

## Liebe ITG-Mitglieder,

mit der laufenden 5G-Auktion erreicht die steile und aufregende Karriere von 5G ihren vorläufigen Höhepunkt. Die letzte große Hürde vor der Markteinführung wird genommen. Der Realitätscheck steht bevor.

Aber was können wir von 5G erwarten? Und warum sind die Erwartungen in 5G so hoch, dass die Nichtverfügbarkeit von 5G gelegentlich mit dem völligen Verlust von Teilhabe am Fortschritt und „Abgehängtsein“ gleichgesetzt wird? Ein wichtiger Grund ist, dass 5G nicht nur die nächste Mobilfunkgeneration für technikverliebte junge Leute ist, sondern vor allem auch die mobile Infrastruktur für die Digitalisierung vieler Branchen sein wird.

Viele Visionen, die wir heute diskutieren, brauchen eine hochzuverlässige und echtzeitfähige Vernetzung. Kooperierende Roboter, vernetztes Fahren, selbst Flugtaxi und Augmented Reality sind hier nur einige Beispiele. 5G ist hierbei ein wichtiger Schritt in diese Zukunft.

Viele Visionen, die wir heute diskutieren, brauchen eine hochzuverlässige und echtzeitfähige Vernetzung. 5G ist hierbei ein wichtiger Schritt in diese Zukunft.

Interessante Beiträge dazu finden Sie hier in unseren ITG-news.

Veranstaltungen zur Zukunft der Netze, zu photonischen Systemen und zur Weltraumnutzung lieferten wichtige Impulse und brachten unsere Experten zusammen.

Wir als ITG haben die Chance, diese wichtigen Zukunftstrends mit zu gestalten.



Sie sind wie immer eingeladen, sich mit Beiträgen und Ideen zu beteiligen. Darauf freuen wir uns!

**PROF. DR.-ING. HANS D. SCHOTTEN**

ITG-Vorsitzender

## NEUES KOLLOQUIUM

### Quantentechnologie

Das 2019 zum ersten Mal gemeinsam von der ITG im VDE und der IQST (Zentrum für Integrierte Quantenwissenschaften, [www.iqst.org](http://www.iqst.org)) durchgeführte Kolloquium „Quantentechnologie – Chancen für neue Anwendungen in Industrie und Gesellschaft“ zielt auf einen Brückenschlag zwischen führenden Forschern aus dem Bereich der Quantenwissenschaften und Ingenieuren, die sich aus erster Hand über die neuesten

Entwicklungen in diesem Feld informieren wollen. Themen:

- Quantensensorik,
- Quanteninformationsverarbeitung, Quantensimulation und Quantum Computing,
- industrielle Anwendungen der Quantentechnologie.

Weitere Informationen auf // [www.vde.com/de/itg/veranstaltungen](http://www.vde.com/de/itg/veranstaltungen)

## Inhalt

<b>Meldungen</b>	<b>02</b>
<b>Thema</b>	
5G-Technologie	07
<b>Personalia</b>	<b>16</b>
<b>Termine</b>	<b>16</b>

## Die Kommunikationsnetze-Communities zusammenbringen

Vom 18. bis 21. März 2019 fand die „International GI/ITG Conference on Networked Systems (NetSys 2019)“ an der Technischen Universität München statt. Um die beiden deutschen Communities im Bereich Kommunikationsnetze noch näher zusammenzubringen, wurden erstmalig die beiden bisher getrennten Veranstaltungen GI/ITG NetSys und ITG Zukunft der Netze (ZdN) im Rahmen der NetSys 2019 zusammen veranstaltet. Der große Teilnehmeransturm von über 220 Wissenschaftlern trug diesem neuen Konzept Rechnung.

### NetSys 2019

Die NetSys 2019 wurde vom 18. bis 21. März 2019 an der Technischen Universität München am Campus Garching ausgetragen. Sie wurde vor 37 Jahren als Hauptkonferenz der deutschsprachigen Länder zum Thema Kommunikation und verteilte Systeme als KiVS (Kommunikation in Verteilten Systemen) gemeinsam von der Gesellschaft für Informatik (GI) und der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE (ITG) aus der Taufe gehoben und findet seitdem alle zwei Jahre statt. Ihre internationale Ausrichtung als NetSys erhielt sie 2013.

Eines der Hauptziele der NetSys 2019 war, die Communities im Bereich Kommunikationsnetze und Verteilte Systeme zusammenzubringen. Dies wurde durch ein völlig neues Programmkonzept erreicht. Dazu wurde das ebenfalls traditionsreiche ITG-Symposium „Future of Networking“ 2019 zum ersten Mal ein integraler Bestandteil der NetSys 2019. Die „Future of Networking“ (bekannt auch als „Zukunft der Netze“, ZdN) wird vom ITG-Fachausschuss KT2 (ITG FA 5.2) ausgerichtet. Sie wurde 1999 in München zum ersten Mal veranstaltet und kam nach 20 Jahren nun 2019 wieder nach München zurück.

Die „Future of Networking“ bildete nach den Workshops am Montag und der Welcome Reception auf der Dachterrasse des Vorhoelzer Forum der TU München Innenstadtcampus den Auftakt des Konferenzprogramms am Dienstag. Der Schwerpunkt des eintägigen Programms war das Thema „5G“, zu dem Experten aus Industrie und Universitäten eingeladenen Vorträge beitrugen und eine lebhaft Diskussion zu Betreiberperspektiven, 5G-Technologien und Forschungsprojekten anregten. Die Diskussionen wurden

auch dadurch angeheizt, dass an diesem Dienstag die Versteigerung der ersten 5G-Frequenzen in Deutschland begann. Nach den Vorträgen fand am Dienstagabend das Konferenzdinner in der Münchner Innenstadt im Wirtshaus in der Au statt. Die fantastische Atmosphäre des bayrischen Wirtshauses regte dazu an, die Diskussionen quer über alle Communities hinweg weiterzuführen und natürlich die ausgezeichnete bayerische Küche – begleitet von einem Saxophonquartett – zu genießen.

Das Konferenzprogramm der NetSys 2019 am Mittwoch und Donnerstag wartete neben der Präsentation eingereichter und vom Programmkomitee begutachteter Fachbeiträge zum Thema vernetzte Systeme mit neuen Programmformaten auf, um die Diskussion und den Informationsaustausch zwischen den Communities zu fördern. Ziel der acht über beide Tage verteilten „Hot Topic Presentations“ war es, Vorträge, die bereits auf hochrangigen internationalen Fachkonferenzen gehalten oder in Top-Fachzeitschriften publiziert wurden, den deutschen Communities vorzustellen oder mit der Präsentation ganz neuer Ideen einen Denkanstoß zu liefern. Ebenfalls ein neues Format war die „Industry Session“ am Donnerstag, in der Industrievertreter von BMW, Airbus und DHL ihre Anforderungen als Verticals für 5G präsentierten und mit dem Publikum diskutierten. Insgesamt gliederten sich die beiden Tage in sieben Sessions mit zehn re-

gulären Full Papers, zwei regulären Short Papers, acht Hot Topic Presentations und drei Industry Presentations. In dedizierten Sessions wurden sieben Demo- und Poster-Beiträge präsentiert und es gab die Möglichkeit, mit den 26 Teilnehmern des Doktorandenforums am Montag an deren Poster zu diskutieren. Abgerundet wurde der Mittwoch durch Präsentationen der KiVS-Preisträger in den Kategorien Dissertation, Masterarbeit und Bachelorarbeit der vergangenen zwei Jahre und einem gemeinsamen Abendessen im Gasthof Neuwirt in Garching mit allen Konferenzteilnehmern.

Neben dem Thema 5G, das den Dienstag beherrschte, reichten die Schwerpunkte der Sessions auf der NetSys von Anwendungsunterstützung im Netz bis zur physikalischen Schicht: http-based Streaming, Programmable Networks, Security & Privacy, Mobile Networking, Wireless Communication, Netzmonitoring, Measurements & Simulation. Die 44 regulär eingereichten Beiträge wurden vom Programmkomitee mit 67 Experten aus Hochschule und Industrie mit mindestens drei Gutachten pro Einreichung evaluiert. Auf der Programmausschusssitzung am 22. November in München wurden zehn von 34 Full Papers und zwei aus zehn Short Papers ausgewählt. Traditionell wurden auf der NetSys 2019 auch Preise für die beste Demo und für das beste Paper verliehen. Der Best Demo Award ging an die Demo „GPU Accelerated Planning and Placement of Edge Clouds“, präsentiert von Patrick Kalmbach et al. Am letzten Tag wurde der Best Paper Award an Stefan Geißler et al. für den Beitrag „KOMon – Kernel-based Online Monitoring of VNF Packet Processing Times“ verliehen.

Neben dem Hauptprogramm fanden am Montag, dem 18. März, drei





Erstmals wurden die beiden Veranstaltungen GI/ITG NetSys und ITG Zukunft der Netze (ZdN) im Rahmen der NetSys 2019 in München gemeinsam veranstaltet.

Workshops (AICoMnets2019 Workshop on „Advanced Communication Networks for Industrial Applications“, QTOP'19 Workshop on „Quantum Technology and Optimization Problems“ und SDNFlex'19: 3rd Workshop on „Software-Defined Networking and Network Function Virtualization for Flexible Network Management“) und ein Doktorandenforum mit 26 Teilnehmern statt. Alle vier Veranstaltungen hatten eine hohe Teilnehmerzahl.

Insgesamt brachte die NetSys 2019 über 220 registrierte Teilnehmer nach München. Dabei war der Industrieanteil mit 30 Prozent erfreulich hoch. Während die meisten Teilnehmer wie zu erwarten aus Deutschland kamen, konnten Teilnehmer aus der ganzen Welt begrüßt werden, u. a. aus Japan, den USA, Kanada, China, Indien, Korea, UK, Österreich, der Schweiz, Frankreich, Spanien und Italien.

**Die NetSys 2019 wartet mit einer weiteren Neuerung auf: Die Vorträge wurden von einem professionellen Team live gestreamt und sind jetzt als Aufzeichnung über die Konferenzwebseite [www.netsys2019.org](http://www.netsys2019.org) für alle verfügbar. Dort finden sich auch alle weiteren Informationen. Die Konfe-**

**renzproceedings sind über IEEE-explore verfügbar.**

**PROF. DR. GEORG CARLE**  
**PROF. DR. WOLFGANG KELLERER**  
**PROF. DR. JÖRG OTT**

Technische Universität München

**PROF. DR. TOBIAS HOSSFELD**

Universität Würzburg

## Zukunft der Netze 2019

Der Dienstag (der zweite Tag der Tagungswoche) stand ganz im Zeichen der zukünftigen 5G-Mobilfunknetze. Genau eine Stunde, bevor in Mainz bei der Bundesnetzagentur die mit Spannung erwartete Versteigerung der 5G-Funklizenzen begann, wurde die vom Fachausschuss KT2 organisierte 19. ITG-Fachtagung „Zukunft der Netze 2019“ bzw. in diesem Jahr aufgrund der internationalen Ausrichtung „Future of Networking 2019“ eröffnet.

Die erste Sitzung stellte zunächst unterschiedliche Betreiberperspektiven gegenüber: Während Dr. Andreas Müller (Bosch) die mit 5G mögliche neue Option von privaten 5G-Cam-

pusnetzen beleuchtete, befasste sich der Vortrag von Ingo Willimowski (Vodafone) mit dem Evolutionspfad der Mobilfunknetze von 4G nach 5G. In den öffentlichen Netzen wie auch den Campusnetzen spielen neben den hohen Datenraten bis 1 Gbit/s vor allem die Zuverlässigkeit und die Echtzeitfähigkeit der drahtlosen Kommunikation eine entscheidende Rolle. Der Vortrag von Dr. Andreas Gladisch (Deutsche Telekom) ergänzte das Bild um neuartige Lösungsansätze im Transportnetz, welches das 5G-Netz im Hintergrund unterstützt. Dabei kommen neben einer Glasfaserinfrastruktur auch sogenannte „FixedWireless“-Optionen bei 60 GHz infrage, wie der Bericht von einem Feldversuch in Ungarn den Fachleuten aufzeigte.

In der folgenden Session „5G Technology“ berichtete Prof. Jörg Widmer (IMDEA Networks Institute, Spanien) von spannenden Forschungsarbeiten zum Einsatz von mm-Wave-Beamforming-Antennen. Durch die starke Fokussierung der Funkübertragung kann u. a. das 5G-Versprechen einer hohen Skalierbarkeit eingelöst werden. Der Vortrag von Cinzia Sartori (Nokia) vertiefte eine weitere Schlüsseltechnologie von 5G-Netzen:



das sogenannte Network Slicing, mit dem es möglich werden soll, unterschiedlichste Qualitätsanforderungen in einer gemeinsamen Netzinfrastruktur parallel realisieren zu können. Abgeschlossen wurde diese Sitzung mit dem Vortrag von Dr. Joachim Sachs (Ericsson), der einen Ausblick in die weitere Entwicklung der 5G-Standardisierung gab und damit deutlich machte: Die ersten 5G-Netzinseln, die dieses und nächstes Jahr in Betrieb genommen werden, sind erst der Anfang einer Entwicklung, die uns noch viele Jahre beschäftigen wird. In einer weiteren Sitzung wurden Sicherheits- und Anwendungsaspekte vertieft: Michael Bahr (Siemens) berichtete von den Anforderungen, die durch die Industriallianz 5G ACIA (Alliance for Connected Industries and Automation) erarbeitet wurden und die die weitere 5G-Standardisierung beeinflussen werden. Peter Schneider (Nokia)



beleuchtete die spezifischen Security-Funktionen, mit denen 5G-Netze mit dem notwendigen Sicherheitsniveau für vertikale anspruchsvolle 5G-Anwendungen, wie Robotersteuerung und automatisiertes Fahren, ausgestattet werden können.

In der abschließenden Sitzung des Tages wurden Schlüsselprojekte der 5G-Forschung in Deutschland vorgestellt: zum einen der BMWi 5G National Energy Hub (von Dr. Martin Knorr, TU Dresden) und die Projekte der BMBF-Förderlinie „5G Industrielles Internet“ (von Dr. Gunnar Schomaker, Uni Paderborn).

Mit einem abschließenden Blick auf das Zwischenergebnis der 5G-

Frequenzversteigerung ging der Tag mit der Erkenntnis zu Ende, dass die 5G-Netze sicher nicht nur eine herausfordernde Technologieentwicklung für Kommunikationsexperten sind, sondern unsere Wirtschaft und Gesellschaft insgesamt nachhaltig beeinflussen werden.

**Die Folien wie auch der Livestream der Tagung sind abrufbar unter: [www.vde-itg-kommunikationsnetze.de/veranstaltungen/zukunft-der-netze-2019.html](http://www.vde-itg-kommunikationsnetze.de/veranstaltungen/zukunft-der-netze-2019.html)**

#### PROF. DR.-ING. CHRISTIAN WIETFELD

Leiter des ITG-Fachausschusses KT2  
Lehrstuhl für Kommunikationsnetze,  
Technische Universität Dortmund

#### DR.-ING. JOACHIM SACHS

Leiter des ITG-Fachausschusses KT2  
Ericsson Research, Wireless Access Networks

## WORKSHOP „MODELLIERUNG PHOTONISCHER KOMPONENTEN UND SYSTEME“

### Ausgetrickst: Den Fasernichtlinearitäten ein Schnippchen geschlagen

Am 11. und 12. Februar 2019 fand bei der Firma ADVA Optical Networking SE in Meiningen der diesjährige Workshop der ITG-Fachgruppe KT 3.1 statt. Bei den mehr als 30 Teilnehmern aus Industrie und Forschung stieß das abwechslungsreiche Programm, bestehend aus 13 Fachvorträgen sowie einem eingeladenen Übersichtsvortrag, auf großes Interesse.

Die ITG-Fachgruppe KT 3.1 veranstaltet seit mehr als 20 Jahren den Workshop „Modellierung photonischer Komponenten und Systeme“. In diesem Jahr war die Firma ADVA Optical Networking SE in Meiningen der Gastgeber. Das interessante Programm wurde von Dr. Helmut Grieffner zusammengestellt und umfasste insgesamt 14 Vorträge sowie eine Führung durch die Produktionsstätten bei ADVA.

Zu Beginn führte Prof. Dr. Sander Wahls von der Universität Delft in den Niederlanden die Teilnehmer in optische Übertragungssysteme mit der nichtlinearen Fourier-Transformation ein. Das Thema hat in den letzten Jahren für wachsendes internationales Interesse gesorgt, da es als eine Verall-

gemeinerung der Solitonen-Übertragung nahezu verzerrungsfreie Übertragung in der Glasfaser ermöglicht. Durch geschickte Signalverarbeitung auf Sendeseite und Empfangsseite kann dadurch die inhärent nichtlineare Übertragung linearisiert werden und somit lassen sich große Distanzen von mehreren Tausend Kilometern überbrücken.

Das Verfahren ähnelt der OFDM-Übertragung, nur dass nun die Informationen auf nichtlineare Träger aufgeprägt werden. Auf der Sendeseite steht damit zunächst eine inverse nichtlineare Fourier-Transformation. Auf der Übertragungstrecke selbst bleiben die Signale orthogonal zueinander und es tritt kein Übersprechen auf. Die Daten können dann mithilfe der

nichtlinearen Fourier-Transformation auf der Empfangsseite zurückgewonnen werden.

Galina Georgieva sowie Mahtab Aghaeipour von der TU Berlin referierten anschließend über die Herausforderungen in der Modellierung und Optimierung von 2D-Gitterkopplern in Siliziumphotonik-Technologie sowie die Ankopplung von Wellenleitern in Silizium auf Isolator-Materialien durch vertikale Nanodrähte.

Danach stellte Philipp Trocha vom Karlsruher Institut für Technologie Simulationen zu Kerr-Solitonen in nichtlinearen Mikroresonatoren vor. Außerdem präsentierte er interessante Anwendungsfelder in der optischen Kommunikationstechnologie sowie der optischen Messtechnik.



Der jährliche Workshop der ITG-Fachgruppe KT 3.1 fand bei der Firma ADVA Optical Networking SE in Meiningen statt.

In der nächsten Sitzung zeigte Sezer Erkilinc vom Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut Realisierungsmöglichkeiten für kohärente Send- und Empfangssysteme mit geringer Komplexität. Solche Systeme könnten zukünftig ihren Einsatz in passiven optischen Netzen finden.

In den folgenden drei Vorträgen wurden verschiedene Aspekte von maschinellem Lernen untersucht. Prof. Dr. Sebastian Randel vom Karlsruher Institut für Technologie referierte zunächst über den Einsatz von neuronalen Netzen zur Kompensation von chromatischer Dispersion in Übertragungssystemen mit Intensitätsmodulation und Direktdetektion. Anschließend zeigte Maximilian Schädler von der Firma Huawei, wie das Laden von Subträgern in kohärenten optischen OFDM-Übertragungssystemen mit maschinellem Lernen verbessert werden kann. Abschließend präsentierte Rebekka Weixer von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Verfahren zur Kompensation nichtlinearer Störungen durch Einsatz von Support Vector Machines und nichtlinearen Volterra-Entzerrern.

Am nächsten Tag beschäftigten sich zunächst zwei Vorträge mit der Steige-

rung der Übertragungskapazität durch Mehrmodenkommunikation. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist die Untersuchung von Sättigungseffekten in EDFAs für den Raummultiplexbetrieb, die von Steffen Jeurink von der TU Dortmund präsentiert wurde. Anschließend zeigte Dr. Gernot Göger von der Firma Huawei Ergebnisse des EU-Projekts ROAM, das sich mit Bahndrehimpulsmoden für die optische Mehrmodenkommunikation beschäftigt hatte. In einem weiteren Vortrag erläuterte Dr. André Richter von der Firma VPIphotonics, welche Vorteile ungleiche Quantisierung in optischen Sendern bietet.

In der letzten Sitzung beschäftigte sich Meysam Bahmaninan von der Universität Paderborn mit optoelektronischen Mikrowellen-Phasenregelschleifen. Danach präsentierte Florian Spinty von der Firma ADVA Verfahren, um die Wellenlänge eines abstimmbaren Lasers aus der Ferne zu regeln. Diese Technik wird beispielsweise in passiven optischen Netzwerken genutzt. Im abschließenden Vortrag diskutierte Rebaz Ali, ebenfalls von der Firma ADVA, Verfahren, um den Arbeitspunkt von monolithisch-integrierten Mach-Zehnder-Modula-

toren und Treiberverstärkern in Siliziumtechnologie zu bestimmen und zu regeln.

Neben den Fachvorträgen bot der Workshop während einer gemeinsamen Abendveranstaltung ausreichend Gelegenheit zum wissenschaftlichen Austausch. Insbesondere für den wissenschaftlichen Nachwuchs ist der Workshop sehr interessant und bietet jedes Mal wieder die Möglichkeit, eigene Forschungsansätze einem fachkundigen Publikum vorzustellen und in Diskussionen konstruktive Rückmeldungen zu erhalten. Der nächste Workshop findet im Februar 2020 am Karlsruher Institut für Technologie statt.

**Bei Interesse sendet Ihnen der Fachgruppenleiter Bernhard Schmauss ([bernhard.schmauss@fau.de](mailto:bernhard.schmauss@fau.de)) gerne weitere Informationen zu. Die Fachgruppe freut sich auf eine rege Teilnahme am nächsten Workshop.**

**PROF. DR.-ING. STEPHAN PACHNICKE**

Lehrstuhl für Nachrichtenübertragungstechnik,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel





## ÖFFENTLICHE DISKUSSIONSSITZUNG DES ITG-FACHAUSSCHUSSES HF 2 „FUNKSYSTEME“

### Trends und Entwicklungen in der Weltraumnutzung

An der öffentlichen Diskussionssitzung, die am 31. Januar 2019 in Backnang stattfand, nahmen rund 70 Teilnehmer aus den Bereichen Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Behörden und Industrie teil.

Nach einer kurzen Begrüßung durch die Veranstalter stellte Patrick Thiemer von der TESAT das facettenreiche Programm der Sitzung zu Trends und Entwicklungen in der Raumfahrt-nutzung vor.

Das erste Thema war „Laserkommunikation – die nächste Generation der Datenübertragung im Weltall“. Die Einsatzgebiete der Laserkommunikation und ein Überblick über das Laserkommunikations-Portfolio wurden vorgestellt sowie die Trends in der Satellitenkommunikation und die Einsatzmöglichkeiten der Direct-to-Earth-Technologie aufgezeigt. Darauf folgte ein Beitrag zum Internet of Space und dem Einsatz von Kleinst-Satelliten in zukünftigen Netzen. Aktuelle Technologiefortschritte im Bereich der Kleinst-Satelliten wurden ebenso beleuchtet wie das hohe wirtschaftliche Potenzial in den möglichen Anwendungsfeldern.

Die Architektur des Galileo-Systems und ein Ausblick auf die hochpräzise Navigation mit Galileo-Satelliten der nächsten Generation standen anschließend im Fokus. Space Debris

im LEO und im GEO wurden im nächsten Vortrag diskutiert und mögliche Lösungsansätze aufgezeigt. Im Beitrag zu 5G, der Kommunikationstechnologie der Zukunft, und der Rolle der Satellitenkommunikation in ihrem Umfeld wurde klargestellt, dass die Satellitenkommunikation Teil des 5G-Standards werden muss.

Megakonstellationen im FSS und aktuelle Entwicklungen in der Regulatorik und Koordinierung waren ein weiteres Thema. Mit dem Vortrag „MASCOT – sanfte Sprünge in eine unbekannte Welt“ wurden die Teilnehmer über die Asteroiden-Mission und ihre bisherigen Ergebnisse informiert. Beim nächsten Thema ging es „Mit elektrischen Triebwerken zu anderen Planetenräumen“ und der Referent stellte klar, dass elektrische Antriebe zu einem Standard- bzw. Serienprodukt der kommerziellen

Raumfahrt werden. Die Satellitenkommunikation im E/W-Band sowie ein Beitrag zu „New Space“ und die Anforderungen an Bauteile und Her-



ausforderungen für die Produktion bildeten den Abschluss der Vorträge.

Insgesamt wurde den Teilnehmern der öffentlichen Diskussionssitzung ein breites Spektrum rund um das Thema Weltraumnutzung geboten.

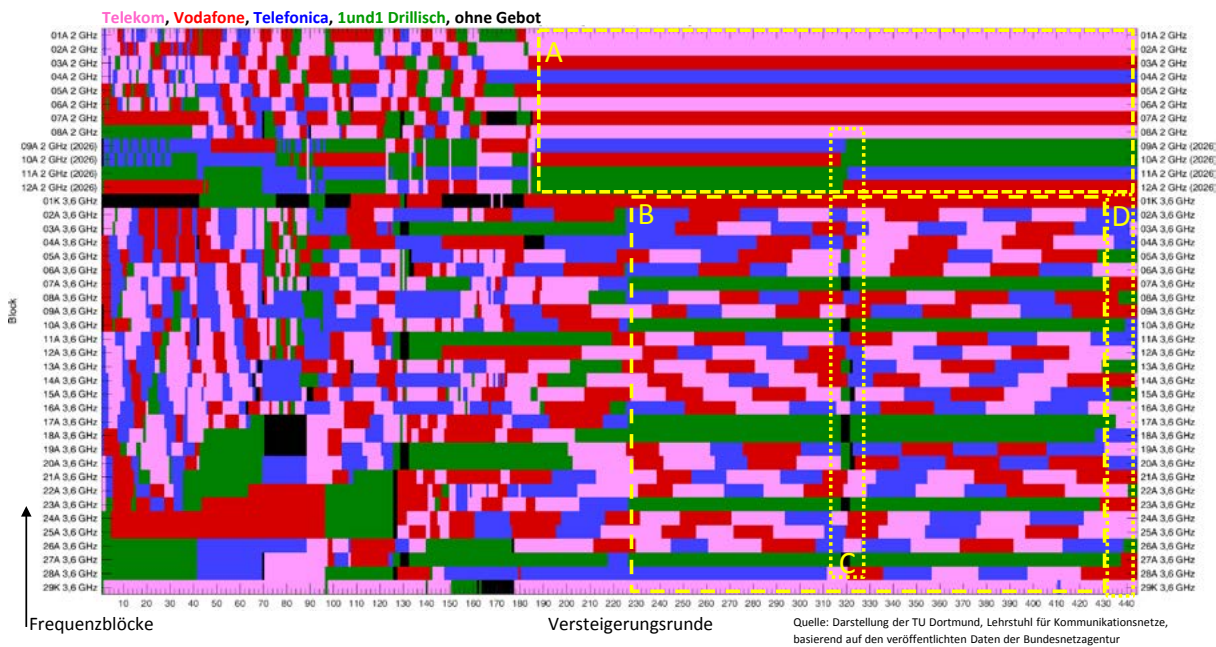
#### KIRSTEN RECKE

Abteilung Elektronische Messtechnik und Signalverarbeitung EMS, TU Ilmenau/Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS

## 5G-TECHNOLOGIE

# Verlauf der 5G-Versteigerung auf einen Blick

Am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze der TU Dortmund wurden aus Daten der Bundesnetzagentur Statistiken abgeleitet, wie hier am Beispiel der 5G-Versteigerungen gezeigt.



Die 5G-Versteigerung hat in den letzten Wochen viel Aufmerksamkeit erregt. Die unterschiedlichen Phasen der Versteigerung sind anhand der oben dargestellten grafischen Aufbereitung der Zuordnung des jeweils Höchstbietenden zu dem jeweiligen Frequenzblock über den überraschend langen Versteigerungsverlauf hinweg sehr gut erkennbar. Während die erste Phase der Versteigerung durch häufige Wechsel der Zuordnung der Frequenzblöcke gekennzeichnet ist, zeigt die Zuordnung der Frequenzblöcke im 2-GHz-Bereich ab ca. Runde 190 eine große Stabilität: Telekom und Vodafone sind bei jeweils 5 Blöcken höchstbietend, während Telefonica und 1 und 1 Drillisch jeweils 2 Blöcke für sich beanspruchen (siehe Bereich A). Im 3,6-GHz-Bereich hingegen ergaben sich weiterhin wechselnde Zuordnungen: während 1 und 1 Drillisch durch ein deutlich gesteigertes Gebot ab Runde 227 sechs Blöcke für sich reklamierte (sichtbar die durchgängig grünen

Streifen innerhalb des Bereichs B), lieferten sich die weiteren Bieter einen über Wochen andauernden, zähen Wettstreit um die verbleibenden 23 Blöcke: Es fehlte offenbar ein Block, um die Wünsche aller Bieter befriedigen zu können, sodass sich die weiteren Bieter in kleinen Schritten an das deutlich höhere Niveau der Gebote von 1 und 1 Drillisch heranarbeiteten. Mit der Runde 318 sorgte 1 und 1 Drillisch durch einen Rückzug der Gebote für sechs 3,6-GHz-Blöcke für eine kurzzeitige Unterbrechung des Musters (erkennbar an den schwarzen Streifen im Bereich C, die für Frequenzblöcke ohne Gebot stehen). Die anderen Bieter reagierten jedoch nicht mit Geboten für die frei gewordenen Blöcke und so endete das kurze Zwischenspiel mit der Runde 324. Erst ca. zwei Wochen später wurde mit der Runde 427 1 und 1 Drillisch erstmals wieder im 3,6-GHz-Bereich überboten und die Versteigerung trat in eine neue Phase ein (siehe Bereich D): Mit jeder Runde ergab sich nun

wieder eine veränderte Zuordnung der 3,6-GHz-Blöcke über alle vier Bieter hinweg, wobei offenbar zunächst weiterhin nicht alle Beteiligten mit dem Ergebnis zufrieden waren. Zum Redaktionsschluss am 1. Juni 2019 hatte die Summe der Gebote bereits 6 Mrd. Euro überschritten und es war dennoch nicht abzusehen, wann die Versteigerung zum Ende kommen würde.

**Die hier gezeigte Abbildung sowie weitere aus den Daten der Bundesnetzagentur abgeleitete Statistiken finden Sie auf den Seiten des Lehrstuhls für Kommunikationsnetze der TU Dortmund: [www.kn.e-technik.tu-dortmund.de/cms/de/Lehrstuhl/Aktuelles/2019\\_en/5G-Auktion/5G-Auction-Statistics/index.php](http://www.kn.e-technik.tu-dortmund.de/cms/de/Lehrstuhl/Aktuelles/2019_en/5G-Auktion/5G-Auction-Statistics/index.php)**

## PROF. DR.-ING. CHRISTIAN WIETFIELD

Leiter des ITG-Fachausschusses KT 2 Kommunikationsnetze und -systeme und Leiter des Lehrstuhls für Kommunikationsnetze der TU Dortmund



## 5G-TECHNOLOGIE

# 5G for Industrial Applications

5G can provide huge benefits for industrial and logistical processes by offering a variety of features required for precise positioning and reliable communication. The transition from research and standardization to actual applications, supported by use case specific test beds, will become an exciting journey for companies using 5G technology.

Manufacturing of complex and individualized products requires continuous operation of challenging automated factory workflows involving, e.g. decentralized production control. Important enablers are ubiquitous, seamless connectivity and real-time communication between machines in industrial environments. The availability of distributed and highly connected systems increases flexibility and productivity as it allows for coordination and control of the entire production processes. At the same time, it creates a need for mobile machines, which communicate, and are positioned, via wireless networks based on the instantaneous availability of data. Therefore, the requirements on reliability, latency, data rate, and positioning accuracy for industrial communication systems are growing continuously.

After several years of research and technical development, the initial 5G New Radio (NR) technology was standardized in June 2018 with Release 15. It is currently being deployed

as mainstream technology, initially serving enhanced mobile broadband (eMBB) types of services. As was the case for LTE, there will be several evolutionary stages of NR within the upcoming 3GPP releases. Many extensions are currently under development in 3GPP to address further markets with cellular based communication systems such as automotive, industrial production/automation, and positioning services.

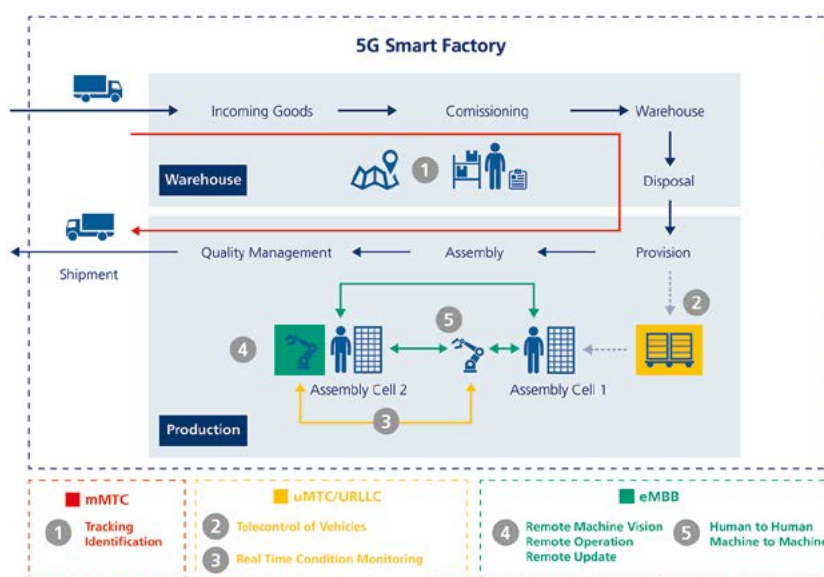
The upcoming releases of the 5G standard will be able to meet enhanced requirements as they target latencies of less than one millisecond, data rates of up to ten gigabits per second, extremely high network reliability, and better accuracy in positioning. Thus, 5G provides fast and reliable access to moving objects in order to achieve time-critical process control and optimization in industrial environments, which are not possible with today's cellular technology. As requirements vary according to the specific use cases, 5G NR also provides a flexible air interface allowing for scalable

bandwidths, data rates, latencies, and positioning accuracy levels.

## 5G New Radio for URLLC Communication

With the introduction of new Transmission Time Interval (TTI) structures for low latency and Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ) related methods for improved reliability, 3GPP 5G/NR standardization efforts provide support for industrial automation use cases [1]. Further scenarios with higher reliability ( $10^{-6}$ ) and short latency (0.5–1.0 ms) have also been identified as important areas for NR evolution [2]. Efforts are ongoing to support Time Sensitive Networks (TSN) with their accurate reference timing delivery, Quality of Service (QoS) and scheduling enhancements as well as Ethernet header compression. For Frequency Division Duplex (FDD), the 0.5 ms one-way latency target can be achieved for both Downlink (DL) and Uplink (UL) for 30 kHz Sub-Carrier Spacing (SCS) in single-shot transmission mode. For Time Division Duplex (TDD) 30 kHz SCS, some analyses show that the 0.5 ms one-way latency target can be achieved for selected UL/DL configurations. For those cases where the one-way latency target can be achieved, it was observed that the reliability target of  $10^{-4}$  to  $10^{-6}$  can be achieved with Release 15 NR for the fifth percentile with signal-to-interference-plus-noise ratio (SINR) geometry.

For precise time synchronization in 5G/NR industrial environments, accurate reference timing delivery from base station (gNB) to user equipment (UE) is specified using broadcast and/or unicast Radio Resource Control (RRC) signalling, with a constraint of time synchronization granularity no



5G Technologies for Industrial Applications – Smart Factory



higher than 50 ns. Enhancements to satisfy QoS for TSN traffic patterns based on TSN traffic characteristics include setting up signalling between Core Network and Radio Access Network (RAN) with various information such as message periodicity, message size, and arrival time at gNB (DL) and UE (UL). Multiple simultaneous configured grants (CG), Semi Persistent Signalling (SPS) configurations, and shorter SPS periodicities than existing ones are also supported in Release 16, thus laying the necessary foundation for IoT type short messages used for example in M2M (machine-to-machine) communication. TSN message periodicities with non-integer multiples of NR supported periodicities are an option as well. Ethernet header compression is a means to reduce protocol overhead. It is beneficial when payload sizes are relatively small compared to the overall size of the Ethernet frame. Besides support for IEEE 802.3 and/or IEEE 802.1Q specific Ethernet header protocols, support for a wide range of industrial field-bus technologies is also considered. Solutions for header compression are to be based on the design principles described in [3].

## 5G Positioning

The positioning of mobile devices and assets is becoming increasingly important for the optimization of production processes and for improved flexibility in industrial environments [4]. 5G can provide huge benefits for industrial and logistical processes by providing a variety of features required for precise positioning. Examples are higher bandwidths for precise timing, new mm-wave frequency bands, and massive MIMO for accurate angle of arrival estimation and new architectural options. Positioning requirements are included and grouped into seven service levels in TS 22.261 [5] to cover all positioning use cases between 10 m and 0.2 m accuracy. The overall table in TS 22.261 includes horizontal as well as vertical accuracy, availability, latency, velocity, and coverage.

Positioning requirements specific to industrial environments have been captured in TS 22.104 [6]. The re-

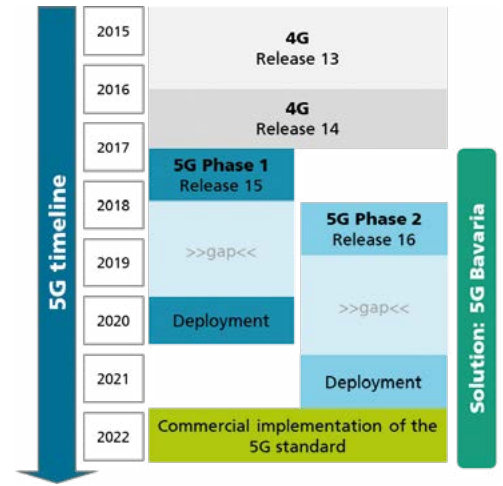
cently completed 5G NR Positioning Study Item [7] is the basis for normative work within the subsequent NR Positioning Work Item [8]. In the first step, the target performance is defined as a horizontal positioning accuracy of less than 3 m indoors. The fact that indoor dense deployments are anticipated for 5G also supports the idea that high performance positioning is feasible in the future. Availability of highly precise positioning functions are expected from Release 17 onwards.

## From Standardization to Market

Availability of test environments is an essential success factor for the development of new technology-based products, especially in the case of 5G. Due to the release structure of 5G standardization, it can be observed that there is a gap of three to four years between the definition of new 5G functionalities (“Release”) and their availability on the market (“Deployment”). Companies that develop new products and applications using 5G technology are facing the challenge of having to start their product development in the absence of 5G infrastructure supporting the latest features (“gap”).

Large and financially strong companies manage to set up their own laboratory or field test environments. These facilities, however, are usually not available to the majority of interested 5G users, especially smaller companies.

Fraunhofer IIS’s 5G Bavaria Initiative [9] (sponsored by the Bavarian Ministry of Economic Affairs, Regional Development and Energy) aims to support the transition from research and standardization to the product or application. Companies will have the opportunity to evaluate new functionalities in a fully comprehensive 5G system context. The tools used to achieve this include simulation and emulation in the lab as well as application specific 5G test beds within real mobile communications environments. Especially for the industrial sector, Fraunhofer IIS is setting up an Industry 4.0 test bed in Nuremberg that covers a wide array of industry-relevant use cases and offers a unique



From Standardization to Market

combination of communication infrastructures along with positioning functions within 5G [10].

## References

- [1] 3GPP TR 22.804: Study on Communication for Automation in Vertical Domains (Release 16), v16.2.0 (2018-12)
- [2] 3GPP TR 38.824: Study on physical layer enhancements for NR ultra-reliable and low latency case (URLLC) (Release 16), v16.0.0 (2019-03)
- [3] 3GPP TR 38.825: Study on NR Industrial Internet of Things (IoT) (Release 16), v16.0.0 (2019-03)
- [4] 5G-ACIA White Paper: 5G for Automation in Industry. <https://www.5g-acia.org/publications/5g-for-automation-in-industry-white-paper/>
- [5] 3GPP TS 22.261: Service requirements for next generation new services and markets; Stage 1 (Release 16), v16.7.0 (2019-03)
- [6] 3GPP TS 22.104: Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains; Stage 1 (Release 16), v16.1.0 (2019-03)
- [7] 3GPP TR 38.855: Study on NR positioning support (Release 16), v16.0.0 (2019-03)
- [8] 3GPP RP-190752: New WID: NR Positioning Support. Shenzhen, China, 2019-03
- [9] 5G Initiative: [https://www.iis.fraunhofer.de/en/pr/2019/20190215\\_KS\\_5G.html](https://www.iis.fraunhofer.de/en/pr/2019/20190215_KS_5G.html)
- [10] 5G Bavaria: <https://www.iis.fraunhofer.de/en/ff/kom/mobile-kom/5g-bavaria.html>

DIPL.-ING. THOMAS HEYN

DR.-ING. ROHIT DATTA

DIPL.-VERK.WIRTSCH.

MARCO STEGLICH

DIPL.-ING. NORBERT FRANKE

DIPL.-ING. (FH), DIPL.-WIRT.ING. (FH)

KARIN LOIDL

DIPL.-PHYS. BERNHARD NIEMANN

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS

5G-TECHNOLOGIE

# Networking solutions for the new age of industries

We are at the beginning of an era of profound transformation and human progress — a new industrial revolution. This “Automation of Everything” era will be brought about by digital interfaces, data analysis and control of the physical world through networks enabled by 5G combined with existing technologies like LTE.

## Networks are at the intersection

Digital transformation drives a set of new requirements that have the network at their center. It is of fundamental importance that we connect everything, provide compute power and cut latency wherever it is needed, and apply insights to execute with precision. Each of these requirements places new demands on the networking infrastructure. In many cases, this extends far beyond what has traditionally been acceptable for even the largest enterprise networks.

Insights evolve and are most often driven by real-time information that is correlated with contextual and historical datapoints to uncover optimal paths and guide human decision making. With that the right networking infrastructure is in place to achieve richer human-machine interfaces

(HMI) leveraging augmented/virtual reality (AR/VR), precise control of autonomous systems and more efficient digital operations (e.g. learning and optimization with artificial intelligence or machine learning (AI/ML)).

In addition, as smart devices and systems proliferate, and business applications evolve, they will require dramatically more bandwidth to deliver richer information about the state of systems and the operating environment.

Further, as business-critical applications rely on tele-operation, fine control of systems, and autonomous vehicles, they will demand latency that is orders of magnitude lower than required for today’s simpler applications. Edge clouds push applications closer to distributed assets and users, even placing the compute capabilities on premises in local clouds where stringent requirements demand it.

This gives enterprises the means to analyze information about the state of their assets and operations in the most efficient way. Logistics hubs that handle unthinkable volumes of goods daily will see massive efficiency gains. Scene analytics will help first responders optimize their approach, saving lives while protecting their own. Each scenario depends on making sense out of data quickly and effectively.

## Wireless networking options expand

Industry verticals have explicit requirements for their business-/mission-critical services. These are currently provided over fixed (wired) infrastructure, unlicensed broadband wireless infrastructure, or low capability, low data rate licensed narrow-band wireless infrastructure. To in-

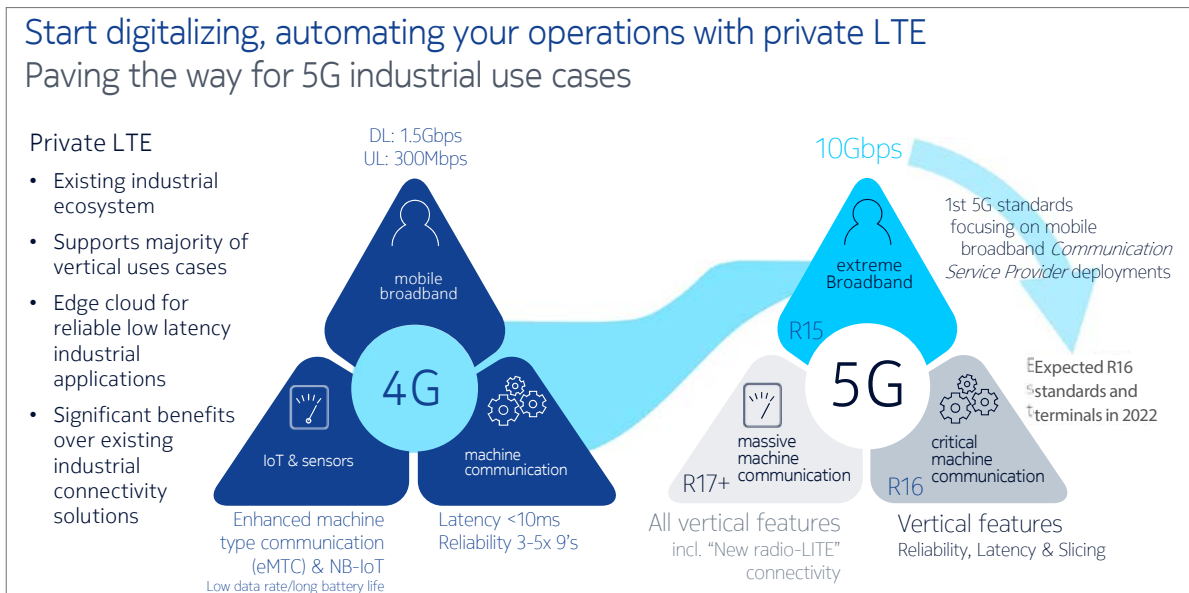


Figure 1: From 4G to 5G: industrial usage of wireless systems

crease productivity, industries are seeking to evolve their systems to be wirelessly connected at levels of performance similar to those of wired infrastructure. Such mission-critical, hyper-local broadband wireless connectivity will allow dynamic reconfiguration of manufacturing machines on factory floors and the use of untethered robots and drones, while maintaining critical protections and the need for guaranteed quality of service (QoS) and service level agreements (SLAs).

A variety of spectrum solutions will be used to meet these needs. 3GPP has defined almost 40 bands for 5G New Radio (NR) in Release 15. The most important ones are 600/700 MHz, 2.5/3.5/4.5 GHz, 28 GHz and 39 GHz. Additionally, the unlicensed spectrum (with suitable management of interference) and sub-licensing of spectrum to enterprises by service providers have been defined. In Germany, for example, Country-wide 2 GHz and 3,4–3,7 GHz play a key role; for local use cases (which then will be used specifically by enterprises) 3,7–3,8 GHz will be added. Furthermore, the 26 GHz band is currently under evaluation for local industry areas.

It is crucial for digital network transformation that existing 4G/LTE networks are working flawlessly together with 5G networking technology. This is important from economical but also efficiency point of view: relying on existing networks, interworking with these but also for mass



Figure 2: 5G Arena at the Hanover Fair 2019

rollout and coverage for new networks. For all kinds of industries, Nokia Private Wireless Networks already today offer LTE solutions with coverage, capacity and control needed to even run critical application traffic (see also Figure 1). With the introduction of 5G, networks will be able to also use network slicing to provide end-to-end connectivity specifically tailored to the needs of industrial customers and industrial applications.

### 5G gets more and more traction

The traction of 5G has also been highly visible during the Hanover Fair 2019, the world's largest industrial fair in April 2019 in Hanover/Germany. In a dedicated 5G arena, Nokia deployed and operated a private 5G enterprise network on the German enterprise

spectrum (3.7–3.8 GHz) to pilot for a full-blown 5G campus network deployment on the whole Hanover fair grounds from 2020 onwards. Ten industrial players – from robot manufacturers through industrial automation providers to communication device producers – showed 5G-connected indoor and outdoor use cases using prototype terminals from Qualcomm. The response from visitors, media, politics and exhibitors underline the importance of 5G capabilities for industries such as manufacturing, construction, logistics and oil & mining and will trigger continuous discussions, trial projects and technical developments from now onwards.

#### PETER MERZ

Head of Standardization Research at Nokia

## 5G-TECHNOLOGIE

# Faktencheck 5G

*Die ITG hat vier Experten zu Herausforderungen und Möglichkeiten von 5G in Deutschland befragt.*

Die Erwartungen an 5G sind hoch. Das betrifft sowohl die Parameter, welche die neue Mobilfunkgeneration vorweist, als auch die Anwendungen, die damit möglich werden sollen. Gleichzeitig gibt es auch viele Unsicherheiten – etwa über die Rolle der deutschen Industrie bei 5G, die not-

wendigen Rahmenbedingungen und Security-Aspekte.

Wir haben daher vier Experten aus Industrie und Forschung nach ihrer Einschätzung zu diesen Themen befragt. Das vorliegende Whitepaper ist das Ergebnis dieser Interviews.

### Die befragten Experten:

- **Bruno Jacobfeuerborn**  
Vorsitzender der Geschäftsführung, Deutsche Funkturm
- **Sigurd Schuster**  
Leiter Business Operations, Nokia Mobile Networks



- **Dr. Andreas Müller**  
Leiter Communication und  
Network Technology,  
Robert Bosch
- **Prof. Dr. Hans Dieter Schotten**  
Wissenschaftlicher Direktor des  
Forschungsbereichs „Intelligente  
Netze“, DFKI

## Vorteile 5G

Grundsätzlich sehen die Experten deutliche Vorteile durch 5G in verschiedenen Aspekten. Dazu zählt vor allem die Möglichkeit der massiven Vernetzung – von ressourcenbeschränkten Geräten, aber auch von Sensoren, die in verschiedensten Anwendungen implementiert sind. Dank 5G ließe sich alles miteinander vernetzen. Gleichzeitig sorgt 5G für große Bandbreiten und eine hohe Zuverlässigkeit der Übertragung. Die Geschwindigkeit bei der Datenübertragung wird im Bereich von 10 Gbit/s liegen.

Hinzu kommt eine große Flexibilität des 5G-Systems, die sich etwa in Konzepten wie Network Slicing zeigt. Damit lassen sich auf einer physikalischen Hardware unterschiedliche Netze aufbauen, die verschiedene Parameter aufweisen.

Im Vordergrund stehen außerdem die verbesserten Reaktionszeiten dank 5G. Die anvisierte Latenz liegt bei einigen wenigen Millisekunden bis zu einer Millisekunde. Die Experten heben jedoch hervor, dass die Latenz von der jeweiligen Anwendung abhängt. Nicht für jede Anwendung ist eine Reaktionszeit von einer Millisekunde notwendig.

Ein weiterer Vorteil ist die Konvergenz. Mit 5G lassen sich verschiedene Anwendungen mit einer einzigen Technologie adressieren, für die man bisher verschiedene Infrastrukturen braucht. So lassen sich zum Beispiel im Industriebereich sowohl WLAN als auch Bluetooth mit einem Netz nutzen.

*„Es ist relativ schwierig, bei der Latenz tatsächlich über irgendwelche Werte zu sprechen, die man unbedingt braucht. Denn mit steigender Auslastung erhöht sich natürlich die Latenz. Wichtig ist, dass wir eine maximale Latenz garantieren können, sodass wir also eine Mindest-Service-Qualität haben.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

*„Das menschliche Auge reagiert mit einer Verzögerungszeit von vier Millisekunden, beim Magen liegt diese Zeit sogar bei einer Millisekunde. In diese Regionen müssen wir kommen, um bei Anwendungen, in denen der Mensch involviert ist, sauber reagieren zu können. Und diese eine Millisekunde ist auch machbar.“*

Bruno Jacobfeuerborn

*„Man redet bei der Latenz immer von zehn Millisekunden oder einer Millisekunde. Doch das ist nur der Anteil der Kommunikation über Funk. Das technische System insgesamt – zum Beispiel eine Robotersteuerung – hat ja auch weitere technische Komponenten, die gewisse Verarbeitungszeiten benötigen. Daher muss man immer die Gesamtkette betrachten und nicht nur das Stückchen Funk.“*

Sigurd Schuster

## Anwendungen

### Industrie

Das industrielle Umfeld wird von den Experten einhellig als das vielversprechendste Anwendungsgebiet gesehen. Die Automatisierung stellt allgemein hohe Anforderungen an Kommunikationstechnologien in Bezug auf Zuverlässigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit, Geschwindigkeit und Datenrate. Da 5G in all diesen Bereichen Verbesserung bringt, erwarten die befragten Experten große Dynamik durch den Kommunikationsstandard.

Profitieren würden vor allem mobile Anwendungen. Ein Beispiel sind fahrerlose Transportsysteme. Diese kommunizieren derzeit über WLAN. Das Problem: Diese Technologie unterstützt kein Handover. Wenn ein Transportsystem sich durch die Fabrik bewegt und dabei den WLAN-Access-Point wechselt, wird die Kommunikation für eine bestimmte Zeit unterbrochen. Mithilfe von 5G könnten die fahrerlosen Transportsysteme unterbrechungsfrei kommunizieren. Eine neue Verbindung wird dabei zuerst aufgebaut, bevor die bestehende beendet wird.

Durch 5G werden außerdem neue Kommunikationsprotokolle entstehen, die einen energieeffizienteren Betrieb von Sensoren unterstützen. So können deutlich energiesparsamere Sensoren

in den Maschinen und Anlagen genutzt werden. Das macht auch Retrofitting wirtschaftlicher – also ein Konzept, bei dem ältere Maschinen nachträglich mit Sensoren ausgerüstet werden.

5G wird aber nicht nur bestehende Anwendungen im Industrieumfeld verbessern, sondern neue überhaupt erst möglich machen. Dazu zählt nach Meinung der Experten das Einsatzgebiet Augmented Reality. Den Workern in der Fabrik können dabei über Datenbrillen Zusatzinformationen kontextabhängig eingeblendet werden. Beispiel ist ein Servicetechniker, der Reparaturaufgaben an einer Maschine vornimmt. Solche Anwendungen sind extrem latenzkritisch und benötigen eine hohe Datenrate, da Bilder oder Videos von einem Server auf die Datenbrille übertragen werden. Dabei muss der Server erkennen, worauf die Brille ausgerichtet ist, und dann die Zusatzinformationen zurückspielen. Damit der Werker die Augmented-Reality-Anwendung ermüdungsfrei ausführen kann, muss die Latenz im Bereich von wenigen Millisekunden liegen.

Grundsätzlich gehen die Experten davon aus, dass mit 5G die Vision Industrie 4.0 deutlich näher rücken wird. In dieser Vision sind alle Komponenten einer Fabrik, wie Maschinen, Anlagen und Bauteile, mobil und flexibel miteinander verknüpft. Grundlage dafür ist eine leistungsfähige Vernetzung, die aus heutiger Sicht nur 5G gewährleistet.

*„Mit 5G wird es auch möglich sein, neue Systemansätze umzusetzen. Dazu zählt zum Beispiel, keine Hardware-Steuerung mehr an der Linie zu haben, sondern eine virtuelle Steuerung, die in der Edge-Cloud läuft. Um das machen zu können, muss man die Regelschleife über die Luft schließen. Und dafür braucht man eine leistungsfähige Funktechnologie.“*

Dr. Andreas Müller

*„Dank 5G können autonome Transportsysteme in der Fabrik sehr viel agiler und zuverlässiger miteinander sowie mit der Infrastruktur kommunizieren. So verbessert sich deren Arbeitseffizienz deutlich. In vielen Fällen wird ihr Einsatz erst dadurch wirtschaftlich sinnvoll.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

## Automotive

Grundsätzlich sehen die Experten auch im automobilen Umfeld Anwendungsmöglichkeiten von 5G. Dort erwartet man sich durch den Einsatz des Kommunikationsstandards allerdings keine vergleichbar dynamische Entwicklung wie im Industrieumfeld. Anwendungen, wie das autonome Fahren, sind weniger von der Mobilfunktechnologie abhängig, da die Fahrzeuge auch ohne Kommunikation nach außen in der Lage sein müssen, sich sicher fortzubewegen.

*„Autonomes Fahren ist eben autonomes Fahren und nicht vernetztes Fahren.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

*„Man wird es nicht schaffen, auf jeder Straße die beste 5G-Verbindung bereitzustellen. Die grundlegenden Funktionen des autonomen Fahrens müssen auch gewährleistet sein, wenn keine Mobilfunkverbindung besteht.“*

Dr. Andreas Müller

Bei der Kommunikation mit einer übergeordneten Infrastruktur, wie etwa einer Verkehrsleittechnik, wird 5G allerdings eine wichtige Rolle spielen. So lassen sich mit der Datengeschwindigkeit und der Latenz, die 5G ermöglicht, Fahrzeuge mit relevanten Informationen versorgen, um etwa vor Verkehrsstaus oder Gefahren auf der Strecke zu warnen. Grundsätzlich erhöht 5G hier die Zuverlässigkeit in der Kommunikation.

Dabei wird auch das Network Slicing eine wichtige Rolle spielen. Damit lässt sich verhindern, dass Verzögerungen in der Kommunikation – etwa bei einem Stau – entstehen.

Eine Anwendung, die besonders von 5G profitieren würde, ist das Platooning. Dabei fahren mehrere miteinander vernetzte Lkw mithilfe eines Steuerungssystems in kurzem Abstand in einer Kolonne. So lässt sich etwa der Kraftstoffverbrauch verringern oder die Fahrer können entlastet werden.

*„Mithilfe von Slicing lassen sich Verzögerungen in der Kommunikation verhindern. Überhaupt ist das Slicing wahrscheinlich das wichtigste Instrument, das die Akzeptanz von 5G in der vertikalen Industrie sicherstellt.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

## Weitere Anwendungen

Nach Meinung der Experten gibt es auch in der Landwirtschaft viele mögliche Anwendungen. Hier könnte 5G die Erfassung von Umweltdaten, das sogenannte Precision Farming – also die zentimetergenaue Ausbringung von Saatgut und Dünger – oder den autonomen Betrieb von Erntefahrzeugen unterstützen. Solche Anwendungen werden zwar bereits mit LTE umgesetzt. Doch diese Mobilfunkgeneration werde durch zunehmenden Einsatz von Sensoren in der Landwirtschaft an ihre Grenzen kommen, so die Einschätzung der befragten Experten.

Auch in Firmengebäuden und Privathäusern wächst die Zahl der Sensoren – zum Beispiel für Sicherheitsanwendungen oder für Energieeffizienz-Aufgaben.

Daneben könnte 5G auch in der Servicerobotik die Entwicklung entscheidend vorantreiben. Roboter würden menschenähnlicher, da sie dank 5G innerhalb von Millisekunden auf ihr Gegenüber reagieren. Das würde zum Beispiel die Akzeptanz der künstlichen Helfer in der Pflege oder im Haushalt deutlich steigern.

*„Dank der entsprechenden Latenz und Übertragungsgeschwindigkeit kann ein Roboter in Millisekunden auf einen Menschen reagieren. Das ist heute nur schwer machbar. Dafür braucht man viel Processing Power möglichst nah am reagierenden Objekt.“*

Bruno Jacobfeuerborn

## Wo ist 4G ausreichend?

Die Experten sind sich einig, dass sich auch mit 4G und dem zugehörigen Narrowband-IoT schon viele Anwendungen umsetzen lassen. Geringe Latenzzeiten mit bis zu zehn Millisekunden sowie hohe Datenkapazitäten seien auch mit LTE machbar. Narrowband-IoT wird bereits in vielen IoT-Anwendungen verwendet. Große Sensorpopulationen können auch damit unterstützt werden. Wenn jedoch viele Anwender gleichzeitig die Systemressourcen nutzen, gerät 4G an seine Grenzen. Dann sind die geforderten Latenzen nicht mehr machbar.

Zudem kann LTE zwar auch für Anwendungen, wie etwa Augmented

Reality, aufgerüstet werden. Doch der Aufwand macht den Einsatz der Funktechnologie in vielen Fällen nicht wirtschaftlich. Und Anwendungen, die sich im Bereich des taktilen Internet bewegen und bei denen eine Latenz von einer Millisekunde gefordert ist, sind nur mit 5G möglich.

*„Eine Latenz von zehn Millisekunden schafft man mit einem LTE-System auch. Aber wenn viele Anwender diese zehn Millisekunden haben wollen, dann stimmt die Statistik irgendwann nicht mehr.“*

Sigurd Schuster

*„Wenn mehr Bandbreite zur Verfügung steht, lassen sich auch mit LTE deutlich höhere Übertragungsraten hinbekommen. Man kann eine Technologie tunen wie ein Auto. So konnte die Performance von 4G in den letzten Jahren bereits deutlich erhöht werden – und das Potenzial ist noch nicht erschöpft. 4G wird in einigen Aspekten in 5G aufgehen.“*

Bruno Jacobfeuerborn

## Perspektive für Deutschland

### Stellenwert von 5G für die Entwicklung in Deutschland

Für die Industrienation Deutschland wird der Einsatz von 5G als sehr wichtig erachtet. Die Experten sind sich einig, dass deutsche Unternehmen so früh wie möglich Technologien auf 5G-Basis einsetzen müssen, um auf globaler Ebene wettbewerbsfähig zu sein.

*„Wenn wir in Deutschland nicht die Möglichkeiten von 5G in der Anwendung verstehen und nutzen, dann werden unsere Produkte und Lösungen einfach weniger wettbewerbsfähig sein. Ohne 5G – das können wir uns in Deutschland nicht leisten.“*

Sigurd Schuster

*„Es wird die Wettbewerbsfähigkeit der Produktion in Deutschland erhöhen, wenn wir hierzulande gute Rahmenbedingungen für die Nutzung von 5G schaffen.“*

Dr. Andreas Müller

### Anteil der deutschen Industrie an 5G-Produkten

Für die deutsche Industrie sehen die Experten das größte Potenzial bei der

Integration von 5G in bestimmte Anwendungen und bei der Entwicklung von 5G-Produkten. Ein Beispiel ist die Automatisierungstechnik auf Basis von 5G. Hier sind deutsche Anbieter prädestiniert durch die traditionell starke Stellung in diesem Bereich. Das Gleiche gilt für die Automobilindustrie. Die Integration von 5G in die Fahrzeugtechnik würde den Unternehmen aus dem Automotive-Sektor die Möglichkeit geben, ihre führende Position weiter zu behaupten. Entscheidend ist allerdings, dass deutsche Anbieter in diesen Bereichen von Beginn an schnell agieren.

*„In allen Automobilkonzernen, in der Robotik, in der Automatisierungsindustrie – überall arbeiten im Moment sehr viele Leute daran, Bindeglieder zwischen ihren jeweiligen Technologien und 5G zu entwickeln. Da lässt sich ohne Weiteres sagen, dass sich Deutschland in einer sehr starken Position befindet.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

*„Ich befürchte, dass es bei 5G vielleicht so laufen wird wie bei Industrie 4.0. Wir waren bei diesem Thema früh dran und haben Ideen vorangetrieben. Aber jetzt haben uns andere überholt beziehungsweise zu uns aufgeschlossen. Denn in Deutschland gibt es die Tendenz, Dinge sehr gründlich machen zu wollen und sehr lange zu diskutieren.“*

Dr. Andreas Müller

Schwierig ist die Situation dagegen auf der Hardware-Seite. Hier ist der Markt mit den großen drei Hardware-Ausrüstern Huawei, Nokia und Ericsson bereits weit enteilt. Sich in diesem Sektor gegen die Marktmacht dieser Anbieter zu behaupten, wird als eher unwahrscheinlich gesehen. Als positiver Aspekt wird dabei genannt, dass Huawei, Nokia und Ericsson immerhin mit Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auch in Deutschland aktiv sind.

*„Es wird schwer werden, die Situation im Markt für Infrastrukturtechnologie grundlegend zu verändern. Die Firmen dort sind schon lange dabei. Außerdem spielt auch das Thema Patente eine große Rolle. 5G ist von vorne bis hinten zugepflastert mit Patenten. Allein das stellt*

*schon für einen neuen Player eine schwer zu überwindende Hürde dar.“*

Dr. Andreas Müller

*„Ericsson, Nokia und Huawei sind alle in Deutschland mit Forschungslaboren und teilweise auch Produktionen tätig. Es gibt Zigtausend Experten, die an diesen Lösungen in Deutschland arbeiten und diese mitentwickeln. In dieser Hinsicht sind wir hierzulande nicht so schlecht aufgestellt.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

## Rahmenbedingungen

### Flächenabdeckung

Ein flächendeckendes Angebot von 5G-Technologien sehen die Experten eher nachrangig. Mit den vorhandenen 4G-Technologien könnten Anwendungen, wie vernetztes Fahren oder Smart Farming, bereits sehr gut unterstützt werden.

Da autonome Fahrzeuge auch ohne Kommunikationstechnik in der Lage sein müssen, sich sicher durch den Straßenverkehr zu bewegen, ist auch in diesem Bereich ein flächendeckendes 5G-Angebot eher zweitrangig.

Für Anwendungen im industriellen Bereich ist die lokale Abdeckung mit 5G entscheidend. Die entsprechenden Industrieanlagen müssen mit 5G ausgestattet sein. Flächenabdeckung spielt hier eine untergeordnete Rolle.

Hinzu kommt, dass sich mit den Frequenzen 3,4 GHz bis 3,7 GHz – also den Frequenzen, die Gegenstand der aktuellen Auktion sind – eine Flächenabdeckung nicht wirtschaftlich umsetzen lässt. Für eine deutschlandweite Abdeckung müssten bei diesen Frequenzen sehr viele Basisstationen aufgebaut werden, was zu hohen Kosten führen würde.

Mit Frequenzbändern von 700 MHz und 900 MHz wäre dies zwar möglich. Doch diese Mikro-Frequenzbänder unterstützen nicht die Parameter, die für 5G notwendig sind.

*„Wir brauchen eine flächendeckende Mobilfunkversorgung. Aber aus Gründen der Kosteneffizienz sollten wir immer überlegen: Brauchen wir dafür 5G oder ist das billigere und damit auch schneller aufbaubare 4G nicht eigentlich*

*genauso gut für Anwendungen, in denen der Endteilnehmer den Unterschied nicht merkt?“*

Prof. Hans Dieter Schotten

*„Im Smart Farming kann man mit einer guten LTE-Abdeckung schon eine ganze Menge machen. Dort gibt es zwar auch Anwendungen, bei denen LTE an seine Grenzen kommt. Zum Beispiel Smart Sensing – also Sensoren zur Erfassung von Umweltparametern, die mit der Aussaat verstreut werden. Aber das ist zunächst eher nachrangig zu betrachten.“*

Sigurd Schuster

*„Eine große Herausforderung beim Rollout von 5G liegt in der Bereitstellung der Infrastruktur. Selbst wenn man kurzfristig noch kein flächendeckendes 5G-Netz anstrebt, ist eine Netzverdichtung unumgänglich. Das gilt für ländliche Regionen und Verkehrswege, aber auch für heute bereits gut versorgte urbane Gebiete – Stichworte: Inhouse-Versorgung und Kapazitätssteigerung. Ohne geeignete Mobilfunkstandorte an den richtigen Stellen lässt sich 5G nicht umsetzen.“*

Bruno Jacobfeuerborn

### Campus-Lösungen

Sogenannte Campus-Lösungen bieten Industrieunternehmen die Möglichkeit, mit einem nach außen hin abgeschotteten 5G-Netz zu arbeiten. So können Firmen auf ihrem Gelände von 5G-Technologien profitieren, ohne das Risiko einzugehen, dass sensible Daten nach außen gelangen können.

Die Experten gehen davon aus, dass sich künftig verschiedene Betreibermodelle für diese Campus-Lösungen etablieren werden. Mittelgroße bis große Unternehmen, die über die entsprechenden finanziellen und personellen Ressourcen verfügen, werden sich ein eigenes Campus-Netz aufbauen.

Andere – vorwiegend kleinere – Firmen werden dafür einen Dienstleister in Anspruch nehmen, der eine bestimmte Abdeckung und Qualität eines solchen privaten Netzes garantiert. Diese können zum einen in physikalischer Form umgesetzt werden – also als eigene Infrastruktur, die der Dienstleister für seinen Kunden aufbaut. Zum anderen werden gerade sehr kleine Betriebe aber auch virtuelle private Netze nutzen können. Diese laufen auf der Infrastruktur des Dienst-



leisters, werden aber virtuell abgetrennt und für die Bedürfnisse des Anwenders konfiguriert.

*„Viele kleinere Produktionsbetriebe, die keine eigene IT-Abteilung haben, werden sicherlich froh sein, wenn ihnen ein Netzbetreiber eine maßgeschneiderte Lösung anbietet und diese managt.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

*„Vor allem große Unternehmen werden wohl ihre eigene Frequenz besitzen wollen, um die 5G-Kommunikation optimal gestalten zu können. Eine Fabrik ist ja nichts Statisches, sondern wird ständig verändert.“*

Sigurd Schuster

*„In der Produktion gibt es sensible Daten. Und diese möchte man nicht über eine öffentliche Infrastruktur teilen, bei der nicht bekannt ist, welches Equipment eingesetzt wird oder welche Algorithmen angewandt werden. Daher sind Campus-Netzwerke ein zentraler Aspekt. Wenn es nicht gelingt, diese aufzubauen, sehe ich das Risiko, dass das ganze Thema 5G in der Industrie floppt.“*

Dr. Andreas Müller

### Sicherheit

Die privaten Campus-Netze werden auch als wichtige Voraussetzung gesehen, um Sicherheitsanforderungen im 5G-Netz zu erfüllen. Je stärker 5G-Netze in branchenspezifische Anwendungen vordringen, umso stärker entwickeln sich diese zu kritischen Infrastrukturen. Und wenn sensible Informationen – etwa Produktionsdaten – über diese Infrastrukturen transportiert werden, besteht die Gefahr, dass die Daten gestohlen oder verfälscht werden. 5G-Netze können damit – wie andere Kommunikationsnetze auch – als Basis für Industriespionage und -sabotage dienen. Sie müssen entsprechend geschützt werden – hardware- wie auch softwareseitig.

Mit einer Campus-Lösung, bei der Daten nicht über das öffentliche Netz ausgetauscht werden, lassen sich diese Risiken reduzieren.

*„Generell ist eine ganzheitliche Sicherheitsbetrachtung wichtig. Wie bewerte ich die Risiken? Mit welcher Unsicherheit kann ich noch leben? Was kostet mich das? Wie hoch ist ein potenzieller Scha-*



*den? Aber man muss auch wissen: Es gibt keine absolute Sicherheit.“*

Dr. Andreas Müller

*„Man kann in einem 5G-Netz sowohl innerhalb der Software als auch innerhalb der Hardware Möglichkeiten schaffen, einen Zugriff von außen so weit wie möglich zu minimieren.“*

Bruno Jacobfeuerborn

### Backbone-Infrastruktur

Wenn es um die grundlegenden technischen Rahmenbedingungen für 5G in Deutschland geht, sehen fast alle Experten noch Nachholbedarf. So wird die eigentliche Backbone-Infrastruktur – also die Verknüpfung der großen Netzknoten miteinander – zwar als ausreichend bezeichnet. Wenn es allerdings um den Zugang zu den großen 5G-Basisstationen – zum Beispiel in den großen Gewerbegebieten – geht, dann muss in Deutschland noch einiges getan werden. Vielen Regionen fehlt es noch an den nötigen Glasfaserleitungen.

*„5G ergibt nur Sinn, wenn auch die Anbindung an das Kernnetz vorhanden ist. Da haben wir in Deutschland noch Nachholbedarf.“*

Dr. Andreas Müller

*„Der Staat sollte sich darum kümmern, dass die im Moment suboptimale Situation in Deutschland – was Breitband und vor allem Mobilfunk-Coverage angeht – schnell und deutlich verbessert wird. Ich halte es für sinnvoll, durch Beratung, Gesetzgebungsverfahren oder Ähnliches dafür zu sorgen, dass der Aufbau für die Netzbetreiber möglichst kosteneffizient möglich ist. Das gilt auch für den Ausbau der Glasfasernetze.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

### Nationales Roaming

Grundsätzlich halten die befragten Experten ein nationales Roaming auf freiwilliger Basis für sinnvoll. Es wird als Möglichkeit gesehen, gerade in ländlichen Gebieten, neuen Netzbetreibern den Markteintritt zu erleich-

tern. Mehrere Netzbetreiber schließen sich dabei zusammen, um eine Infrastruktur aufzubauen und diese gemeinsam zu nutzen. Wichtige Voraussetzung dafür ist jedoch, dass dabei transparent gehandelt wird und für alle Beteiligten sinnvolle Regelungen getroffen werden. So kommt es in entsprechenden Fällen häufig zu Problemen, weil geschäftliche Strategien nicht miteinander abgestimmt werden. Dann entstehen zum Beispiel Streitfälle zwischen Netzbetreibern, welcher Bereich beim Aufbau des Netzes priorisiert wird.

Eine klare Absage gibt es an ein verpflichtendes nationales oder lokales Roaming. Die Experten befürchten, dass dies Investitionen verhindern würde. Netzbetreiber würden dann davon abgehalten, ein eigenes Netz aufzubauen, weil sie dieses einem Wettbewerber zwingend zur Verfügung stellen müssten.

*„Ich glaube nicht, dass weder das nationale noch das lokale Roaming, wenn es verpflichtend gemacht wird, langfristig eine gute Strategie ist. Ich habe große Sorgen, dass die Motivation für Investitionen dadurch reduziert würde. Denn die eigenen Investitionen würden entwertet.“*

Prof. Hans Dieter Schotten

*„Ein nationales Roaming wäre eine Möglichkeit, 5G schneller umsetzen zu können. Denn für die Implementierung von 5G ist es wichtig, dass damit nicht zu viel Bürokratie verbunden ist. Ich rede zum Beispiel von Genehmigungsverfahren für Baumaßnahmen – etwa für die Glasfaseranbindung oder neue Antennenmasten. Die Bürokratie ist ein nicht zu unterschätzender Faktor.“*

Sigurd Schuster

*„Neben einem möglichen Network Sharing in Form von National Roaming kann vor allem das Infrastructure Sharing die Umsetzung von 5G deutlich beschleunigen. Es wäre weder ökonomisch noch von Kommunen gerne gesehen, wenn jeder Anbieter für sich die zusätzlichen Masten nebeneinander baut. Hier kann und muss man Synergien nutzen – vor allem in wirtschaftlich wenig lukrativen Gebieten. Dazu bieten wir unsere Standorte allen Mobilfunkern und sonstigen Funkanbietern zur Mitnutzung an.“*

Bruno Jacobfeuerborn

# Personalia

## 1 +++ PROF. DR.-ING. WOLFGANG MATHIS

**Leiter des Instituts für Theoretische Elektrotechnik, Universität Hannover**

Der ITG-Fachbereich 8 Mikro- und Nanotechnologie (MN) und sein neuer Sprecher Prof. Friedel Gerfers bedanken sich bei Prof. Wolfgang Mathis für seine herausragenden Leistungen in führenden Funktionen als Fachbereichssprecher des Fachbereichs Mikro- und Nanoelektronik (ITG-FB 8) und Leiter des Fachausschusses Integrierte Systeme (ITG-FA 8.4) sowie der Fachgruppe Netzwerktheorie & Numerik (ITG-FG 8.4.1).

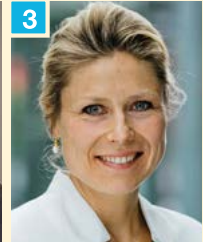
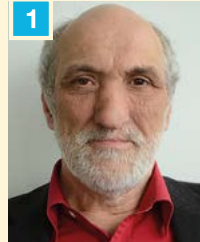
Die Arbeitsfelder des ITG-Fachbereichs Mikro- und Nanotechnologie reichen von den prozesstechnischen Grundlagen der Mikroelektronik über den rechnergestützten Entwurf von Schaltungen und Systemen und den Halbleiterbauelementen bis hin zur Messtechnik sowie der Fehleranalyse.

Prof. Wolfgang Mathis ist seit 1985 VDE- und ITG-Mitglied und wurde im Jahr 2018 mit der ITG-Ehrenmedaille für seine Leistungen für die ITG ausgezeichnet. Bereits 1999 erhielt er den ITG-Publikations-Award.

## 2 +++ PROF. DR.-ING. FRIEDEL GERFERS

**Institut für Technische Informatik und Mikroelektronik Technische Universität Berlin**

Seit 2019 ist Einstein-Professor Friedel Gerfers von der Technischen Universität Berlin Fachbereichssprecher des ITG-Fachbereichs Mikro- und Nanoelektronik (ITG-FB 8) und Leiter des Fachausschusses Integrierte Systeme (ITG-FA 8.4).



## 3 +++ DR.-ING. YVONNE WEITSCH

**Technologie Management, Rohde & Schwarz International**

Dr.-Ing. Yvonne Weitsch ist neue Leiterin des ITG-Fachausschusses HF1 Antennen. Sie schloss das Studium der Elektro- und Informationstechnik in Stuttgart 2005 ab und erhielt den Grad des Dr.-Ingenieurs 2011 von der Technischen Universität München. Von 2006 bis 2008 war sie Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Stuttgart und von 2008 bis 2011 am Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik an der TU München. In 2011 schloss sie sich der Antennenentwicklung bei Rohde & Schwarz GmbH & Co KG in München an. Hier leitete sie verschiedene Entwicklungsprojekte und sie war federführend bei der Konzeption einer Antennenmesshalle an einem Produktionsstandort beteiligt. Weitere Schwerpunkte ihrer Aktivitäten lagen in den Bereichen Antennenmesstechnik, Nahfeld-/Fernfeldtransformation und Verfahren zur Echo-Unterdrückung. Seit Juli 2018 verantwortet sie das Thema Satellitenkommunikation im Technologie-Management bei der Rohde & Schwarz International GmbH, München.

## Veranstaltungen

Hinweis: Weitere Veranstaltungen finden Sie auf den Seiten 46 und 47 des VDE dialog.

08.–11.09.2019, Berlin  
**ICCE 2019 – 9th International Conference on Consumer Electronics**  
 IEEE, ITG, IFA  
 // [www.icce-berlin.org](http://www.icce-berlin.org)

24.–25.09.2019, Mannheim  
**Digitale Welt Rhein-Neckar**  
 ITG, GPM, VDE-Bezirksverein Kurpfalz  
 // [www.vde.com/de/itg/veranstaltungen](http://www.vde.com/de/itg/veranstaltungen)

07.–09.10.2019, Ostfildern  
**Quantentechnologie**  
 ITG, TAE  
 // [www.vde.com/de/itg/veranstaltungen](http://www.vde.com/de/itg/veranstaltungen)

21.–22.11.2019, Boppard  
**40. Fachtagung Echtzeit 2019**  
 ITG  
 // [www.vde.com/de/itg/veranstaltungen](http://www.vde.com/de/itg/veranstaltungen)

21.11.2019, München  
**Flexible Antennenkonzepte für die zukünftige Satellitenkommunikation**  
 Rohde & Schwarz  
 // [tms.aloom.de/satcom-workshop](http://tms.aloom.de/satcom-workshop)

## Call for Papers

10.–11.12.2019, Köln  
**26. ITG-Fachtagung Kommunikationskabelnetze**  
 Für die 26. ITG-Fachtagung sind alle Interessenten herzlich eingeladen, sich am Programm zu beteiligen. Schwerpunktthema in diesem Jahr wird der Datentransfer in Rechen- und Datenzentren sein. Vortragsmeldungen (Titel des Beitrags, Name und Anschrift des Verfassers mit einer Zusammenfassung von max. 300 Wörtern und einer Kurzbiografie) werden bis 12. Juli 2019 an den Sprecher des Fachausschusses KT 4 erbeten: Dr. Waldemar Stöcklein (E-Mail: [waldemar.stoecklein@corning.com](mailto:waldemar.stoecklein@corning.com)).  
 // [www.vde.com/de/itg/veranstaltungen](http://www.vde.com/de/itg/veranstaltungen)

## Save the Date

21.–23.04.2020, Paris  
**NGMN Industry Conference 2020**  
 // [www.ngmn.org](http://www.ngmn.org)

13.–14.05.2020, Osnabrück  
**25. ITG-Fachtagung Mobilkommunikation**  
 // [www.vde.com/de/itg/veranstaltungen](http://www.vde.com/de/itg/veranstaltungen)

## Impressum

### ITG-news

Herausgeber: Informationstechnische Gesellschaft im VDE, Frankfurt am Main

Redaktion: Dr. Volker Schanz, Silvia Buhlmann

Telefon: 069/6308-360/-362

E-Mail: [itg@vde.com](mailto:itg@vde.com)

Internet: [www.vde.com/itg](http://www.vde.com/itg)

Konzept und Realisation: HEALTH-CARE-COM GmbH, ein Unternehmen der VDE VERLAG GmbH, Projektleitung: Anne Wolf

Druck: Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin