

Auf dem 5G-Weg

5G-Kompetenzzentren in Deutschland

Gerhard Kafka

Neue Anwendungen wie beispielsweise in den Bereichen intelligente Fahrzeuge und Internet of Things (IoT) erfordern auch neue Techniken und Netze. 5G – zugleich Evolution und Revolution bestehender Mobilfunknetze – soll diese Anforderungen erfüllen. Die Entwicklung wird derzeit weltweit forciert, wobei Deutschland mit Unterstützung der Bundesregierung eine führende Rolle einnehmen soll. Den Beweis dafür liefern zahlreiche deutsche Forschungsprojekte.



Ein ausführlichen tabellarischen Überblick über 5G-Aktivitäten in Deutschland halten wir für interessierte NET-Abonnenten im Heftarchiv 5/17 unter www.NET-im-web.de bereit.

Gerhard Kafka arbeitet als freier Fachjournalist für Telekommunikation in Egling bei München

„Wir wollen, dass Deutschland zum Leitmarkt für 5G wird und als erstes Land ein flächendeckendes 5G-Netz bereitstellt“, heißt es in dem Strategiepapier „5G – Initiative für Deutschland“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Dafür sollen im Rahmen eines 5-Punkte-Plans folgende Voraussetzungen geschaffen werden:

- benötigte Frequenzen bereitstellen;
- „Dialogforum 5G“ zur Vernetzung der Industriepartner einrichten;
- Forschung vorantreiben;
- Beispiele für konkrete Anwendungen schaffen;
- 5G-Rollout beschleunigen.

Die 5G-Technik wird eine Reihe von revolutionären Eigenschaften besitzen. Hier ein Blick auf die besonderen Vorteile von 5G:

- Echtzeitkommunikation und -reaktion aufgrund der angestrebten Latenzzeiten zwischen 1 und 5 ms möglich; Voraussetzungen für ein taktiles Internet;
- ultrahohe Datenraten von bis zu 20 Gbit/s in einer Zelle;
- Netze zu 99,999 % verfügbar;
- 10 x geringerer Energieverbrauch;
- direkte Kommunikation der Endgeräte miteinander.

5G-Aktivitäten

Derzeit laufen in Deutschland bereits diverse 5G-Aktivitäten, von denen einige an dieser Stelle vorgestellt werden. Eine detaillierte Übersicht über 5G-Aktivitäten in Deutschland ist als Zusatzinformation auf www.NET-im-web.de zu diesem Beitrag eingestellt.

Dresden 5GLab

Die größte deutsche 5G-Forschungseinrichtung wird seit September 2014 an der TU Dresden betrieben. Ihre Leitung liegt in den Händen von Prof. Gerhard Fettweis, Inhaber des Vodafone-Stiftungslehrstuhls Mobile Nach-

richtensysteme, und Prof. Frank Fitzek, Inhaber Deutsche Telekom Lehrstuhl für Kommunikationsnetze. Die Mission des 5GLabs: „Wir adressieren die massiven Anforderungen mit einem ganzheitlichen Konzept und versuchen die Konvergenz von Fest- und Mobilfunknetz zu bewältigen.“ Im Detail bedeutet dies, den technischen Durchbruch zu erzielen, als Meinungsbildner 5G zu gestalten, Laborbeispiele und Testfelder zu liefern, mittels Techniktransfer und Kooperationen Business-Innovationen zu erarbeiten sowie als einfacher One-Stop-Shop für komplexe 5G-Forschungsthemen zu agieren. Seit der Gründung des 5GLabs wurden bereits mehr als 25 Startups mit dem Fokus auf Siliziumsysteme, Funktechniken, Mobile Edge Cloud und taktile Internetapplikationen gegründet.

Das 5GLab in Dresden steht auch Besuchern offen. Die dort gezeigten verschiedenen 5G-Anwendungen (*Bild 1*) sind ebenso für den Laien verständlich. Als Beispiele seien genannt: Connected Cars, autonomes Fahren, eine in Echtzeit ferngesteuerte künstliche Hand, der Einfluss von Latenz beim Fangen eines Balls mittels VR-Brille und das berührungslose Steuern von Objekten oder humanoiden Robotern durch Gesten. Als jüngste Kooperation wurde die Zusammenarbeit mit HPE bekanntgegeben, in deren Rahmen die Auswirkungen von 5G-Netzen und HPE Edgeline Converged Edge Systems auf Telekommunikation und Mobilität untersucht werden.

Zu den technischen Herausforderungen bei Forschung und Entwicklung sowie den Arbeitsschwerpunkten befragt, erklärte Dr.-Ing. Rico Radeke, stellvertretender Leiter des 5GLabs, dass insbesondere neue Übertragungsverfahren, die speziell bei zeitkritischen Anwendungen, welche eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sowie Reaktionszeiten im einstel-

ligen Millisekundenbereich benötigen, erforderlich sind, im Fokus stehen. Die bekannte Leitungs- und Paketvermittlung ist dafür nicht geeignet. Radeke



Bild 1: Unter den vielen Demonstratoren des 5GLabs sticht die zuverlässige Versorgung von hundert Endgeräten mit Multicast-Inhalten über 5G besonders ins Auge (Quelle: 5GLab Dresden)

selbst arbeitet am sog. Network Coding, bei dem Informationen parallel und mathematisch codiert über mehrere Wege übertragen werden. Der Empfänger kann so die korrekte Information garantiert in Echtzeit verarbeiten.

5G Berlin-Initiative

Die 5G Berlin-Initiative wurde bereits 2014 durch die Fraunhofer-Institute HHI und Fokus initiiert und seither kontinuierlich fortentwickelt. Im Juli 2016 fiel dann der Startschuss für das 5G-Testfeld im Zentrum Berlins rund um den Ernst-Reuter-Platz. Als weitere Partner sind der Berliner Senat, das Land Brandenburg sowie die Netzbetreiber Deutsche Telekom und Vodafone beteiligt. Der Fokus liegt auf der Entwicklung und Realisierung von Testplattformen, Kernnetztechniken und cloudbasierten Dienstplattformen sowie Software Defined Radio und Networks (Bild 2). Informationen zu den einzelnen Projekten liefert die Website (www.5G-Berlin.org). Über aktuelle Ergebnisse wird die #Berlin-5GWeek 2017 vom 6. bis 10. November informieren.

5G:haus

Im März 2015 gründete die Deutsche Telekom das Innovationslabor 5G:haus. In dem auf viele Standorte wie Bonn, Berlin und Dresden verteilten Projekt kooperiert das Unternehmen mit zahlreichen Partnern wie der SoftRAN-Initiative der Stanford University, dem DFKI, der Universität Kai-

serlautern, dem 5GLab und den Fraunhofer-Instituten Fokus und HHI. Dazu kommen Startups wie RF DSP, Kumu Networks und Moogsoft sowie Hersteller wie Huawei, Ericsson, Nokia, Qualcomm, Samsung und ZTE. Im August 2016 bildeten Deutsche Telekom und SK Telecom eine 5G-Allianz mit Technologieführern und Netzbetreibern aus den USA, Asien und Europa. Kürzlich nahmen beide Unternehmen das

weltweit erste transkontinentale 5G-Testnetz mit dem Partner Ericsson in Betrieb. Die Netzarchitektur basiert dabei auf zentraler 5G-Technik, wie SDN/NFV, Distributed Cloud und Network Slicing. Gemeinsam mit Huawei wurden in einem Live-Versuch mit Millimeterwellentechnik Multi-User-Verbindungsgeschwindigkeiten von bis zu 70 Gbit/s erreicht. Damit können jedem der damit verbundenen Nutzer extrem hohe Verbindungsraten von 20 Gbit/s zur Verfügung gestellt werden.

Auch die Energiebranche könnte von 5G profitieren. Zu diesem Schluss kommen die Deutsche Telekom, der Verteilungsnetzbetreiber Stromnetz Berlin und Ericsson. Im Projekt „5Grid“ untersuchten sie in Berlin-Adlershof Anwendungsfälle für die 5G-Technik im Stromnetz. Vor Ort und im Telekom-Labor in Bonn wurde ein Testfeld für 5G im Energiesektor aufgebaut.

Digitales Testfeld A9

Das BMVI initiierte bereits im September 2015 gemeinsam mit dem Freistaat Bayern, Bitkom und Verband Automobilindustrie (VDA) das Digitale Testfeld Autobahn (DTA). Dabei wurde ein über 150 km langer Autobahnabschnitt auf der A9 zwischen München und Nürnberg als Teststrecke für das vernetzte Fahren freigegeben. Im Rahmen des DTA werden schwerpunktmäßig verschiedene Aspekte der beiden Teilprojekte „Straßeninfrastruktur“ sowie „Automatisiertes und vernetztes Fahren“ getestet und weitergehend untersucht. Das Projekt hat eine Laufzeit bis 2020 und wird von der Bundesregierung mit 80 Mio. € gefördert (Bild 3). Zu den bestehenden Projekten gehören z.B.:

- Erprobung automatisierter Fahrsysteme im Realbetrieb: Dazu fahren hochautomatisierte Autos selbstständig auf dem DTA. Auch Lkw-Platoons, bei denen mehrere Trucks vom ersten Fahrzeug aus ferngesteuert werden, sind unterwegs.
- Zentimetergenaue Erfassung des DTA als digitale HD-Karte, mit der automatisierte Fahrzeuge hochpräzise über die Fahrbahn gesteuert werden können.
- Erprobung von 5G zur Car-to-Car-Echtzeitkommunikation: Dafür ist auf einem rund 30 km langen Streckenabschnitt der A9 zwischen den Anschlussstellen Nürnberg-Feucht und Greding ein 5G-Testnetz installiert (die Reaktionszeiten sollen auf den ms-Bereich reduziert werden).
- Ausstattung der Strecke mit modernster Radarsensorik, um hoch-



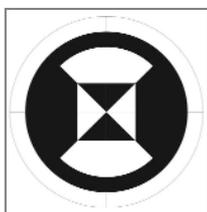
Bild 2: In Berlin wird an acht Standorten die 5G-Technik im öffentlichen Raum erprobt (Quelle: Fraunhofer HHI)

präzise Echtzeitdaten zu Verkehrsfluss und -dichte, Geschwindigkeit und Fahrverhalten zu gewinnen.

Rund 50 Firmen aus den Bereichen Autohersteller, Zulieferer sowie TK- und IT-Unternehmen aus dem In- und Ausland sowie Forschungseinrichtungen wie z.B. der Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt der TU München sind an dem DTA-Projekt entweder aktiv beteiligt oder haben ihr Interesse bekundet, verschiedenste neue Techniken auf der Strecke zu testen. Schon heute kann man Testfahrzeuge u.a. von Audi, Mercedes oder BMW im realen Fahrerassistenzbetrieb begebenen.

Bild 3: Spezielles Landmarkenschild für das automatisierte und vernetzte Fahren auf dem DTA, hilft beim selbstständigen Bestimmen des exakten Standortes

(Quelle: BMVI)



Für den Betrieb des 5G-Testnetzes wurde im November 2016 von Ericsson das industrieübergreifende Konsortium „5G-ConnectedMobility“ gegründet. Weitere Mitglieder sind: BMW Group, Deutsche Bahn, Deutsche Telekom, Telefónica Deutschland, Vodafone, 5GLab der TU Dresden, Bundesanstalt für Straßenwesen und die Bundesnetzagentur, von der die benötigten Frequenzen im 700-MHz-Bereich bereitgestellt wurden.

Herstelleraktivitäten

Bei der Entwicklung neuer Techniken stehen die Hersteller von Messgeräten (z.B. Anritsu, Keysight, Rohde & Schwarz) und integrierten Schaltkreisen (z.B. Infineon, Intel, Qualcomm) auch bei 5G an vorderster Front. Sie unterstützen Systemhersteller und Netzbetreiber von Testinstallationen über Pilotprojekte bis hin zum kommerziellen Betrieb. An dieser Stelle soll nur auf die weltweit tätigen Systemlieferanten eingegangen werden.

Nach der Übernahme von Alcatel-Lucent forscht Nokia bei 5G hier in Deutschland im Technology Center (TC) Ulm und den Bell Labs in Stuttgart. Für neue Konzepte und Anwendungen sind Kooperationen essenziell.

Nokia engagiert sich u.a. in folgenden 5G-Ökosystemen: Initiative 5G Testfeld Berlin, Digital Hub Mobility in München und Forschungsprojekten wie MEC-View oder PAiCE. Bereits heute kann Nokia alle drei wesentlichen 5G-Eigenschaften in der Technik abbilden: höhere Datenraten, Echtzeitkommunikation/minimale Latenz und Vernetzung von Milliarden von Gegenständen im IoT. Die 5G-Arbeiten in den Bell Labs in Stuttgart konzentrieren sich auf Grundlagenforschung und Entwicklung der Systemtechnik für konkrete Anwendungsszenarien: Standardisierung, massive MIMO, Industrie 4.0 und Car2x.

Beide 5G-F&E-Standorte sind an verschiedenen 5G-Forschungsprojekten beteiligt, u.a.: Fantastic-5G, METIS II, 5G NORMA, 5G-MoNArch, mmMagic, One5G, Car2MEC, 5GCar, 5G NetMobil, TACNet4.0, PAiCE/IC4F mit Fokus auf sichere, robuste und echtzeitfähige Kommunikationslösungen für die verarbeitende Industrie, gefördert vom BMWI sowie Sendate.

Neben der 5G-ConnectedMobility-Projektleitung betreibt Ericsson im Aachener Eurolab seit Juni 2016 ein 5G-Testnetz. In der sog. Ericsson-Garage werden mit den Partnern Telekom, Vodafone, RWTH und Nokia 5G-Prototypen entwickelt. Ulf Ewaldsson, CTO Ericsson, dazu: „Unsere Zusammenarbeit mit der Universität RWTH ermöglicht es uns, an 5G-basierten Lösungen den letzten Schliff vorzunehmen.“ Den Schwerpunkt der Entwicklungstätigkeiten bilden Machbarkeitstests für die Wirtschaft mit Anwendungen aus den Bereichen Maschinenkommunikation, flexible Stromnetze, autonome vernetzte Fahrzeuge und automatisierte Produktion.

Alle drei Neuerungen, das Ericsson 5G Proof of Concept Network, die Ericsson Garage sowie die Zusammenarbeit mit dem RWTH-Campus bei Tests industrieller Anwendungen, sind Bestandteile des 5G-for-Germany-Programms von Ericsson, das bereits im Herbst 2015 vorgestellt wurde und Teil des 5G-for-Europe-Programms ist. Vorrangige Ziele sind Datenübertragungsraten von 10 Gbit/s oder sogar Höchstwerte von 20 Gbit/s und geringe Latenzzeiten (<1 ms). Auf dieser In-

novationsplattform können auch Partner Anwendungen für die industrielle Kommunikation, Endgeräte, Dienste und IoT-Techniken sowie Netzkonzepte entwickeln und testen sowie neue Geschäftsmodelle erarbeiten.

Schon im Dezember 2014 hat Huawei die ersten 5G-Versuche im Münchner ERC Campus durchgeführt. Im Februar 2015 wurde dann in Kooperation mit dem Staat Bayern, der Stadt München, der TU München und M-net der 5G Vertical Industry Accelerator (5G VIA) gebaut. Dahinter steht ein großes Experimentiersystem zur Erprobung von 5G-Kommunikationskonzepten. 5G VIA ist ein wichtiger Teil der insgesamt 600 Mio. \$ von Huawei geplanten Investitionen bis 2018. Bisher hat sich die weltweite Forschungsarbeit zu 5G größtenteils auf die Entwicklung generischer Konzepte für die 5G-Kommunikation konzentriert. Das 5G-VIA-Experimentiersystem hingegen ermöglicht das Testen von neu entwickelten Algorithmen in einer realen Umgebung. Im Vordergrund stehen insbesondere spezifische Szenarien für die vertikalen Märkte wie Automobil, Energie, E-Health, Industrie 4.0 und IT nach 2020.

Huawei hat im September 2016 gemeinsam mit Audi, BMW, Daimler, Ericsson, Intel, Nokia und Qualcomm die 5G Automotive Association (5GAA) gegründet. Der Verein will neue Kommunikationslösungen entwickeln, testen und fördern, ihre Standardisierung unterstützen sowie ihre Marktverfügbarkeit und globale Verbreitung beschleunigen. Ziel ist es, Funktionen wie das vernetzte automatisierte Fahren, Cellular-Vehicle-to-Everything-Kommunikation (C-V2x), ortsunabhängigen Zugang zu Diensten und intelligente Verkehrslösungen für die Smart City zu unterstützen. Im März 2017 haben Huawei und die Deutsche Telekom im 5G Lab in Bonn ein cloudbasiertes Ende-zu-Ende-Network-Slicing einschließlich Mobilzugang sowie Transport- und Kernnetzelementen erfolgreich demonstriert.

Was noch fehlt, sind 5G-spezifische Endgeräte, die ab 2019 eingeführt werden sollen. Mit welchen Eigenschaften und Anwendungen sie wohl aufwarten werden? (bk)