanten, die bisher nur die großen Telekommunikationskonzerne als Kunden hatten, über die Endgerätehersteller, die sich mit den neuen Frequenzbändern noch schwer tun, bis hin zu den Systemintegratoren, die neue Möglichkeiten entdecken und verstehen müssen.

**Tobias Krzossa, Pressesprecher bei**

**Vodafone Deutschland:** Die Frequenzauktion am 12. Juni vergangenen Jahres war begleitet von vielen politischen Diskussionen. Im Ergebnis wurde dem Markt viel Geld entzogen, dass von den Mobilfunknetzbetreibern z.B. für das Stopfen der Funklöcher hätte ausgegeben werden können.

Vodafone will bei der Versorgung mit 5G vorne weg gehen und hat beispielsweise kurz nach der Auktion das erste 5G-Netz in Deutschland live geschaltet. Dieses Netz war allerdings noch recht klein und sollte dazu dienen, Erfahrungen mit dem neuen Mobilfunkstandard für mögliche Anwendungen in Stadt, Land und Betrieb zu sammeln. Aktuell haben wir gerade mehr als 400 5G-Mobilfunkantennen aufgestellt. Bis Ende 2020 wollen wir in Deutschland 10 Mio. Menschen mit 5G versorgen.

Unser 5G-Netz wächst. Von einem flächendeckenden Netz sind wir noch weit entfernt, aber 5G wird noch in diesem Jahr für viele Millionen Menschen und für zahlreiche Industriepartner alltäglich.

**NET:** Für welche Anwendungen/Aufgaben sind private Netze geeignet? Für welche nicht?

**A. Williams:** Die Deutsche Telekom bietet schon jetzt interessierten Kunden unterschiedliche maßgeschneiderte Lösungen an. Unser Angebot kann sowohl mit Telekom-Frequenzen als auch mit den lokalen Frequenzen umgesetzt werden. Die lokalen Frequenzen ergänzen das ohnehin schon reichhaltige Frequenzspektrum der Deutschen Telekom. Bei der Kombination aus öffentlichem Mobilfunknetz und privatem Netz sprechen wir von sog. Campusnetzen. Beide Netze decken gemeinsam ein definiertes Firmengelände, eine Universität oder einzelne Gebäude ab. Dabei ist das private Netz von außen nicht zugänglich. Das bedeutet, die Kapazität des Campusnetzes steht dem Kunden zu jeder Zeit exklusiv zur Verfügung. Die Telekom unterscheidet zwischen den Angeboten Campusnetz S, M und L.

Außerdem verlässlich bei Campusnet-



*Dipl.-Ing. Harald Kraft, Network Design Consultant für Private LTE/5G Networks/IoT bei der Telent GmbH: „Es müssen alle Beteiligten noch dazulernen – angefangen bei den Systemlieferanten über die Endgerätehersteller bis hin zu den Systemintegratoren.“*

(Foto: Telent)



*Tobias Krzossa, Pressesprecher bei Vodafone Deutschland: „Unser 5G-Netz wächst. Von einem flächendeckenden Netz sind wir noch weit entfernt, aber 5G wird noch in diesem Jahr für viele Millionen Menschen und für zahlreiche Industriepartner alltäglich.“*

(Foto: Vodafone)

zen: die Frist, innerhalb derer das Netz reagiert, also die sog. Latenz oder Reaktionszeit im Netz. So können z.B. Maschinen miteinander oder mit einem Rechenzentrum fast ohne Verzögerung kommunizieren. Aufgrund der geringen Latenz können sich auch Fahrzeuge mithilfe von Sensoren autonom über das Firmengelände bewegen. Durch die parallele Versorgung des Campus mit dem öffentlichen Mobilfunknetz sind auf dem Campus auch externe Anwendungen problemlos möglich, wie z.B. die Fernwartung von Maschinen durch die Herstellerfirma oder die Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern und Lieferanten. Weitere Vorteile der Campusnetze: starke Datensicherheit, schnelle Datenübertragung und hohe Zuverlässigkeit. Eigenschaften, die für digitalisierte Produktionsstätten unverzichtbar sind.

**Sh. Muddaiah:** Private Netze decken eine große Vielfalt von Anwendungsfällen ab, beispielsweise:

- **Stadien und Arenen:** Die Stadien können den Besuchern ein Hochgeschwindigkeitsinternet bieten und zeitgleich selbst die ganze Palette an Möglichkeiten (Push to Talk, Zugang zu sozialen Medien oder Sicherheitskameras, deren Signale live übertragen werden) nutzen.
- **Industrie-4.0-Anforderungen,** also die intelligente Fertigung mit ultraniedriger Latenzzeit und sehr hoher Zuverlässigkeit (bis zu 99,9999 %).
- **Universitätsgelände,** die Triple-Play-

Dienste und die Möglichkeit zum Roaming in ein Mobilfunknetz außerhalb des Universitätsgeländes bereitstellen, so dass sich private Netze wieder mit einem öffentlichen Mobilfunknetz verbinden können.

- **Unterirdische Stationen und gebäudeinterne Dienste** sind Beispiele, die Neutral Host Networks (NHN) nutzen, um Hochgeschwindigkeitsinternet unter Nutzung eines gemeinsamen Frequenzspektrums und mehreren Betreibern den Zugang zum Netz zu ermöglichen. Dies trägt zur Schaffung eines besseren Hochgeschwindigkeitszugangs in überlasteten Gebieten bei und ermöglicht sogar in sehr ländlichen Gebieten Highspeed-Zugang auf eine für Mobilfunknetzbetreiber finanziell vorteilhafte Art und Weise.

Die Priorisierung von Diensten auf der Grundlage von Inhalten ist ein großer Vorteil, der einem Unternehmen mit bestehenden Standards derzeit nicht zur Verfügung steht. All dies ermöglicht eine Priorisierung und Netzverwaltung, die nicht durch eine externe Mobilfunkabdeckung oder Netzüberlastung beeinträchtigt wird.

**R. Götz:** Nicht zuletzt getrieben durch die Digitalisierung unserer Gesellschaft und Industrie, aber auch den Megatrends Internet of Things, Industrie 4.0 und Maschine-zu-Maschine-Kommunikation werden hochwertige, sichere und zuverlässige Netzverbindungen immer wichtiger. Private Campusnetze bieten dabei eine interes-

sante Option mit folgenden Vorteilen:

- Man besitzt ein lizenziertes Band für exklusive Frequenzen und alleinigen Zugriff auf die volle Netzkapazität, eben nicht wie etwa bei WLANs, wo man unlizenzierte, frei zugängliche Frequenzen und die damit einhergehende Bandbreite mit beliebig vielen Mitbenutzern teilen muss.
- Man kann sich sein Netz so konfigurieren – etwa bezüglich Netzversorgung, Qualitätsparameter, Verfügbarkeit und Redundanzkonzept –, wie man es exakt für seine eigenen Anwendungen benötigt.
- Sensible Firmendaten bleiben im eigenen Netz, die Hoheit über wichtige Daten bleibt erhalten.

Besonders interessant ist das für Anwendungen, die „Business Critical“ oder gar „Live Critical“ sind. Überall dort, wo sicherheitskritische oder geschäftskritische Prozesse von drahtloser Kommunikation abhängen, wie sie z.B. im industriellen Umfeld, aber auch auf Flughäfen, in Transport & Verkehr, Versorgungsunternehmen, Krankenhäusern, Messen, bei Veranstaltungen oder in der Landwirtschaft vorhanden sind. Die Anwendungen selbst hängen dabei sehr stark vom jeweiligen Marktsegment ab.

**Th. Hainzel:** Private Netze bringen einige wichtige Eigenschaften mit, die bei der Auswahl der Anwendungsfälle ausschlaggebend sind: Zuverlässigkeit, d.h. weniger Netzunterbrechungen, stabilere Verbindungen und geringere Abhängigkeit von öffentlichen Netzen, Sicherheit, d.h. eine ausschließlich lokale Speicherung unternehmenskritischer Daten auf dem eigenen Campus und zusätzliche Authentifizierungsmechanismen im Vergleich zu WLANs. Hinzu kommt eine bessere Performance, d.h. schnellere Datenübertragung und kürzere Latenzzeiten für Echtzeitanwendungen. Ist eine Anwendung also geschäftskritisch und benötigt eine zuverlässige, sichere und hochleistungsfähige Datenverbindung, dann sind private LTE/5G-Netze die richtige Wahl. Denken Sie etwa an Transportfahrzeuge in einer Fabrikhalle, die Kommunikation zwischen zwei Robotern oder einem Roboter und einem Menschen entlang

einer Produktionsstraße oder hochauflösende Video-, Virtual- oder Augmented-Reality-Verbindungen zwischen den Fabrikarbeitern und einem zentralen Support-Büro. Anwendungsfälle wie vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) für Maschinen, mobile Kameras und Drohnen, aber auch die kabellose Steuerung sicherheitsrelevanter Funktionen von Maschinen sind als Anwendungsfelder prädestiniert.

Weniger geeignet sind private Netze für Anwendungen die über das Firmengelände hinausgehen oder eine Vielzahl an öffentlichen Teilnehmern anbinden, z.B. Track-and-Trace-Funktion im Logistikbereich, Smart-City/IoT-Lösungen im öffentlichen Bereich oder Netzkapazitätsverstärkung für Stadion- oder Einkaufszentrumsbesucher – hier sind die öffentlichen Netze die richtige Wahl.

**H. Kraft:** Wir sind sicher: In Zukunft gibt es keine Einschränkungen hinsichtlich der Einsatzgebiete von 5G. Die technischen Leistungsmerkmale sind kaum zu schlagen. Mobilität, Flexibilität gepaart mit technischen Eigenschaften bringen überzeugende Vorteile für viele Anwendungen. Aktuell haben wir Projekte im Bereich Industrie, Transport, Logistik und Energieversorgung. Die häufigsten Anwendungsbereiche sind Videoübertragung und -überwachung, Augmented Reality (AR) für Wartungsunterstützung, Steuerung selbstfahrender Fahrzeuge sowie die kontinuierliche Übertragung von Maschinen-, Prozess- und Produktionsdaten. Entscheiden sich Unternehmen für ein lokales privates Mobilfunknetz auf LTE- oder 5G-Basis, profitieren sie von zahlreichen Vorteilen. So kann z.B. das Netz individuell für die jeweiligen Anwendungen im Betrieb optimiert werden. Höchste Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit sind sichergestellt. Langfristig bietet das eigene Netz den Vorteil, es gemäß den eigenen wachsenden Ansprüchen oder Erfordernissen ausbauen zu können.

Die Abgrenzung zwischen privaten und öffentlichen Netzen hat die BNetzA klar definiert. Private Mobilfunknetze nutzen technikneutral (LTE oder 5G) ein eigenes Frequenzband

im Bereich 3,7 – 3,8 GHz. Die Frequenzzuteilung gilt nur für den Campus oder den Industriepark, falls sich mehrere Firmen zusammenschließen. Der Antragsteller betreibt das Netz eigenverantwortlich für firmeninterne Kommunikation. TK-Dienste für Dritte sind dabei nicht möglich, auch kein Roaming. Hinsichtlich der Anwendungen bedeutet dies, dass ein Endgerät den Campusbereich nicht verlassen kann, es sei denn, es schaltet auf eine zweite SIM-Karte für das öffentliche Netz um.

**T. Krzossa:** Es ist uns wichtig, richtige reale Projekte mit der Industrie zu verwirklichen. Dabei sind den Anwendungen, den Wünschen der Nutzer kaum Grenzen gesetzt. Es ist fast alles denkbar. Die 5G-Spielwiese ist riesig. Wir kennen erst ein sehr kleines Feld davon. Wir freuen uns darauf, gemeinsam mit unseren Partnern noch viele weitere Anwendungen kennenzulernen.

Ein Beispiel: In einem aktuellen Projekt staten wir Tankstellen vom Betreiber Total mit 5G aus. Die neuen Möglichkeiten sollen für unterschiedliche Szenarien genutzt werden – Kassen, Werbung, Alarmanlage, Kunden-WLAN. Die Anzahl und Diversität der Anwendungen machte 5G hierfür erforderlich. Dabei kann man für verschiedene Anwendungen unterschiedliche Prioritäten z.B. für Bandbreiten, Latenz usw. festlegen, das ist schon eine Art Network Slicing. Ende Februar sind die ersten Total-Tankstellen mit 5G ausgerüstet worden, eine in Erfurt und eine in Düsseldorf. Weitere sollen im Laufe dieses Jahres folgen.

**NET:** Die Errichtung eines privaten LTE/5G-Netzes ist eine komplexe Aufgabe. Welchen Herausforderungen muss sich ein Unternehmen stellen? Welche Voraussetzungen sollte es mitbringen? Was ist zu tun? Mit welchem Zeit- und Kostenaufwand muss gerechnet werden?

**A. Williams:** Wir sind bei der Entwicklung von Angeboten für die Industrie gut aufgestellt. Wir stellen der Industrie unser Know-how zur Verfügung und unterstützen sie. Wir bieten bereits Campuslösungen auf Basis von 4G an für unterschiedliche Bedarfe



und Betriebsgrößen. Und vor allem bieten wir natürlich eine große Erfahrung bei Aufbau und Betrieb von Mobilfunknetzen. Die Komplexität hier ist nicht zu unterschätzen.

Eine wichtige Voraussetzung ist, dass das Unternehmen bereits Abläufe und Prozesse erkannt oder definiert hat, die es optimieren möchte. Für die individuelle Planung von Campusnetzen ist entscheidend, welche Anwendung später über das Netz gesteuert werden soll. Darüber lassen sich bestimmte Kriterien (z.B. Latenzzeiten und Datendurchsatz) festlegen und genau jene Netzressourcen zusichern, die das Unternehmen benötigt.

**Sh. Muddaiah:** Private Netze können vor Ort eingerichtet werden. In dem Fall muss das Unternehmen über gute Mobilfunkkenntnisse verfügen, was in den meisten Fällen als Hürde angesehen wird. Alternativ kann auch ein privates Netz mit Vor-Ort-Funktionalität mithilfe von Cloud-Diensten erstellt werden. Je nach den Bedürfnissen kann also eine Capex- oder Opex-basierte Lösung zum Einsatz kommen, wobei Letztere keinen vollwertigen Zellkern erfordert. Während all diese Details am besten von den Systemintegratoren erklärt werden können, sind einige allgemeine Überlegungen definitiv bereits mit der bestehenden IT-Infrastruktur verknüpfbar (die in einigen Fällen auch Roaming oder kommerzielle Vereinbarungen mit anderen Netzbetreibern beinhalten können).

**R. Götz:** Hat nach entsprechender Abwägung der Pro und Cons ein Unternehmen sich entschlossen, seine eigenen Campusfrequenzen zu beantragen und diese auch erhalten, steht es vor der Aufgabe, ein auf die konkreten Bedürfnisse zugeschnittenes privates Netz zu konzipieren, zu planen, zu errichten und zu betreiben. Das ist für ein TK-branchenfremdes Unternehmen eine anspruchsvolle Aufgabe.

Die Unternehmen entwickeln – je nach Firmengröße und Relevanz der 5G-Anwendungen – ihre eigenen Strategien. Die einzelnen Projektphasen – Konzeption, Planung, Beschaffung, Installation, Betrieb/Überwachung – lassen sich dabei durchaus

unterschiedlich angehen. Von skalierbarem Einsatz und Unterstützung durch Beratungs- und Fachfirmen bis hin zu nahezu komplettem Outsourcing ist alles denkbar. Der Bedarf an Spezial-Know-how wie Funktechnik, Netzsicherheit und Cybersecurity wird sicherlich in den meisten Fällen bestehen.

Letztendlich muss der „neue private Netzbetreiber“ dafür Sorge tragen, dass seine 5G-Frequenzen optimal genutzt, verwaltet und geschützt werden, um Stillstands- und Ausfallzeiten zu minimieren und die Produktionssicherheit zu maximieren.

**Th. Hainzel:** Vor der Errichtung eines privaten Campusnetzes sollte sich das Unternehmen im Klaren sein, welche Anwendungsfälle aktuell und möglichst auch in Zukunft realisiert werden sollen. Daran orientiert sich die Auswahl der Technik, die technische Netzarchitektur, das Servicemodell und schlussendlich das Produkt. Vor allem für die kommerzielle Argumentation des Business Cases für die ersten ein bis zwei Anwendungsfälle ist eine langfristige Perspektive wichtig. Ein privates Campusnetz ist aber weit mehr als Netzinfrastruktur: Wenn es bereits ausgewählte oder bevorzugte Partner für Applikationen, Middleware-Plattformen oder Endgeräte gibt, sollten diese ebenfalls im Gesamtkonzept betrachtet werden. Schlussendlich stellt sich eine Frage:

### Leitfaden 5G-Campusnetze

Mit der Veröffentlichung des „Leitfaden 5G-Campusnetze“ (<https://tinyurl.com/y7c6qwxd>) bietet das BMWI vor allem kleinen und mittelständischen Unternehmen eine wichtige Orientierungshilfe zur Frage eines eigenständigen Netzbetriebs. Angesprochen sind insbesondere das produzierende Gewerbe und die Logistikbranche, durch die universelle Vorgehensweise kann er jedoch auf viele weitere Anwendungsbereiche übertragen werden. Der Leitfaden zeigt das Vorgehen bei Aufbau und Betrieb von 5G-Campusnetzen, Anwendungsgebiete, Eigenschaften sowie Betreibermodelle auf.

Wer baut, integriert und betreibt das Campusnetz – ein bestehender Partner/Systemintegrator, der Netzausrüster, ein Telekommunikationsdienstleister oder gar der Kunde selbst? Dieser Prozess der Anwendungsfallidentifizierung, der Netzplanung, der Installation und Integration sowie der Betriebsübergabe dauert im Schnitt neun bis zwölf Monate, abhängig von der Komplexität der Anwendungsfälle, Partnerbeziehungen und Lieferzeiten. Die Kosten für 5G-Campusnetze reichen von einem niedrigen sechsstelligen Betrag für begrenzte Proof-of-Concept-Installationen über einen mittleren sechsstelligen Betrag für erste Fabrikhallen bis hin zu siebenstelligen Beträgen für ganze Industriegelände.

**NET:** Was ist mit Betrieb und Wartung?

**A. Williams:** Campusnetze der Telekom werden als Network-as-a-Service-Produkt angeboten. Die Telekom kümmert sich neben der Planung, Konstruktion und dem Aufbau der Infrastruktur auch um den Betrieb des Netzes. Dabei werden – je nach Anforderungen der Kunden – unterschiedliche Quality-of-Service-Komponenten zugesichert, die sich auf zugesicherte Netzressourcen beziehen (Zuverlässigkeit, Latenzzeit, Datendurchsatz). Auch der Service wird berücksichtigt mit bestimmten Entstör-/Servicezeiten, einer Hotline und einem technischen Helpdesk.

**NET:** Gibt es bereits ausgewählte oder bevorzugte Partner für Applikationen, Endgeräte?

**Th. Hainzel:** Bei den Applikationen sind Campusnetze sehr flexibel. Es können sowohl bestehende als auch neue Anwendungen integriert werden. Einige Netzausrüster bieten basierend auf ihrer Netzinfrastruktur auch ein Applikationsportfolio an, so z.B. Nokia mit einer Videoanalyse-, Positionierungs-, Sprach-/Videokommunikations- oder Drohnenlösung. Wichtig für die Anwenderunternehmen sind auch die Integration von Industrieprotokollen und -Gateways in private Campusnetze.

In Sachen Endgeräte stellt die 3GPP-Standardisierung der 4G/5G-Mobil-

funktechnik sicher, dass die unterschiedlichsten Endgeräte mit den Campusnetzen kompatibel sind. Abhängig von der Technik- und Architekturauswahl können Unternehmen auf eine breite Anzahl an Lieferanten zurückgreifen – soweit die Theorie. In der Praxis kommen wir um Integrationstests zwischen Endgerät und Netz nicht herum, woraus sich dann eine Liste an Geräten ergibt, die geeignet sind.

**NET:** Ein großer Vorteil privater LTE/5G-Netze ist die Datensicherheit. Was muss dafür getan werden?

**A. Williams:** Campusnetze bieten eine hohe Sicherheit, da sie auf lizenziertem Spektrum und gemanagten Netzressourcen basieren. Die Datenverarbeitung beim Telekom-Produkt Campusnetz L findet beim Kunden vor Ort über das sog. Core in a Box statt. Diese Hardwarekomponente ist ein kleines Kernnetz, das von unserem Partner Ericsson bereitgestellt wird. Die Datensicherheit ist dadurch nicht höher als im regulären Mobilfunknetz. Für viele Kunden ist aber entscheidend, dass ihre geschäftskritischen Daten getrennt vom öffentlichen Mobilfunknetz verarbeitet werden.

**Sh. Muddaiah:** Bei privaten Netzen haben Sie Zugang zu allen Netzereignissen. Dadurch wird sichergestellt, dass Sie über jede Anomalie, Fehlfunktion oder jeden Hackversuch informiert sind. Zweitens können Sie sicherstellen, dass die Daten lokal bleiben, indem Sie sie mit der Firewall Ihrer bestehenden Organisation verbinden. Hier muss sichergestellt werden, dass die Sicherheitsrichtlinien der Organisation auch die bestehenden privaten Netze widerspiegeln. Dies bietet sowohl Signal- als auch Datensicherheit.

Mit LTE haben Sie die volle Kontrolle über alle Geräte, die sich in Ihrem Netz befinden, indem Sie die grundlegenden Authentifizierungsprinzipien nutzen, die von der PKI (Public Key Infrastruktur) auf der SIM-Karte bereitgestellt werden. Zusätzlich werden alle Funkgeräte in privaten Netzen verschlüsselt, genau wie in den bekannten MNO-LTE-Netzen.

**R. Götz:** Datensicherheit ist in der Tat

ein sehr wichtiges Argument, weshalb sich Unternehmen für ein privates LTE/5G-Netz entscheiden. Dabei geht es in erster Linie darum, wie weit man seine Daten und Datenströme in „fremde Hände“ bzw. in ein fremdes Funk- und/oder Festnetz legen will. Aber auch die Frage, inwieweit man die Funktionalität der betriebsinternen automatisierten digitalen Prozesse von einem externen (globalen) Netzbetreiber abhängig machen möchte, spielt eine Rolle.

Beim eigenen, privaten LTE/5G-Netz bleiben sensible Firmendaten im eigenen Netz, das Unternehmen behält die Hoheit über diese, seine Daten. Zudem sind individuelle, maßgeschneiderte Konzepte zur IT- und Datensicherheit passend zu den eigenen Anwendungsfällen möglich.

**Th. Hainzel:** Für viele Unternehmen ist der erste Sicherheitsaspekt bereits die Tatsache, dass sämtliche Daten auf dem Campus bleiben und diesen nicht verlassen. Auch das Vertrauen in den Hersteller bzw. Betreiber der Netztechnik spielt eine Rolle. Darüber hinaus gelten die folgenden Prinzipien: Erstens kann durch eine durchdachte Netzplanung und die Nutzung unterschiedlich starker Antennenvarianten für Innen- und Außenbereiche sichergestellt werden, dass das Funknetz nur das Firmengelände abdeckt und von außen rein technisch nicht erreicht werden kann. Zweitens beginnt die Sicherheit im Campusnetz bereits bei der SIM-Karte und deren Authentifizierung im Netz. Wer keine entsprechende SIM-Karte bzw. eSIM-Konfiguration besitzt, kann sich nicht

### Besonderes Augenmerk auf Funkschutz legen

*Welchen Herausforderungen muss sich ein Unternehmen stellen? Welche Voraussetzungen sollte es mitbringen?*

- Willen zur Digitalisierung;
- Mut zu Neuem.

*Was ist zu tun?*

- Situationsanalyse, Grundlagenermittlung, Funkinventur;
- Digitalisierungsplan, Definition der Use Cases;
- Systemkonzeption;
- Frequenzbeantragung bei der BNetzA;
- Netzdesign und Planung;
- Beschaffung;
- Errichtung;
- Inbetriebnahme, EMF-Messungen;
- Funkschutz;
- Betrieb und Monitoring.

*Mit welchem Zeit- und Kostenaufwand muss gerechnet werden?*

- Die Kosten für die Frequenznutzung sind vergleichsweise günstig (die Kosten bei 0,1 km<sup>2</sup> industrieller Siedlungs- und Verkehrsfläche liegen für die maximale Bandbreite von 100 MHz bei lediglich ca. 4.000 €).
- Der Zeit- und Kostenaufwand ist sehr individuell, unterschiedlich und hängt vom jeweiligen Szenario und den daraus abgeleiteten An-

forderungen des Netzes hinsichtlich Größe, Versorgungsgrad, Kapazität, Redundanz und Netzsicherheit ab.

*Was ist mit Betrieb und Wartung?*

- Unterschiedliche Betriebsmodelle sind denkbar – vom Eigenbetrieb über den unterstützten Betrieb bis hin zum Outsourcing. Das passende Model hängt hier sicher sehr individuell von den eigenen Belangen, den Applikationen und der Komplexität des Systems ab. Nicht zuletzt spielen die verwendete Systemtechnik und die vom Hersteller angebotenen Modelle und Services eine maßgebliche Rolle.
- Wie bei allen „kritischen Netzen und Infrastruktur“, wo Nichtverfügbarkeiten oder Netzausfälle fatale Folgen für Geld oder Leben haben können, ist ein besonderes Augenmerk auf den Funkschutz zu legen. Permanentes Spektrum-Monitoring als Frühwarnsystem zur Vermeidung, Identifikation, Ortung und Behebung von Funkstörungen und daraus bedingten Systemausfällen – begründet durch defekte Geräte, Systeminkompatibilitäten oder mutwillige Sabotage – ist sehr empfehlenswert.

Roland Götz, LS Telcom

im Campusnetz anmelden. Und drittens verfügen Campusnetze über zahlreiche Sicherheitsfunktionen auf Softwareebene, um Eindringlinge auszuschließen. So z.B. können eigene, virtuelle Zugriffspunkte für sehr kritische Anwendungen geschaffen und Anomalien, Trends und Abweichungen in der Datenübertragung analysiert werden.

All diese Sicherheitsaspekte kommen aus dem klassischen Mobilfunkstandard, sind auf Campusnetze über-

tragbar und unterscheiden diese wesentlich von anderen Funktechniken, wie z.B. WLAN, Bluetooth oder LoRa.

**H. Kraft:** Ein entscheidender Vorteil von lokalen privaten Mobilfunknetzen auf LTE- oder 5G-Basis ist, dass das Netz individuell für die jeweiligen Anwendungen im Betrieb optimiert werden kann. Höchste Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit sind sichergestellt: Kommt es doch einmal zu einer Störung, lässt sich die Infrastruktur in kürzester Zeit wiederherstellen, was

hohe Ausfallkosten vermeidet. Da die übertragenen Daten den eigenen Campus nicht verlassen müssen, sondern lokal verarbeitet werden, sind die privaten Mobilfunknetze extrem sicher. Auch hinsichtlich potenzieller Angriffe von außen bietet ein örtliches und durch eigene Maßnahmen gut abgesichertes Netz nur wenig Angriffsfläche.

Langfristig bietet das eigene Netz den Vorteil, es gemäß den eigenen wachsenden Ansprüchen oder Erfordernis-

### Bevor das Campusnetz „on Air“ geht

Die Mobilfunktechnik hat sich über Jahrzehnte entwickelt und musste sich weltweit täglich im harten Live-Betrieb, unter den kritischen Augen der öffentlichen Mobilfunkbetreiber und deren hohen Anforderungen, behaupten. Der eingeflossene Erfahrungsschatz ist unermesslich. Die 5G-Technik ist aber weder technisch, noch preislich mit Consumer-Technik vergleichbar. Unternehmen, die diese Technik einsetzen möchten, sollten daher genau ihre Zielanwendungen und das Einsparpotenzial, das sie mit der Einführung von 5G erreichen möchten, kennen. Einmal eingeführt, eröffnet 5G jedoch Anwendungen, die bislang undenkbar waren und wird in drei bis fünf Jahren sicher die vorherrschende Netztechnik sein.

Bevor das Mobilfunknetz jedoch auf dem Campus „on Air“ geht, stehen verschiedene Schritte an: Konzept, Lieferung, Aufbau, Inbetriebnahme und die Integration in die Netztechnik des Kunden. Diese Aktivitäten inklusive des erforderlichen Projektmanagements kann der Kunde ganz oder teilweise auch an erfahrene Netzintegratoren übergeben und sich auf sein Kerngeschäft konzentrieren.

In der Regel beginnt alles mit einer Durchsprache der geplanten Anwendungen des Kunden und des gewünschten Ausbaus des Netzes auf dem Campus. Bei einer Ortsbesichtigung können dann schon die möglichen Montageorte der Antennen besprochen werden. Outdoor-Mobilfunkantennen haben die Größe von etwa zwei Schuhkartons, Indoor-An-

tennen sind deutlich kleiner. Die Anzahl der Antennen und den jeweiligen Montageort ermitteln Planungsexperten aus den Gegebenheiten vor Ort, den Anforderungen des Kunden und aus einer Funkfeldplanung. Diese Informationen sind wichtig für die Beantragung der Frequenzzuteilung mit der erforderlichen Bandbreite bei der BNetzA. Der Antrag erfordert u.a. das Ausfüllen der technischen Antragsformulare und die Erstellung des Frequenznutzungskonzepts.

Die Kosten für die Frequenzzuteilung in Deutschland sind sehr moderat. Möchte man z.B. ein im Siedlungsgebiet gelegenes Firmengelände von 1 km<sup>2</sup> Fläche komplett funktechnisch mit einer Bandbreite von 10 MHz abdecken, so fallen für die Zehnjahreszuteilung der Frequenz insgesamt 3.000 € an – zzgl. eines Sockelbetrages von 1.000 €. Der erstgenannte Betrag kann linear hochgerechnet werden, wenn man mehr Bandbreite oder eine größere Fläche beantragt. Die Zuteilung der Frequenz erfolgt recht schnell in weniger als zwei Wochen.

Die Installation der Hardware eines privaten Mobilfunknetzes ist nicht kompliziert. Der zentrale Teil des Netzes – das Core Network – passt meist in ein kleineres Rack und wird vom Systemintegrator vorkonfiguriert geliefert, inklusive SIM-Karten. Verlegt werden dann noch die Glasfaserleitungen zwischen Rack und den Mobilfunkantennen.

Ein nicht zu unterschätzender Teil bei Mobilfunkprojekten ist die Umset-

zung der Applikationen und deren Integration in die bestehenden Kommunikationsnetze des Kunden. Video- und Produktionssteuerungs- oder selbstfahrende Fahrzeuge haben eine Vielzahl von Umsetzungsmöglichkeiten mit unterschiedlicher Komplexität und damit verbundenen Kostenoptionen und können daher als eigene Projekte betrachtet werden. Ihre Optimierung kann wiederum Rückwirkungen auf die Konfiguration des Mobilfunknetzes haben. Leider ist es aktuell so, dass die Auswahl der Endgeräte (Handys, Tablets, Computer, Industriemodems), die im Frequenzband für private Netze in Deutschland arbeiten, recht begrenzt ist. Das wird sich aber bald ändern. Für Betrieb und Wartung des privaten Mobilfunknetzes bieten viele Systemhersteller eigene Cloud-Lösungen an, über deren Portale der Kunde oder ein Dienstleister zu Netzüberwachungszwecken zugreifen und auch bestimmte Netzmanagementfunktionen ausführen kann. Eine wichtige Rolle spielen spezialisierte Systemintegratoren wie die Telent GmbH, die die passende Systemtechnik auswählen und maßgeschneiderte Netzlösungen und Support-Dienstleistungen für die jeweiligen Kundenanwendungen anbieten. Zwar ist das ganze Mobilfunksystem kompakter und auch über die Oberflächen einfacher zu konfigurieren, doch arbeitet tief unter der „Motorhaube“ ein komplexer „Carrier-Grade“-Core mit all seinen Einstellmöglichkeiten, in den nur mit viel System-Know-how eingegriffen werden sollte.

*Harald Kraft, Telent*

sen ausbauen zu können. So besteht die Herausforderung insbesondere im industriellen Umfeld, behütete und abgesicherte Produktionsnetze mit der Büro-IT-Welt zu koppeln. Dies erfordert Know-how und die Bereitschaft, den Experten beider Welten gut zuzuhören und gemeinsam die erforderlichen Sicherheitsrichtlinien umzusetzen. Es gibt hierfür noch keine Standardlösung. Wir sind jedoch sicher, dass die Sicherheitsanforderungen nur durch private Netze erfüllt werden können.

**T. Krzossa:** Die Maßnahmen für ein erhöhtes Sicherheitsaufkommen, wie z.B. Verschlüsselung, werden ein wichtiger Baustein für 5G-Campusnetze. Wichtig ist für viele Unternehmen, dass sensible Daten vor Ort verarbeitet werden und nicht nach außen gelangen.

**NET:** Welche technischen Entwicklungen zeichnen sich in Bezug auf private LTE/5G-Netze ab?

**A. Williams:** Neben dem Produkt Campusnetze (Kombination aus öffentlichem und privatem Mobilfunk) stellt die Telekom auch rein private Lösungen zur Verfügung, die das lokale Spektrum bei 3,7 GHz nutzen. Erst kürzlich hat die Telekom ihr erstes privates 5G-Campusnetz im Center Connected Industry am Campus der RWTH Aachen als Testumgebung eingeschaltet. Mit Ericsson nutzen wir hier die 5G-Standalone-Technik. Gemeinsam mit interessierten Industriekunden prüft die Telekom die Umsetzung von sog. Private-only-Netzen. Zudem entwickelt die Telekom das Portfolio der Campusnetze weiter. In Kürze werden die Produkte auch 5G-fähig sein.

**Sh. Muddaiah:** Wir sehen, dass es ein großes Bedürfnis bei Unternehmen gibt, in unserer zunehmend vernetzten Gesellschaft agil zu bleiben. Der Bedarf an flexibler, globaler Konnektivität wächst. Die Verringerung der logistischen Komplexität zugunsten von mehr Flexibilität erfordert innovative Ansätze. Hier kommt das SIM & Device Management ins Spiel. Wenn man neue Geschäftsmodelle in Betracht zieht und das am Beispiel des klassischen Mietens erklärt, bedeutet

dies Folgendes: Es muss ein Onboarding stattfinden, und der Gast muss einen sicheren Zugang zum privaten Netz von Unternehmen A erhalten, der für die vereinbarte Zeit in der Einrichtung aktiv bleiben muss. Nach getaner Arbeit muss er vom Netz A genommen und in das private Netz von Unternehmen B gebracht werden, wo er z.B. seine nächste Geschäftswoche plant. Diese dringend benötigten Dienstleistungen im Bereich des Geräteidentitätsmanagements und der Verwaltung von Berechtigungsnachweisen werden u.a. von G+D erbracht.

Darüber hinaus bietet G+D auch Profilmanagementdienste zwischen privaten und öffentlichen MNO-Netzen an, ebenso das Verbergen und Verschlüsseln von Identitäten (IMSI) innerhalb der kommenden 5G-Standalone-Netze.

**R. Götz:** Seitens der Technik ist sicherlich der im Sommer 2020 erwartete 5G Release 16 (3GPP 5G Standard) sehr wichtig. Die neue Spezifikation gilt als wichtiger Meilenstein für das 5G-Ökosystem, und viele Neuerungen darin betreffen insbesondere die Industrie. Als Beispiel sei die Verbesserung der Latenz für Low Latency Communication (uRLLC) genannt, eine Funktion, die einen vollständigen Ersatz von kabelbasiertem Ethernet in Fabriken ermöglicht.

Neue Anwendungsmöglichkeiten (Use Cases, Applikationen) werden derzeit bereits kontinuierlich entwickelt. Die Entscheidung der BNetzA, Campusnetze zu lizenzieren, wirkt sich hier positiv und motivierend auf die Innovationsbereitschaft der Industrie aus. Man wird sicherlich zukünftig neben Standardanwendungen auch verstärkt branchen- oder sogar firmenspezifische Anwendung sehen.

**Th. Hainzel:** Der 4G/LTE-Standard ist mittlerweile über zehn Jahre alt, und wir haben mit Nokia bereits über 150 4G-Campusnetze installiert bzw. aktuell in Betrieb. Der derzeitige Trend geht ganz klar in Richtung 5G-Campusnetze – mit höheren Datenraten, kürzeren Latenzzeiten, einer höheren Zahl an Datenverbindungen pro Antenne und mehr Flexibilität beim Netzdesign. Die Verfügbarkeit von

lokalem Spektrum in Deutschland, England und anderen Ländern trägt zu dieser Entwicklung maßgeblich bei.

Technisch ist 5G heute im sogenannten Non-Standalone-Modus, also mit einer parallelen 4G-Netzebene für das Netzmanagement, verfügbar und wird für erste Pilotprojekte auch schon eingesetzt. Für den Industriebereich ist aber ein 5G-Standalone-Campusnetz noch einmal deutlich interessanter, da keine parallele 4G-Netzinfrastruktur benötigt wird und die noch zu erwartenden 5G-Funktionen rund um extrem kurze Latenzzeiten, eine höhere Anzahl Verbindungen pro Antenne und Echtzeitunterstützung in den späteren 5G-Releases 16 und 17 auf eben diesem 5G-Standalone-Modus aufsetzen.

Die Netzinfrastruktur für 5G-Standalone ist ab Sommer 2020 verfügbar, die Endgeräte dafür sind ebenfalls im Kommen. Wir erwarten hier in der zweiten Jahreshälfte 2020 die ersten Pilotprojekte. Für die Umsetzung von Industrieprotokollanwendungen und sicherheitskritischen Applikationen müssen wir uns aber noch ein wenig gedulden, da diese 5G-Features nicht vor 2021 im Standard zu erwarten sind.

**H. Kraft:** Die bestehenden Lösungen für private Mobilfunknetze der bekannten Systemhersteller sind – auch preislich – auf größere Industriekunden fokussiert. Doch bilden sich inzwischen Produkte heraus, die zentrale Funktionsblöcke als Cloud-Lösung anbieten. Dadurch sind diese auch für kleinere Netze interessant.

Durch die Corona-Krise wird es zu leichten Verzögerungen in der Verabschiedung der nächsten Releases des 5G-Standards kommen. Bei heute schon 5G-fähigen Systemen wird sich dies hauptsächlich auf die softwaretechnische Realisierung von Leistungsmerkmalen auswirken, die die Einführung von 5G-Netzen und Applikationen jedoch kaum beeinflussen.

**T. Krzossa:** Hier ist beispielsweise das schon erwähnte Network Slicing zu nennen. Mit seiner Hilfe kann man für bestimmte Anwendungen einzelne „Netzscheiben herausschneiden“ und Parameter oder Eigenschaften wie



z.B. Geschwindigkeit, Sicherheit, Servicelevel, Bandbreite festlegen und damit das Netz individuell an die Bedürfnisse des Kunden anpassen. Bei den Anwendungen dürften Augmented-Reality-Lösungen enorm an Fahrt aufnehmen, für die Industrie, aber auch für die Sportbranche.

**NET:** Nennen oder beschreiben Sie kurz beispielhaft ein Produkt(e)/eine Lösung/eine Anwendung/Entwicklungen Ihres Unternehmens.

**A. Williams:** Die Deutsche Telekom liefert Unternehmen Campuskonnektivität, Edge-Computing und digitale Anwendungen – alles aus einer Hand. Viele neuartige Anwendungsfälle erfordern Edge-Computing mit niedriger Latenz und hoher Leistung auf dem Campus. Mit EdgAIR bietet die Deutsche Telekom eine Plattform mit extrem niedriger Latenz für sicheres und leistungsstarkes Edge-Computing, die nahtlos an unsere Campuskonnektivität sowie an die öffentliche Cloud anschließt.

**R. Götz:** Die LS Telcom AG bietet ein breites Produktportfolio bestehend aus professionellen Dienstleistungen, sowie Systemlösungen bestehend aus selbstentwickelten Softwaremodulen und Hardwarekomponenten rund um die Thematik private LTE/5G-Campusnetze an.

Schwerpunkte dabei sind:

- Sicherstellung betriebssicherer Funkkommunikation:
  - Spektrum Consulting, Frequenzbeantragung & Behörden-Engineering;
  - Konzeption & Planung betriebssicherer, zuverlässiger Funkversorgung in anspruchsvoller Umgebung;
  - Spektruminventur zur Validierung der aktuellen Funknutzung und als Grundlage für die zukunftssichere Planung zuverlässiger Systeme;
  - Koexistenzanalysen und Interferenzbetrachtungen zwischen unterschiedlichen Funkdiensten;
  - Frequenznutzungs-Datenbank,
  - Spektrummanagementsystem mySpectra;
- vorbeugender Funkschutz:
  - aktives Spektrummanagement: Erstellung eines Regelwerks und Etablierung einer Spektrumdatenbank zur Verwaltung der Funklizenzen

und Überwachung der Genehmigungsprozesse;

- permanentes Spektrum-Monitoring-System LS Observer als Frühwarnsystem zur Erkennung, Identifizierung, Protokollierung, Ortung und Behebung von Anomalien und Funkstörungen und zur Vermeidung daraus bedingter Systemausfällen;
- Spektrum-Monitoring as a Service.

**Th. Hainzel:** Nokia hat eine 4G/5G-Campusnetzlösung, die Nokia Digital Automation Cloud, für den Enterprise-Bereich (Industrie, Transport, Logistik, Energie, aber auch den öffentlichen Sektor) entwickelt, die

- die Komplexität eines klassischen Mobilfunknetzes für den industriellen Endkunden reduziert und durch einfache Handhabung bei Installation und Betrieb bei vollem Funktionsumfang punktet.
- mit einem kommerziellen Pay-as-you-Grow-Modell abhängig von der Netzgröße mit dem Endkunden mitwächst – vom kleinen Pilotprojekt über erste Industriehallen bis zum Vollausbau eines ganzen Industrieparks.
- skalierbar und sowohl für Mittelstand, Großunternehmen oder multinationale Konzerne geeignet ist.
- im Hinblick auf Installation und Integration, aber auch Betrieb und Wartung auf die Anforderungen und Möglichkeiten des Endkunden zugeschnitten werden kann – vom Selfservice-Onlineportal über Ende-zu-Ende-Planungs- und -Integrationsleistungen bis zum vollständigen Managed-Service-Ansatz mit einem Partner.
- nicht nur Konnektivität, sondern auch Endgeräte, eine offene Edge-Computing-Plattform sowie ein Applikations-Framework mit zahlreichen „Out-of-the-Box“-Anwendungen zu Videoanalyse, Positionierung, Sprach-/Videokommunikation u.v.m. liefert.

**H. Kraft:** Die Telnet GmbH bietet als Integrator für Telekommunikationsnetze seit vielen Jahren maßgeschneiderte Technikhösungen und Services in den Bereichen moderner IP- und Betriebsnetze, PMR, IoT, Wireless-Access (pLTE/5G) sowie für die Elektromobilität und Cybersecurity. In einem breiten Branchenumfeld für eine Vielzahl



Mit der Nokia Digital Automation Cloud wird die Komplexität eines klassischen Mobilfunknetzes für den industriellen Endkunden reduziert (Foto: Nokia)

an Kunden entstehen immer wieder neue Projekte, bei denen selbst in gleichen Branchen sehr unterschiedliche Anforderungen und Applikationen für Kunden umzusetzen sind. So unterstützte Telnet z.B. einen Stuttgarter Spezialisten für Gefahrstofflogistik bei der Beantragung einer Mobilfunklizenz für sein privates 5G-Netz. Das Unternehmen erhielt als deutschlandweit erster Logistikdienstleister eine eigene 5G-Lizenz. Für die Gefahrstofflogistik ist Sicherheit und ein hohes Maß an Transparenz der komplexen Logistikprozesse unabdingbar. Ausschlaggebend für die Entscheidung für ein privates 5G-Netz war, dass die hohe Datenübertragungsrate innerhalb des 5G-Netzes u.a. reibungslose Abläufe innerhalb der Liefer- und Prozesskette garantiert und damit Voraussetzung dafür ist, Betriebsabläufe entsprechend zu automatisieren.

**T. Krzossa:** Mit der Lufthansa haben wir in Hamburg einen Flugzeughangar komplett mit 5G ausgestattet. Vorher wurde mit einem WLAN gearbeitet, allerdings gingen die Signale nicht durch die Flugzeugrümpfe durch. Sie wurden aber von den Technikern für AR-Anwendungen benötigt. Und dann haben wir für den VfL Wolfsburg eine 5G-Echtzeit-App entwickelt. Will der Zuschauer im Stadion in Echtzeit zusätzliche Informationen erhalten, z.B. zur Geschwindigkeit eines Spielers oder des Balls bei einem Elfmeter, muss er nur sein Smartphone Richtung Spielfeld halten. Die Resonanz beim Test – Einsatz des Prototypen beim Spiel gegen Hoffenheim – war jedenfalls enorm.