



BRANDENBURGISCHES INSTITUT
für GESELLSCHAFT und SICHERHEIT

Wirtschafts- und Sicherheitspolitische Aspekte eines flächendeckenden deutschen Glasfasernetzes

Esther Kern, Johannes Rieckmann, Tim Stuchtey, Alexander Szanto

Kurzstudie

im Auftrag der

OneFiber Interconnect Germany GmbH

Brandenburgisches Institut für Gesellschaft und Sicherheit

April 2020

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie die Übersetzung, vorbehalten.
Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Brandenburgischen Instituts für Gesellschaft und Sicherheit reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Kontakt und weitere Informationen:

Brandenburgisches Institut für Gesellschaft und Sicherheit gGmbH (BIGS)

Geschäftsführender Direktor: Dr. Tim H. Stuchtey

Dianastraße 46

14482 Potsdam

Telefon: +49-331-704406-0

Telefax: +49-331-704406-19

E-Mail: direktor@bigs-potsdam.org

www.bigs-potsdam.org

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Einleitung.....	3
Wirtschafts- und ordnungspolitische Argumentation.....	4
Glasfaser, 5G und der Faktor Zeit	6
Aus Sicht von Internetdiensteanbietern und Telekommunikationsunternehmen	8
Aus Sicht der Deutschen Bahn	9
Aus Sicht des Staates	10
Sicherheitspolitische Aspekte von OneFiber	13
Digitale Souveränität	13
Sicherheit durch die Möglichkeit eines physisch abtrennbaren Netzes.....	15
Mehrstufigkeit des Sicherheitskonzepts der OneFiber	17
Literatur	19

Zusammenfassung

Ein deutschlandweit flächendeckendes, homogenes und sicheres Glasfasernetz ist eine Voraussetzung für das **Gelingen der Digitalisierung** der deutschen Volkswirtschaft. Glasfaserverkabelung eignet sich aufgrund der hohen Übertragungsraten und dem damit einhergehenden schnellen Datenaustausch in besonderem Maße als Basis einer zukünftigen leistungsfähigen und verlässlichen Kommunikationsinfrastruktur, die insbesondere für die stattfindenden Transformationsprozesse zur Industrie 4.0 benötigt wird. Dies umfasst auch und im Speziellen den Aufbau und Betrieb des Mobilfunknetzes 5G, das **Glasfasernetze als Rückgrat** nutzen kann. In der vorliegenden Studie werden die wirtschafts- und die sicherheitspolitischen Aspekte eines flächendeckenden deutschen Glasfasernetzes analysiert.¹

Zeit ist ein wichtiger Wettbewerbsfaktor bei der Digitalisierung von Wertschöpfungsketten. Ein **zügiger Glasfasernetzausbau** wird den bestehenden Wettbewerbsnachteilen weiter Teile Deutschlands bzgl. der Verfügbarkeit eines leistungsfähigen Breitbandanschlusses entgegenwirken. OneFiber schafft nach eigenen Angaben einen flächendeckenden Glasfaserausbau in Deutschland innerhalb von **fünf Jahren**, wesentliche Industrie- und Wirtschaftszentren und selbst viele mittelständische Unternehmen außerhalb der Hauptverkehrsadern wären schon nach **zwei Jahren** angebunden.

Ordnungspolitisch ist ein privatwirtschaftlicher Aufbau und Betrieb eines Glasfasernetzes entlang der Eisenbahntrassen einer steuerfinanzierten Lösung vorzuziehen. Dem staatseigenen Unternehmen DBAG sollte nicht gestattet werden, sein Monopol beim Betrieb von Schieneninfrastruktur auf den Markt für Breitbandkommunikation auszudehnen. Der Steuerzahler sollte nicht das betriebswirtschaftliche Risiko für den Aufbau und Betrieb eines Glasfasernetzes übernehmen müssen, wenn alternativ eine ausschließlich private Finanzierung möglich ist. Auch ein Glasfasernetz stellt ein (allerdings bestreitbares) Monopol dar. Ein **diskriminierungsfreier Zugang** zu diesem Netz ist sicherzustellen.

Ein flächendeckender Glasfasernetzausbau würde für Mobilfunknetzbetreiber den Vorteil bieten, dass sie sich auf den **Aufbau der 5G Antenneninfrastruktur** nahe der Kunden **konzentrieren** und die notwendige physische Infrastruktur zur Übertragung auf längeren Distanzen **mieten** könnten. Dies ist weniger kapitalintensiv und würde zu einem zügigen Angebot von 5G, insbesondere auch in **ländlicheren Räumen**, führen. Das mancher Orts Fehlen einer solchen digitalen Infrastruktur wird gerade in der laufenden "Corona-Krise" schmerzlich bewusst.

Glasfaser erhöht den Schutz und damit die Sicherheit der digitalen Infrastruktur in Deutschland. Ein physisches Glasfasernetz und der darin stattfindende Datenverkehr unterstehen aufgrund der geographischen Lage durchgehend dem Schutz des deutschen Rechts- und Sicherheitssystems. Es ist leichter zu überwachen, schwerer zu sabotieren und ein ungewollter Datenabfluss unwahrscheinlicher. Die Existenz und Verfügbarkeit eines landesweiten homogenen Glasfasernetzes, bestehend aus Bauteilen europäischer Hersteller, würde einen bedeutenden **Zugewinn an digitaler Souveränität** Deutschlands darstellen. Die laufende Debatte über die Beteiligung chinesischer Hersteller beim Aufbau eines 5G-Netzes verlore an Bedeutung. Gleichzeitig würde eine baldige Entscheidung zum Bau eines solchen Netzes als ein starkes Signal in der bislang noch wenig erfolgreichen Digitalisierungspolitik wirken.

¹Vgl. Handelsblatt (2019) Glasfaser für das ganze Land: Der Plan zum Breitbandausbau mit dem Schienennetz, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/angebot-fuer-die-bahn-glasfaser-fuer-das-ganze-land-der-plan-zum-breitbandausbau-mit-dem-schienennetz/24860666-all.html>.

Durch das Anmieten von sog. **DarkFibers** kann sowohl für einzelne privatwirtschaftliche Kunden, als auch für den Staat, ein **physisch abgetrenntes Netz** bereitgestellt werden, durch das der Kunde vollständige Kontrolle über seinen Datenverkehr erhält. Auf den Auf- und Ausbau eines proprietären staatlichen Glasfasernetzes kann verzichtet werden. Die geplante Netzwerkstruktur ermöglicht einen redundanten und somit resilienten Datentransfer und erlaubt im Störfall ein schnelles *Re-routing*. Im Falle groß angelegter Cyberangriffe aus dem Ausland kann das Glasfasernetz von OneFiber vollständig vom globalen Netz getrennt und im Notfall zeitweise zu einem **Intranet Deutschland** umgewandelt werden. Systemrelevante Leistungen, die einen Datenverkehr zur Voraussetzung haben, können weiter bereitgestellt werden.

Einleitung

Das Brandenburgische Institut für Gesellschaft und Sicherheit (BIGS) wurde von dem Unternehmen OneFiber Interconnect Germany GmbH (OneFiber) beauftragt, eine Kurzanalyse seiner Geschäftsidee aus wirtschafts- und sicherheitspolitischer Sicht vorzunehmen. Das Geschäftsmodell von OneFiber zielt darauf ab, ein deutschlandweites Glasfasernetz entlang der Eisenbahntrassen der Deutschen Bahn AG in überwiegend bereits vorhandenen Kabelkanälen zu verlegen. Bei Realisierung des Konzepts wären ein schneller Ausbau und die Schaffung eines flächendeckenden leistungsfähigen Netzes möglich. Beim Netzaufbau soll technisch ausschließlich auf europäische Hersteller als Zulieferer zurückgegriffen werden. Das bestehende Netz soll dann nach dem Open-Access-Zugangsmodell all jenen diskriminierungsfrei zugänglich gemacht werden, die für ihre Dienstleistungen auf ein leistungsfähiges, schnelles und sicheres Datennetz angewiesen sind.

Zu dem Zweck der Analyse der Geschäftsidee aus wirtschafts- und sicherheitspolitischer Sicht erhielten die Autoren Einsicht in Teile des Geschäftsmodells von OneFiber sowie in bereits vorliegende technische Gutachten wissenschaftlicher Forschungsinstitute und von Beratungsunternehmen. Unsere Analyse basiert auf diesen teilweise nicht öffentlichen, sowie auch auf öffentlich zugänglichen, Quellen. Auf letztere wird an den entsprechenden Stellen durch Fußnoten referenziert. Erstere sind sprachlich durch Angaben wie „laut Angaben von OneFiber“ kenntlich gemacht.

In unserer folgenden Analyse haben wir ein besonderes Augenmerk auf

- die Resilienz eines leitungsgebundenen Datennetzes in Deutschland,
- einen Rückgewinn an technologischer Souveränität durch ein landesweites homogenes Glasfasernetz,
- die ordnungspolitische Vorzugswürdigkeit einer privatwirtschaftlichen Lösung sowie
- die wirtschaftspolitische Bedeutung des Faktors Zeit beim Aufbau eines leistungsfähigen Datennetzes

gelegt.

Die Autoren hoffen, dass die hier vorliegende Kurzanalyse einen Beitrag zur Entscheidungsfindung über die Umsetzung des Konzepts von OneFiber liefert. Die mit der Digitalisierung verbundenen Produktivitätsgewinne können letztlich nur realisiert werden, wenn in Deutschland die Dateninfrastruktur vorhanden ist und die darauf basierenden Dienstleistungen zu wettbewerbsfähigen Preisen angeboten werden. Dies ist bislang nur ungenügend der Fall. Ohne zusätzliche Anstrengungen kann die Lücke bei der Digitalisierung, die schon heute gegenüber anderen entwickelten Staaten besteht, nicht geschlossen werden. Allein deshalb erscheint eine ernsthafte Prüfung der Geschäftsidee sinnvoll.

Wirtschafts- und ordnungspolitische Argumentation

Netzgebundene Infrastrukturen gelten als natürliche Monopole, bei denen der Wettbewerb nur ungenügend funktioniert. Solche Infrastrukturen werden daher entweder staatlich betrieben, oder es wird mit Hilfe von Regulierung versucht, eine unangemessene Einschränkung des Wettbewerbs und eine Ausbeutung der Konsumenten zu verhindern. Der schienengebundene Fernverkehr ist ein klassisches Beispiel hierfür, über dessen Regulierungsbedürftigkeit in der wissenschaftlichen Literatur bereits viel geschrieben wurde.²

Regelmäßig wird eine Entbündelung des natürlichen Monopols gefordert, indem der Betrieb des Netzes und die eigentliche Dienstleistung, für die das Netz erforderlich ist, voneinander organisatorisch und rechtlich getrennt werden (**Trennung von Netz und Betrieb**). Potenziellen Anbietern der Dienstleistung soll dann ein diskriminierungsfreier Zugang zu der Netzinfrastruktur ermöglicht werden.

Für den schienengebundenen (Fern-)Verkehr hat man sich in Deutschland darauf geeinigt, der staatlichen DB Netz AG die Unterhaltung des größten Teils des Schienennetzes zu überlassen. Bahnverkehrsunternehmen (DB, Flix, NOB etc.) mieten Netzkapazität von der DB Netz AG, um Fern- oder Nah-, Güter- oder Personenverkehr anzubieten (**diskriminierungsfreier Zugang**). Nicht beabsichtigt war es vom Gesetzgeber, dem staatseigenen Unternehmen Deutsche Bahn und damit der DB Netz AG die Möglichkeit einzuräumen, die Monopolmacht aus dem Bereich des schienengebundenen Verkehrs auszunutzen und auf andere Produkte und Dienstleistungen auszuweiten, die sehr wohl wettbewerblich funktionieren oder es zumindest könnten.³ Deshalb wurde in der Satzung der *Der Deutsche Bahn Aktiengesellschaft* (DB AG) der Unternehmensgegenstand in §2 (1) klar eingegrenzt.⁴

Unternehmenszweck und Berechtigung für den staatseigenen Betrieb der DB AG ist der Eisenbahnverkehr. Eine Ausweitung ihres Monopols auf zumindest potenziell wettbewerblich und privatwirtschaftlich organisierbare Märkte widerspricht daher einer grundsätzlich marktwirtschaftlich organisierten Wirtschaftsordnung. Auf Ebene der Europäischen Union (EU) wird gegen ähnlich wohlfahrtsmindernde (Quasi-)Monopole und deren Versuch, ihre Marktmacht auf andere Märkte auszudehnen, bereits vorgegangen. Dies zeigen die von der EU angestrebten Kartellverfahren im Digitalbereich gegen Unternehmen wie Facebook und Google.

Die ordnungspolitische Unverträglichkeit eines Eintritts der DB AG in den Markt für Telekommunikationsdienstleistungen gilt umso mehr, als dass zumindest ein Angebot vorliegt, die Investition in ein Glasfasernetz vollständig privat zu finanzieren. Dem gegenüber gibt es Hinweise, dass die DB AG für ihre neu gegründete Tochter DB Broadband GmbH, für die gleiche Investition zusätzliche Steuermittel als Subvention in Höhe von 3,5 Mrd. Euro verlangt.⁵ Damit trüge der Steuerzahler

²Vgl. z.B. Monopolkommission (2017) Bahn 2017: Wettbewerbspolitische Baustelle, https://www.monopolkommission.de/images/PDF/SG/s76_volltext.pdf.

³Die Zusammenarbeit der Deutschen Bahn und verschiedener Telekommunikationsunternehmen verläuft nicht immer reibungsfrei. So vermerkt WIK-Consult (2018, Bericht für den BREKO Bundesverband Breitbandkommunikation e.V., S.30): „Gerade in Bezug auf Bahnquerungen berichten viele Telekommunikationsunternehmen von sehr umständlichen Verfahrensvorschriften und langen Bearbeitungszeiten der Deutschen Bahn. Die Standardvereinbarung der TK-Unternehmen mit der Bahn zu Bahnquerungen wird nahezu permanent neu verhandelt. Deshalb tendieren einige Anbieter dazu, die Querung von Bahnstrecken zu vermeiden und gegebenenfalls Kostensteigerungen durch Umwege in Kauf zu nehmen.“

⁴Vgl. Satzung DB AG, §2 (1), https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Anhaenge/Satzung_DB_AG.pdf.

⁵Vgl. Golem (2018), Projekt Breitband: Bahn will 3,5 Milliarden Euro vom Bund für Glasfasernetz, <https://www.golem.de/news/projekt-broadband-bahn-will-3-5-milliarden-euro-vom-bund-fuer-glasfasernetz-1810-137322.html>.

vermeidbarerweise das wirtschaftliche Risiko, das alternativ von Privaten übernommen werden kann. Kurzfristig wäre er gefordert, den Aufbau eines Glasfasernetzes mit Hilfe steuerfinanzierter Subventionen mitzufinanzieren. Dauerhaft trägt der Steuerzahler das betriebswirtschaftliche Risiko beim Betrieb des Glasfasernetzes durch ein staatseigenes Unternehmen, da potenzielle Verluste im Telekommunikationsbereich zur Reduktion der Dividendenzahlung in den Bundeshaushalt führen würden. In der Konsequenz fordert die Bundesnetzagentur daher in Bezug auf den Aufbau von Glasfasernetzen: *„Im Ergebnis sollen die Potenziale eines privatwirtschaftlich finanzierten Netzausbaus bestmöglich ausgeschöpft werden. Dabei kann es außerdem gelingen, den Bedarf an öffentlichen Fördermitteln auf ein Mindestmaß zu begrenzen.“*⁶

Ein rein privatwirtschaftlich finanzierter Ausbau des Glasfasernetzes in Deutschland ist auch deshalb angezeigt, weil am Kapitalmarkt hinreichend Liquidität vorhanden ist und Anleger auf der Suche nach einer positiven Rendite sind. Privatwirtschaftliche Investitionen durch Subventionen oder Förderprogramme zu verdrängen wäre ordnungs- und fiskalpolitisch falsch und ganz sicher nicht im Sinne des Steuerzahlers.⁷

Ein landesweites Glasfasernetzwerk stellt selbst eine netzgebundene Infrastruktur dar und unterliegt damit potenziell der gleichen Regulierungsnotwendigkeit wie das Schienennetz. Allerdings handelt es sich bei einem solchen Kommunikationsnetz, um ein bestreitbares Monopol. Substitute durch ein bereits bestehendes Kupferkabelnetz oder durch Funknetze (2G, 3G, 4G und zukünftig 5G), beschränken die Marktmacht eines Glasfasernetzbetreibers.⁸⁹ Allerdings besteht auch beim Glasfasernetz die Notwendigkeit einen diskriminierungsfreien Netzzugang überprüfbar sicherzustellen. So stellt auch der Präsident der Bundesnetzagentur Homann fest, *„(w)enn der diskriminierungsfreie Zugang von Wettbewerbern zur Glasfaser gewährleistet ist, können wir uns auf eine Regulierung ‚light‘ beschränken.“*¹⁰

Der Markteintritt z.B. von OneFiber, mit der Bereitstellung eines deutschlandweiten Glasfasernetzes, wäre zudem ein positives Signal für die grundsätzliche Bestreitbarkeit des Telekommunikationsmarktes. Ein solcher Markteintritt ist ein Indiz für das Funktionieren des Wettbewerbs auf diesem Markt, erhöht die Anzahl der Anbieter und im Ergebnis die Wettbewerbsintensität zu Gunsten der Nachfrager.

Beim Breitbandausbau mit Glasfaser können zudem Synergien durch das Open-Access-Zugangsmodell geschaffen werden, um eine unwirtschaftliche parallele Erschließungen durch mehrere Anbieter oder regionale Monopole zu verhindern. Ein diskriminierungsfreier Zugang würde Ressourcen freisetzen, die den Marktakteuren mehr Spielraum bei Investitionen erlauben würden und das einhergehend mit der Wahlfreiheit des Anbieters. Damit könnten alle Internetdienstleister, die keine eigene Netzinfrastruktur haben, Zugang zum Markt erhalten und eigene Breitbandangebote realisieren.

⁶Bundesnetzagentur (2017), Newsletter 04/2017, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/Newsletter/archiv/PDF/2017_04.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

⁷Vgl. auch Bündler (2020), Der Staat verdrängt private Glasfaserkabel-Investoren, in: FAZ vom 21.01.2020, S. 23.

⁸Vgl. Bundesnetzagentur (2019), Konsultationsentwurf Bundesnetzagentur, Markt für den auf der Vorleistungsebene an festen Standorten lokal bereitgestellten Zugang, Stand: 21.05.2019, S. 63, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK1-GZ/2019/BK1-19-0001/BK1-19-0001_Konsultationsentwurf_bf.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

⁹Das von OneFiber vorgeschlagene Glasfasernetz wäre aber kein natürliches Monopol, wie bei der Schiene, neben der eine parallele Schiene wirtschaftlich unsinnig und räumlich schlecht machbar wäre. In dem Kabelschacht können in Grenzen weitere Kabel gelegt werden.

¹⁰Homann, Jochen (2019), in: Pressemitteilung der Bundesnetzagentur vom 27.5.2019, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20190527_LetzteMeile.html.

Glasfaser, 5G und der Faktor Zeit

In Deutschland und anderen westlichen Staaten wird seit 2019 kontrovers darüber gestritten, ob Hard- und Software chinesischer Hersteller beim Aufbau von 5G-Netzen zum Einsatz kommen sollen. Neben dem geringeren Preis und einer wettbewerbsfähigen Qualität der chinesischen Produkte, insbesondere von Huawei und ZTE, spielt die sofortige Verfügbarkeit bei den Befürwortern eine entscheidende Rolle in der Diskussion.¹¹ Gerade im Bereich der sogenannten Campus-Netze, aber auch darüber hinaus, erhoffen sich viele Geschäftsmodelle einen Wettbewerbsvorteil daraus, möglichst frühzeitig ihre Dienstleistung mithilfe der 5G-Technologie anbieten zu können. Beschränkt man sich beim Netzaufbau auf westliche Lieferanten (insbes. Ericsson und Nokia), droht die Verfügbarkeit erst deutlich später realisierbar zu sein.

Die Umgestaltung des Produktionsprozesses in Richtung **Industrie 4.0** verspricht erhebliche Effizienzgewinne in der Produktion, eine gesteigerte Produktivität und damit im Vergleich zum Status quo Wettbewerbsvorteile. Dass sich hierdurch ergebene Potenzial kann nur durch hinreichend leistungsfähige Kommunikationsnetze ausgeschöpft werden. 5G gilt hier nicht nur als die nächste, schnellere Generation der drahtlosen Datenübertragung, sondern wird als eine sog. **General Purpose Technology** (GPT) angesehen.

Mit der Einführung einer GPT sind transformative und oft **disruptive Veränderungen** von Wertschöpfungsketten und ganzen Industrien verbunden.¹² Solche Technologien bilden die Grundlage für Innovationen und Wachstumspotenzial in zahlreichen, von der eigentlichen GPT bislang völlig unabhängigen Technologiebereichen und Märkten.

Die Politik steht hier vor der Herausforderung, diese Transformation durch eine geeignete Regulierung zu gestalten, die es im internationalen Wettbewerb stehenden Unternehmen ermöglicht, die Innovations- und Wachstumspotenziale zügig auszuschöpfen. Wegen der hohen Skaleneffekte in der digitalen Ökonomie locken hier Pioniergewinne. Wer als erstes auf dem Markt ist, kann die Durchschnittskosten senken und Netzwerkeffekte erzielen. Für später in den Markt eintretende Unternehmen wirken diese Effekte als Markteintrittsbarriere. Geschwindigkeit (und Marktdurchdringung) wird damit zum wesentlichen Wettbewerbsfaktor. Eine wirksame Wirtschafts- und Industriepolitik im Bereich der digitalen Ökonomie setzt also das rechtzeitige Vorhandensein der GPT auch in Deutschland voraus.

Schafft Deutschland deren Aufbau und eine landesweite Abdeckung mit einem verlässlichen 5G-Netz nicht oder nicht in akzeptabler Zeit, zieht dies erhebliche Wettbewerbsnachteile im Verhältnis zu anderen Industriestaaten mit einer fortschrittlicheren digitalen Infrastruktur (z.B. Süd-Korea) nach sich. Diese Wettbewerbsnachteile werden in ihrem Umfang deutlich mehr Bedeutung haben, als dies bei der vierten Generation der Kommunikationsnetze (4G bzw. LTE) der Fall war, weil der Sprung von 4G auf 5G eben nicht nur schnelleres Internet bedeutet, sondern eine transformative Wirkung auf Wertschöpfungsketten hat. Die Ubiquität von Daten und Konnektivität verändert die Art des Wirtschaftens und Produzierens, so, wie es die Elektrifizierung getan hat.¹³

OneFiber schafft nach eigenen Angaben einen vollständigen Netzausbau in Deutschland innerhalb der nächsten fünf Jahre. Nahezu alle Unternehmensstandorte und Haushalte in Deutschland (ca. 95%)

¹¹Vgl. Stuchtey/Meinel (2019), Der heilsame Huawei-Schock, <https://www.welt.de/debatte/kommentare/article203499844/5G-Ausbau-Der-heilsame-Huawei-Schock.html>.

¹²Vgl. Qualcomm (2019), 5G Economic Impact Study, <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/ihs-5g-economic-impact-study-2019.pdf>.

¹³Vgl. Wired (2019), Where the 5G Data Storm Will Hit First, <https://www.wired.com/story/where-5g-data-storm-will-hit-first/>.

liegen dann in einer Entfernung von weniger als zehn Kilometern von dem Glasfasernetz von OneFiber.¹⁴ Die wesentlichen Industrie- und Wirtschaftszentren sowie Regionen in denen mittelständische Unternehmen außerhalb der Hauptverkehrsadern Deutschlands angesiedelt sind, sollen nach eigenen Angaben bereits nach zwei Jahren miteinander verbunden sein.

Glasfaserverbindungen sind das Rückgrat für 5G-Netze, weil die Kupferverbindungen nicht die Datenübertragungsraten erlauben, die die 5G-Funktechnologie ermöglicht.¹⁵ Deutschland, das bislang wesentlich auf Kupferkabelnetze für Kommunikationsnetze gesetzt hat, muss den sich jetzt dadurch ergebenden Nachteil durch eine zügige Verkabelung mit Glasfaser ausgleichen. Das von OneFiber vorgeschlagene Modell verspricht genau dies.

Deutschland muss nicht nur schnell ein leistungsfähiges 5G-Netz für die wirtschaftliche Transformation zur Verfügung haben. Es gilt auch, rechtzeitig Klarheit darüber zu haben, ob sich beim Aufbau von 5G-Netzen weitgehend auf ein engmaschiges Glasfasernetz gestützt werden kann.

Die Netzbetreiber, die gerade die notwendigen Funklizenzen ersteigert haben, benötigen für ihre jetzt anstehenden Investitionsentscheidungen die Information, ob und auf welche Glasfaserinfrastruktur sie ihr Funknetz aufbauen können. Andernfalls drohen Fehlinvestitionen oder ein Hinauszögern der notwendigen unternehmerischen Weichenstellungen.¹⁶

¹⁴Vgl. OneFiber (2020), <https://onefiber.de/glasfaser-infrastruktur/>.

¹⁵Vgl. Lavallée (2016), Das 5G-Netz benötigt Glasfaserverbindungen ... viele Glasfaserbindungen, https://www.ciena.de/insights/articles/5G-wireless-needs-fiber-and-lots-of-it-de_DE.html.

¹⁶Der Bundesverband Glasfaseranschluss e.V. BUGLAS bezieht zur Bedeutung von moderner Glasfaser- und Mobilfunk-Infrastruktur wie folgt Stellung: „Der Anschluss an eine leistungsfähige digitale Infrastruktur, sei es ein Glasfaser- oder ein Mobilfunknetz der neuesten Generation, ist moderne Daseinsvorsorge.“ (BUGLAS 2018, S.1). Auch BREKO (2016) hebt hervor: „Direkte Glasfaseranschlüsse (FTTB/FTTH) sind die einzig zukunftssichere und nachhaltige Basisinfrastruktur – und damit für die Digitalisierung unseres Landes und den Weg in die Gigabit-Gesellschaft alternativlos.“

Aus Sicht von Internetdiensteanbietern und Telekommunikationsunternehmen

Internetdiensteanbieter (oder Internet Service Provider – ISP) sind Unternehmen, die technische oder Dienstleistungen anbieten, die für die Nutzung oder den Betrieb von Inhalten und Diensten im Internet erforderlich sind.¹⁷ Das Angebot kann sowohl über kabelgebundene als auch über Funknetze erfolgen.

Für die vier Unternehmen, die im Juni 2019 die Lizenzen für die Mobilfunkfrequenzen zum Aufbau eines 5G-Netzes für insgesamt 6,6 Mrd. Euro ersteigert haben, stellt OneFiber nur in Teilen eine Konkurrenz dar. Dort, wo Unternehmen ein autarkes Kommunikationssystem nachfragen, können Sie dies zukünftig zum einen von den 5G-Netzanbietern (Dt. Telekom, Vodafone, O2, 1&1) durch **Network Slicing** erhalten. Zum anderen können sie von OneFiber eine Faser mieten (**DarkFiber**). In diesem Industriegeschäft kann eine sehr ähnliche Dienstleistung sowohl von den klassischen Internetdienstleistern (mit eigenem Netz oder als Reseller) als auch OneFiber im Wettbewerb angeboten werden.

5G-Mobilfunknetze haben nicht nur Auswirkungen auf den funkgestützten Bereich der Kommunikation, sondern auch auf den *Festnetzbereich* der globalen Netzinfrastruktur. Die Geschwindigkeit und das Datenvolumen des 5G-Netzes sind stark davon abhängig, dass an den Basisstationen hinreichend Glasfaserverbindungen zur Verfügung stehen, da die Daten zwar streckenweise (*“last mile“*) über Funk, jedoch über erhebliche Distanzen vor allem über physische Netze transportiert werden. *„Wenn für diese Basisstationen in den nächsten Jahren ein Upgrade auf 5G vorgesehen ist, müssen jetzt Glasfaserleitungen zu kleinen Zellen und Makrozellen verlegt werden, wann und wo immer dies möglich ist. Kupfer- und funkbasierte MBH-Optionen lassen sich einfach nicht für den Backhaul-Datenverkehr skalieren, der durch ein 5G-RAN entsteht.“*¹⁸

In ihren gegenwärtigen Planungen müssen die Internetdienstleister davon ausgehen, dass sie selbst weite Strecken ihres Netzes durch das Verlegen von Glasfaserkabeln überbrücken müssen. Ein solcher Netzaufbau ist langwierig und teuer, weil die Kapazitäten im Baubereich gegenwärtig voll ausgeschöpft sind, und weil Plan- und Genehmigungsverfahren in Deutschland lange brauchen. Alternativ kann auf bestehende Netze zurückgegriffen werden, die aber weitgehend aus Kupferkabeln mit ihren technischen Nachteilen bestehen oder aber als Glasfasernetze bislang wenig und schon gar nicht flächendeckend ausgebaut sind.

Kann hierbei in planbarer Zukunft OneFiber sein Netz den Internetdienstleistern anbieten, dann können sich die Anbieter von 5G-Netzen (zumindest anfänglich) auf den Aufbau einer Antenneninfrastruktur nahe der Kunden konzentrieren und als Rückgrat Kapazitäten bei OneFiber anmieten. Eine Mietlösung ist zum einen weniger kapitalintensiv und wird zum anderen dazu führen, dass das Angebot des Internetdienstleisters früher am Markt erhältlich sein wird.

Zudem hilft ein zügig und flächendeckend verfügbares Glasfasernetz den Mobilfunknetzbetreiber, ihr Angebot mit 5G weit schneller in weniger dicht besiedelten Räumen anzubieten. Damit würde ein in der Politik und Öffentlichkeit immer wieder kritizierter Mangel beseitigt. Dieser Mangel wird als ein wichtiger Grund für das gesellschaftliche Auseinanderdriften von urbanen und ländlichen Regionen verantwortlich gemacht und führt gerade in der gegenwärtigen *“Corona-Krise“* dazu, dass gerade in den ländlichen Regionen digitale Substitute zu physischen Treffen von Menschen im Beruf oder auch in der Medizin (Telemedizin) nicht zur Verfügung stehen. Mit einem Funknetz oder einem lokalen

¹⁷Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Internetdiensteanbieter>.

¹⁸Lavallée (2016), Das 5G-Netz benötigt Glasfaserverbindungen ... viele Glasfaserbindungen, https://www.ciena.de/insights/articles/5G-wireless-needs-fiber-and-lots-of-it-de_DE.html.

Glasfasernetz von der nächstgelegenen Bahnstrecke können auch kleinere Ortschaften bald und für die Internetdienstleister zu niedrigeren Kosten den digitalen Anschluss finden.

Ein anschauliches Rollenmodell für genau diese flächendeckende Anbindung bietet Schweden. Neben seinen skandinavischen und baltischen Nachbarstaaten ist das Land eines der Vorreiter in der Versorgung mit Glasfasernetzen. Besonders deutlich wird der Vorsprung beim Blick auf die schwedische Hauptstadt, die nicht erst heute „eine weltweite Vorreiterrolle bei der Glasfaserpenetration einnimmt: Mehr als 90 % der Haushalte und nahezu alle Firmen sind hier direkt an die Glasfaser angeschlossen“ (NET 2014, S.28).

Damit auch entlegene Landesteile so versorgt werden können, baut die schwedische Telekommunikationsindustrie auf die Zusammenarbeit mit dem Schienennetzwerk zum weiteren Breitbandausbau. Beispielhaft angeführt ist im Folgenden ein Zitat (Nexan 2018) des Vertriebschefs der Firma Nexan, Sparte Telekommunikation für die nordischen Länder Christer Larsson im Zusammenhang mit der Vergabe eines 65 Mio. €-Auftrags der schwedischen Regierung: *“And as the rail market in Sweden is in the throes of a huge FTTX (Anmerkung der Autoren: fiber to the x, Breitbandzugang mit Kombination aus Lichtwellen- und Kupferleitern) expansion, we are joining forces with Emtelle to help the Swedish operators cover huge swathes of their national networks rapidly and cost-effectively with our cutting-edge solutions.”*

Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die Bereitstellung einer flächendeckenden Breitbandversorgung über Glasfaser die Entwicklung neuer Dienstleistungen und –Geschäftsmodelle z.B. in der Informationstechnologiebranche hervorbringen wird. Eine solche Spezialisierung könnte etwa die digitale Steuerung oder Fernwartung von Fabriken der Industrie 4.0 sein.

Aus Sicht der Deutschen Bahn

Für die Deutsche Bahn hat eine Glasfaserverkabelung entlang ihrer Gleise einen direkten Unternehmensnutzen und bietet zugleich die Möglichkeit, ein **Kuppelprodukt** herzustellen. Mithilfe von Glasfaserverkabelung kann das Netz technisch beobachtet, kontrolliert und letztlich in einem Maße geschützt werden, wie es mit einer Kupferverkabelung nicht möglich ist.

Der Einsatz von *Fiber Optic Acoustic Detection* (FOAD) ist ein bei Schienennetzbetreibern viel diskutierter neuer Ansatz, der unter anderem für die nordamerikanische Bahnindustrie untersucht wurde. FOAD hat das Potenzial, die Sicherheit in der Eisenbahnindustrie durch die kontinuierliche Überwachung des Zustands von Schienen, Gleisen und Fahrzeugen zu erhöhen. Ein FOAD-System pulst Laserlicht über ein in der Nähe eines Eisenbahngleises verlegtes Glasfaserkabel und kann mit Hilfe der Rayleigh-Rückstreuung akustische und seismische Signale erkennen, die von Zugbewegungen, Schienenbrüchen, Radaufschlägen, Schleppeinrichtungen usw. erzeugt werden.¹⁹

Mögliche Anwendungen für den Einsatz der FOAD-Technologie liegen in den Bereichen Schienenbrüchererkennung, Zugidentifizierung und -verfolgung, Überwachung des Zustands der Ausrüstung und der Gleisintegrität sowie der Sicherheit und Erkennung von Umweltgefahren. Hieraus ergibt sich auch ein Potenzial für Kosteneinsparungen für die Eisenbahnen sowie durch frühzeitige Schadenserkennung und Minderung von Unfallfolgen, und neuer technischer Möglichkeiten zur Datengewinnung zwecks "predictive maintenance".²⁰

Die sich aus einer Glasfaserverkabelung entlang der Gleise der Deutschen Bahn AG ergebene Durchleitungskapazität für Daten wird den Bedarf der Bahn um ein Vielfaches übersteigen. Quasi als eine Art Kuppelprodukt bietet es sich an, die ungenutzte Kapazität Dritten zur Nutzung gegen ein Entgelt anzubieten. Hier gilt es aber abzuwägen, ob das Hauptgeschäft des Glasfaserkabels nicht statt im Verkehrsbereich in der Telekommunikationsdienstleistung liegt (und damit FOAD das nachrangige Kuppelprodukt darstellt). Die vorangegangenen ordnungspolitischen Bedenken sowie die transformative Wirkung, die sich aus der Einführung der 5G-Technologie ergibt, lässt eher vermuten, dass es sich beim Bereitstellen des bundesweiten und dichten Glasfasernetzes in erster Linie um eine Telekommunikationsdienstleistung mit dem Kuppelprodukt FOAD handeln wird.

¹⁹Vgl. U.S. Department of Transportation (2018), Fiber Optic Availability and Opportunity Analysis for North American Railroads, <https://trid.trb.org/view/1526421>.

²⁰Vgl. ebenda.

Aus Sicht des Staates

Deutschland tut sich schwer bei der Digitalisierung. Zwar gibt es einzelne Cluster, die unternehmerisch und wissenschaftlich international erfolgreich sind, doch gleichzeitig sind weite Teile des Landes von den Möglichkeiten der Digitalisierung abgeschnitten, weil weder eine Breitbandverkabelung verfügbar, noch eine Mobilfunkabdeckung vorhanden ist. Noch im Sommer 2019 warben die Parteien in Brandenburg (mal wieder) damit, die Löcher in der Netzabdeckung schließen zu wollen.

Das im Koalitionsvertrag festgelegte Ziel der Bundesregierung, bis Ende 2025 ganz Deutschland über Gigabit-Netze zu versorgen, kann ohne weitere Initiativen nicht erreicht werden. Dies gilt, obwohl die Bundesregierung über vier Jahre hinweg weitere insgesamt zehn bis zwölf Milliarden Euro investieren will.²¹ Das von OneFiber präsentierte Geschäftsmodell verspricht eine breite Abdeckung ohne Subventionen.

Breitbandverfügbarkeit mit Glasfaser in Deutschland



Quelle: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/breitbandatlas/breitbandatlas.html>

²¹Vgl. BMVI (2019), Relaunch des Breitbandförderprogramms, <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Breitbandfoerderung/breitbandfoerderung.html>.

Die Digitalisierungspolitik in Deutschland ist bislang von eher inkrementellen Fortschritten geprägt. Das glaubhafte Anstreben einer baldigen Verfügbarkeit eines Glasfaseranschlusses in nur wenigen Kilometern Entfernung, in Verbindung mit der 5G-Funktechnologie, verspricht, die vielen blinden Flecken in der Breitbandabdeckung in Deutschland verschwinden zu lassen und ein **digitaler Befreiungsschlag** zu werden. Hierdurch kann eine wirtschaftliche Dynamik ausgelöst werden, die eben nicht nur die üblichen Standorte von der Digitalisierung profitieren lassen wird. Die **digitale Spaltung** Deutschlands, die Effekte in viele gesellschaftspolitische Bereiche und nicht nur in die Wirtschaft hat, ließe sich überbrücken.

Für eine bessere Anbindung ländlicher Regionen wäre es aber notwendig, dass nicht für jede einzelne Strecke der Zugang zur Infrastruktur der DB Netz AG erst vom Breitbandnetzbetreiber oder der digitalisierungswilligen Gemeinde erstritten werden muss. So musste das dänische Unternehmen **Global Connect** erst die Bundesnetzagentur zur Hilfe rufen, um Zugang zum Hindenburgdamm zu erhalten, damit die Insel Sylt einen Glasfaseranschluss erhält.²² Ein durchgehendes und auf einheitlichen technischen Standards basierendes Netz erleichtert allen in der Wertschöpfungskette beteiligten Institutionen und Unternehmen die Planung und Umsetzung ihrer Geschäftsideen.

Neben den sicherheitspolitischen hätte eine zunehmende **digitale Souveränität** auch zahlreiche wirtschaftspolitische Aspekte. Nicht zuletzt würde es sowohl inhaltlich als auch atmosphärisch die Spannungen mit unseren amerikanischen Partnern über die Verwendung chinesischer Technologie in kritischen Infrastrukturen mildern.

Die bisherigen Infrastrukturen des Informationsverbundes Berlin-Bonn (IVBB) sowie des Informationsverbundes der Bundesverwaltung/Bundesverwaltungsnetz (IVB /BVN) und auch das Verbindungsnetz zwischen Bund, Ländern und Kommunen (früher Deutschland Online Infrastruktur, derzeit NdB-VN) werden derzeit von der seit Anfang 2019 verantwortlichen Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) in ein einheitliches Netz des Bundes überführt.²³ Dabei werden mehr als 9.600 km Glasfaserkabel genutzt, die behördlicher Nutzung vorbehalten sind. Es handelt sich hierbei um das sogenannte Kerntransportnetz-Bund (KTN). Der bisherige Betreiber T-Systems wird nach und nach aus der Betreiberrolle herausgelöst und durch die Bundesanstalt ersetzt werden.

Das geplante Glasfasernetz von OneFiber wird im Vergleich zum derzeitigen KTN in etwa die dreifache Leitungslänge haben. Eine Integration dieses KTN mit einem „DarkFiber-Bund“ bzw. Behörden-DarkFiber, unter Beteiligung der Länder und Kommunen, ermöglicht die Gewährleistung der Eigenverantwortlichkeit der öffentlichen Hand für sicherheitskritische IT-Strukturen, bis hinein in die meisten (bahnangehenden bzw. an Schienenwegen liegenden) Kommunen. Auch abgelegene Standorte des Bundes könnten so bald an ein leistungsstarkes und sicheres Kommunikationsnetz angebunden werden.

Selbst in einer besonders kritischen Situation, in der das schwer zu schützende allgemeine Kommunikationsnetz ausfällt, könnten auch die Betreiber kritischer Infrastrukturen auf ein glasfasergestütztes „**Deutschland-Netz**“ zurückgreifen. Z.B. die im IT-Sicherheitsgesetz als besonders kritisch identifizierten meldepflichtigen Unternehmen könnten sich in entsprechenden Notlagen auf ein hierfür vorgesehenes und vom weltweiten Internet separierbares Netz draufschaalten. Grundlegende Funktionen der Volkswirtschaft, die von kritischen Infrastrukturen angeboten werden, hätten mit einer höheren Wahrscheinlichkeit weiter Zugriff auf eine funktionierende

²²Vgl. Neuhetzki (2014), Streit um Sylt: DB Netz muss Glasfaseranbindung ermöglichen, <https://www.teltarif.de/sylt-hindenburgdamm-glasfaser-bahn-anordnung-globalconnect/news/54257.html>.

²³Vgl. BDBOS (2019). Netze des Bundes - Eine Infrastruktur für alle Netze. https://www.bdbos.bund.de/DE/NdB/ndb_node.html.

Kommunikationsinfrastruktur im Falle eines Netzausfalls aufgrund z. B. eines Cyberangriffes. Ein solches Deutschland-Netz fördert somit die Resilienz systemkritischer Bereiche der Volkswirtschaft.

Auch das Cloud-Projekt des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) GAIA-X würde von einer flächendeckenden Versorgung mit Glasfaserkabeln profitieren. Wenn Daten in großen Volumina sicher und schnell zwischen einer Vielzahl von Speicherorten in der entweder als **Bundescloud** oder gleich als europäische Cloudinfrastruktur konzipierten „Daten-Seenplatte“ ausgetauscht werden, erscheint eine Verbindung über leistungsstarke Glasfaserkabel zwingend. Gerade mit Blick auf die Integration von Verwaltungsdaten gewinnen Datenschutzerwägungen eine besondere Bedeutung.²⁴

Für den Staat böte die Verfügbarkeit eines flächendeckenden Glasfasernetzes ebenfalls Vorteile. Neben den beschriebenen wirtschaftspolitischen Gesichtspunkten, die mittelbar zu einer Erhöhung der Einnahmen des Fiskus führen dürften, sind auch mit Sicherheitsaspekten verbundene Effizienzgewinne anzuführen. Effizienzgewinne ergäben sich u.a. aus der Möglichkeit, auf den Auf- und Ausbau eines proprietären staatlichen Glasfaser-Leitungsnetzes zu verzichten und stattdessen eine staatseigene (oder angemietete) Faser innerhalb der auch kommerziell genutzten Leitungsbündel zu verwenden.

So könnte ein staatliches Intranet (analog zu DarkFiber für Unternehmen) als physisch von anderen Netzen getrenntes und mittels eines auf polarisiertem Licht (Detektion von Geometrieänderung der Glasfaser) sowie Erschütterungsüberwachung basierenden Detektionssystems gegen Anzapfen und Überwachung durch Unbefugte geschützt werden.

Ferner ergäbe sich eine stark erhöhte Versorgungssicherheit und **resiliente Kommunikationsfähigkeit** im Krisenfall, da aufgrund der Netzstruktur und der flächendeckenden Abdeckung – bei gleichzeitig hoher Signalgeschwindigkeit – selbst bei einer Unterbrechung einer Leitungsstrecke (bspw. durch Anschläge, wie sie in jüngerer Vergangenheit²⁵ wiederholt kupfer- oder glasfaserbasierten Kommunikationskabeln galten, und teils zu tagelangen Störungen führten), ein verzugsfreies Umleiten des Datenverkehrs möglich ist. Die volkswirtschaftlichen Schäden, die durch eine Unterbrechung der Datenkommunikation entstehen, lassen sich durch eine resiliente Glasfaserverkabelung reduzieren.

²⁴Vgl. Handelsblatt (2020). Altmaier treibt sein Projekt Cloud für Europa weiter, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/eu-datenstrategie-altmaier-treibt-sein-projekt-cloud-fuer-europa-weiter/25440478.html?ticket=ST-131587-sHHnbdZmZyrPFFqeKfL-ap4>.

²⁵Ein Beispiel ist der Brandanschlag auf einen Kabelkanal an der S-Bahnstrecke bei Berlin-Karlsruh am 23. September 2019, zu dem sich auf der linksextremen Internetplattform „indymedia.org“ die sich auf ökologische Beweggründe berufende „Vulkangruppe Ok“ bekannte. Siehe auch Tagesspiegel (2019): Brandanschlag auf Berliner S-Bahn – Bekennerschreiben aufgetaucht, <https://www.tagesspiegel.de/berlin/polizei-justiz/angebliche-aktion-fuer-den-klimaschutz-brandanschlag-auf-berliner-s-bahn-bekennerschreiben-aufgetaucht/25044312.html>.

Sicherheitspolitische Aspekte von OneFiber

Digitale Souveränität

Digitale Souveränität ist eng mit dem Aspekt der (Daten-)Sicherheit verknüpft. In der vom BMWi beauftragten Studie zum Thema "Kompetenzen für eine digitale Souveränität" wird Digitale Souveränität "als die Fähigkeit zu selbstbestimmtem Handeln und Entscheiden im digitalen Raum definiert." Dieses selbstbestimmte Handeln benötigt das Vorhandensein von "Schlüsselkompetenzen" und Infrastrukturen in den entscheidenden Feldern wie z. B. ein entsprechendes digitales Backbonenetz, eine "Gewährleistung von IT-Sicherheit" sowie einen "innovationsoffenen Wettbewerb."²⁶

Eine Grundvoraussetzung für einen innovationsoffenen Wettbewerb sowie den Aufbau von Schlüsselkompetenzen ist das Vorhandensein eines schnellen und gut ausgebauten sog. *Backbones*, insbes. für kritische Infrastrukturen. Glasfaserkabel sind aufgrund der schnellen Übertragungsmöglichkeiten bei auch großen Datenpaketen hierfür prädestiniert. Internationale Wettbewerbsfähigkeit setzt die Digitalisierung bestimmter Prozesse und der Produktionen voraus sowohl innerhalb von Unternehmensstandorten als auch zwischen Standorten (z.B. Industrie 4.0, Internet of Things, Autonomes Fahren).

Die Integrität und Vertrauenswürdigkeit der verwendeten Soft- wie auch Hardware, gehören zu den wichtigen Bausteinen der Daten- sowie technologischen Souveränität. Dabei gilt es nicht nur Datenströme und deren sensible Informationen bei einer Sicherheitsbetrachtung zu berücksichtigen, sondern auch die komplette physische Infrastruktur miteinzubeziehen. Dies wird besonders deutlich, wenn man sich die gegenwärtige sicherheitspolitische Debatte über die Beteiligung des chinesischen Unternehmens Huawei beim Aufbau der 5G-Netze in Deutschland vor Augen führt. Insbesondere zwei Punkte bei der von OneFiber geplanten Umsetzung sind hier von Bedeutung:

Erstens soll bei der Umsetzung des Glasfasernetzes nur **europäische Hardware** verwendet werden. Das alleine schafft noch keine Vertrauenswürdigkeit, allerdings operieren europäische bzw. deutsche Hersteller in einem bekannten und nach rechtsstaatlichen Kriterien geführten Rechtsrahmen. Damit geht die Möglichkeit der Anrufung einer unabhängigen Justiz zu kalkulierbaren Kosten einher. Noch wichtiger, um die Vertrauenswürdigkeit des Netzes einschätzen zu können, ist der Aspekt der Transparenz.

Zweitens will OneFiber ein primäres *Network Operation Center* (NOC) aufbauen, welches ausschließlich von dem Unternehmen selbst betrieben wird. Darüber hinaus wird ein zweites redundantes NOC vom Energie- und Telekommunikationsunternehmen EWE aus Oldenburg vorgehalten. Es sind nur eine bestimmte, kontinuierlich überwachte Anzahl von Übertragungspunkten mit anderen Telekommunikationsnetzen vorgesehen. Auch auf ein *Peering*, d. h. die Vernetzung zum Datenaustausch zwischen mehreren Netzbetreibern wird verzichtet, da das Geschäftsmodell ein durchgehendes und technisch homogenes Netz vorsieht. Eine durchgehend schnelle Übertragung sowie die Ausfallsicherheit will OneFiber mit Hilfe von über 400 sog. Cross-Connect Points und einem

²⁶Vgl. FZI Forschungszentrum Informatik Stiftung des bürgerlichen Rechts/ Accenture/ Bitkom Research GmbH (Hrsg.) (2017) Kompetenzen für eine digitale Souveränität, https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/kompetenzen-fuer-eine-digitale-souveraenitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=14.

ringförmig angelegten redundanten Netzwerk sicherstellen.²⁷ Ein solcher Aufbau bietet auch weniger Einfallspunkte zur Spionage und Sabotage.

Kann beim Aufbau zumindest der reinen 5G-Netze (also nicht der upgegradeten 4G-Netze) auf ein deutschlandweites Glasfasernetz als Backbone zurückgegriffen werden, wären chinesische Hersteller automatisch in die Peripherie eines 5G-Netzes gedrängt. Zwar hört man immer wieder das Gegenargument, dass bei reinen 5G-Netzen eine **Unterscheidung zwischen dem Kern und der Peripherie** nicht mehr sinnvoll sei, weil aus Geschwindigkeitsgründen die Rechenkapazität des 5G-Netzes weiter in Richtung der Antennen verlagert würde. Allerdings trifft dies wohl überwiegend für die für die USA und Australien konfigurierten Netze zu. In Deutschland (und Europa) wird die *Computing Power* auch in Zukunft in Rechenzentren verortet sein, was die Unterscheidung zwischen Kern und Peripherie weiterhin als sinnvoll erscheinen lässt.²⁸

Bleiben chinesischer Hersteller unter diesen Umständen aus dem Kern reiner 5G-Netze ausgeschlossen, dann sollte dieses auch die **Sorgen der amerikanischen Verbündeten** in Bezug auf Deutschlands Souveränität bei der Datenkommunikation der Zukunft reduzieren. Diese drohen bislang, den Austausch nachrichtendienstlich erlangter Informationen einzuschränken, wenn Deutschland (und auch andere Partner) nicht auf die Beteiligung von chinesischen Zulieferern in den 5G-Netzen verzichten.

Letztlich wäre eine baldige Entscheidung in Richtung einer zukünftig größeren digitalen Souveränität durch den Aufbau eines aus Glasfasern bestehenden Rückgrats für die Datenkommunikation auch ein **Signal an kleinere EU-Mitgliedsstaaten**. Diese schauen gerade nach dem Austritt des sicherheitspolitischen Schwergewichts Großbritanniens aus der EU auf die größte Volkswirtschaft Europas, wenn es um den Umgang mit dem aggressiven chinesischen System geht. Käme von Deutschland bald ein eindeutiges Signal, so hätte dies Auswirkungen auf die Entscheidung Dritter.

²⁷Vgl. OneFiber (2020), Glasfaser Infrastruktur, <https://onefiber.de/glasfaser-infrastruktur/>.

²⁸Vgl. Financial Times (2020), Barring Huawei from Britain's 5G is too costly to justify, <https://www.ft.com/content/0a733368-3b97-11ea-b232-000f4477fbca>.

Sicherheit durch die Möglichkeit eines physisch abtrennbaren Netzes

Die Schaffung eines autarken und vom globalen Internet getrennten Netzwerks kann nicht Sinn und Zweck einer Volkswirtschaft sein, die vom globalen Handel und deren Grad an Vernetzung in besonderem Maße profitiert. Damit würde man dem Beispiel autokratisch geführter Nationen folgen, und eine Legitimation für isolationistisches und protektionistisches Handeln schaffen.

Gleichwohl führt die zunehmende Konsolidierung auf dem Markt der Anbieter im Bereich der Hochtechnologien, die auf Größeneffekten basieren, dazu, dass Abhängigkeiten entstehen, die sich tendenziell verstärken und langfristig irreversibel werden. Vor diesem Hintergrund sollte sich die digitale Souveränität nicht nur auf einen Endzustand fokussieren. Vielmehr sollten auch der Prozess und die damit verbundenen Überlegungen über den Ist-Zustand hinaus berücksichtigt werden. Darüber hinaus sollten Ansätze präferiert werden, die kostengünstige und umfangreiche Lösungen in punkto Datensouveränität und Datensicherheit bieten.

Glaserfasernetze haben die Option sogenannter **“Dark Fiber”**. Hierbei handelt es sich um unbenutzte Lichtwellenleiter, die von Nutzern angemietet werden können und durch eine eigene Übertragungstechnik betrieben werden. Zugriff hat dann nur der jeweilige Kunde auf dieses abgetrennte Netz. Die Nutzung eines solchen dann physisch weitgehend getrennten Netzes für einzelne Nutzer, begrenzt die Anzahl der Angriffsvektoren erheblich.

Allerdings benötigt es selbst bei der Nutzung einer eigenen Faser auch Verschlüsselungsmethoden seitens der Kunden, damit die Sicherheit (Verfügbarkeit, Integrität und Vertraulichkeit der Daten) hinreichend gewährleistet ist. Viele Organisationen verfolgen jedoch keinen gesamtheitlichen Ansatz in ihren Sicherheitsvorkehrungen.²⁹ Bereits 2016 hatten 37% der global agierenden Unternehmen eigene Verschlüsselungsstrategie innerhalb ihres Unternehmensnetzwerks entwickelt, da durch die Cyberangriffe der vergangenen Jahre das Bewusstsein bezüglich des Grads an Cyberhygiene gestiegen ist. Allerdings liegt der Fokus auf Daten im statischen Zustand (data-at-rest) und nicht auf dem „Datenverkehr“ mit Netzwerken Dritter. Vernachlässigt wird bei diesen Strategien oftmals das Einbeziehen der gesamten Infrastruktur sowie die Sicherheit bei der Datenübertragung (data-in-flight).³⁰ Das Konzept von OneFiber bezieht die gesamte technische Infrastruktur bei den Sicherheitsüberlegungen mit ein und verfolgt somit einen holistischen Ansatz, der zu erhöhter Sicherheit im gesamten Netzwerk führt.

Das im OneFiber-Konzept vorgeschlagene deutschlandweite homogene Glasfasernetz bewirkt zudem, dass ein *Routing* des Datenverkehrs über außerhalb Deutschlands liegende Netze nicht notwendig ist. Damit wäre sichergestellt, dass die von einem Sender und Empfänger, die jeweils im Inland sitzen, ausgetauschten Daten, durchgehend im Hoheitsgebiet des deutschen Rechtssystems verbleiben und somit dem strengen Datenschutz in Deutschland unterliegen. Auch wäre das für einen ausländischen Nachrichtendienst viel einfachere Abgreifen von Daten an einem außerhalb Deutschlands liegenden Netzknoten nicht mehr möglich. Nachrichtendienstliche Operationen müssten nach gegenwärtigem

²⁹Vgl. BSI (2019b), Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2019, <https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2019.pdf?blob=publicationFile&v=6>, S. 50; & BSI (2019a), Cyber-Sicherheits-Umfrage – Cyber-Risiken & Schutzmaßnahmen in Unternehmen, Betrachtungszeitraum 2018, https://www.allianz-fuer-cybersicherheit.de/SharedDocs/Downloads/ACS/cyber-sicherheits-umfrage_2018.pdf?blob=publicationFile&v=9, S. 18.

³⁰Vgl. Gomez, Paulina (2016), How To Hack an Optical Fiber in Minutes... And How You Can Secure It, <https://www.ciena.com/insights/articles/How-to-hack-an-optical-fiber-in-minutes-and-how-you-can-secure-it.html>.

Stand der Technik auf deutschem Staatsgebiet stattfinden, was inländischen Diensten die Spionageabwehr vereinfacht.

Im Falle eines von außerhalb Deutschlands groß angelegten Cyberangriffes auf die nationalen Daten- und Kommunikationsnetze, bietet ein homogenes, flächendeckendes Netz mit klar definierten und limitierten Verbindungspunkten die Möglichkeit, sich vom globalen Netz abzutrennen. Verbindungen zu Nachbarländern können gekappt und ein geschlossenes „**Intranet Deutschland**“ betrieben werden. Eine solche technische Option bietet einen Schutz, an dem jene Staaten gegenwärtig arbeiten, die selbst als Hauptaggressoren im Cyberbereich auffallen.³¹ Auch ein möglicher „*Kill Switch*“ Dritter führt dann nicht mehr notwendigerweise dazu, dass sämtlicher Datenverkehr in Deutschland zum Erliegen käme.

³¹Vgl. Newman (2020), Russia Takes a Big Step Toward Internet Isolation, <https://www.wired.com/story/russia-internet-control-disconnect-censorship/>.

Mehrstufigkeit des Sicherheitskonzepts der OneFiber

Cybersicherheit ist laut des Bundesverband für deutsche Industrie (BDI) eine Grundvoraussetzung für digitale Souveränität.³² Selbstverständlich sind auch Glasfasernetze kompromittierbar. Zwar sind Glasfasern **unempfindlich gegenüber elektronischen Störungen** (electromagnetic radiation / electronic interference) und sie sind nicht so leicht abzuhören wie Kupferkabel, aber eine 100% Datensicherheit kann auch hier technisch nicht garantiert werden. Bekannte Methoden zum Abhören von Glasfasern sind *Splicing*, *Bending* (bzw. die *Splitter-Coupler*-Methode) sowie immer vermehrt auch sogenannte "*non-touching-methods*".

Beim **Splicing** wird eine Verbindung in der Faser geschaffen, um das übertragene Signal nutzen zu können. Das bedeutet, dass die Glasfaser aufgetrennt und ein entsprechendes Gerät zur Übertragung der Signale auf eine weitere Glasfaser dazwischengeschaltet wird. Das Anbringen des Gerätes führt zu einer Zwischenunterbrechung in der Datenübertragung, die allerdings relativ einfach bemerkbar ist und dementsprechend überwacht werden kann. Allerdings gilt auch, je kürzer die Unterbrechung, desto weniger prägnant ist der Verdachtsmoment. Nach Darstellung von OneFiber wird in ihrem Netzkonzept Vorsorge getroffen, Splicing-Angriffe zu erkennen.

Eine zweite Methode ist das **Bending**. Bei der auch als *Splitter-Coupler* bezeichneten Methode wird die Glasfaser durch einen Clip-on-Koppler gebogen. Dies führt dazu, dass ein kleiner Teil des Lichtes die Glasfaser verlässt. Dieses abgelenkte Licht kann durch einen Fotodetektor aufgefangen werden. Ein optisch-elektrischer Konverter verwandelt das Licht in binäre, elektrische Signale, die dann wiederum durch *Packet-Sniffer*-Software verarbeitet werden können, um verwertbare Daten zu erhalten. Existierende Geräte zum Anzapfen verursachen inzwischen nur noch äußerst geringe Verluste und können von herkömmlichen Netzmanagementsystemen (NMS) nicht erkannt werden.³³

Diese zwei Methoden zum Abhören von Glasfasern existieren schon länger, hinzugekommen ist die **non-touching Methode**, bei der das Kabel physisch nicht mehr berührt werden muss. Dabei wird die Absonderung kleiner Mengen an Lichtsignalen verwendet. Diese sogenannte Rayleigh-Streuung kann durch hochsensorische Fotodetektoren abgefangen und verstärkt werden. Das Auslesen der Daten erfolgt wie bei der Splitter-Couple-Methode mit Hilfe einer entsprechenden Software.³⁴ Diese Methode stellt eine grundsätzlich andere Herausforderung zur Wahrung der Netzwerksicherheit dar.

Zwar ist die technische Möglichkeit, ein Glasfasernetz abzuhören, vorhanden, und wie oben beschrieben nicht a priori auszuschließen. Durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen kann der Aufwand für einen Angreifer aber erheblich erhöht und die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Angriffs reduziert werden. OneFiber setzt nach eigenen Angaben hierfür auf sogenannte **fiber-optische Sensorsysteme**, welche empfindlich auf Transmissionsverluste bzw. -änderungen bei Biegung oder Auftrennung der Glasfaser reagieren. Durch Fernwartung wird die Beständigkeit der Transmissionen dauerhaft überwacht, und Störungen können auf kleinere Umkreise lokalisiert werden. Darüber hinaus sollen die *cross-connecting points*, die besonders sensibel für das Anzapfen der Glasfasern sind, durch **Videoüberwachung** kontrolliert.

³²Vgl. BDI (2019), Cybersicherheit ist die Voraussetzung für die digitale Souveränität Europas, <https://bdi.eu/artikel/news/cybersicherheit-ist-die-voraussetzung-fuer-die-digitale-souveraenitaet-europas/>.

³³Vgl. Furdek, Marija/Skorin-Kapov, Nina/Zsigmond, Szilard/Wosinska, Lena (2014), Vulnerabilities and security issues in optical networks, https://www.researchgate.net/profile/Marija_Furdek/publication/269268194_Vulnerabilities_and_security_issues_in_optical_networks/links/54be70090cf218da9391ebfb/Vulnerabilities-and-security-issues-in-optical-networks.pdf.

³⁴Vgl. Meier, Thomas (2014), Gläserne Leitung, <http://2014.kes.info/archiv/online/07-6-014.htm>.

Neben dem Schutz des Netzes vor Angriffen können zusätzlich Maßnahmen getroffen werden, die transportierten Daten kryptographisch vor Kompromittierung zu schützen. Neben klassischer Verschlüsselung der transportierten Daten, besteht wegen der vielfältigen Signalwege die Option der **Stückelung der Datenpakete**. Diese Sicherheitsmaßnahme führt dazu, dass selbst bei einem Abfangen der Daten im Glasfasernetz, die Daten unvollständig und damit für den Angreifer nicht oder nur bedingt brauchbar sind.

Ein redundant und ringschlüssig aufgebautes Netz, mehrere Zugangspunkte zum Netz sowie neue algorithmische Methoden bieten die Möglichkeit des schnellen Umleitens (**Re-Routings**) von Daten, sollte der Verdacht aufkommen, dass das Netz an einer Stelle kompromittiert oder sabotiert wurde. Es benötigt jedoch insbesondere eine *end-to-end*-Verschlüsselung und die Verschlüsselungstechnologien auf dem Stand der Technik, um sicherzustellen, dass die Daten in den Glasfaserkabeln nicht (oder nur sehr aufwendig) abgegriffen werden können bzw. unbrauchbar sind. OneFiber will nach eigenen Angaben entsprechende Optionen anbieten.

Literatur

- BDBOS (2019). Netze des Bundes - Eine Infrastruktur für alle Netze.
https://www.bdbos.bund.de/DE/NdB/ndb_node.html. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- BDI (2019), Cybersicherheit ist die Voraussetzung für die digitale Souveränität Europas,
<https://bdi.eu/artikel/news/cybersicherheit-ist-die-voraussetzung-fuer-die-digitale-souveraenitaet-europas/>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- BDI (2019), Cybersicherheit ist die Voraussetzung für die digitale Souveränität Europas,
<https://bdi.eu/artikel/news/cybersicherheit-ist-die-voraussetzung-fuer-die-digitale-souveraenitaet-europas/>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- BIGS (2020), Cybersicherheit als Katalysator für Innovation und Wachstum, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-2020.
- BMVI (2019),
<https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Breitbandfoerderung/breitbandfoerderung.html>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- BREKO (2016), BREKO beglückwünscht EWE TEL zum Zukunftsprojekt direkte Glasfaser.
<https://brekoverband.de/breko-beglueckwuenscht-ewe-tel-zum-zukunftsprojekt-direkte-glasfaser-2>. Letzter Zugriff 23.04.2020.
- BSI (2019a), Cyber-Sicherheits-Umfrage – Cyber-Risiken & Schutzmaßnahmen in Unternehmen, Betrachtungszeitraum 2018, https://www.allianz-fuer-cybersicherheit.de/SharedDocs/Downloads/ACS/cyber-sicherheits-umfrage_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=9. Letzter Zugriff: 12.02.2020.
- BSI (2019b), Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2019,
https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6. Letzter Zugriff: 12.02.2020.
- BUGLAS (2018), 6Punkte zum 5G Leitmarkt.
https://buglas.de/fileadmin/user_upload/Positionspapiere/5G_VKU_BUGLAS_IEF.pdf. Letzter Zugriff: 23.04.2020.
- Bünder (2020), Der Staat verdrängt private Glasfaserkabel-Investoren, in: FAZ vom 21.01.2020, S. 23.
- Bundesnetzagentur (2017), Newsletter 04/2017,
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/Newsletter/archiv/PDF/2017_04.pdf?__blob=publicationFile&v=3. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Bundesnetzagentur (2019), Konsultationsentwurf Bundesnetzagentur, Markt für den auf der Vorleistungsebene an festen Standorten lokal bereitgestellten Zugang, Stand: 21.05.2019, S. 63,
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK1-GZ/2019/BK1-19-0001/BK1-19-0001_Konsultationsentwurf_bf.pdf?__blob=publicationFile&v=3. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Financial Times (2020), FT Editorial Board, Barring Huawei from Britain's 5G is too costly to justify, in: Financial Times vom 20.01.2020, <https://www.ft.com/content/0a733368-3b97-11ea-b232-000f4477fbca>.
- Forschungszentrum Informatik Stiftung des bürgerlichen Rechts (FZI) / Accenture/ Bitkom Research GmbH (Hrsg.) (2017), Kompetenzen für eine digitale Souveränität. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie,
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/kompetenzen-fuer-eine-digitale-souveraenitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=14. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Furdek, Marija/Skorin-Kapov, Nina/Zsigmond, Szilard/Wosinska, Lena (2014), Vulnerabilities and security issues in optical networks, Coference Paper ICTON 2014,
https://www.researchgate.net/profile/Marija_Furdek/publication/269268194_Vulnerabilities_and

- [_security_issues_in_optical_networks/links/54be70090cf218da9391ebfb/Vulnerabilities-and-security-issues-in-optical-networks.pdf](#). Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Furdek, Marija/Skorin-Kapov, Nina/Zsigmond, Szilard/Wosinska, Lena (2014), Vulnerabilities and security issues in optical networks, Coference Paper ICTON 2014, https://www.researchgate.net/profile/Marija_Furdek/publication/269268194_Vulnerabilities_and_security_issues_in_optical_networks/links/54be70090cf218da9391ebfb/Vulnerabilities-and-security-issues-in-optical-networks.pdf. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- FZI Forschungszentrum Informatik Stiftung des bürgerlichen Rechts/ Accenture/ Bitkom Research GmbH (Hrsg.) (2017) Kompetenzen für eine digitale Souveränität, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/kompetenzen-fuer-eine-digitale-souveraenitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=14. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Golem (2018), Projekt Breitband: Bahn will 3,5 Milliarden Euro vom Bund für Glasfasernetz, <https://www.golem.de/news/projekt-broadband-bahn-will-3-5-milliarden-euro-vom-bund-fuer-glasfasernetz-1810-137322.html>.
- Gomez, Paulina (2016), How To Hack an Optical Fiber in Minutes... And How You Can Secure It, <https://www.ciena.com/insights/articles/How-to-hack-an-optical-fiber-in-minutes-and-how-you-can-secure-it.html>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Gomez, Paulina (2016), How To Hack an Optical Fiber in Minutes... And How You Can Secure It, <https://www.ciena.com/insights/articles/How-to-hack-an-optical-fiber-in-minutes-and-how-you-can-secure-it.html>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Handelsblatt (2020), Altmaier treibt sein Projekt Cloud für Europa weiter, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/eu-datenstrategie-altmaier-treibt-sein-projekt-cloud-fuer-europa-weiter/25440478.html?ticket=ST-131587-sHHnbdZmZyrPFFfqeKfL-ap4>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Handelsblatt (2019), Glasfaser für das ganze Land: Der Plan zum Breitbandausbau mit dem Schienennetz, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/angebot-fuer-die-bahn-glasfaser-fuer-das-ganze-land-der-plan-zum-breitbandausbau-mit-dem-schienennetz/24860666-all.html>. Letzter Zugriff 19.03.2020.
- Homann, Jochen (2019), in: Pressemitteilung der Bundesnetzagentur vom 27.5.2019, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20190527_Letzte_Meile.html. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Lavallée (2016), Das 5G-Netz benötigt Glasfaserverbindungen ... viele Glasfaserbindungen, https://www.ciena.de/insights/articles/5G-wireless-needs-fiber-and-lots-of-it-de_DE.html. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Meier, Thomas (2014), Gläserne Leitung, in: kes-info, <http://2014.kes.info/archiv/online/07-6-014.htm>. Letzter Zugriff: 17.01.2020.
- Monopolkommission (2017), Bahn 2017: Wettbewerbspolitische Baustelle, https://www.monopolkommission.de/images/PDF/SG/s76_volltext.pdf. Letzter Zugriff: 19.03.2020.
- NET (2014), Blick nach Schweden lohnt - Deutschland geht bei Fiber to the Home eigene Wege. NET 3/14)
- Neuhetzki (2014), <https://www.teltarif.de/sylt-hindenburgdamm-glasfaser-bahn-anordnung-globalconnect/news/54257.html>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Newman (2020), <https://www.wired.com/story/russia-internet-control-disconnect-censorship/>.
- Nexan (2018), Nexans to supply optical fibre solutions to Swedish rail network. Nexans to supply optical fibre solutions to Swedish rail network. Letzter Zugriff 23.042020.
- OneFiber (2020), <https://onefiber.de/glasfaser-infrastruktur/>. Letzter Zugriff: 29.02.2020.

- Qualcomm (2019), 5G Economic Impact Study, <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/ihs-5g-economic-impact-study-2019.pdf>.
Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Satzung DB AG, §2 (1), https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Anhaenge/Satzung_DB_AG.pdf.
Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Stuchtey, Tim und Christoph Meinel (2019), Der heilsame Huawei-Schock, <https://www.welt.de/debatte/kommentare/article203499844/5G-Ausbau-Der-heilsame-Huawei-Schock.html>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- Tagesspiegel (2019): <https://www.tagesspiegel.de/berlin/polizei-justiz/angebliche-aktion-fuer-den-klimaschutz-brandanschlag-auf-berliner-s-bahn-bekennerschreiben-aufgetaucht/25044312.html>.
Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- U.S. Department of Transportation (2018), Fiber Optic Availability and Opportunity Analysis for North American Railroads, <https://trid.trb.org/view/1526421>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.
- VATM (2020), VATM-Jahrbuch 2020 Telekommunikation und Mehrwertdienste in Deutschland Wettbewerb – Der Treiber für die Gigabit-Gesellschaft. <https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2020/04/Jahrbuch-2020.pdf>. Letzter Zugriff: 23.04.2020.
- WIK-Consult (2018), Bericht für den BREKO Bundesverband Breitbandkommunikation e.V. - Tiefbaukapazitäten als Engpass für den FTTB/H-Ausbau? Empfehlungen zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung für den Markt und die öffentliche Hand.
- Wired (2019), Where the 5G Data Storm Will Hit First, <https://www.wired.com/story/where-5g-data-storm-will-hit-first/>. Letzter Zugriff: 16.01.2020.