

# DER WEG IN DIE GIGABIT GESELL- SCHAFT

## WIE NETZAUSBAU ZUKÜNFTIGE INNOVATIONEN SICHERT



# Inhalt

**Gigabit für den Pioniergeist 3**

**Kernergebnisse 4**

**Wo stehen wir? 6**

**Warum sollten wir aktiver werden? 24**

**Wo geht die Reise hin? 35**

**Was sind die Anforderungen an eine Gigabit-Gesellschaft? 70**

**Impressum 83**

# Gigabit für den Pioniergeist

## Grußwort von Hannes Ametsreiter

Der Countdown läuft. Die Gigabit-Gesellschaft kommt. Die Frage ist nur noch: Wann und wo zuerst? Bereits jetzt liefern sich Städte wie Stockholm, London, Tokyo oder Seoul einen Wettlauf um den inoffiziellen Titel der „ersten 5G-Stadt“.

Man muss kein Prophet sein, um vorherzusagen, dass Zukunftstechnologien den Austausch von gewaltigen Datenmengen erfordern werden: Seien es per Cloud verbundene, rasend schnell lernende Roboter, hochkomplexe Fertigungsprozesse oder opulente Virtual-Reality-Spiele. Hier liegen für die Wirtschaft und damit auch für die Gesellschaft enorme Potenziale.

Den Einfluss von verbesserten Netzen auf die Ökonomie eines Landes in Zahlen zu fassen, ist ein zentrales Anliegen dieser Studie – und damit ein wirklich neuer Ansatz. Den Machern ist es gelungen, Formeln für das Einhergehen von Breitbandausbau und Anstieg des Bruttoinlandsproduktes zu identifizieren. Zudem zeigt sich, dass 17 Zukunftstechnologien mit weit überdurchschnittlichen Zahlen an Patentanmeldungen für die Gigabit-Gesellschaft eine ganz zentrale Rolle spielen werden.

Deutsche Forscher und Unternehmer haben auf dem Gebiet der Gigabit-Innovationen in den vergangenen Jahren einmal mehr viel Pioniergeist bewiesen. Umso verständlicher, dass die momentanen Netzgeschwindigkeiten in Deutschland im internationalen Vergleich allenfalls Durchschnitt sind und man ernsthaft über Investitionen in das limitierte Vectoring nachdenkt, ohne gleichzeitig die Infrastruktur für eine Gigabit-Zukunft zu schaffen. Europäische Nachbarstaaten und Asien setzen bereits voll auf Glasfaser – und Deutschland diskutiert noch über Kupfer. Das darf nicht der Anspruch einer führenden Industrienation sein.



Dr. Hannes Ametsreiter,  
CEO Vodafone Deutschland,  
Mitglied im Executive Committee  
der Vodafone Group

Deutschland braucht schnelle Netze. Diese sind nur möglich durch einen zukunftsorientierten Technologiemix aus Glasfaser und Koaxialkabel. Dafür muss auch die Politik die entsprechenden Grundlagen legen. Ein Gigabit-Netz sind wir schließlich nicht nur der Innovationslust unserer Forscher, sondern auch kommenden Generationen schuldig.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Ihr Hannes Ametsreiter

# Kernergebnisse

## Der Datenhunger wächst – aber Deutschland ist bei der Breitbandversorgung nur Mittelmaß

► Digitalisierung ist ein globaler Wachstumstreiber. Weltweit wird bis 2019 ein Anstieg des Datenvolumens auf 51.794 GB/s (Gigabyte pro Sekunde) prognostiziert – das ist mehr als dreimal so viel wie heute. Wettbewerber wie Südkorea, Schweden oder Portugal haben die Zeichen der Zeit erkannt und investieren verstärkt in den Ausbau von Glasfasernetzen.

► Deutschland belegte Ende 2014 bei der Geschwindigkeit seiner Breitbandanschlüsse mit 12,9 Mbit/s einen Platz im Mittelfeld, während Spitzenreiter Südkorea 26,7 Mbit/s erreichte.

► Zukunftssichere reine Glasfaseranschlüsse sind in Deutschland kaum vorhanden: Nur 1,3 Prozent aller Anschlüsse basieren auf FTTB/H – in Südkorea sind es fast 70 Prozent. Dieser Abdeckungsgrad wird zwar in Europa nicht erreicht, dennoch weisen Länder wie Schweden (46 Prozent), Norwegen (31 Prozent) und Portugal (24 Prozent) deutlich höhere Glasfaseranteile an den Breitbandanschlüssen auf als Deutschland.

► Die geringe Verbreitung von Glasfaseranschlüssen in Deutschland kann in absehbarer Zeit zu einem erheblichen Standortnachteil für die hiesige Wirtschaft werden. Ende 2015 verfügten lediglich 59 Prozent der Unternehmen über Breitbandanschlüsse mit mindestens 50 Mbit/s; in ländlichen Regionen waren es sogar nur 29 Prozent.

## Investitionen in die Qualität der Breitbandversorgung lohnen sich

► Investitionen in die Verbesserung der Qualität der Breitbandnetze und die Erhöhung der Glasfaseranschlüsse haben positive volkswirtschaftliche Effekte: Wenn die Anzahl der Glasfaseranschlüsse um 1 Prozent steigt, erhöht sich das Bruttoinlandsprodukt (BIP) um 0,02 bis 0,04 Prozent – für Deutschland hätte dies einen BIP-Zuwachs zwischen 600 Millionen und 1,2 Milliarden Euro zur Folge.

► Auch die Leistungsfähigkeit der Breitbandnetze korreliert positiv und statistisch hochsignifikant mit dem Wirtschaftswachstum: Im Durchschnitt der betrachteten Länder geht eine Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit um 1 Prozent mit einer Steigerung des BIP von 0,07 Prozent einher.

► Umgerechnet bedeutet dies, dass eine Erhöhung der derzeitigen Geschwindigkeit in Deutschland um 1 Prozent zu einer Erhöhung des BIP um knapp 2 Milliarden Euro führen würde.

► Gerade weil Deutschland beim Glasfaserausbau noch am Anfang steht, sind bei derartigen Investitionen besonders große Vorteile zu erwarten.

## Mit Gigabit-Netzen und Schlüsseltechnologien auf dem Weg in die smarte Welt

► Vernetzung, Mobilität, Alterung, Individualisierung und Sicherheit bestimmen als zentrale Themen die Zukunft der Gigabit-Gesellschaft. In den hierdurch emporwachsenden Anwendungsmärkten Smart Consuming, Smart Mobility, Smart Energy, Smart Health, Smart Industry und Smart Administration liegen Chancen, aber auch Herausforderungen, die nur durch entsprechende Schlüsseltechnologien bewältigt werden können.

► Im Rahmen der Studie wurden durch Experteninterviews und Desk-Research insgesamt 17 Schlüsseltechnologien für die Gigabit-Gesellschaft identifiziert: Zu diesen gehören z. B. Kartendienste, Virtual Reality, Cloud-Anwendungen, digitale Signaturen, Mensch-Maschinen-Schnittstellen oder der Bereich der holografischen Visualisierung.

► Die Patentanalyse hat gezeigt: In diesen 17 Schlüsseltechnologien wurden zwischen 2006 und 2015 weltweit insgesamt 470.000 Patentfamilien veröffentlicht. Dies entspricht einer Erhöhung der Patentaktivität in den Gigabit-Schlüsseltechnologien um 54 Prozent; im selben Zeitraum erhöhte sich die weltweite Patentdynamik über alle Technologiebereiche um lediglich 11 Prozent.

► Deutschland ist in diesen Bereichen bereits Mitte der 1990er Jahre patentaktiv gewesen und erreichte dort im Vergleich zum Rest der Welt bereits sehr früh eine hohe Technologiereife. Die hohe Wachstumsdynamik in den Technologiefeldern impliziert zugleich wachsende Anforderungen an die Breitbandinfrastruktur in einer smarter werdenden Welt. Die Patentanalysen zeigen weiterhin: Schlüsseltechnologien zielen oftmals zunächst auf private Nutzergruppen. Von hier aus verbreiten sich die Schlüsseltechnologien dann in weitere Märkte.

► Diese Anforderungen fallen in den einzelnen Anwendungsmärkten jedoch recht unterschiedlich aus: Im Bereich Smart Consuming führt die zunehmende Nutzung

von Videodiensten zu deutlich steigenden Anforderungen an die Netzinfrastruktur. Während Streamingangebote vor allem beim Datendownload eine hohe Bandbreite benötigen, erfordert der Einsatz von Video-Services bei Messenger-Diensten und sozialen Medien zusätzlich auch eine symmetrische Datenverbindung.

► Der Markt für Smart Mobility, wie etwa das autonome Fahren, ist vor allem auf geringe Latenzen und eine stabile Internetverbindung angewiesen. Hier ruhen die Hoffnungen vor allem auf den neuen Möglichkeiten, die das 5G-Netz mit sich bringen wird. Auch im Bereich Smart Energy ist zu erwarten, dass die Datenvolumen zukünftig überschaubar bleiben. Sollten aber beispielsweise Selbstversorger-Communities zukünftig ihren Strom in einem Smart Grid „sharen“, dann sind auch hier zur Kraftwerks- und Netzsteuerung sehr geringe Latenzen und eine hochstabile Netzanbindung zwingend notwendig.

► Im deutschen Gesundheitswesen werden bildgebende Verfahren und Bildverarbeitung zu einem Anstieg des übertragenen Datenvolumens und der Bandbreitenanfrage führen. Hier wird die Dynamik aber vor allem durch strikte gesetzliche Regulierungen ausgebremst, die Wettbewerb und damit innovative Gesundheitsdienstleistungen weitgehend verhindert.

► Im Bereich Smart Industry (Industrie 4.0) werden derzeit vor allem 3D-Druck und Virtual-Reality-Anwendungen erprobt, die aber nur moderate Anforderungen an die Netze stellen. Sollten die Netze der Zukunft aber eine extrem hohe Stabilität und geringe Latenzen aufweisen, dann wird hier die Produktionssteuerung über Cloud-Anwendungen denkbar. Dies würde die etablierten Wertschöpfungsketten revolutionieren, ist aber mit den derzeit verfügbaren Netzen noch Zukunftsmusik.

### **Die Gigabit-Gesellschaft braucht qualitativ hochwertige Breitbandnetze**

► Eine digitale Wirtschaft – und am Ende auch wesentliche Teile der Gigabit-Gesellschaft – ist eine Netzwerkökonomie. Datenaustausch, Kommunikation und Interaktion entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind ihre Kennzeichen. Die Potenziale können nur dann erschlossen werden, wenn möglichst alle Unternehmen und Haushalte an dieses Netz angeschlossen sind.

► Die qualitativen Anforderungen an die Breitbandinfrastruktur der Zukunft in puncto Geschwindigkeit, Symme-

trie, Latenz und Stabilität steigen. Echtzeitanwendungen in Bereichen des autonomen Fahrens, Smart Grid oder bei webbasierten Geschäftsmodellen sind nur einige Beispiele, die nach FTTB/H und 5G verlangen.

► Die Entwicklung hin zu Gigabit-Netzen ist nicht zuletzt durch einen immensen Anstieg des zu verarbeitenden Datenvolumens getrieben, der sich weiter fortsetzen wird. Deswegen wäre mit dem Erreichen des Ausbauziels der Bundesregierung im Jahr 2018 von mindestens 50 Mbit/s in der Fläche in Deutschland allenfalls ein Etappenziel erreicht. Auf diesem Niveau eine Ruhepause einzulegen, käme im internationalen digitalen Standortwettbewerb einem Rückschritt gleich.

► Eine zukunftsfähige Breitbandausbaustrategie sollte sich daher zumindest mittelfristig an den Bedürfnissen der Power-User im Business-Bereich orientieren und die Netze nach deren Bedürfnissen auslegen. Denn gerade von dieser Avantgarde der Unternehmen gehen die entscheidenden Innovationsimpulse zur Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle und zur digitalen Transformation der Wirtschaft aus.

► Die Unternehmen werden nur dann in vernetzte Echtzeitgeschäftsmodelle investieren, wenn sie sich sicher sein können, dass die Netze in der notwendigen Leistungsfähigkeit und Dichte vorhanden sind. Erst das Angebot an Gigabit-Netzen befeuert auf der Anwendungsseite eine steigende Nachfrage. Damit hat der Gigabit-Netzaufbau auch eine marktschaffende Funktion.

► Die Erschließung ländlicher Regionen mit Gigabit-Verbindungen stellt hierbei eine echte Herausforderung dar. Sie wird nicht alleine durch technische Ertüchtigungen der vorhandenen Infrastruktur gelingen können. Gerade auf dem Land werden Sendeanlagen für Mobilfunk sowie Tiefbaumaßnahmen mit der Verlegung von Leitungen notwendig sein – diese Leitungen werden aus Glasfaser bestehen.

► Eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur ist für eine Gigabit-Gesellschaft eine notwendige, aber für einen erfolgreichen Weg dorthin noch lange keine hinreichende Bedingung. Hinzukommen müssen geeignete Rahmenbedingungen in Politik, Staat und Gesellschaft, welche die digitale Transformation ermöglichen, erleichtern und flankieren.

# Wo stehen wir?

Die Digitalisierung hat die Welt im rasanten Tempo erobert. Sie durchdringt immer schneller und tiefer unsere Lebenswelten. Startpunkt der in dieser Studie unternommenen Reise zur Gigabit-Gesellschaft ist eine Standortbestimmung. Sie beginnt mit Fragen: Wo stehen wir gegenwärtig in der Digitalisierung, was ist der Status quo? Hinzu gesellen sich schnell weitere Fragen: Was ist überhaupt Digitalisierung? Wie groß ist das hierbei zu verarbeitende Datenvolumen und woher kommt dieser Datenhunger überhaupt? Was muss getan werden, um ihn zu stillen? Bei der Beantwortung dieser Fragen richtet sich der Blick nicht nur auf Deutschland, sondern auf einen breiteren Länderkanon. Dadurch kann die Situation in Deutschland leichter eingeordnet werden.

## Deutschland

steht international bei der Versorgung mit Breitband im Mittelfeld – und bei der mit Glasfaser im Tabellenkeller.

## Glasfaser- ausbau

Geht in Deutschland der Glasfaser-  
ausbau im Tempo der letzten beiden  
Jahre weiter, dauert es noch über  
40 Jahre bis zu einer flächendecken-  
den Versorgung.

## Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial der Digitalisierung der deutschen Wirtschaft wird auf 154 Milliarden Euro geschätzt – das wäre ein Zuwachs des Bruttoinlandsprodukts (BIP) pro Jahr von etwa 1 Prozent.

## Anstieg

des weltweiten Datenvolumens  
1992: 0,0012 GB/s  
(GB/s = Gigabyte pro Sekunde)  
2014: 16.144 GB/s  
Prognose 2019: 51.794 GB/s

## Digitalisierung verändert Wirtschaft und Gesellschaft

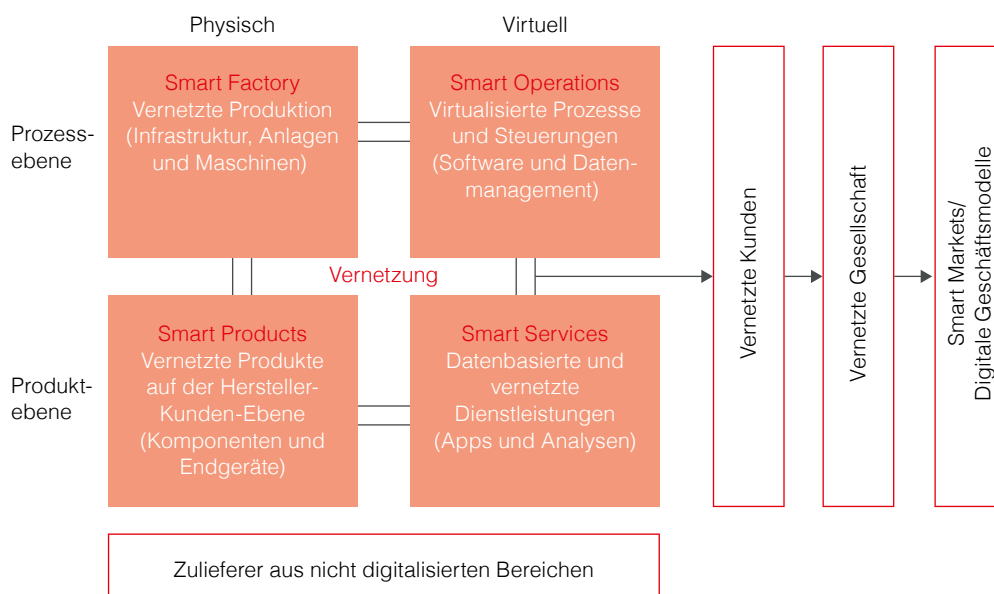
Die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft gilt heute als der Megatrend, der alles verändert und mit einem disruptiven Strukturwandel verbunden ist. Jeder spricht über die Digitalisierung, aber auch fast jeder versteht hierunter etwas anderes. Sehr allgemein wird unter Digitalisierung die Sammlung, Verdichtung, Analyse, Weiterverarbeitung und Weitergabe von Daten durch Computer verstanden. So richtig das ist, so wenig hilfreich ist diese Definition für eine Abschätzung der ökonomischen Bedeutung der Digitalisierung oder eine Vermessung der digitalen Wirtschaft. Die Digitalisierung hat verschiedene Dimensionen und kann nur aus diesen spezifischen Blickwinkeln verstanden werden. Auf der Ebene der Leistungserstellung ist zwischen der Prozess- und Produktebene sowie zwischen der physischen und virtuellen Welt zu unterscheiden (vgl. Abbildung).

- **Smart Factory:** Dazu zählen Infrastrukturen, Anlagen und Maschinen, die über datengestützte Technologien oder cyberphysische Systeme gesteuert werden und

die zugleich hochautomatisiert sind. Neben klassischen robotergestützten Produktionsprozessen gehören hierzu auch die physischen Infrastruktureinrichtungen in der Telekommunikation.

- **Smart Products:** Das sind physische Produkte, die über Sensoren eine Beobachtung und Steuerung beim Kunden in ihrer Nutzungsphase zulassen. Hersteller und Kunden bleiben damit über den gesamten Produktlebenszyklus miteinander verbunden. Das eröffnet für Dienstleistungen ganz neue Möglichkeiten.
- **Smart Operations:** Bei dieser wirklich neuen Dimension der Digitalisierung geht es darum, physische Prozesse virtuell als sogenannte digitale Schatten abzubilden, um dadurch Planungs- und Steuerungsprozesse zu optimieren. Hierfür kommen alle Tools, Systematiken und modernen Analysetechniken zum Einsatz, die umfangreiche Datenmengen im Umfeld der Logistik- und Produktionssysteme auswerten. So können Unternehmen mithilfe von Algorithmen mögliche Ausfälle von Maschinen voraussagen und Logistiker die Routen ihrer Transportfahrzeuge auf Basis von Verkehrs- und Bedarfsdaten in Echtzeit anpassen.

## Dimensionen der Digitalisierung



Quelle: IW Consult

- **Smart Services:** Darunter sind alle datenbasierten Dienstleistungen zu verstehen, bei denen das Endprodukt selbst als Datei dargestellt werden kann oder über datenbasierte Geschäftsmodelle ein Mehrwert erwirtschaftet wird. Online-Shops gehören genauso dazu wie Apps oder Streaming-Dienste.

Jeden dieser Bausteine gibt es für sich genommen schon lange. Das Neue an der Digitalisierung ist aber, dass diese Bausteine untereinander – im Unternehmen, zwischen Unternehmen, aber auch zwischen Unternehmen und Kunden – vernetzt sind. Dadurch eröffnet die Digitalisierung einen Raum bisher ungeahnter Möglichkeiten: Sie bringt neue Geschäftsmodelle hervor, Prozesse werden grundlegend umgestaltet, die Art und Weise, wie sich Unternehmen organisieren, produzieren und kommunizieren, wird sich ebenso verändern wie die Arbeitswelt. Diese Konnektivität eröffnet große Potenziale für Effizienzgewinne sowie für neue Märkte und Produkte. Deshalb gehören zur Digitalisierung auch das Internet der Dinge, die Machine-to-Machine-Kommunikation oder Cloud Computing.

Die Kunden sind in diese Wertschöpfungsnetzwerke ebenso wie die Gesellschaft (Nichtkunden) eingebunden, weil der Austausch über Social-Media-Kanäle Rückwirkungen auf die Produkte und Prozesse auf der Unternehmensebene haben. Darüber hinaus werden die Interaktionen zwischen Unternehmen und zwischen Unternehmen und Kunden durch das Auftreten von Plattformen komplett umgestaltet, denn sie verändern Marktstrukturen und die Struktur der Wirtschaft im Ganzen.

Die Vernetzung von Produkten und Prozessen sowie die Verbindung von physischer und virtueller Welt machen den Kern der Digitalisierung aus. Deswegen sind die Enabler-Funktion von Telekommunikationsinfrastrukturen und die daran anknüpfenden Dienstleistungen für das Gelingen der digitalen Transformation auch so wichtig. Denn eine digitalisierte Wirtschaft ist datenbasiert und auf einen schnellen und effizienten Datenaustausch angewiesen.

In der Smart Factory wird eine immense Datenmenge von Maschinen verarbeitet, die entscheiden müssen, was zu tun ist. Hunderte Sensoren und Chips nehmen hierzu Messwerte für Tausende unterschiedlicher Teile auf. In Zukunft werden Kleinserien oder sogar Einzelstücke in die Produktion eingebracht wie Massenware. Jedes Bau-

# Losgröße 1

**ist möglich – und dazu steuert sich das Bauteil auch noch selbstständig durch die Produktion.**

# Der digitale Barista

**macht den Kaffee per Fingertipp – ganz nach individueller Vorliebe des Kunden.**

teil trägt einen Chip, der sagt, was aus ihm werden soll und zu welcher Maschine es als Nächstes geht. All diese Informationen müssen in Echtzeit verarbeitet und bewertet werden, damit die Smart Factory problemlos funktioniert.

Smart Products sind Waren, Maschinen oder Anlagen, die über das Internet vernetzt bleiben, auch nachdem sie die Fabrik verlassen haben. So kann ein Aufzughersteller einem Unternehmen anbieten, die Lifte in einem Hochhaus auf Energieeffizienz zu trimmen. Je nachdem, ob die U-Bahn nebenan gerade einen Schwung Besucher ausspuckt oder nicht, setzen sich unterschiedlich viele Aufzüge in Bewegung. Smarte Produkte bieten einen Zusatznutzen zum reinen Produktnutzen, und dieser kommt durch Datensammlung zustande. Diese Daten können dann ausgewertet werden oder befähigen das Produkt, autonom Aktionen auszuführen. Auch durch die externe Steuerung über eine App wird ein Produkt smart: Kaffeemaschinen mit dazugehörigen Apps machen das manuelle Auswählen des gewünschten Programms überflüssig. Stattdessen wird die gewünschte Menge per Smartphone oder Tablet gewählt. Kühlschränke speichern Nutzerprofile und lösen selbstständig Einkäufe aus.



Smart Operations verbinden alle internen und externen Wertschöpfungspartner vom Lieferanten bis zum Kunden. Dadurch entsteht ein Netzwerk zur unternehmensübergreifenden Planung und Steuerung des gesamten Produktlebenszyklus. Innerhalb des Unternehmens werden Vertrieb, Produktentwicklung und -planung, Produktion, Aftersales und Rechnungswesen miteinander vernetzt. Alle Entitäten werden nicht nur digital erfasst, sondern müssen auch miteinander vernetzt sein, damit sie über Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Algorithmen in einer virtuellen Welt gesteuert werden können. Hierdurch wird im Unternehmen die Sichtbarkeit dessen, was datengestützt abgebildet wird, erhöht.

Smart Services sind ein Einfallstor für digitale Geschäftsmodelle, die bestehende Wertschöpfungsketten aufbrechen und ihren Wertschöpfungsfokus auf der Datenerhebung und -analyse haben. Einige Branchen haben ihre Geschäftsmodelle bereits stark verändert, andere sind mittendrin. So verändert die Digitalisierung beispielsweise die Machtstrukturen in der Taxibranche. Der Online-Ver-

mittlungsdienst für Fahrdienste Uber gibt Privatleuten die Möglichkeit, als Taxifahrer Geld zu verdienen, und vermittelt Fahrten über eine App oder Webseite.<sup>1</sup>

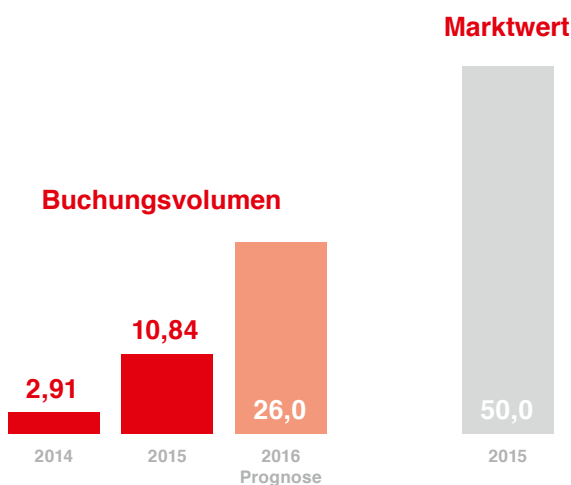
In der Industrie eröffnet das zunehmende Verschmelzen virtueller Welten mit der realen Fertigung im Zusammenspiel mit Vernetzung und Cloud Computing völlig neue Möglichkeiten. Beispielsweise lassen sich aus Prozess- und Produktionsdaten künftige Entwicklungen errechnen und passgenaue Empfehlungen ableiten. Neben Verfügbarkeits-, Performance- und Qualitätssteigerungen rücken auch die Verbesserung der Energieeffizienz und die Senkung der Kosten in den Fokus.

Die Interaktion zwischen Unternehmen, Kunden und Gesellschaft in den Wertschöpfungsnetzwerken ist Voraussetzung für die Entstehung digitaler Märkte in der Gigabit-Gesellschaft. In dieser Studie werden die Bereiche Smart Consuming, Smart Mobility, Smart Energy, Smart Health, Smart Industry und Smart Administration im Vordergrund stehen.

<sup>1</sup> <http://www.zdnet.de/88244688/umsatzzahlen-von-uber-durchgesickert/> [Stand: 2016-05-20]; <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/it/uber-verhandelt-ueber-milliarden-kredit-a-1035115.html> [Stand: 2016-05-20]

## Marktentwicklung UBER

Angaben in Milliarden US-\$



2015 war Uber in über 50 Ländern und mehr als 200 Städten vertreten.

Quellen: <http://www.zdnet.de/88244688/umsatzzahlen-von-uber-durchgesickert/> [Stand: 2016-05-20]; <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/it/uber-verhandelt-ueber-milliarden-kredit-a-1035115.html> [Stand: 2016-05-20]

## Entwicklung des Datenvolumens – kaum stillbarer Datenhunger

Die zunehmende weltweite Digitalisierung und die damit einhergehende universelle Vernetzung von Menschen und Maschinen haben zu einem exponentiellen Anstieg des übertragenen Datenvolumens geführt. Nach Angaben von Cisco stieg das weltweite Datenvolumen von 100 Gigabyte pro Tag im Jahr 1992 auf 16.144 Gigabyte pro Sekunde im Jahr 2014 an. Ein Ende dieses Trends ist in den kommenden Jahren nicht abzusehen. Vielmehr wird erwartet, dass sich bis 2019 das weltweite Datenvolumen mehr als verdreifachen wird.

Das liegt auch daran, dass die über das Internet übertragenen Inhalte einen immer höheren Datenumfang besitzen. Während zur Übertragung einer Textnachricht nur wenige Kilobyte an Daten anfallen, benötigt ein Full-HD-Video oft mehrere Gigabyte an Datenvolumen. 2014 entfielen rund zwei Drittel des weltweit übertragenen Datenvolumens auf Videoanwendungen.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Cisco Systems, 2015, Visual Networking Index [Stand: 2016-05-23]

## Internetnutzer

in Millionen

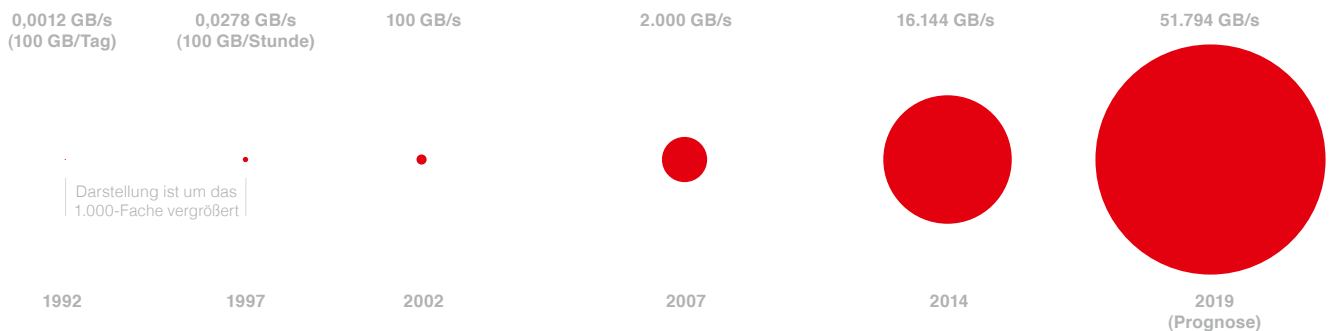
|             | 1990 | 1997  | 2002  | 2007    | 2014    |
|-------------|------|-------|-------|---------|---------|
| Deutschland | 0,1  | 5,5   | 40,3  | 61,8    | 69,8    |
| EU          | 0,3  | 24,9  | 172,3 | 301,4   | 396,7   |
| Welt        | 2,6  | 120,5 | 664,3 | 1.372,1 | 2.953,9 |

Quellen: Weltbank, 2016, World Development Indicators; eigene Berechnungen

Dabei hat sich sowohl die absolute Anzahl der Internetnutzer als auch das Datenvolumen pro Nutzer deutlich erhöht. Nach Angaben der Weltbank nutzten im Jahr 1990 rund 2,6 Millionen Menschen einen Internetzugang. 2014 hat sich die Zahl der weltweiten Nutzer auf fast drei Milliarden Menschen erhöht. Damit sind rund 40 Prozent der weltweiten Bevölkerung online. In Deutschland sind aktuell mit 70 Millionen Menschen rund 86 Prozent der Bevölkerung online. 1990 waren es nur 100.000 Personen. In der gesamten EU waren im Jahr 2014 rund vier von fünf Europäern online.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Weltbank, 2016, World Development Indicators [Stand: 2016-05-23]

## Anstieg des weltweiten Datenvolumens



Quelle: Cisco Systems, 2015, Visual Networking Index

## Digitalisierung – ein neuer Raum der Möglichkeiten

Digitalisierung ist ein Positiv-Thema: 60 Prozent der Dienstleistungsunternehmen in Deutschland schätzen den Einfluss der Digitalisierung auf ihren Unternehmenserfolg als hoch ein. Die Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft haben die Zeichen der Zeit erkannt: Von ihnen investierten im Jahr 2015 immerhin 25 Prozent mehr als 10 Prozent ihres Gesamtumsatzes in die Digitalisierung; 2020 sollen es schon 37 Prozent der Unternehmen sein.

Mobile Computing, Transaktionsdienste im Internet, IT-Sicherheit, Cloud-Dienste, Big Data, Industrie 4.0, Smart Services oder 3D-Druck sind international wichtige Wachstumsfelder der Digitalisierung in den nächsten fünf Jahren.<sup>4</sup> In diesen Bereichen wird ein Großteil der Wert-

<sup>4</sup> BMWi, 2015, Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2015, Berlin

# Zwei Drittel

der Unternehmen wollen mit Industrie 4.0 ihre Effizienz und Umsätze erhöhen.<sup>5</sup>

# 80 Prozent

der Unternehmen halten die Digitalisierung insgesamt für bedeutsam.

# 88 Prozent

der Unternehmen sind mit dem erreichten Stand der Digitalisierung zufrieden.<sup>6</sup>

schöpfung im Netz selbst erzeugt. Infolgedessen ist die Vernetzung von Unternehmen, Konsumenten und Gesellschaft von überragender Bedeutung.

Obwohl Unternehmen, Politik und Gesellschaft die Möglichkeiten der Digitalisierung erkennen, stehen in der Praxis noch keine Messkonzepte bereit, welche die Gesamtheit der vier Dimensionen der Digitalisierung einschließen. Bei der Vermessung der Potenziale oder des Entwicklungsstands werden bisher nur Teilaspekte verwendet:

- ▶ In einem Branchenkonzept werden die traditionellen IKT-Bereiche und die Internetwirtschaft zur digitalen Wirtschaft zusammengefasst.
- ▶ In generischen Modellen wird über den Einsatz von Computern, Softwarelösungen, digital-affinen Technologien oder daten- und internetgestützten Dienstleistungen der Digitalisierungsgrad von Unternehmen oder Branchen bestimmt. Bei volkswirtschaftlichen Vergleichen kommen noch die Güte der Breitbandinfrastruktur und bestimmte Rahmenbedingungen hinzu. Die Ergebnisse hängen dann stark von der Auswahl und Gewichtung der verwendeten Indikatoren ab.
- ▶ In Prognosemodellen werden auf Basis von Fallstudien die beobachtbaren Effizienzgewinne oder Wachstumschancen in neuen Märkten auf die branchen- oder gesamtwirtschaftliche Ebene hochgerechnet.

### Die Branchensicht

Die digitale Wirtschaft wird üblicherweise als IKT-Branchen plus Internetwirtschaft definiert. Im Jahr 2014 erwirtschaftete das Herzstück – die deutsche IKT-Branche – einen Umsatz in Höhe von 221 Milliarden Euro und eine Bruttowertschöpfung von 93 Milliarden Euro. In insgesamt 92.000 Unternehmen finden 1,05 Millionen Menschen ihren Arbeitsplatz. Hinzugerechnet werden muss aber die Internetwirtschaft, die in Deutschland Umsätze von mehr als 100 Milliarden Euro beisteuert. Der Pro-Kopf-Umsatz ist mit 1.266 Euro deutlich geringer als in Spitzenländern wie Südkorea (2.221 Euro), dem Vereinigten Königreich (2.194 Euro) oder den USA (2.027 Euro).<sup>7</sup> Die Dynamik kommt aus der Internetwirtschaft, denn Analysen der

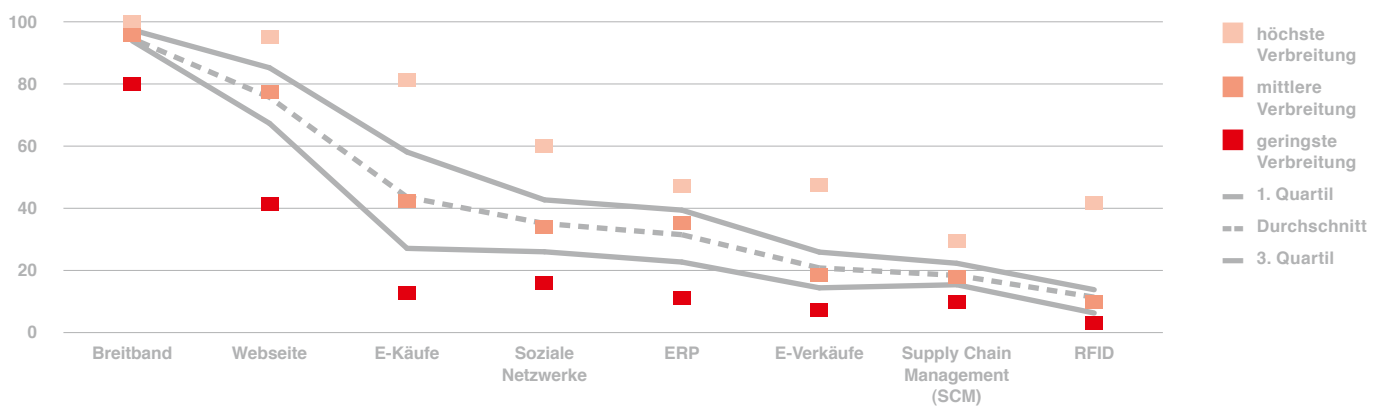
<sup>5</sup> IW Consult / FIR, 2015, Industrie 4.0-Readiness, Köln

<sup>6</sup> BMWi, 2015

<sup>7</sup> BMWi, 2015

## Die Verbreitung von ausgewählten IKT-Tools und -Aktivitäten in Unternehmen, 2014

in Prozent



Quelle: OECD, 2015, OECD Digital Economy Outlook 2015

OECD zeigen, dass von 2007 bis 2013 der IKT-Sektor nicht mehr als Ganzes zum Wirtschaftswachstum beigetragen hat, sondern nur noch die Bereiche Software und IT-Services.<sup>8</sup>

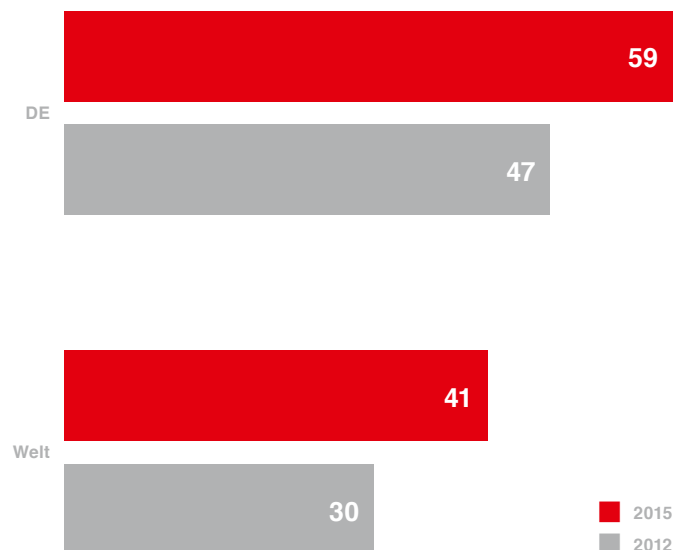
### Generische Messkonzepte

Eine Vielzahl von Studien, die in eher generischen Verfahren Indikatoren zur Beschreibung des Status quos nutzen, zeigen vor allem eines: In vielen Bereichen steht die Digitalisierung erst am Anfang. Zwei Fünftel der Unternehmen in der OECD nutzen elektronische Beschaffungssysteme, nur ein Drittel setzt ERP-Systeme ein und weniger als 12 Prozent verwenden RFID-Technologien.<sup>9</sup>

Generische Ansätze werden auch zur Positionsbestimmung ganzer Volkswirtschaften verwendet. Exemplarisch dafür sind die Digitalisierungsindizes des Monitoring-Reports, des World Economic Forums (WEF), der EU oder des IW Köln. Allen ist gemeinsam, dass Deutschland nur einen Platz im Mittelfeld belegt und insbesondere Südkorea den Spitzenplatz einnimmt. Allerdings nehmen die Digitalisierungsgrade weltweit zu.

## IW-Digitalisierungsindex

Index von 0 (keine Digitalisierung) bis 100 (hohe Digitalisierung)



<sup>8</sup> OECD, 2015, OECD Digital Economy Outlook 2015, OECD Publishing, Paris

<sup>9</sup> OECD, 2015

Quellen: WEF, 2015, Networked Readiness Index; IW Köln, 2016, Wohlstand in der digitalisierten Welt, Erster IW-Strukturbericht; eigene Berechnungen

## Prognosen und Potenzialschätzungen

Analysten von Roland Berger<sup>10</sup> sehen in der Digitalisierung bis 2025 kumuliert ein Wertschöpfungspotenzial von 1,25 Billionen Euro in der europäischen Industrie – das entspricht einer Steigerung der industriellen Bruttowertschöpfung um 20 bis 30 Prozent. In einer Metastudie des Bundeswirtschaftsministeriums gehen Schätzungen von einem Wachstumspotenzial in Höhe von rund 153,5 Milliarden Euro in den nächsten fünf Jahren durch den Einsatz von Industrie 4.0 in Deutschland aus.<sup>11</sup> Die Boston Consulting Group (BCG) erwartet einen Beschäftigungszuwachs von 6 Prozent für die nächsten zehn Jahre;<sup>12</sup> das Institut der deutschen Wirtschaft Köln sieht durch die Digitalisierung zumindest keine negativen Beschäftigungseffekte.<sup>13</sup>

### Digitalisierung kein Selbstläufer

Die Digitalisierung der Wirtschaft ist sicherlich kein Selbstläufer. Die Potenziale sind noch lange nicht gehoben und das internationale Rennen um die Märkte ist noch nicht entschieden. Die Unternehmen haben einen Strukturwandel mit erheblichem disruptiven Potenzial zu bewältigen.

<sup>10</sup> Roland Berger, 2015, Die digitale Transformation der Industrie, München

<sup>11</sup> Wischmann et al., 2015, Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland, Berlin

<sup>12</sup> BCG, 2015, Industry 4.0: The future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries

<sup>13</sup> IW Köln, 2015, Beschäftigungseffekte der Digitalisierung, in: IW-Trends, Heft 3/2015, S. 77–94

# Potenzial

**Das wirtschaftliche Potenzial der Digitalisierung der deutschen Wirtschaft wird auf 154 Milliarden Euro in den nächsten fünf Jahren geschätzt – das wäre ein BIP-Zuwachs pro Jahr von etwa 1 Prozent.<sup>14</sup>**

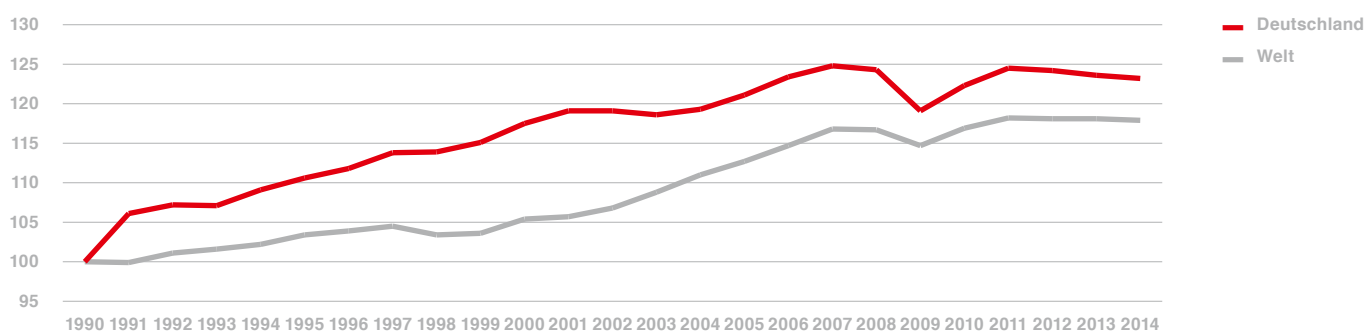
Die Implementierung von Industrie-4.0-Konzepten steht am Anfang. Fast 90 Prozent der Industrieunternehmen sind Neulinge ohne einschlägige Erfahrungen. Etwa 9 Prozent sind Einsteiger, die die ersten Schritte unternommen haben. Erst ein Prozent gehören zu den Pionieren, die zumindest Industrie 4.0-Konzepte implementiert haben.<sup>15</sup> Wie es weitergeht, ist offen. Gerade Arbeitsmarktforscher warnen, dass mit der Digitalisierung auch große Umwälzungen entstehen, die auch mit möglichen Arbeitsplatzverlusten verbunden sein könnten. Eine aktuelle Studie der OECD schätzt, dass jeder zehnte Arbeitsplatz in der OECD durch Automatisierung gefährdet ist – in Deutsch-

<sup>14</sup> BMWi, 2015

<sup>15</sup> IW Consult / FIR, 2015

## Wachstum der Totalen Faktorproduktivität

1990 = 100



Quellen: Conference Board, 2015, The Conference Board Total Economy Database; eigene Berechnungen

land sind es 12 Prozent.<sup>16</sup> Eine Studie des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) stützt diesen Befund.<sup>17</sup>

Einige Ökonomen hegen Zweifel, ob die Digitalisierung der Wirtschaft bereits positive Effekte zeigt oder in Zukunft überhaupt haben wird. Der amerikanische Ökonom Robert Gordon – ein profilierter Wachstumsskeptiker – sieht in der Zukunft weltweit kein wirkliches Produktivitätswachstum mehr. Der technische Fortschritt habe seinen Zenit überschritten, auch von den Digitalisierungstechnologien sei kein neuer Schub zu erwarten.<sup>18</sup> Zumindest die letzten Jahre geben Gordon recht. Weltweit ist das Produktivitätswachstum gefallen. Zwischen 1990 und 2011 ist weltweit die Totale Faktorproduktivität jedes Jahr um 0,8 Prozent gestiegen – seit 2011 ist die Wachstumsrate negativ.<sup>19</sup>

Unternehmen, Wissenschaft und Politik müssen vor dem beschriebenen Hintergrund entscheiden, wie sie die Fakten einschätzen. Weltweit scheinen die Optimisten deutlich in der Mehrheit zu sein. In allen relevanten Industrieländern wird über Digitalisierungsstrategien nachgedacht. Viele Unternehmen, Wissenschaftler und Start-ups entwickeln gerade mit Hochdruck neue digitale Geschäftsmodelle. Das zeigt die Verschiebung der Forschungsschwerpunkte, wie sie beispielsweise durch die Entwicklung der Patentanmeldungen gemessen werden kann. So ist die Zahl der Patente im Bereich der digitalen Technologien weltweit zwischen 2006 und 2015 um 54 Prozent gestiegen – das liegt weit über dem Durchschnitt von 11 Prozent (vgl. Kapitel 3).

<sup>16</sup> <http://www.welt.de/wirtschaft/article155468431/Diese-Arbeitnehmer-haben-kuenftig-noch-gute-Chancen.html> [Stand: 2016-05-28]

<sup>17</sup> IAB, 2015, Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft, IAB-Forschungsbericht, Nr. 08/2015, Nürnberg

<sup>18</sup> Gordon, Robert J., 2015, Secular Stagnation, in: American Economic Review, 105. Jg., Nr. 5, S. 54–59

<sup>19</sup> Conference Board, 2015, The Conference Board Total Economy Database [Stand: 2016-05-22]

## Breitband – Wegbereiter für das Gigabit-Zeitalter

Die erwarteten Entwicklungen der Gigabit-Gesellschaft werden eine moderne und leistungsfähige Netzinfrastruktur erfordern. Nur mit qualitätsgesicherten Hochgeschwindigkeitsnetzen werden die erheblichen Potenziale und Wettbewerbsvorteile, die der digitale Wandel für Unternehmen, Privatpersonen und den öffentlichen Sektor mit sich bringt, ausgeschöpft und der Wirtschaftsstandort Deutschland gestärkt werden können.

Die Bundesregierung hat die Bedeutung von Netzen mit hohen Leistungen erkannt und sich das Ziel gesetzt, bis 2018 alle deutschen Haushalte mit Datenraten von mindestens 50 Megabit pro Sekunde (Mbit/s) zu versorgen. Dafür wurde eine entsprechende Förderrichtlinie beschlossen, die 2,7 Milliarden Euro für den Ausbau zur Verfügung stellt. Rund die Hälfte der Fördersumme (1,4 Milliarden Euro) stammt aus Haushaltsmitteln. Weitere 1,3 Milliarden Euro kommen aus der Versteigerung von Funkfrequenzen für mobiles Breitband durch die Bundesnetzagentur.

Auch die EU hat sich zum Ziel gesetzt, Breitband zu fördern, und hat in der Digitalen Agenda folgende Ziele bis zum Jahr 2020 definiert:

- In allen europäischen Haushalten soll es schnelles Internet mit Datenraten von mindestens 30 Mbit/s geben.
- Die Hälfte der europäischen Haushalte soll mit Anschlüssen ausgestattet sein, die eine Übertragungsgeschwindigkeit von mindestens 100 Mbit/s ermöglichen.

Die von der Europäischen Kommission definierten Regularien bilden die Grundlage für den geförderten Breitbandausbau in Europa. Demzufolge soll in Übereinstimmung mit der „Digitalen Agenda für Europa“ die Verbesserung der Breitbandversorgung auch in Regionen erreicht werden, die nicht über den Markt erschließbar sind.

### Kabelgebundene Technologien zur Breitbandübertragung

Wurde der Zugang zum World Wide Web vor 25 Jahren noch fast ausschließlich über für einfache Telefon-

gespräche ausgelegte Kupferkabel realisiert, gibt es heute verschiedene deutlich leistungsfähigere Übertragungstechnologien im Festnetz und Mobilfunk. Vor allem sogenannte Next Generation Access (NGA)-Anschlüsse mit einer Downloadrate von mindestens 30 Mbit/s garantieren die Mindestvoraussetzung für die Nutzung vieler heute verfügbarer digitaler Angebote, wie etwa hochauflösender Videos.

Um diese Herausforderungen in der Breitbandübertragung meistern zu können, stehen Technologien zur Verfügung, die mit unterschiedlicher Distanz der Glasfaserkabel zum Endkunden arbeiten. Leistungsfähigere Brückentechnologien wie FTTC überbrücken nur eine geringe Leitungsstrecke zum Endkunden mit bereits in der Vergangenheit verlegten Leitungen. Daneben gibt es hybride Technologien wie Glasfaser-Koaxialnetze (HFC), die auch längerfristig Übertragungsgeschwindigkeiten vergleichbar zu reinen Glasfasernetzen ermöglichen. Nur wenn die gesamte Strecke der Datenübertragung zum Kunden über Glasfaserkabel erfolgt, spricht man von einem Glasfaseranschluss (FTTB/H).

## Übertragungstechnologien Festnetz

### Kupferhybride (FTTC)

► Ersetzen vorhandener Kupfernetze durch Glasfaserkabel bis zu einem zentralen Verteilerpunkt (Kabelverzweiger)

### Koaxialhybride (HFC)

► Ersetzen vorhandener Koaxialkabel durch Glasfaserkabel bis zu einem zentralen Verteilerpunkt (DOCSIS Hub)

### Glasfaserkabel (FTTB/H)

► Reine Glasfaserleitung bis in den Keller (FTTB) oder in die Wohnung (FTTH) des Kunden

## Übertragungstechnologien Festnetz



Quellen: Europäische Kommission, 2016a, Comparison of Technologies; Elektronik Kompendium, 2016, Breitbandtechnik; Darstellung IW Consult  
 FTTC = Fiber-to-the-curb; HFC = Hybrid-Fibre-Coax-Netz; FTTB/H = Fibre-to-the-building/home; KVz = Kabelverzweiger



Die Glasfaserhybriden haben den Vorteil, dass schnell kostengünstige, leistungsfähige Breitbandanschlüsse für die Kunden bereitgestellt werden können. Je leistungsfähiger ein Anschluss sein soll, desto näher muss aber auch hier das Glasfaserkabel an den Kunden geführt werden. Vor allem Anschlüsse auf Kupferbasis (VDSL2, Vectoring, G.fast) stoßen hier an ihre Grenzen. Lediglich hybride Glasfaser-Koaxial-Systeme sind weitgehend längenunabhängig.

FTTB/H-Anschlüsse haben hohe Investitionskosten und damit auch höhere Preise für die Kunden. Dafür erhält der Nutzer den leistungsfähigsten Anschluss, mit dem auch der Bedarf zukünftiger Anwendungen problemlos garantiert werden kann. Ein Glasfaseranschluss besitzt zudem sowohl beim Download als auch beim Hochladen optimale Eigenschaften – hier haben Hybride deutliche Nachteile. Auch bei der Verzögerungszeit der Datenübertragung und der Widerstandsfähigkeit der Kabel besitzt Glasfaser klare Vorteile. Diese technischen Möglichkeiten sind noch lange nicht in Märkte übersetzt. So erreichen erst 7,5 Prozent der Breitbandanschlüsse in Deutschland Bandbreiten über 100 Mbit/s.<sup>20</sup> Höhere Leistungen werden bisher nur in Einzelfällen realisiert.

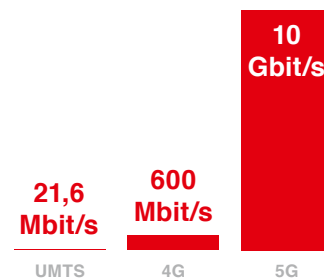
### Drahtlose Technologien zur Breitbandübertragung

Besonders im Mobilfunk hat sich die Menge der übertragenen Daten in den letzten Jahren dramatisch erhöht. Durch die stark steigende Nutzung von Smartphones und die damit verbundenen Möglichkeiten der mobilen Nutzung verschiedener Anwendungen sind die Anforderungen an die Mobilfunknetze stark gestiegen und werden auch in den nächsten Jahren weiter rasant zunehmen.

Klassische Mobilfunknetze wie das GSM oder UMTS-Netz können die erwarteten Datenraten nicht bewältigen. Nur 4G-LTE-Netze heute und geplante 5G-Netze in Zukunft bieten die hierfür nötigen Bandbreiten. In Deutschland sollen bis Ende 2016 mittels LTE-Advanced maximale Übertragungsraten von bis zu 500 Mbit/s ermöglicht werden.

Mobilfunknetze der fünften Generation besitzen eine Latenz – also die Antwortgeschwindigkeit der Gegenstelle bei der Datenübertragung – von einer bis zehn Millisekunden. LTE-Anschlüsse weisen im Normalfall mit 40 bis 50 Millisekunden eine deutlich höhere Latenzzeit auf. Gerade

## Maximale Übertragungsgeschwindigkeiten Mobilfunk



Quelle: Elektronik Kompendium, 2016, <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1301051.htm> [Stand: 2016-05-20]

mobile Echtzeitanwendungen benötigen aber eine geringe Reaktionsgeschwindigkeit, um optimal funktionieren zu können. Zur mobilen Datenübertragung müssen die Mobilfunkanbieter nicht nur entsprechende Sendestationen installieren und mit Glasfasern an das Backbone-Netz anschließen, sondern sie müssen auch die Nutzungsrechte für die Frequenzblöcke von den staatlichen Netzagenturen erwerben. Ende Mai 2016 hat die Europäische Union in einem Vorentscheid die zukünftige Nutzung der Frequenzen im Bereich von 470 bis 790 Megahertz (MHz) verabschiedet. Demnach sollen die Frequenzen aus dem sogenannten UHF-Band (Ultra High Frequency) bis 2020 in Europa freigegeben werden. Ein großer Frequenzbereich ist dabei für die ausschließliche Mobilfunknutzung vorgesehen, was auch Grundlage für den Mobilfunk der Zukunft (5G) wichtig ist.

Die Erreichung einer maximalen Übertragungsrate mit LTE und kommenden modernen Mobilfunktechnologien ist nur möglich, wenn mehrere Frequenzblöcke kombiniert werden. LTE erreicht laut Spezifikation pro 20-MHz-Band rechnerisch eine Übertragungsrate von über 300 Mbit/s. Nur durch die Kombination verschiedener Frequenzbänder sind so Datenraten von etwa 600 Mbit/s möglich.<sup>21</sup> Da in Deutschland und anderen Ländern verschiedene Mobilfunkanbieter um die freien Frequenzen konkurrieren, stellt die Verfügbarkeit von ausreichend für den Mobilfunk freigegebenen Frequenzbändern ein wichtiges Kriterium für die Bereitstellung leistungsfähiger Mobilfunknetze dar.

<sup>20</sup> Bundesnetzagentur, 2016, Jahresbericht 2015, Bonn

<sup>21</sup> <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1301051.htm> [Stand: 2016-05-20]



## Einsatz von Technologien – in Deutschland dominiert das Kupferkabel

Es gibt eine Vielzahl an Technologien auf dem Markt, die den Ausbau der Breitbandinfrastruktur ermöglichen und die eine zuverlässige Breitbandversorgung gewährleisten.

In Deutschland ist die kupferbasierte DSL-Technologie am weitesten verbreitet – 78 Prozent der Breitbandanschlüsse werden hierüber realisiert. In vielen EU-Mitgliedsstaaten sieht es ähnlich aus – auch hier erfolgt der Großteil der Breitbandanschlüsse über DSL (69 Prozent). Einige Mitgliedsstaaten setzen jedoch schon heute konsequenter auf Glasfaserkabel. Über das Kabelnetz laufen in Deutschland etwa 6,6 Millionen und damit etwa ein Fünftel der Breitbandanschlüsse – dies entspricht dem europäischen Durchschnitt. Weniger stark verbreitet sind hingegen Breitbandanschlüsse via Glasfaser (FTTB/H); hier liegt Deutschland unter dem EU-weiten Durchschnitt. Die Dominanz von DSL-Anschlüssen ist in erster Linie auf die weit ausgebaute Kupferinfrastruktur in Deutschland zurückzuführen. Mithilfe von Vectoring lassen sich auf Grundlage dieser Struktur im begrenzten Umfang Steigerungen bei der Übertragungsgeschwindigkeit erreichen.

In einigen anderen europäischen Ländern ist die Kupferinfrastruktur hingegen nur mäßig ausgebaut. Neue Festnetzanschlüsse werden in diesen Ländern mit modernen Technologien – Glasfaser – realisiert. Das führt dazu, dass

# In 44 Prozent

der europäischen Haushalte ist das  
Kabelnetz verfügbar.<sup>22</sup>

## Die Kabelnetzbetreiber

sind ein wichtiger Akteur in der  
europäischen digitalen Landschaft –  
45 Prozent der NGA-Anschlüsse  
werden über Kabel realisiert.<sup>23</sup>

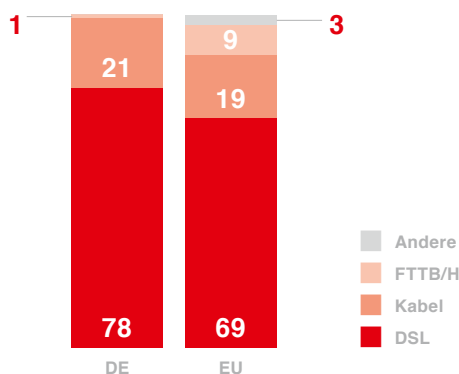
sich der Technologiemix dort etwas anders gestaltet. So dominieren beispielsweise in vielen mittel- und osteuropäischen Ländern wie Bulgarien (42 Prozent), Rumänien (54 Prozent), Lettland und Litauen (je 60 Prozent) Glasfaseranschlüsse. Auch Schweden (46 Prozent), Norwegen

<sup>22</sup> Europäische Kommission, 2016b, EU Broadband Indicators July 2015 [Stand: 2016-05-20]

<sup>23</sup> Europäische Kommission, 2016b

## Breitband-Anschlüsse

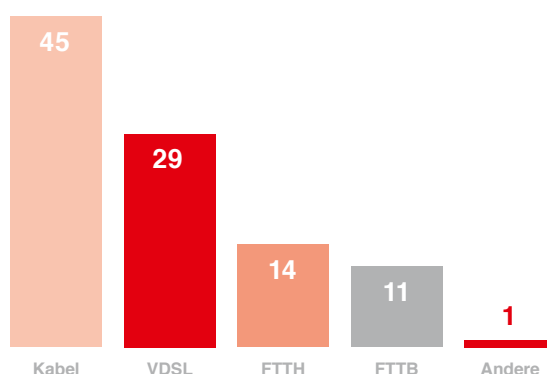
nach Technologien, Juli 2015, in Prozent



Quelle: Europäische Kommission, 2016b, EU Broadband Indicators July 2015

## NGA-Anschlüsse

nach Technologie, EU, Juli 2015, in Prozent



Quelle: Europäische Kommission, 2016b, EU Broadband Indicators July 2015

# 63 Prozent

der Anschlüsse mit  $\geq 50$  Mbit/s können über das Kabelnetz erfolgen.<sup>24</sup>

(31 Prozent) und Portugal (24 Prozent) haben einen höheren Glasfaseranteil an den Breitbandanschlüssen.

Trotz des relativ geringen Anteils an allen Breitbandanschlüssen hat das Kabel derzeit den größten Anteil bei der NGA-Abdeckung in Europa: Im EU-Durchschnitt werden 45 Prozent der NGA-Anschlüsse über Kabel realisiert.<sup>25</sup>

Auch in der Bandbreitenklasse  $\geq 50$  Mbit/s überwiegt die Breitbandverfügbarkeit mittels Kabelnetz deutlich. Hingegen liegt bei geringeren Bandbreiten ( $\geq 1$  Mbit/s und  $\geq 16$  Mbit/s) die DSL/VDSL-Verfügbarkeit über der Kabelnetzverfügbarkeit.<sup>26</sup>

## Digitale Schnecke oder High-Speed-Nation – wie es um die Netzabdeckung in Deutschland steht

Deutschland hat in den letzten Jahren beim Breitbandausbau deutlich aufgeholt. NGA-Anschlüsse, also Anschlüsse mit Geschwindigkeiten von mindestens 30 Mbit/s, standen Ende 2015 insgesamt 79 Prozent der Haushalte zur Verfügung. Hochgeschwindigkeitsnetze mit einer vertraglichen Bandbreite von bis zu 50 Mbit/s waren immerhin für 70 Prozent und damit rund 28 Millionen Haushalte verfügbar.<sup>27</sup> Vor vier Jahren war die Verfügbarkeit der Anschlüsse mit mindestens 50 Mbit/s deutlich geringer (48,2 Prozent).<sup>28</sup>

Während die Breitbandversorgung in den meisten Ballungsgebieten bereits relativ gut ist, ist es um die Abdeckungsgrade im ländlichen Raum – also in Gemeinden mit einer Bevölkerungsdichte unter 100 Einwohner/km<sup>2</sup> – eher schlecht bestellt. Dabei liegen gerade für den ländlichen Raum hohe Potenziale in der Nutzung innovativer Gigabit-Anwendungen. Beispielsweise können E-Health- und E-Learning-Angebote bestehende Erreichbarkeitsdefizite verringern und so zu einer Aufwertung regionaler Räume führen. Insbesondere Industrie- und Gewerbegebiete im ländlichen Raum würden von einer besseren Versorgung stark profitieren.

<sup>24</sup> TÜV Rheinland, 2016, Bericht zum Breitbandatlas Ende 2015, Berlin

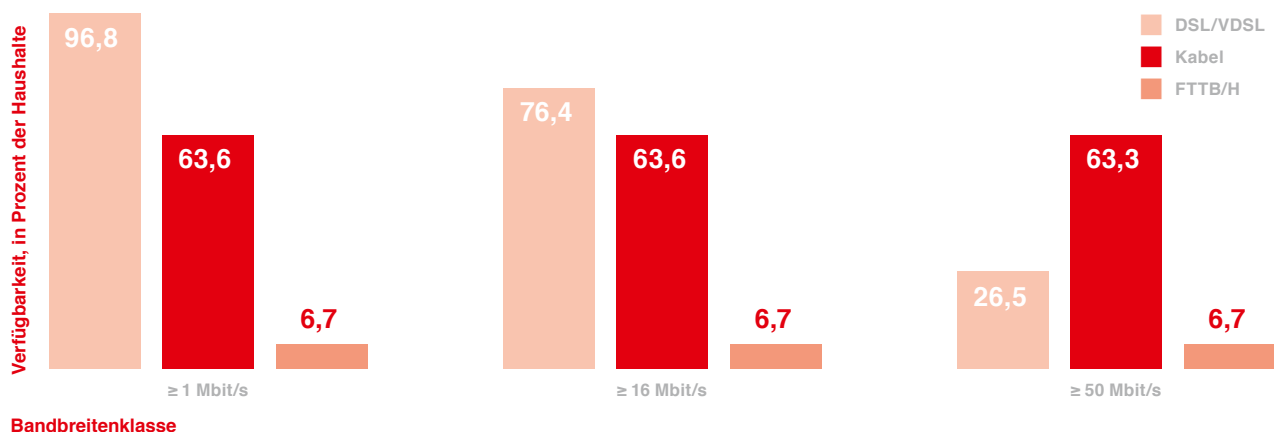
<sup>25</sup> Europäische Kommission, 2016b

<sup>26</sup> TÜV Rheinland, 2016

<sup>27</sup> TÜV Rheinland, 2016

<sup>28</sup> TÜV Rheinland, 2012, Bericht zum Breitbandatlas Ende 2011, Berlin

## Breitbandverfügbarkeit für ausgewählte Techniken



Quelle: TÜV Rheinland, 2016, Bericht zum Breitbandatlas Ende 2015, Berlin

Nur für 6,7 Prozent der rund 40 Millionen deutschen Haushalte sind Glasfasernetze bis in den Keller (FTTB) oder bis in die einzelne Wohnung (FTTH) verfügbar. Diese Zahl hat sich in den letzten zwei Jahren leicht erhöht: Ende 2013 waren Glasfaseranschlüsse bis zum Gebäude für rund 4,5 Prozent der deutschen Haushalte verfügbar. In ländlichen Regionen ist die Verfügbarkeit dieser Anschlüsse deutlich geringer (1,6 Prozent). Dabei sind gerade Glasfasernetze, die in jeden Haushalt oder jedes Gebäude reichen, für die zukünftig anfallenden Gigabit-Geschwindigkeiten notwendig. Deutschland fährt bei dem Ausbau von Glasfasernetzen bisher jedoch noch mit angezogener Handbremse. Reine Glasfaseranschlüsse sind nur in geringer Anzahl vorhanden, vielerorts wird auf Brückentechnologien gesetzt.<sup>29</sup>

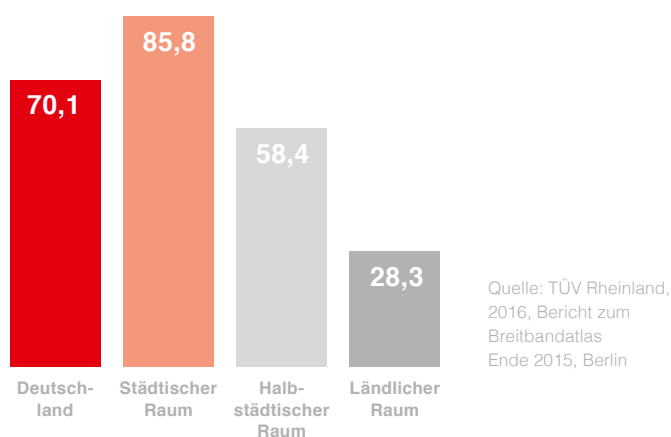
#### Gewerbliche Breitbandverfügbarkeit

Unabhängig von Lage und Größe der Firmen ergibt sich eine gewerbliche Breitbandverfügbarkeit in Deutschland für die Bandbreitenklasse  $\geq 50$  Mbit/s von rund 59 Prozent. Ebenso weisen große Firmen eine vergleichsweise bessere Verfügbarkeit auf als kleine Firmen. Die Verfügbarkeit ist aber von der Größe der Gemeinde abhängig. So ist der Anteil der Unternehmen, die über Anschlüsse

<sup>29</sup> TÜV Rheinland, 2016

## Versorgungsgrade der Haushalte in Deutschland

### Ende 2015 mit $\geq 50$ Mbit/s, in Prozent



## Wenn der

**Glasfaserausbau mit der Ausbaugeschwindigkeit der letzten beiden Jahre fortgeführt wird, dauert es bis 2057, bis Deutschland flächendeckend versorgt ist.**

## 59 Prozent

**der deutschen Unternehmen verfügen über Breitbandanschlüsse mit  $\geq 50$  Mbit/s.**<sup>31</sup>

## Verfügbarkeit von $\geq 50$ Mbit/s

| an Gewerbestandorten in Deutschland nach Prägung, in Prozent |                  |                                                |                                                |                                            |
|--------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                              | Alle Unternehmen | Große Unternehmen* (rund 100–500 Beschäftigte) | Mittlere Unternehmen (rund 6–100 Beschäftigte) | Kleine Unternehmen (rund 1–5 Beschäftigte) |
| Deutschland                                                  | 59               | 68                                             | 63                                             | 58                                         |
| Städtisch                                                    | 82               | 69                                             | 79                                             | 83                                         |
| Halbstädtisch                                                | 57               | 48                                             | 53                                             | 57                                         |
| Ländlich                                                     | 29               | 27                                             | 28                                             | 29                                         |

Quelle: TÜV Rheinland, 2016, Bericht zum Breitbandatlas Ende 2015, Berlin  
\* Größendefinitionen nach TÜV-Rheinland, 2016

in der Bandbreitenklasse  $\geq 50$  Mbit/s verfügen, in ländlich geprägten Gebieten halb so hoch wie im deutschen Durchschnitt. In städtischen Regionen ist die Verfügbarkeit dafür höher.<sup>30</sup> Da gerade in den ländlichen Regionen in Deutschland viele leistungsfähige Industrieunternehmen und „Hidden Champions“ ansässig sind, ist die Versorgung dieser Räume mit hohen Bandbreitenklassen entscheidend für ihre Wettbewerbsfähigkeit.

<sup>30</sup> TÜV Rheinland, 2016

<sup>31</sup> TÜV Rheinland, 2016

## Deutschland positioniert sich im internationalen Wettbewerb im Mittelfeld

Aktuelle Zahlen der Europäischen Kommission zeigen, dass Deutschland in den vergangenen Jahren beim Breitbandausbau deutlich aufgeholt hat: Die Zahl der Breitbandanschlüsse mit mindestens 30 und 100 Mbit/s je 1.000 Einwohner sind seit 2010 gestiegen. Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern schneidet Deutschland hier aber allenfalls durchschnittlich ab. Andere Länder wie Schweden oder die Niederlande sind hier deutlich vorn.<sup>32</sup>

Auch im weltweiten Vergleich der Ausstattung mit Hochleistungsnetzen ist Deutschland nur Mittelmaß: Zwar hat sich die Durchschnittsgeschwindigkeit im Festnetz in den vergangenen fünf Jahren auf aktuell 12,9 Mbit/s fast verdreifacht, Deutschland liegt aber weiterhin weit hinter den Spitzenreitern aus Asien, vielen europäischen Nachbarn und den nordamerikanischen Staaten – insgesamt reicht es nur für Rang 12.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Europäische Kommission, 2016c, EU Digital Agenda Scorecard Key Indicators [Stand: 2016-05-20]

<sup>33</sup> Akamai, 2016, State of the Internet Q4 2015 Report

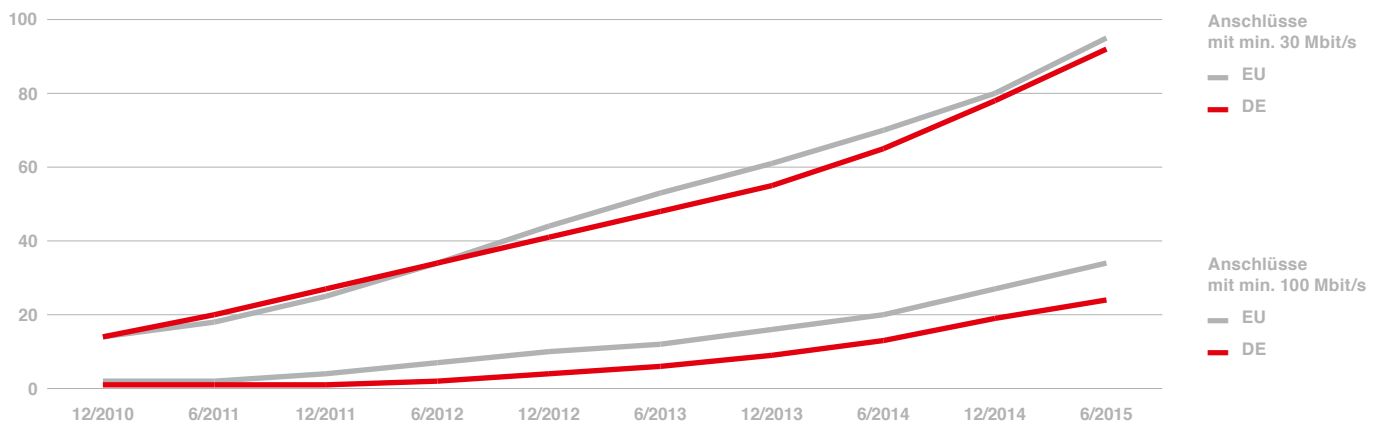
## Andere Länder sind schneller unterwegs

| Durchschnittliche Verbindungsgeschwindigkeit (in Mbit/s) |                         |
|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1                                                        | Südkorea 26,7           |
| 2                                                        | Schweden 19,1           |
| 3                                                        | Norwegen 18,8           |
| 4                                                        | Japan 17,4              |
| 5                                                        | Niederlande 17,0        |
| ...                                                      |                         |
| 12                                                       | <b>Deutschland 12,9</b> |

Quelle: Akamai, 2016, State of the Internet Q4 2015 Report

## Breitbandanschlüsse

je 1.000 Einwohner, in Prozent



Quellen: Europäische Kommission, 2016c, EU Digital Agenda Scorecard Key Indicators; eigene Berechnungen

## Glasfaser – Deutschland hinkt hinterher

Größeren Nachholbedarf hat Deutschland bei der Anbindung mit Glasfaseranschlüssen. Laut der International Telecommunication Union (ITU) belief sich die Glasfaserpenetration in Deutschland auf rund 4,2 Glasfaseranschlüsse pro 1.000 Einwohner. Damit landet Deutschland auf Rang 28 von 31 Ländern. Nur in Irland, Belgien und Griechenland ist die Glasfaserpenetration noch geringer. Spitzenreiter ist Südkorea mit 263,6 Glasfaseranschlüssen je 1.000 Einwohner. Auch in vielen deutschen Nachbarländern ist die Glasfaserpenetration deutlich höher. Die USA liegen mit 27,7 Glasfaseranschlüssen je 1.000 Einwohner zwar im Mittelfeld, aber die Glasfaser-

penetration ist dort immer noch mehr als sechsmal höher als in Deutschland.<sup>34</sup>

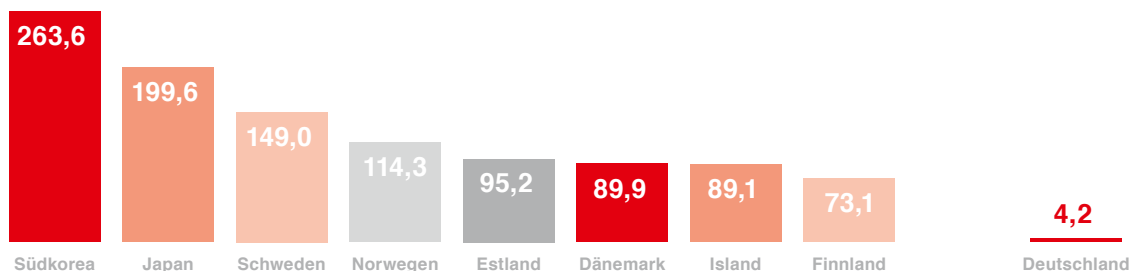
Auch die Daten der OECD zu den Anteilen der Glasfaseranschlüsse an allen aktiven Breitbandanschlüssen bestätigen den Aufholbedarf Deutschlands im internationalen Vergleich. Nur 1,3 Prozent der aktiven Breitbandanschlüsse entfallen hierzulande auf reine Glasfaserverbindungen (Stand: Juni 2015). Andere Länder setzen hingegen schon heute erfolgreich verstärkt auf reine Glasfaserinfrastruktur zur Datenübertragung. So bestehen in den vier Ländern mit der höchsten real gemessenen Übertragungsrates mindestens 31 Prozent aller Breitbandanschlüsse aus reinen Glasfaserkabeln. Beim internationalen Spitzenreiter Japan sind es mehr als 70 Prozent.<sup>35</sup>

<sup>34</sup> ITU, 2015, World Telecommunication / ICT Indicators Database [Stand: 2016-05-20]

<sup>35</sup> OECD, 2016, OECD Broadband Statistics [Stand: 2016-05-20]

## Glasfaseranschlüsse

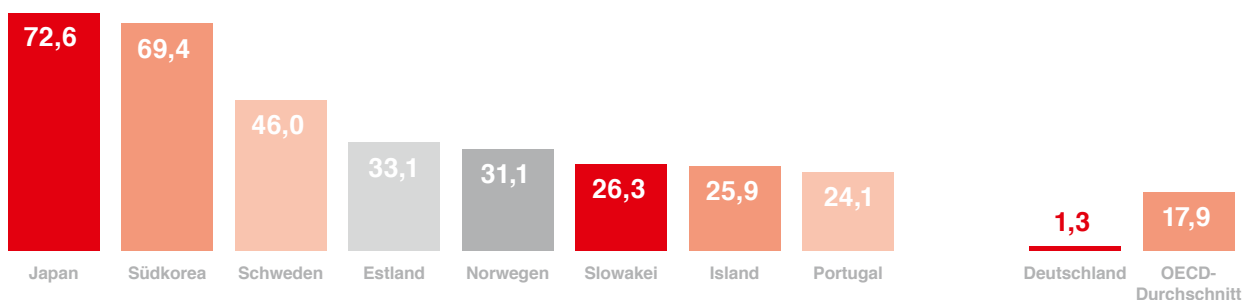
### Anschlüsse (FTTB/H), je 1.000 Einwohner



Quelle: ITU, 2016, World Telecommunication / ICT Indicators Database

## Anteil Glasfaser an Breitbandanschlüssen

### in Prozent



Quelle: OECD, 2016, Broadband Statistics

## Hohe Dynamik bei mobilen Netzen in Deutschland

Die mobilen Netze haben sich in Deutschland dynamisch entwickelt. War das LTE-Netz 2011 mit rund 21,5 Prozent für gut ein Fünftel der deutschen Haushalte verfügbar, stand es 2015 mit rund 94 Prozent fast allen Haushalten zur Verfügung. Damit liegt Deutschland über dem EU-28-Durchschnitt (86 Prozent) und reiht sich nur einige Prozentpunkte hinter dem Spitzenduo Niederlande und Norwegen ein, wo eine 100-prozentige LTE-Abdeckung für Haushalte besteht.<sup>36</sup>

Deutschland hat mit der Versteigerung der Frequenzen der Digitalen Dividende II für die mobile Datenübertragung mittels LTE einen wichtigen Schritt hin zu noch leistungsfähigeren Mobilfunknetzen getan. Durch die frühzeitige Verteilung der Frequenzblöcke nimmt Deutschland eine Vorreiterrolle in Europa ein und schafft wichtige Planungssicherheit für die Mobilfunkbetreiber. Bis Ende 2018 werden mindestens 97 Prozent aller deutschen Haushalte Zugriff auf ein LTE-Netz haben. Schon heute liegen mit 9 Mbit/s die gemessenen mobilen Übertragungsraten in Deutschland auf einem überdurchschnittlichen Niveau und nur unwesentlich hinter internationalen Vorreitern wie Japan (9,9 Mbit/s) und Südkorea (11,8 Mbit/s). Am höchsten ist die Verbindungsgeschwindigkeit im Vereinigten Königreich (26,8 Mbit/s).<sup>37</sup>

Leistungsfähige Netze der nächsten Mobilfunkgeneration 5G werden die möglichen Datenraten ab 2020 noch einmal deutlich verbessern. Damit werden verschiedene Anwendungen, die eine geringe Latenz voraussetzen, erst ermöglicht. Auf der diesjährigen Mobilfunkmesse in Barcelona gab der EU-Kommissar für Digitale Wirtschaft, Günther Oettinger, bekannt, dass die Europäische Kommission bis Ende 2016 zusammen mit der Industrie einen Plan zur Förderung von 5G in Europa erarbeiten werde. Bereits heute arbeitet die Europäische Union mit Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen an der Entwicklung von 5G. Sie fördert die 5G-Entwicklung mit insgesamt 700 Millionen Euro bis zum Jahr 2020. Auch Deutschland ist bei der Forschung rund um den Mobilfunkstandard 5G aktiv. So arbeiten am 5G Lab in Dresden rund 500 Wissenschaftler und 20 Professoren unter der Leitung von Professor Gerhard Fettweis bereits mit Hochdruck an der Basisinfrastruktur für intelligente Netze der Zukunft.

## Deutschland nicht unter den Top Ten

| Durchschnittliche Verbindungsgeschwindigkeit im Mobilfunk (Top Ten, in Mbit/s) |                        |      |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------|
| 1                                                                              | Vereinigtes Königreich | 26,8 |
| 2                                                                              | Spanien                | 14,0 |
| 3                                                                              | Finnland               | 12,8 |
| 4                                                                              | Slowakei               | 12,0 |
| 5                                                                              | Südkorea               | 11,8 |
| 6                                                                              | Irland                 | 11,3 |
| 7                                                                              | Dänemark               | 11,1 |
| 8                                                                              | Schweden / Türkei      | 11,0 |
| 9                                                                              | Belgien                | 10,9 |
| 10                                                                             | Frankreich             | 10,3 |

Quelle: Akamai, 2016, State of the Internet Q4 2015 Report

Dennoch stehen die europäischen Telekommunikationskonzerne starken Wettbewerbern aus Asien und den USA gegenüber. Vor allem die Länder aus dem asiatischen Raum sind im Mobilfunk bereits sehr dynamisch unterwegs. Die Regierung in Südkorea plant einen ersten Großeinsatz des funkbasierten Gigabit-Internets während der Olympischen Winterspiele 2018. Japan plant für das Jahr 2020 den Einsatz der 5G-Mobilfunktechnik auf den Olympischen Sommerspielen 2020 in Tokio.

## Entwicklung der LTE-Netze

### Verfügbarkeit, in Prozent der Haushalte in Deutschland



<sup>36</sup> Europäische Kommission, 2016c

<sup>37</sup> Akamai, 2016

Quellen: Europäische Kommission, 2016c, EU Digital Agenda Scorecard Key Indicators; eigene Berechnungen

## Was ist in der Pipeline? – andere Länder setzen konsequent auf Glasfaser

Weltweit formulieren Regierungen ambitionierte Strategien, mit denen der Ausbau sowie der Aufbau moderner Kommunikationsnetze vorangetrieben werden soll. Im Vergleich zu den Aus- und Aufbauzielen Deutschlands und Europas sind die Eckpunkte der Ausbaustrategien in ausgewählten Ländern nachfolgend kurz zusammengefasst.

**Vereinigtes Königreich:** Das Ziel der britischen Regierung ist es unter anderem, bis zum Jahr 2016 in 90 Prozent und bis Ende 2017 in 95 Prozent der Haushalte Breitband-Übertragungsgeschwindigkeiten von mindestens 100 Mbit/s zu ermöglichen. 98 Prozent der Haushalte sollen Zugang zu 4G-Netzen haben. Im Februar 2016 wurde durch die Regulierungsbehörde Ofcom bestimmt, dass der Zugang zu den Leerrohren der Breitbandnetze der British Telecom für Wettbewerber ermöglicht werden soll. Dies soll zu einer deutlich erhöhten Verbreitung von FTTH-Anschlüssen im Vereinigten Königreich führen.<sup>38</sup>

**Irland:** Der Breitbandplan der irischen Regierung von 2012 sah vor, bis 2015 flächendeckende NGA-Netze verfügbar zu machen. Hierbei konnten die steigenden Bedarfe nach Bandbreite jedoch nur bedingt befriedigt werden.<sup>39</sup> Der aktualisierte Plan von Dezember 2015 sieht vor, in Gebieten ohne eigenwirtschaftlichen NGA-Ausbau diesen bis 2020 zu fördern. Private Anbieter haben daraufhin angekündigt, innerhalb der nächsten Jahre über 500.000 Haushalte im ländlichen Raum mit FTTH zu versorgen.<sup>40</sup>

**Schweden:** Die schwedische Breitbandstrategie wurde im Jahr 2009 verabschiedet und soll neben einer flächendeckenden Breitbandversorgung die Breitbandnetze schrittweise weiter ertüchtigen. Das aktuelle Ziel der digitalen Agenda ist es, die Übertragungsgeschwindigkeit von 100 Mbit/s bis zum Jahr 2020 für 90 Prozent aller Haushalte bereitzustellen. Schweden ist aktuell beim Anteil der FTTH-Anschlüsse an allen Breitbandanschlüssen in Europa mit führend. In Stockholm und anderen Städten wie Västerås und Hudiksvall wurden frühzeitig passive

Glasfasernetze aufgebaut, die von den Telekommunikationsunternehmen angemietet und betrieben werden.

**Italien:** Die italienische Regierung hat in ihrer Digitalstrategie 2012 das Ziel definiert, bis zum Jahr 2020 Übertragungsgeschwindigkeiten von mindestens 30 Mbit/s flächendeckend zur Verfügung zu stellen. Internet mit einer Surfgeschwindigkeit von mindestens 100 Mbit/s soll dann der Hälfte aller Haushalte zur Verfügung stehen. Zur Erreichung dieses Ziels will die italienische Regierung nun 4,9 Milliarden Euro investieren. Für diese größere Durchdringung mit Glasfasernetzen soll die Infrastruktur des Energiekonzerns Enel verwendet werden.<sup>41</sup> Enel kündigte an, für 2,5 Milliarden Euro Glasfaser-Breitbandkabel direkt in die Haushalte von 224 italienischen Städten und Kommunen zu legen. Das Ziel des Energiekonzerns ist es, dort intelligente Ablesegeräte zu installieren.<sup>42</sup> Auch die Telecom Italia plant nun auf den gestiegenen Wettbewerbsdruck mit Glasfaserinvestitionen zu antworten.

**Südkorea:** Südkorea hat schon sehr früh begonnen, den Breitbandausbau zu fördern. Bereits 1995 wurden Pläne für den digitalen Ausbau des Landes im Parlament verabschiedet. Das Backbone-Kernnetz wurde dabei vom Staat finanziert und verbindet alle wichtigen Städte des Landes. Auch wurde der Ausbau der Anschlussnetze früh unterstützt. Hoher Wettbewerbsdruck auf Infrastrukturebene und die Verpflichtung zur Bereitstellung des entbündelten Zugangs zum Kunden haben in Südkorea zu hohen Investitionen in Glasfaserinfrastruktur geführt.<sup>43</sup>

**USA:** Der 2010 von der US-Regulierungsbehörde FCC vorgelegte Breitband-Plan „Connecting America“ sieht unter anderem vor, bis 2020 100 Millionen Haushalte mit Datenraten von mindestens 100 Mbit/s zu versorgen. Zudem sollen öffentliche Einrichtungen in jeder Stadt eine bezahlbare Gigabit-Anbindung an das weltweite Netz erhalten. Im Jahr 2015 hat US-Präsident Obama seine neuen Pläne für ein schnelleres Internet in den USA bekanntgegeben. Ziel ist es, Anschlüsse mit einer Geschwindigkeit von 1 GB/s zur Verfügung zu stellen. Dafür sollen einerseits Gelder zur Verfügung gestellt und andererseits die Gesetze entsprechend angepasst werden.

<sup>38</sup> <http://media.ofcom.org.uk/news/2016/digital-comms-review-feb16/> [Stand: 2016-05-31]

<sup>39</sup> Department of Communications, Energy & Natural Resources, 2015, Ireland's Broadband Intervention Strategy – Updated – December 2015

<sup>40</sup> <http://siro.ie/more-about-siro/> [Stand: 2016-05-31]

<sup>41</sup> <http://www.zdnet.com/article/from-sick-man-of-european-internet-use-heres-how-italy-plans-to-leapfrog-ahead/> [Stand: 2016-05-31]

<sup>42</sup> <http://www.reuters.com/article/us-italy-broadband-renzi-idUSKCN0X41LO> [Stand: 2016-05-31]

<sup>43</sup> Picot, Arnold / Wernick, Christian, 2007, The role of government in broadband access, München.

# Warum sollten wir aktiver werden?

Regressionsanalysen zeigen, dass Investitionen in Telekommunikationsinfrastruktur, in die Verbesserung der Qualität der Breitbandnetze und in die Erhöhung der Glasfaseranschlüsse positive volkswirtschaftliche Effekte haben. Insgesamt kann damit ein weiterer Ausbau der Infrastruktur hin zu einer Gigabit-Gesellschaft gut begründet werden.

## Breitbandausbau

bringt volkswirtschaftlich große Vorteile.

## Deutschland

steht beim Glasfaserausbau am Anfang und kann deshalb beim Ausbau einen besonders großen Vorteil erwarten.

## Bis 1,2 Milliarden Euro mehr

Wenn die Anzahl der Glasfaseranschlüsse um 1 Prozent steigt, erhöht sich das BIP um 0,02 bis 0,04 Prozent – für Deutschland bedeutet das einen BIP-Zuwachs zwischen 600 Millionen und 1,2 Milliarden Euro.



## Warum sollten wir aktiver werden? – der ökonomische Impact der Breitbandinfrastruktur

Konnektivität ist das Schlüsselwort der Gigabit-Gesellschaft – und eine wachsende Konnektivität braucht hochleistungsfähige Breitbandinfrastrukturen. Diese haben aber nicht nur grundlegende Enabler-Funktionen, sondern sie ermöglichen auch innovative, digitale Geschäftsmodelle. Die damit einhergehende zunehmende Digitalisierung der Wirtschaft beruht auf Netzwerkeffekten. Je besser die Infrastruktur, umso mehr Unternehmen, Kunden, Prozesse oder Produkte können in Wertschöpfungsnetzen verknüpft werden. Ein digitales Geschäftsmodell „ernährt“ das nächste, jeder neue Hochleistungsbreitbandanschluss ermöglicht neue Aktivitäten und schafft die Rentabilität für den nächsten Ausbauschritt. Es entsteht ein sich selbst verstärkender digitaler Wirtschaftskreislauf.

Die Analysen in Kapitel 1 verdeutlichen, dass

- ▶ die Digitalisierung der Wirtschaft voranschreitet,
- ▶ die Datenaufkommen deshalb dramatisch gestiegen sind und kein Ende der Entwicklung abzusehen ist,
- ▶ zur Bewältigung dieser gestiegenen Anforderungen hochgradig leistungsfähige Breitbandinfrastrukturen notwendig sind.

Wenn die Breitbandinfrastruktur wirklich eine Schlüsselrolle spielt und ein zentraler Enabler sowie Treiber der Gigabit-Gesellschaft ist, müssten positive wirtschaftliche Effekte des Infrastrukturausbaus bereits heute (mehr als 20 Jahre, nachdem das Internet für die breite Öffentlichkeit verfügbar wurde) beobachtbar sein. Deshalb beschäftigt sich dieses Kapitel mit der ebenso einfachen wie schwierig zu beantwortenden Frage: Was hat der Ausbau der Breitbandinfrastruktur gebracht – und was könnte ein stärkerer Ausbau bringen?

### Empirische Studien belegen volkswirtschaftliche Vorteile des Breitbandausbaus

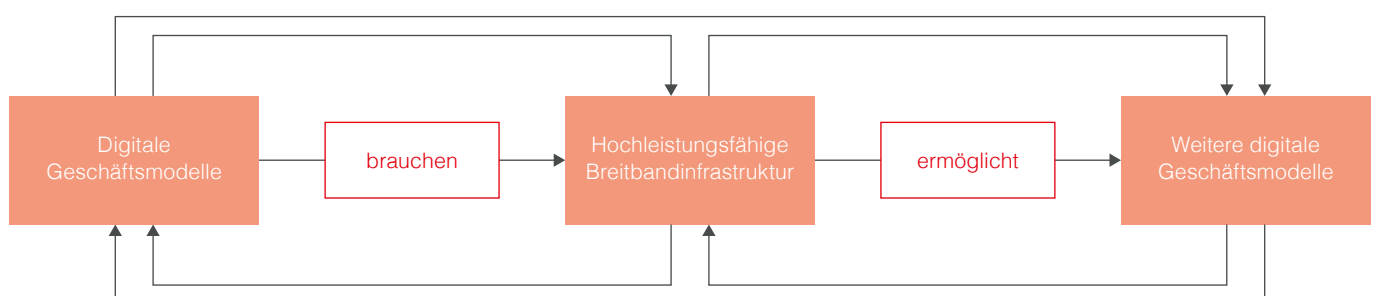
Mittlerweile liegen mehrere empirische Studien vor, die den Zusammenhang zwischen Breitbandausbau und Wirtschaftswachstum untersuchen.<sup>1</sup> Die in diesen Studien ermittelten Korrelationen deuten darauf hin, dass ein Breitbandausbau positive volkswirtschaftliche Effekte hat. Die Untersuchungen aus verschiedenen Ländern und Zeiträumen ergeben, dass eine Erhöhung der Breitbandpenetration um 10 Prozent das Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zwischen 0,25 Prozent<sup>2</sup> und 1,38 Prozent<sup>3</sup> erhöht. Auch sind positive Wirkungen auf die Beschäftigung und die Produktivität nachweisbar. Die Effizienz der Unternehmen wird in Bezug auf Umsatz, Innovationen

<sup>1</sup> ITU, 2012, The Impact of Broadband on the Economy, Genf

<sup>2</sup> Koutroumpis, Pantelis, 2009, The Economic Impact of Broadband on Growth, in: Telecommunications Policy, 33(9), S. 471–485

<sup>3</sup> Qjang et al., 2009, Economic Impact of Broadband, in: Information and Communication for Development 2009, World Bank Publications, S. 35–50

## Positiver Kreislauf der digitalen Wirtschaft



und die Fähigkeit zur Erschließung neuer Geschäftsfelder durch den Breitbandausbau positiv beeinflusst.<sup>4</sup> Clarke (2008) zeigt in einer internationalen Studie, dass Industrieunternehmen mit einem breitbandfähigen Internetzugang 6 Prozent mehr Exportumsätze erwirtschaften als Firmen ohne Breitbandanbindung.<sup>5</sup>

Eine internationale Studie der IW Consult für das Vodafone Institute<sup>6</sup> kommt zu dem Ergebnis, dass die Breitbanddichte signifikant positiv mit dem Wirtschaftswachstum korreliert. Konkret steigt das Wirtschaftswachstum um 0,07 Prozent, wenn die Anzahl der Breitbandinternetverträge pro 100 Einwohner um 1 Prozent steigt. Die positiven Effekte des Breitbandausbaus auf die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft in Deutschland lassen sich schon seit Anfang des 21. Jahrhunderts nachweisen. So belegen Bertschek et al. (2010)<sup>7</sup>, dass Unternehmen, die früher über einen DSL-Anschluss verfügen konnten, in den Jahren 2001 bis 2003 deutlich mehr Produkt- und Prozessinnovationen realisiert haben als Unternehmen, die nicht oder erst später über einen solchen Anschluss verfügen konnten.

Die Breitbandinfrastrukturen und die damit verbundenen Märkte haben sich in den letzten Jahren dynamisch entwickelt und stark verändert. Deshalb greift die vorliegende Studie die Kernfrage nach der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Breitbandinfrastruktur auf Basis aktueller Daten nochmals auf. Konkret sollen drei Fragen beantwortet werden: Gibt es positive (kurz-, mittel- und langfristige) Effekte auf das Wirtschaftswachstum durch

- ▶ Investitionen in die Telekommunikationsnetze,
- ▶ eine Verbesserung der Qualität der Breitbandinfrastruktur und
- ▶ einen Ausbau der Glasfasernetze?

## Grundlagen der Analyse: Modelle und Daten

Ausgangspunkt der Überlegungen ist eine makroökonomische Produktionsfunktion, die den Zusammenhang zwischen der Wirtschaftsleistung einer Volkswirtschaft (gemessen als Bruttoinlandsprodukt) und den Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital beschreibt:

$$BIP = A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta} \cdot e^{Trend}$$

Das Bruttoinlandsprodukt *BIP* wird demnach durch den Einsatz von Arbeit *L* und Kapital *K* produziert. Der Kapitaleinsatz wird im Folgenden durch Investitionen gemessen, da Daten zum gesamten Kapitalstock nur eingeschränkt verfügbar sind. Die Messung anhand von Investitionen ist methodisch vertretbar, zumal der Kapitalbestand zu einem gegebenen Zeitpunkt nichts anderes ist als die kumulierten vorangegangenen Nettoinvestitionen. Bei den Parametern  $\alpha$  und  $\beta$  handelt es sich um die sogenannten partiellen Produktionselastizitäten. Sie geben an, um wie viel Prozent das Bruttoinlandsprodukt steigt, wenn der Einsatz des betreffenden Faktors um 1 Prozent erhöht wird, während alle anderen Produktionsfaktoren unverändert bleiben. Die Konstante *A* stellt den sogenannten Effizienzparameter dar. Sie berücksichtigt vor allem die Produktionstechnologie, also in welcher Weise die Produktionsfaktoren eingesetzt werden. Schließlich wird häufig noch ein Trend berücksichtigt, der implizit den technischen Fortschritt abbildet, soweit dieser nicht in den Produktionsfaktoren enthalten ist. Bei den folgenden Analysen zur Telekommunikationsinfrastruktur wird eine andere Vorgehensweise verwendet: Anstatt den technischen Fortschritt implizit über eine Trendvariable zu modellieren, wird ein Element des technischen Fortschritts – beispielsweise die Qualität der Breitbandinfrastruktur – explizit aufgenommen. Ansonsten wären Effekte der Verbesserung der Infrastruktur nicht messbar, weil diese auch über den technischen Fortschritt als „Transmissionskanal“ auf das BIP wirkt.

Zur Messung der Effekte des Ausbaus der Telekommunikations- oder Breitbandnetze werden im Folgenden Daten zu den entsprechenden spezifischen Investitionen oder zur Infrastrukturausstattung als zusätzliche Produktionsfaktoren herangezogen. Die obige Gleichung wird also bei den folgenden ökonometrischen Schätzungen um jeweils einen weiteren Faktor ergänzt – beispielsweise um die Investitionen in die Telekommunikationsnetze, damit deren Effekt auf das BIP geschätzt werden kann. Da der Arbeits- und der Kapitaleinsatz ebenfalls in den Modellen

<sup>4</sup> Stopka et al., 2013, Breitbandstudie Sachsen 2030

<sup>5</sup> Clarke, George R. G., 2008, Has the Internet increased exports for firms from low and middle income countries?, in: Information Economics and Policy, 20(1), S.16–37

<sup>6</sup> IW Consult, 2013, Mobile Technologien: Digitales Grundgerüst unseres Lebens, Düsseldorf

<sup>7</sup> Bertschek et al., 2010, Informations- und Telekommunikationstechnologien als Wegbereiter für Innovationen, Berlin

enthalten sind, wird berücksichtigt, dass das BIP nicht nur und auch nicht in überwiegendem Maße von der Telekommunikationsinfrastruktur abhängt.

Die Daten zum BIP, zur Anzahl der Erwerbstätigen und zu den gesamten Investitionen wurden der AMECO-Datenbank der Europäischen Kommission entnommen.<sup>8</sup> Die Daten zur Telekommunikationsinfrastruktur wurden der Datenbank der ITU entnommen.<sup>9</sup> Die ITU stellt telekommunikationsbezogene Daten für mehr als 200 Länder bereit, wobei der größte Teil der Zeitreihen im Jahr 1960 beginnt und gegenwärtig für den Großteil der Daten im Jahr 2014 endet. Die folgenden Schätzungen beziehen sich daher auf Zeiträume, für die – je nach Variable – Daten zur Verfügung stehen. So sind beispielsweise die Daten zu den Telekommunikationsinvestitionen ab 1995 verfügbar; die Schätzung wurde deshalb für den Zeitraum 1995 bis 2014 durchgeführt. Ein wesentlicher Vorteil der verwendeten Datenbasis liegt darin, dass auch ausgewählte Länder von außerhalb der EU in die Untersuchung einbezogen werden können. Dies ist wichtig, da eine ökonometrische Schätzung auf eine ausreichende Spanne von Werten angewiesen ist, um einen Effekt ermitteln zu können.

Grundsätzlich wäre es zwar denkbar, eine ökonometrische Analyse durchzuführen, die sich ausschließlich auf Deutschland bezieht. Um belastbare Ergebnisse ermitteln zu können, würde dies allerdings relativ lange Zeitreihen erfordern. Solche Zeitreihen liegen nicht oder nur eingeschränkt vor – vor allem, da es in dieser Studie um technologische Entwicklungen geht, die einen innovativen Charakter haben. Die Ökonometrie behilft sich in solchen Fällen mit Regressionsanalysen auf Basis sogenannter Paneldaten. Dabei werden die Daten von mehreren Ländern (und mehreren Jahren) gleichzeitig berücksichtigt. Die vorliegende Studie bezieht bis zu 32 Länder (die EU-28, die Schweiz, die USA, Japan und Südkorea) ein. Ein potenzieller Nachteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass die Regressionsanalysen Durchschnittswerte für die einbezogenen Länder liefern und dass Aussagen für einzelne Länder streng genommen auf der Annahme basieren, dass sich die Erfahrungen in anderen Ländern zumindest vom Grundsatz her übertragen lassen.

Allerdings ist dieser potenzielle Nachteil weniger schwerwiegend, als vermutet werden könnte. In den folgenden Regressionsanalysen werden nicht nur der Arbeits- und Kapitaleinsatz (in den einzelnen Ländern und Jahren) berücksichtigt, sondern auch sogenannte unbeobachtete Effekte. Das bedeutet, dass fundamentale Charakteristika der Länder wie beispielsweise die geografische Lage bzw. der kulturelle Hintergrund „herausgerechnet“ werden. In der methodischen Nomenklatur wird dies als Fixed- bzw. Random-Effects-Schätzung bezeichnet (siehe auch den Kasten „Details zur ökonometrischen Methodik“).

Leicht vereinfacht lässt sie die hier verwendete Methodik wie folgt zusammenfassen: Um den Effekt der Telekommunikationsinfrastruktur auf das BIP zu schätzen, wird eine Reihe von Ländern und Jahren herangezogen. Um den Effekt zu isolieren und den Schluss auf die einzelnen Länder zu stützen, werden beobachtete Faktoren (der Arbeits- und der Kapitaleinsatz) sowie unbeobachtete Faktoren (mittels Fixed- bzw. Random-Effects-Schätzung) statistisch kontrolliert. Diese Vorgehensweise dient nicht zuletzt dazu, die ökonometrischen Ergebnisse durch die Kontrolle von Drittvariablen einem Kausalitätsschluss anzunähern, also einer Ursache-Wirkungs-Beziehung. Es ist allerdings hervorzuheben, dass Kausalität nie gänzlich nachgewiesen werden kann. Die Ergebnisse sollten also als statistische Zusammenhänge oder als Korrelationen gedeutet werden.

<sup>8</sup> Europäische Kommission, 2016, Annual macro-economic database [Stand: 2016-05-02]

<sup>9</sup> ITU, 2015, World Telecommunication / ICT Indicators Database [Stand: 2016-05-20]

## Details zur ökonometrischen Methodik

Für die vorliegende Studie wurden mehrere ökonometrische Modelle geschätzt, die alle einer ähnlichen Logik folgen. Als Beispiel wird hier ein Modell herausgegriffen, mit dem wir den Effekt einer Erhöhung der Anzahl der Glasfaseranschlüsse ermittelt haben. In der folgenden Tabelle werden die Schätzergebnisse dargestellt.

Um die Schätzung mit gängigen Verfahren durchführen zu können, wurde die Gleichung vom Beginn des Kapitels logarithmiert. Die Koeffizienten sind daher als Elastizitäten zu interpretieren – also als prozentuale Reaktion des BIP, wenn die jeweilige unabhängige Variable um 1 Prozent steigt. Dieser Modellschätzung zufolge geht eine Erhöhung der Anzahl der Glasfaseranschlüsse um 1 Prozent mit einer Erhöhung des BIP um 0,03 Prozent einher, wobei es sich um einen statistisch hochsignifikanten ( $p < 0,001$ ) Effekt handelt. Der ermittelte Wert bezieht sich auf den Durchschnitt der Länder und Jahre. Effekte für einzelne Länder können nicht ermittelt werden, da die verfügbaren Zeitreihen zu kurz sind.

Das  $R^2$  gibt den Anteil der erklärten Varianz der abhängigen Variable an – es ist ein Gütemaß für das Modell. Mit 94 Prozent ist der Anteil der erklärten Varianz sehr hoch. Dementsprechend ist auch das gesamte Modell statistisch hochsignifikant.

Die Einbeziehung von Random Effects dient dazu, die Heterogenität der Länder abzubilden: Das BIP kann beispielsweise auch von der geografischen Lage oder von gesellschaftlichen Faktoren abhängen – und man kann beispielsweise Japan nicht ohne weiteres mit Deutschland vergleichen. Durch die Einbeziehung von Random Effects werden unbeobachtete (also nicht im Modell enthaltene) Eigenschaften der Länder statistisch berücksichtigt, ohne diese Eigenschaften benennen zu müssen. Das ist möglich, da für die Länder individuelle Zeitreihen vorliegen.

Wichtige Modellalternativen, die wir ebenfalls für die Schätzungen verwendet haben, sind Fixed-Effects-Modelle (eine Alternative zu Random-Effects-Modellen), Modelle mit einem autoregressiven Term erster Ordnung (um zeitliche Abhängigkeiten zu berücksichtigen) sowie Schätzungen auf Basis von Instrumentalvariablen (wobei verzögerte Werte der im Modell enthaltenen Variablen als Instrumente verwendet wurden).

### Regressionsanalyse zur Erhöhung der Anzahl der Glasfaseranschlüsse

Abhängige Variable: BIP (logarithmiert)

| Unabhängige Variable                                                                                                                | Koeffizient | Signifikanz |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| Arbeitseinsatz (logarithmiert)                                                                                                      | 0,64        | 0,000       |
| Kapitaleinsatz (logarithmiert)                                                                                                      | 0,35        | 0,000       |
| Anzahl der Glasfaseranschlüsse (logarithmiert)                                                                                      | 0,03        | 0,000       |
| Modellkonstante                                                                                                                     | 2,77        | 0,000       |
| $R^2$ : 0,940<br>Modellsignifikanz: 0,000<br>Anzahl einbezogener Länder: 31<br>Anzahl Beobachtungen: 236<br>Zeitraum: 2000 bis 2014 |             |             |
| Random-Effects-Modell mit cluster-robusten Standardfehlern                                                                          |             |             |

Quellen: Europäische Kommission, 2016; ITU, 2015; eigene Berechnungen

## Was bringen Investitionen in die Telekommunikationsnetze?

Im ersten Schritt werden die Effekte der Telekommunikationsinvestitionen auf das BIP geschätzt. Die Telekommunikationsinvestitionen sind ein sehr allgemeiner Indikator, der neben dem Ausbau der Breitbandinfrastruktur auch andere investive Aktivitäten einschließt. Die deutsche Telekommunikationsbranche hat 2015 rund 8,1 Milliarden Euro investiert. Das ist ein Anstieg gegenüber dem Tiefpunkt von 2010 um 2,2 Milliarden Euro. Im internationalen Vergleich der einbezogenen 32 Länder ist die Investitionsquote (Investitionen relativ zum BIP) in Deutschland allerdings unterdurchschnittlich: Sie liegt im Mittel der letzten fünf Jahre bei 2,35 Prozent, während sie im Durchschnitt aller Länder bei 4 Prozent liegt.<sup>10</sup>

**Kernergebnis:** Die Regressionsanalyse kommt zu dem Ergebnis, dass eine Erhöhung der Telekommunikationsinvestitionen um 1 Prozent mit einem Anstieg des BIP von durchschnittlich 0,04 Prozent einhergeht. Dieser Effekt ist statistisch hochsignifikant.

Überträgt man diesen Effekt auf Deutschland, würde eine Erhöhung der Telekommunikationsinvestitionen um 1 Prozent mit einer Steigerung des jährlichen BIP von 1,2 bis 1,3 Milliarden Euro einhergehen (bezogen auf das BIP von 2014 bzw. 2015). Investitionen in die Telekommunikationsinfrastruktur haben demnach eine deutliche Hebelwirkung, denn eine 1-prozentige Erhöhung der Telekommunikationsinvestitionen entspricht rund 80 Millionen Euro. Die geschätzten Korrelationen sind also ein Indiz dafür, dass Investitionen in Telekommunikation zumindest im Stützzeitraum ein Wachstumstreiber waren – und ein Wachstumstreiber sein werden, wiewohl von Natur aus nie sicher ist, ob und wie weit solche Effekte fortgeschrieben werden können.

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Telekommunikationsinvestitionen kurz-, mittel- und langfristig einen positiven Beitrag zum Wirtschaftswachstum leisten. Dies deckt sich mit den einschlägigen Befunden aus der Literatur.

<sup>10</sup> Bundesnetzagentur, 2016, Jahresbericht 2015, Bonn

## Was bringt eine Verbesserung der Qualität der Breitbandinfrastruktur?

Für die Gigabit-Gesellschaft ist die Qualität der Breitbandinfrastruktur besonders relevant. Aber führen Verbesserungen der Breitbandinfrastruktur auch zu mehr Wachstum? Das ist die Frage, die hier beantwortet werden soll.

Es gibt viele Indikatoren, um die Qualität der Breitbandinfrastruktur zu messen. In dieser Studie wird die durchschnittliche Übertragungsgeschwindigkeit verwendet, wie sie von Akamai für die Jahre seit 2007 für alle relevanten Länder zur Verfügung gestellt wird. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist als Indikator auch deshalb geeignet, weil sie technologieunabhängig (Kupfer, Kabel, Glasfaser, Funk) die Leistungsfähigkeit der Systeme misst.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist von 2007 bis 2015 in den betrachteten 32 Ländern von 3,6 Mbit/s auf 13,2 Mbit/s erheblich gestiegen. Diese Entwicklung ist in allen Ländern zu beobachten – auch in Deutschland. Hier hat die Geschwindigkeit von 3,2 Mbit/s (2007) auf 12,9 Mbit/s (2015) zugelegt. Aber auch hier bleibt festzustellen: Deutschland erreicht im Ländervergleich nur eine Position im Mittelfeld.<sup>11</sup>

Der Effekt einer Erhöhung der durchschnittlichen Übertragungsgeschwindigkeit auf das BIP wird mit einem ähnlichen Modell geschätzt wie bei den Telekommunikationsinvestitionen – nur werden anstatt der Investitionen jetzt die Durchschnittsgeschwindigkeiten verwendet.

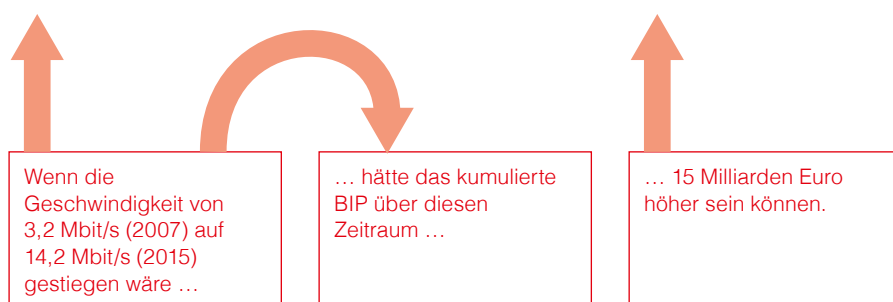
tionsinvestitionen – nur werden anstatt der Investitionen jetzt die Durchschnittsgeschwindigkeiten verwendet.

**Kernergebnis:** Die Leistungsfähigkeit der Breitbandnetze korreliert positiv und statistisch hochsignifikant mit dem Wirtschaftswachstum. Im Durchschnitt der betrachteten Länder geht eine Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit um 1 Prozent mit einer Steigerung des BIP von 0,07 Prozent einher.

Umgerechnet bedeutet dies, dass eine Erhöhung der derzeitigen Geschwindigkeit in Deutschland um 1 Prozent mit einer Erhöhung des BIP um knapp 2 Milliarden Euro einhergehen würde. Wie stark die Wirkungen sind, lässt sich auch anhand eines Beispiels bzw. eines Gedankenexperiments veranschaulichen: Wenn das Tempo der Erhöhung der Breitbandgeschwindigkeit jedes Jahr im Zeitraum von 2007 bis 2015 um 1 Prozent höher gewesen wäre, hätte Deutschland 2015 das Niveau der USA (14,2 Mbit/s) erreicht. Dadurch wäre das kumulierte deutsche BIP von 2007 bis 2015 um insgesamt 15 Milliarden Euro höher gewesen. Bei dieser kontrafaktischen Berechnung wird allerdings unterstellt, dass alle ökonomischen Anpassungsprozesse mehr oder minder unmittelbar abgeschlossen sind (dies wird zum Ende des Kapitels aufgegriffen). Es kann und dürfte aber durchaus länger dauern, bis sich die Effekte manifestieren. Die hier geschätzten Modelle können keine Aussage dazu treffen, wie lange es dauert, bis dies geschieht. Unterstellt man, dass es fünf Jahre bis zur Entfaltung aller Wirkungen gebraucht hätte, hätte der BIP-Zuwachs immer noch 12 Milliarden Euro betragen.

<sup>11</sup> Akamai, mehrere Jahrgänge, State of the Internet Report

## BIP-Effekte einer schnelleren Steigerung der durchschnittlichen Übertragungsgeschwindigkeiten



Quellen: Akamai, mehrere Jahrgänge  
Europäische Kommission, 2016;  
eigene Berechnungen

## Was bringt ein Ausbau der Glasfasernetze?

Die meisten Experten sind sich einig – den Glasfasernetzen gehört die Zukunft in einer Gigabit-Gesellschaft. Nur glasfaserbasierte Netze, kombiniert mit modernsten Mobilfunk- oder Kabeltechnologien, genügen den Anforderungen mit Blick auf hohe Übertragungsgeschwindigkeiten, Symmetrie oder Latenz.

Dennoch oder gerade deswegen soll in weiteren Schätzungen geprüft werden, welchen volkswirtschaftlichen Effekt der Glasfaserausbau hat. Dabei wird die Entwicklung in 31 Ländern betrachtet (die EU-28, allerdings hier wegen der Datenverfügbarkeit ohne Malta; darüber hinaus die Schweiz, die USA, Japan und Südkorea). Der Stützzeitraum der Schätzung umfasst die Jahre 2000 bis 2014, da für diesen Zeitraum Daten zur Anzahl der Glasfaseranschlüsse verfügbar sind.

Wiederum ist der Ausgangspunkt die zu Beginn des Kapitels eingeführte makroökonomische Produktionsfunktion, in die als zusätzlicher Produktionsfaktor jetzt die Anzahl der Glasfaseranschlüsse (FTTB/H) aufgenommen wird. Die Daten zu den Anschlüssen wurden der Datenbank der ITU entnommen.<sup>12</sup>

Während bei den obigen Analysen jeweils ein Regressionsmodell herangezogen wurde, um die Effekte zu ermitteln, werden hier verschiedene Modelle verwendet (siehe auch den Kasten „Details zur ökonometrischen Methodik“). Dies hat zwei Gründe. Erstens erschwert die Datenverfügbarkeit die Schätzung: Obwohl ab dem Jahr 2000 für einige Länder Daten zur Anzahl der Glasfaseranschlüsse vorliegen, konzentrieren sich die meisten Daten auf den Zeitraum ab 2007. Dieser Kürze der Zeitreihen und der damit verknüpften Unsicherheit wird durch verschiedene Modellspezifikationen Rechnung getragen. Zweitens ist es dem Analyseobjekt angemessen, stärker in die Tiefe zu gehen: Langfristig benötigt die Gigabit-Gesellschaft ein Glasfasernetz, und daher stehen Glasfaser-Effekte im Fokus der Studie.

**Kernergebnis:** Eine Erhöhung der Anzahl der Glasfaseranschlüsse um 1 Prozent geht in der betrachteten Län-

dergruppe je nach Modellspezifikation mit einer durchschnittlichen Erhöhung des BIP um 0,02 Prozent (untere Schätzung), 0,03 Prozent (mittlere Schätzung) oder 0,04 Prozent (obere Schätzung) einher. In allen drei Fällen ist der Effekt statistisch hochsignifikant.

Es ist nicht möglich, eine der drei Schätzungen als richtig oder falsch zu identifizieren. Unterstellt man die mittlere Schätzung, wäre das BIP in Deutschland rund 900 Millionen Euro höher, wenn die Anzahl der Glasfaseranschlüsse 1 Prozent höher wäre. Bei der unteren Schätzung wären es immerhin noch rund 600 Millionen Euro und bei der oberen Variante wären es rund 1,2 Milliarden Euro.

Es liegt in der Natur der verwendeten Modelle, dass die Ergebnisse umso sicherer sind, je kleiner die betrachteten Veränderungen der erklärenden Variable – also der Anzahl der Glasfaseranschlüsse – sind. Aus diesem Grund stellen wir auf eine 1-prozentige Erhöhung ab. Beispielrechnungen lassen sich aber auch für größere Veränderungen anstellen (siehe Tabelle „Der volkswirtschaftliche Impact der Glasfaser-Infrastruktur“), wobei zu bedenken ist, dass die Unsicherheit steigt, je größer die simulierte Veränderung ist.

Diese Analysen offenbaren gewaltige Hebel, deren ökonomische Aussagekraft interpretiert werden muss; die nachfolgenden Punkte sind dabei besonders wichtig. Auch ist klar, dass es sich streng genommen um Korrelationen und nicht um kausale Beziehungen handelt: Die geschätzten Effekte können einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang nur nahelegen, aber nicht nachweisen.

### Keine Aussage zu Anpassungszeiträumen möglich

Es kann dauern, bis die Wirkungen einer verbesserten Breitbandinfrastruktur vollständig spürbar sind. Die Modelle können keine Aussage dazu treffen, wie lange solche Anpassungsprozesse brauchen und wann die BIP-Effekte eintreten. Es ist denkbar, dass sich die Effekte zum Teil sofort einstellen, zum Teil nach ein bis zwei Jahren, und zum Teil auch erst nach fünf bis zehn Jahren. Beispielsweise kann eine verbesserte Glasfaserinfrastruktur neue digitale Dienstleistungen ermöglichen, die zuvor gar nicht denkbar waren. Bis solche Dienstleistungen entwickelt und ausgerollt wurden, können Jahre vergehen. Die Wirkungen können also noch lange nach dem eigentlichen Impuls auftreten. Je länger Anpassungsprozesse dauern, desto geringer ist der Gegenwartswert des volkswirtschaftlichen Nutzens. (In den „Gegenwartswert“ fließt

<sup>12</sup> ITU, 2015



## Der volkswirtschaftliche Impact der Glasfaserinfrastruktur – eine „Was-wäre-wenn-Analyse“

### Geschätzte Steigerung des jährlichen BIP

(Basis: nominelles BIP Deutschland 2015: 3.025,9 Milliarden Euro; kontrafaktische Berechnung)

|                                    | Untere Schätzung:<br>0,02 % | Mittlere Schätzung:<br>0,03 % | Obere Schätzung:<br>0,04 % |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Anzahl Glasfaseranschlüsse<br>+1%  | +605 Millionen Euro         | +908 Millionen Euro           | +1.210 Millionen Euro      |
| Anzahl Glasfaseranschlüsse<br>+5%  | +3.026 Millionen Euro       | +4.539 Millionen Euro         | +6.052 Millionen Euro      |
| Anzahl Glasfaseranschlüsse<br>+10% | +6.052 Millionen Euro       | +9.078 Millionen Euro         | +12.104 Millionen Euro     |

Zunehmende  
Unsicherheit

Zunehmende  
Unsicherheit

Quellen: Europäische Kommission, 2016; ITU, 2015; eigene Berechnungen

der Abzinsungsfaktor ein, also leicht vereinfacht die Rate, mit der heutiger Nutzen gegenüber zukünftigem Nutzen bevorzugt wird.)

### Keine Aussage zu anderen Technologien möglich

Aus den Ergebnissen der Modelle zum Effekt der Glasfaseranschlüsse kann nicht auf die Wirkungen anderer Technologien geschlossen werden. Es ist durchaus möglich, dass etwa durch eine Verbesserung der Kabel-, LTE- oder Vectoring-Infrastrukturen ähnliche positive Effekte sichtbar wären. Diese Frage kann aufgrund fehlender internationaler Daten nicht überprüft werden.

### Degressiver Verlauf bei der Interpretation zu beachten

Der in der Regressionsanalyse berechnete Koeffizient stellt auf prozentuale, also relative Effekte ab. Eine Erhöhung der Glasfaseranschlüsse um 1 Prozent geht mit einem BIP-Zuwachs von – in der unteren Schätzung – 0,02 Prozent einher. Der damit verknüpfte absolute BIP-Zuwachs je zusätzlichem Anschluss ist stark von der Ausgangsgröße abhängig, und dieser „Effekt der Basis“ ist bei der Interpretation zu berücksichtigen. Einige Beispiele hierzu:

- ▶ In Deutschland gibt es rund 350.000 Glasfaseranschlüsse (ITU-Daten für 2014).<sup>13</sup> Ein Zuwachs um 1 Prozent (also 3.500 Anschlüsse) geht mit einem BIP-Wachstum in der unteren Schätzung von rund 600 Millionen Euro einher. Rechnerisch bedeutet das einen Zuwachs pro zusätzlichem Anschluss von gut 170.000 Euro.
- ▶ Hätte Deutschland aber bereits 3,5 Millionen Anschlüsse, würde eine Zunahme von 1 Prozent noch einen BIP-Zuwachs pro zusätzlichem Anschluss von rund 17.000 Euro bedeuten.
- ▶ Wenn man in einem Gedankenexperiment die Anzahl der Glasfaseranschlüsse auf 43 Millionen und damit auf eine flächendeckende Versorgung aller Haushalte ausdehnt, hätten die „letzten“ Anschlüsse bei Zugrundelegung des berechneten Koeffizienten einen BIP-Effekt von rund 1.400 Euro.

<sup>13</sup> ITU, 2015



Dieser degressive Effekt ist bei der Interpretation zu beachten. Gerade der letzte Punkt ist dabei interessant, denn er legt nahe, dass ein Ausbau des Glasfasernetzes nicht unbedingt (das heißt, wenn man ausschließlich auf die BIP-Effekte abstellt und nicht auch beispielsweise auf Aspekte der gesellschaftlichen Partizipation) flächendeckend erfolgen muss. In einer Studie des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK)<sup>14</sup> werden die Kosten eines Anschlusses je nach Ausgangssituation und Siedlungsstruktur mit einer Spannweite von 1.500 bis 4.500 Euro angegeben. Im Durchschnitt liegen die Investitionskosten je Anschluss bei etwa 2.500 Euro. Die „letzten“ Anschlüsse hätten einen BIP-Effekt, der darunterliegt. Wenn man sich die Ausgangslage Deutschlands (rund 350.000 Anschlüsse) vor Augen führt, wird aber klar, dass die Differenz zwischen dem Nutzen und den Kosten eines Anschlusses auf absehbare Zeit deutlich positiv ist.

<sup>14</sup> WIK, 2011, Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, Diskussionsbeitrag Nr. 359

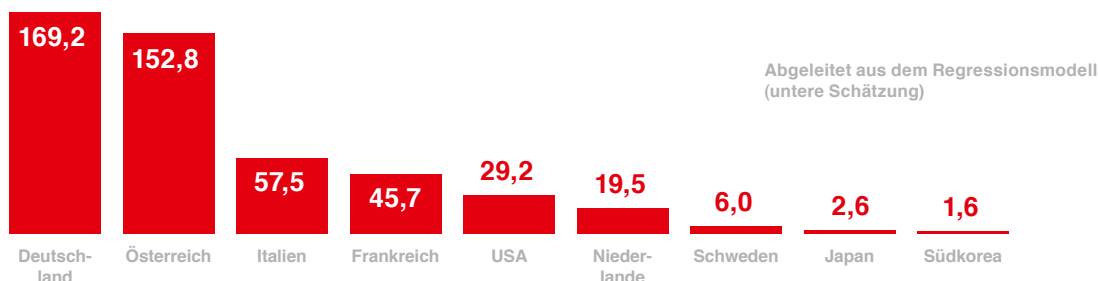
### Volkswirtschaftlicher Blickwinkel

Allen hier berichteten Schätzungen liegt ein volkswirtschaftliches und kein betriebswirtschaftliches Kalkül zugrunde. Einbezogen sind alle Effekte, die zusätzliche Glasfaseranschlüsse im Wirtschaftskreislauf direkt oder indirekt auslösen. Dabei sind Effekte auf den technischen Fortschritt und die Erhöhung der Produzentenrenten in der gesamten Wertschöpfungskette genauso enthalten wie Vorteile auf der Konsumentenseite.

In einer betriebswirtschaftlichen Rechnung aus der Sicht eines einzelnen Investors werden die Auswirkungen auf andere Akteure aber nicht berücksichtigt, denn für ihn zählt letztlich nur die Zahlungsbereitschaft seiner potenziellen Kunden. Bei Vorliegen positiver externer Effekte – gerade diese sind bei Netzwerkinfrastrukturen zu erwarten – ist die volkswirtschaftliche Rendite größer als die betriebswirtschaftliche. Nicht zuletzt deshalb fördert der Staat auf allen Ebenen den Ausbau der Breitbandinfrastruktur und versucht damit, Finanzierungslücken zu schließen, die durch das Auseinanderklaffen von gesamt- und einzelwirtschaftlichem Nutzen entstehen.

## So viel BIP-Zuwachs bringt ein zusätzlicher Glasfaseranschluss

in ausgewählten Ländern; Angaben in 1.000 Euro je Anschluss



Quellen: Europäische Kommission, 2016; ITU, 2015; eigene Berechnungen

## Was folgt aus den Ergebnissen?

Bei aller gebotenen Vorsicht bei der Interpretation von Modellrechnungen zeigen die Ergebnisse zwei Dinge doch sehr deutlich:

- ▶ Investitionen in den Ausbau und die Verbesserung der Breitbandinfrastruktur lohnen sich volkswirtschaftlich. Die geschätzten Korrelationen zwischen einer Erhöhung der Geschwindigkeiten oder der Anzahl der Glasfaseranschlüsse und der Wirtschaftsleistung deuten darauf zumindest stark hin.
- ▶ Deutschland gehört im weltweiten Vergleich insbesondere mit Blick auf die Glasfaseranschlüsse (FTTB/H) nicht zu den Spitzenreitern. Ein höheres Tempo des Ausbaus in der Vergangenheit hätte sich gelohnt – die relativ schwache Ausgangslage lässt aber auch jetzt noch einen großen volkswirtschaftlichen Nutzen einer beherzten Ausbaustrategie vermuten.

Mit Blick auf die Zukunft erhalten diese Feststellungen eine besondere Brisanz. Eine digitalisierte Ökonomie mit der Vision einer Gigabit-Gesellschaft kommt ohne hochleistungsfähige Breitbandinfrastrukturen nicht aus. Mittel- und langfristig scheint nach dem Stand des Wissens keine wirkliche Alternative zu glasfaserbasierten Breitbandnetzen in Kombination mit hochleistungsfähigen Mobilfunknetzen zu bestehen. Das kann durchaus mit Kabeltechnologien oder aus technologischer Sicht auch mit Vectoring-Lösungen kombiniert werden. Auch ist es weder machbar noch notwendig, sofort ein flächendeckendes Glasfasernetz aufzubauen. Experten gehen davon aus, dass ein weitgehender Ausbau mindestens zehn Jahre dauern wird. Die Richtung ist jedoch klar: Die Netze der Zukunft müssen leistungsfähiger sein, sonst wären die Potenziale der Digitalisierung auf der Marktseite nicht zu heben. Warum das so ist, damit beschäftigt sich das nächste Kapitel.

## BIP steigt mit Anschlusszahl

**Bei einer Zunahme der Anzahl der Glasfaseranschlüsse um 1 Prozent steigt das BIP um 0,02 Prozent – in einer optimistischen Schätzung sogar um 0,04 Prozent.**

## In Deutschland

**lohnt sich der Glasfaserausbau besonders, weil es im internationalen Vergleich erst wenige Glasfaseranschlüsse gibt.**

# Wo geht die Reise hin?

Eine zentrale Frage der Digitalisierung lautet: Wo geht die Reise zur Gigabit-Gesellschaft hin? Was kommt und was erwartet uns? Die Digitalisierung wird bestimmt durch fünf Megatrends, die für uns zahlreiche Chancen, aber auch Herausforderungen beinhalten. Um die Chancen zu nutzen und die Herausforderungen zu meistern, sind die Weiterentwicklung bestehender und die Erforschung

neuer Technologien erforderlich. In zahlreichen Experteninterviews und umfangreichen Literaturstudien kristallisieren sich insgesamt 17 Schlüsseltechnologien heraus, die auf dem Weg zur Gigabit-Gesellschaft von zentraler Bedeutung sind und große Marktpotenziale bergen. Diese Schlüsseltechnologien benötigen als Enabler für Gigabit-Anwendungsmärkte eine adäquate Breitbandinfrastruktur.

## Vernetzung,

Mobilität, Alterung, Individualisierung und Sicherheit bestimmen als zentrale Themen die Zukunft der Gigabit-Gesellschaft.

## Smart Consuming,

Smart Health und Smart Industry erfordern vor allem hohe Bandbreiten und teils auch eine symmetrisch ausgelegte Datenübertragung. Die Bereiche Smart Mobility und Smart Energy sind hingegen vor allem auf geringe Latenzen und stabile Internetverbindungen angewiesen.

## In den

17 Schlüsseltechnologien der Gigabit-Gesellschaft erhöhte sich die weltweite Patentaktivität in den letzten zehn Jahren um 54 Prozent. Deutschland ist hier bereits seit Mitte der 90er Jahre patentaktiv und erreichte damit im internationalen Vergleich bereits sehr früh eine hohe Technologiereife.

## Schlüssel-technologien

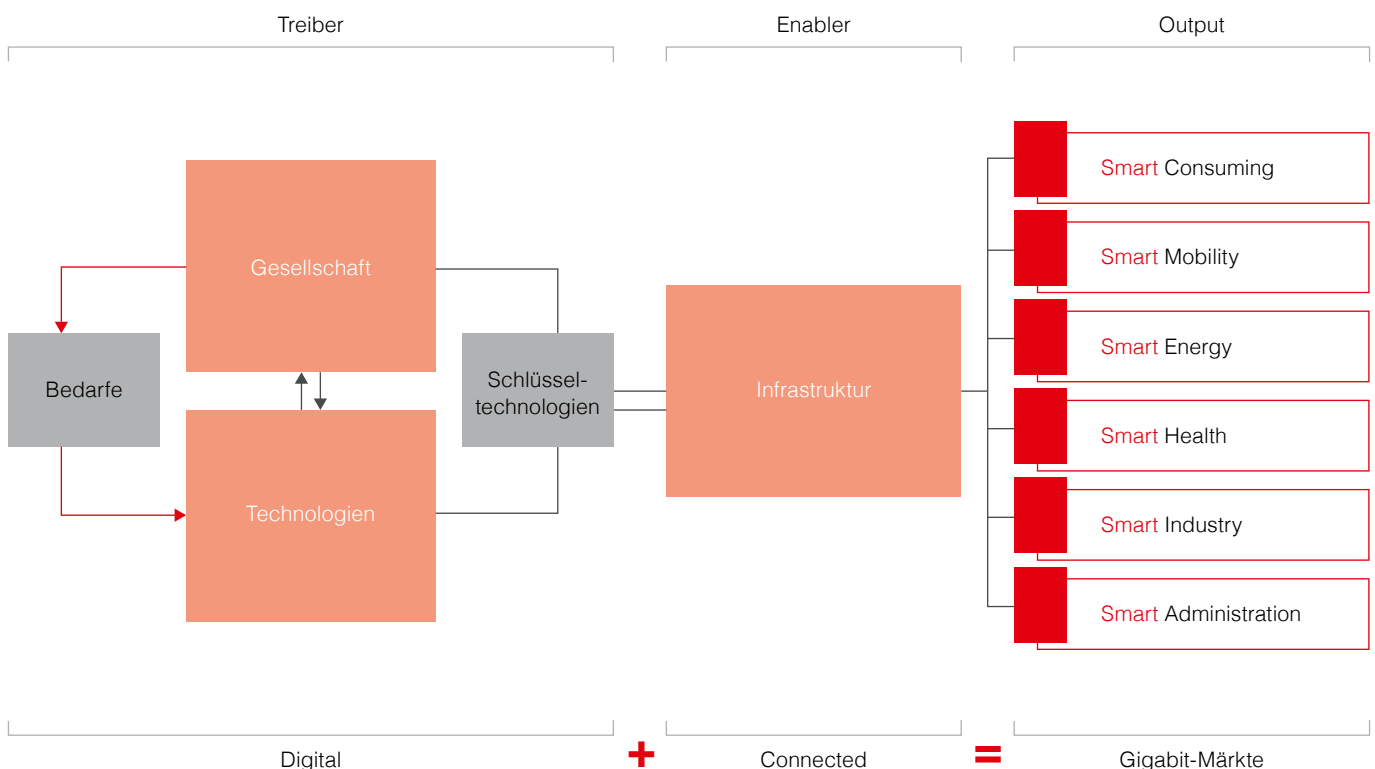
zielen oftmals zunächst auf private Nutzergruppen. Von hier aus verbreiten sich die Schlüsseltechnologien dann in weitere Märkte.

Megatrends und Technologien sind wesentliche Treiber auf dem Weg zur Gigabit-Gesellschaft. Sie stehen in einer steten Austauschbeziehung: Megatrends erzeugen konkrete Bedarfe, wie etwa eine zunehmende Vielfalt an innovativen Mobilitätsformen oder an die Bedürfnisse einer alternden Gesellschaft angepasste Infrastrukturen. Neue Technologien sind erforderlich, damit Unternehmen Lösungen für diese Bedarfe offerieren können. Umgekehrt erzeugen neue Technologien ihrerseits über konkrete Anwendungen und Produkte Bedarfe, die es vorher noch nicht gab; sie tragen schließlich wiederum dazu bei, die Chancen der Megatrends wahrzunehmen.

Aus der Vielzahl der Technologien konnten auf Basis von Experteninterviews und umfangreichen Literaturstudien 17 Schlüsseltechnologien identifiziert werden, die auf dem Weg zur Gigabit-Gesellschaft entscheidend sind.

Dieser Kreislauf zwischen gesellschaftlichen Megatrends und Technologien ist nicht neu. Das Entscheidende in der Digitalisierung ist, dass die Interaktion zwischen Trends und Technologien sich über eine möglichst umfassende Vernetzung von Produkten, Prozessen, Unternehmen, Individuen und Gesellschaft vollzieht. Dazu bedarf es einer entsprechend leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur, mit der in kürzester Zeit riesige Datenmengen zwischen – meist einer Vielzahl von – Akteuren ausgetauscht werden können. Die Breitbandinfrastruktur ist das Nadelöhr, welches alle Informationen und Daten passieren müssen, um die Gigabit-Anwendungsmärkte und -felder adäquat bedienen zu können. Ohne eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur ist ein schneller und komplexer Austausch großer Datenmengen nicht möglich, Gigabit-Märkte wie Smart Consuming, Smart Mobility, Smart Energy, Smart Health, Smart Industry und Smart Administration bleiben in den Kinderschuhen stecken oder verkümmern.

## Kernfaktoren auf dem Weg zu Gigabit-Märkten



## Trends der Gigabit-Gesellschaft

Digitale Technologien wie das Internet der Dinge, Big Data oder Cloud Computing durchdringen zunehmend alle Bereiche von Gesellschaft, Wirtschaft und Staat und sind die Basis für Innovation, Beschäftigung und nachhaltiges Wachstum. Dieser digitale Transformationsprozess verändert alle Bereiche des Lebens und der Wirtschaft grundlegend und wird dies auch in Zukunft tun. Vor diesem

Hintergrund stellt sich die Frage, wie die Welt in fünf oder gar 20 Jahren aussieht. Was sind die Megatrends des Gigabit-Zeitalters?

Insgesamt prägen fünf Trends die Gigabit-Gesellschaft. Neben diesen fünf zentralen Themen gibt es weitere gesellschaftliche Trends wie die Wissensintensivierung, die Globalisierung oder die steigende Ressourceneffizienz, die jedoch entweder nur einen indirekten oder einen geringen Einfluss auf das Gigabit-Zeitalter haben und daher in dieser Studie nicht weiter untersucht werden.

## Diese fünf Megatrends der Gigabit-Gesellschaft bestimmen die Zukunft

### Vernetzung

Durch die Verschmelzung von physischer Realität und digitaler Welt fließen mehr Daten durch die Netze.

### Mobilität

Wachsender Mobilitätsbedarf und eine zunehmende Vielfalt an innovativen Mobilitätsformen kennzeichnen die Gigabit-Gesellschaft.

### Alterung

Bestehende Systeme stehen durch die rapide Zunahme der älteren Bevölkerungsgruppen unter erheblichem Anpassungsdruck.

### Individualisierung

Paradigmenwechsel zu einer Do-It-Yourself (DIY)-Kultur und Mikromärkten

### Sicherheit

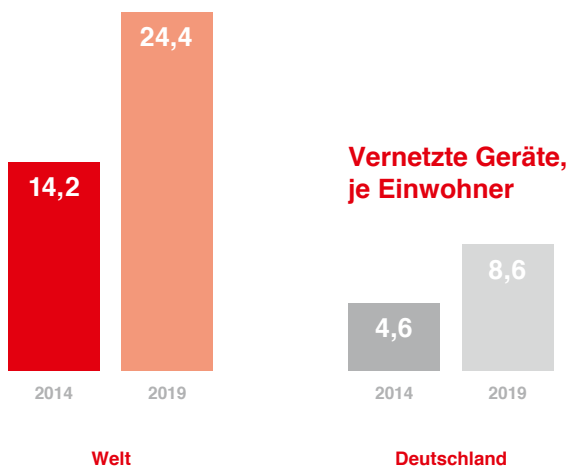
Die Gigabit-Gesellschaft ist auf neue Sicherheitslösungen angewiesen.

## Vernetzung

Ein wesentlicher Trend, der die zukünftige Gesellschaft und Wirtschaft prägt, ist die immer stärker werdende digitale Vernetzung. Ob Menschen, Maschinen, Prozesse oder Daten – alles wird zunehmend miteinander vernetzt und kommuniziert über das Internet, weltweit und in Echtzeit. Kern dieser intelligenten Vernetzung – dem Internet of Things oder Everything (Internet der Dinge) – sind in der Regel sehr kleine Sensoren, Prozessoren und Aktuatoren, die miteinander kommunizieren, Aktionen auslösen und diese steuern. Dadurch entstehen intelligente Umgebungen, die neue Dienste und Anwendungen ermöglichen. So informieren sich beispielsweise Autos gegenseitig über Staus oder Unfälle, medizinische Implantate überwachen Gesundheitsdaten und warnen rechtzeitig bei einer Verschlechterung des Zustands, der Kühlschrank bestellt Lebensmittel, wenn er leer ist. Dies sind nur einige von vielfältigen Anwendungsfeldern, die sich durch die Vernetzung und die Verfügbarkeit digitaler Informationen eröffnen.

## Deutliches Wachstum von vernetzten Geräten

### Vernetzte Geräte, in Milliarden



Quelle: Cisco Systems, 2015, Visual Networking Index

2014 waren laut Schätzung des US-Telekommunikationsunternehmens Cisco weltweit bereits mehr als 14,2 Milliarden Geräte über das Internet vernetzt. Die Zahl der vernetzten Objekte soll bis zum Jahr 2019 auf 24,4 Milliarden steigen. Auf jeden Menschen kämen dann rechnerisch etwa drei vernetzte Objekte. In Deutschland liegt der Wert deutlich über dem weltweiten Durchschnitt.<sup>1</sup>

Andere Schätzungen kommen zu ähnlichen Ergebnissen. So geht die Unternehmensberatung Gartner von etwa 21 Milliarden vernetzten Objekten bis 2020 aus. Im Unternehmensbereich soll die Zahl der vernetzten Geräte von rund 1,8 Milliarden im Jahr 2015 auf rund 7,3 Milliarden bis zum Jahr 2020 ansteigen.<sup>2</sup> Marktforschern von BI Intelligence zufolge wird sich die Zahl aller im Internet der Dinge vernetzten Geräte von 2015 bis 2020 verfünffachen und bis zum Jahr 2020 auf 24 Milliarden wachsen. Zählt man Smartphones, Tablets, Smartwatches und andere Gadgets dazu, sollen 34 Milliarden Geräte am World Wide Web hängen und miteinander kommunizieren.<sup>3</sup> Das Fundament bilden leistungsfähige Netze.

Parallel zu dem erhöhten Vernetzungsgrad wird sich der Verkehr in den Netzen erhöhen. Maßgeblichen Einfluss auf die Erhöhung der Datenmenge hat das Internet der Dinge. So sollen im Jahr 2020 10 Prozent aller Daten von eingebetteten Systemen generiert werden.<sup>4</sup>

Ob 21, 24 oder 34 Milliarden vernetzte Geräte – die Prognosen machen deutlich, dass die Vernetzung weiter zunehmen und einen erheblichen Mehrwert schaffen wird. Das Beratungsunternehmen McKinsey berechnet, dass die intelligente Vernetzung von Objekten via Internet weltweit in den kommenden zehn Jahren einen wirtschaftlichen Mehrwert von bis zu 11 Billionen US-Dollar schaffen kann, was dann rund 11 Prozent der globalen Wirtschaftsleistung entspräche.<sup>5</sup> Der potenziell größte wirtschaftliche Mehrwert wird in Fabriken, Städten und im Gesundheitswesen gesehen. Entsprechend investieren Unternehmen in das vielversprechende Geschäftsfeld. IDC-Marktforscher schätzen, dass die weltweiten Ausgaben für das

<sup>1</sup> Cisco Systems, 2015, Visual Networking Index [Stand: 2016-05-09]

<sup>2</sup> Gartner, 2015, Press Release, 10. November 2015, <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317> [Stand: 2016-05-09]

<sup>3</sup> BI Intelligence, 2015, The Internet of Things Report

<sup>4</sup> IDC, 2014, The Digital Universe of Opportunities, White Paper

<sup>5</sup> McKinsey Global Institute, 2015, The internet of things, Mapping the value beyond the hype

Internet der Dinge von 2015 bis 2019 auf fast 1,3 Billionen US-Dollar und damit jährlich um durchschnittlich 17 Prozent wachsen werden.<sup>6</sup>

## Mobilität

Aus dem Megatrend Vernetzung und der damit verbundenen Echtzeitkommunikation leitet sich ein weiterer Megatrend des digitalen Zeitalters ab – die Mobilität. Getrieben wird dieser Trend durch die stetig zunehmende Verbreitung des mobilen Internets. Diese hat zu einer „Always-on“-Mentalität bzw. einer 24/7-Gesellschaft geführt, also dem ununterbrochenen Zugriff auf das Internet von überall. In Zahlen ausgedrückt: Laut der aktuellsten Cisco-Prognose wird es im Jahr 2020 5,5 Milliarden Mobilgerätenutzer weltweit geben.<sup>7</sup> Demnach werden mehr Menschen Zugriff auf ein Smartphone, Tablet oder vernetztes Wearable haben als im Schnitt auf Elektrizität (5,3 Milliarden), fließendes Wasser (3,5 Milliarden)

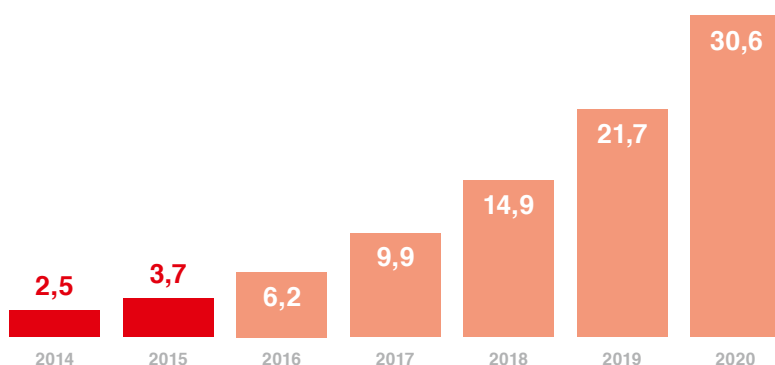
oder ein Auto (2,8 Milliarden). In der Folge steigt der mobile Datenverkehr von 2015 bis 2020 weltweit auf das Achtfache, von monatlich 3,7 Exabyte auf 30,6 Exabyte. In Deutschland erhöht sich der mobile Datenverkehr auf das Siebenfache und erreicht im Jahr 2020 monatlich 345,2 Petabyte. 2015 lag der Wert noch bei 52,8 Petabyte. Zur Einordnung: Ein Petabyte ist eine Eins mit 15 Nullen. Damit würde der Anteil der mobilen Daten am Gesamtverkehr von 3 auf 9 Prozent steigen. Dabei wird jedes Mobilgerät in Deutschland monatlich rund 2,5 Gigabyte übertragen. Gegenüber 2015 (468 Megabyte) entspricht dies einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 39 Prozent.

Neben diesem mobilen Lifestyle ist die Multimodalität – die Kombination verschiedener Fortbewegungsmittel – ein weiterer Bestandteil des Megatrends Mobilität. Denn angesichts einer zunehmenden Urbanisierung rückt in Zukunft die optimierte Nutzung bestehender Verkehrsmittel in Städten, Metropolregionen, Ballungsräumen und vor allem in Megacities in den Fokus. Prognosen der Vereinten Nationen zufolge soll die städtische Bevölkerung deutlich wachsen und sich von heute knapp 4 Milliarden auf 6,3 Milliarden Menschen im Jahr 2050 erhöhen. In Deutschland soll sich der Anteil der Bevölkerung in urba-

<sup>6</sup> IDC, 2015, Press Release, 10. Dezember 2015, URL: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS40782915> [Stand: 2016-05-09]

<sup>7</sup> Cisco Systems, 2016, Visual Networking Index, Mobile Forecast [Stand: 2016-05-09]

## Der weltweite mobile Datenverkehr soll sich von 2015 bis 2020 verachtfachen



**Datenvolumen des Internet-Traffics über mobile Endgeräte in den Jahren 2014 und 2015 sowie eine Prognose bis 2020 (in Exabyte pro Monat)**

Quelle: Cisco Systems, 2016, Visual Networking Index

nen Räumen ebenfalls erhöhen; hier sollen im Jahr 2050 83 Prozent der Bevölkerung wohnen. Aktuell sind drei Viertel aller Deutschen in urbanen Räumen wohnhaft.<sup>8</sup>

Der Integration von Informations- und Kommunikationssystemen in die verschiedenen technischen Systeme und Infrastrukturen einer Stadt kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Doch diese Bevölkerungsprognosen erfordern nicht nur eine Neugestaltung von Mobilitätsangeboten und die Weiterentwicklung von zukunftsweisenden Verkehrskonzepten, sondern ganzheitliche innovative Entwicklungskonzepte, die Städte effizienter, ökologisch nachhaltiger und technologisch fortschrittlicher machen.

### Alterung

Eine der weltweit größten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen der kommenden Jahre ist der Trend zur Alterung. Die Weltbevölkerung wird in den nächsten Jahrzehnten stark altern. Die Zahl der über 60-Jährigen wird sich bis 2050 mehr als verdoppeln und von weltweit 901 Millionen auf 2,1 Milliarden Menschen

steigen. Bis 2100 ist mit mehr als einer Verdreifachung der Anzahl der über 60-Jährigen auf 3,2 Milliarden Menschen zu rechnen.

Auch in Deutschland wird die Bevölkerung altern, was im Umkehrschluss dazu führt, dass die Zahl der Menschen im erwerbsfähigen Alter abnimmt. Dies spiegelt sich auch im wachsenden Anteil der über 60-Jährigen an der Gesamtbevölkerung wider.<sup>9</sup>

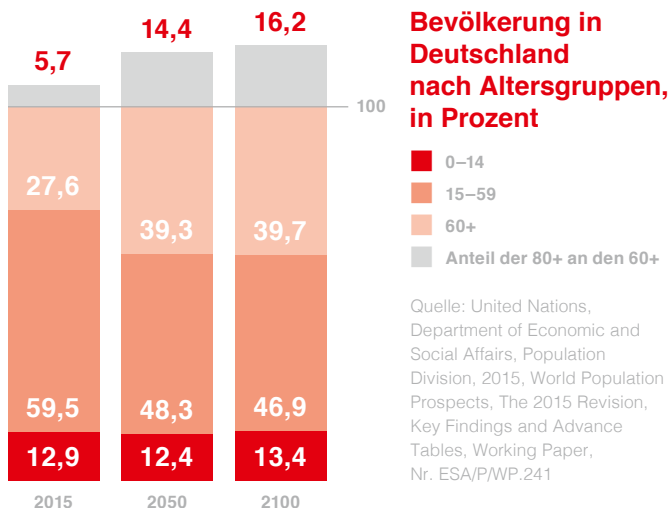
Die Alterung der Bevölkerung erhöht den Druck auf die sozialen Sicherungssysteme. Zudem ist mit überproportional ansteigenden Gesundheitskosten und Ausgaben für die Kranken- und Pflegeversicherung zu rechnen, da das Krankheits- und Pflegefallrisiko mit erhöhtem Alter zunimmt. Darüber hinaus werden auch andere Bereiche, wie der Städtebau, der Wohnungsbau, der Verkehr, der Tourismus und die Gesundheitsbranche von der Alterung in hohem Maß betroffen sein und neue Märkte eröffnen. So wurden bereits in einigen europäischen Ländern wie Frankreich, dem Vereinigten Königreich oder Deutschland sowie in Singapur und Hongkong und den nordamerikanischen Staaten Programme für „aktives Altern“ ins Leben gerufen.

Im Gigabit-Zeitalter finden sich vielversprechende Möglichkeiten und Chancen, um den von der Alterung ausgelösten Herausforderungen zu begegnen. Dabei spielt der Einsatz digitaler Technologien im Rahmen der Gesundheitsversorgung und der medizinischen Selbstkontrolle eine immer größere Rolle. Vor allem in den Schwellen- und Entwicklungsländern können Schwachstellen in der Gesundheitsversorgung durch mobile Lösungen beseitigt werden. Mithilfe des Internets ist es beispielsweise möglich, räumliche und zeitliche Trennungen zu überwinden. Außerdem unterstützen Pflegeroboter oder altersgerechte Assistenzsysteme (Ambient Assisted Living) das alltägliche Leben älterer und benachteiligter Menschen.

<sup>8</sup> United Nations, 2014, World Urbanization Prospects, The 2014 Revision

<sup>9</sup> United Nations, 2015, World Population Prospects, The 2015 Revision

## Der Anteil älterer Menschen steigt





# „3D-Druck

**wird Auswirkungen auf die derzeitigen Produktionsstrukturen haben. Die Fertigung wird sich näher zum Verbraucher verlagern und zunehmend dezentral erfolgen. Das wird auch die Lager- und Logistikkosten reduzieren und den Gütertransport verändern. Das disruptive Potenzial ist hoch.“**

JOACHIM HACKMANN, PAC MÜNCHEN

## Individualisierung

Die Bedeutung der individualisierten Gesellschaft, also des Strebens der Menschen nach Autonomie und Selbstbestimmung, hat sich im Zeitverlauf immer stärker ausgeprägt. Die Individualisierung beeinflusst beinahe jeden Lebensbereich. Menschen entscheiden, welche Farbe ihre Turnschuhe haben sollen oder wie ihr Auto ausgestattet sein soll. Neben der Produktion von Konsumgütern ist auch ein geändertes Mediennutzungsverhalten erkennbar. So entscheidet die Gesellschaft selbst beim Fernsehen, wann und auf welchem Gerät geschaut wird.

Diese Entwicklungen werden viele Märkte massiv verändern. So lässt sich vor allem im Bereich der Medien eine zunehmende Verlagerung der Produktion in Richtung Individuen beobachten (Stichwort E-Books). Auch das Konsumverhalten der Menschen ändert sich hin zu einer Sharing Economy und lässt neue Geschäftsmodelle entstehen. Carsharing-Anbieter oder Streaming-Dienste wie Spotify zeigen, dass die Idee des gemeinschaftlichen Konsums aktuell weite Kreise zieht und traditionellen Geschäftsmodellen Konkurrenz macht. Dem Bundesverband der Verbraucherzentralen zufolge flossen 2014 weltweit Investitionen in Höhe von 6 Milliarden US-Dollar in Start-ups der Sharing Economy, 2010 wurden erst 300 Millionen US-Dollar investiert.<sup>10</sup>

Auch in der industriellen Fertigung ist der Trend zur Individualisierung angekommen und führt zu einer zunehmenden Ausdifferenzierung der Märkte. Dabei werden Kunden zunehmend über das Internet in Herstellungs- oder spätere Veredelungsprozesse der Produkte eingebunden. Diese maßgeschneiderte Produktion wird durch additive Fertigungsverfahren, also die Produktion mittels 3D-Drucker, ermöglicht, die in den kommenden Jahrzehnten die gesamte industrielle Produktion radikal verändern werden.

## Sicherheit

Eine große Herausforderung in einer zunehmend digitalen Welt sowie beim Umgang mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Daten ist die Sicherheit. Dies betrifft sowohl Privatpersonen als auch Unternehmen oder die Verwaltung, die allesamt Sicherheitsaspekte bei der Vernetzung und verschiedenen datenbasierten Dienstleistungen berücksichtigen müssen. Zudem sind eindeutige Regelungen über Nutzungs- und Verwertungsrechte an (personenbezogenen) Daten nötig, was das derzeitige deutsche Datenrecht vor enorme Herausforderungen stellt. Die Gewährleistung der Cyber-Sicherheit ist somit ein gemeinsames Ziel von Staat, Wirtschaft und Gesellschaft und von besonders hoher Bedeutung für das Gigabit-Zeitalter.

<sup>10</sup> Deloitte, 2015, Sharing Economy, Teile und verdiene

## Technologien der Gigabit-Gesellschaft

In zahlreichen Expertengesprächen sowie auf Basis einer weitreichenden Literaturlauswertung wurden Technologien identifiziert, die für die Gigabit-Gesellschaft wichtig sind. Aus der Vielzahl der relevanten Technologien wurden anhand von Experteneinschätzungen mit 3D-Druck, bildgebenden Verfahren, Block Chain, Cloud Computing, cyberphysikalischen Produktionssystemen, digitaler

Signatur, Holografie, Mensch-Maschinen-Schnittstelle, Kartendienste, QR-Codes, Radio Frequency Identification (RFID)/Near Field Communication (NFC), Robotik, Selective Content Distribution, Vernetzte Sensoren, Virtual Reality (VR)/Augmented Reality (AR), Datenkomprimierung und Verschlüsselung insgesamt 17 zukunftssträchtige Schlüsseltechnologien („Enabler Technologies“) identifiziert. Diese Schlüsseltechnologien sind zentrale Treiber der Gigabit-Gesellschaft. Sie sind in der Regel gleich für mehrere Gigabit-Märkte wichtig und in der nachfolgenden Tabelle farblich hervorgehoben.

|                      | Computerleistung und Speicherkapazität |                   |                 |                        |                           |                        |                                | Display-Innovationen |              |                    |                 |                   | Interfaces |                       |                                                             |                 | Künstliche Intelligenz | Automatisierung |                                           |                                           | Sensorik    |         |                                       | Photonik |            | Mikrover-fahrtens-technik | Software                                |             |           |             |             |                                |             |                       |                   |                 |               |
|----------------------|----------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|---------|---------------------------------------|----------|------------|---------------------------|-----------------------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------|
|                      | Bio-Computer (DNA-Computing)           | Optische Computer | Quantencomputer | Holografische Speicher | Nanospeicher u. -sensoren | Grid / Cloud Computing | Selective Content Distribution | Peer-to-Peer         | Nanodisplays | Druckbare Displays | Virtual Reality | Augmented Reality | Holografie | Blidgebende Verfahren | CUI (Conversational UI) / NLP (Natural Language Processing) | Gestensteuerung | Gedankensteuerung      | Chip-Implantate | Digitale Assistenten / M2M-Schnittstellen | Neuronale Netze / Selbst lernende Systeme | Fuzzy Logic | Robotik | Cyberphysikalische Produktionssysteme | 3D-Druck | RFID / NFC | QR-Codes                  | Nanotechnologische / Vernetzte Sensoren | Biosensorik | Nanolaser | Diodenlaser | Microplants | Selbst organisierende Moleküle | Block Chain | Kompressionsverfahren | Digitale Signatur | Verschlüsselung | Kartendienste |
| Smart Consuming      |                                        |                   |                 |                        |                           |                        |                                |                      |              |                    |                 |                   |            |                       |                                                             |                 |                        |                 |                                           |                                           |             |         |                                       |          |            |                           |                                         |             |           |             |             |                                |             |                       |                   |                 |               |
| Smart Mobility       |                                        |                   |                 |                        |                           |                        |                                |                      |              |                    |                 |                   |            |                       |                                                             |                 |                        |                 |                                           |                                           |             |         |                                       |          |            |                           |                                         |             |           |             |             |                                |             |                       |                   |                 |               |
| Smart Energy         |                                        |                   |                 |                        |                           |                        |                                |                      |              |                    |                 |                   |            |                       |                                                             |                 |                        |                 |                                           |                                           |             |         |                                       |          |            |                           |                                         |             |           |             |             |                                |             |                       |                   |                 |               |
| Smart Health         |                                        |                   |                 |                        |                           |                        |                                |                      |              |                    |                 |                   |            |                       |                                                             |                 |                        |                 |                                           |                                           |             |         |                                       |          |            |                           |                                         |             |           |             |             |                                |             |                       |                   |                 |               |
| Smart Industry       |                                        |                   |                 |                        |                           |                        |                                |                      |              |                    |                 |                   |            |                       |                                                             |                 |                        |                 |                                           |                                           |             |         |                                       |          |            |                           |                                         |             |           |             |             |                                |             |                       |                   |                 |               |
| Smart Administration |                                        |                   |                 |                        |                           |                        |                                |                      |              |                    |                 |                   |            |                       |                                                             |                 |                        |                 |                                           |                                           |             |         |                                       |          |            |                           |                                         |             |           |             |             |                                |             |                       |                   |                 |               |

Darstellung: IW Consult

Legende: hellrote Färbung = nach Expertenmeinung wichtige Technologie, dunkelrote Färbung = nach Expertenmeinung sehr wichtige Technologie.

## Marktpotenziale der Schlüsseltechnologien

Zu den identifizierten Schlüsseltechnologien finden sich in der Literatur zahlreiche Schätzungen der Marktpotenziale. Sie erreichen bemerkenswerte Dimensionen, wie die nachfolgende Auswahl zeigt.

| Schlüsseltechnologie                                                     | Geschätztes weltweites Marktpotenzial                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3D-Druck                                                                 | 20,2 Mrd. US-Dollar (in 2019) <sup>11</sup> – 30,19 Mrd. US-Dollar (in 2022) <sup>12</sup>                                                                               |
| Sensorik                                                                 | Gegenwärtig 97 Mrd. US-Dollar <sup>13</sup>                                                                                                                              |
| Robotik                                                                  | 67 Mrd. US-Dollar (in 2025) <sup>14</sup>                                                                                                                                |
| Virtual Reality/Augmented Reality                                        | 110 Mrd. US-Dollar (in 2025) <sup>15</sup>                                                                                                                               |
| Radio Frequency Identification (RFID)/<br>Near Field Communication (NFC) | 21,9 Mrd. US-Dollar (in 2020) für RFID-Tags <sup>16</sup><br>Marktvolumen von Mobile Payment über NFC-Technologie 191 Mrd. US-Dollar (in 2017) <sup>17</sup>             |
| Cloud Computing                                                          | 204 Mrd. US-Dollar (in 2016) <sup>18</sup>                                                                                                                               |
| Bildgebende Verfahren                                                    | 18 Mrd. US-Dollar (in 2021) <sup>19</sup>                                                                                                                                |
| Digitale Signatur                                                        | 2,02 Mrd. US-Dollar (in 2020) <sup>20</sup>                                                                                                                              |
| Holografie                                                               | 5,5 Mrd. US-Dollar (in 2020) <sup>21</sup>                                                                                                                               |
| Mensch-Maschinen-Schnittstelle                                           | 6,31 Mrd. US-Dollar <sup>22</sup> – 7,1 Mrd. US-Dollar (in 2022) <sup>23</sup>                                                                                           |
| Kartendienste                                                            | 0,209 Mrd. Euro (in 2018) <sup>24</sup>                                                                                                                                  |
| Selective Content Distribution                                           | 12,16 Mrd. US-Dollar (in 2019) <sup>25</sup>                                                                                                                             |
| Verschlüsselung                                                          | 2,16 Mrd. US-Dollar (in 2020) <sup>26</sup><br>Für E-Mail: 4,21 Mrd. US-Dollar (in 2020) <sup>27</sup><br>Für Datenbanken: 0,9683 Mrd. US-Dollar (in 2020) <sup>28</sup> |
| Block Chain                                                              | Einsparpotenzial in Höhe von 15–20 Mrd. US-Dollar (in 2022) <sup>29</sup><br>Bis zu 100 Mrd. US-Dollar im Finanzsektor jährlich <sup>30</sup>                            |

<sup>11</sup> <http://www.horizont.net/medien/nachrichten/Marktentwicklung-Deutsche-Druckindustrie-haengt-am-Tropf-der-Werber-136883> [Stand: 2016-05-20]

<sup>12</sup> <http://www.3d-grenzenlos.de/magazin/marktforschung/3d-druck-markt-waechst-30-prozent-jaehrlich-27171713.html> [Stand: 2016-05-20]

<sup>13</sup> <http://www.elektroniknet.de/messen-testen/sensorik/artikel/126596/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>14</sup> [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/business\\_unit\\_strategy\\_innovation\\_rise\\_of\\_robotics/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/business_unit_strategy_innovation_rise_of_robotics/) [Stand: 2016-05-20]

<sup>15</sup> <http://www.mobilegeeks.de/news/virtual-reality-markt-volumen-analyse/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>16</sup> <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/295354/umfrage/umsatzprognose-auf-dem-weltmarkt-fuer-rfid-tags/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>17</sup> <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/244800/umfrage/prognose-zum-mobile-payment-umsatz-weltweit/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>18</sup> <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/195760/umfrage/umsatz-mit-cloud-computing-weltweit-seit-2009/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>19</sup> <https://globenewswire.com/news-release/2016/02/16/810834/0/en/3D-Imaging-Market-to-Reach-US-17-99-bn-by-2021-Driven-by-High-Demand-for-3D-Cameras-Transparency-Market-Research.html> [Stand: 2016-05-20]

<sup>20</sup> [http://www.adlittle.de/uploads/tx\\_extthoughtleadership/20150608\\_ADL\\_DigitalSignatures\\_german.pdf](http://www.adlittle.de/uploads/tx_extthoughtleadership/20150608_ADL_DigitalSignatures_german.pdf) [Stand: 2016-05-20]

<sup>21</sup> <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-holography-market-136623896.html> [Stand: 2016-05-20]

<sup>22</sup> <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-human-machine-interface-market> [Stand: 2016-05-20]

<sup>23</sup> <http://www.mobilecomputingtoday.co.uk/3106/human-machine-interface-hmi-market-reach-7-10-2022-credence-research/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>24</sup> [https://www.blm.de/files/pdf/1140512\\_Location-based\\_Services\\_Monitor\\_2014.pdf](https://www.blm.de/files/pdf/1140512_Location-based_Services_Monitor_2014.pdf) [Stand: 2016-05-20]

<sup>25</sup> <http://www.globaldots.com/content-delivery-network-explained/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>26</sup> <https://www.alliedmarketresearch.com/encryption-software-market> [Stand: 2016-05-20]

<sup>27</sup> <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/email-encryption-market-182623205.html> [Stand: 2016-05-20]

<sup>28</sup> <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/database-encryption.asp> [Stand: 2016-05-20]

<sup>29</sup> <http://dupress.com/articles/trends-blockchain-bitcoin-security-transparency/> [Stand: 2016-05-20]

<sup>30</sup> <http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2016/feb/BlockChain-In-Capital-Markets.pdf> [Stand: 2016-05-20]

## Patentanalyse

Die Schlüsseltechnologien der Gigabit-Gesellschaft können ihr ganzes Marktpotenzial nur dann entfalten, wenn sie in vernetzte Strukturen eingebettet sind und auf leistungsfähigen Breitbandnetzen aufsetzen können. Ist eine entsprechende Breitbandinfrastruktur nicht vorhanden, können diese Technologien nicht oder nur rudimentär eingesetzt werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass viele Anwendungen in den Gigabit-Märkten nicht oder allenfalls rudimentär laufen, Gigabit-Marktpotenziale nicht gehoben werden können und umsetzbare Gigabit-Visionen im Stadium der Fantasie steckenbleiben.

Mit dem Wissen um die integrierte Vernetzung der Schlüsseltechnologien untereinander einerseits sowie mit den Gigabit-Anwendungen andererseits, kann ihre Bedeutung für den Weg in die Gigabit-Gesellschaft nachgewiesen werden. Mithilfe der Patentanalyse wurden die 17 Schlüsseltechnologien über eine hohe Patentdynamik verifiziert, weiter geschärft und vor allem auch auf eine objektiv belastbare Datengrundlage gestellt.

Patente stehen am Ende eines oft langwierigen Innovations- und Forschungsprozesses. Patentanmeldungen stellen eine wichtige Messgröße zur Bestimmung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten eines Landes oder einer Branche dar. Mithilfe der Häufigkeit von Patentanmeldungen in ausgewählten Technologiefeldern kann abgelesen werden, ob in diesen Feldern eine hohe Innovationsdynamik vorliegt oder nicht. Auch Zukunftstechnologiefelder von bandbreitenintensiven Anwendungen können durch eine erhöhte Dynamik bei den Patentanmeldungen identifiziert werden.

Neben der Verknüpfung der Technologien untereinander konnte anhand der Patentdaten herausgearbeitet werden, auf welche Gigabit-Märkte die jeweiligen Technologien wirken.

Die Patentanalyse basiert auf einer globalen Datenabdeckung: In den genannten Schlüsseltechnologien wurden zwischen 1.1.2006 und 31.12.2015 an über 95 Patentämtern weltweit insgesamt 470.000 Patentfamilien von 224.000 Erfindern veröffentlicht; damit erhöhte sich die weltweite Patentaktivität in den letzten zehn Jahren um 54 Prozent von 75.000 veröffentlichten Patentfamilien 2006/2007 auf über 115.000 (2014/2015). Im gleichen Zeitraum erhöhte sich die weltweite Patentdynamik über alle Technologiebereiche um lediglich 11 Prozent.

# 17 Gigabit-Schlüsseltechnologien

wachsen dynamisch:

► zwischen 2006 und 2015  
weltweit 470.000 veröffentlichte  
Patentfamilien

► Wachstum von 54 Prozent seit 2006

Deutschland ist bei den Schlüsseltechnologien sehr früh patentaktiv gewesen und erreichte dort im Vergleich zum Rest der Welt eine hohe Technologiereife. Dies zeigt die Dynamik der Patentveröffentlichungen in den Jahren von 1996 bis 2015: Erfinder aus Deutschland haben diese Themen besonders früh erkannt und aufgegriffen. Dies ergibt sich auch aus dem Patentanteil Deutschlands in den Gigabit-Schlüsseltechnologien, also dem Verhältnis der Patentfamilien aus Deutschland zu jenen weltweit: Mit einem Patentanteil von 4,5 Prozent war Deutschland bereits Mitte der 1990er Jahre Technologiepionier und konnte diesen Anteil bis zur Jahrtausendwende auf 5 Prozent ausbauen und über die folgende Dekade auch halten. Gewichtet man die Patentfamilien nach deren geografischen Schutzzumfang<sup>31</sup>, so lag dieser Anteil in diesem Zeitraum sogar zwischen 6 und 8 Prozent.

In fast allen Schlüsseltechnologien ist Deutschland bei der Anzahl der Patentfamilien unter den Top 5.

Aufgrund der weltweiten Resonanz der Themen und eines daraus resultierenden starken Wachstums des internationalen Patentoutputs reduzierte sich allerdings in der Folgezeit der Patentanteil Deutschlands auf nunmehr 2,9 Prozent bzw. 4,8 Prozent (gewichtet nach

<sup>31</sup> Summe der BIP-Anteile (bezogen auf das Welt-BIP) der Länder, in denen die Patentfamilie angemeldet wurde

## 17 Schlüsseltechnologien – wer hat wo die Nase vorn?

| Rang nach Anzahl Patentfamilien (Summe 10-Jahres-Zeitraum, regionale Zuordnung über Erfinderort) |            |          |         |             |              |                |               |      |          |          |             |          |                   |     |                    |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|---------|-------------|--------------|----------------|---------------|------|----------|----------|-------------|----------|-------------------|-----|--------------------|-----------------|
| VR                                                                                               | Holografie | 3D-Druck | Robotik | Cloud Comp. | Digit. Sign. | Bildgeb. Verf. | Kartendienste | CPPS | Sensoren | RFID/NFC | Block Chain | QR-Codes | Selective Content | MMS | Datenkomprimierung | Verschlüsselung |
| US                                                                                               | JP         | US       | KR      | US          | US           | US             | US            | CN   | US       | KR       | US          | US       | US                | US  | US                 | US              |
| KR                                                                                               | US         | DE       | JP      | KR          | KR           | JP             | JP            | US   | KR       | US       | JP          | JP       | KR                | KR  | KR                 | JP              |
| JP                                                                                               | KR         | JP       | US      | JP          | CN           | DE             | KR            | DE   | JP       | JP       | KR          | TW       | JP                | JP  | JP                 | CN              |
| CN                                                                                               | DE         | KR       | DE      | CA          | JP           | KR             | DE            | JP   | CN       | CN       | CN          | CN       | CN                | TW  | CN                 | KR              |
| DE                                                                                               | FR         | FR       | CN      | IN          | DE           | CN             | CN            | KR   | DE       | TW       | FR          | DE       | TW                | CA  | DE                 | DE              |

Darstellung: IW Consult

Schutzumfang) für den Zeitraum 2014/2015. Dies deutet darauf hin, dass die deutsche Industrie über einen hohen Reifegrad in den Schlüsseltechnologien verfügt und eine Pionierrolle einnimmt. Das Abflachen der deutschen Patentaktivität ist insoweit charakteristisch für Reifephase im Technologielebenszyklus.

Ein differenzierter Blick auf alle 17 Schlüsseltechnologien offenbart große Unterschiede bei der globalen Dynamik. Besonders hohe Wachstumsraten bei der Zahl der weltweit veröffentlichten Patentfamilien finden sich in den Themen 3D-Druck, Mensch-Maschinen-Schnitt-

stelle, cyberphysikalische Produktionssysteme, Robotik, vernetzte Sensoren, Virtual Reality/Augmented Reality sowie Selective Content Distribution. Andere Bereiche wie Cloud Computing, digitale Signatur, Holografie und Datenkomprimierung sind technologisch bereits sehr ausgereift und weisen infolgedessen eine rückläufige Patentaktivität auf.

Ob ein Land in einem Technologiefeld stark ist oder nicht, kann in der Patentanalyse anhand der Überschuss-Dynamik abgelesen werden. Sie ergibt sich als Differenz der Wachstumsrate von Patentveröffentlichungen aus einem Land und der weltweiten Wachstumsrate. Eine positive Überschuss-Dynamik zeigt einen wachsenden Patentanteil im Zeitverlauf an.

Deutschland hat im 3D-Druck, den bildgebenden Verfahren, der Holografie und der Robotik aufgrund des jeweils besonders hohen Patentanteils – dargestellt durch die Position der Kreise rechts in der folgenden Abbildung – ausgeprägte Stärken. Allerdings hat Deutschland bei vielen Themen eine negative Überschuss-Dynamik; die weltweite Patentveröffentlichungsfrequenz wächst also schneller als jene von Erfindern in Deutschland. Entsprechend reduziert sich der Patentanteil aus Deutschland bei Themen mit negativer Überschuss-Dynamik.

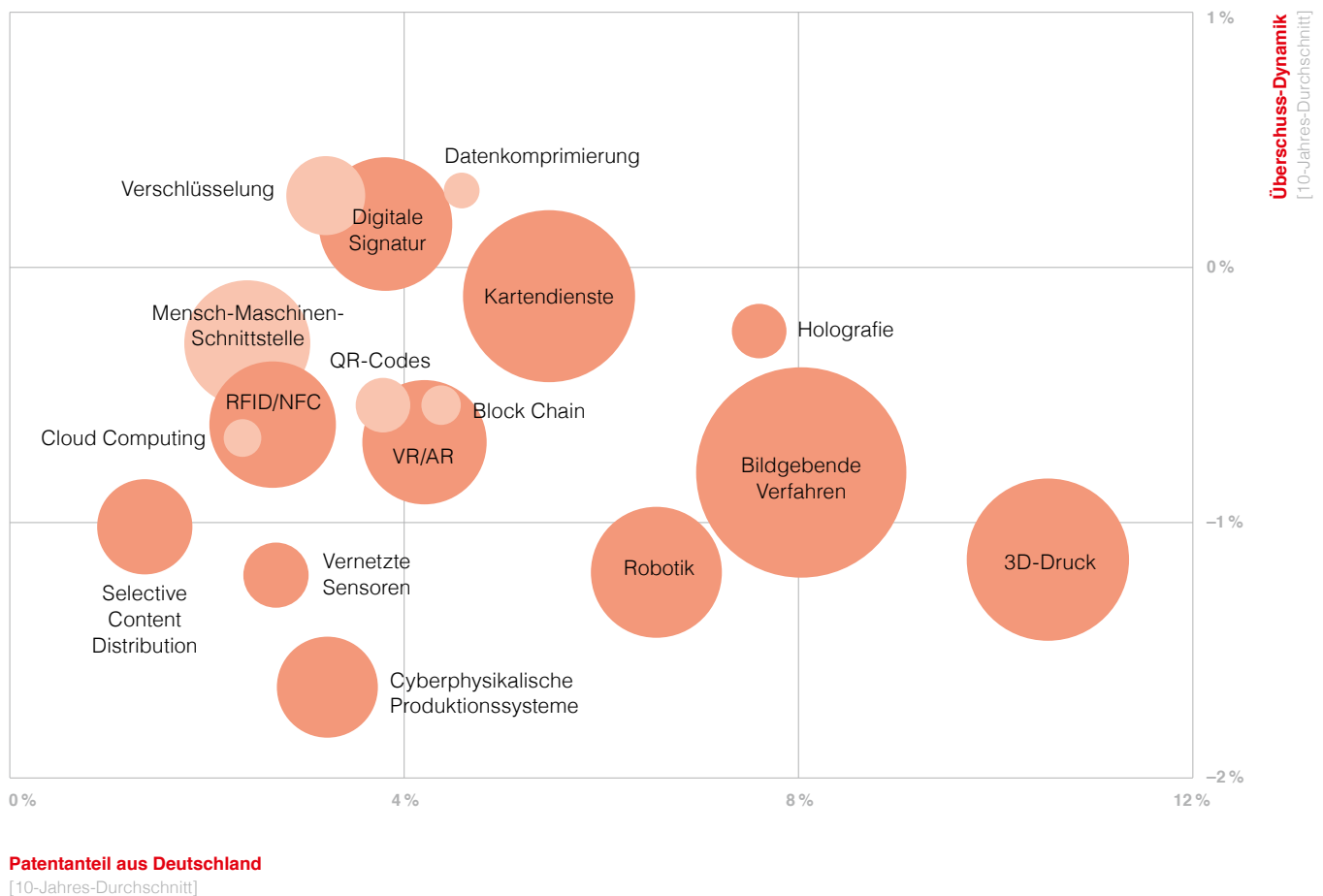
Gigabit-Schlüsseltechnologien mit steigender Überschuss-Dynamik sind in Deutschland die Themen digitale Signatur, Verschlüsselung und Datenkomprimierung.

## Deutschland

ist in den Gigabit-Schlüsseltechnologien unter den Pionieren und erreichte hier schon früh eine hohe Technologiereife

► zwischen 1996 und 2015 in Deutschland 28.600 veröffentlichte Patentfamilien

► Wachstum von 187 Prozent seit 1996



Cyberphysikalische Produktionssysteme, vernetzte Sensoren, Selective Content Distribution, Robotik und 3D-Druck verlieren in Deutschland besonders stark an relativer Dynamik. In diesen Technologien wurden in Deutschland bereits sehr früh Patente angemeldet, was zu einer hierzulande hohen Technologiereife führte; allerdings ziehen nunmehr andere Länder durch eine Vielzahl von Patentanmeldungen in diesen Technologien nach, sodass in Deutschland aufgrund der immer noch bestehenden hohen Technologiereife der relative Anteil an den Patenten sinkt.

Patente besitzen einen interdisziplinären Charakter. Deshalb kann über Patente eine Vielzahl von thematischen Verflechtungen zwischen Gigabit-Schlüsseltechnologien und konkreten Anwendungsfeldern identifiziert werden. Dazu wurden die 470.000 Patentfamilien zu den Gigabit-Schlüsseltechnologien auf Basis von Ko-Patent-

klassen auf ihre am häufigsten verknüpften Anwendungsfelder hin untersucht. Einbezogen in die Analyse wurden nur jene Patentfamilien, die sowohl beim Suchprofil der Schlüsseltechnologien als auch bei den Suchprofilen der Anwendungsfelder als Treffer bzw. Suchergebnis ausgewiesen wurden.

Das Spektrum der Gigabit-Anwendungsfelder, die mit Schlüsseltechnologien vernetzt sind, reicht von digitalen Lebenswelten (Smart Consuming) über Mobilität-Transport-Logistik (Smart Mobility), eHealth (Smart Health), Energie und Energieerzeugung (Smart Energy), Industrie 4.0 (Smart Industry), digitaler Staat und Verwaltung (Smart Administration), Forschung und Bildung (Smart Education), digitale Landwirtschaft (Smart Farming) bis hin zur Rüstungsindustrie (Smart Defence).

- ▶ **Smart Consuming:** Hier findet sich ein sehr breites Spektrum konkreter Gigabit-Anwendungen wie Alarmsysteme, Anwesenheitskontrolle, Domestic Robotic, eCommerce, eWallet, ePayment, Gaming, Medienutzung (z. B. Video on Demand), Musikinstrumente (Elektrophonie), Spracherkennung, Sprachsynthese, Rundfunkübertragung, selbst kassierende Geräte, Smart Displays, Smart Home, eTourismus und Wearables (Self-Tracking). Diese Anwendungen der digitalen Lebenswelt sind besonders mit den Schlüsseltechnologien Selective Content Distribution, Cloud Computing und Virtual Reality/Augmented Reality verbunden.
- ▶ **Smart Mobility:** Mit diesem Bereich sind besonders häufig die Schlüsseltechnologien Kartendienste, RFID/NFC, cyberphysikalische Produktionssysteme, digitale Signatur und Virtual Reality verknüpft. Die konkreten Anwendungen sind autonomes Fahren, Drohnen, Smart Packaging, Ticketing/Tolls, Verkehrsüberwachung und energieeffiziente Mobilität.
- ▶ **Smart Energy:** Dezentrale Energieversorgung, Smart Metering, Smart Grid und erneuerbare Energiequellen stehen in diesem Anwendungsfeld in enger Vernetzung mit den Schlüsseltechnologien RFID/NFC, vernetzte Sensoren, Kartendienste, Cloud Computing und cyberphysikalische Verfahren.
- ▶ **Smart Health:** Die Anwendungsfelder individuelle Therapieformen, Telemedizin und Nanobiotechnologie setzen mit der Technologie bildgebende Verfahren an einem besonders ausgeprägten deutschen Stärkefeld an; aber auch Robotik, Virtual Reality und die Mensch-Maschinen-Schnittstelle sind stark mit den Gigabit-Anwendungsfeldern aus dem Bereich eHealth verknüpft.
- ▶ **Smart Industry:** Die hier verorteten Gigabit-Anwendungsfelder bauen auf cyberphysikalischen Produktionssystemen, Robotik, Cloud Computing, 3D-Druck, Virtual Reality/Augmented Reality (hier besonders auch im Produktdesign), RFID/NFC, Mensch-Maschinen-Schnittstelle und auch Selective Content Distribution (z. B. eSupport, eTraining) auf.
- ▶ **Smart Administration:** In den Anwendungsfeldern Sicherheitsdruck, Sicherheitsmerkmale von Banknoten und bei Zahlssystemen spielen neben RFID/NFC und Cloud Computing besonders auch die Schlüsseltechnologien digitale Signatur und Holografie eine entscheidende Rolle als Enabler.

Die Patentanalyse zeigt zum einen die hohe Vernetzung zwischen den Schlüsseltechnologien selbst. Zum anderen wird der hohe Vernetzungsgrad zwischen Schlüsseltechnologien und aktuellen bzw. zukünftigen Anwendungsfeldern deutlich: Die Anwendungsmärkte sind bereits heute von Gigabit-Schlüsseltechnologien im Technologienetzwerk der Zukunft durchdrungen.

# Gigabit-Schlüsseltechnologien

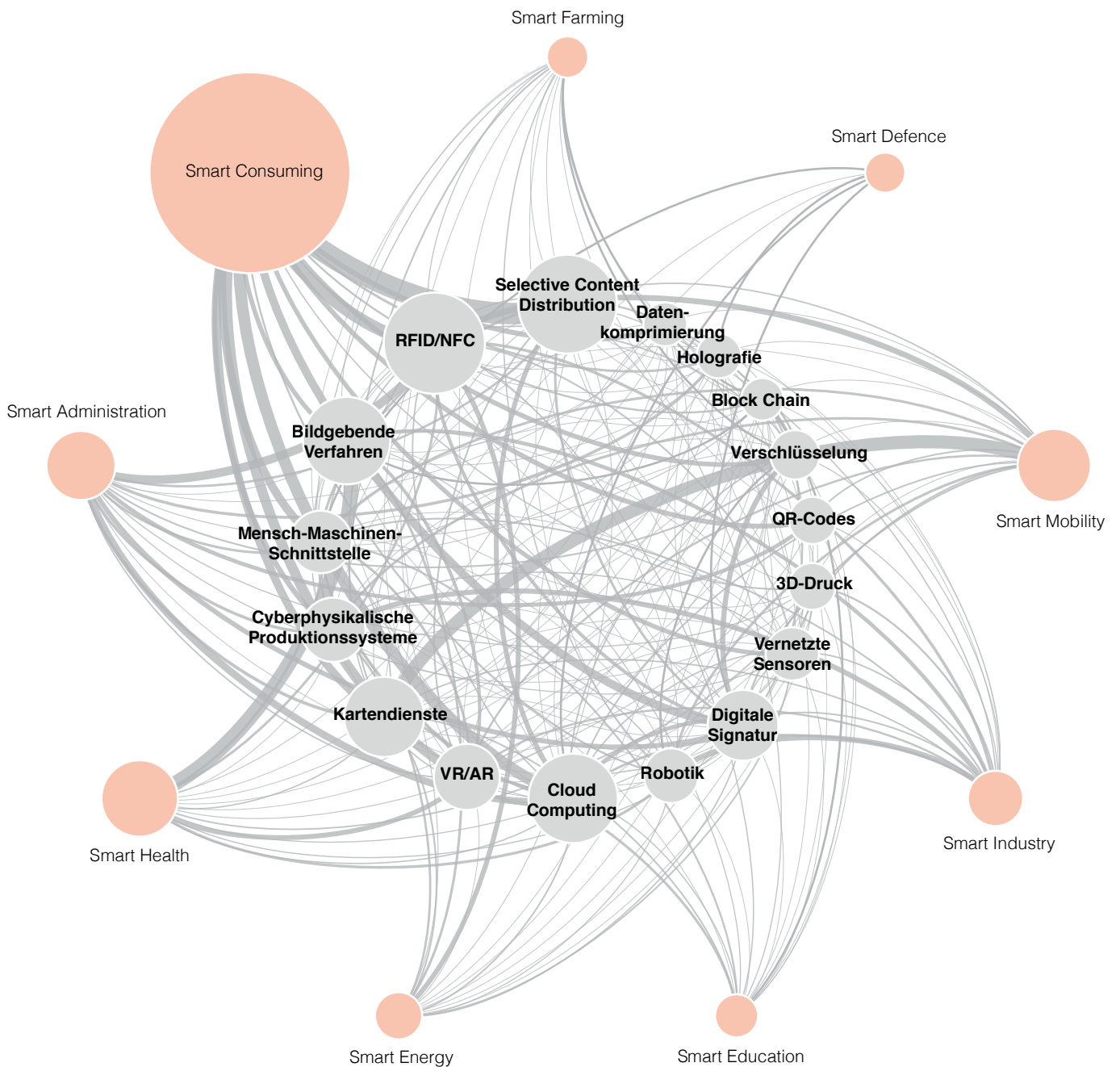
durchdringen das Technologiennetzwerk der Zukunft.

Die Patentanalyse zeigt, dass die Gigabit-Schlüsseltechnologien intensiv mit den folgenden Anwendungsbereichen verknüpft sind: digitale Lebenswelten, digitaler Staat und Verwaltung, eHealth, Energie und Energieerzeugung, Forschung und Bildung, Industrie 4.0 sowie Mobilität-Transport-Logistik.



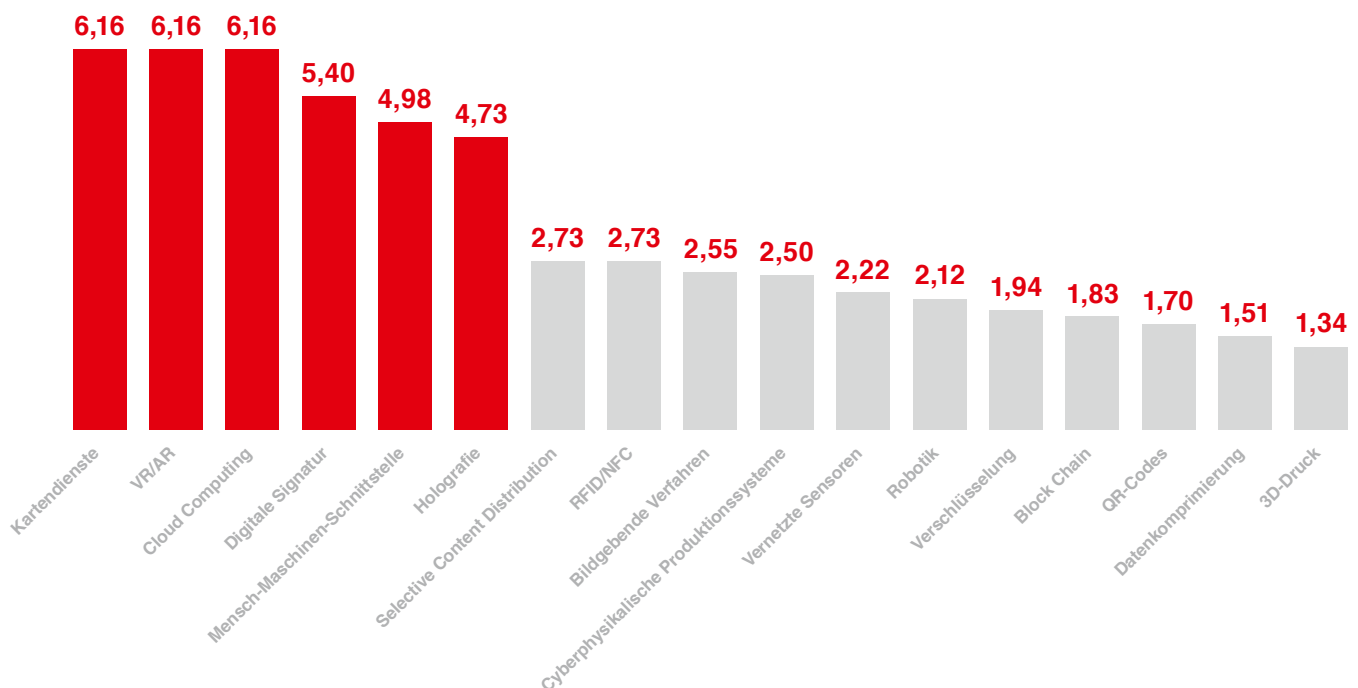
## Vernetzung von Schlüsseltechnologien und Gigabit-Anwendungsmärkten

Erläuterung: Die Knotengröße wurde proportional zur Patentanmeldefrequenz der Schlüsseltechnologien bzw. der Summe der Ko-Patentanmeldefrequenzen der Anwendungsfelder über alle Anwendungsfelder skaliert. Die Linienstärke entspricht der Anzahl themenübergreifender Patentfamilien.





## Zwischenzentralität der Schnittstellentechnologien



Darstellung: IW Consult; methodischer Hinweis: das Konzept der Zwischenzentralitäten nutzt Signifikanz-Analysen als „Brücke“ zwischen Technologie-Clustern und ermöglicht damit eine Reihung der Schlüsseltechnologien

Eine weitere Möglichkeit, die Stärke der Vernetzung mit Schlüsseltechnologien zu bestimmen, ist die Veranschaulichung der sogenannten Zwischenzentralität. Hierbei macht man sich die Tatsache zunutze, dass Technologien, die unterschiedliche Netzwerk-Cluster verbinden und über die somit besonders viele Informationen ausgetauscht werden, einen hohen Wert der Zwischenzentralität aufweisen. Dadurch können diejenigen Technologien identifiziert werden, deren Wegfall den Verlust eines Bindeglieds zwischen zwei Netzwerkteilen bedeuten würde.

Sechs Technologiefelder konnten mithilfe der Patentanalyse als besonders wichtige Bindeglieder zwischen den Schlüsseltechnologien identifiziert werden: Virtual Reality/Augmented Reality (im weiten Sinn), Cloud Computing, Kartendienste, digitale Signatur, Mensch-Maschinen-Schnittstellen und Holografie. Diese „Schnittstellentechnologien“ sind durch hohe Werte der Zwischenzentralität gekennzeichnet.

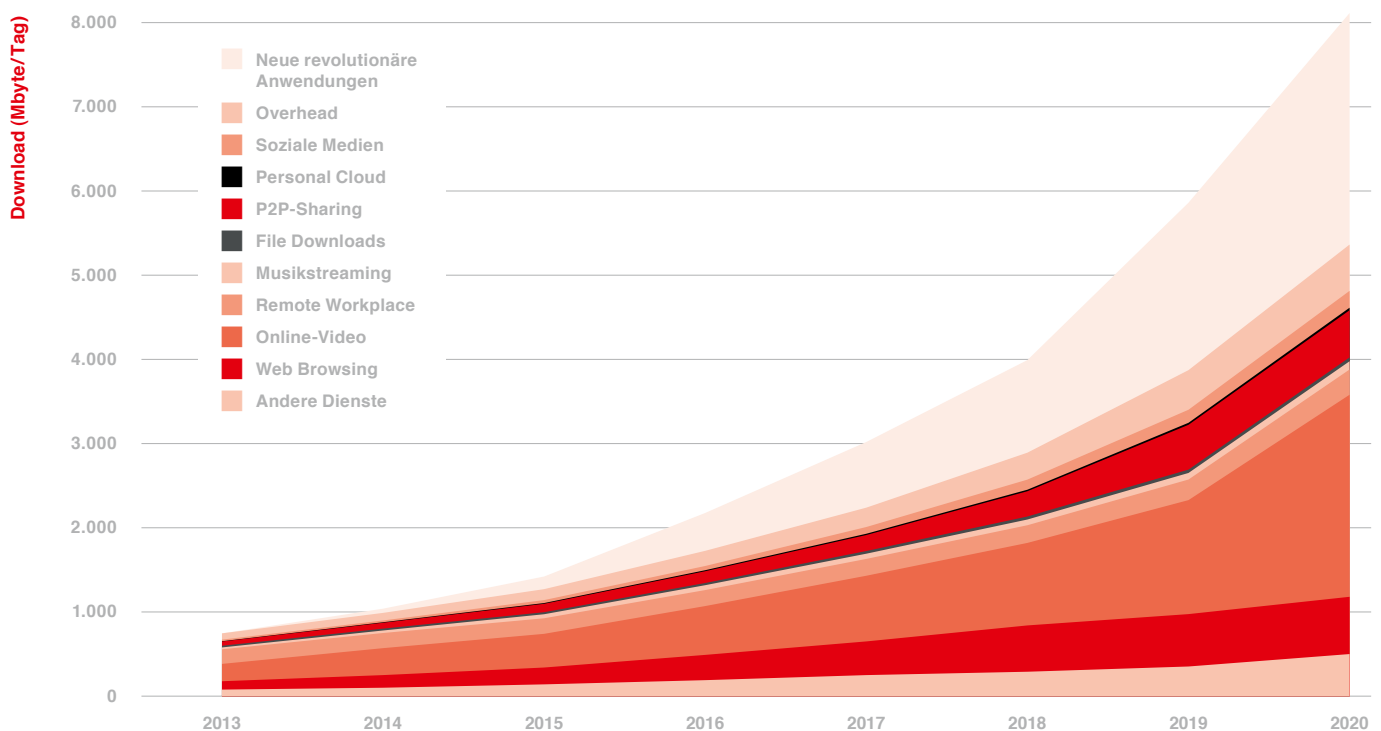
### Bedarfe steigen – Infrastruktur als Enabler der Gigabit-Märkte

Aber nicht nur die Technologieanalyse zeigt, dass die Anforderungen an die Breitbandinfrastruktur steigen werden. Auch die Ergebnisse der einschlägigen Literatur zur Abschätzung der Nachfrage nach hochleistungsfähigen Breitbandanschlüssen stützen diese These.

Eine Studie von van der Vorst et al. (2014)<sup>32</sup> prognostiziert einen deutlichen Anstieg des Datenvolumens für bekannte Anwendungen wie Online-Videos und Musikstreaming. Wichtiger ist aber, dass der größte Nachfrage Schub von neuen revolutionären Anwendungen kommen wird. Das sind genau die Technologiefelder und Smart Markets, die in dem vorangegangenen Abschnitt identifiziert wurden.

<sup>32</sup> Van der Vorst et al., 2014, Fast Forward – How the speed of the internet will develop between now and 2020, Utrecht

## Benötigtes Datenvolumen nach Anwendungen 2013–2020



Quelle: Van der Vorst et al., 2014, Fast Forward – How the speed of the internet will develop between now and 2020, Utrecht

### Power-User und Innovatoren mit deutlich höheren Anforderungen

Nicht jeder Haushalt und nicht jedes Unternehmen wird digitale Anwendungen in Zukunft so nutzen, dass Gigabit-netze mit sehr hohen Bandbreiten ausgelastet werden. Die große Mehrheit kommt sicherlich auch mit weniger aus.

- Van der Vorst et al. (2014) erwarten, dass Power-User bis 2020 mehr als 1 Gigabit Bandbreite im Download nachfragen. Die Innovatoren werden rund 350 Mbit/s benötigen. Diese obersten 20 Prozent der Nutzer sind jedoch sehr weit entfernt von den Bedarfen der Durchschnittsnutzer oder gar der Nachzügler.<sup>33</sup>

- Das WIK (2016)<sup>34</sup> geht davon aus, dass bis 2025 fast 30 Prozent der Haushalte und Unternehmen zu den Top-Level-Plus-Nachfragern gehören, die 1 Gigabit/s oder mehr brauchen. Fast 47 Prozent sind Top-Level-Nachfrager mit Bedarfen zwischen 500 und 1.000 Mbit/s. In der älteren Prognose aus dem Jahr 2011 waren diese Bandbreitenklassen noch gar nicht besetzt. Die Gruppe der Top-Level- und Top-Level-Plus-User (200 Mbit/s und mehr) wurde damals auf 44 Prozent aller Teilnehmer geschätzt.<sup>35</sup>

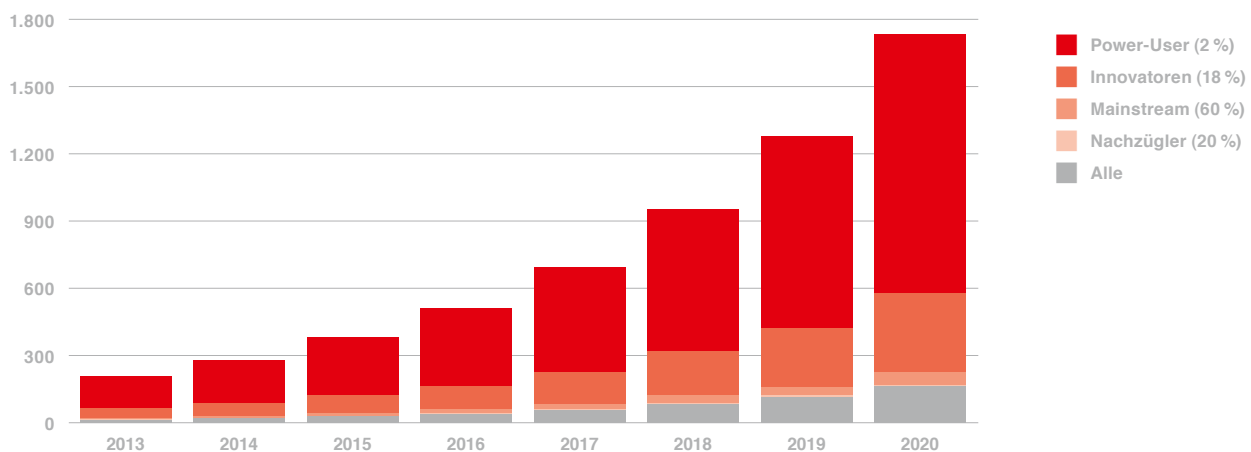
<sup>33</sup> Van der Vorst et al., 2014, Fast Forward – How the speed of the internet will develop between now and 2020, Utrecht

<sup>34</sup> WIK, 2016, Markt- und Nutzungsanalyse von hochbitratigen TK-Diensten für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft in Deutschland, erscheint demnächst

<sup>35</sup> WIK, 2011, Mittelfristige Marktpotenziale im Kontext der Nachfrage nach hochbitratigen Breitbandanschlüssen in Deutschland, Bad Honnef

Beide Untersuchungen zeigen, dass sich der Markt für Breitbandverbindungen in Richtung von Geschwindigkeiten größer 50 Mbit/s entwickelt und dass insbesondere eine Avantgarde von Top-Usern deutlich höhere Bandbreiten benötigen wird.

## Erwartete Entwicklung benötigter Bandbreiten (Download, Mbit/s) nach Nutzergruppen



Quelle: Van der Vorst et al., 2014, Fast Forward – How the speed of the internet will develop between now and 2020, Utrecht

## Schätzung des Marktpotenzials für Breitbandverbindungen in Deutschland in 2025

|                | Schätzung 2011 |        | Schätzung 2016   |        |
|----------------|----------------|--------|------------------|--------|
|                | Download       | Anteil | Download         | Anteil |
| Top Level Plus | > 350 Mbit/s   | 15,9 % | > 1 Gbit/s       | 29,7 % |
| Top Level      | 200–300 Mbit/s | 27,7 % | 500–1.000 Mbit/s | 46,6 % |
| Medium Level   | 70–150 Mbit/s  | 35,9 % | 150–500 Mbit/s   | 8,7 %  |
| Low Level      | Bis 60 Mbit/s  | 10,9 % | Bis 150 Mbit/s   | 7,5 %  |
| Kein Breitband |                | 7,5 %  |                  | 7,5 %  |

Quellen: Monti, 2013, Market potential for high-speed broadband connections in Germany in the year 2025, Bad Honnef; Henseler-Unger, 2016, Breitband 2025: Technik, Bedarfe und Strategien, Bad Honnef

## Die Welt wird smart

In der Patentanalyse des vorangegangenen Kapitels wurden sechs Gigabit-Anwendungsfelder identifiziert, in denen eine besondere Dynamik bei den Patentanmeldungen nachgewiesen werden konnten. Patente beschreiben aber im Kern nur, welche Technologien bereits heute verfügbar und damit nahe der Marktreife sind. Patente weisen damit den Weg der Gesellschaft in die nahe bzw. mittelfristige Zukunft. Um die Entwicklung in der ferneren Zukunft prognostizieren zu können, sind Patentanalysen hingegen weniger geeignet.

Um einen Blick auf die Entwicklungstrends der kommenden zehn bis 15 Jahre zu werfen, sind die Aktivitäten insbesondere im Bereich der Grundlagenforschung in den Fokus zu nehmen. Dazu wurden 15 Interviews mit Fachexperten der Fraunhofer-Institute sowie mit fünf international renommierten Wissenschaftlern der universitären Forschung geführt. Anhand von halbstandardisierten Interviews, die zu etwa gleichen Teilen telefonisch und persönlich geführt wurden, konnten der aktuelle Stand der Forschung eruiert und aktuelle sowie zukünftig denkbare Anwendungsfelder eingegrenzt werden.

Bis vor wenigen Jahren wurden die dabei identifizierten Anwendungsfelder noch mit einem vorangestellten „e“ bezeichnet, wie etwa bei eMobility oder eGovernment. Die Bezeichnung dieser Anwendungsfelder als „elektronisch“ scheint aber vor dem Hintergrund des umfassenden Wandels, den die Digitalisierung weiter Lebensbereiche hier hervorgerufen hat, aber zu kurz gegriffen. In den letzten Jahren wurden daher immer mehr digitalisierte Bereiche als „intelligent“ oder „smart“ charakterisiert. Eine der ersten smarten Anwendungen war sicherlich die Entwicklung des ersten Smartphones durch die Firma Apple. Es folgten Smart Home, Smart Meter und Smart Grid, Smart City und – als Weiterentwicklung des oftmals recht diffusen Big-Data-Konzeptes – auch der Bereich Smart Data.

Neben heutigen und zukünftigen Anwendungsfeldern wurden in den Interviews ebenfalls die aus diesen Anwendungen erwachsenden Anforderungen an die Netzinfrastruktur thematisiert. Dabei zeigt sich, dass in den sechs betrachteten Anwendungsfeldern jeweils sehr spezifische Anforderungen an die Netze der Zukunft bestehen. Diese Anforderungen sind umso entwicklungskritischer, je stärker die zukünftigen Anwendungsfelder mit gesellschaftlichen Trendentwicklungen zusammenfallen und damit

## Mögliche Anforderungsbereiche an die Netze:

- ▶ **Bandbreite: maximal mögliches Datenvolumen, das fehlerfrei über einen Kanal übertragen werden kann**
- ▶ **Symmetrie: Verhältnis von Upload zu Download**
- ▶ **Latenz: Antwortgeschwindigkeit der Gegenstelle bei der Datenübertragung**
- ▶ **Stabilität: Unterbrechungs- und störungsfreie Datenübertragung**

die Netzanforderungen zukünftig weiter verstärken oder sogar potenziert werden.

An dieser Stelle muss aber zugleich betont werden, dass eine zuverlässige Abschätzung der Infrastrukturanforderungen auch den interviewten Experten nicht möglich ist: Innovative Anwendungsfelder entwickeln sich oftmals erst, wenn die dafür notwendigen Netze bereits vorhanden sind und ein innovativer Service auf eine entsprechende Nachfrage trifft oder diese sogar im Rahmen des Technologie-Pushs erst schafft. Bis dahin können lediglich anhand der bereits heute erkennbaren Schlüsseltechnologien Indizien für eine Abschätzung der zukünftigen Bedarfe gesammelt werden. Johannes Kuhn, Technologie-Blogger und Journalist aus San Francisco, zieht für solche Bedarfsprognosen daher den Vergleich zum Rorschach-Test heran: „Ähnlich wie in diesem psychodiagnostischen Verfahren, bei dem der Proband Tintenkleckse deutet, versuchen wir all die vielen Kleckse zu deuten, die das Neue in unserem Leben hinterlässt. Natürlich würde niemand zugeben, in Wahrheit keine verlässlichen Vorhersagen über die Digitalisierung abgeben zu können.“<sup>36</sup> Trotz der bestehenden Unsicher-

<sup>36</sup> <http://www.sueddeutsche.de/digital/samstagsessay-vorsicht-zukunft-1.3008159> [Stand: 2016-05-30]

# „Barrieren

sind sicherlich die schmalbandigen Internetanbindungen der ländlichen Regionen. Diese Gebiete sind klar unterprivilegiert. Wenn dort erst einmal flächendeckend mindestens 16 Mbit/s verfügbar sind, werden all die Anwendungen kommen, die wir schon in den Städten sehen, und das wird der Entwicklung einen großen Schub verleihen.“

PETER HASSE, FRAUNHOFER FOKUS

heiten in diesem Bereich ist eine Prognose zukünftiger Netzanforderungen dennoch sinnvoll, da diese im Kern Mindestanforderungen beschreibt, die sich bereits heute abzeichnen. Sollten sich zukünftig aufgrund der Digitalisierung gänzlich neue und disruptive Services am Markt etablieren, werden die Anforderungen an die Netze über das in dieser Studie prognostizierte Maß hinausgehen.

Hinsichtlich der bereits heute bestehenden Anforderungen an die Netzinfrastruktur sind – insbesondere in Deutschland – aber nicht nur Bandbreite, Symmetrie, Latenz und Stabilität der Internetverbindung relevant. Vielmehr weist Deutschland vor allem bei der flächendeckenden Verfügbarkeit der Netze im internationalen Vergleich ganz erheblichen Nachholbedarf auf. So gibt es immer noch Regionen in Deutschland, die von der digitalen Entwicklung weitgehend abgekoppelt sind. Dies ist nicht nur für die privaten Haushalte eine unbefriedigende Situation, sondern bewirkt auch massive wirtschaftliche Nachteile. Wenn etwa ein spezialisiertes Entwicklungsbüro auf der Schwäbischen Alb seine Konstruktionszeichnungen immer noch auf CD brennen und anschließend per Post versenden muss, ist dies ein ganz

erheblicher Wettbewerbsnachteil gegenüber den Konkurrenten aus einer Großstadt, die bereits heute oftmals auf schnelle Glasfaserleitungen zurückgreifen und damit z. B. Änderungswünsche des Kunden kurzfristig aufnehmen können.

Die Patentanalysen haben gezeigt, dass viele Schlüsseltechnologien der Gigabit-Gesellschaft zunächst im privaten Umfeld eingesetzt werden und sich von hier in die restlichen Teile der Gesellschaft, wie etwa Wirtschaft, Bildungswesen, Verwaltung und Politik, verbreiten. Die Ursache dafür ist vor allem darin zu sehen, dass die Digitalisierung hier auf wichtige gesellschaftliche Trends, insbesondere auf die zunehmende Vernetzung und Individualisierung trifft.

## Smart Consuming

Um den Bereich des Smart Consuming bzw. der digitalen privaten Lebenswelten zu systematisieren, soll in einem ersten Schritt das unmittelbare Lebensumfeld des Menschen (Smart Home) vom weiter gefassten Lebenskontext (Smart City) unterschieden werden.

## Smart Consuming

|                 | Märkte    |         | Anforderungen |           |        |            |
|-----------------|-----------|---------|---------------|-----------|--------|------------|
|                 | Potenzial | Dynamik | Bandbreite    | Symmetrie | Latenz | Stabilität |
| Smart Consuming | +++       | +++     | +++           | +++       | ++     | +          |

## Smart Home

Der Begriff des Smart Home wird hier nicht nur als intelligente Haussteuerung und -vernetzung im Rahmen des Internets der Dinge (Internet of Things bzw. Internet of Everything) verstanden, sondern bewusst um den Bereich der privaten Mediennutzung ergänzt. Der Grund dafür ist nicht nur in den vielfältigen Wechselwirkungen zwischen beiden Bereichen zu sehen, sondern ebenfalls in der zentralen Stellung, die das Smartphone einnimmt. Das Smartphone stellt die zentrale Schnittstelle der Technik zum Nutzer dar und hat in beiden Bereichen zu großen Entwicklungsfortschritten geführt. Im Bereich des Smart Home hat damit das Smartphone den legendären Kühlschrank, der die Lebensmittel autonom über das Internet bestellt, nach herrschender Meinung als Treiber der Digitalisierung im privaten Lebensumfeld abgelöst. Darüber hinaus ist festzustellen, dass Smart-Home-Anwendungen und private Mediennutzung immer weiter zusammenwachsen: So werden bereits heute die aktuellen Verbrauchswerte der heimischen Heizung über soziale Medien geteilt oder das Sicherheitssystem der Wohnung sendet bei unberechtigtem Zutritt automatisch ein Video der Eindringlinge an das Smartphone des Hausbesitzers.

Gerade diese zunehmende private Nutzung von Video-Services führt zu erheblich steigenden Anforderungen an die Netzinfrastruktur. War das Streaming von Videoinhalten vor wenigen Jahren noch ein Phänomen illegaler Peer-to-Peer-Downloads, hat sich hier mittlerweile ein umsatzstarker (legaler) Markt entwickelt: Dienste wie Netflix, Maxdome, Amazon Prime, Spotify oder Deezer bieten Video- oder Musikstreaming an, das die klassischen

Fernseh- und Radioprogramme zunehmend verdrängt. Umfragen aus dem Jahr 2015 belegen, dass rund 76 Prozent der Deutschen über 14 Jahre zumindest gelegentlich Filme per Videostream, also on Demand, schauen.<sup>37</sup> 37 Prozent der Deutschen hören darüber hinaus Musik über Streaming-Dienste, vier Fünftel sogar regelmäßig bzw. täglich.<sup>38</sup>

Auch im Social-Media-Bereich ist eine erhebliche Dynamik festzustellen. Die asiatischen Märkte stehen hier an der Spitze der Entwicklung: Dort werden immer weniger Textnachrichten versendet, stattdessen werden in den sozialen Medien hochauflösende Fotos oder sogar HD-Videosequenzen geteilt. Und auch die bilaterale Kommunikation erfolgt dort immer seltener via Text-Messaging, sondern in stark zunehmendem Maße via Video-Chat oder -Postings. Dies hat in Asien zu einem erheblichen Anstieg der benötigten Bandbreite bei der stationären, insbesondere aber der mobilen Datenübertragung geführt. Dieser Trend dürfte sich nochmals erheblich verstärken, wenn statt der herkömmlichen „klassischen Videoinhalte“ zukünftig stereoskopisch aufgenommene 360-Grad-Videos versendet werden. So hat beispielsweise Facebook erst vor kurzem einen Service für die Nutzer freigeschaltet, mit dem diese „Rundum“-Videoformate geteilt werden können.

<sup>37</sup> Bitkom, 2015, Presseinformation vom 8. Juli 2015, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Video-Streaming-hat-sich-fest-etabliert.html> [Stand: 2016-05-10]

<sup>38</sup> Bitkom, 2015, Presseinformation vom 5. Juni 2015, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/20-Millionen-Deutsche-nutzen-Musik-Streaming.html> [Stand: 2016-05-10]

# „Bei der

privaten Mediennutzung und bei Social Media ist es immer wieder Bandbreite, Bandbreite, Bandbreite. Darauf kommt es an. Hier werden wir in Zukunft auch vermehrt Bündelangebote sehen, bei denen ein bestimmter Datendurchsatz garantiert wird, der dann mit Video-Services kombiniert wird.“

MARCO JAHN, FRAUNHOFER FIT

Da die Nutzer hier nicht wie bei Streaming-Diensten nur passiv konsumieren, sondern selbst Content mit hohem Datenvolumen ins Netz stellen, wird neben der Bandbreite auch eine symmetrische Datenübermittlung immer wichtiger. Der sich abzeichnende Trend zu interaktiven Video-Inhalten dürfte den Bedarf an beidseitig breitbandigen Internetzugängen für Down- und Upload weiter befeuern.

Dass die Anforderungen der privaten Nutzer an die Netzinfrastruktur auch zukünftig weiter wachsen werden, zeigt sich nicht zuletzt an der im Mai 2016 vorgestellten gemeinsamen Initiative von Microsoft und Facebook: Der Software-Gigant und der Social-Media-Platzhirsch wollen ihre Rechenzentren in den USA über ein eigenes hochmodernes Transatlantikkabel mit ihren Kunden in Europa vernetzen. Die bestehende Infrastruktur stößt nach Angaben beider Unternehmen bereits heute an ihre Grenzen.

Im Gegensatz zur privaten Mediennutzung erscheinen die bereits am Markt befindlichen Smart-Home-Anwendungen, wie etwa die internetbasierte Kontrolle und Steuerung der Heizung oder des Lichts, erheblich geringere Anforderungen an die Netzinfrastruktur zu stellen. Hier werden oftmals nur sehr begrenzte Datenvolumina gesendet bzw. empfangen, die zudem nur periodisch übertragen werden müssen. Zudem sind diese Anwendungen auch noch nicht im Massenmarkt angekommen. Dies dürfte sich mit der Einführung von 5G aber ändern: Erst durch den massiven Einsatz von Sensoren/Aktuatoren

lassen sich viele intelligente Häuser zu einer intelligenten Stadt zusammenschließen und damit weitere nutzenbringende Anwendungsfelder erschließen.

### Smart City

Selbst wenn das Datenvolumen des einzelnen Sensors oder Aktuators auch in Zukunft nicht spürbar ansteigen sollte, wird die bloße Anzahl der Sensoren/Aktuatoren in den Städten der Zukunft zu einem erheblichen Ansteigen des Datenvolumens führen. Bereits heute angedachte Anwendungsfelder sind etwa Parkassistenzsysteme, die freie Parkplätze autonom an die Cloud melden, oder intelligente Mülltonnen, die bei einem gewissen Füllstand selbstständig die Leerung beauftragen.

Prof. Gerhard P. Fettweis von der Universität Dresden und Leiter des dortigen 5G Labs schätzt, dass zukünftig rund 15.000 Sensoren pro Funkzelle permanent mit dem Internet verbunden sein werden. Treiber dieser Entwicklung ist insbesondere die Möglichkeit, die Daten via 5G-Modul unmittelbar in die Cloud hochzuladen. Der heute noch übliche Umweg über das Smartphone des Nutzers und zentrale Knotenpunkte entfällt damit. Zudem wird die 5G-Technik die Möglichkeit bieten, kleinere Sensoren zu entwickeln, die z. B. geringere Anforderungen an die Energieversorgung stellen. Sensoren könnten so ihren Strombedarf ausschließlich über eingebaute Solarmodule decken und wären damit nicht nur extrem wartungsarm, sondern auch unter Umweltgesichtspunk-

# ”Um eine

**Smart City betreiben zu können, bedarf es einer leistungsfähigen Internetinfrastruktur, das steht außer Frage. Und dabei geht es nicht nur um echtzeitfähige und stabile Verbindungen, die den öffentlichen und privaten Verkehr regeln, sondern auch um die breitbandige Vernetzung der Bürger. Schnelle, glasfaserbasierte Internetverbindungen sind nun einmal die Voraussetzung für alle netzbasierten Innovationen. Hier hat Deutschland – und insbesondere das ländliche Deutschland – großen Nachholbedarf.“**

DR. MARKUS EISENHAUER, FRAUNHOFER FIT

ten nachhaltig. Insbesondere die unmittelbare Übergabe der Sensordaten in die Cloud ermöglicht dabei ganz neue Geschäftsmodelle. Erste Ansätze dieser Entwicklung lassen sich bereits heute z. B. im Bereich des Car- und Bikesharings beobachten.

Smart Cities dürfen dabei aber nicht als isoliertes Anwendungsfeld betrachtet werden, sondern stellen im Kern ein Querschnittsthema zu den Bereichen Smart Home, Smart Mobility und Smart Energy dar, die im Folgenden näher betrachtet werden sollen.

### Smart Mobility

Erste Ansätze von Smart Mobility finden sich bereits heute in nahezu jedem Auto – nicht nur in den Spitzenmodellen der Premiumhersteller. In erster Linie handelt es sich hier um die Fahrerassistenzsysteme. Das Feld der konkreten Anwendungen reicht hier von Sprachassistenten über Spurhalteassistenten bis hin zu Einparkhilfen. Nach der Definition der SAE (Society of Automotive Engineers) stellen die Fahrerassistenzsysteme den ersten Schritt auf einer fünfstufigen Skala hin zum autonomen Fahren dar. Es ist in diesem Segment jedoch ein klarer Trend von der Kommunikation hin zu einer stärkeren Automatisierung festzustellen.

Die meisten Assistenzsysteme besitzen die gemeinsame Eigenschaft, dass die über Sensoren erhobenen Daten vornehmlich on Board verarbeitet werden, also im Prinzip keine Internetverbindung benötigt wird.

Einen Schritt weiter geht hier die sogenannte Car2X-Communication. Diese Systeme dürfen zwar nicht aktiv in das Fahrverhalten eingreifen, kommunizieren aber nicht nur geschlossen innerhalb des Autos. Hier werden z. B. Informationen wie Bremsverhalten, Lenkwinkel, Position, Richtung und Geschwindigkeit an andere Verkehrsteilnehmer automatisiert übermittelt (Car2Car). So kann das vorausfahrende Fahrzeug Informationen über Notbrem-

sungen, Eis und Aquaplaning an die nachfolgenden Fahrzeuge senden, was einen erheblichen Sicherheitsgewinn darstellt. Car2X-Communication kann aber auch zwischen dem Fahrzeug und der Verkehrsinfrastruktur erfolgen. Auf diesem Weg kann beispielsweise eine Ampel via Direktfunk den ankommenden Fahrzeugen die Wartezeiten mitteilen. Aktuelle Car2X-Konzepte basieren auf einem WiFi-Standard, der den großen Vorteil einer geringen Latenz und einer hohen Stabilität besitzt, der aber zugleich nur vergleichsweise geringe Bandbreiten zur Verfügung stellt. Deswegen stoßen diese Systeme auch an ihre Grenzen, wenn z. B. im Rahmen von Karten-Updates große Datenmengen übertragen werden müssen.

Car2X-Communication sollte nach ursprünglichen Planungen der Automobilindustrie eigentlich bis zum Jahr 2015 breitflächig auf dem Markt vertreten sein. Diese Hoffnungen wurden aber enttäuscht. Ursache der zögerlichen Entwicklung in diesem Bereich scheint nach Expertenmeinung vor allem zu sein, dass die großen Automobilunternehmen – trotz der technischen Machbarkeit – offensichtlich nur ein vergleichsweise geringes Interesse daran haben, diese Technologie auch tatsächlich in die eigenen Fahrzeuge einzubauen: Der Nutzen dieser Systeme kommt erst dann zum Tragen, wenn eine große Anzahl an Fahrzeugen mit dieser Technologie ausgestattet ist – und keiner der großen Anbieter möchte hier den ersten Schritt machen und damit für die gesamte Branche in Vorleistung gehen.

Den nächsten Entwicklungssprung dürfte die Car2X-Communication machen, wenn der WiFi-Standard durch 5G abgelöst wird. Da die Anforderungen von Smart Mobility an eine geringe Latenz extrem hoch sind, sind die aktuellen Mobilfunknetze dafür nur bedingt geeignet. 5G aber verspricht extrem niedrige Latenzen und eine ausreichende Übertragungsgeschwindigkeit, um bei einer Notbremsung nicht nur das Bremslicht ohne spürbaren Zeitverzug aufleuchten zu lassen, sondern die Notbremsinformationen auch via Cloud an nachfolgende Verkehrs-

## Smart Mobility

|                | Märkte    |         | Anforderungen |           |        |            |
|----------------|-----------|---------|---------------|-----------|--------|------------|
|                | Potenzial | Dynamik | Bandbreite    | Symmetrie | Latenz | Stabilität |
| Smart Mobility | +++       | ++      | ++            | +         | +++    | +++        |



# „Das disruptive

**Potenzial der Digitalisierung ist im Bereich Automotive tatsächlich überall präsent, niemand schmunzelt mehr über das Google Car. Die Autohersteller bauen ihre Anstrengungen auf diesem Gebiet momentan aus. Neue Autonomiegrade beim Fahren sowie vernetzte Informationen über Mobilitätsangebote können dabei auch auf die anderen Mobilitätsdienstleister wie die Bahn, den ÖPNV oder den Taximarkt enorme Auswirkungen haben.“**

OLIVER SAWADE, FRAUNHOFER FOKUS

teilnehmer zu kommunizieren. Der Einsatz von 5G im Auto wird dabei zugleich auch den Weg zum (teil-)autonomen Fahren ebnen.

Auch wenn das autonome Fahren – wie der Name schon besagt – aus technischer Sicht eigentlich ohne eine externe Internetverbindung auskommt, ist der Sicherheits- und Komfortgewinn dennoch enorm. Bislang scheitern diese Systeme an vermeintlich banalen Gegebenheiten, wie etwa schlechtem Wetter mit eingeschränkten Sichtverhältnissen, einem Fußgänger, der an einem Zebrastreifen dem Auto die Vorfahrt einräumt oder einem Müllwagen, den das autonom fahrende Auto per se nicht überholen will. Mit flächendeckend verfügbaren 5G-Netzen aber könnten im Rahmen der kooperativen Perception Informationen aus der Umwelt oder von anderen Verkehrsteilneh-

mern systematisch in die eigenen Systeme eingespeist und damit zur Anpassung der eigenen Fahrdynamik und insbesondere der Kollisionsvermeidung genutzt werden.

Als Schlüsseltechnologie des zukünftigen autonomen Fahrens sind vor allem hochpräzise Karten im Zentimeterbereich anzusehen, die bei ihrer Übertragung ganz erhebliche Bandbreiten benötigen. Da diese Karten außerdem hochaktuell sein müssen, wird 5G hier zum maßgeblichen Treiber der Entwicklung werden: Jedes Fahrzeug ist nicht nur Nutznießer der Karten, sondern sammelt während der Fahrt zugleich auch Informationen über die Fahrstrecke, die in die Cloud übermittelt und automatisiert wieder an alle Verkehrsteilnehmer ausgespielt werden. Damit kommt auch der Symmetrie der Internetverbindung beim autonomen Fahren eine große Bedeutung zu.

# „Drohnen

**in der innerbetrieblichen Versorgung und der Paketzustellung werden kommen, das ist sicher. Ganz einfach, weil es in bestimmten Konstellationen ein Riesenpotenzial für lohnende Geschäftsmodelle gibt.“**

CHRISTIAN PRASSE, FRAUNHOFER IML

Im Vergleich zu Deutschland ist die Entwicklung des autonomen Fahrens in den USA deutlich weiter fortgeschritten. Dies liegt zum einen an der Genehmigungssituation: Ein großer deutscher Automobilhersteller besitzt beispielsweise die Genehmigung, seine Lkw auf den Freeways in Nevada (teil-)autonom fahren zu lassen. Ein anderer wichtiger Punkt ist aber auch, dass die in den USA genutzten Systeme stärker infrastrukturbasiert sind. Dort wird z. B. mit Sensoren gearbeitet, die in der Straße verbaut sind, oder mit Basisstationen am Wegesrand, die in regelmäßigen Abständen von den autonom fahrenden Fahrzeugen angefunkt werden können.

Sollte das autonome Fahren zukünftig flächendeckend genutzt werden, werden die Anforderungen an die Netze außerdem nochmals sprunghaft steigen: Da die Nutzer sich nunmehr nicht mehr auf die sichere Steuerung des Fahrzeugs konzentrieren müssen, können sie sich mit anderen Dingen beschäftigen. Dann aber ist davon auszugehen, dass die private Mediennutzung (z. B. Video-streaming, Videotelefonie) nicht mehr nur stationär oder via Smartphone erfolgt, sondern dass die Nutzer entsprechende Dienste auch im Auto erwarten. Zwar sind solche Smart-Consumption-Anwendungen für das autonome Fahren nicht sicherheitsrelevant, sie sollten aber dennoch bei der Abschätzung des Bandbreitenbedarfs im Bereich Smart Mobility mit berücksichtigt werden.

Die interviewten Experten erwarten für Deutschland, dass das autonome Fahren sich zunächst im Bereich der Logistik durchsetzen wird. Dazu könnten z. B. autonom fahrende Lkw auf standardisierten Strecken mit vergleichsweise einfachen Umgebungsbedingungen (Autobahnen) eingesetzt werden. Die Auswirkungen der Smart Mobility auf die Logistikbranche werden aber weit über den Straßenverkehr hinausgehen. So könnten Innovationen aus diesem Bereich des autonomen Fahrens auch auf die Drohnen-Technologie ausstrahlen. Hier besteht derzeit noch das Problem, dass die Steuerung der Drohnen über die Auswertung von Video- und Bilddaten

geschieht, die aufgrund der geringen On-Board-Rechenkapazitäten der Drohnen in Bodenstationen erfolgt. Die von der Drohne aufgenommenen Videodaten müssen an eine Bodenstation übertragen werden, die diese dann auswertet, entsprechende Steuerbefehle errechnet und diese dann an die Drohne zurücksendet. Drohnen kommen daher derzeit vor allem indoor zum Einsatz, etwa bei Observatory-Aufgaben wie der Bestandskontrolle und Inventarerstellung in Lagerhallen.

Auch hier kann 5G mit seinen hohen Bandbreiten und geringen Latenzen dazu führen, dass der Drohnen-Technologie mittelfristig auch der Durchbruch auf dem Outdoor-Logistikmarkt, z. B. der Paketzustellung, gelingt. Ebenso wäre aber denkbar, dass Fortschritte bei den Rechenkapazitäten dazu führen, dass die komplexe Steuerung dieser Fluggeräte zukünftig autonom von der Drohne berechnet und durchgeführt wird. An Systemen zur autonomen Kollisionsvermeidung im Flugraum, die ohne eine Echtzeitverbindung zur Bodenstation auskommen, wird derzeit intensiv geforscht.

### Smart Energy

In Italien, Schweden, Kanada, den USA, der Türkei, Australien, Neuseeland und den Niederlanden wurden Smart Meter, also intelligente Zähler für Strom oder Gas, bereits in größerem Umfang installiert bzw. ihre Einführung ist beschlossen. So wurden beispielsweise in Schweden elektronische Stromzähler von 2003 bis 2009 verpflichtend für alle Haushalte vom Netzbetreiber eingeführt.<sup>39</sup> Auch Italien gilt in Europa als Vorreiter bei Smart Metern, wobei hier die Motivation zur Etablierung dieser Technologie allerdings weniger die Schaffung eines intelligenten Stromnetzes, sondern vor allem die Verhinderung von Stromdiebstahl war.

<sup>39</sup> GEODE, 2013, Geode Report, Bringing Intelligence to the Grids, Case Studies

## Smart Energy

|              | Märkte    |         | Anforderungen |           |        |            |
|--------------|-----------|---------|---------------|-----------|--------|------------|
|              | Potenzial | Dynamik | Bandbreite    | Symmetrie | Latenz | Stabilität |
| Smart Energy | ++        | ++      | +             | +         | +++    | +++        |

# „Der Markt

**für Smart Meter und entsprechende Services gilt unter Experten seit Jahren als schwierig, weil der dadurch erzielte Nutzen der Einsparungen für die Haushalte eher gering ist. Falls „Selbstversorger“-Communities an Bedeutung gewinnen und dabei Haushalte als Stromeinspeiser eine größere Rolle erlangen, dann wäre der Nutzen von Smart Metern auch deutlicher. Dabei wären auch Handels-Plattformen interessant, auf denen Haushalte relativ einfach Strom anbieten könnten.“**

DR. CARSTEN ORWAT, KIT-ITAS

In Deutschland ist die Marktdynamik in diesem Bereich hingegen seit Jahren sehr gering. Das hat mehrere Ursachen: Zum einen steht der flächendeckenden Markteinführung von Smart Metern die starke Fragmentierung des deutschen Strommarktes mit mehr als 600 kleineren Stromversorgern und Stadtwerken entgegen. Zum anderen sind die Anforderungen an Smart Meter in Deutschland laut Expertenmeinung sehr hoch: Das Sicherheitsprofil des BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) macht die Umsetzung extrem komplex, es gilt, viele Vorgaben zu erfüllen und zu berücksichtigen. In Deutschland kommt damit auch im Energiemarkt der gesellschaftliche Trend steigender Sicherheitsanforderungen voll zum Tragen. Allerdings fördert dieser Trend hier nicht die technische Entwicklung, sondern bremst und behindert diese sogar.

Schließlich scheinen auch die Ansprüche der deutschen Verbraucher an die intelligenten Stromzähler im internationalen Vergleich sehr hoch: Die Smart Meter sollten als Gateway zum gesamten Haushalt dienen und zudem zukunftssicher sein, sodass die Geräte sehr komplex und damit teuer wurden. Da die deutschen Stromversorger Privathaushalten aber – anders als Großkunden – keine gestaffelten Tarife anbieten, rentiert sich die Anschaffung solcher Geräte für die deutschen Privathaushalte nicht. Damit aber entfällt zugleich der Anreiz, systematisch Strom zu sparen bzw. Lastverschiebungen vorzunehmen.

Trotz dieser Hemmnisse sind sich die interviewten Experten aber einig, dass der Markt für Smart Meter in 2017 eine sehr dynamische Entwicklung zeigen wird. Dies liegt nicht nur daran, dass durch die von der Bundesregierung beschlossene Energiewende Smart Meter ab 2022 auch für die privaten Haushalte in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben sind. Treiber dieser Entwicklung wird nach Expertenmeinung vielmehr das Entstehen von Selbstversorger-Communities sein, die sich von der zentralen Energieversorgung abkoppeln und über Plattformen im Internet ihre – teils selbst in Kleinstkraftwerken oder Solar- und Windkraftanlagen erzeugte – Energie „sharen“.

Trotz dieser bereits absehbaren Entwicklung hin zur dezentralen Energieversorgung werden die Anforderungen an die Netzinfrastruktur im Bereich Smart Energy aber auch zukünftig überschaubar bleiben: Es fallen nur geringe Datenvolumen im Kilobitbereich an, die zudem keine Echtzeitübertragung erfordern. Da diese Daten nicht zwingend über einen Internetzugang, sondern auch via Powerline-Technologie über die Stromnetze versendet werden können, arbeiten Smart Meter weitgehend autark von der übrigen Netzinfrastruktur.

Anders stellen sich die Anforderungen an die Netze aber dar, wenn Smart Meter erst einmal flächendeckend eingeführt sind und zu intelligenten Netzen (Smart Grids) zusammengeschlossen werden müssen. Unter Smart Grids versteht man die Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern

und Netzbetriebsmitteln in der Elektrizitätsversorgung. Hier kommt der gesellschaftliche Trend einer zunehmenden Vernetzung voll zum Tragen. Bereits heute zeichnen sich bei den großen Energieversorgern hier entsprechende Entwicklungen ab: So werden virtuelle Kraftwerke betrieben, bei denen Energie z. B. aus erneuerbaren Quellen gebündelt und dann als Ökostrompakete individuell vermarktet wird.

In anderen Ländern ist die Entwicklung auch in diesem Bereich hingegen weiter fortgeschritten. Insbesondere in den USA sind Smart Grids bereits in der Fläche anzutreffen. Allerdings geht es hier, anders als in Deutschland, nicht um die Lastverschiebung, sondern vor allem um die Modernisierung einer maroden Energieinfrastruktur.

Während die Anforderungen an die Netzinfrastruktur in Smart Grids auf der letzten Meile also vergleichsweise gering ausfallen oder über Powerline-Technologie beherrschbar sind, ist die Situation in den Knotenpunkten eine gänzlich andere: Anlagen müssen gedrosselt, anders geschaltet oder abgeschaltet werden – und zwar ohne Zeitverzug, da sonst der Zusammenbruch des ganzen Energieversorgungsnetzes droht. Die Verbindungen zur Leitstelle stellen damit extrem hohe Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit der Datenübertragung. Da die notwendigen geringen Latenzen sowie die Stabilität der Datenverbindung über die bestehenden Netze derzeit (noch) nicht garantiert werden können, werden Trafo- und Umspannstationen, die remote gesteuert werden, heutzutage mit dezidierten Leitungen versorgt.

Aber auch die Anforderungen an die Bandbreite werden in Deutschland im Energiebereich zukünftig spürbar ansteigen: Sollen neben den Verbrauchsdaten aus den Smart Metern der Haushalte z. B. auch Wetterdaten, Erzeugerdaten und Preisinformationen zur Netzsteuerung genutzt werden, fallen in den (virtuellen) Leitstellen große Datenmengen an. Eine weitere Ausbaustufe wäre denkbar: Nicht nur die Energieerzeugung, sondern auch die Energiespeicherung kann dezentral erfolgen, z. B. über die Nutzung der Batterien von Elektroautos als temporale Stromspeicher für die Stromnetze. Dadurch wird sich das Datenvolumen nochmals spürbar erhöhen. Technisch ist bei der dezentralen Stromspeicherung bereits heute vieles möglich. Die Integration von Smart Mobility in den Bereich Smart Grids scheitert derzeit aber noch an der geringen Zahl an Elektroautos.

### Smart Health

Der Markt für smarte Dienstleistungen im Gesundheitswesen besitzt nach einhelliger Expertenmeinung unter allen untersuchten Anwendungsfeldern das größte disruptive Potenzial. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass hier mit der demografischen Entwicklung bzw. Alterung der Gesellschaft sowie der zunehmenden Vernetzung und Individualisierung gleich drei wichtige gesellschaftliche Trendentwicklungen den Bereich treiben. In New York bietet z. B. ein Krankenversicherer namens Oscar seinen Kunden umfangreiche digitale Dienstleistungen an, die von einer ersten Diagnostik via Smartphone-App über virtuelle Sprechstunden bis hin zur online möglichen



## Der Smart-Meter-Markt

wird im Laufe des Jahres 2017 richtig Fahrt aufnehmen. Die großen Netzbetreiber, viele Stadtwerke und auch kleinere Energieverbände haben größtenteils eigene Konzepte für das Smart-Meter-Rollout entwickelt und fortgeschrittene Pläne zur Umsetzung in der Tasche. Besonders die größeren Netzbetreiber und Stadtwerke haben vor längerer Zeit schon mit einer Pilotphase begonnen und stehen vor dem Abschluss ihrer Netzplanungen.“

DR. ERIK OSWALD, FRAUNHOFER ESK

## Smart Health

|              | Märkte    |         | Anforderungen |           |        |            |
|--------------|-----------|---------|---------------|-----------|--------|------------|
|              | Potenzial | Dynamik | Bandbreite    | Symmetrie | Latenz | Stabilität |
| Smart Health | ++        | ++      | +++           | +         | +      | +          |

Terminvereinbarung reichen. Google investierte im Herbst 2015 32,5 Millionen US-Dollar in dieses Geschäftsmodell, sodass diese smarten Gesundheitsdienstleistungen mittlerweile auch in Kalifornien, New Jersey und Texas angeboten werden können. Laut New York Times hat dieses Unternehmen das Potenzial, die Regeln des US-amerikanischen Krankenversicherungsmarktes aufzureißen und die traditionellen Geschäftsmodelle aufzubrechen. Dem Unternehmen wird dabei das gleiche disruptive Potenzial beigemessen, wie es Spotify für die Musikindustrie, AirBnB im Hotelgewerbe und Uber im Taxigeschäft aufweisen.

Deutschland hingegen erscheint in diesem Segment geradezu rückständig: Die Zahl der ärztlichen Anbieter von Telesprechstunden lässt sich an einer Hand abzählen, die Online-Terminvereinbarung bei niedergelassenen Ärzten ist immer noch die Ausnahme statt die Regel, auf E-Mails an Ärzte oder Krankenkassen erfolgt keine Rückmeldung, Hotlines sind überlastet und auch

im Krankenhausbereich werden Diagnosen, Berichte, Medikamentenverordnungen und Entlassungsunterlagen immer noch auf Papier erfasst und erst in einem zweiten Schritt digitalisiert.

Ursache dieser langsamen Entwicklung ist zum einen das stark regulierte deutsche Gesundheitssystem: Die gesetzlichen Krankenkassen sind hierzulande Körperschaften des öffentlichen Rechts, was die etablierten Anbieter vor dem Wettbewerb schützt. Unternehmen wie Oscar hätten in Deutschland damit – trotz eines hochinnovativen Geschäftsmodells, das sich an den Bedürfnissen der Nutzer orientiert, keine Chance. Zum anderen sind Gesundheitsdaten aber aus datenschutzrechtlicher Perspektive hochsensibel, sodass gerade in Deutschland hier eine große Zurückhaltung bei deren systematischen Erfassung und Auswertung besteht – eine unmittelbare Folge eines gestiegenen Bedürfnisses der Gesellschaft nach Datensicherheit.



### Der Digitalisierungsgrad

in den Krankenhäusern ist aktuell sehr unterschiedlich: Es gibt Krankenhäuser, die ihre IT-Systeme vollständig vernetzt haben und die ganzen Potenziale der Digitalisierung ausschöpfen. Und dann gibt es Krankenhäuser, in denen Ärzte Fotos von Befunden mit ihrem privaten Handy machen und das Foto per Whatsapp an ihre Kollegen schicken, um sich Rat einzuholen, weil es keine adäquate IT-Infrastruktur gibt, die sie nutzen könnten.“

PAUL CHOJECKI, FRAUNHOFER HHI



# „Zukünftig

**werden sich neue eHealth-Services wie z. B. Self-Tracking oder neue Assisted-Living-Services mit großer Dynamik entwickeln, im Zweifelsfall auch am hoch regulierten deutschen Krankenversicherungsmarkt vorbei. Sie haben ein disruptives Potenzial und werden über kurz oder lang auch das eher schwerfällige deutsche Gesundheitssystem entsprechend verändern.“**

DR. NILS HEYEN, FRAUNHOFER ISI

Dabei explodiert der Markt für digitale Gesundheitsdienstleistungen geradezu – allerdings weitgehend außerhalb des Systems der Krankenkassen. Bereits heute gibt es mehr als 65.000 Gesundheits- und Fitness-Apps, 41.000 davon widmen sich dem engeren medizinischen Bereich. Experten erwarten, dass sich das weltweite Marktvolumen bis 2020 von derzeit 61 Milliarden US-Dollar auf dann 230 Milliarden US-Dollar nahezu vervierfachen wird.<sup>40</sup> Und auch für Deutschland werden erhebliche Steigerungsraten erwartet: Alleine im Bereich Software und Services rechnen die interviewten Experten mit über 20 Prozent durchschnittlichem Marktwachstum per annum in den nächsten fünf Jahren. Trotz dieser extrem dynamischen Marktentwicklung bewerten die interviewten Experten den resultierenden medizinischen Nutzen und die Anforderungen an die Netzinfrastruktur in den einzelnen Anwendungsfeldern aber sehr unterschiedlich.

Im Bereich des Trackings von Gesundheitsdaten ist der Markt nur wenig reguliert und die Vielfalt der Angebote nahezu unüberschaubar groß. Dabei lässt sich das Bio-tracking, also die Datengewinnung über Implantate, z. B. zur Messung des Blutzuckerspiegels, vom non-invasiven Self-Tracking über spezielle Armbänder oder auch Smart Watches unterscheiden. Der medizinische Nutzen liegt derzeit vor allem in der direkten Rückkopplung dieser Geräte an den Nutzer.

Sollten die erhobenen Daten aber zukünftig über Cloud-Anwendungen einer systematischen Auswertung zugeführt werden, könnte dies einen bisher unbekannten Datenschatz generieren. Aber selbst wenn die Daten zukünftig nicht mehr nur lokal auf dem Smartphone gespeichert werden sollten, sondern zusätzlich über Cloud-Dienste einer Big-Data-Auswertung zugeführt werden sollten, werden die Anforderungen an die Netzinfrastruktur beim Self- und Bio-Tracking wahrscheinlich nur vergleichsweise gering sein: Es fallen hier weder große Datenvolumina an, noch sind die Anforderungen an eine geringe Latenz oder die Stabilität besonders hoch.

Auch vom Einsatz von Big-Data-Methoden in der medizinischen Forschung, bei der Auswertung von Patientendaten und medizinischen Befunden erwarten sich die interviewten Experten erhebliche Fortschritte, die sich in einer besseren Diagnostik und bei der individuellen Therapie von Patienten niederschlagen werden. Notwendig sind hier insbesondere Methoden des maschinellen Lernens, des Deep Learning bzw. Cognitive Computing, in denen es in den letzten zwei bis drei Jahren enorme Fortschritte gegeben hat.

Dem stehen derzeit in Deutschland aber vielfältige Hemmnisse entgegen. Der Grund hierfür sind allerdings nicht hohe Anforderungen an die Netzinfrastruktur. Es fallen zwar große Datenmengen an, deren Übertragung ist aber zumeist nicht zeitkritisch. In diesem Bereich geht es vielmehr um Fragen der technischen Implementierung und des Datenschutzes. So ist die Migration von papier-

<sup>40</sup> Guido Bohsen, 2016, Die Verweigerung, in: Süddeutsche Zeitung vom 04.03.2015



# „Ich könnte

**mir für die Zukunft eine Art medizinisches Navigationsgerät vorstellen, das den Chirurgen z. B. via 3D-Visualisierung bei komplizierten operativen Eingriffen unterstützt. Das würde natürlich hohe Anforderungen an die zu übertragenden Datenvolumen und vorhandenen Rechenkapazitäten stellen. Um in einer solchen Situation aber als Arzt handlungsfähig zu bleiben, ist die Stabilität der Netzverbindung von übergeordneter Bedeutung: Sobald man sich auf diese Systeme verlässt, muss hier natürlich eine extrem hohe Ausfallsicherheit gewährleistet sein.“**

**PROF. DR. CHRISTOF VON KALLE, DEUTSCHES KREBSFORSCHUNGSZENTRUM**

gebundener zur digitalen medizinischen Dokumentation in Deutschland noch lange nicht abgeschlossen und der Bedarf an Technologieausstattung in Praxen und Krankenhäusern ist enorm. Außerdem ist es in Deutschland rechtlich verboten, medizinische Daten auf externen Servern im Rahmen von Cloud-Anwendungen zu speichern und damit einer systematischen Auswertung zuzuführen. Laut Expertenmeinung scheitern Fortschritte in diesem Bereich derzeit auch daran, dass nur die wenigsten Ärzte das entsprechende Big-Data-Know-how haben, um sich in die medizinische Cloud einzuklinken und die angebotenen Diagnosetools zu nutzen. Diese ungünstigen Rahmenbedingungen sprechen also eher dafür, dass die digitale Patientenvernetzung und echte Big-Data-Diagnosen im deutschen Gesundheitswesen erst mittelfristig zu einem relevanten Markt werden.

Ein erster Schritt in Richtung Big-Data-Analysen in Diagnostik und Therapie könnte in Deutschland aber mit der sogenannten elektronischen Patientenakte gemacht werden. Hier geht es vor allem um den elektronischen Austausch von Patientendaten, d. h. von Untersuchungsergebnissen, Tests, Diagnosen und Therapien zwischen behandelnden Ärzten, wie etwa Haus- und Fachärzten sowie Krankenhäusern. Damit sollen Mehrfachuntersuchungen überflüssig und die Qualität der Behandlung erhöht werden, weil ein vollständigeres Bild von Vorerkrankungen, Unverträglichkeiten und Testwerten vorliegt.

Um dies zu realisieren, braucht es aber sogenannte Dateninterpretationszentren, die nach Maßgabe einer aktuellen Ausschreibung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) an den deutschen Universitäten aufgebaut werden sollen. Der Decision-Support für die Ärzte könnte sich dann nicht auf mehr nur auf 100 oder 200 andere Patienten beziehen, sondern auf 10.000 oder sogar 100.000 Patienten, bei denen ähnliche Symptome diagnostiziert wurden, die eine ähnliche Konstitution aufweisen oder die über eine ähnliche Krankengeschichte verfügen. Angelehnt an den Fraunhofer Industrial Data-space, bei dem es um den Aufbau einer sichereren Cloud-Umgebung für Industrie-4.0-Anwendungen geht, arbeiten die Fraunhofer-Institute derzeit intensiv an der Technik eines Medical Dataspace.

Auf dem Weg zur elektronischen Patientenakte sind aber in Deutschland etliche Hürden zu überwinden. So gibt es im Krankenhaus eine Vielzahl von Medizingeräten, die Daten produzieren, welche bisher kaum kombiniert werden. Hier geht es nicht nur um einheitliche Standards der Datenerfassung und -aufzeichnung. Auch Medienbrüche sind von großer Bedeutung, etwa wenn Radiologiebefunde auf CD kopiert und den Patienten mitgegeben werden, um sie den behandelnden Ärzten zu überreichen. Das wäre auch heute schon nicht notwendig, da Picture Archiving and Communication Systems (PACS) existieren, die für den Datenaustausch genutzt werden



könnten. Die Anforderungen an die Netzinfrastruktur sind hier aber ebenfalls vergleichsweise gering, da die Verfügbarkeit der Verbindung und die Stabilität wichtiger sind als die Echtzeitfähigkeit. Datensicherheit und -kompatibilität stehen zudem klar im Vordergrund.

Deutlich weniger dynamisch als medizinische Big-Data-Anwendungen wird sich nach Experteneinschätzung der Bereich des Ambient Assistent Living (AAL) entwickeln. Hier scheinen sich eher pragmatische, kleinere Lösungen durchzusetzen statt Hightech-Lösungen, an denen etwa das Fraunhofer HHI bereits seit mehreren Jahren forscht. Als Beispiel können etwa einfache Notrufsysteme dienen, mit denen via Knopfdruck ein Notruf abgesetzt werden kann. Die permanente Überwachung von potenziell hilfsbedürftigen Personen via Video, die eine Zeit lang als mögliches Anwendungsfeld diskutiert wurde, scheint hingegen an den hierzulande verbreiteten Datenschutzbedenken zu scheitern.

Größere Anforderungen an die Netzinfrastruktur können sich hingegen in einem anderen Bereich von Smart Health ergeben, den bildgebenden Verfahren und der Bildverarbeitung. Bei der Bildgebung geht es z. B. im Rahmen der Magnetresonanztomografie und Spektroskopie darum, bessere Verfahren zur Bildakquise zu entwickeln, die ohne schädliche Kontrastmittel auskommen. Denkbar sind hier auch Aufnahmen mit zwei Kameras, um dadurch ein 3D-Bild zu errechnen. Ein Chirurg könnte anhand einer 3D-Visualisierung der Leber eines Patienten dann entscheiden, wo der ideale Schnitt gemacht werden sollte.

Bei der Bildverarbeitung hingegen steht die (teil-)automatisierte Diagnose aus vorliegenden digitalen Daten im Vordergrund, beispielsweise um in einem Scan den Tumor zu lokalisieren und seine Grenzen zu bestimmen. Je nach Einsatzgebiet fallen dabei aber unterschiedlich große Datenvolumina an: Während die bereits seit längerem bekannten Hirnscans oftmals nicht größer als 100 Megabyte sind, entstehen laut Prof. von Kalle vom Deutschen Krebsforschungszentrum etwa bei der Gendatenanalyse Datensätze im Terabyte-Bereich.

In den beiden Bereichen Bildgebung und Bildverarbeitung müssen damit zwar grundsätzlich große Datenmengen verarbeitet werden. Diese Daten verbleiben aber heutzutage im Normalfall in der Einrichtung, in der sie erzeugt wurden. Die derzeitigen Anforderungen an die Netzinfrastruktur sind vergleichsweise gering. Sollten aber auch in diesen Bereich Big-Data-Analysen Einzug halten,

würden hohe Bandbreiten und eine symmetrische sowie stabile Internetverbindung stark an Bedeutung gewinnen.

Auch der Bereich der Telemedizin stellt potenziell sehr hohe Anforderungen an die Netze. Hier geht es etwa um Fernoperationen, bei denen ein Herzspezialist aus Hamburg eine Operation an einem Patienten in Afrika vornimmt. Hier hängen Menschenleben von der Stabilität und Echtzeitfähigkeit der Datenübertragung ab. Dieses Verfahren wird zwar bereits seit vielen Jahren als Musterbeispiel der telemedizinischen Anwendungen geführt. Und obwohl es hier regelmäßig neue und zukunftsweisende Pilotprojekte gibt, ist die Dynamik in diesem Bereich nach Meinung der interviewten Experten stark zurückgegangen. Um dieser Technologie zum Durchbruch zu verhelfen, bedarf es zum einen noch intensiver Entwicklungsarbeit im Bereich der Robotik. Zum anderen ist gerade im Bereich von Fernoperationen auch das haptische Feedback an den operierenden Arzt von elementarer Bedeutung. Neue Entwicklungen in diesem Bereich, etwa bei Handschuhen, die ein haptisches Feedback an den Nutzer geben, bieten hier Anlass für Optimismus.

Ein weiterer Bereich der Telemedizin hat bereits heute Marktreife erlangt: das Video-Consulting bzw. die virtuelle Visite. Hier sind die Anforderungen an die Stabilität und Echtzeitfähigkeit der Netze ungleich kleiner als bei Fernoperationen. Im Normalfall sind bereits vergleichsweise geringe Bandbreiten zwischen 50 und 100 Mbit/s ausreichend. Und obwohl diese Anwendungen damit bereits heute aus technischer Perspektive und mit der bestehenden Netzinfrastruktur oftmals problemlos umsetzbar sind, stellen sie in Deutschland absolute Ausnahmefälle dar. Ursache ist auch hier wieder der stark regulierte deutsche Gesundheitsmarkt: Innovative Anbieter solcher Dienstleistungen kommen zumeist außerhalb des Systems der etablierten Krankenversicherungen und besitzen damit keinen direkten Marktzugang. In den USA ist das Gesundheitswesen hingegen für innovative Anbieter und digitale Dienstleistungen offener, wie das Beispiel des New Yorker Krankenversicherungsunternehmens Oscar zeigt.

### Smart Industry

Smart Factory und Industrie 4.0 sind die derzeit wohl am intensivsten diskutierten Bereiche einer zunehmenden Digitalisierung von Gesellschaft und Wirtschaft. Die Digitalisierung des Produktionsprozesses soll ermöglichen, dass weltweit verteilte Produktionssysteme entstehen, die



## Smart Industry

|                | Märkte    |         | Anforderungen |           |        |            |
|----------------|-----------|---------|---------------|-----------|--------|------------|
|                | Potenzial | Dynamik | Bandbreite    | Symmetrie | Latenz | Stabilität |
| Smart Industry | +++       | ++      | ++            | ++        | +      | ++         |

die traditionellen Lieferketten und -netzwerke durcheinanderwirbeln und für eine viel größere Dynamik im Markt sorgen. Joachim Hackmann von PAC München erwartet für die kommenden fünf Jahre bei der Digitalisierung der Produktion, der Vernetzung der Standorte, der Robotik und den Mensch-Maschine-Schnittstellen-Anwendungen jährliche Zuwachsraten von knapp 20 Prozent.

Trotz der großen Erwartungen, die mit der Entwicklung zur smarten Industrie bzw. Industrie 4.0 verbunden sind, scheint im Segment der cloudgestützten Produktionssteuerung aber zugleich auch eine gewisse Ernüchterung einzutreten. Dies hat insbesondere zwei Ursachen: Zum einen herrscht bei vielen deutschen Firmen eine große Verunsicherung hinsichtlich der Sicherheit der Daten. Einige große deutsche Industrieunternehmen verbieten derzeit ihren Zulieferern sogar explizit, die Produktion aus der Cloud zu steuern: Zu groß ist die Angst vor Know-how-Abfluss. Lösungen für dieses Problem sind aber in Sicht: So forschen etwa die Fraunhofer-Institute im Rahmen des Industrial Dataspace bereits intensiv an entsprechend abgesicherten Cloud-Anwendungen. Dabei wird der Datencontaineransatz verfolgt, bei dem die Daten in einen Container verpackt und dann versendet werden. Nur mit entsprechenden Zugriffsrechten kann der Datencontainer geöffnet werden. Zudem bietet diese Technologie auch die Möglichkeit, dass der Datenempfänger nur die Daten einsehen kann, die er auch tatsächlich benötigt.

Ein größeres Hemmnis als Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit scheint derzeit aber noch die Existenz einer hochstabilen und zuverlässigen Internetverbindung zu sein. Daher setzen deutsche Unternehmen bei der Digitalisierung der Produktion derzeit noch mehrheitlich auf lokale Netzwerke, in denen der Leitstand über WiFi-Standards die entsprechenden Daten mit sehr geringen Latenzen an die jeweilige Maschine überträgt. Auch in diesem Segment dürfte die Einführung von 5G aber zu einem wesentlichen Anstieg der Marktdynamik führen,

**Das**

**strategische Potenzial von Industrie 4.0 kann sich nur auf der Basis einer leistungsfähigen, zuverlässigen, hochverfügbaren und sicheren Infrastruktur entfalten und in operationelle Geschäftsmodelle gewandelt werden.“**

DR. THOMAS USLÄNDER, FRAUNHOFER IOSB

da die Latenzen im Vergleich zu den heute verfügbaren mobilen Datennetzen erheblich geringer ausfallen werden.

Von dem Bereich der Smart Factory bzw. Industrie 4.0 nicht trennscharf zu unterscheiden sind die Schlüsseltechnologien 3D-Druck und Virtual Reality. Da beide Schlüsseltechnologien aber bereits heute eingesetzt werden und nach einhelliger Expertenmeinung hohe Wachstumsraten aufweisen, sollen sie ebenfalls eingehender betrachtet werden.

Unter allen thematisierten Technologien weisen die interviewten Experten dem 3D-Druck die mit Abstand größte Dynamik und das größte Marktpotenzial zu. Ein erstes eindrucksvolles Beispiel für die Möglichkeiten dieser Technologie stellt das im Mai 2016 von Airbus vorgestellte Motorrad aus dem 3D-Drucker dar, bei dem der Motorradrahmen durch eine innovative 3D-Laser-Schweißmethode mit höchster Präzision und in Leichtbauweise „gedruckt“

# „Prinzipiell

**könnten Betriebs- und Prozessdaten komplett in der Cloud verarbeitet werden. Aber: Wer würde heute auf die Verfügbarkeit des Internets derart vertrauen, dass er seine Maschinen komplett über die Cloud steuern würde? Niemand!“**

ESTHER BOLLHÖFER, FRAUNHOFER ISI

# „Über

**das wahre Potenzial im 3D-Druck kann man in vielen Bereichen bislang nur spekulieren. Absehbar ist, dass mit neuen Verbundmaterialien und mit der Möglichkeit, Metalle mit Lasern druckähnlich zu bearbeiten, ganz neue Anwendungsmöglichkeiten entstehen werden.“**

JOACHIM HACKMANN, PAC MÜNCHEN

wurde. Airbus hat angekündigt, dass zukünftig 30 Prozent der Teile vor Ort von 3D-Druckern produziert werden sollen. Damit lassen sich nicht nur kosteneffizient sehr viel geringere Losgrößen realisieren. Auch die Lager- und Logistikkosten werden beim Einsatz von 3D-Druckern massiv sinken.

Zusätzlich wird 3D-Druck auch erhebliche Auswirkungen auf das industrielle Geschäftsmodell haben. Die Entwicklung in diesem Bereich kann nach Expertenmeinung in letzter Konsequenz dazu führen, dass produzierende Betriebe zukünftig gar keine eigene Produktion mehr brauchen, sondern Produktionsaufträge an spezialisierte

Produktions-Dienstleister auslagern. Statt ein eigenes Produkt zu verkaufen, würden dann nur noch die für die Produktion notwendigen CAD-Dateien bzw. Prozessdaten am Markt angeboten. Diese Entwicklung wird derzeit unter dem Stichwort des „Fabless Manufacturing“ diskutiert, wobei fabless für „without own fabrication facilities“ steht. Statt also eine eigene Produktionsstätte zu unterhalten, könnten industrielle Unternehmen zukünftig dazu übergehen, lediglich einen Produktionsauftrag auszuschreiben, Angebote einzusammeln und ad hoc eine eigene, weltweite Wertschöpfungskette zu organisieren.

Hinsichtlich der Netzanforderungen ist die Technologie des 3D-Drucks im Vergleich zu vielen anderen Anwendungen relativ genügsam. Zwar fallen hier bei den Konstruktions- und Prozessdaten umfangreiche Datenvolumina an. Um diese zu versenden, sind also hohe Bandbreiten sinnvoll. Auch eine symmetrische Datenverbindung mit hohen Upload-Geschwindigkeiten kann den Anwendungsnutzen erhöhen. Eine Übertragung in Echtzeit ist hier aber nicht notwendig, da die Konstruktionsdaten am 3D-Drucker lokal zwischengespeichert werden können. Diese Datenpuffer reduzieren auch die Anforderung an die Stabilität der Internetverbindung, da fehlgeschlagene oder abgebrochene Datenübertragungen recht einfach neu gestartet werden können.

VR-Anwendungen werden in Deutschland derzeit vor allem im Zusammenhang mit virtuellen Besprechungen und in der Produktentwicklung diskutiert. Dabei sind virtuelle Besprechungen nach Experteneinschätzung zwar ein interessanter Markt, der bereits seit mehreren Jahren intensiv bearbeitet wird. Es hat sich hier aber auch eine

# „Der

**Virtual-Reality-Bereich hat ein großes Potenzial für arbeitstechnische und gesellschaftliche Veränderungen. Die Virtual-Reality-Entwicklung setzt fort, was mit der digitalen Ablage und 3D-Konstruktion begonnen wurde: Sie wird bspw. künftig textlastige Anleitungen auf traditionellen Medien durch online abrufbare Animationen, Videos und Virtual-Reality-Angebote ersetzen.“**

RONNY FRANKE, FRAUNHOFER IFF

gewisse Ernüchterung bei deren Anwendung eingestellt: So ist nach Aussage eines interviewten Experten eine der am häufigsten gehörten Aussagen in virtuellen Besprechungen die Frage „Sehen Sie das Gleiche wie ich?“ Zudem berichten Nutzer immer wieder davon, dass diese Technologie den persönlichen Austausch nicht ersetzen kann. Dieses Manko virtueller gegenüber persönlicher Kommunikation hat wohl auch maßgeblich dazu beigetragen, dass sich z. B. das Online-3D-Spiel „Second Life“ nicht am Markt durchsetzen konnte. Neuen Schwung könnte die Entwicklung in diesem Bereich aber erhalten, wenn den Teilnehmern einer virtuellen Besprechung ein zusätzlicher Nutzen geboten würde, z. B. indem über cloudbasierte Dienste eine Übersetzung der Redebeiträge in Echtzeit angeboten würde.

Weitaus vielversprechender im Bereich Virtual Reality ist hingegen der Bereich Produktentwicklung. Da F&E-Ausgaben in Unternehmen einen erheblichen Kostenblock darstellen, sucht die Industrie hier intensiv nach Einsparpotenzialen. Zudem haben sich die Innovationszyklen in der Industrie immer weiter reduziert, was eine schnellere Prototypenentwicklung notwendig macht. Die Produktentwicklung unter Nutzung von Virtual Reality bietet aber noch zwei weitere Vorteile, die die Dynamik in diesem Markt auch in Zukunft hochhalten werden: Zum einen lassen sich bei der virtuellen Produktentwicklung Verbesserungsvorschläge aus der Produktion nahtlos in das Engineering einbeziehen. Zum anderen wird die Produktentwicklung mit Virtual Reality lokationsunabhängig, sodass auch in verteilten oder externen Entwicklerteams gearbeitet werden kann.

Auch der Bereich des Lernens wird sich durch den Einsatz von VR zukünftig stark verändern: Ronny Franke vom Fraunhofer IFF sieht hier für die Didaktik ein ähnlich großes disruptives Potenzial, wie es Wikipedia für den Markt der Nachschlagewerke hatte. Statt Bücher zu lesen und im Internet nach textbasiertem Schulungsmaterial zu suchen, wird zukünftig dem videogestützten Tutorial Learning eine zunehmende Bedeutung zukommen. So ließen sich etwa Schulungen zur Bedienung einer speziellen Maschine nicht nur gefahrlos, sondern auch orts- und zeitunabhängig durchführen.

Hinsichtlich der Anforderungen an die Netzinfrastruktur sind bei Virtual-Reality-Anwendungen sowohl Bandbreite als auch eine geringe Latenz von zentraler Bedeutung. Soll beispielsweise in der Produktentwicklung ein realistisches Bild mit stimmigen Texturen übertragen werden, kommen schnell Hunderte Megabyte zusammen. Da zudem zu erwarten ist, dass die zugehörige Hardware immer kleiner wird, muss ein zunehmender Anteil an Informationen aus der Cloud bezogen werden, was die Anforderungen an die Bandbreite weiter erhöht. Geringe Latenzen sind im Bereich der VR-Anwendungen zwar

## Smart Administration

|                      | Märkte    |         | Anforderungen |           |        |            |
|----------------------|-----------|---------|---------------|-----------|--------|------------|
|                      | Potenzial | Dynamik | Bandbreite    | Symmetrie | Latenz | Stabilität |
| Smart Administration | +         | ++      | ++            | ++        | +      | +          |

nicht sicherheitsrelevant, wie es etwa bei medizinischen Anwendungen oder beim autonomen Fahren der Fall ist. Eine spürbare Verzögerung beim Wechsel der Blickrichtung aber führt bei vielen Nutzern zu Übelkeit und senkt damit die Akzeptanz dieser Anwendungen massiv.

### Smart Administration

Die öffentliche Verwaltung in Deutschland ist heute noch weitgehend papierbasiert. Damit unterscheidet sich dieser Bereich deutlich von anderen Bereichen wie etwa der Industrie oder den Krankenkassen, wo viele Belege als erstes eingescannt und digital weiterverarbeitet werden. Beim Thema eGovernment scheint es derzeit daher vor allem darum zu gehen, Formulare online zu stellen und eine digitale Bearbeitung zu ermöglichen. Beispiele für vollständig digitalisierte Verfahren existieren auch in Deutschland, wie etwa die Umsatzsteuervoranmeldung, Mahnregisterabrufe oder Handelsregistereinträge. Trotz der Annehmlichkeiten, die mit diesen Formen der Verwaltungsdigitalisierung für Unternehmen, Bürger und Verwaltungsmitarbeiter verbunden sind, wird das Potenzial der Digitalisierung für die öffentliche Verwaltung derzeit nach Expertenmeinung bei weitem nicht genutzt: Oftmals werden lediglich bestehende Verwaltungsprozesse digital abgebildet. Andere Länder, wie etwa Estland, sind hier gefühlte Lichtjahre weiter. Warum aber gerät Deutschland in diesem Bereich international ins Hintertreffen?

Der wichtigste Grund ist vor allem in der gesetzlich vorgeschriebenen „Zwecktrennung“ von Daten in Deutschland zu sehen. Die Zwecktrennung geht auf ein Verfassungsgerichtsurteil aus dem Jahr 1982 zur Volkszählung zurück. Demnach dürfen Daten in der öffentlichen Verwaltung nur für den Zweck genutzt werden, für den sie erhoben wurden. Das bedeutet zugleich, dass Daten nur unter extrem restriktiven Auflagen miteinander verknüpft werden dürfen.

Gerade in der Verknüpfung von Verwaltungsdaten liegt aber das größte Potenzial für Smart Administration, wie das Beispiel der 2016 eingeführten „vorausgefüllten Steuererklärung“ zeigt. In dieser werden von den Finanzämtern alle steuerrelevanten Daten eines Arbeitnehmers bereits im Vorfeld zusammengetragen und automatisiert an der richtigen Stelle der Lohnsteuererklärung eingetragen. Dem Bürger kommt damit nur noch die Aufgabe zu, die Richtigkeit der Daten online zu prüfen, was eine spürbare Erleichterung zum bisherigen Verfahren darstellt. Hier wäre es aus Perspektive der Unternehmen und

# „Mit

**der Digitalisierung könnte man Verwaltung völlig neu denken und so etwas wie eine vernetzte Verwaltung 4.0 realisieren. Dazu ist es aber erforderlich, dass verteilte Datensätze kombiniert werden können, was rechtlich heute allerdings vielfach noch nicht erlaubt ist.“**

DR. MARTIN HAGEN,  
IT-DIREKTOR DES STADTRATES BREMEN

Bürger wünschenswert, wenn zukünftig weitere Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung digitalisiert, medienbruchfrei und online angeboten würden.

Hinsichtlich der Anforderungen an die Netzinfrastruktur sind die bereits etablierten Angebote der öffentlichen Verwaltung – zumindest im direkten Vergleich zu vielen anderen Schlüsseltechnologien – sehr genügsam. Dr. Martin Hagen weist in diesem Zusammenhang aber darauf hin, dass die Verwaltung in Deutschland „traditionell gut mit asynchronen Prozessen umgehen kann“. Neue Entwicklungen in diesem Bereich können aber dazu führen, dass die Netzanforderungen zukünftig spürbar ansteigen werden.

Hier sind zum einen die Möglichkeiten des Cloud Computing zu nennen. Da Cloud-Dienstleistungen zu immer günstigeren Preisen angeboten werden, ist dieser Bereich nicht nur für die großen Städte und Gemeinden attraktiv, sondern auch für kleinere Kommunen. Dem stehen derzeit insbesondere rechtliche Fragen entgegen, die technische Umsetzung ist hingegen bereits heute problemlos möglich.

Eine zweite Technologie, die die gesamte öffentliche Verwaltung revolutionieren könnte, ist nach Ansicht von Prof. Mischa Dohler vom King's College London die Block-Chain-Technologie. Diese wird bereits heute bei

der virtuellen Bitcoin-Währung erfolgreich eingesetzt. Block Chain beschreibt im Kern eine dezentral verteilte Datenbank. Diese besteht aus einer Reihe von Datenblöcken, in denen jeweils eine oder mehrere Transaktionen zusammengefasst und mit einer Prüfsumme versehen sind. Dies hat zur Konsequenz, dass Daten, die in einer Block Chain gespeichert sind, nicht mehr geändert oder entfernt werden können.

Der Versicherungsmarkt ist angesichts dieser Technologie bereits in einigen Aufruhr geraten, da hier ganz neue Geschäftsmodelle abseits der etablierten Versicherungsunternehmen möglich wären. Es lassen sich aber auch potenzielle Anwendungen in der öffentlichen Verwaltung bzw. für den digitalen Staat erkennen. Mittels Block-Chain-Technologie ließen sich etwa digitale Wahlen fälschungssicher und auch nachvollziehbar organisieren. Die Anforderungen an die Netze dürften bei einem solchen Einsatz insbesondere bei der Bandbreite ansteigen, da etwa bei den digitalen Wahlgängen mehrere Millionen Bürgervoten übertragen werden müssten. Die Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit der Netze oder eine symmetrische Datenverbindung würden hingegen nur wenig steigen.

## Fazit und Überblick der Netzanforderungen

Die nachfolgende Tabelle stellt die von den Experten identifizierten Marktpotenziale und -dynamiken sowie die aus den Schlüsseltechnologien resultierenden Anforderungen an die Netzinfrastruktur nochmals im Überblick dar.

Dabei ist hervorzuheben, dass sowohl die Potenzial- und Dynamikschätzungen als auch die Netzanforderungen *wahrscheinliche* Entwicklungsverläufe darstellen. Diese können sich natürlich bei disruptiven Entwicklungen, die sich heute noch nicht durch entsprechende Schlüsseltechnologien abzeichnen, anders ausfallen. In diesem Fall werden Dynamik, Potenzial und auch die Netzanforderungen sogar (stark) steigen. Die hier beschriebenen Netzanforderungen sind damit als Minimalschätzungen zu interpretieren.

<sup>41</sup> Erhöhter Bandbreitenbedarf bei extrem hohen Nutzerzahlen

<sup>42</sup> Erhöhte Anforderung an Latenz, falls Steuerung aus der Cloud

|                      | Märkte    |         | Anforderungen    |           |                 |            |
|----------------------|-----------|---------|------------------|-----------|-----------------|------------|
|                      | Potenzial | Dynamik | Bandbreite       | Symmetrie | Latenz          | Stabilität |
| Smart Consuming      | +++       | +++     | +++              | +++       | ++              | +          |
| Smart Mobility       | +++       | ++      | ++ <sup>41</sup> | +         | +++             | +++        |
| Smart Energy         | ++        | ++      | +                | +         | +++             | +++        |
| Smart Health         | ++        | ++      | +++              | +         | +               | +          |
| Smart Industry       | +++       | ++      | ++               | ++        | + <sup>42</sup> | ++         |
| Smart Administration | +         | ++      | ++               | ++        | +               | +          |

# Was sind die Anforderungen an eine Gigabit-Gesellschaft?

Drei Ableitungen sind das wesentliche Ergebnis der bisherigen Untersuchung.

- ▶ Deutschland hat bei der Breitbandinfrastruktur aufgeholt, bleibt aber international im Mittelfeld.
- ▶ Der Ausbau der Breitbandinfrastruktur hat positive volkswirtschaftliche Effekte.

- ▶ Es gibt hohe Marktpotenziale, die hochleistungsfähige Breitbandinfrastrukturen brauchen.

Daraus lassen sich sieben Anforderungen an eine Breitbandinfrastruktur der Zukunft ableiten.



## Schnell zu flächendeckenden NGA-Netzen

Eine digitale Wirtschaft – und am Ende auch wesentliche Teile der Gigabit-Gesellschaft – ist eine Netzwerkeconomie. Datenaustausch, Kommunikation und Interaktion entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind ihre Kennzeichen. Die Potenziale können dann erschlossen werden, wenn möglichst alle Unternehmen und Haushalte an dieses Netz angeschlossen sind. Auch kleine und mittlere Unternehmen in Regionen abseits der großen Zentren können ihre digitale Kreativität nur entfalten, wenn sie Zugang zu leistungsfähigen Infrastrukturen haben. Die Bundesregierung hat das Ziel ausgegeben, dass bis 2018 ein flächendeckendes NGA-Netz mit mindestens 50 Mbit/s zur Verfügung stehen soll. Sie verfolgt dieses Ziel mit einem technologieneutralen Ansatz. Bei dieser Strategie werden die Glasfaseranbindungen so nah als möglich an die Endnutzer (Unternehmen, Gewerbegebiete, Haushalte) herangeführt.

Diese Strategie setzt auf eine schnelle und kostengünstige Erschließung bisher unzureichend versorgter Gebiete. Zur Erinnerung: Nur 29 Prozent der Unternehmen in den ländlichen Regionen verfügen über Breitbandanschlüsse mit mindestens 50 Mbit/s. Die Ausbaurkosten werden mit rund 20 Milliarden Euro beziffert und liegen um den Faktor vier unterhalb der Kosten eines flächendeckenden Glasfaserausbaus (WIK, 2011<sup>1</sup>; 2013<sup>2</sup>; TÜV Rheinland, 2016<sup>3</sup>). Diese Kosteneinsparungen sind nur möglich, weil die Leistungssteigerungen durch technische Aufrüstungen bestehender Infrastrukturen ermöglicht werden.

Der Nachteil dieser Strategie besteht darin, dass sie – zumindest was die kupferbasierten Teile betrifft – nur ein Zwischenschritt ist und künftige Nachinvestitionen in ein weitgehend glasfaserbasiertes Netz erfordert. Denn alle im Rahmen dieser Studie durchgeführten Expertengespräche kommen zum gleichen Ergebnis: Ein flächendeckendes 50-Mbit/s-Netz ist eine wenig ambitionierte Mindestausstattung, damit der Weg in die Gigabit-Gesellschaft beginnen kann. Für die Zeit nach 2018 muss die Zielmarke für die Qualität der Breitbandnetze deutlich angehoben werden.

<sup>1</sup> WIK, 2011, Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, Diskussionsbeitrag Nr. 359, Bad Honnef

<sup>2</sup> WIK, 2013, Der dynamische Investitionswettbewerb als Leitbild der künftigen Entwicklung des Telekommunikationsmarktes, Bad Honnef

<sup>3</sup> TÜV Rheinland, 2016, Bericht zum Breitbandatlas Ende 2015, Berlin



## Bedarfe steigen – Stillstand ist Rückschritt

Die einschlägige Literatur und die befragten Experten kommen zu einem recht eindeutigen Ergebnis: Es gibt kein Ende des Datenhungers. Die Entwicklung geht weiter, und die Bedarfe für Gigabit-Netze sind vorhanden.

Mit dem Erreichen des Ausbauziels 2018 (mindestens 50 Mbit/s für alle) wäre in Deutschland zwar ein Etappenziel erreicht, viel Zeit zum Verharren bleibt aber nicht. Denn auch hier gilt die alte Fußballweisheit: „Nach dem Spiel ist vor dem Spiel.“ Der Übergang zu Breitbandinfrastrukturen mit deutlich höherer Leistung muss umgehend beginnen. Es gibt kaum eine Prognose, die nicht von notwendigen Bandbreiten weit jenseits der Zielmarke von 50 Mbit/s bereits in naher Zukunft ausgeht.

Aber so weit muss man gar nicht nach vorne blicken. Bereits heute werden in Deutschland für Privatkunden im Festnetz Tarife mit bis zu 400 Mbit/s angeboten. 2015 gab es rund 6,6 Millionen Breitbandanschlüsse, die über HFC-Netze die entsprechend hohen Datenraten zur Verfügung stellen können. 1,9 Millionen der HFC-Kunden fragten Anschlüsse mit mindestens 100 Mbit/s nach.<sup>4</sup> Das sind 40 Prozent mehr als noch 2014.<sup>5</sup> Selbst ein rund fünf Minuten langes 4K-Video mit einer Größe von 2 Gigabyte ist in solchen Netzen in bis zu 40 Sekunden heruntergeladen.

Einschlägige Studien (WIK, 2016<sup>6</sup>; Cisco, 2015<sup>7</sup>; SBR-net, 2016<sup>8</sup>; van der Vorst, 2014<sup>9</sup>) zeigen, dass weiterhin mit steigender Nachfrage nach mehr Bandbreite zu rechnen ist und wo die Anwendungen sind. Dabei sind die Treiber – vielleicht mit Ausnahme des Online-Video-streamings – nicht so sehr die bekannten Anwendungen, sondern die neuen, noch nicht entdeckten Einsatzmöglichkeiten. Das sind genau die Bereiche, die im vorangegangenen Kapitel als digitale Schlüsseltechnologien und Märkte der Zukunft (Smart Consuming, Smart Mobility, Smart Energy, Smart Health, Smart Industry und Smart Administration) identifiziert wurden.

<sup>4</sup> Bundesnetzagentur, 2016, Jahresbericht 2015, Bonn

<sup>5</sup> Bundesnetzagentur, 2015, Jahresbericht 2014, Bonn

<sup>6</sup> WIK, 2016, Markt- und Nutzungsanalyse von hochbitratigen TK-Diensten für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft in Deutschland, erscheint demnächst

<sup>7</sup> Cisco Systems, 2015, Visual Networking Index [Stand: 2016-05-09]

<sup>8</sup> SBR-net Consulting AG, 2016, FttOffice in Deutschland

<sup>9</sup> van der Vorst et al., 2014, Fast Forward – How the speed of the internet will develop between now and 2020, Utrecht

## Orientierung an Top-Usern – der Durchschnitt schafft keinen Fortschritt

Nicht jeder Haushalt und nicht jedes Unternehmen wird in Zukunft Gigabit-Netze mit sehr hohen Bandbreiten in Anspruch nehmen. Die große Mehrheit kommt sicherlich auch mit weniger aus. Studien zeigen aber zwei Befunde:

- Der wesentliche Markt für Breitbandverbindungen wird sich bis 2025 in Richtung höhere Geschwindigkeiten verschieben. Die benötigten Bandbreiten werden weit oberhalb der Grenzen von 50 Mbit/s – dem Zielbereich der heutigen NGA-Netze – liegen.
- Es wird sich eine Avantgarde von Nutzern herausbilden, die deutlich mehr Bandbreite als der Durchschnitt braucht.

Eine Breitbandausbaustrategie sollte sich zumindest mittelfristig an den Bedürfnissen der Top-User orientieren und die Netze nach deren Bedürfnissen auslegen.

Gerade von diesen Unternehmen sind die Innovationsimpulse zur Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle und zur digitalen Transformation der Wirtschaft zu erwarten. Die Analyse der Smart Markets im vorangegangenen Kapitel hat gezeigt, dass es solche Peak-Bereiche gibt und eine Orientierung am Durchschnitt die Entwicklungschancen erheblich beschränken würde. Auch die Experten machten deutlich, dass eine hochleistungsfähige Breitbandinfrastruktur die Voraussetzung für die Entwicklung dieser Märkte ist. Fehlende passende Infrastrukturen wirken wie eine Fortschritts- und Entwicklungsbremse.

„Wenige sind für den Fortschritt zuständig“, diese Erkenntnis gibt es auch in anderen Bereichen. Die deutsche Industrie lebt von den Unternehmen, die forschen, innovativ und international tätig sind. Nur 20 Prozent aller Unternehmen aus dem Bereich Industrie und industriennahe Dienstleistungen erfüllen diese Bedingung. Sie stehen für das Geschäftsmodell Deutschland. Eine erfolgreiche Forschungs- und Innovationspolitik muss sich an dieser Avantgarde ausrichten. Genau dieses Argument gilt auch für die Kalibrierung des Kompasses der Breitbandpolitik.

## Angebot schafft Nachfrage – Infrastruktur in der First-Mover-Rolle

Verstärkt wird dieses Argument der Orientierung an den Bedarfen der Top-User noch dadurch, dass sich die Nachfrage nach Hochleistungsbreitband erst dann ausbildet, wenn diese Netze vorhanden sind. Es werden nur wenige Unternehmen in vernetzte Echtzeitgeschäftsmodelle investieren, wenn sie sich sicher sein können, dass die Netze in der notwendigen Leistungsfähigkeit und Dichte vorhanden sind. Unternehmen werden höchstens in 1:N-Verbindungen investieren, die ihren individuellen Zugang zum vorhandenen Netz verbessern. Geschäftsmodelle, die auf Netzwerkeffekte und damit auf N:N-Verbindungen setzen, werden erst entstehen, wenn die Infrastruktureinrichtungen vorhanden sind. So gesehen schafft erst das Angebot von Gigabit-Netzen auf der Anwendungsseite die Nachfrage. Das ist der Kern eines Technologie-Push-Arguments, das im Netzaufbau eine marktschaffende Funktion sieht. Die Experteninterviews haben das bestätigt. Bereits ein Blick in die Gegenwart verdeutlicht dies. Wo entsprechend leistungsfähige Anschlüsse vorhanden sind, werden diese auch verstärkt nachgefragt. So werden beispielsweise Basisangebote unterhalb von 30 Mbit/s nur noch von einer Minderheit der Kabelkunden genutzt.

Es ist sicherlich unstrittig, dass in einer längerfristigen Perspektive die Top-User die notwendige Orientierung für die Ausgestaltung der Breitbandnetze geben müssen. Aus der Sicht der Netzbetreiber ist das aber nicht so einfach. Sie bauen dann aus, wenn es entsprechende Nachfrage gibt oder diese zu erwarten ist. Volkswirtschaftlich positive Netzwerkeffekte können in diesen betriebswirtschaftlichen Kalkülen keine Rolle spielen. Für die Netzbetreiber stellt sich das Henne-Ei-Problem deshalb genau andersherum dar. Sie werden die Märkte beobachten und dort Angebote im Gigabit-Bereich machen, wo die für die Refinanzierungen der Investitionen notwendigen Zahlungsbereitschaften zu erwarten sind. Das Ergebnis wird zumindest am Anfang ein Gigabit-Flickenteppich sein; denn in absehbarer Zeit wird es noch keine flächendeckende Nachfrage nach Gigabit-Verbindungen geben. In wirtschaftlich starken und höher verdichteten Regionen stehen die Chancen hierfür deutlich besser. Auch werden Top-User Teile ihrer Infrastruktur (eigene Leitungen zum nächsten Knotenpunkt) notfalls selbst aufbauen und in die Anbindung an die Hochgeschwindigkeitsnetze investieren müssen. Die Kosten solcher Insellösungen werden natürlich höher sein als in der Situation der Existenz eines flächendeckenden Gigabit-Netzes. Aber gerade dies ist in Kauf zu nehmen, will man nicht die Gigabit-Netze zu Universaldiensten erklären und den damit verbundenen Auf- und Ausbau zur Staatsaufgabe machen. Letztlich wird der Weg in die Gigabit-Gesellschaft ein beiderseitiges Herantasten zwischen Anbietern und Nachfragern von Breitbandverbindungen sein.

„Bei den

**Gigabit-Netzen werden wir die gleiche Entwicklung erleben wie bei 3G und 4G: Auch hier waren erst die Netze verfügbar, dann entwickelte sich eine zunehmende Bandbreiten-Nachfrage durch das mobile Internet und Smartphone-Anwendungen. Das bedeutet: Wir brauchen die Gigabit-Netze jetzt – und zwar End-to-End.“**

PROF. MISCHA DOHLER, KING'S COLLEGE LONDON

## Steigende Anforderungen verlangen nach FTTB/H und 5G

Steigende Bedarfe, hohe Anforderungen der Top-User und die Schrittmacherfunktion von Breitbandinfrastrukturen für Innovationen sprechen für die Notwendigkeit des Aufbaus von Gigabit-Netzen. Die Experteninterviews haben verdeutlicht, dass die qualitativen Anforderungen an die Breitbandinfrastruktur der Zukunft steigen werden. Das betrifft neben den Geschwindigkeiten insbesondere die Kriterien Symmetrie und Latenz (vgl. Kapitel 3).

Nach dem heutigen Stand der Technik werden bei der kabelgebundenen Infrastruktur letztlich nur Glasfasernetze (FTTB/H) diese Kriterien vollständig erfüllen und das Benchmark bilden. HFC-Netze mit dem Übertragungsstandard DOCSIS 3.1 werden noch weit in der Zukunft die technischen Anforderungen in angemessener Weise erfüllen. Sie werden gerade in Verbindung mit Glasfasernetzen einen wertvollen Beitrag zur Gesamtversorgung leisten können. Auch die immer wichtiger werdenden Anforderungen an das Kriterium der Symmetrie können durch technische Erweiterungen heute erfüllt werden. Mit DOCSIS 3.1 sind im Upload und Download mehr als 1 Gbit/s technisch möglich.

## Anforderungen an die Breitbandinfrastruktur der Zukunft

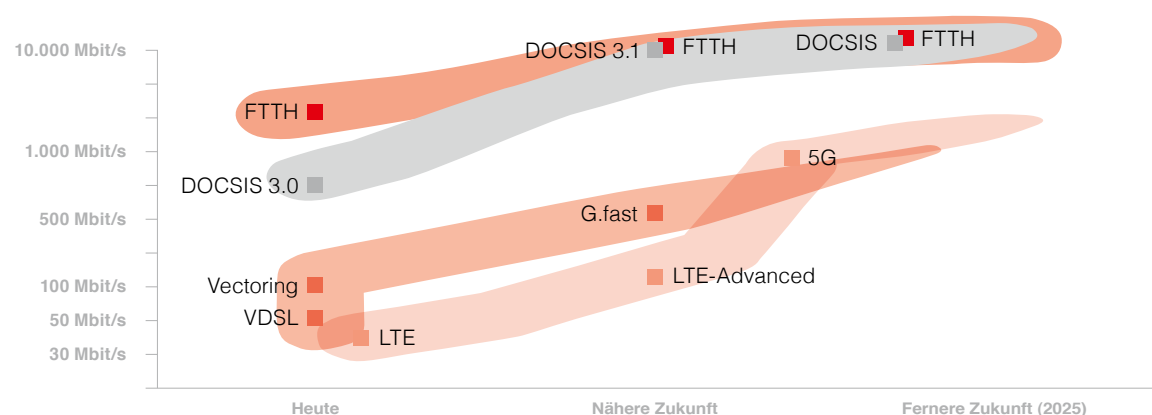
|                | Bandbreite | Symmetrie | Latenz |
|----------------|------------|-----------|--------|
| LTE            | +          | +         | +      |
| 5G             | ++         | +++       | +++    |
| FTTH           | +++        | +++       | +++    |
| HFC DOCSIS 3.1 | ++         | +++       | +++    |
| FTTC           | +          | +         | ++     |

+ Kaum erfüllt; ++ Weitgehend erfüllt; +++ Vollständig erfüllt (Benchmark)

Kupferbasierte Netze sind mit Blick auf die technischen Zukunftsanforderungen beschränkter – sie können Bandbreiten jenseits der Gigabit-Grenze kaum bereitstellen. Wenn sie eingesetzt werden, geht es nur über sehr kurze Distanzen. Dann ist aber der Sprung zu FTTB/H-Netzen nicht mehr weit.

Breitbandnetze der Zukunft müssen latenzfrei sein. Das ist insbesondere für Echtzeitanwendungen unabdingbar. Diese sind insbesondere in Bereichen des autonomen Fahrens, Smart Grid, bei webbasierten Geschäftsmodellen, Cloud-Computing-Anwendungen, vernetzter Unter-

## Breitbandtechnologien auf dem Zukunftspfad



Quellen: Europäische Kommission, 2016; eigene Darstellung

nehmenssoftware oder in der Endausbaustufe von Industrie 4.0 zu erwarten, wo es sich selbst steuernde industrielle Prozesse geben soll. Aber man braucht gar nicht so weit in die Zukunft zu gehen. Bereits heute führt im Online-Handel schon eine Verzögerung des Seitenaufbaus um eine Sekunde zu rund 10 Prozent weniger Umsatz und einer Abnahme der Kundenzufriedenheit um 16 Prozent.<sup>10</sup>

Latenz ist weniger ein Problem von kabelgebundenen Technologien als vielmehr eine Schwäche des Mobilfunks. Mit 5G steht in Zukunft ein Standard bereit, der dieses Problem weitgehend löst. Mobilfunk wird immer wichtiger werden. 5G wird in Hybridtechnologien zusammen mit Glasfaser und HFC/DOCSIS 3.1 das Rückgrat der Breitbandinfrastruktur bilden.

<sup>10</sup> Arthur D. Little, 2014, The Future of the Internet, Innovation and Investment in IP Interconnection

## Gigabit in der Fläche – ein Thema kommt wieder

Das Ziel der deutschen Bundesregierung, flächendeckend ein 50-Mbit/s-Netz aufzubauen, kann nur ein Zwischenschritt sein. Benötigt wird mehr. Marktgetriebene und private Investitionen müssen für diesen Ausbau sorgen. Das wird nur schrittweise gehen und wird während dieses längeren Anpassungsprozesses zu erheblichen Versor-

|                  | Gegenwart               | Übergang                  | Zukunft                 |
|------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                  | Klasse<br>50–100 Mbit/s | Klasse<br>500–1000 Mbit/s | Klasse<br>> 1000 Mbit/s |
| Flächenabdeckung | +++                     | +                         | ++                      |
| Bandbreite       | +                       | ++                        | ++                      |
| Symmetrie        | +                       | ++                        | +++                     |
| Latenz           | +                       | +                         | +++                     |

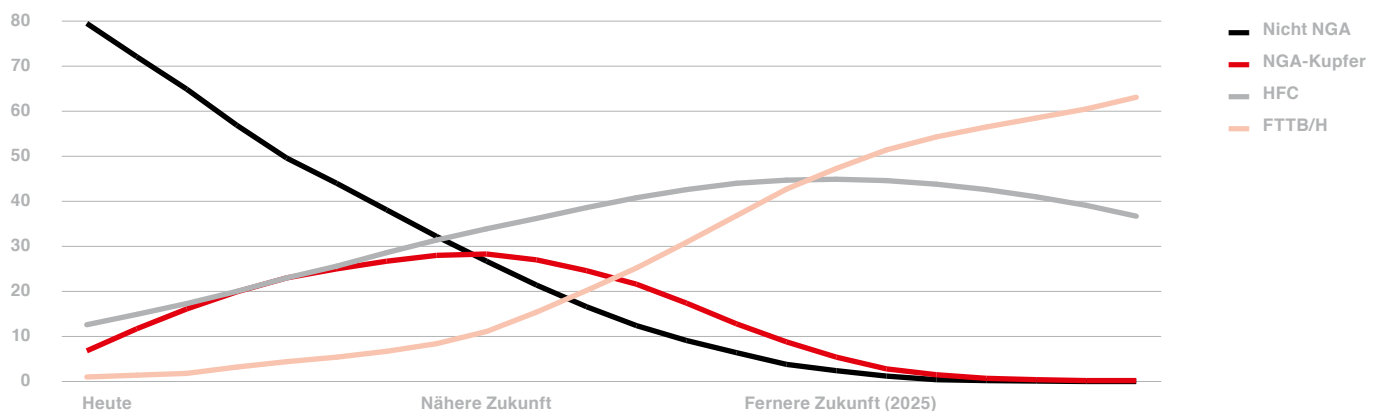
| Technologie-mix    | Technologie-mix    | Technologie-mix    |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| Glasfaser          | Glasfaser          | Glasfaser          |
| Kabel (DOCSIS 3.0) | Kabel (DOCSIS 3.1) | Kabel (DOCSIS 3.1) |
| Vectoring          | LTE/4G             | 5G                 |
| LTE/4G             |                    |                    |

|                    | NGA-Netz                                 | NGA-Netz                                                                 | NGA-Netz                                        |
|--------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Grundvoraussetzung |                                          |                                                                          |                                                 |
| Strategie          | Schnelle Flächenabdeckung mit NGA        | Marktgetriebener Ausbau und Erfüllung steigender Anforderung an Qualität | Ausbau latenzfreier Gigabit-Netze in der Fläche |
| Vorteil            | Tempo                                    | Infrastruktur für Pioniere                                               | Breitband volle Entfaltung als Enabler-Funktion |
| Nachteil           | Brückenlösung mit Nachinvestitionsbedarf | Nur stufenweiser Ausbau                                                  | Kosten und ggf. Subventionsbedarf               |

+ Geringe Relevanz; ++ Mittlere Relevanz; +++ Hohe Relevanz

## Wahrscheinliche Änderung des Technologiemarktes

Stilisierte Fakten zur Entwicklung von Marktanteilen leitungsgebundener Technologien, in Prozent



Darstellung: IW Consult

gungsunterschieden führen. Die Nachteile der nicht an Gigabit-Netze angeschlossenen Regionen oder Unternehmen dürften sich zumindest in dieser Übergangszeit aber in Grenzen halten, wenn der Ausbauplan „50 Mbit/s für alle bis 2018“ realisiert wird. Dann besteht eine Grundversorgung, die die meisten heutigen Anwendungen abdeckt. Die digitale Wirtschaft kann aufwachsen und Netzwerkeffekte auf der Nutzerebene können sich entwickeln.

Genau so, wie es heute zu Recht beklagt wird, dass Regionen ohne Breitbandanschluss einen erheblichen und nicht akzeptablen Standortnachteil haben, wird dieses Argument ins Feld geführt werden, wenn sich große regionale Unterschiede bei der Ausstattung mit Gigabit-Netzen herausbilden. Das gilt umso mehr, je erfolgreicher die Frontrunner an Standorten mit einer sehr leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur sind oder Deutschland im internationalen digitalen Standortwettbewerb zurückfällt. Die Argumente für einen flächendeckenden Ausbau von Gigabit-Netzen werden die gleichen sein, wie sie heute beim Aufbau von NGA-Netzen bemüht werden. Politik und Gesellschaft werden sich diesen Forderungen nach einer flächendeckenden Versorgung nicht entgegenstellen können – und sie sollten es auch nicht. Deshalb muss dieser Ausbau in einer mittelfristigen Strategie organisiert werden.

Die Erschließung der Fläche mit Gigabit-Verbindungen wird nicht alleine durch technische Ertüchtigungen der vorhandenen Infrastruktur gelingen können. Gerade in den ländlichen Regionen werden Tiefbaumaßnahmen mit der Verlegung von Leitungen sowie Sendeanlagen für Mobilfunk notwendig sein – diese Leitungen werden aus Glasfaser bestehen.

Die Ergebnisse der bisherigen Analyse zeigen, dass der Aufbau der Gigabit-Netze in drei Phasen erfolgen sollte. Die wesentlichen Aspekte sollen deshalb nochmals kurz zusammengefasst werden:

- In der ersten Phase (Gegenwart) steht der Aufbau eines flächendeckenden NGA-Netzes mit mindestens 50 Mbit/s bis 2018 im Zentrum.
- Sehr rasch wird sich zeigen, dass diese ersten Schritte nicht ausreichen. Es muss weiter in den Ausbau investiert werden, weil die Anforderungen größer werden. In dieser zweiten Phase muss insbesondere die Qualität mit Blick auf Bandbreiten, Symmetrie und (eingeschränkt) Latenz verbessert werden. Das wird nicht sofort flächendeckend möglich sein, aber auch nicht nötig sein. Es wird einige Jahre dauern, bis wirklich

symmetrische und latenzfreie Netze mit Bandbreiten jenseits von 1.000 Mbit/s benötigt werden. Diese Zeit sollte man für einen bedarfsgerechten und marktgetriebenen Ausbau nutzen.

- Es wird eine dritte Phase – die fernere Zukunft – geben, wo absolut latenzfreie Gigabit-Netze gebraucht werden. Es ist völlig offen, ob das 2020, 2025 oder später ist. Wenn sie ihre volkswirtschaftlich positiven Wirkungen entfalten sollen, müssen sie flächendeckend zur Verfügung stehen. Sollte diese Bedingung durch einen marktgetriebenen Ausbau nicht erfüllt sein, sind staatliche Hilfen in Form von Zuschüssen zur Finanzierung der Deckungslücken notwendig.

Als Ergebnis werden wir sich deutlich verschiebende Marktanteile bei den Technologien sehen. Dies zeigen die Analysen der Literatur und die Experteninterviews, die ein klares Bild über die Zukunftsrelevanz der Übertragungstechnologien skizzieren:

- Die Nicht-NGA-Technologien (unter 50 Mbit/s) werden sukzessive verschwinden.
- Kupferbasierte Lösungen werden nach der nächsten Ausbaustufe die Anforderungen nicht erfüllen können und an Bedeutung verlieren.
- Kabelbasierte Infrastrukturen werden aufgrund hoher technologischer Leistungsfähigkeit noch lange in die Zukunft tragen und erst durch reine Glasfasernetze ersetzt werden, wenn ein Ausbau nicht auf vorhandenen Infrastrukturen aufsetzen kann. Das gilt insbesondere beim Aufbau von Gigabit-Netzen in ländlichen Räumen, die glasfaserbasiert sein werden.

## Rahmenbedingungen für die Gigabit-Gesellschaft

Eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur ist für eine Gigabit-Gesellschaft eine notwendige, aber für den Erfolg noch lange keine hinreichende Bedingung. Hinzukommen müssen Rahmenbedingungen in Politik, Staat und Gesellschaft, die digitale Transformation ermöglichen, erleichtern und fördern. Ein Blick in die digitalen Agenden der EU und Deutschlands zeigt, dass eine Vielzahl von Politikbereichen betroffen ist. Im Rahmen dieser Studie können sie nicht erschöpfend behandelt werden. Es ist aber notwendig, sie kurz zu skizzieren, um ihre Bedeutung für die digitale Transformation zu veranschaulichen. Die Abbildung auf Seite 81 zeigt die Felder. Einige davon sind nur mittelbar, andere aber unmittelbar (dickere Verbindungslinie) mit den Rahmenbedingungen verbunden, die entscheidend für den Aufbau einer Gigabit-Infrastruktur sind.

**Wettbewerb:** In der digitalen Wirtschaft haben Plattformen stark an Bedeutung gewonnen. Plattformen sind immer durch fallende Durchschnittskosten und damit mit temporärer Monopolisierungstendenz verbunden. Hier ist die Wettbewerbspolitik noch mehr als früher gefordert, einen hinreichenden Wettbewerb sicherzustellen. Gerade kleinere Unternehmen fürchten die Marktmacht großer Plattformanbieter. Aber auch für die Breitbandinfrastruktur-Anbieter zählt die Wettbewerbsordnung zu den wirklich entscheidenden Rahmenbedingungen. Folgende Leitlinien können dabei Orientierung geben:

- Es muss an einer wettbewerblichen Grundordnung festgehalten werden, in der die Unternehmen marktorientiert über die Investitionen entscheiden. Gigabit-Netze zu Universaldiensten zu erklären und ihren Aufbau zur Staatsaufgabe zu machen, ist nach wie vor keine Option.<sup>11</sup>
- Monopole und insbesondere die Ausnutzung oder der Aufbau marktbeherrschender Stellungen müssen verhindert werden. Der Position der Monopolkommission (2013) ist zuzustimmen, dass eine Regulierung durch die Bundesnetzagentur und die Wettbewerbsaufsicht bis auf weiteres notwendig bleibt. Bei marktbeherr-

<sup>11</sup> Monopolkommission, 2013, Telekommunikation 2013: Vielfalt auf den Märkten erhalten, Sondergutachten 66, Bonn



schenden Stellungen muss der Zugang von anderen Unternehmen zu den Endkunden über Vorleistungsprodukte (u. a. Bitstrom, virtuelle Entbündelungen) gewährleistet sein. Die notwendigen Entgelte dürfen nicht so hoch sein, dass sie faktisch als Markteintrittsbarriere wirken. Andererseits müssen sie aber auch so ausreichend sein, dass sie die Investitionskosten der Unternehmen abdecken, die in die Infrastruktur investieren. Das sind schwierige Einzelfallentscheidungen, die – wie bisher – am besten durch unabhängige Wettbewerbsbehörden entschieden werden sollten.

- Wichtig ist die Aufrechterhaltung eines hinreichenden Anbieterwettbewerbs. Erst bei hoher und nachhaltiger Wettbewerbsintensität kann auf Regulierungen verzichtet werden.
- Wettbewerb fördert Investitionen. Entwicklungen in anderen EU-Ländern wie Portugal oder Spanien zeigen, dass ein Ausbau von Gigabit-Netzen im Wettbewerb zwischen Ex-Monopolisten und alternativen Anbietern mittel- bis langfristig die strikte Zugangsregulierung überflüssig machen kann. Trotz diverser Unterschiede in den Marktgegebenheiten in den verschiedenen Ländern zeigt sich, dass infrastrukturbasierter Wettbewerb dort entsteht, wo die richtigen regulatorischen Rahmenbedingungen Anreize für den Ausbau von Gigabit-Netzen schaffen. Dazu gehören vor allem der gegebene, falls regulierte Zugang zu passiven Infrastrukturen wie Leerrohren und Masten sowie günstige Bedingungen für das sogenannte Co-Investment, bei dem sich zum Beispiel die beteiligten Unternehmen die Kosten für den Ausbau teilen und sich gegenseitig Zugang zu ihren Netzen gewähren.

**Digitaler Rechtsrahmen:** Die Rechtsordnung ist noch nicht an die Erfordernisse der Digitalisierung angepasst. Insbesondere ist noch nicht rechtssicher geklärt, wer was mit welchen Daten machen kann oder machen darf. Die Klärung dieser Fragen ist aber eine notwendige Bedingung für Investitionen in die Digitalisierung. Erforderlich ist daher eine Anpassung des Rechtsrahmens in der Weise, dass ein Level Playing Field zwischen analogen, digitalen und hybriden Geschäftsmodellen gewährleistet ist.

Auch wenn Telekommunikationsanbieter und digitale Plattformanbieter unterschiedliche Leistungen anbieten, benötigen beide für ihre Geschäfte Breitbandinfrastrukturnetze; zwischen beiden bestehen zudem mitunter enge ökonomische und technische Zusammenhänge,

insbesondere wenn Plattformen in klassische Telekommunikationsdienste eindringen (z. B. Messenger-Dienste wie Whatsapp zur klassischen SMS) und dort neue substitutive Lösungen anbieten. Hier eröffnen sich neue regulatorische Fragen, die so gelöst werden müssen, dass sich diese wichtigen Teilbereiche innovativ entwickeln können.

**Finanzierung:** Studien zeigen, dass die Finanzierung von Maßnahmen zur Bewältigung der digitalen Transformation in den Unternehmen das größte Hindernis darstellt. Denn mit fortschreitendem Kenntnisstand bei der Implementierung derartiger Maßnahmen steigt die Komplexität der Vernetzung und infolgedessen die Investitionshöhe für derartige Projekte. Gegenwärtig sind diese Kosten für die Unternehmen nur schwer abschätzbar.<sup>12</sup> Zur Überwindung von Finanzierungshemmnissen könnten jedoch innovationsfördernde Anreize im Steuerrecht gesetzt werden: Die steuerliche Abzugsfähigkeit eines Teils der Forschungs- und Entwicklungsausgaben im Bereich der Digitalisierung oder die grundsätzliche steuerliche Förderung von Ausgaben für Forschung und Entwicklung in diesem Bereich. Seitens des Bundes und der Länder könnten gezielte Förderprogramme aufgelegt werden.

Die Finanzierungsproblematik stellt sich auch im Zusammenhang mit dem Breitbandausbau:

- Wenn die privaten Investitionen nicht ausreichen und es marktgetrieben zu keinem flächendeckenden Ausbau der Gigabit-Netze in einem angemessenen Zeitraum kommt, muss der Staat als Ultima Ratio diesen Ausbau sicherstellen. Dazu ist das Modell der Finanzierung von Deckungslücken geeignet. Funktionieren kann dieser Ansatz aber nur bei hinreichend hoher Wettbewerbsintensität, welche eine Quantifizierung der Deckungslücken erlaubt.
- Bei der Förderung sind die Bedingungen so auszugestalten, dass nur Vorhaben im Bereich von Gigabit-Netzen unterstützt werden können.

**Sicherheit:** Parallel zu den Potenzialen der Digitalisierung steigen auch die Herausforderungen für Unternehmen, ihre eigenen Ressourcen zu schützen. Datensicherheit ist gerade hierzulande eine wichtige Grundvoraussetzung für das Gelingen der digitalen Transformation. Ohne Gewährleistung der Datensicherheit wird die Vernetzung von

<sup>12</sup> IW Consult / FIR, 2015, Industrie 4.0-Readiness, Köln

Produkten, Prozessen, Unternehmen und auch Individuen nicht in dem Umfang erfolgen können, wie es für eine Gigabit-Gesellschaft wünschenswert wäre. Denn die digitale Vernetzung, die steigende Komplexität der eingesetzten Technik sowie der zunehmende Einsatz von neuen Konzepten wie Industrie 4.0 vergrößern die Angriffsflächen für Cyberkriminelle enorm und machen die Entwicklung von neuen Sicherheitskonzepten erforderlich. Dazu braucht es neben Investitionen in technische Abwehrsysteme vor allem ausgebildete Sicherheitsfachkräfte. Aufgrund der rasch voranschreitenden Digitalisierung und des technologischen Fortschritts können bestehende Systeme schnell überholt sein. Daher müssen die bestehenden Sicherheitskonzepte kontinuierlich überprüft und angepasst werden.

**Forschung und Entwicklung:** Es besteht noch ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Grundlagenbereich der Digitalisierung. Neben technischen Fragen müssen vor allem auch die Aspekte der betriebswirtschaftlichen Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle berücksichtigt werden. Obwohl hier in den letzten Jahren steigende Forschungsaktivitäten zu beobachten sind und sich die Schwerpunkte in Richtung Digitalisierung verschieben, bleibt dort eine große Zukunftsaufgabe. Das Spektrum reicht von Sensorik über Künstliche Intelligenz bis hin zu der Entwicklung von semantischen Standards. Die bereits im Rahmen der Patentanalyse festgestellten abnehmenden Weltmarktanteile Deutschlands bei für digitale Schlüsseltechnologien relevanten Patenten sollten als Warnzeichen verstanden werden, dass hier in Deutschland mehr getan werden muss.

**Bildung und Qualifikation:** Die Digitalisierung stellt auch das Bildungswesen sowie die betriebliche Qualifizierung und Personalarbeit vor neue Herausforderungen. Gleichzeitig birgt sie große Chancen für wirtschaftliche Innovationen und die Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Um diese Chancen nutzen zu können, sind eine digitale Arbeitskultur und die Qualifikation der Mitarbeiter entscheidend. Digitale Kompetenzen sind jedoch eine Querschnittsqualifikation, ihre Vermittlung ist nicht nur Aufgabe der Arbeitgeber, sondern auch von Bildungseinrichtungen. Beim Einsatz digitaler Medien und digitaler Kompetenzen hat Deutschland jedoch bislang noch erheblichen Nachholbedarf.

**Normen und Standards:** Um die physische mit der virtuellen Welt verbinden zu können, ist eine einheitliche Sprache – semantische Standards – notwendig. Standards, die Informationen strukturieren und übergreifend sichern,

zuverlässig und frei von Fehlinterpretationen organisieren, austauschen und verknüpfen – über die verschiedenen Systeme hinweg. Die intelligenten Fertigungsnetzwerke der digitalen Fabrik werden nur mit austauschbaren Informationsformaten Realität. Auch für das Internet der Dinge sind einheitliche Normen und Standards notwendig, damit unterschiedliche Systeme verschiedener Hersteller verlässlich zusammenwirken. In der Praxis fehlen aber häufig noch Standards zur übergreifenden Kommunikation und Steuerung von Prozessen. Die Veröffentlichung von DIN SPEC 91345 als Standard für das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) ist ein Schritt in die richtige Richtung und zeigt, dass das Thema Digitalisierung in der nationalen Normungsstrategie adressiert ist. Ein weiteres wichtiges Arbeitsergebnis ist die Deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0, die das zentrale Kommunikationsmedium für alle Industrie 4.0-Akteure darstellt und eine Übersicht relevanter Normen und Standards gibt.

**Digitale Start-ups:** Innovationen in der Digitalisierung werden maßgeblich von jungen, innovativen Unternehmen getrieben, die als Inkubatoren neuer digitaler Geschäftsmodelle auf eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur angewiesen sind. Insbesondere im Vergleich zu den USA gilt Deutschland als ein unterentwickeltes Gründerland. Im internationalen Vergleich gibt es in Deutschland verhältnismäßig wenig Wagniskapital. Wagniskapital ist eine vor allem bei Start-ups verbreitete Finanzierungsform, welche – trotz des hohen Risikos für den Investor – in Deutschland rechtlich und steuerlich nicht attraktiv genug gestaltet ist. Insbesondere für ausländische Wagniskapitalgeber scheint die Finanzierung deutscher Unternehmen daher wenig attraktiv.

**Nachfragestimulierung:** Die Nachfrage und Zahlungsbereitschaft für leistungsfähige Breitbandanschlüsse ist ein entscheidendes Kriterium bei der Verbreitung entsprechender Anschlüsse. International digital führende Nationen wie Südkorea und Japan haben das Angebot digitaler Dienstleistungen entsprechend gefördert. So wurde in Südkorea schon im Jahr 2000 ein Programm aufgelegt, welches die Nutzung von Computern und dem Internet auch den Bevölkerungsschichten näherbringt, welche traditionell weniger affin sind. Auch das E-Learning-Programm hat sich positiv auf die Nachfrage nach Breitbandanschlüssen ausgewirkt.<sup>13</sup> Deutschland hat bei der Bereitstellung von digitalen Inhalten dagegen

<sup>13</sup> Lee et al., 2003, The growth of broadband and electronic commerce in South Korea: Contributing factors

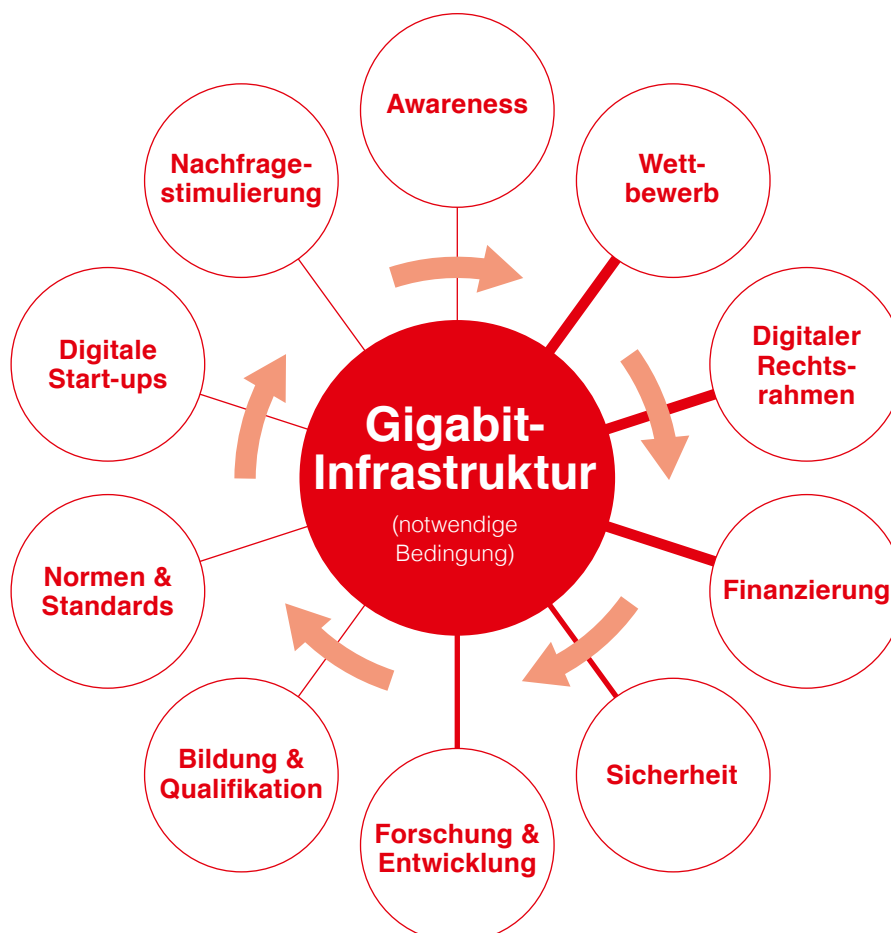
Nachholbedarf. Nach einem aktuellen Bericht der Europäischen Kommission<sup>14</sup> ist Deutschland europaweit eines der Länder mit der geringsten Online-Interaktion zwischen öffentlichen Stellen und Bürgern.

**Awareness:** Die Digitalisierung erfasst beinahe jedes Geschäftsmodell und ist mittlerweile essenzieller Bestandteil jeglicher Produktions-, Entwicklungs- und Geschäftsprozesse. Klassische Marktsegmente werden von neuen digitalen Dienstleistungen und Produkten umgewälzt.

<sup>14</sup> Europäische Kommission, 2016, Bericht über den Stand der Digitalisierung in Europa

Damit die deutschen Unternehmen im digitalen Wettbewerb nicht verdrängt werden, muss die notwendige Aufmerksamkeit für die Digitalisierung in der Wirtschaft und vor allem im deutschen Mittelstand erweckt werden. Unternehmen müssen die Digitalisierung als Schlüssel für ihren Erfolg verstehen und ihre Geschäftsmodelle auf eine digitale Zukunft ausrichten. Dies stellt etablierte Führungs- und Organisationsmodelle fundamental infrage und erfordert ein Umdenken in den Chefetagen. Im Zuge dieses Mindshifts könnten viele IT-Verantwortliche mit der kompletten Integration sowie der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle überfordert sein, was die Schaffung eines Chief Digital Officer (CDO) erfordert.

## Rahmenbedingungen einer Gigabit-Gesellschaft



## Liste der interviewten Experten

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden insgesamt 21 Interviews mit Fachexperten der Fraunhofer-Institute sowie international renommierten Wissenschaftlern geführt. Die Interviews wurden zu etwa gleichen Teilen Face-to-Face und telefonisch geführt.

Wir danken an dieser Stelle allen Interviewpartnern für die Bereitschaft, ihre Expertise in das Projekt einzubringen. Nur durch diese tatkräftige Unterstützung war es uns möglich, Schlüsseltechnologien der Gigabit-Gesellschaft zu identifizieren, deren Marktpotenzial sowie -dynamik abzuschätzen und die daraus entstehenden Anforderungen an die Netzinfrastruktur der Zukunft zu bewerten.

### **Esther Bollhöfer**

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe

### **Paul Chojecki**

Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI), Berlin

### **Prof. Dr. Stefan Decker**

RWTH Aachen, Informatik 5, Information Systems, Aachen

### **Prof. Dr. Mischa Dohler**

King's College London, Centre for Telecommunications Research, London

### **Dr. Markus Eisenhauer**

Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT), Sankt Augustin

### **Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Gerhard P. Fettweis**

Technische Universität Dresden, Vodafone Chair Mobile Communications Systems, Dresden

### **Ronny Franke**

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung (IFF), Magdeburg

### **Joachim Hackmann**

Pierre Audoin Consultants (PAC), München

### **Dr. Martin Hagen**

IT-Direktor des Stadtrates, Bremen

### **Peter Hasse**

Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS), Berlin

### **Dr. Nils Heyen**

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe

### **Marco Jahn**

Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT), Sankt Augustin

### **Beate Jost**

Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS), Sankt Augustin

### **Prof. Dr. Christof von Kalle**

Deutsches Krebsforschungszentrum, Translationale Onkologie, Heidelberg

### **Dr. Jan Klein**

Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin (Mevis), Bremen

### **Prof. Dr. Torsten Wolfgang Kuhlen**

RWTH Aachen, Virtuelle Realität & Immersive Visualisierung, Aachen

### **Dr. Carsten Orwat**

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (KIT-ITAS), Karlsruhe

### **Erik Oswald**

Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik (ESK), München

### **Dr. Christian Prasse**

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), Dortmund

### **Oliver Sawade**

Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS), Berlin

### **Dr. Thomas Usländer**

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), Karlsruhe

# Impressum

**Studienleitung:**

IW Consult GmbH  
Konrad-Adenauer-Ufer 21  
50668 Köln

**In Zusammenarbeit mit:**

Economica Institut für Wirtschaftsforschung  
Liniengasse 50–52  
A-1060 Wien

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI  
Breslauer Straße 48  
76139 Karlsruhe

**Der Auftraggeber:**

Vodafone Institut für Gesellschaft und Kommunikation GmbH  
Behrenstraße 18  
10117 Berlin

**Kontakt IW Consult GmbH:**

Tel.: 0221 4981-758  
[www.iwconsult.de](http://www.iwconsult.de)  
[www.iwkoeln.de](http://www.iwkoeln.de)

**Autoren der Studie:**

Dr. Sebastian van Baal  
Dr. Bernd Beckert (Fraunhofer ISI)  
Dr. Roman Bertenrath  
Manuel Fritsch  
Dr. Christian Helmenstein (Economica)  
Dr. Anna Kleissner (Economica)  
Dr. Karl Lichtblau  
Agnes Millack  
Dr. Thomas Schleiermacher  
Dr. Manfred Stadlbauer (Economica)  
Dr. Klaus Weyerstraß (Economica)  
Ralf Wiegand

**Designkonzept**

Nordpol+ Hamburg  
Agentur für Kommunikation GmbH, Hamburg

**Layout & grafische Umsetzung:**

IW Medien GmbH, Köln

**Juni 2016**