
Glasfaserausbau und 5G

Zusammenhänge und Synergien

www.plattform-digitale-netze.de

Impulspapier | Projektgruppe „Konvergente Netze
als Infrastruktur für die Gigabit-Gesellschaft“ |
Fokusgruppe „Aufbruch in die Gigabit-Gesellschaft“ |
Plattform „Digitale Netze und Mobilität“



Inhalt

1	Einleitung	3
2	Glasfaserausbau und 5G – Warum gehören beide Dinge zusammen?	4
3	Synergien zwischen Festnetz und Mobilfunk bei Weiterentwicklung der Glasfaserinfrastruktur in Deutschland	6
4	Fazit	8
	Mitwirkende	9

1 Einleitung

Im Rahmen der Arbeiten zum IT-Gipfel 2016 hat die Projektgruppe „Konvergente Netze als Infrastruktur für die Gigabit-Gesellschaft“ geeignete Netzinfrastrukturen als Grundlage für die Gigabit-Gesellschaft beschrieben und charakterisiert.¹ Diese wurde als eine im Zuge der Digitalisierung veränderte Alltagsrealität in wesentlichen Arbeits- und Lebenswelten mit großen Potenzialen für Gesellschaft und Wirtschaft verstanden. Im Zuge dessen wurde festgestellt, dass die Gigabit-Gesellschaft durch die Verfügbarkeit von leistungsfähigen Netzen in der Fläche gekennzeichnet ist, die heterogenen funktionalen Anforderungen (wie Datenrate, Latenz oder nahtlose Konnektivität) gerecht werden müssen. Diese heterogenen Netzanforderungen werden durch verschiedene Netzzugangstechnologien (Festnetz, Mobilfunk / drahtlos) bedient. Dabei leisten die verschiedenen Zugangstechnologien auf unterschiedlichen Übertragungsmedien im Technologie-Mix (Kupferdoppelader, Koaxialkabel, Glasfaser, Mobilfunk) jeweils wichtige Beiträge zur Umsetzung der Anforderungen der Gigabit-Gesellschaft.

Im Strategiepapier aus dem Jahr 2016 wurde deutlich gemacht, dass praktisch allen Zugangstechnologien in Festnetz und Mobilfunk ein unterschiedlich umfangreicher Glasfaserausbau im Anschlussnetz bereits heute zugrunde liegt. Um die zukünftigen Anforderungen (insbesondere hohe Datenraten, Symmetrie, Latenz und Ausfallsicherheit) der Gigabit-Gesellschaft erfüllen zu können, hat die Projektgruppe die Ausdehnung des Glasfaserausbaus in Richtung Kundenstandorte (d. h. Haushalte, Gewerbe, Mobilfunkstandorte) als zentralen Bestandteil für alle Netzzugangstechnologien herausgestellt. Ferner wurde die Wichtigkeit einer konvergenten Ausrichtung der unterschiedlichen Zugangstechnologien betont, um Dienste in der Gigabit-Gesellschaft plattformübergreifend effizient realisieren und nutzen zu können. Schließlich wurde dargestellt, dass mobile Konnektivität immer wichtiger wird.

An diesen Erkenntnissen anknüpfend legt die Projektgruppe im vorliegenden Dokument dar, wie der Glasfaserausbau im Festnetz die Realisierung von 5G begünstigt und welche komplementären Zusammenhänge bestehen. Darüber hinaus zeigt das Dokument Ansatzpunkte auf, wie Synergien beim Glasfaserausbau genutzt werden können. Gleichzeitig werden auch die Herausforderungen eines verknüpften Ausbaus benannt.

¹ „Konvergente Netze als Infrastruktur für die Gigabit-Gesellschaft“ Strategiepapier, IT-Gipfel 2016, Plattform Digitale Netze und Mobilität.

2

Glasfaserausbau und 5G

Warum gehören beide Dinge zusammen?

Um die Zusammenhänge zwischen dem Glasfaserausbau im Festnetz und 5G darlegen zu können, ist es wichtig, zu verstehen, welche Anforderungen 5G an die Anbindung der Mobilfunkstandorte stellt und welche Treiber zu der erwarteten Zellverdichtung führen. Dafür werden nachstehend zunächst die wesentlichen Charakteristika eines Mobilfunknetzes dargestellt:

- Ein Mobilfunknetz ist aus Zellen aufgebaut, die im Sinne der weitgehend unterbrechungsfreien Versorgung überlappen. Die Größe der Zellen wird von der Sendeleistung und den frequenzabhängigen Ausbreitungsbedingungen beeinflusst, das heißt, je höher die Frequenz, desto stärker die Dämpfung und damit potenziell geringer die Zellgröße.
- In Bezug auf die Sendeleistung unterscheidet man grundsätzlich zwischen Makrozellen und Kleinzellen. Ersterer werden zumeist von Sendestandorten auf Dächern bzw. Türmen bereitgestellt und stellen die gegenwärtig dominierende Mobilfunknetz-Form dar. Die Kleinzellen-Basisstationen befinden sich meist innerhalb von Gebäuden (Indoor-Versorgung) oder an „Stadtmöbeln“ (wie z. B. Straßenlaternen, Bushaltestellen etc.) bzw. in geringerer Höhe an Gebäuden.
- Die für einen einzelnen Nutzer erreichbare Datenrate hängt von der Mobilfunktechnologie, der verwendeten Frequenzbandbreite, dem Abstand des Nutzers zur Sendeantenne und der Zahl gleichzeitiger Nutzer in einer gegebenen Mobilfunkzelle („Shared Medium“) sowie der Minimierung der zellübergreifenden Störungen (Interferenzen) ab.

Um die Datenrate für die Mobilfunknutzer zu erhöhen, gibt es daher folgende Möglichkeiten:

- Einsatz der neuesten Mobilfunktechnologie mit höherer spektraler Effizienz
- Inbetriebnahme von mehr Spektrum an einem Sendestandort (z. B. bei 4G bzw. LTE Advanced mit einem Mehrfachen von 20 MHz)
- Verringerung der Zahl der Nutzer pro Zelle (Standortverdichtung)

Mit fortschreitender 5G-Standardisierung werden die Anforderungen an 5G immer deutlicher. Gemäß dem aktuellen Vorschlag der International Telecommunications Union (ITU) soll die 5G-Technologie sich durch die folgenden Eigenschaften auszeichnen:²

- Theoretische Spitzendatenraten bis zu 20/10 Gbps (Downstream / Upstream) unter idealen Bedingungen
- 100/50 Mbps (Downstream / Upstream) Durchsatzraten für jeden Nutzer zu jeder Zeit in zentralen Stadtlagen
- Kurze Latenzzeiten von 1 ms für die Dienste mit extremen Verzögerungsanforderungen bzw. 4 ms für den mobilen Breitband-Anwendungsfall
- Verkehrsdichten von 10 Mbit/s/m² für Hotspots innerhalb von Gebäuden

Der Industrie ist klar, dass diese Anforderungen nicht überall und nicht gleichzeitig für jedes Einsatzszenario erfüllt werden können. Vielmehr geht man davon aus, dass sich bestimmte Nutzungsschwerpunkte einstellen werden. Dies gilt beispielsweise für Industrie- und Fertigungsanlagen, für das Thema vernetztes Fahren sowie für erweiterte mobile Breitbandanwendungen (z. B. mobiler Videokonsum).

Als ein illustratives Beispiel für diese Anforderungen kann der Anwendungsfall „vernetztes Fahren“ genannt werden. Einerseits nutzt das vernetzte Fahren eine zuverlässige Verbindung mit garantierbarer und moderater Latenzzeit. Andererseits benötigt die absehbar intensivere Nutzung mobiler Breitbanddienste durch die Fahrzeuginsassen eine hohe Netzkapazität entlang der Straßen.

Unabhängig von der finalen Standardisierung lässt sich festhalten, dass die 5G-Performance-Werte (Datenraten, Latenzen, Verkehrsdichte) teilweise jenseits der gegenwärtigen Möglichkeiten der 4G/4.5G-Mobilfunktechnologien liegen werden. Sie stellen substantiell erhöhte Anforderungen sowohl an die Anschlussbandbreiten der Mobilfunkstandorte als auch an die zukünftigen Standorte, welche sich vornehmlich auf Stadtgebiete und Industrieanlagen sowie entlang der Verkehrswege erstrecken werden.

5G führt zur Kapazitätssteigerung des mobilen Netzes und erfordert weiteres Spektrum (die sogenannten 5G-Pionierbänder³). Neues Spektrum im oberen Frequenzbereich über 6 GHz (z. B. 26 GHz) hat andere Ausbreitungseigenschaften als die bisher eingesetzten Frequenzen. Insbesondere steigen die Anforderungen an die Sichtlinie zwischen Sender und Empfänger, was die Reichweite begrenzt. Weiterhin bestehen besonders an städtischen Standorten Zulassungsbegrenzungen zum Beispiel hinsichtlich der Trag- bzw. Windlasten oder auch der elektromagnetischen Verträglichkeit. Aus diesen Gründen wird das neue Spektrum vor allem an neuen Standorten eingesetzt werden, was einer Standortverdichtung entspricht. Dies trifft insbesondere auch für das 5G-Pionierband um 3,5 GHz zu, das sich voraussichtlich auch dort zur Netzkapazitätssteigerung anbietet, wo die entsprechende Nachfrage besteht, beispielsweise entlang von Hauptverkehrswegen⁴.

Des Weiteren werden bei 5G wesentlich höhere Trägerbandbreiten von mindestens 100 MHz (für Frequenzen unter 6 GHz) bzw. bis zu 1 GHz (für Frequenzen über 6 GHz) erwartet. Damit geht eine deutliche Steigerung der pro Standort abzuführenden Datenraten einher.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: 5G ermöglicht eine deutliche Steigerung der Datenrate, die pro Standort abgeführt werden muss, und erfordert auch die Inbetriebnahme zahlreicher neuer Mobilfunkstandorte.

Mit Blick auf die langfristig erwarteten Anforderungen von 5G hinsichtlich Datenrate, Latenz und Ausfallsicherheit ist die Glasfaser grundsätzlich das zukunftssicherste und skalierbarste Medium. Zudem ist sie langfristig kostengünstig im Betrieb, da es keine aktiven Netzelemente zwischen Zentrale und Mobilfunkstandort mehr gibt. Heute werden Mobilfunkstandorte bereits mit Glasfaser, aber auch noch mit Richtfunk und über Kupferkabel angebunden. Auch in Zukunft werden alternative Anbindungen von Mobilfunkstandorten für 5G aus Kostengründen relevant bleiben, sofern sie die Anforderungen des jeweils spezifischen 5G-Use-Case-Szenarios am betreffenden Mobilfunkstandort erfüllen. Dabei können auch die weit verbreiteten HFC-Netze durch den anstehenden Einsatz der leistungsfähigen DOCSIS-3.1-Technologie einen wichtigen Beitrag leisten. Letztlich müssen auch die über alternative Anbindungen gesammelten Datenverkehre in ein Glasfasernetz (am Richtfunkstandort, Kabelverzweiger, Fiber Node) übergeben werden. Aus technischer Sicht ist eine reine Glasfaseranbindung der Mobilfunkstandorte langfristig die effizienteste Wahl.

Auch aus Gründen des Netzmanagements ist die Glasfaseranbindung von 5G-Standorten optimal. Durch den zellulären Charakter von Mobilfunknetzen gibt es am Zellrand immer Interferenzen mit benachbarten Zellen, was die Leistung deutlich beeinträchtigt. Mit der Einführung von 5G kann dieses Problem verringert werden. Dafür ist allerdings die schnelle und verzögerungsarme Koordination aller benachbarten Sende- und Empfangsstationen erforderlich. Auch hierfür ist die Glasfaser aus technischer Sicht die erste Wahl, da alternative Backhaul-Technologien zu notwendigen Kompromissen in der erreichbaren Koordinations-Performance führen können.

3 Siehe 5G-Fokusgruppe, „5G – Spektrumsbedarf und -nutzung“ IT-Gipfel 2016
4 Siehe 5G-Fokusgruppe, „Spektrumsnutzungspapier“, Digital-Gipfel 2017

3

Synergien zwischen Festnetz und Mobilfunk bei Weiterentwicklung der Glasfaserinfrastruktur in Deutschland

Nachdem gerade der technologische Zusammenhang zwischen Glasfaserausbau und 5G herausgearbeitet wurde, wird nachstehend auf Synergien eingegangen. Dabei ist es wichtig festzuhalten, dass sich die Glasfaserinfrastruktur in Deutschland stetig weiterentwickelt. Treiber ist in erster Linie der Breitbandausbau im Festnetz, bei dem alle Netzbetreiber in Deutschland die Glasfaser weiter in die Fläche bringen, um Wohn- und Gewerbegebiete anzubinden. Im Rahmen der Netzevolution in den ehemaligen Telefon- (basierend auf Kupferkabel) und TV-Kabel-Netzen (basierend auf Koaxialkabel) wird das Glasfasernetz weitflächig bis zu den Kabelverzweigern („Fiber to the Cabinet“) bzw. bis zu den Fiber Nodes („Hybrid-Fiber-Coax“ / HFC) ausgedehnt. Die Abdeckung der HFC-Netze umfasst dabei ca. 70 % der deutschen Haushalte.⁵ Die Ertüchtigung des Kupfernetzes wird in den nächsten Jahren über 90 % der Haushalte mit Glasfaser bis zum Kabelverzweiger am Straßenrand erschließen. Im Ausbaubereich erzeugen Glasfaseranschlussnetze, die bis zum Gebäude reichen (FTTB und FTTH), die umfangreichste Glasfaserinfrastruktur, die alle bebauten Trassen abdeckt. Derzeit sind für ca. 7 % der deutschen Haushalte FTTB/H-Netze verfügbar.⁶ Der Ausbau dieser Glasfaserinfrastrukturen wird im Wesentlichen durch den Markt geregelt. In unwirtschaftlichen Regionen trägt der geförderte Ausbau zur Verbreitung der Glasfaserinfrastruktur bei.

Durch den Ausbau der Festnetz-Glasfaserinfrastruktur in Richtung der Kundenstandorte entstehen Synergiepotenziale für eine zukünftige Glasfaseranbindung von (kleinzelligen) Mobilfunkstandorten. An bestimmten Punkten können bei allen Festnetzarchitekturen Glasfasern weiterverbunden werden. Dies sind zum Beispiel Multifunktionsgehäuse (FTTC, HFC), Netzverteiler (FTTH/B) und Glasfaser-Muffen in Schächten (alle Topologien). Bei FTTH/B-Topologien besteht noch eine zusätzliche Anbindungsmöglichkeit im Gebäude selbst. An all diesen Punkten kann eine durchgängige Verbindung zwischen dem „Fiber Point of Presence“ (zum Beispiel am Hauptverteiler) und den Mobilfunkstandorten erzeugt werden. Sofern zusätzlicher Tiefbau erforderlich ist, führt die Anbindung per Leerrohr (Mikro-Röhrchen) zu einer zukunftssicheren Trassenertüchtigung für einen späteren FTTH/B-Ausbau.

Aufgrund der im Festnetzbereich voranschreitenden Glasfaserversorgung ist die Glasfaserinfrastruktur in diesen Ausbaubereichen nicht mehr der alleinige begrenzende Faktor, sondern es sind die Standorte selbst (z. B. Ausbau- / Nutzungsgenehmigungen und Auflagen). Die Aktivitäten des Breitbandausbaus im Festnetz sind allerdings auf besiedelte Gebiete fokussiert. Es verbleiben daher neue Herausforderungen, zum Beispiel auf Flächen zur land- und forstwirtschaftlichen Nutzung oder entlang von Mobilitätstrassen wie Kreis-, Land- und Bundesstraßen, die zwar für Massenmarktdienste von untergeordneter Bedeutung sind, aber durchaus auch im Fokus der Industrie 4.0 bzw. des IoT stehen.

5 ANGA Verband Deutscher Kabelnetzbetreiber e. V.: Das deutsche Breitbandkabel 2016
http://www.anga.de/media/file/937.Anga_Factsheets-BB-online.pdf

6 BMVI, „Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Ende 2016)“, S. 5
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitbandverfuegbarkeit-ende-2016.pdf?__blob=publicationFile

Wie im Strategiepapier 2016 gezeigt, stellen zukünftige Anwendungen sehr heterogene Anforderungen an die Netze der Gigabit-Gesellschaft (vgl. Kapitel 2, Strategiepapier 2016). Dienste mit sehr hohen Kapazitätsbedarfen erfordern den Aufbau von neuen Standorten mit Glasfaseranbindung. Für andere Anwendungen aus dem Bereich IoT (Fokus Reichweite, energieeffiziente Endgeräte) oder aus der Fahrzeugsteuerung (niedrige Latenz, hohe Bewegungsgeschwindigkeit, geringe bis moderate Datenraten) hingegen sind Makrozellen in vielen Szenarien gut geeignet.

Die Notwendigkeit, Kleinzellen aufzubauen und an das Glasfasernetz anzubinden, hängt somit auch unmittelbar von den Diensten und ihren Anforderungen ab. Aus derzeitiger Sicht dienen diese Zellen vor allem der Kapazitätssteigerung, nicht unbedingt der Latenzminimierung. Je mehr Kleinzellen nötig werden, desto teurer ist der Netzausbau und umso anspruchsvoller die Entwicklung tragfähiger Business Cases. Wichtige Einflussfaktoren auf den Business Case sind die Standortakquise, die Realisierung der Netzanbindung und der erwartbare Umsatz.

Sofern bandbreitenintensive Dienste auch in Gebieten mit Flächen zur land- und forstwirtschaftlichen Nutzung oder entlang von Mobilitätstrassen wie Kreis-, Land- und Bundesstraßen mobil genutzt werden sollen, ergeben sich für eine etwaig notwendige weitreichende Zellverdichtung und deren Glasfaseranbindung keine oder nur sehr schwache Synergiepotenziale mit dem Glasfaserausbau aller Akteure im Festnetz.

Für den 5G-Netzausbau gilt es daher, tragfähige Geschäftsmodelle für unterschiedliche Use Cases auch im Rahmen kommerzieller Kooperationen zwischen Netzbetreibern untereinander sowie mit der Industrie und weiteren Marktteilnehmern zu entwickeln. Beispielsweise stellt eine flächige Kleinzellenstruktur für höchste Datenraten entlang der Land- oder Kreisstraßen eine größere Herausforderung dar als ein IoT-Szenario, das von den Makrozellen der Region ermöglicht wird. Die Infrastruktur wird sich dabei entlang der Nachfrage für mobile Anwendungen entwickeln und die Geschäftsmodelle werden nach den Kriterien der Wirtschaftlichkeit entstehen.

4

Fazit

Bereits im letzten Jahr hat die Projektgruppe herausgearbeitet, dass praktisch allen Zugangsnetz-Technologien ein unterschiedlich umfangreicher Glasfaserausbau zugrunde liegt. Daran anknüpfend werden in diesem Dokument systematische Zusammenhänge zwischen dem Glasfaserausbau im Festnetz und der Realisierung von 5G aufgezeigt, da 5G auf leistungsfähige Anbindungen möglichst mit Glasfaser angewiesen ist.

- Zukünftig müssen zahlreiche neue Mobilfunkstandorte auch in der Fläche mit Glasfaser angebunden werden.
- Die breite Ausdehnung der Festnetz-Glasfaserinfrastruktur durch alle Netzbetreiber in Deutschland erzeugt Synergiepotenziale für eine zukünftige Glasfaseranbindung von (kleinzelligen) Mobilfunkstandorten. Synergien lassen sich durch das Weiterverbinden von Glasfasern an bestimmten Punkten aller Festnetzarchitekturen erreichen, da so der investitionsintensive Tiefbauaufwand für 5G erheblich reduziert wird. Dadurch begünstigt der Festnetzausbau auch die Realisierung von 5G.
- Es verbleiben neue Herausforderungen, zum Beispiel auf Flächen mit land- und forstwirtschaftlicher Nutzung oder entlang von Mobilitätstrassen wie Kreis-, Land- und Bundesstraßen, da sich die Aktivitäten des Breitbandausbaus im Festnetz auf besiedelte Gebiete fokussieren.
- Durch die aufgezeigten Synergien und Zusammenhänge zwischen dem Glasfaserausbau im Festnetz und 5G können sich zusätzliche Marktpotenziale für Festnetzbetreiber ergeben, um an der 5G-Wertschöpfungskette teilzuhaben. Das Zusammenwachsen von Fest- und Mobilfunknetzen ermöglicht daher die Kooperation zwischen den Betreibern der jeweiligen Infrastrukturen.
- Darüber hinaus gilt es, tragfähige Geschäftsmodelle für unterschiedliche Use Cases zwischen Netzbetreibern untereinander sowie mit der Industrie und weiteren Marktteilnehmern zu entwickeln.

Mitglieder der Projektgruppe „Konvergente Netze als Infrastruktur für die Gigabit-Gesellschaft“

Leitung der Projektgruppe „Konvergente Netze als Infrastruktur für die Gigabit-Gesellschaft“

Stefan Rinkel-Holgersson
Telekom Deutschland GmbH

Ingobert Veith
Huawei Technologies Deutschland GmbH

Leitung der Fokusgruppe „Aufbruch in die Gigabit-Gesellschaft“

Arne Deubelius
Nokia

Mitglieder der Projektgruppe „Konvergente Netze als Infrastruktur für die Gigabit-Gesellschaft“

Sebastian Artymiak
ANGA Verband Deutscher Kabelnetzbetreiber e. V.

Markus Jenisch
Nokia

Andreas Müller
Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt / Innovation Center für
Digitale Infrastruktur, Mobilität und Logistik

Tim Brauckmüller
atene KOM

Sven Knapp
BREKO Bundesverband Breitbandkommunikation e. V.

Can Oezdemir
Nokia

Elke Fischer
VDV eTicket Service GmbH & Co. KG

Marc Konarski
Vodafone GmbH

Solveig Orlowski
VATM e. V. Verband der Anbieter von
Telekommunikations- und Mehrwertdiensten

Ulf Freienstein
atene KOM / Breitbandbüro des Bundes

Andreas Kraus
Ericsson GmbH

Lars Petermann
Netzikon GmbH

Sebastian Glatz
ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und
Elektronikindustrie e. V.

Nick Kriegeskotte
Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e. V.

Klaus Richter
Fraunhofer-Institut für
Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Katja Gottschalk
Bundesministerium für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Heinz-Peter Labonte
Fachverband Rundfunk- und Breitbandkommunikation
– FRK

Stefan Rinkel-Holgersson
Telekom Deutschland GmbH

Philippe Gröschel
Telefónica Germany GmbH & Co. OHG

Christoph Legutko
Intel Deutschland GmbH

Carsten Schmoll
Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme
FOKUS

Jürgen Grützner
VATM e. V. Verband der Anbieter von
Telekommunikations- und Mehrwertdiensten

Christiane Lehmann
TÜV Rheinland Consulting GmbH

Andreas Schröder
1&1 Telecommunication SE

Dr. Claus Habiger
TelematicsPRO e. V.

Dr. Michael Lemke
Huawei Technologies Deutschland GmbH

Dr. Helmut Stocker
Coriant GmbH & Co. KG

Klaus Markus Hofmann
Network-Institute GmbH

Patrick S. Lewis
Telespazio VEGA Deutschland GmbH

Ingobert Veith
Huawei Technologies Deutschland GmbH

Simon Japs
Unitymedia

Volker Leyendecker
SES

Thomas Wächter
MEDIA BROADCAST GmbH

Stephan Jay
Telekom Deutschland GmbH

Georg Merdian
Vodafone GmbH

Martina Westhues
Deutsche Telekom Group Headquarters

Wilhelm Möllemann
TelematicsPRO e. V.




Digital Gipfel



Impulspapier | Projektgruppe „Konvergente Netze
als Infrastruktur für die Gigabit-Gesellschaft“ |
Fokusgruppe „Aufbruch in die Gigabit-Gesellschaft“
Juni 2017
Herausgeber:
Digital-Gipfel
Plattform „Digitale Netze und Mobilität“

Alle Dokumente, aber
auch Erklärfilme, Interviews
und Videos der Plattform 1 „Digitale
Netze und Mobilität“ sowie Hintergrund-
informationen sind auf der Website der
Plattform zur Verfügung gestellt:

[www.plattform-
digitale-netze.de](http://www.plattform-
digitale-netze.de)