

Breitbandzugang über Satellit in Deutschland – Stand der Marktentwick- lung und Entwicklungspers- pektiven

Autoren:

Pirmin Puhl
Martin Lundborg

Bad Honnef, Juli 2019

Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik.org
www.wik.org

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor Abteilungsleiter Post und Logistik	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzende des Aufsichtsrates	Dr. Daniela Brönstrup
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer-Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.

ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Zusammenfassung	VII
Summary	VIII
1 Einführung	1
1.1 Hintergrund der Studie	1
1.2 Untersuchungsfragen und Methodik	2
2 Stand der Breitbandversorgung und Satelliteninternetnutzung in Deutschland	4
2.1 Breitbandziele und Versorgungslücke in Deutschland	4
2.2 Nachfrage nach Satelliteninternet	5
2.3 Zwischenfazit	6
3 Technische Merkmale von Satelliteninternet und dessen Wirtschaftlichkeit	8
3.1 Funktionsweise der Verbindung	8
3.2 Notwendige technische Ausstattung der Empfänger und Betreiber	9
3.2.1 Endkundenseite	9
3.2.2 Satellitenbetreiber und Service Provider	10
3.3 GEO-Satelliten	11
3.4 Kapazitäten der Satelliten	14
3.5 Wirtschaftlichkeit und wirtschaftliche Entwicklungen	16
3.6 Zwischenfazit	19
4 Angebote für Satelliten-Internetzugangsdienste in Deutschland	21
4.1 Anbieterstruktur in Deutschland	21
4.2 Privatkundenangebote	23
4.2.1 Grundausstattung	23
4.2.2 Privatkundentarife mit Flatrate	25
4.2.3 Privatkundentarife mit Volumenabrechnung	27
4.2.4 Zwischenfazit Privatkundentarife	31

4.3	Geschäftskundenangebote	33
4.3.1	Geschäftskundentarife mit Volumenabrechnung	33
4.3.2	Zwischenfazit Geschäftskundentarife	37
4.4	Zwischenfazit	37
5	Zukunftspotenziale	39
5.1	Technologische Entwicklungen	39
5.1.1	LEO- und MEO-Satelliten	39
5.1.2	Innovationen für den Start und Betrieb	41
5.1.3	Optische Kommunikation	42
5.2	Alternative Zukunftstrends	43
5.3	Möglichkeiten zur Integration in 5G	43
6	Fazit	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Haushalte mit Breitbandanschlüssen über Satellit in Deutschland	6
Abbildung 2:	Ausleuchtzone des Eutelsat Satelliten KA-SAT	8
Abbildung 3:	Satellitenverbindungsdiagramm	9
Abbildung 4:	KA-SAT Bodensegment	11
Abbildung 5:	Erde mit Längen- und Breitengraden und Äquatorbahn eines geostationären Satelliten	12
Abbildung 6:	Widebeam- und Spotbeam-Technologie	13
Abbildung 7:	Fortschritte in der Satellitenbreitbandtechnologie 2005 bis 2020	15
Abbildung 8:	Vergleich der angebotenen Kapazitäten durch FSS und HTS von 2016 und 2026	16
Abbildung 9:	US\$/Mbits/Monat für HTS und FSS	17
Abbildung 10:	Entwicklung Mbit/s und Kosten pro Gbit/s	18
Abbildung 11:	Angebot und Nachfrage von FSS und HTS	19
Abbildung 12:	Wertschöpfungskette des Satellitenbreitbands	22
Abbildung 13:	Anbieter für Satelliteninternet in Deutschland	23
Abbildung 14:	Preise der Hardware für Endkunden	24
Abbildung 15:	Preis in Euro pro Monat für Flatrates und vergleichbare Angebote	26
Abbildung 16:	Vergleich der Preise und angebotenen Downstreams bei Flatrates für Privatkunden zwischen 2015 und 2018	27
Abbildung 17:	Preis in Euro pro Monat für volumenbasierte Verträge	29
Abbildung 18:	Preise pro GB und Voluminaangebote bei volumenbasierten Verträgen für Privatkunden	30
Abbildung 19:	Vergleich der günstigen Preise pro GB und Mbit/s für verschiedene Technologien	32
Abbildung 20:	Vergleich Geschäftskundenangebote 30 Mbit/s DL	34
Abbildung 21:	Vergleich Geschäftskundenangebote 50 Mbit/s DL	35
Abbildung 22:	Preise pro GB und Voluminaangebote bei volumenbasierten Verträgen für Geschäftskunden	36
Abbildung 23:	Vergleich LEO-, MEO- und GEO-Satelliten	39
Abbildung 24:	Abdeckungsbedarf einer LEO-Satellitenkonstellation (symbolisch)	40
Abbildung 25:	Kostenreduktionspläne am Beispiel von SES	42
Abbildung 26:	Möglichkeiten der Integration von Satelliten in 5G	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Breitbandverfügbarkeit über alle Technologien in ländlichen, halbstädtischen und städtischen Gebieten	5
Tabelle 2:	Privatkundenangebote für Flatrates	25
Tabelle 3:	Veränderung des angebotenen Downstreams für Flatrates zwischen 2015 und 2018	26
Tabelle 4:	Privatkundenangebote für volumenbasierte Verträge	28
Tabelle 5:	Veränderung des angebotenen Downstreams für volumenbasierte Privatkundenverträge zwischen 2015 und 2018	29
Tabelle 6:	Veränderung des angebotenen Inklusivvolumens für volumenbasierten Privatkundenverträge zwischen 2015 und 2018	30
Tabelle 7:	Veränderung der minimal geforderten Preise pro GB für volumenbasierte Privatkundenverträge zwischen 2015 und 2018	31
Tabelle 8:	Geschäftskundenangebote für volumenbasierte Verträge	33
Tabelle 9:	Veränderung des angebotenen Downstreams für volumenbasierte Geschäftskundenverträge zwischen 2015 und 2018	35
Tabelle 10:	Veränderung des angebotenen Inklusivvolumens für volumenbasierten Geschäftskundenverträge zwischen 2015 und 2018	36
Tabelle 11:	Veränderung des minimalen Preis pro GB bei volumenbasierten Geschäftskundenverträgen zwischen 2015 und 2018	37

Abkürzungsverzeichnis

BNetzA	- Bundesnetzagentur
BMVi	- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DL	- Downlink
DSL	- Digital Subscriber Line
EU	- Europäische Union
Gbit/s	- Gigabit pro Sekunde
HTS	- High Throughput Satellites
km	- Kilometer
LNB	- Low Noise Block
LTE	- Long Term Evolution
Mbit/s	- Megabit pro Sekunde
Mio	- Millionen
ms	- Millisekunden
NOC	- Network Operations Center
FSS	- Fixed Satellite Services
u.a.	- unter anderem
UL	- Uplink
VDSL	- Very High Speed Digital Subscriber Line
vgl.	- vergleiche
z. B.	- zum Beispiel

Zusammenfassung

Der Marktanteil des Satelliten als Technologie für Breitbandanschlüsse ist in Deutschland nach wie vor auf einem vernachlässigbaren Niveau. Es stellt sich jedoch die Frage, ob satellitengestützte Breitbanddienste die derzeitige Ausbaulücke beim Hochgeschwindigkeitsbreitband schließen könnten. Für die Studie wurden Desk Research und Experteninterviews sowie Markterhebungen zu den Endkundenangeboten in den Jahren 2015 und 2018 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass Breitband über Satellit in 2018 ein hochpreisiges Nischenprodukt ist. Für eine weitere Verbreitung kommen nach wie vor technische Nachteile wie hohe Latenzzeiten, zusätzliche hohe Installationsaufwände für den Endnutzer und höhere monatliche Preise im Vergleich zu VDSL sowie niedrigere Bandbreiten und/oder Datenvolumen zum Tragen.

Zukünftige technische Entwicklungen wie LEO-Satellitenkonstellationen und mehrfach nutzbare Raketen von z. B. SpaceX könnten die Kosten, Netzengpässe und Latenzen der Satellitennetze reduzieren. Da bis dato keine Umsetzungsprojekte für diese neuen Technologien vollständig abgeschlossen wurden, sind die Vorteile in der Praxis noch nicht belegt. Um die zukünftige Relevanz von Breitbanddiensten über Satellit bestimmen zu können, müssen die technologischen Entwicklungen, sowie die Auswirkungen auf den Markt, im weiteren Verlauf beobachtet werden.

Summary

Subject of the research was to which extent satellite-based broadband services could close the current gap in high-speed broadband. For the study, desk research and expert interviews as well as market surveys on retail offerings in 2015 and 2018 were conducted.

The results of the study show that broadband via satellite still is a high-priced niche product in 2018. Technical disadvantages such as high latency times, additional high installation costs for the end user and higher monthly prices in comparison to VDSL as well as lower bandwidths and/or data volumes continue to play a role in further penetration.

Technical developments such as LEO satellite constellations and reusable rockets of e.g. SpaceX could reduce the costs, capacity bottlenecks and latencies of satellite networks. Since no implementation projects for these new technologies have been fully completed until now, the advantages have not yet been proven in practice. In order to determine the future relevance of broadband services via satellite, the technological developments need an ongoing observation.

1 Einführung

1.1 Hintergrund der Studie

Es existieren zahlreiche kabelgebundene Internetzugangstechnologien (DSL, VDSL, VDSL-Vectoring, Kabel, Glasfaser) und funkgestützte Technologien wie LTE auf dem deutschen Markt. Dennoch stellt die flächendeckende Abdeckung mit leistungsfähigem Breitband im Festnetz auch 2019 noch eine Herausforderung dar. Zum einen hat die Kapitalintensivität des Ausbaus zu weißen Flecken geführt. Zum anderen zielt und zielt der Netzausbau von LTE und 5G auf eine hohe Abdeckung der Bevölkerung, jedoch nicht auf eine 100 prozentige Abdeckung der Fläche ab. Folglich stellen insbesondere ländliche Räume eine Herausforderung auf dem Weg zur 100 prozentigen Breitbandabdeckung dar. Alternative Technologien wie Breitband über Satellit konnten sich dennoch - auch für diese Regionen - bisher nicht in großer Masse durchsetzen. Innovationen im Bereich Satellitentechnologie könnten allerdings eine zweite Chance für Breitband über Satellit ermöglichen.

Satellitenfunk bietet auch für Standorte weit abseits von ausgebauten Telekommunikationsinfrastrukturen Optionen für breitbandige Internetanschlüsse. Systembedingt sind hierbei derzeit jedoch Nachteile im Vergleich zu den kabelgebundenen Lösungen in Kauf zu nehmen. Dazu zählen hohe Latenzzeiten auf Grund der langen Signalwege, begrenzte Gesamtkapazitäten sowie mögliche wetterbedingte Störungen. Ein weiteres Hemmnis stellte in der Vergangenheit oftmals der vom Kunden selber zu zahlende Anschlusspreis sowie der in Relation zu kabelgebundenen Lösungen höhere monatliche Preis dar. Aktuelle Zahlen belegen, dass die tatsächliche Nutzung von Satelliten als Internetzugangstechnologie sehr gering ist und so maximal von einer absoluten Nischentechnologie gesprochen werden kann.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Breitbandversorgung mit Glasfasertechnologie, aber auch dem verstärkten LTE- und 5G-Ausbau, schrumpft der adressierbare Markt für Satelliteninternet zunehmend. Immer mehr dünn besiedelte Gebiete werden auf terrestrischem Wege, insbesondere mit LTE-Mobilfunknetzen oder auch mit leitungsgebundenen Technologien versorgt. Diese weisen die systembedingten Nachteile des Satellitenfunks nicht auf und ihre Dienste werden zu günstigeren Preisen angeboten. Dennoch decken auch Glasfaser- und Mobilfunktechnologie nach wie vor nicht 100 % des Bundesgebietes ab. Wenn man eine Breitbanddefinition heranzieht, wie z. B. das für das Jahr 2018 von der Bundesregierung angestrebte Versorgungsziel von flächendeckenden Breitbandanschlüssen mit mindestens 50 Mbit/s, zeigen sich nach wie vor Defizite. Diese schnellen Zugänge sind derzeit (Daten Stand Ende 2018) nur für 87,8 % aller Haushalte verfügbar und dies vornehmlich in den städtischen Ballungsräumen.¹ In dünn besiedelten Regionen sind hingegen in den nächsten Jahren noch hohe Investitionen in

¹ Vgl. TÜV Rheinland / BMVI (2019).

die Infrastruktur erforderlich. Auch entsprechend geeignete Mobilfunklösungen wie LTE Advanced setzen ein dichtes und teures Netz an Basisstationen voraus, welche jeweils mit Glasfaserzuführungen an den Backbone anzuschließen sind.

Satelliten neuer Generation, die im Ka-Band funken und durch mehrere Spotbeams (Ausleuchtzonen) pro Satellit die verfügbaren Frequenzkapazitäten vervielfachen, bieten Download-Datenraten von 50 Mbit/s und mehr an. Ihre Dienste sind überall verfügbar und haben somit dort, wo Investitionen in andere Technologien nicht schnell genug erfolgen oder grundlegend zu teuer sind, ihren Markt. Somit erhalten Satelliten auf höherem Breitbandniveau abermals die Rolle einer wichtigen Nischen- oder auch Übergangstechnologie, um Versorgungslücken abzudecken.

Zusätzlich lassen in jüngerer Vergangenheit technologische Entwicklungen aufhorchen, die Satellitenkonstellationen in der niedrigen und mittleren Erdumlaufbahn versprechen, dem sogenannten Low Earth Orbit (LEO) bzw. Medium Earth Orbit (MEO). Satellitenproduktion in Fließbandarbeit, sinkende Startkosten sowie deutlich verringerte Latenzzeiten, versprechen nicht nur kostentechnische Annäherungen und Konkurrenz zu anderen drahtlosen und kabelgebundenen Technologien, sondern auch leistungstechnische. Da jedoch bis dato keine Umsetzungsprojekte für diese neuen Technologien vollständig abgeschlossen wurden, sind die Vorteile in der Praxis noch nicht belegt. Um die zukünftige Relevanz von Breitbanddiensten über Satellit bestimmen zu können, müssen die technologischen Entwicklungen im weiteren Verlauf beobachtet werden.

1.2 Untersuchungsfragen und Methodik

Die Frage ist, ob es sich bei Satelliteninternet um eine Nischentechnologie handelt, weil Qualitäts- und Preismerkmale im Vergleich zu alternativen Verbindungen unterlegen sind, oder ob Satelliteninternet durch ökonomische und technische Entwicklungen erheblich an Relevanz gewinnen kann. Vor diesem Hintergrund ergeben sich u. a. folgende Untersuchungsfragen:

- Wie groß ist die Versorgungslücke, die mit Satelliteninternet geschlossen werden könnte?
- Wie unterscheidet sich Satelliteninternet technisch und wirtschaftlich von anderen Zugangstechnologien?
- Wann werden Kapazitätsgrenzen erreicht?
- Welche Chancen bietet Breitband über Satellit in der Zukunft?

Die vorliegende Untersuchung bietet eine Darstellung und Auswertung des heutigen Standes von Breitband über Satellit und der Angebote für diese Technologie. Zudem wird ein Ausblick gewagt, wie sich der Markt für Satelliteninternet in den nächsten Jahren ändern könnte.

Die empirische Analyse dieses Diskussionsbeitrags basiert auf Expertengesprächen mit verschiedenen Vertretern aus Forschung, Beratung, der Satellitenbetreiber und der Reseller. Durch die Auswertung von öffentlich zugänglichen Unternehmens- und Brancheninformationen wurden Marktdaten wie Preise und typische Bandbreiten zusammengetragen. Die ausgewählten Unternehmen und deren Angebote wurden insbesondere nach dem Kriterium der Marktpräsenz und ihrer Repräsentativität für ihren jeweiligen Anbietertypus gewählt.

Basierend auf einer eingehenden Literaturrecherche und der Auswertung von externen Erhebungen sowie den Expertengesprächen erfolgte eine Beurteilung zur gegenwärtigen und zukünftigen Relevanz und dem Beitrag zur Breitbandversorgung.

Der Diskussionsbeitrag untergliedert sich wie folgt: Nach dieser Einführung, die das Forschungsinteresse und die Methodik erläutert haben, folgt eine Bestandsaufnahme zur aktuellen Breitbandversorgung und Satelliteninternetnutzung in Deutschland. Im Anschluss werden gegenwärtig verfügbare technische Parameter von Satelliten-Internetzugangsdiensten sowie die Wirtschaftlichkeit der Technologie erläutert. Es folgt eine Betrachtung der Angebotsentwicklung für Privat- und Geschäftskunden in den vergangenen Jahren. Das darauf folgende Kapitel stellt mögliche zukünftige Entwicklungen dar, die gegenwärtig Auswirkungen auf Preis und Technik haben könnten. Als letztes Kapitel folgt ein Fazit.

2 Stand der Breitbandversorgung und Satelliteninternetnutzung in Deutschland

Durch die ubiquitäre Verfügbarkeit kann Satelliteninternet eine interessante Alternative zur angemessenen und raschen Versorgung von vorrangig ländlichen Gebieten sein, die derzeit noch keinen anderweitigen Zugang zu breitbandigem Internet haben. Dafür soll beleuchtet werden, wie groß die Versorgungslücke insbesondere in diesen Gebieten vor dem Hintergrund der Ausbauziele ist und in welchem Ausmaß die Nutzung von Satelliteninternet dazu beiträgt und womöglich beitragen könnte diese Versorgungslücke zu schließen.

2.1 Breitbandziele und Versorgungslücke in Deutschland

Aus dem Koalitionsvertrag aus dem Jahr 2018 folgt, dass bis 2025 ein flächendeckendes Gigabitnetz geplant ist. Zudem soll ein rechtlicher Anspruch für den Breitbandzugang bis 2025 formuliert werden. Ebenso wird ein systematischer Ausbau unterversorgter, ländlicher Regionen durch Breitbandförderung vorangetrieben. Als förderpolitisches Ziel stellte die Bundesregierung 2018 ebenfalls klar, dass sie zukünftig nur noch die Glasfasertechnologie fördern möchte um ihre Ziele zu erreichen.² In der vorherigen Legislaturperiode wurde dagegen noch ein technologieoffener Ausbau versprochen, zu dem auch die Bereitstellung von Funkfrequenzen für drahtlose Kommunikationsnetzwerke gehörte, um besonders auch im ländlichen Raum eine Breitbandversorgung bereitzustellen.³ Inwiefern die Ziele tatsächlich bis 2025 umgesetzt werden können, bleibt aufgrund des nach wie vor schleppend verlaufenden Breitbandausbaus fraglich.⁴ Parallel zum Ausbau des Festnetzes wird der Ausbau eines flächendeckenden Mobilfunknetzes vorangetrieben. Die Auflagen für die Mobilfunkbetreiber, z. B. aus der letzten Auktion 2019, zielen auf den Ausbau in bisher unterversorgten Gebieten.

Die Breitbandverfügbarkeit stellt besonders in ländlichen Gebieten nach wie vor eine große Herausforderung dar. In diesen ist die Breitbandverfügbarkeit prozentual deutlich geringer, auch wenn sie mengenmäßig natürlich einen kleineren Anteil der Haushalte darstellen. Den ländlichen Gebieten werden laut Breitbandatlas ca. 4,4 Mio Haushalte zugerechnet, wohingegen in städtischen respektive halbstädtischen Gebieten 22,7 bzw. 13,6 Mio Haushalte verortet sind.⁵ In städtischen Gebieten verfügen ca. 95 % der Haushalte über Breitbandanschlüsse mit mindestens 30 Mbit/s, ca. 93 % der Haushalte über mindestens 50 Mbit/s und immerhin ca. 83 % über mindestens 100 Mbit/s. In ländlichen Gebieten betragen diese Werte lediglich ca. 64 %, 51 % bzw. 19 % für dieselben Breitbandklassen (vgl. Tabelle 1).

² Vgl. CDU, CSU, SPD (2018), S. 38.

³ Vgl. CDU, CSU, SPD (2013), S. 35.

⁴ Vgl. Wernick, C. et al (2018).

⁵ Vgl. TÜV Rheinland / BMVI (2018b), S. 9.

Tabelle 1: Breitbandverfügbarkeit über alle Technologien in ländlichen, halbstädtischen und städtischen Gebieten

Breitbandverfügbarkeit über alle Technologien							
Prägung	≥ 1 Mbit/s	≥ 2 Mbit/s	≥ 6 Mbit/s	≥ 16 Mbit/s	≥ 30 Mbit/s	≥ 50 Mbit/s	≥ 100 Mbit/s
Städtisch	100,0	100,0	99,9	98,3	95,7	93,5	83,2
Halbstädtisch	99,9	99,8	99,3	89,0	83,2	76,0	53,6
Ländlich	99,2	98,9	97,3	73,1	64,3	50,5	19,4

Quelle: TÜV Rheinland / BMVI (2018b) S. 8

Für diese ländlichen Gebiete wäre die Bereitstellung von leistungsfähigem Breitband über Satellit also besonders interessant und zudem wäre eine gewisse Zahl an potenziellen Kunden vorhanden. Zum Untersuchungszeitpunkt waren es immerhin ca. 1,5 Mio. Haushalte die Breitbandanschlüsse mit weniger als 30 Mbit/s haben und ca. 2,2 Mio. Haushalte, die Breitbandanschlüsse mit weniger als 50 Mbit/s haben. Da sich die Erschließung der letzten Prozent der Bevölkerung in den ländlichen Gebieten als sehr schwierig und kostenintensiv gestaltet, könnte Satelliteninternet zudem eine kostengünstige alternative Lösung darstellen.⁶

2.2 Nachfrage nach Satelliteninternet

Die Bundesnetzagentur gibt in ihrem Jahresbericht 2018 die Zahl der Nutzer von Satellitensystemen für einen Internetzugang mit rund 25.000 an.⁷ Gründe für die geringen Nutzerzahlen sieht die BNetzA vor allem darin, dass „... die kabelgebundenen Alternativen preisgünstiger angeboten werden und auch höhere Bandbreiten ermöglichen...“ Jedoch können Internetzugänge über Satellit „... in Regionen, die nicht oder unzureichend durch andere Technologien erschlossen sind, einen Beitrag zu einer vollständigen Breitbandabdeckung leisten.“⁸ Dies trifft insbesondere auf die zuvor genannten 4,4 Mio Haushalte in den ländlichen Gebieten zu, die laut Breitbandatlas nur knapp zur Hälfte mit über 50 Mbit/s versorgt sind. Aufgrund der kostenintensiven Erschließung dieser Gebiete und der derzeit damit einhergehenden geringen Versorgungslage stellt Satelliteninternet in vielen dieser Gebiete damit eine Alternative dar, um überhaupt oder mit höheren Breitbandklassen versorgt zu werden. Die Verfügbarkeit von Internet via Satellit ist, im Gegensatz zu den zuvor genannten Technologien, geografisch gesehen für fast 100 % der Bevölkerung möglich. Einschränkungen der Nutzerzahlen erfährt diese Technologie dagegen theoretisch vielmehr durch die nur begrenzt zur Verfügung stehende Kapazität, wie in Kapitel 3.4 näher erläutert wird.

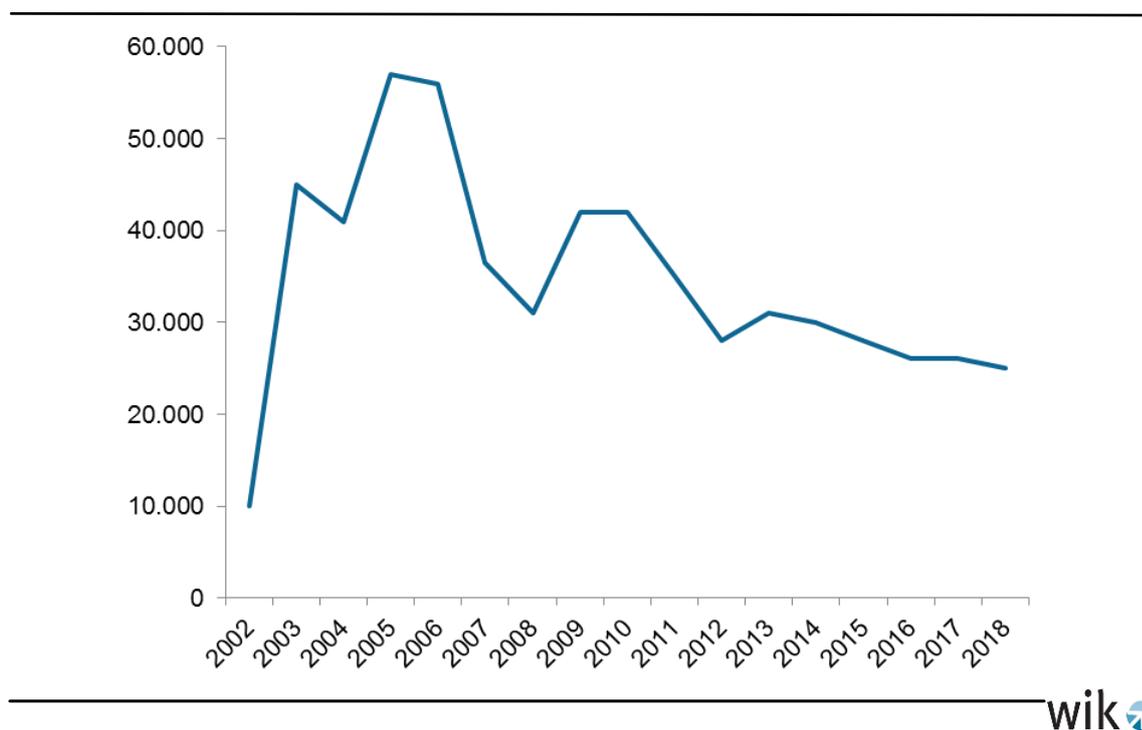
⁶ Vgl. Gries, C.-I.; Plückerbaum, T., Strube Martins, S. (2016), S. 15 f. und SABER (2013), S. 23.

⁷ Vgl. Bundesnetzagentur (2019), S. 51.

⁸ Bundesnetzagentur (2018), S. 53.

Die Entwicklung der Nutzerzahlen seit 2002 zeigt, dass Internetzugänge über Satellit bisher allerdings nie einen signifikanten Marktanteil erlangen konnten und die Nutzerzahlen in den letzten Jahren sogar eher rückläufig sind (vgl. Abbildung 1). Der Rückgang in den letzten Jahren ist dabei u. a. vermutlich auf den massiven LTE-Ausbau und den zunehmenden Ausbau mit leitungsgebundenen Technologien zurückzuführen. Im gesamteuropäischen Markt dürften sich die Nutzerzahlen, nach eigenen Angaben aller relevanter Anbieter, auf ca. 200.000 belaufen.⁹

Abbildung 1: Haushalte mit Breitbandanschlüssen über Satellit in Deutschland



Quelle: WIK auf Basis von Bundesnetzagentur Jahresberichte 2002 – 2018

2.3 Zwischenfazit

Derzeit ist weiterhin eine Versorgungslücke, trotz eines deutlichen Ausbaus innerhalb der letzten Jahre, für Breitbandinternet in Deutschland zu erkennen. Insbesondere bei den höheren Breitbandklassen, die am häufigsten vermarktet werden, und in ländlich geprägten Gebieten tritt diese zu Tage. Während 2018 technologieübergreifend in diesen ländlichen Gebieten noch immer bis zu 80 % nicht über 100 Mbit/s und bis zu 50 % nicht über 50 Mbit/s verfügten, ist diese Lücke in Städten und dichter besiedelten Gebieten deutlich geringer. Aufgrund der besonderen Qualitäten des Satelliteninternets, wie etwa die schnelle Bereitstellung und eine 100 prozentige ortsunabhängige Abde-

⁹ Vgl. UAG Breitband | AG 8 (2014), S. 24.

ckung, kann Satelliteninternet eine Lösung für eine höhere Abdeckung in den ländlichen Gebieten bieten.

Mit ca. 30.000 Nutzern in den vergangenen Jahren ist Satelliteninternet allerdings weiterhin nur eine Nischentechnologie im Verhältnis zu den knapp 34 Mio. Breitbandanschlüssen in Festnetzen im Jahr 2018.¹⁰ Auch in Relation zu den 4,4 Mio Haushalten in ländlichen Gebieten, von denen ein großer Teil, wie oben gezeigt, unterversorgt ist, sind die 30.000 Nutzer nur ein sehr kleiner Kundenstamm. Die Entwicklungen der Nutzerzahlen in den letzten Jahren haben zudem eher einen Abwärts- oder Seitwärtstrend als einen Aufwärtstrend erkennen lassen. Zudem wird mit dem voranschreitendem Glasfaser- und Mobilfunk-Ausbau die Versorgungslücke für leitungsgebundenes Internet weiterhin verkleinert.

Somit ist festzustellen, dass trotz der fehlenden Verfügbarkeit von hochbitrangigem Internet in ländlichen Gebieten durch andere Technologien, und des damit vorhandenen potenziellen Marktes, Breitband via Satellit bis heute keine relevanten Marktanteile erreicht hat. Die ausbleibende Nachfrage liegt folglich eher an systeminhärenten Nachteilen bzw. dem Leistungsangebot (Preis, Datenvolumina, Down-/Upstream, Informationsdefizit), als an einem zu kleinen potenziellen Markt. Für Anbieter erschwerend hinzu kommt dabei allerdings auch, dass der Fokus der Bundesregierung laut Koalitionsvertrag nur noch auf der Glasfasertechnologie liegen soll.

¹⁰ Vgl. Bundesnetzagentur (2019), S. 48.

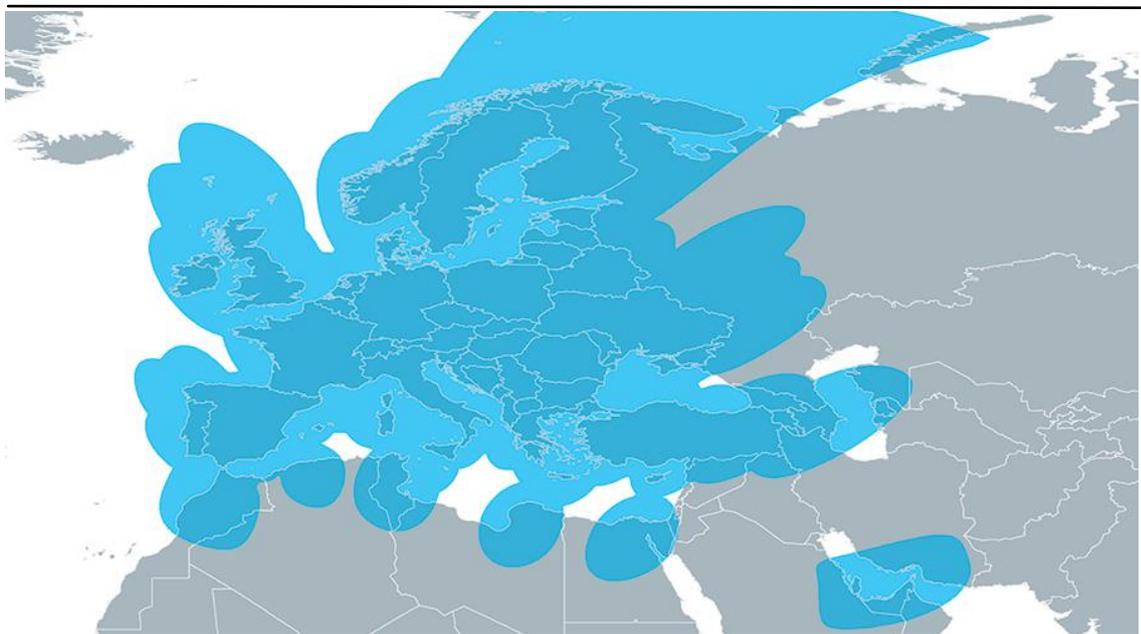
3 Technische Merkmale von Satelliteninternet und dessen Wirtschaftlichkeit

Um die Leistungen und Angebote sowie zukünftige Potenziale einschätzen zu können, wurden die technischen Merkmale von Satelliteninternet und der gegenwärtige Stand der Technik betrachtet. Zukünftige technische Entwicklungen, sowie derzeit in der Umsetzungs- und Erprobungsphase befindliche Techniken, finden sich in Kapitel 5.1.

3.1 Funktionsweise der Verbindung

Der große Vorteil von Internet via Satellit gegenüber den meisten anderen Technologien liegt in der flächendeckenden Verfügbarkeit. In der Ausleuchtzone eines Satelliten (vgl. Abbildung 2) kann an jeder Stelle eine Verbindung zum Internet hergestellt werden.¹¹ Örtliche Anforderungen beschränken sich auf freie Sicht Richtung Himmel und die Abwesenheit von Gebäuden oder Bäumen in unmittelbarer Nähe, die das Signal beeinträchtigen könnten. Breitbandinternet über Satellit ist also überall dort verfügbar, wo ein Satellit erreichbar ist.¹²

Abbildung 2: Ausleuchtzone des Eutelsat Satelliten KA-SAT



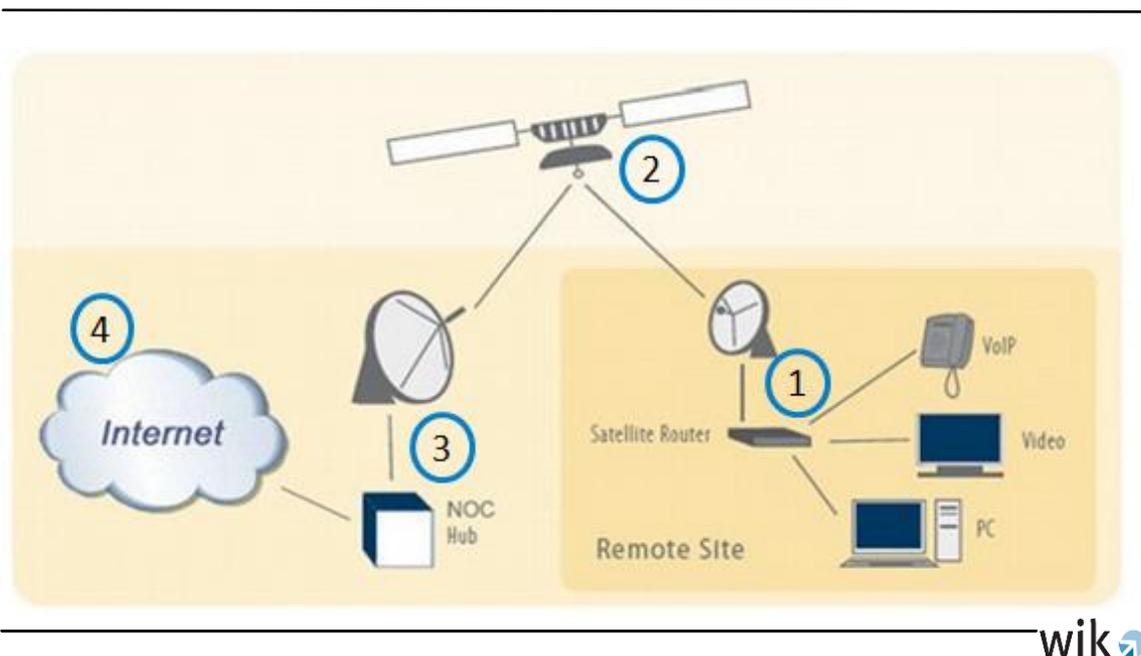
Quelle: Eutelsat (2018a)

¹¹ Vgl. Breitbandbüro des Bundes (2015), S. 5.

¹² Vgl. Skydsl (2019a).

Mittlerweile ist das Zwei-Wege-Satelliten-Internet die etablierte Standardvariante. Hierbei wird der Hin- und Rückkanal über Satellit realisiert, anstatt dass eine Verbindung über örtliche Infrastrukturen wie z. B. einer Telefonleitung notwendig ist, wie es vor einigen Jahren beim Ein-Weg-Satelliten-Internet noch notwendig war. Nachfolgend ist darum nur die Funktionsweise einer Verbindung mit dem Zwei-Wege-System erläutert (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 3: Satellitenverbindungsdiagramm



Quelle: SABER (2013)

3.2 Notwendige technische Ausstattung der Empfänger und Betreiber

Grundsätzlich bedarf es für einen Internetanschluss über Satellit eines Satelliten, Bodenstationen und der Endkundenausstattung.¹³

3.2.1 Endkundenseite

Um einen Internetzugang über Satellit zu nutzen, ist die Installation einer Satellitenschüssel außen am Gebäude des Endkunden erforderlich. Mit Hilfe dieser Schüssel empfängt der Nutzer das Signal des Satelliten und sendet diese auch an ihn. Der Unterschied zu einer TV-Schüssel besteht darin, dass die Satellitenschüssel eine Empfangseinheit, genannt LNB (englisch für „Low Noise Block“) besitzt, die Signale empfangen, aber auch versenden kann. Zusätzlich zur Satellitenantenne sowie der Sende-

¹³ Vgl. Swinford, R., Grau, B. (2015) S. 6 f.

und Empfangseinheit wird ein Modem benötigt, das als Anschluss der Anlage an das Hausnetz dient.¹⁴ Die Installation der Endkundengeräte (Modem und Schüssel) kann entweder selbst oder auf Wunsch durch Fachleute vorgenommen werden. Da die richtige Installation für die Performance entscheidend ist und einige Zeit in Anspruch nimmt, wird sie von den Anbietern durch Fachleute empfohlen.¹⁵

Die Kosten für diese Endkundenausstattung variieren je nach Anbieter, Kaufart (Kauf bzw. Mietkauf) und Vertragslaufzeit. Die Miete über 24 Monate beträgt im Schnitt 188 €, wohingegen für den Kauf im Schnitt ca. 300 bis 350 € veranschlagt werden.¹⁶ Zu den Einzelheiten der Kauf- bzw. Mietbedingungen gibt das Kapitel 4.2.1 einen Überblick. Zusätzlich zu den Hardwarekosten können Kosten für professionelle Installationservices in Höhe von ca. 100 bis 200 € anfallen.

Im Gegensatz zu der Direktanbindung einzelner Haushalte wird bei der Anbindung einer Gemeinde nur eine Satellitenschüssel für alle zu versorgenden Haushalte benötigt. Dazu wird die Internetverbindung an einem zentral gelegenen Knotenpunkt in der Ortschaft etabliert. Im zweiten Schritt wird die Anbindung der Endkunden vorgenommen. Dies kann je nach Infrastrukturausgangslage der Gemeinde über die Teilnehmeranschlussleitung (TAL) oder über Funknetze geschehen. Bei der Zuführung zum Endkunden über Funk wird in dessen Haushalt ein als „Wireless Access Point“ (WAP) bezeichnetes Gerät benötigt. Bei der Breitbandzuführung über die Teilnehmeranschlussleitung wird ein DSL-Modem benötigt.¹⁷ In den letzten Jahren wurden in Deutschland allerdings nur noch wenige Projekte auf Gemeindeebene umgesetzt.¹⁸

3.2.2 Satellitenbetreiber und Service Provider

Zu der Ausstattung, die auf Endkundenebene installiert ist, werden für einen Internetzugang über Satellit zudem untereinander verbundene Bodenstationen (auch Gateway oder Hubs genannt) auf der Erde und schließlich ein Satellit im All benötigt. Diese Komponenten haben einen wesentlich größeren Kostenanteil am Gesamtsystem als die Ausstattung auf Endkundenebene.

Wie in Abbildung 3 beschrieben, empfängt die Bodenstation das Signal mit der Anfrage des Endnutzers über den Satelliten bzw. sendet es an diesen zurück. Das Satellitenmodem in der Bodenstation wandelt das Signal in IP Pakete um und stellt die eigentliche Verbindung zum Internet her. Dies geschieht, indem die über einen Glasfaserring (in der Abbildung rot) verbundenen Bodenstationen über ein Network Operations Center (NOC) mit dem Internetbackbone kommunizieren (vgl. Abbildung 4).¹⁹

¹⁴ Vgl. Breitbandbüro des Bundes (2015), S. 4.

¹⁵ Vgl. Skydsl (2019b).

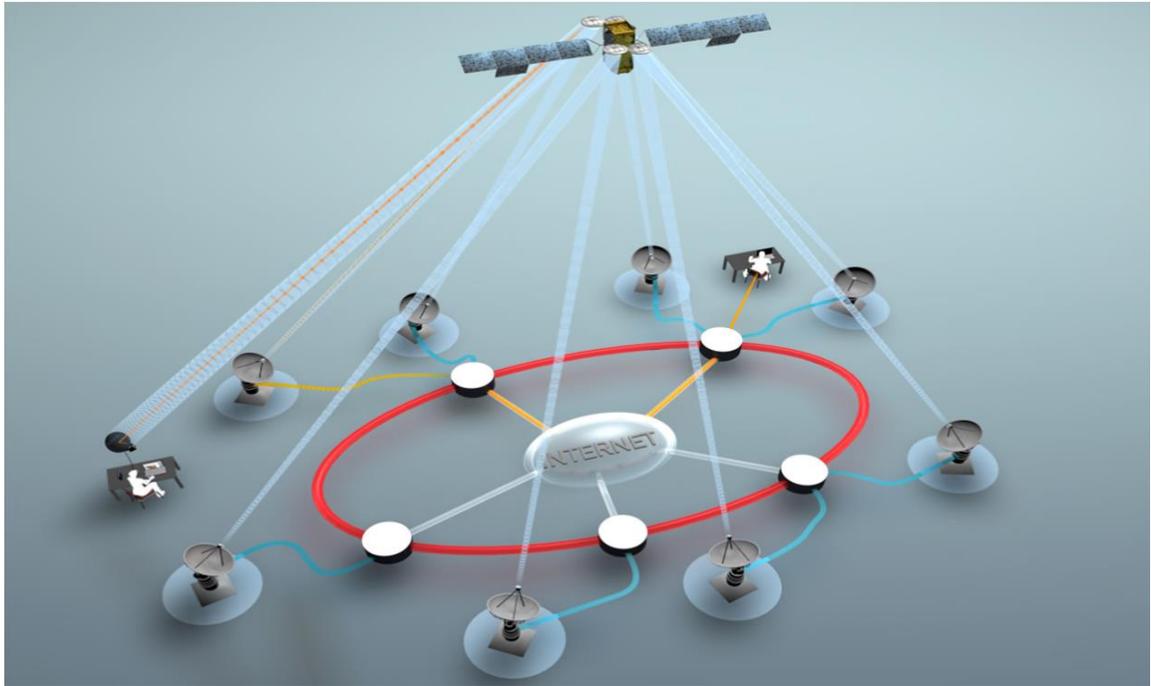
¹⁶ Vgl. Eigene Berechnung und Breitbandbüro des Bundes (2019).

¹⁷ Vgl. Orbitcom (2014).

¹⁸ Vgl. Wallenhorst (2018).

¹⁹ Vgl. SABER (2013), S. 20 ff.

Abbildung 4: KA-SAT Bodensegment



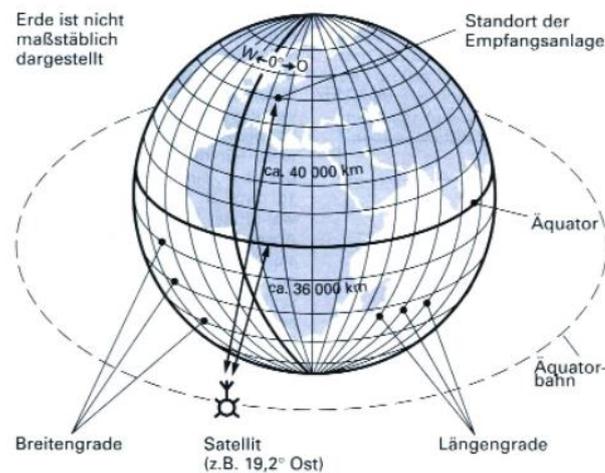
Quelle: Eutelsat Deutschland (2011)

3.3 GEO-Satelliten

Die Satelliten, die bisher primär für die Kommunikation genutzt wurden, befinden sich in etwa 36.000 km Höhe über dem Äquator, dem sogenannten geostationären Erdorbit. Aus diesem Grund werden sie auch als GEO-Satelliten bezeichnet. Die genaue Position eines Satelliten wird als Abweichung vom 0. Längengrad, dem Null- oder Greenwich Meridian, beschrieben und ist wichtig für die Ausrichtung der Endkundenantenne. Am nullten Längengrad wird die Erde gedanklich in Ost und West separiert. In Abbildung 5 ist exemplarisch ein GEO-Satellit von Astra auf 19,2° Ost eingezeichnet.²⁰

²⁰ Vgl. Freyer, U.; Jaske, A. (2004), S. 30 f.

Abbildung 5: Erde mit Längen- und Breitengraden und Äquatorbahn eines geostationären Satelliten



Quelle: Freyer, U.; Jaske, A. (2004)

Aus den gegebenen Entfernungen der (geostationären) Satelliten zur Erdoberfläche ergeben sich physikalische Beschränkungen für Satelliteninternet. Ein Signal muss aufgrund der Wegstrecke zum GEO-Satelliten und von dort zurück zur Erde etwa 72.000 km zurücklegen, wofür bei Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit etwa 250 ms benötigt werden. Um auf dem gleichen Weg ein Antwortsignal zu empfangen muss die gleiche Wegstrecke nochmals zurückgelegt werden, so dass sich die Zeit auf 500 ms verdoppelt. Diese Latenz stellt derzeit eine der größten technischen Unwägbarkeiten für Satelliteninternet dar, da sie aufgrund physikalischer Gegebenheiten (Lichtgeschwindigkeit) nicht weiter gesenkt werden kann, solange die Satelliten sich in einer geostationären Umlaufbahn befinden.²¹ Die Vertriebspartner der Satellitenbetreiber geben dabei sogar Verzögerungen zwischen 600 und 700 ms insgesamt an²², was natürlich für Anforderungen von 4G-Anwendungen (ca. 50 ms) und 5G-Anwendungen (Ziel unter 1 ms) ungenügend ist. Lösungen für kurze Latenzzeiten können Satelliten im mittleren- bzw. niedrigen Erdorbit sein, sogenannte MEO- bzw. LEO-Satelliten, die in Kapitel 5.1.1 näher vorgestellt werden.

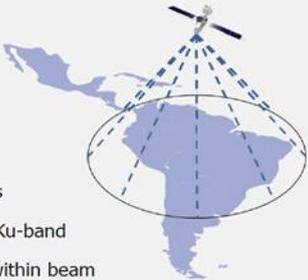
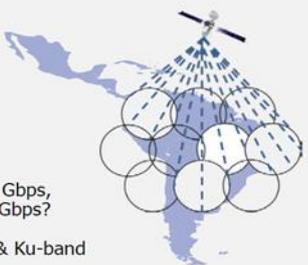
Deutliche Leistungsverbesserungen der Satellitentechnologie kann in jüngerer Vergangenheit durch den vermehrten Einsatz von High Throughput Satellites (HTS) anstatt der zuvor primär genutzten Fixed Satellite Services (FSS) beobachtet werden. HTS definieren sich im Vergleich zu FSS durch deutlich höhere Kapazitäten, die Umstellung

²¹ Vgl. UAG Breitband | AG 8 (2014), S. 24.

²² Vgl. Filiago (2019) und skDSL (2019c).

auf mehrere Ausleuchtzonen pro Satellit (Spotbeam-Technologie) sowie eine Frequenzmehrfachnutzung.²³ Die höheren Kapazitäten von mittlerweile deutlich über 100 Gbit/s erlauben es HTS größere Datenraten zur Verfügung zu stellen, als es mit FSS in der Vergangenheit möglich war. Hinzu kommt, dass die in der Vergangenheit zumeist genutzten FSS, auch Widebeam-Satelliten aufgrund einer einzigen großen Ausleuchtzone genannt (vgl. Abbildung 6), nicht unbedingt primär auf die Bereitstellung von Breitbandinternet ausgelegt sind, sondern vielmehr auf Rundfunkübertragungen. Die Eigenschaften, wie etwa die große einzelne Ausleuchtzone, sind für diese Zwecke deutlich geeigneter. Mehrere Ausleuchtzonen pro Satelliten wie bei den HTS dagegen sind deutlich besser für die Bereitstellung von Breitbandinternet geeignet (vgl. Abbildung 6). Durch diese Technik können einzelne Gebiete deutlich präziser mit individuell benötigten Kapazitäten versorgt werden. Zusätzlich trägt auch die Frequenzmehrfachnutzung über mehrere Ausleuchtzonen zum Erfolg der HTS bei. Dadurch wird ermöglicht, dass mehrerer Ausleuchtzonen die gleiche Frequenz mehrfach nutzen können.²⁴ Diese Vorteile werden u. a. auch durch das mittlerweile genutzte Ka-Frequenzband anstelle des in der Vergangenheit genutzten Ku-Bands ermöglicht. Die höheren Frequenzen und das breitere Frequenzbereich erlauben deutlich höhere Datendurchsatzraten.²⁵

Abbildung 6: Widebeam- und Spotbeam-Technologie

Widebeam	HTS
 <ul style="list-style-type: none">> Typically 1-3 Gbps> Mainly C-band & Ku-band> Capacity shared within beam> Ideal for broadcast	 <ul style="list-style-type: none">> Today up to 150 Gbps, tomorrow >500 Gbps?> Mainly Ka-band & Ku-band> Frequencies re-used across multiple beams> Ideal for two-way broadband

Quelle: inmarsat (2016)

Trotz der genannten Vorteile, hat auch die Spotbeam-Technologie ihre Grenzen. Durch die vielen kleineren Ausleuchtzonen, stehen in diesen jeweils nur Bruchteile der gesamten Kapazität des Satelliten zur Verfügung. Ausleuchtzonen mit vielen Nutzern können

²³ Vgl. Swinford, R.; Grau, B. (2015), S. 7 f. und SES (2017a).

²⁴ Vgl. Swinford, R.; Grau, B. (2015), S. 7 f. und SES (2017a).

²⁵ Vgl. Breitbandbüro des Bundes (2015), S. 4 f. und Swinford, R.; Grau, B. (2015).

dadurch schneller an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen, als Ausleuchtzonen mit wenigen Nutzern. Wenn sich zu viele Kunden in einer Ausleuchtzone gleichzeitig die Kapazitäten teilen müssen, wären die Auswirkungen z. B. niedrigere Geschwindigkeiten, niedrigere Verfügbarkeiten oder beides zugleich.²⁶ Eine Lösung könnte in naher Zukunft die Digitalisierung der Nutzlastberechnung bieten, die ein effektiveres Ressourcenmanagement aufgrund besserer Zuteilung für Schlüsselregionen bietet.²⁷

3.4 Kapazitäten der Satelliten

Die Kapazitäten der Satelliten haben sich in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert. Berichte für den Zeitraum von 2005 bis 2018 beleuchten dass sich sowohl die maximale Downloadgeschwindigkeit (gemessen in Mbit/s) als auch die Kapazität pro Satellit (gemessen in Gbit/s) sowie die mögliche Anzahl der Nutzer pro Satellit kontinuierlich gesteigert haben.²⁸

Die maximalen Kapazitäten eines Satelliten steigerten sich von 2005 mit 5 Gbit/s, in 2010 auf 50-100 Gbit/s, in 2015 auf 150-200 Gbit/s und in 2018 schließlich auf 300 Gbit/s.²⁹ In der Zeit nach 2020 planen Satellitenbetreiber mit Kapazitäten von bis zu 1.000 Gbit/s.³⁰ Durch die gesteigerten Kapazitäten wurde die Versorgung der (möglichen) Nutzer pro Satellit von wenigen 100.000 in 2005 über mehrere 100.000 in 2010 bis hin zu etwa 1 Million mögliche Nutzer in 2015 ermöglicht. Das gleiche gilt für die maximale Downloadrate. Diese betrug im Jahr 2005 etwa 2-3 Mbit/s. 2010 war mit 10-20 Mbit/s ein Vielfaches dessen verfügbar und 2015 bereits Downloadraten zwischen 30-50 Mbit/s (Vgl. Abbildung 7). In den USA wurden 2018 sogar erste Angebote mit Downloadraten bis zu 100 Mbit/s gestartet,³¹ wobei in Deutschland derzeit noch gewöhnlich Downloadraten von bis zu 50 Mbit/s angeboten werden. Ob die in den Berichten angegebenen maximalen Downloadraten denen entsprechen, die tatsächlich vermarktet werden, soll in Kapitel 4 aufgegriffen und überprüft werden.

²⁶ Vgl. spacenews (2015a) und NSR (2017).

²⁷ Vgl. Halliwell, M. (SES) (2017).

²⁸ Vgl. Broadband Commission (2014) und Viasat (2018a).

²⁹ Vgl. Broadband Commission (2014), S. 53 und Viasat (2019).

³⁰ Vgl. Miller, C. (2016), S.1 und Eutelsat (2018b) und Eutelsat (2019).

³¹ Vgl. Viasat (2018b).

Abbildung 7: Fortschritte in der Satellitenbreitbandtechnologie 2005 bis 2020

Timeline	2005	2010	2015	2020
Generation	Ku-band satellites	First generation multi beam Ka-band satellites	Second generation multi beam Ka-band satellites	Third generation multi beam Ka-band satellites
Service capability	Internet broadband	High speed Internet broadband	Superfast Internet broadband	Very high speed Internet broadband
Maximum service rate	2-3 Mbps	10-2 Mbps	30-50 Mbps	100 Mbps
Capacity per satellite	5	50-100	150-200	>500
Users per satellite	100.000	Several 100.000s	Up to 1 million	>1 million

Quelle: Broadband Commission (2014), S. 53

Die Downloadraten bzw. die Nutzerzahlen pro Satellit werden sich demnach voraussichtlich auch in Zukunft erhöhen lassen, wenn die Kapazitäten insgesamt steigen. Eine reelle Bandbreite pro Nutzer – und damit die maximale mögliche Anzahl an Kunden pro Satellit – ist jedoch letztlich auch eine betriebswirtschaftliche Entscheidung. Dabei müssen die Anbieter abwägen, ob sie ihren Kunden eine höhere Bandbreite zur Verfügung stellen möchten und dadurch insgesamt weniger Kunden pro Satellit versorgen können oder vice versa.

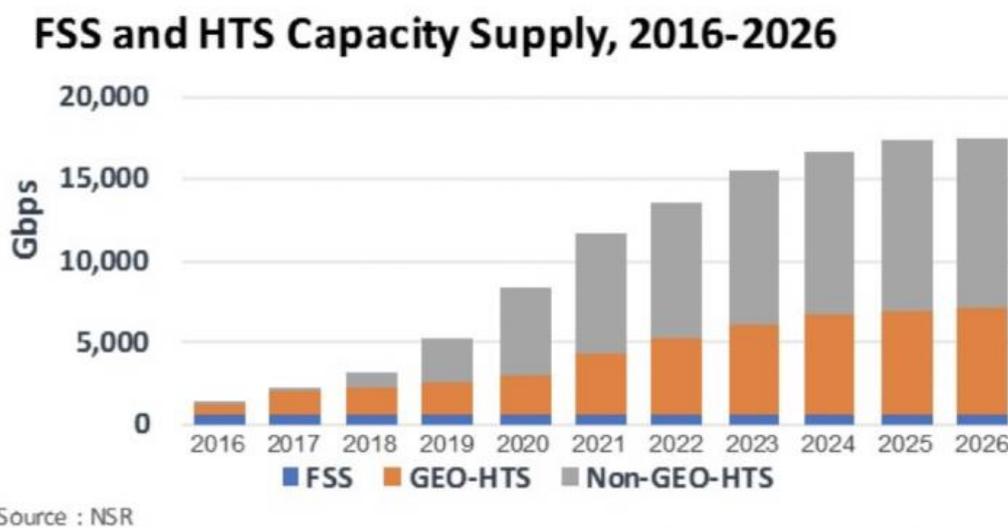
Wie zuvor beschrieben, haben insbesondere die HTS zu einer deutlichen Steigerung der Kapazitäten beigetragen. In der nächsten Dekade werden bis zu 100 neuer HTS erwartet, was die Gesamtkapazität nochmals deutlich erhöhen würde. Alleine 2020 sollen etwa viermal so viele HTS im Orbit sein, als noch 2015.³² Ein Effekt, der zu weiter gesteigerten Gesamtkapazitäten führen wird (vgl. Abbildung 8). Hinzu kommen die nicht

³² Vgl. Satellite Evolution Group (2017), S. 24.

geostationären Satelliten, die in Zukunft aller Voraussicht nach verstärkt eingesetzt werden (vgl. Kapitel 5.1.1).

Die Kapazität, die ein Satellit zur Verfügung stellen kann, hängt jedoch auch von z. B. dem verfügbaren Spektrum, dem Frequenzmehrfachnutzungsfaktor, der spektralen Effizienz der Modulation und der Rauschtemperatur des Systems ab.³³

Abbildung 8: Vergleich der angebotenen Kapazitäten durch FSS und HTS von 2016 und 2026



Quelle: NSR (2017)

3.5 Wirtschaftlichkeit und wirtschaftliche Entwicklungen

Im Gegensatz zu allen anderen derzeit verfügbaren Internetzugangstechnologien hat die Satellitentechnologie den Vorteil, dass die Kosten für den Anschluss eines einzelnen Nutzers standortneutral sind. Nahezu unabhängig vom Standort und der Entfernung zur restlichen Infrastruktur kann dem Nutzer eine vorhersagbare und stabile Verbindung ermöglicht werden.³⁴ Insbesondere in Gebieten mit weniger als 100 bis 150 Einwohnern/km² ist sie sogar kostengünstiger als eine leitungsgebundene Technologie.³⁵ Wirtschaftlich besonders interessant wird die Versorgung mit Breitband über Satellit also in den peripheren Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte, die derzeit ohnehin oftmals nur dürftig mit Breitbandversorgung abgedeckt sind.

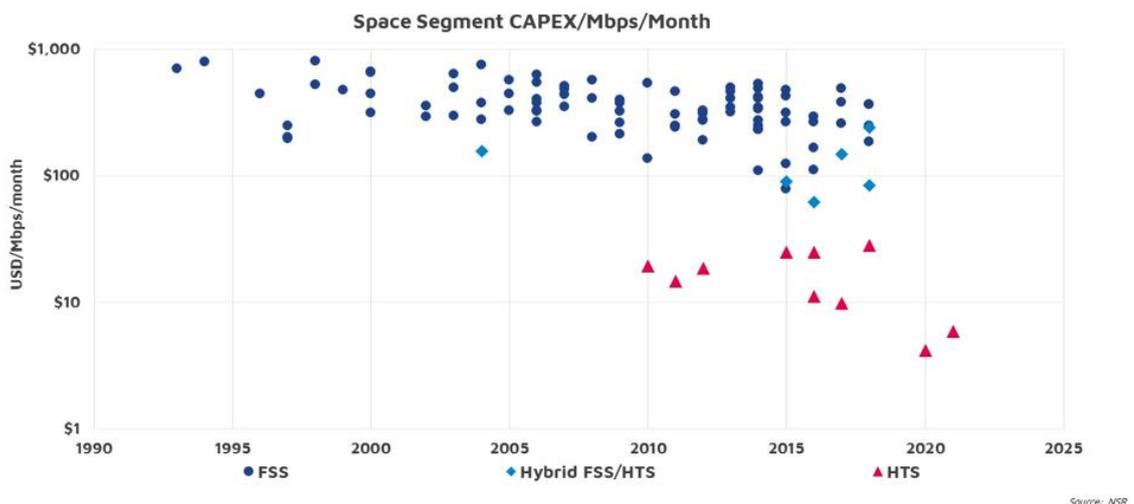
³³ Vgl. Swinford, R.; Grau, B. (2015).

³⁴ Vgl. SABER (2013), S. 23.

³⁵ Vgl. SABER (2013), S. 23.

Bestrebungen der Satellitenbetreiber, um eine noch wirtschaftlichere Bereitstellung ihrer Dienste zu ermöglichen, sind auf dem Markt zu beobachten. Insbesondere können die fallenden Investitionsausgaben pro Mbit/s zu einer wirtschaftlicheren Bereitstellung der Dienste beitragen. Die wichtigste Rolle dabei spielen die seit etwa 2010 zunehmend genutzten HTS anstatt der zuvor primär genutzten FSS. Entscheidend dabei ist, dass HTS nur etwa 1,5-mal teurer in der Herstellung sind als FSS, obwohl sie über mindestens 20-mal deren Kapazität bereitstellen können.³⁶ Die somit deutlich niedrigeren Investitionsausgaben pro Mbit/s, tragen erheblich dazu bei eine wirtschaftlichere Bereitstellung der Dienste zu ermöglichen (vgl. Abbildung 9), da kostenintensivere FSS-Kapazitäten ersetzt werden können.³⁷ Ein Trend der sich voraussichtlich fortsetzen wird. Durch die kostengünstigere Alternative der HTS werden 2026 voraussichtlich zehn Mal so viel Kapazität über GEO-HTS angeboten, als über GEO-FSS.³⁸

Abbildung 9: US\$/Mbits/Monat für HTS und FSS



Quelle: NSR (2018d)

Konkurrenzfähige Angebote zu terrestrischen Breitbandanbietern werden ab Investitionsausgaben von ca. 1 Mio. € pro Gbit/s erwartet, wobei dies die Konstruktion, den Start, Versicherungen und die Bodenstationen beinhaltet.³⁹ Die Entwicklung der Preise pro Gbit/s in den letzten Jahren, sowie vorausgesagte Entwicklungen, könnten diese Kostengrenze in den nächsten Jahren erreichbar machen (vgl. Abbildung 10).⁴⁰

³⁶ Vgl. NSR (2017).

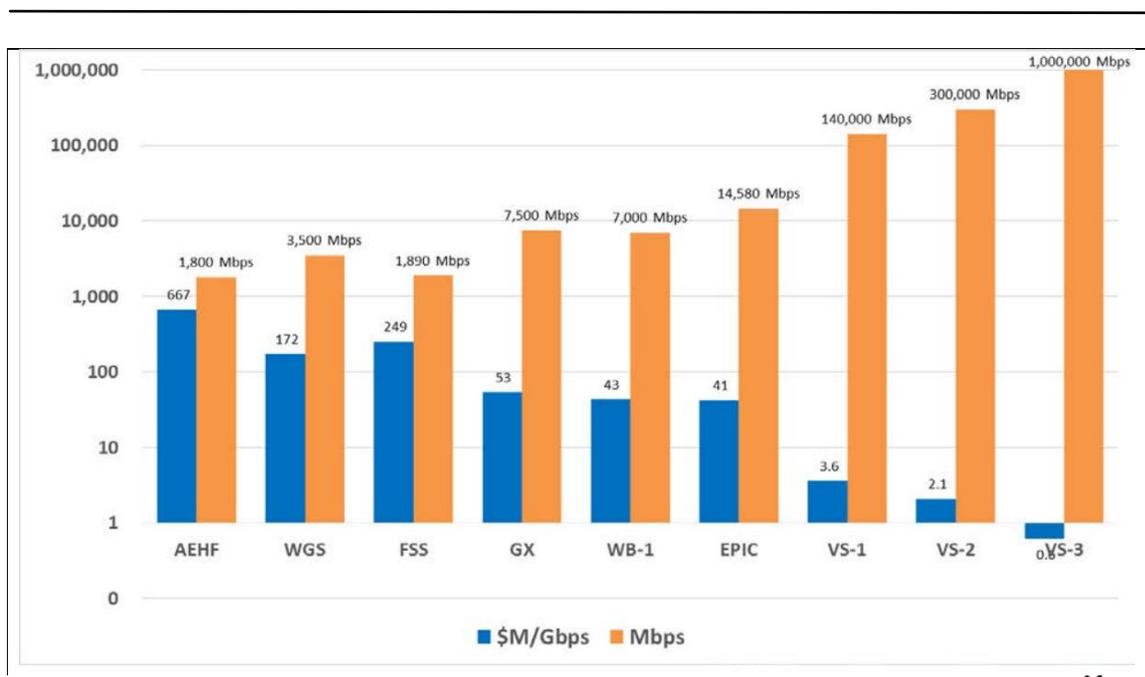
³⁷ Vgl. NSR (2018d).

³⁸ Vgl. NSR (2017).

³⁹ Vgl. Spacenews (2015b) und NSR (2018f).

⁴⁰ Vgl. NSR (2018d) und de Ruiter, N. (2018), S. 4 - 7.

Abbildung 10: Entwicklung Mbit/s und Kosten pro Gbit/s

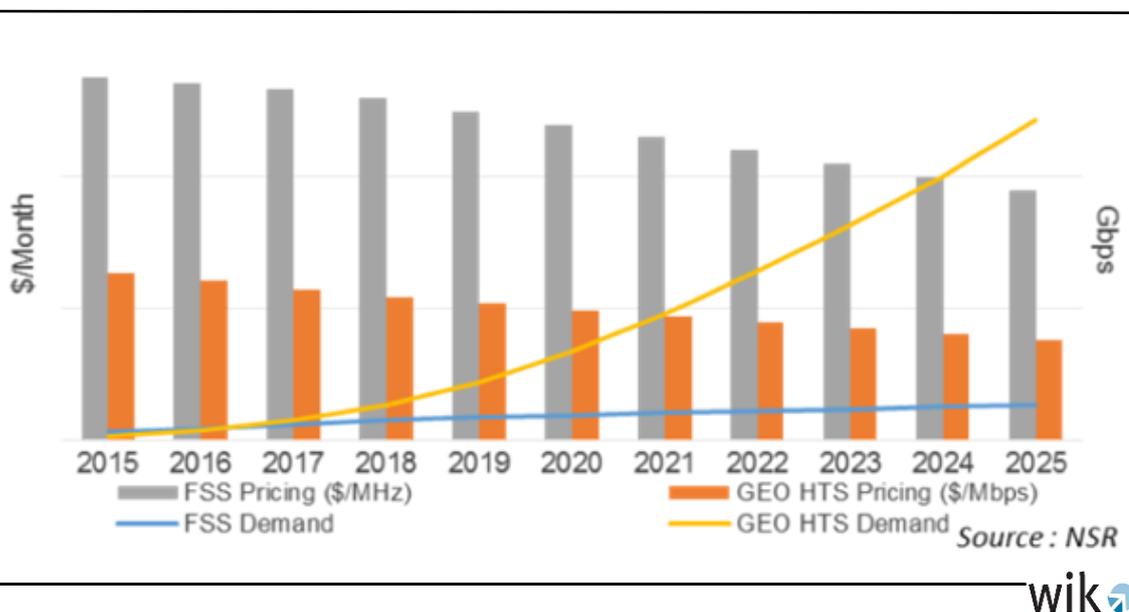


Quelle: Miller, C. (2016), S. 5

Die bereits gesunkenen Kosten, sowie die weiterhin erwarteten sinkenden Kosten, wirken sich zudem auch auf die Preise der Kapazitäten aus. Insbesondere durch die steigenden Kapazitäten durch GEO-HTS ist laut NSR in den vergangenen Jahren ein Abwärtstrend bei den Preisen für die Satellitenkapazitäten zu beobachten. Zwischen 2016 und 2018 sanken diese demnach zwischen 35 und 60 %, was neben dem zunehmenden Einsatz von GEO-HTS auch auf geringer als erwartete Nachfragen spezieller Kundengruppen und Dumpingpreise von Satellitenbetreibern für neue Kundengruppen zurückzuführen ist.⁴¹ Durch die entsprechend gesunkenen Preise erwartet NSR eine entsprechend steigende Nachfrage (vgl. Abbildung 11).

⁴¹ Vgl. Spacenews (2018).

Abbildung 11: Angebot und Nachfrage von FSS und HTS



Quelle: NSR (2016b)

Kritisch werden laut NSR⁴² ein mögliches Überangebot sowie in manchen Bereichen hinter den Erwartungen gebliebene Nachfragen gesehen. Da zurzeit häufig nur marginale Gewinne oder Kostendeckung auf Basis der Grenzerträge erzielt werden, geraten Satellitenbetreiber zunehmend unter Druck, die niedrigste Break-Even Satellitenflotte aufzustellen. Zukünftige LEO-Flotten (vgl. Kapitel 5.1.1) tragen vermutlich noch mehr zur Konkurrenz bei.⁴³

3.6 Zwischenfazit

Satelliteninternet zeichnet sich insbesondere dadurch positiv aus, dass es nahezu überall in nur sehr kurzer Zeit zur Verfügung gestellt werden kann. Hinzu kommt, dass es überall nahezu die gleichen Kosten verursacht; auch in ländlichen Gebieten, die nach wie vor von der Abdeckung hinter anderen Gebieten hinterherhinken und mit anderen Technologien oftmals nur mit hohen Kosten zu erschließen sind.

Technische Gegebenheiten führen jedoch dazu, dass Satelliteninternet in manchen Bereichen im Vergleich zu anderen Technologien Nachteile aufweist. Einer der kritischsten Faktoren ist dabei die Latenzzeit von bis zu 700 ms, die insbesondere bei zeitkritischen Anwendungen zu nicht akzeptablen Verzögerungen führt. Ein weiterer kritischer Punkt sind die nur begrenzt verfügbaren Kapazitäten. Auch wenn sich diese in den letzten Jahren speziell durch neue HTS erhöht haben und zu höheren Übertra-

⁴² Vgl. NSR (2016a) und NSR (2018a) und NSR (2018b) und NSR (2018c) und NSR (2018d).

⁴³ Vgl. NSR (2018f) und NSR (2019).

gungs-/Empfangsraten führten bzw. mehr Kunden versorgen können, stellt dies dennoch einen wettbewerblichen Nachteil dar. Begrenzte Kapazitäten, und dadurch nur begrenzt verfügbare Geschwindigkeiten, limitieren weiterhin die Leistungen für die Kunden. Dadurch ist Satelliteninternet meist nur relevant, wenn keine terrestrischen oder leitungsgebundenen Alternativen bestehen. Diese Technologien weisen diese systeminhärenten Nachteile nicht, oder nicht in diesem Maße auf.

Technische Weiterentwicklungen, die zum einen die Kosten pro Gbit/s in den vergangenen Jahren vor allem durch den Einsatz von HTS deutlich senken konnten, könnten bei einer Weitergabe an die Endnutzer, Satelliteninternet für bestimmte Marktsegmente jedoch wettbewerbsfähig machen. Die preisliche Entwicklung wird im nächsten Kapitel näher betrachtet.

4 Angebote für Satelliten-Internetzugangsdienste in Deutschland

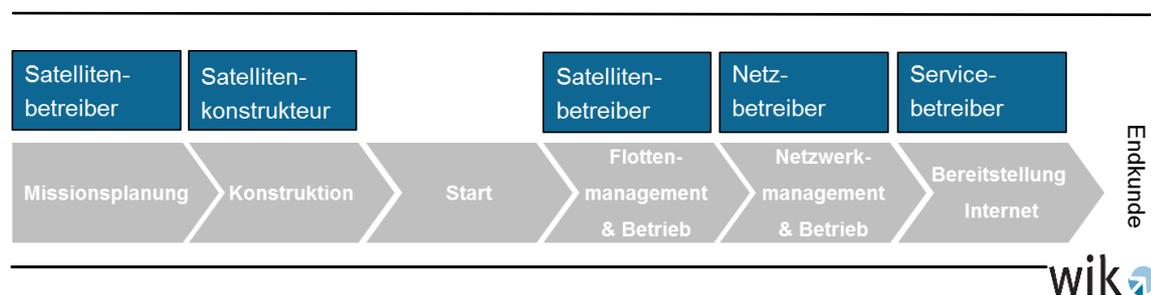
Um eine Einschätzung über die Angebotssituation in Deutschland und deren Entwicklung zu treffen, wurde zuerst der deutsche Markt nach möglichen Anbietern sondiert. Von den am deutschen Markt vertretenen Teilnehmern wurden die Angebote für Privat- sowie Geschäftskunden aus den Jahren 2015 sowie 2018 ausgewertet und verglichen. Dadurch konnten Erkenntnisse über Angebotsart, -umfang sowie die Preise für Endkunden getroffen und verglichen werden. Um eine Einschätzung zur Konkurrenzfähigkeit dieser Angebote im Vergleich zu leitungsgebundenen bzw. terrestrischen Alternativen treffen zu können, wurden diese in den Bereichen Up- und Downstream, Volumen und Preis miteinander verglichen.

Beim Satelliteninternet ist die „Bis-zu“-Problematik aufgrund der Shared Medium-Eigenschaft besonders relevant. Maximal angegebene Geschwindigkeiten können stark von den realisierten Geschwindigkeiten abweichen. Leider liegen keine verlässlichen Messungen vor. Daher wird sich im Folgenden nur auf die angebotenen Geschwindigkeiten bezogen.

4.1 Anbieterstruktur in Deutschland

Internetdienste werden in Deutschland derzeit nicht von den Satellitenbetreibern selbst für den Endkunden angeboten. Durch den nicht einheitlichen Binnenmarkt in Europa bieten sich lokale Vertriebspartner (sogenannte Servicebetreiber oder Reseller) an. Hierbei findet eine Arbeitsteilung statt. Der Satellitenbetreiber übernimmt das Traffic Management, entsprechend des Staulevels und der Kanalbedingungen, während der Servicebetreiber den Kontakt zum Endkunden regelt. Hierzu gehören die Vermarktung des Dienstangebots und die Installation der Anlagen. Zwischen den Satellitenbetreibern, die eine Mission planen und den Servicebetreibern, die die Dienste an den Endkunden vertreiben, finden sich weitere Akteure, wie die Satellitenhersteller und die Netzwerkbetreiber (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 12: Wertschöpfungskette des Satellitenbreitbands

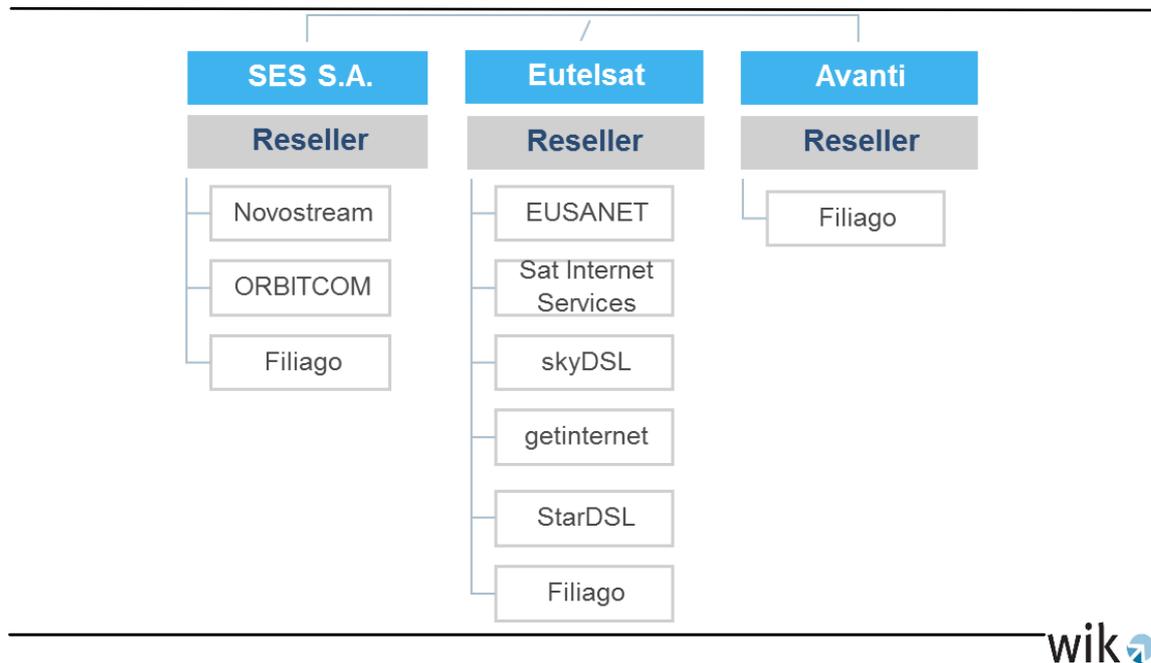


Quelle: angelehnt an SABER (2013), S. 36

Größere Marktaktivitäten lassen sich in Deutschland seit Jahren nur von den Satellitenbetreibern SES S.A. sowie Eutelsat erkennen. Avanti Communications vermarktet über einen Reseller Produkte für Geschäftskunden. Andere Betreiber lassen nur Aktivitäten für „Spezialbereiche“ (z. B. Flug- und Schiffsverkehr) erkennen anstatt für die private oder geschäftliche Breitbandversorgung. Inmarasat und Echo Star Mobile (ehemals Solaris), die noch 2009 von der EU-Kommission Lizenzen für europaweite Satellitenmobilfunkdienste erhielten, eingeschlossen.

Am deutschen Markt waren 2018 acht Servicebetreiber aktiv, die entweder auf die Satelliten von SES S.A. oder Eutelsat zurückgriffen. Ein einzelner Serviceanbieter griff auf die Dienste aller drei Satellitenbetreiber zurück (vgl. Abbildung 13). Weitere und neue Marktaktivitäten könnten in den nächsten Jahren durch den vermehrten Einsatz von MEO- und LEO-Satellitenkonstellationen und deren Betreiber beobachtet werden (vgl. Kapitel 5.1.1).

Abbildung 13: Anbieter für Satelliteninternet in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung

4.2 Privatkundenangebote

In den Vergleich wurden alle 28 Angebote der 8 Anbieter (Servicebetreiber) für Privatkunden aufgenommen, die auf deren Webseiten angeboten wurden. Davon waren 4 Angebote als Flatrates und 24 als volumenbasiert gekennzeichnet. Zusätzlich wurden die Kosten für die Grundausstattung betrachtet. Vergleichszeitpunkte waren jeweils August 2015 und August 2018. Dabei wurden jeweils Angebote mit 24 Monaten Vertragslaufzeit ohne Rabatte oder Angebotsaktionen verglichen. Preise und Konditionen wurden den auf den Webseiten der Serviceanbieter hinterlegten Produktinformationsblättern entnommen.

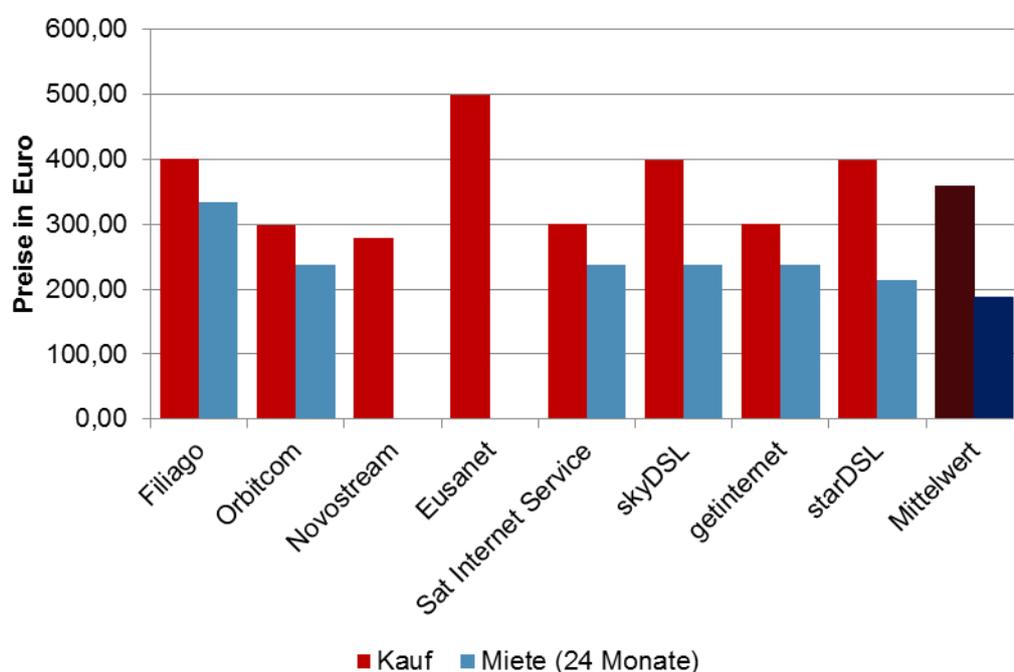
4.2.1 Grundausstattung

Der Endkunde kann zu Beginn entscheiden, ob er die Installation der Hardware selber vornimmt oder ob er dazu professionelle Hilfe in Anspruch nehmen möchte. In der Regel bieten die Servicebetreiber bei Vertragsabschluss die Vermittlung eines Handwerkers an, der die Installation fachmännisch übernimmt. Die meisten Servicebetreiber raten zur professionellen Installation, da eine genaue Ausrichtung der Schüssel eine höhere Qualität verspricht. Die professionelle Installation kostet ca. 200 € oder muss individuell angefragt werden. Laut Experteninterviews, führen die meisten Endkunden die Installation jedoch selber durch.

Für die Hardware, also das Modem und die Schüssel, fallen für den Kunden Kosten an. Dabei hat er in der Regel die Wahl zwischen einer monatlichen Miete über die Dauer der Vertragslaufzeit und dem Kauf der Hardware. Die monatliche Miete beträgt in den untersuchten Angeboten zwischen 8,95 € und 13,95 €. Der Kaufpreis der Hardware beträgt zwischen 279 € und 499 €. Die Preise für den Kauf und Miete der einzelnen Anbieter sind in Abbildung 14 dargestellt.

Nach Inbetriebnahme verlangen die Betreiber teilweise eine Aktivierungsgebühr bis in Höhe von 69,90 €. Manche Servicebetreiber bieten eine kostenlose Aktivierung an.

Abbildung 14: Preise der Hardware für Endkunden



4.2.2 Privatkundentarife mit Flatrate

Die Anzahl der am Markt verfügbaren Flatrates für Privatkunden ist begrenzt. In der Untersuchung konnten nur drei Flatrates ohne Volumenbegrenzung am deutschen Markt identifiziert werden (vgl. Tabelle 2). Die vierte aufgeführte Flatrate funktioniert mit einer Fair Use Policy (FUP), also der Drosselung der Leistung bei Überschreitung eines bestimmten monatlichen Volumens. Sie ist daher eher mit Verträgen mit Volumenbegrenzung vergleichbar (vgl. Kapitel 4.2.3).

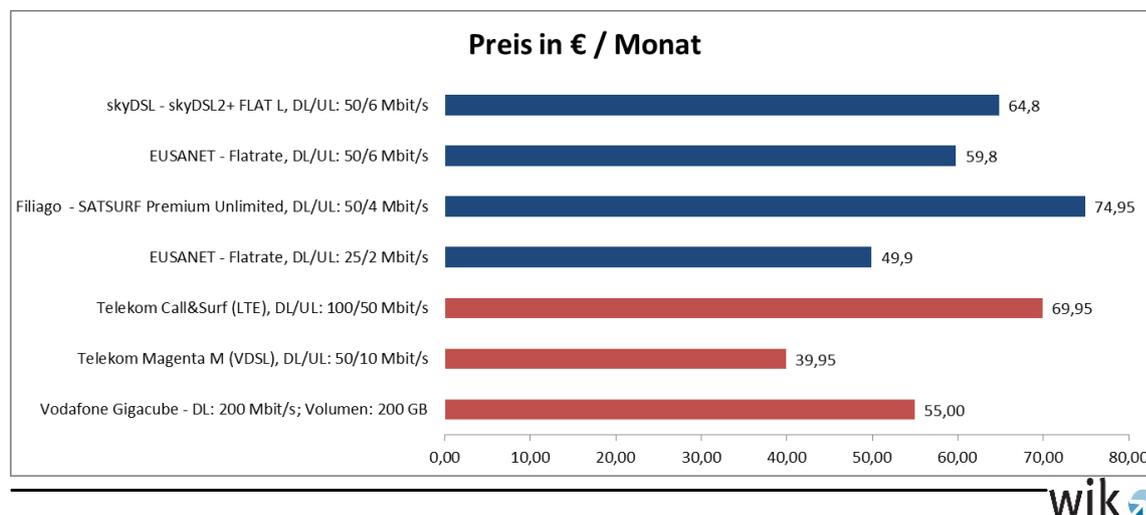
Tabelle 2: Privatkundenangebote für Flatrates

Tarif	DL Mbit/s	UL Mbit/s	Mtl. €	Einmalig	Inklusivvolumen
Filiago – SATSURF Premium Unlimited	50 Mbit/s	4 Mbit/s	74,95 €	498,35 €	100 GB "Flatrate" mit Fair Use Policy
EUSANET – Flatrate	25 Mbit/s	2 Mbit/s	49,90 €	577,1 €	Flatrate
EUSANET – Flatrate	50 Mbit/s	6 Mbit/s	59,80 €	567,1 €	Flatrate
skyDSL – skyDSL2+ FLAT L	50 Mbit/s	6 Mbit/s	64,80 €	538,7 €	Flatrate

Quelle: eigene Darstellung

Verglichen mit anderen Technologien, sind die Flatrateangebote für Satelliteninternet preislich oberhalb der Alternativen, wenn ein vergleichbarer Downstream zugrunde gelegt wird (vgl. Abbildung 15). Bei den untersuchten Angeboten für Satelliteninternet betrug der günstigste Preis für eine Flatrate mit 50 Mbit/s Downstream etwa 60 € im Monat. Die Flatrates für Internet über Satellit sind damit deutlich teurer als beispielsweise VDSL-Tarife, wie z. B. Telekom Magenta M. Auch im Vergleich zum Vodafone Gigacube-Tarif (bis 200 GB/Monat Datenvolumina, dafür bis zu 200 Mbit/s) ist das günstigste Angebot für eine Flatrate mit Satelliteninternet deutlich teurer. Im Vergleich zu LTE-Tarifen der Telekom an festen Standorten sind die Tarife für Satelliteninternet zwar günstiger, haben aber deutlich niedrigere angebotene Down- und Upstreams.

Abbildung 15: Preis in Euro pro Monat für Flatrates und vergleichbare Angebote



Quelle: eigene Darstellung

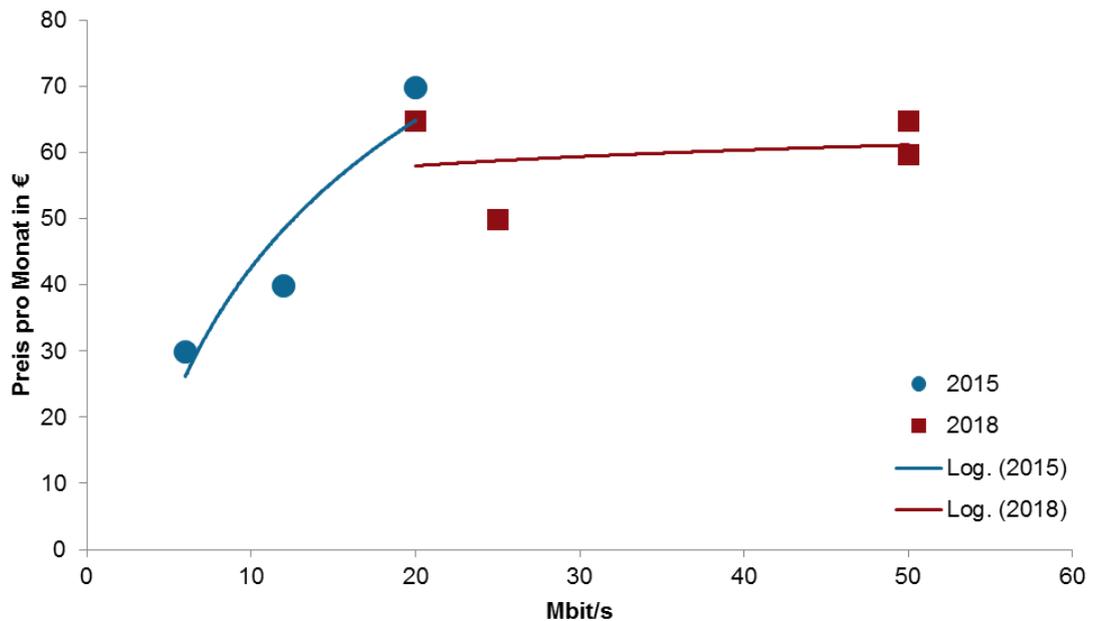
Dennoch ist in den letzten Jahren eine Entwicklung zu niedrigeren Preisen, bei vergleichbar besseren Konditionen, z. B. höherer Down- und Upstream, zu beobachten. Dies zeichnet sich zum einen durch gestiegene minimale und maximale Downstreams zwischen 2015 und 2018 aus (Vgl. Tabelle 3). Zum anderen zeichnet sich das auch dadurch aus, dass die Preise in Relation zum verfügbaren Downstream deutlich sanken (vgl. Abbildung 16). So sank beispielsweise der Preis für Flatrates mit einem Downstream ≥ 20 Mbit/s bis ≤ 30 Mbit/s von 70 € auf 50 € im Monat. Zusätzlich wurden, im Gegensatz zu 2015, im Jahr 2018 auch Flatrates mit 50 Mbit/s Downstream für ca. 60 € pro Monat angeboten. Drei Jahre zuvor wurde diese Bandbreite noch nicht angeboten.

Tabelle 3: Veränderung des angebotenen Downstreams für Flatrates zwischen 2015 und 2018

	2015	2018	Änderung
Min. Downstream	6 Mbit/s	20 Mbit/s	+ 233 %
Max. Downstream	20 Mbit/s	50 Mbit/s	+ 150 %

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 16: Vergleich der Preise und angebotenen Downstreams bei Flatrates für Privatkunden zwischen 2015 und 2018



Quelle: eigene Darstellung

4.2.3 Privatkundentarife mit Volumenabrechnung

Im Gegensatz zum Flatrateangebot, gibt es zahlreiche volumenbasierte Angebote für Satelliteninternet am deutschen Markt. Kunden haben bei diesen Verträgen ein bestimmtes Inklusivvolumen im Monat zur Verfügung. Ist dieses aufgebraucht, wird die Geschwindigkeit entweder deutlich gedrosselt oder das Volumen, gegen eine Gebühr, aufgestockt. Die meisten Tarife bieten dabei zwischen 20 und 30 Mbit/s Downstream (vgl. Tabelle 4). Trotz der in den meisten Fällen genutzten Fair-Use-Policy, rechnen die Anbieter in der Regel den Datenverbrauch in der Nacht (ca. 0:00 Uhr bis 6:00 Uhr) nicht an, da in dieser Zeit die Netze nicht ausgelastet sind.

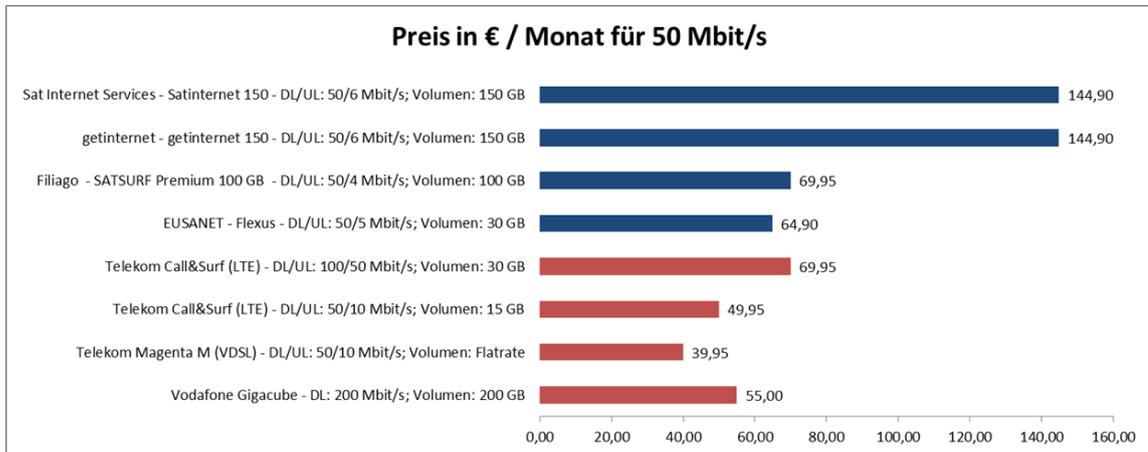
Tabelle 4: Privatkundenangebote für volumenbasierte Verträge

Tarif	DL Mbit/s	UL Mbit/s	Mtl €	Einmalig	Inklusivvolumen
Filiago - SATSURF Premium 100 GB	50 Mbit/s	4 Mbit/s	69,95	498,35	100 GB
Filiago - Filiago 4.0 XL	30 Mbit/s	2 Mbit/s	54,95	498,35	50 GB
Filiago - Filiago 4.0 L	30 Mbit/s	2 Mbit/s	39,95	498,35	30 GB
ORBITCOM - Astra Connect S	10 Mbit/s	1 Mbit/s	24,90	323,85	5 GB
ORBITCOM - Astra Connect M	20 Mbit/s	2 Mbit/s	34,90	323,85	15 GB
ORBITCOM - Astra Connect L	20 Mbit/s	2 Mbit/s	49,90	323,85	25 GB
ORBITCOM - Astra Connect XL	20 Mbit/s	2 Mbit/s	59,90	323,85	35 GB
ORBITCOM - Astra Connect XXL	20 Mbit/s	2 Mbit/s	75,90	323,85	5 GB
NOVOSTREAM - Novo 10	20 Mbit/s	2 Mbit/s	29,90	331,80	10 GB
NOVOSTREAM - Novo 15	20 Mbit/s	2 Mbit/s	39,90	331,80	15 GB
NOVOSTREAM - Novo 35	20 Mbit/s	2 Mbit/s	49,90	331,80	35 GB
NOVOSTREAM - Novo 50	20 Mbit/s	2 Mbit/s	59,90	331,80	50 GB
EUSANET – Flexus	25 Mbit/s	2 Mbit/s	15,90 €	577,10	bis 5 GB
			29,90 €		bis 10 GB
			54,90 €		über 10 GB
			54,90 €		30 GB (FUP)
EUSANET – Flexus	50 Mbit/s	5 Mbit/s	25,90 €	572,10	bis 5 GB
			39,90 €		bis 10 GB
			64,90 €		über 10 GB
			64,90 €		30 GB (FUP)
Sat Internet Services - Satinternet 10	30 Mbit/s	6 Mbit/s	24,90	389,65	10 GB
Sat Internet Services - Satinternet 30	30 Mbit/s	6 Mbit/s	44,90	389,65	30 GB
Sat Internet Services - Satinternet 60	30 Mbit/s	6 Mbit/s	64,90	389,65	60 GB
Sat Internet Services - Satinternet 150	50 Mbit/s	6 Mbit/s	144,90	389,65	150 GB
skyDSL - skyDSL2+ S	10 Mbit/s	1 Mbit/s	19,90	538,70	10 GB
getinternet - getinternet 10	30 Mbit/s	6 Mbit/s	24,90	389,65	10 GB
getinternet - getinternet 30	30 Mbit/s	6 Mbit/s	44,90	389,65	30 GB
getinternet - getinternet 60	30 Mbit/s	6 Mbit/s	64,90	389,65	60 GB
getinternet - getinternet 150	50 Mbit/s	6 Mbit/s	144,90	389,65	150 GB
StarDSL - Tooway Flex	22 Mbit/s	6 Mbit/s	19,90 €	461,90	bis 5 GB
			39,90 €		bis 15 GB
			59,90 €		über 15 GB
			35,90		10 GB
			35,90		10 GB
StarDSL - Tooway 25 GB	22 Mbit/s	6 Mbit/s	49,90	461,90	25 GB
StarDSL - Tooway 40 GB	22 Mbit/s	6 Mbit/s	69,90	461,90	40 GB
StarDSL - Tooway Extra	22 Mbit/s	6 Mbit/s	99,90	461,90	100 GB

Quelle: eigene Darstellung

Verglichen mit anderen Technologien, sind auch die volumenbasierten Angebote für Satelliteninternet – mit vergleichbarem Downstream – preislich deutlich oberhalb der Alternativen. Der günstigste Tarif pro GB bot Filiago mit 100 GB bei bis zu 50 Mbit/s für ca. 70 € im Monat an, was 0,70 € pro GB entspricht (vgl. Tabelle 4). Die Preise für Internet über Satellit sind somit für diese Vertragsart mindestens 60 % höher als die Preise der Telekom für VDSL, das zudem eine Flatrate bietet. Auch zu den Preisen des Vodafone Gigacube sind die Preise für Satelliteninternet in diesem Fall nicht konkurrenzfähig, obwohl sie bereits weniger Inklusivvolumen und eine geringere Bandbreite bieten. Vergleichbar sind die Preise dagegen mit den Telekom-LTE-Tarifen, obwohl diese höheren Downstream versprechen (vgl. Abbildung 17).

Abbildung 17: Preis in Euro pro Monat für volumenbasierte Verträge



Quelle: eigene Darstellung

Doch auch für die volumenbasierten Verträge ist in den letzten Jahren eine Entwicklung zu niedrigeren Preisen, bei vergleichbar besseren Konditionen, z. B. höherer Down- und Upstream, zu beobachten. Zum einen werden auch für diese Art von Verträgen gestiegene minimale und maximale Downstreams angeboten (vgl. Tabelle 5). Zum anderen ist das minimale und maximale Inklusivvolumen deutlich gestiegen (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 5: Veränderung des angebotenen Downstreams für volumenbasierte Privatkundenverträge zwischen 2015 und 2018

	2015	2018	Änderung
Min. Downstream	6 Mbit/s	10 Mbit/s	+ 66 %
Max. Downstream	22 Mbit/s	50 Mbit/s	+ 127 %

Quelle: eigene Darstellung

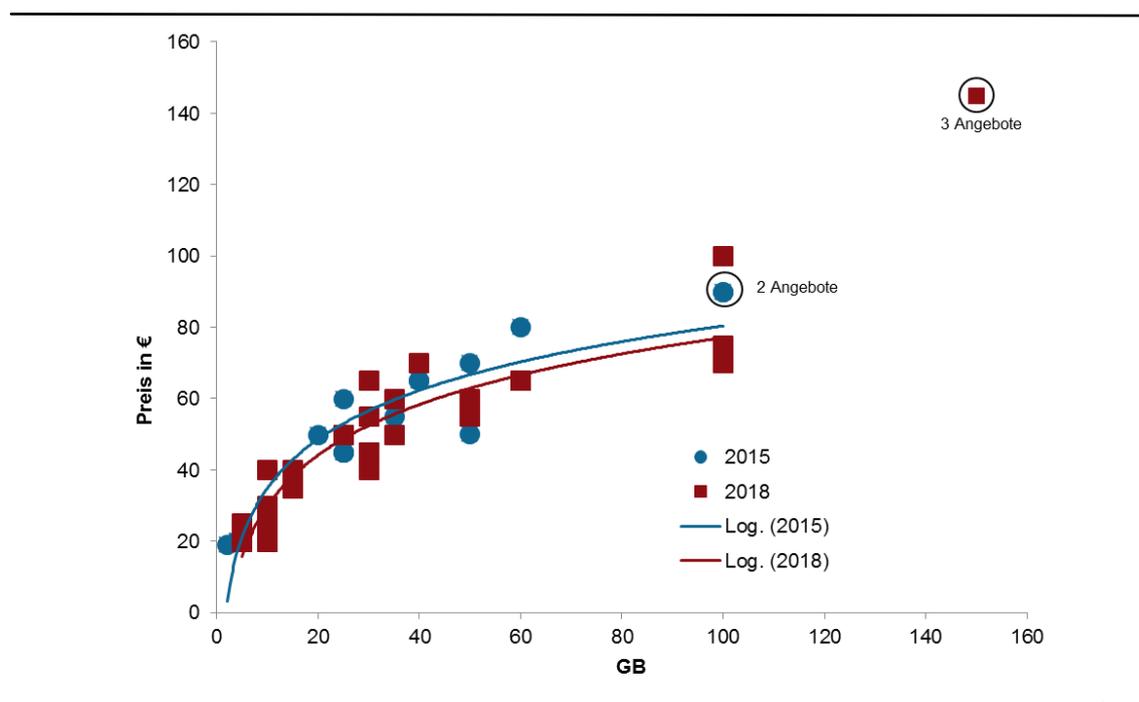
Tabelle 6: Veränderung des angebotenen Inklusivvolumens für volumenbasierten Privatkundenverträge zwischen 2015 und 2018

	2015	2018	Änderung
Min. Volumen	2 GB	5 GB	+ 150 %
Max. Volumen	100 GB	150 GB	+ 50 %

Quelle: eigene Darstellung

Bei den volumenbasierten Angeboten ist zudem zu beobachten, dass die Preise insgesamt pro GB sanken und auch deutlich mehr Angebote mit größeren Volumen auf dem Markt waren (vgl. Abbildung 18). 2018 waren insgesamt 6 Angebote für volumenbasierte Verträge mit ≥ 100 GB verfügbar, während 2015 nur 2 Angebote für Verträge mit 100 GB zur Verfügung standen. Die Preise pro GB sind außerdem auch besonders deutlich bei Verträgen mit diesem hohen Inklusivvolumen gesunken. Dabei können nach wie vor sinkende Grenzkosten für den Endnutzer beobachtet werden. Für die überdurchschnittliche Nutzung, also mehr als 100 GB im Monat, verlangen die Anbieter aber weiterhin überdurchschnittlich hohe Preise.

Abbildung 18: Preise pro GB und Voluminaangebote bei volumenbasierten Verträgen für Privatkunden



Quelle: eigene Darstellung

Wie auch 2015 kann für 2018 beobachtet werden, dass die minimalen Preise pro GB unterproportional zur angebotenen Bandbreite steigen (vgl. Tabelle 7). Im Vergleich zu 2015 ist der günstigste Preis pro GB sogar um 22 % gefallen und bietet bis zu 20 Mbit/s mehr. Gleichzeitig ist jedoch auch zu beobachten, dass für geringe Bandbreiten unter 30 Mbit/s die jeweils günstigsten Preise pro GB gestiegen sind.

Tabelle 7: Veränderung der minimal geforderten Preise pro GB für volumenbasierte Privatkundenverträge zwischen 2015 und 2018

Minimum	2015	2018	Änderung
Preis pro GB für Angebote < 20 Mbit/s	1,20 €	1,99 €	+ 66 %
Preis pro GB für Angebote ≥ 20 Mbit/s ≤ 30 Mbit/s	0,90 €	1,00 €	+ 11 %
Preis pro GB für 50 Mbit/s Angebote		0,70 €	- 22 % ⁴⁴

Quelle: eigene Darstellung

4.2.4 Zwischenfazit Privatkundentarife

Von den untersuchten Angeboten waren 24 volumenbasiert. Nur zwei Anbieter boten 2018 (echte) Flatrates ohne Fair-Use-Policy an. Dies ist ein deutlicher Unterschied zu den VDSL Angeboten und erinnert in der Ausgestaltung eher an Mobilfunkverträge.

Ein Vergleich der Preise pro GB zeigt, wie unterschiedlich die drei Technologien (Satellit, Mobilfunk und VDSL) in dieser Hinsicht zu bewerten sind. Für den Vergleich wurden jeweils die beiden 50 Mbit/s Flatrates für Satelliteninternet genommen und – um eine Vergleichbarkeit herstellen zu können – in ein Volumen von 200 GB umgerechnet. Das Gleiche wurde mit dem günstigsten VDSL-Angebot der Telekom gemacht.⁴⁵ Die 200 GB entsprechen dem günstigsten Mobilfunkangebot von Vodafone.⁴⁶ Zusätzlich wurden in den Vergleich das günstigste volumenbasierte Angebot für Satelliteninternet sowie ein weiteres Mobilfunkangebot der Telekom⁴⁷ aufgenommen; beide jeweils mit weniger als 200 GB Volumen.

⁴⁴ Im Vergleich zum minimalen Preis pro GB für Angebote ≥ 20 Mbit/s ≤ 30 Mbit/s im Jahr 2015.

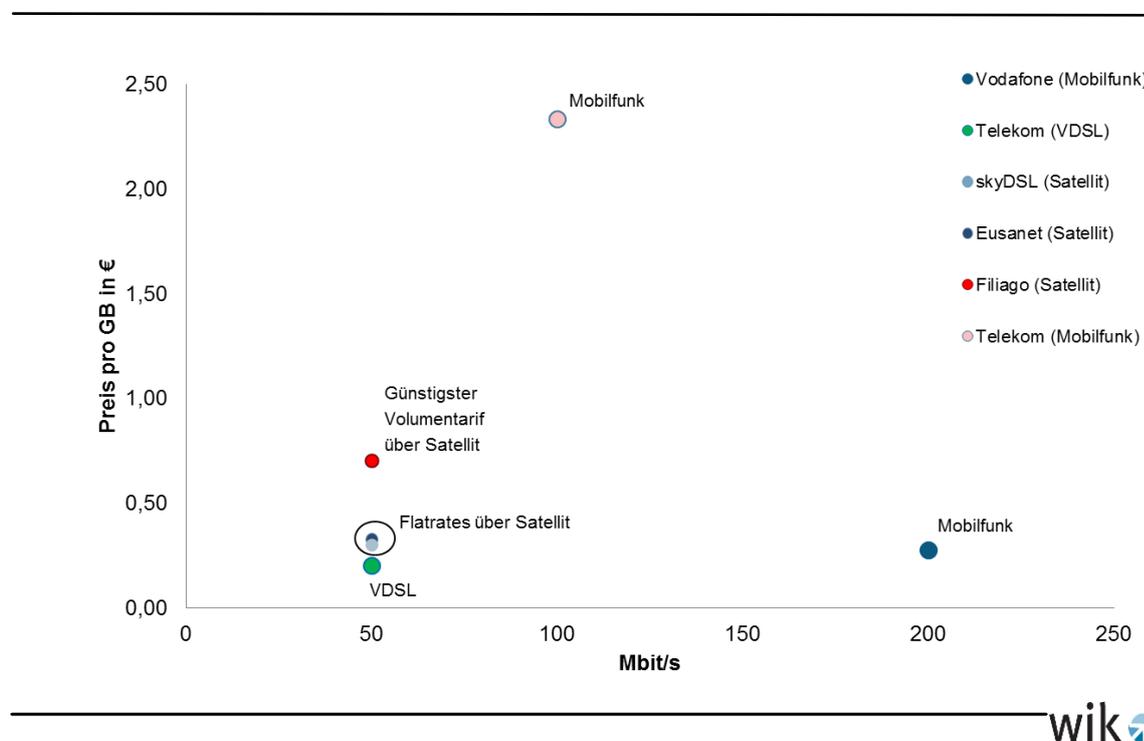
⁴⁵ Als Vergleich wurde das VDSL-Angebot Magenta Zuhause M der Telekom Deutschland GmbH genommen.

⁴⁶ Als Vergleich wurde das Mobilfunkangebot GIGACUBE mit 200 GB von Vodafone GmbH genommen.

⁴⁷ Als Vergleich wurde das Mobilfunkangebot Call & Surf mit 30 GB der Telekom Deutschland GmbH genommen.

Der Vergleich (vgl. Abbildung 19) zeigt, dass die Preise pro GB für VDSL am günstigsten sind, dicht gefolgt vom Mobilfunkangebot von Vodafone sowie den beiden Flatrates für Satelliteninternet. Die Preise pro GB für den günstigsten Volumentarif über Satellit sowie das Mobilfunkangebot der Telekom hingegen sind deutlich teurer. Deutliche Vorteile zeigen die Mobilfunkangebote hingegen bei den angebotenen Bandbreiten, wobei natürlich weiterhin die Volumenbegrenzungen der Mobilfunkangebote zu beachten sind. Die Bandbreiten waren doppelt oder sogar viermal so hoch, als bei den Angeboten der Serviceprovider der Satellitenangebote.

Abbildung 19: Vergleich der günstigen Preise pro GB und Mbit/s für verschiedene Technologien



Quelle: eigene Darstellung⁴⁸

Im Vergleich zu alternativen Technologien können die Angebote für Satelliteninternet zwar beim Preis pro GB mithalten - zumindest wenn es um mobile Angebote geht - und bieten sogar im Vergleich zu diesen teilweise Flatrates an, jedoch stoßen die Leistungen von Satelliteninternet bei der gebotenen Bandbreite derzeit an die Grenzen. Im Vergleichszeitraum 2015 bis 2018 ist aber dennoch festzustellen, dass sich die Leistungen (maximales Inklusivvolumen und Bandbreiten) deutlich verbessert haben.

⁴⁸ Für die Flatrates wurden für eine Vergleichbarkeit 200 GB Datenvolumen angenommen, soviel wie die größte der volumenbasierten alternativen Technologien bietet. Dies ist in etwa doppelt so viel, wie das auf Basis von Breitbandanschlüssen in Festnetzen abgewickelte durchschnittliche Datenvolumen pro Monat in Deutschland bis Ende 2018, laut Bundesnetzagentur (2018).

Interessant dürfte die Entwicklung in nächster Zeit sein. Auf der ANGA 2019 kündigte Eutelsat an, im Jahr 2020 erstmals auch in Deutschland einen Tarif mit 100 Mbit/s zur Verfügung zu stellen.⁴⁹

4.3 Geschäftskundenangebote

Im Vergleich wurden 18 Angebote von 5 Anbietern (Servicebetreiber) für Geschäftskunden identifiziert.⁵⁰ Davon waren alle volumenbasiert.

4.3.1 Geschäftskundentarife mit Volumenabrechnung

Auffällig bei den Angeboten für Geschäftskunden ist, dass diese deutlich teurer als die Angebote für Privatkunden sind (vgl. Tabelle 8). Gründe hierfür sind teilweise deutlich höhere Bandbreiten, mehr Inklusivvolumen aber insbesondere eine niedrigere Contention Ratio⁵¹ gegenüber den Tarifen für Privatkunden. Während diese bei Privatkunden in der Regel bei 50/1 liegt, liegt die Contention Ratio bei Geschäftskunden meistens bei 20/1.⁵²

Tabelle 8: Geschäftskundenangebote für volumenbasierte Verträge

Tarif	DL Mbit/s	UL Mbit/s	Mtl €	Einmalig	Inklusivvolumen
StarDSL - Business Pro 200	30	6	599,9	505,65	200 GB
Filiago - Filiago 4.0 Premium Business	30	2	459,95	250	250 GB
StarDSL - Business Premium 100	30	6	329,9	505,65	100 GB
Filiago - Filiago 4.0 XL Business	30	2	249,95	250	100 GB
StarDSL - Business Basic 40	30	6	179,9	505,65	40 GB
Filiago - Filiago 4.0 L Business	30	2	139,95	250	50 GB
StarDSL - Business Start 25	30	6	119,9	505,65	25 GB
Sat Internet Services - Business 25	30	6	89,9	319,75	25 GB
getinternet - Business 25	30	6	89,9	319,75	25 GB
Filiago - Filiago 4.0 M Business	30	2	74,95	250	25 GB
Filiago - Filiago 4.0 S Business	30	2	64,95	250	10 GB
EUSANET - satspeedPRO Business Basis	25	6	54,9	572,1	15 GB
Sat Internet Services - Business 200	50	1	449,9	319,75	200 GB
getinternet - Business 200	50	1	449,9	319,75	200 GB
Sat Internet Services - Business 100	50	1	259,9	319,75	100 GB
getinternet - Business 100	50	1	259,9	319,75	100 GB
EUSANET - Flexus BusinessSAT	50	6	129,9	647,1	über 50 GB
EUSANET - Flexus BusinessSAT	50	6	89,9	647,1	bis 50 GB
EUSANET - satspeedPRO Business PRO	50	1	59,9	577,1	25 GB
EUSANET - Flexus BusinessSAT	50	6	59,9	647,1	bis 15 GB
EUSANET - Flexus BusinessSAT	50	6	39,9	647,1	bis 5 GB

Quelle: eigene Darstellung

⁴⁹ Vgl. Teltarif (2019).

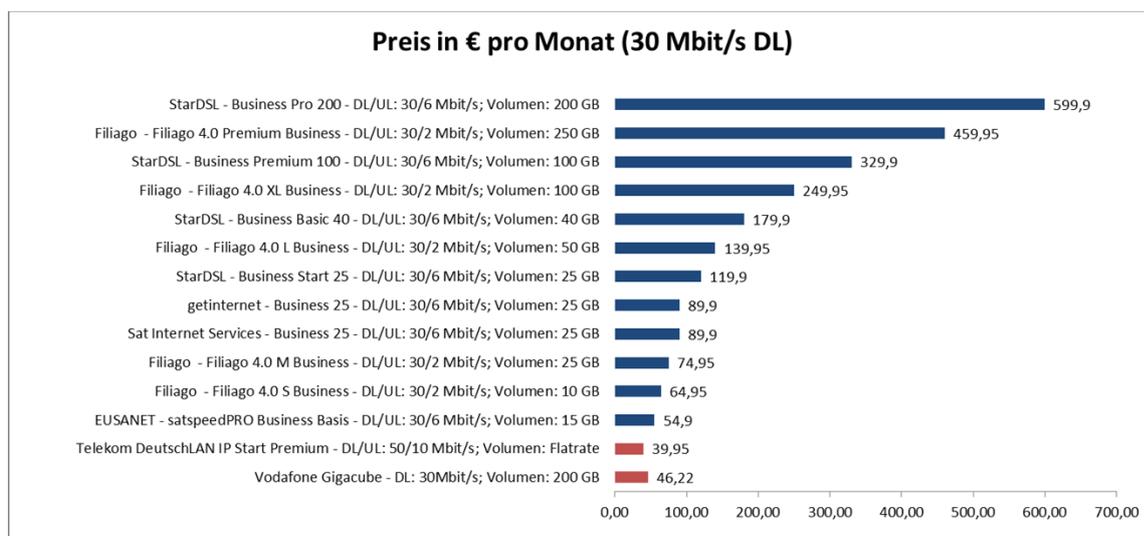
⁵⁰ Bei der Auswertung der am Markt verfügbaren Angebote wurde in dieser Studie entschieden, das Angebot EUSANET – Flexus Business SAT aufgrund seiner Ausgestaltung als ein Angebot zu zählen.

⁵¹ Im Gegensatz zu einer dedizierten Standleitung, bei der dem einzelnen Nutzer dauerhaft die gewählte Bandbreite zur Verfügung steht, steht bei einer Contention Ratio von größer 1:1 mehreren Kunden gemeinschaftlich die Bandbreite eines Anschlusses zur Verfügung.

⁵² Vgl. skydsl (2019d) und skydsl (2019e).

Im Vergleich zu den Angeboten der alternativen Technologien⁵³ sind die Geschäftskundenangebote alle deutlich teurer (vgl. Abbildung 20 und Abbildung 21). Dies gilt sowohl für Flatrateangebote für Geschäftskunden, z. B. von der Telekom, als auch für Angebote, die originär für Privatkunden ausgelegt sind, aber ähnliche Konditionen aufweisen, wie z. B. von Vodafone.

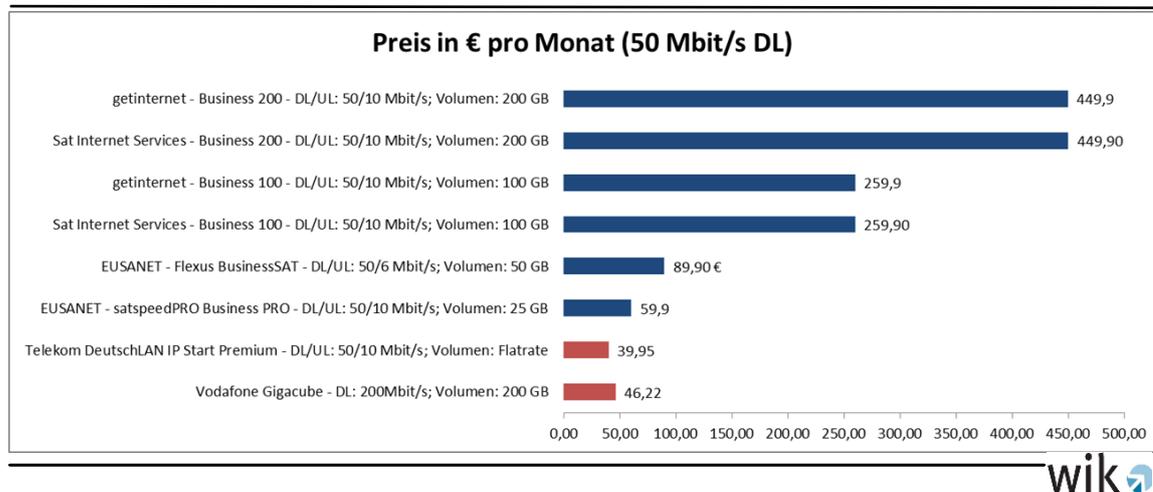
Abbildung 20: Vergleich Geschäftskundenangebote 30 Mbit/s DL



Quelle: eigene Darstellung

⁵³ Als Vergleich wurde das Angebot DeutschLAN IP Start mit 50 Mbit/s DL der Telekom Deutschland GmbH sowie das Angebot Vodafone Gigacube mit 30 Mbit/s DL der Vodafone GmbH genommen.

Abbildung 21: Vergleich Geschäftskundenangebote 50 Mbit/s DL



Quelle: eigene Darstellung

Wie bei den Tarifen für Privatkunden, haben sich aber auch die Angebote für Geschäftskunden im Vergleich zu 2015 deutlich in der angebotenen Leistung verbessert. Sowohl der gestiegene minimale und maximale Downstream (vgl. Tabelle 9) als auch das gestiegene maximale Inklusivvolumen (Tabelle 10) führten zu höheren Leistungsfähigkeiten für die Kunden.

Tabelle 9: Veränderung des angebotenen Downstreams für volumenbasierte Geschäftskundenverträge zwischen 2015 und 2018

	2015	2018	Änderung
Min. Downstream	6 Mbit/s	10 Mbit/s	+ 66 %
Max. Downstream	22 Mbit/s	50 Mbit/s	+ 127 %

Quelle: eigene Darstellung

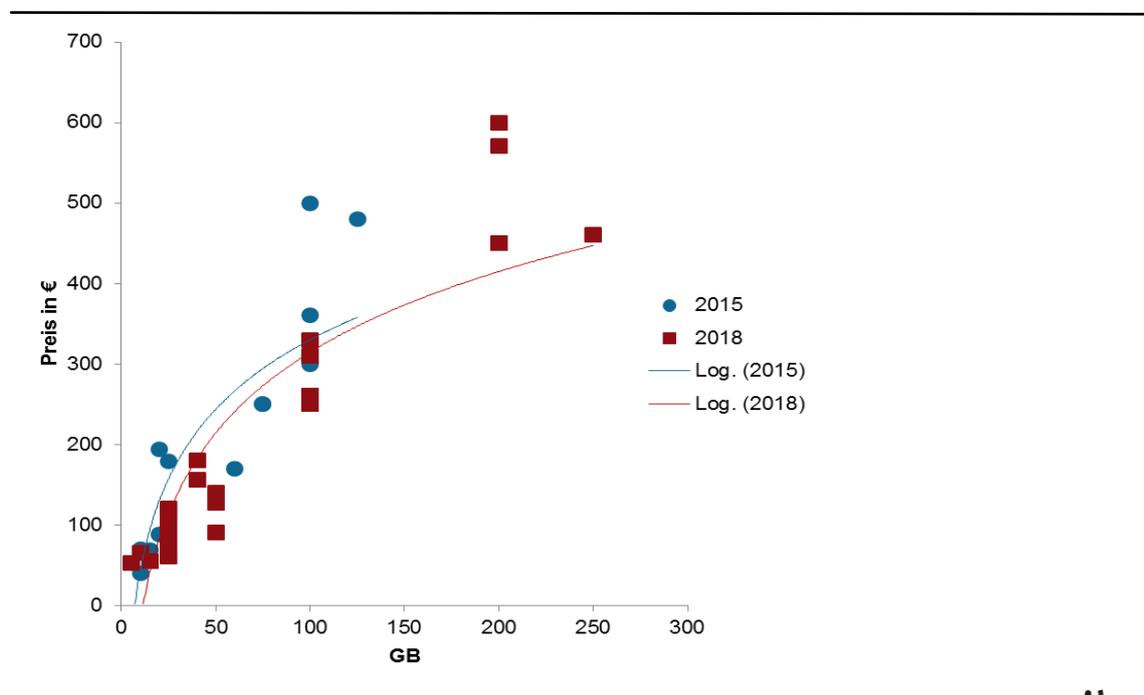
Tabelle 10: Veränderung des angebotenen Inklusivvolumens für volumenbasierten Geschäftskundenverträge zwischen 2015 und 2018

	2015	2018	Änderung
Min. Volumen	5 GB	5 GB	0 %
Max. Volumen	125 GB	250 GB	+ 100 %

Quelle: eigene Darstellung

Wie bei den Tarifen für Privatkunden, war auch bei den Geschäftskundentarifen zu beobachten, dass zum einen die Preise pro GB insgesamt sanken und zum anderen die Anzahl der Angebote mit großen Volumina zwischen 2015 und 2018 deutlich gestiegen sind (vgl. Abbildung 22). Während 2015 nur Verträge bis 125 GB zu buchen waren, gab es 2018 mehrere Verträge bis zu 250 GB. Gleichzeitig sanken im Vergleich zu 2015 die Preise pro GB über alle Angebote hinweg.

Abbildung 22: Preise pro GB und Voluminaangebote bei volumenbasierten Verträgen für Geschäftskunden



Quelle: eigene Darstellung

Ebenfalls wie bei den Angeboten für Privatkunden ist zu beobachten, dass der Preis pro GB für das Angebot mit der geringsten Bandbreite deutlich gestiegen ist. Für höhere Bandbreiten hingegen sind die Preise zwischen 2015 und 2018 gefallen (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Veränderung des minimalen Preis pro GB bei volumenbasierten Geschäftskundenverträgen zwischen 2015 und 2018

Minimum	2015	2018	Änderung
Preis pro GB für Angebote < 20 Mbit/s	1,00 €	1,70 €	+ 70 %
Preis pro GB für Angebote ≥ 20 Mbit/s ≤ 30 Mbit/s	2,54 €	1,84 €	- 28 %
Preis pro GB für 50 Mbit/s Angebote	-	1,80 €	- 29 % ⁵⁴

Quelle: eigene Darstellung

4.3.2 Zwischenfazit Geschäftskundentarife

Alle untersuchten Verträge für Geschäftskunden waren volumenbasiert. Flatrates wurden 2018 noch nicht angeboten. Dennoch werden den Geschäftskunden deutlich höhere Bandbreiten und Volumen geboten als noch 2015. Da die Angebote für Geschäftskunden meistens deutlich teurer sind als die für Privatkunden, nutzen viele Firmen jedoch, wenn sie Satelliteninternet nutzen, Privatkundenangebote.

4.4 Zwischenfazit

Zwischen 2015 und 2018 waren am deutschen Markt deutliche Verbesserungen der angebotenen Leistungen für Satelliteninternet zu beobachten, z. B. höhere Inklusivvolumen, mehr Flatrateangebote und gestiegene Bandbreiten. Zeitgleich sanken für viele Angebote die Preise. Sowohl insgesamt, als auch in Relation zu den Leistungen wie GB und Downstream. Dieser Trend war sowohl für Privat-, als auch für Geschäftskunden zu beobachten.

Da Satelliteninternet im Vergleich zu leitungsgebundenen - und teilweise auch terrestrischen Angeboten - nach wie vor meistens teurer, als auch weniger leistungsstark ist und zudem noch deutlich höhere Latenzzeiten aufweist, ist es derzeit noch eher als Alternative zu sehen, wenn die anderen Angebote nicht verfügbar sind. Dennoch sollte

⁵⁴ Im Vergleich zum minimalen Preis pro GB für Angebote ≥ 20 Mbit/s ≤ 30 Mbit/s im Jahr 2015.

insbesondere aufgrund der deutlichen Preis- und Leistungsverbesserungen dieser Markt im Auge behalten werden.

Der Markt wird derzeit von kleineren Resellern betrieben. Größere Akteure, die auch andere Breitbanddienste an viele Kunden vermitteln, sind derzeit nicht aktiv. Dies erschwert für Kunden den Zugang zu Angeboten. Dennoch sind im Internet, u. a. auch von Kommunen und Behörden sowie verschiedenen Portalen viele Informationen zu Hintergründen und Anbietern verfügbar.

5 Zukunftspotenziale

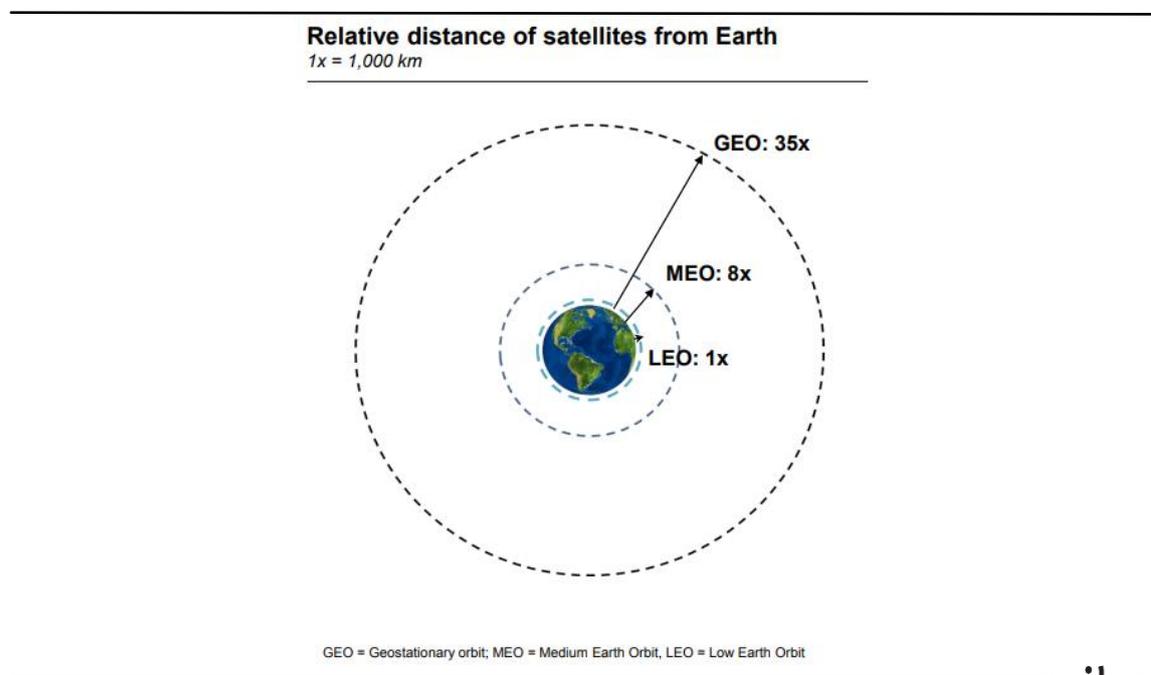
Im abschließenden Kapitel soll der Frage nachgegangen werden, welche Chancen Breitband über Satellit in der Zukunft durch technische Weiterentwicklungen bieten könnte, wie die Planungen der Satellitenbetreiber und anderer Akteure für die nächsten Jahre aussehen und welche Innovationen derzeit in der Erprobung und Umsetzung sind. Dabei werden auch Alternativen zu Satelliteninternet aufgenommen, die es auf dem Markt gibt.

5.1 Technologische Entwicklungen

5.1.1 LEO- und MEO-Satelliten

Um die systeminhärenten Nachteile von Satelliteninternet, wie die hohe Latenzzeit zu vermeiden, werden seit ein paar Jahren erste Tests mit Satelliten außerhalb des geostationären Erdorbits durchgeführt. Der größte Vorteil dieser Satelliten im mittleren und niedrigen Erdorbit, sogenannte MEO- und LEO-Satelliten, wäre, dass sich die Latenz auf bis zu 1/40 im Vergleich zu GEO-Satelliten reduzieren ließe. Dies würde in etwa 125-250 ms für MEO-Satelliten und 30-50 ms für LEO-Satelliten bedeuten.⁵⁵

Abbildung 23: Vergleich LEO-, MEO- und GEO-Satelliten

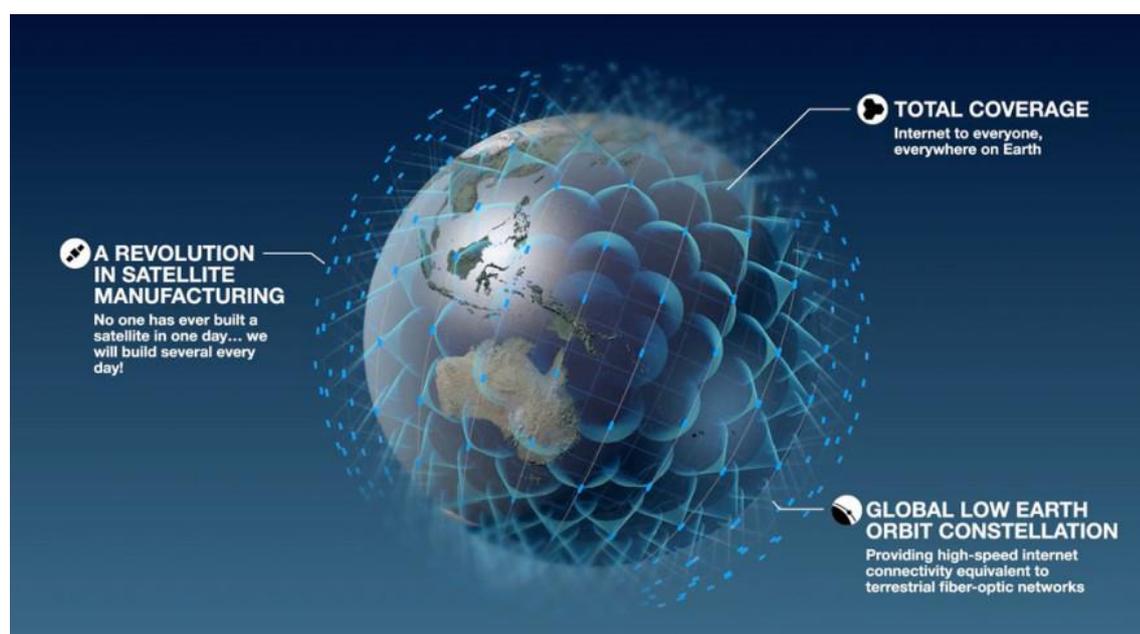


Quelle: Telesat (2018), F. 8

⁵⁵ Vgl. Telesat (2018), F. 8 und de Ruiter (2018), S. 5.

Im Gegensatz zu den GEO-Satelliten würden für Satelliten im niedrigen bzw. mittleren Erdorbit hingegen deutlich mehr Satelliten benötigt. Dies liegt zum einen an den deutlich kleineren Ausleuchtzonen, da die Satelliten nun näher an der Erdoberfläche sind, und zum anderen an den kleineren Satelliten, die weniger Kapazitäten zur Verfügung stellen können. Dabei wird immer wieder auf den zunehmend überfüllten Orbit hingewiesen, was durch die kürzere Lebensdauer der LEO-Satelliten noch verschärft wird.⁵⁶

Abbildung 24: Abdeckungsbedarf einer LEO-Satellitenkonstellation (symbolisch)



Quelle: spacenews (2016)

Derzeit gibt es mehrere Anbieter, die Satellitenkonstellation im mittleren oder niedrigen Erdorbit errichten wollen. Zu den derzeit bekanntesten gehören sicherlich OneWeb, Starlink, Telesat, LeoSat und O3b.⁵⁷ Die meisten der Projekte befinden sich derzeit allerdings noch in der Testphase, die voraussichtlich erst nach 2020 abgeschlossen sein werden.⁵⁸ Ob am Ende noch alle Anbieter am Markt sind, bleibt allerdings abzuwarten. Aufgrund sehr hoher Investitionskosten ist vielmehr zu erwarten, dass nicht alle Anbieter nach der Testphase am Markt sind.

Durch die LEO- und MEO-Satellitenkonstellationen rückt neben der weltweiten Abdeckung auch noch der Konkurrenzgedanke zu Glasfaseranschlüssen in den Fokus. Dies

⁵⁶ Vgl. Rötzer, F. (2019).

⁵⁷ Vgl. de Ruiter, N. (2018), S.5.

⁵⁸ Vgl. Rötzer, F. (2019).

könnte insbesondere beim Erreichen der versprochenen Datenraten von über 1 Gbit/s relevant werden.⁵⁹

5.1.2 Innovationen für den Start und Betrieb

Hauptkostentreiber für Satelliteninternet sind laut spacenews der Start und die Konstruktion der Satelliten. Während alleine der Start eines Satelliten derzeit noch ca. 30 % der Kosten ausmacht, sind für die Konstruktion ca. 50 % der Gesamtkosten zu veranschlagen.⁶⁰ Insbesondere aus ökonomischen Überlegungen ist es für Satellitenbetreiber daher reizvoll, diese Kosten zu senken.

Zukünftige Reduktion der Kosten könnten laut SES insbesondere elektrische Antriebe der Satelliten bieten. Die damit einhergehende Gewichtsreduktion der Satelliten von etwa 40 % macht somit auch den Transport günstiger. Zum einen können so mehr Satelliten mit einer einzigen Rakete befördert werden. Zum anderen wird die Nutzung von wiederverwendbaren SpaceX-Raketen anstatt Arianespace Raketen durch die Gewichtsreduktion ermöglicht und eröffnet neben einem Anbieterwettbewerb auch deutlich mehr Starts pro Jahr.⁶¹ SpaceX brachte für das Projekt Starlink im Mai 2019 die ersten 60, von über 10.000 geplanten, Satelliten auf diesem Weg in den Orbit.⁶²

Weitere Kostenreduktionen versprechen sich die Satellitenbetreiber durch verbesserte Technologien für den laufenden Betrieb der Satelliten. Eine Möglichkeit bietet z. B. das Wiederauffüllen von Satelliten, wodurch sich die Lebensdauer von 15 Jahren deutlich verlängern kann.⁶³ Die dadurch zur Verfügung gestellten Kapazitäten würden alternativ anfallende neue Satelliten und deren Starts vermeiden.

Auch die Digitalisierung der Nutzlast kann Kostenreduktionen mit sich bringen. Die erhöhte Flexibilität durch eine dynamische Anpassung der Bandbreiten und Abdeckung z. B. über Zeitzonen, erlaubt es, dass zu Spitzenzeiten mit hohem Datenverkehr einzelne Gebiete zusätzliche Kapazitäten zur Verfügung gestellt bekommen.⁶⁴

⁵⁹ Vgl. LeoSat (2019).

⁶⁰ Vgl. de Selding, P. (2015).

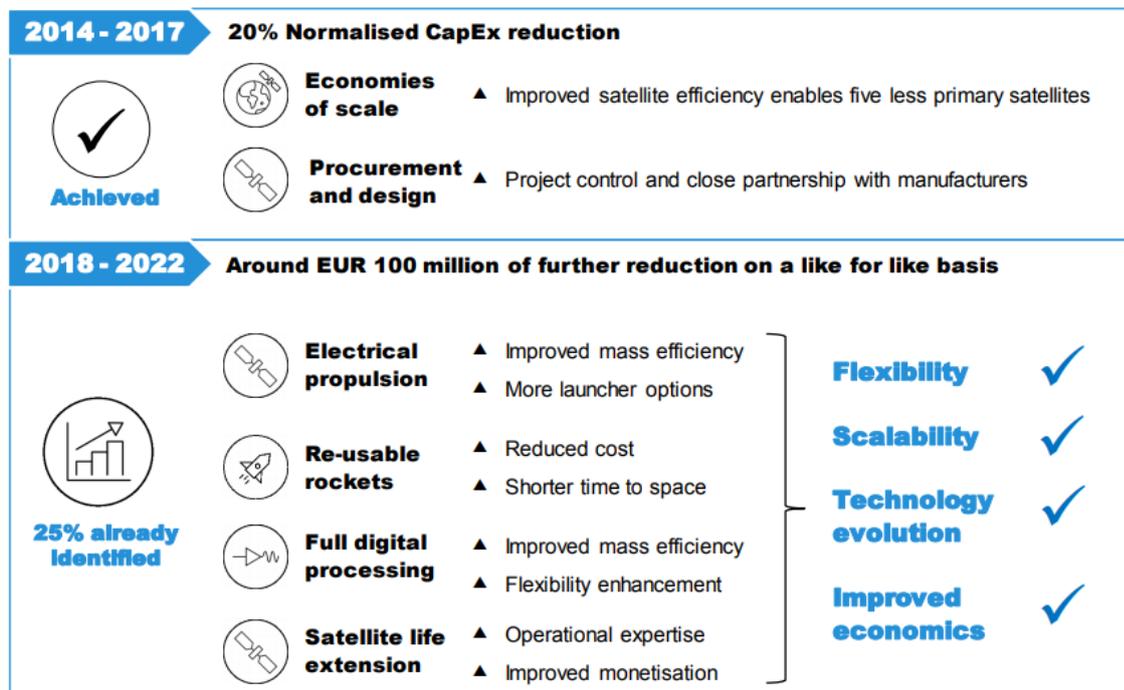
⁶¹ Vgl. Halliwell, M. (SES) (2017b).

⁶² Vgl. SpaceX (2019).

⁶³ Vgl. SES (2017b).

⁶⁴ Vgl. Halliwell, M. (SES) (2017).

Abbildung 25: Kostenreduktionspläne am Beispiel von SES



Quelle: Halliwell, M. (SES) (2017), F. 17

5.1.3 Optische Kommunikation

Eine, insbesondere für LEO-Satelliten, angedachte Möglichkeit, besteht in der optischen Kommunikation zwischen einzelnen Satelliten, bzw. innerhalb eines Satellitennetzes. Dabei sollen die Satelliten mit Hilfe von Lasern untereinander kommunizieren und so Daten austauschen.⁶⁵

Derzeit gibt es z. B. mit THRUST und Laser Light Communication zwei Forschungsprojekte, die sich dieser Aufgabe widmen. In Tests wurden dadurch bereits Bandbreiten über 1 Tbit/s erreicht.⁶⁶ Ermöglicht wird eine schnelle Verbindung durch die physikalische Gegebenheit, dass Licht im freien Raum schneller ist, als z. B. die Glasfasertechnologie. Die Kommunikation mit den Bodenstationen erfolgt dabei ebenfalls über Laser, was zu sehr kurzen Latenzzeiten führt.⁶⁷ Mehrere parallel betriebene Bodenstationen verhindern dabei mögliche Beeinträchtigung durch Wolken oder andere Wetterverhältnisse, die bei der Nutzung von nur einer Bodenstation wahrscheinlich wären.⁶⁸

⁶⁵ Vgl. DLR (2016).

⁶⁶ Vgl. DLR (2016).

⁶⁷ Vgl. DLR (2016).

⁶⁸ Vgl. Calvo, R.M. et al (2017).

5.2 Alternative Zukunftstrends

Alternativ zu Breitband über Satellit werden auch verschiedenen andere Möglichkeiten erprobt, die nicht über Satelliten betrieben werden. Dazu gehörten in den vergangenen Jahren insbesondere das Projekt Loon von Google, sowie das Projekt Aquilla von Facebook. Während bei Loon versucht wird mit Hilfe von Ballons Internetverbindungen in abgelegene Gebiete mit einer geringen Latenz zur Verfügung zu stellen, wurde das gleiche Ziel mit Drohnen im Projekt Aquilla verfolgt.⁶⁹ Für beide Projekte ist die Informationslage seitens der Betreiber sehr spärlich und es wird sehr wenig über Erfolge, Misserfolge und Zwischenstände berichtet. Facebook kündigte jedoch 2018 an, dass es seine Arbeiten zu Aquilla im Juni 2018 gestoppt hat.⁷⁰ Vielmehr konzentriert sich Facebook nun ebenfalls auf Satelliteninternet.⁷¹

5.3 Möglichkeiten zur Integration in 5G

Eine Chance würde sich für Breitband über Satellit insbesondere dann ergeben, wenn es bei der Realisierung von 5G unterstützen könnte. Nach Aussagen von Petry und Salem könnten viele 5G-Anwendungen mit Satelliten realisiert werden bzw. unterstützend wirken.⁷² Vorteile würde dabei besonders die hohe Verfügbarkeit bieten, die durch andere Technologien nur schwer zu erreichen ist. Insbesondere bei Anwendungen, bei denen längere Latenzzeiten unkritisch wären, würde sich somit eine Möglichkeit eröffnen. Einen entscheidenden Faktor könnte Satelliteninternet bei 5G jedoch nur spielen, wenn LEO-Satellitenkonstellationen die versprochenen niedrigen Latenzzeiten mit sich bringen. Sollten diese Merkmale erfüllt sein, so stellen es sich zumindest die Satellitenbetreiber vor, könnte Satelliteninternet punktuell einen positiven Beitrag leisten (vgl. Abbildung 26).⁷³

Abbildung 26: Möglichkeiten der Integration von Satelliten in 5G



Quelle: SES (2017c), F. 11

⁶⁹ Vgl. Loon (2019) und Heise (2018a).

⁷⁰ Vgl. Heise (2018a).

⁷¹ Vgl. Heise (2018b).

⁷² Vgl. Petry, H-P; Salem, S. (2018).

⁷³ Vgl. SES (2017c).

6 Fazit

Auch 2019 ist Satelliteninternet in Deutschland nach wie vor eine Nischentechnologie. Dies zeigt sich insbesondere an der geringen Nutzerzahl von unter 30.000. Obwohl es knapp 1,5 bis 2,2 Mio. Haushalte in Deutschland gibt, die nach wie vor keine 30 bzw. 50 Mbit/s zur Verfügung haben, wird dieser Markt auch weiterhin nicht von Satelliteninternet geschlossen. Die Annahme des Produktes bleibt trotz dieser immer noch existierenden Versorgungslücke weit hinter dem potenziellen Markt zurück. Weiterhin existierende Nachteile, wie etwa die hohe Latenzzeit, im Vergleich zu anderen Produkten oftmals höhere Endkundenpreise bei geringeren Leistungen als auch die auf Glasfaser und Mobilfunk ausgerichteten Ausbaupläne verhindern eine Marktdurchdringung. Ob diese Breitbandklassen zurzeit tatsächlich durch Satelliteninternet für eine größere Kundenzahl bereitgestellt werden können, ist aufgrund der Shared Medium-Eigenschaft zudem fraglich.

Dennoch gibt es bei vielen der derzeit noch bestehenden Akzeptanzproblematiken positive Entwicklungen für Kunden und Anbieter. Im betrachteten Zeitraum von 2015 bis 2018 gab es deutlich verbesserte angebotene Leistungen, wie etwa höhere Downstreams, Flatrateangebote und gestiegene Inklusivvolumen. Hinzu kommt, dass im gleichen Zeitraum die Preise für die Endkunden deutlich sanken. Somit haben sich viele der wesentlichen Hemmnisse in den vergangenen Jahren zwar nicht vollständig beseitigen, aber dennoch teilweise abbauen lassen.⁷⁴

Für die zukünftige Entwicklung ist zudem interessant, dass besonders durch technische Weiterentwicklungen wie etwa die HTS zunehmend auch die Kosten für Satellitenbetreiber sinken. Für Anbieter bieten in Planung befindlichen Projekte, wie etwa LEO-Satellitenkonstellationen, die weitere Preissenkungen für Endkunden versprechen und zum anderen systeminhärente Nachteile wie hohe Latenzzeiten beenden können, interessante Perspektiven. Große und kostenintensive Anstrengungen gleich mehrerer Akteure lassen vermuten, dass darin von Anbieterseite ein großer potenzieller Markt für Breitband über Satellit gesehen wird. Ob die vielversprechenden Zukunftsaussichten auch für Deutschland gelten und Satelliteninternet auch für den deutschen Markt relevant werden kann, muss nach derzeitigem Stand allerdings kritisch gesehen werden. Die derzeitige Förderstrategie in Deutschland zielt vielmehr darauf ab, dass Satellitenfunk in Zukunft für die flächendeckende Abdeckung mit leistungsfähigem Breitband entbehrlich sein könnte. Hinzu kommt die Frage, ob die Aussage, der neue Mobilfunkstandard 5G könne unterstützt werden, tatsächlich vor den diskutierten Einsatzszenarien, die vielfach höhere Qualitätsansprüche stellen (z. B. Echtzeit, Redundanz), haltbar sein wird. Größere Zukunftsperspektiven könnten für die Technologie vielmehr in Flächenstaaten liegen, die derzeit – und auch in absehbarer Zukunft – nicht mit anderen Technologien erschlossen werden können.

⁷⁴ Vgl. Büllingen, F.; Stamm, P. (2006), S. 60.

Literaturverzeichnis

- BMVI (2018): Gemeinsame Erklärung zum Mobilfunkgipfel, abgerufen am 22. Februar 2019 unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/mobilfunkgipfel.html?nn=381942>
- Breitbandbüro des Bundes (2015): Leistungsfähigkeit satellitengestützter Telekommunikationstechnologie – Breitband via Satellit
- Breitbandbüro des Bundes (2019): Satellit, abgerufen am 22. Februar 2019 unter <https://breitbandbuero.de/wissenswertes/breitbandtechnologien/satellit/>
- Broadband Commission (2014): The State of Broadband 2014: broadband for all – A Report by the broadband commission September 2014, abgerufen am 21. Februar 2019 unter https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/pol/S-POL-BROADBAND.10-2014-PDF-E.pdf
- Bundesnetzagentur (2018): Jahresbericht 2017 - Netze für die Zukunft
- Bundesnetzagentur (2019): Jahresbericht 2018 – 20 Jahre Verantwortung für Netze
- Bun Calvo, R.M.; Poliak, J.; Barrios, R.; Giggenbach, D.; Fuchs, C.; Scalise, S. (DLR) (2017): Optical Technologies for Terabit/s-throughput Feeder Link, in: IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS) 2017, S. 133 – 139
- Büllingen, F., Stamm, P. (2006): Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 280, Bad Honnef
- CDU, CSU, SPD (2013): Deutschlands Zukunft gestalten, Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, Berlin, 16. Dezember 2013
- CDU, CSU, SPD (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa, Eine neue Dynamik für Deutschland, Ein neuer Zusammenhalt für unser Land, Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, Berlin, 7. Februar 2018
- de Ruiter, N. (2018): HTS Capacity Supply & Demand; in APSCC Newsletter 4th Quarter 2018, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://apscc.or.kr/wp-content/uploads/2018-APSCC-Q4-web.pdf>
- de Selding, P. (2015): Eutelsat Does the Math on Reducing Future Satellite Costs, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://spacenews.com/eutelsat-does-the-math-on-reducing-future-satellite-costs-by-at-least-20-percent/>
- DLR (2016): DLR-Technologie weist Weg zum globalen Highspeed-Internet - Weltrekord in der optischen Freiraum-Datenübertragung, abgerufen am 05. Juli 2019 unter https://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10081/151_read-19914/#/gallery/24870
- Eutelsat (2018a): Satelliten, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.eutelsat.com/de/satelliten.html>
- Eutelsat (2018b): Eutelsat bestellt mit KONNECT VHTS den Satelliten der nächsten Generation für Breitbanddienste in Europa, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://presse-de.eutelsat.com/pressreleases/eutelsat-bestellt-mit-konnect-vhts-den-satelliten-der-naechsten-generation-fuer-breitbanddienste-in-europa-2470814>

- Eutelsat (2019), Future Satellites, abgerufen am 05. Juli 2019 unter <https://www.eutelsat.com/sites/eutelsat-internet/home/satellites/future-launches.html#konnnect>
- Filiago (2019): FAQ, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.filiago.de/support/faq/17,0/Satelliten-Internet.html>
- Freyer, U.; Jaske, A. (2004): Kabel und Satellit - Der Übergang in die multimediale Welt, Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen (LfM), LfM- Technik, Band 5, Düsseldorf
- Gries, C.-I.; Plückerbaum, T.; Strube Martins, S. (2016): Treiber für den Ausbau hochbitratiger Infrastrukturen
- Halliwell, M. (SES) (2017): Innovating SES's Technology Solutions, abgerufen am 05. Juli 2019 unter <https://www.ses.com/sites/default/files/2017-07/IR%20DAY%202017-%20MH%20-%20INNOVATING%20SES%20TECHNOLOGY%20SOLUTIONS.pdf> (F. 3, 4)
- Heise (2018a): Aquila: Facebook stampft Internet-Drohnen ein, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Aquila-Facebook-stampft-Internet-Drohnen-ein-4092855.html>
- Heise (2018b): Facebook will ab 2019 eigene Internet-Satelliten ins All schicken, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Facebook-will-ab-2019-eigene-Internet-Satelliten-ins-All-schicken-4117645.html>
- Inmarsat (2016): Capital Markets Day 2016, 7 October 2016
- LeoSat (2019): A New Satellite Architecture For Data, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <http://leosat.com/solution/>
- Loon (2019), abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://loon.com/>
- Miller, C. (2016): How And Why Commercial High-Capacity Satellites Offer Superior Performance And Survivability In The Future Space Threat Continuum; in: 32nd Space Symposium, Technical Track, Colorado Springs, Colorado, United States of America Presented on April 11-12, 2016, abgerufen am 24. Juni 2019 unter <https://www.spacefoundation.org/sites/default/files/tech-track-papers/Miller%2C%20Craig%20-%20HOW%20AND%20WHY%20COMMERCIAL%20HIGH-CAPACITY%20SATELLITES%20OFFER%20SUPERIOR%20PERFORMANCE%20AND%20SURVIVABILITY%20IN%20THE%20FUTURE%20SPACE%20THREAT%20CONTINUUM.pdf>
- NSR (2016a): The Elasticity Question, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.linkedin.com/pulse/elasticity-question-blaine-curcio>
- NSR (2016b): FSS Aero Satcom Not Dead Yet, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <http://www.talksatellite.com/EMEA-A278929.htm>
- NSR (2017): Bulking up the Business Case for GEO HTS, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/bulking-up-the-business-case-for-geo-hts/>
- NSR (2018a): Satellite Capacity Pricing Index (Q1 2018), 4th Edition, Report Summary, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/research/satellite-capacity-pricing-index-q1-2018-4th-edition/>

- NSR (2018b): Satellite Capacity Pricing Continues Decline As Industry Struggles With Oversupply, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/satellite-capacity-pricing-continues-decline-as-industry-struggles-with-oversupply/>
- NSR (2018c): The Satellite Capacity Price Conundrum, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/the-satellite-capacity-price-conundrum/>
- NSR (2018d): Does Price Elasticity Exist for Satcom Markets?, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/does-price-elasticity-exist-for-satcom-markets/>
- NSR (2018e): Milking The „Cow“ Or Shooting For The „Stars“, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/milking-the-cow-or-shooting-for-the-stars/>
- NSR (2018f): Turning the Satellite Business Model Upside-Down, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/turning-the-satellite-business-model-upside-down/>
- NSR (2019): A (LEO) Race To The Bottom?, abgerufen am 04. Juli 2019 unter <https://www.nsr.com/a-leo-race-to-the-bottom/>
- Orbitcom (2014): Astra Connect für Gemeinden Projekt „Eifelkreis Bitburg-Prüm“ in den Startlöchern, abgerufen am 10. Mai 2019 unter https://www.orbitcom.de/public/files/presse/ORBITCOM_Astra_Connect_f_r_Gemeinden_Projekt_1212014.pdf
- Petry, H-P; Salem, S. (2018): 5G and Satellites - A Viable Ecosystem?
- Rötzer, F. (2019): Allein SpaceX will 12.000 Satelliten in eine Umlaufbahn bringen, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.heise.de/tp/features/Alein-SpaceX-will-12-000-Satelliten-in-eine-Umlaufbahn-bringen-4421069.html>
- SABER (2013): Final report on Satellite Broadband as an option for Regions
- Satellite Evolution Group (2017): HTS goes global, abgerufen am 10. Mai 2019 unter <http://www.satelliteevolutiongroup.com/articles/HTS-March2017.pdf>
- SES (2017a): Three Reasons High Throughput Satellite Will Be a Game Changer in Asia, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.ses.com/three-reasons-high-throughput-satellite-will-be-game-changer-asia>
- SES (2017b): Refuelling On-Orbital Satellites, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.ses.com/blog/refuelling-orbital-satellites>
- SES (2017c): The Role of Satellite in 5G, abgerufen am 10. Juli 2019 unter https://www.appt.int/sites/default/files/2017/04/6_The_Role_of_Satellite_in_5G.pdf
- Skydsl (2019a): FAQ, abgerufen am 05. Juli 2019 unter https://www.skydsl.eu/de-DE/Privatkunden/Satelliten-Internet/info/faq/technic#question_TECHNIC_Was-ist-skydsl2+Hinderniss
- Skydsl (2019b): Inbetriebnahme, abgerufen am 05. Juli 2019 unter <https://www.skydsl.eu/de-DE/Privatkunden/Satelliten-Internet/info/howitworks/install>
- Skydsl (2019c): FAQ; abgerufen am 05. Juli 2019 unter https://www.skydsl.eu/de-DE/Privatkunden/Satelliten-Internet/info/faq/technic#question_TECHNIC_Was-ist-skydsl2+Zeitverz%C3%B6gerung

- Skydsl (2019d): Leistungsbeschreibung, abgerufen am 05. Juli 2019 unter <https://www.skydsl.eu/de-DE/Privatkunden/Satelliten-Internet/legal/serviceterms/skydsl2p?tariff=318>
- Skydsl (2019e): Produktinformationsblatt skyDSL2+ M2M L, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.skydsl.eu/de-DE/Gesch%C3%A4ftskunden/Satelliten-Internet/legal/pinfo/skydsl2p?tariff=285>
- spacenews (2015a): Eutelsat Growth Slowed by Ka-band Saturation, DoD Downturn, abgerufen am 28. Juni 2019 unter <https://spacenews.com/eutelsat-growth-slowed-by-ka-band-saturation-dod-downturn/>
- spacenews (2015b): Eutelsat Does the Math on Reducing Future Satellite Costs, abgerufen am 28. Juni 2019 unter <https://spacenews.com/eutelsat-does-the-math-on-reducing-future-satellite-costs-by-at-least-20-percent/>
- spacenews (2016): OneWeb Satellites to open factory in Florida with eyes on business beyond OneWeb, abgerufen am 13. Mai 2019 unter <https://spacenews.com/oneweb-satellites-to-settle-in-exploration-park-florida-with-eyes-on-business-beyond-oneweb/>
- spacenews (2018): Satellite capacity prices down 60 percent in some cases and still dropping, abgerufen am 28. Juni 2019 unter <https://spacenews.com/satellite-capacity-prices-down-60-percent-in-some-cases-and-still-dropping/>
- SpaceX (2019): STARLINK MISSION, May 24, 2019, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.spacex.com/news/2019/05/24/starlink-mission>
- Swinford, R.; Grau, B. (2015): High Throughput Satellites: Delivering future capacity needs, abgerufen am 21. Februar 2019 unter https://www.avantiplc.com/wp-content/uploads/2018/08/ADL_High_Throughput_Satellites-Main_Report.pdf
- Telesat (2018): Real-Time Latency - Rethink Possibilities with Remote Networks, June 2018, abgerufen am 04. Juli 2019 unter https://www.telesat.com/sites/default/files/telesat/brochures/telesat_leo_-_real-time_latency_rethink_the_possibilities_with_remote_networks.pdf
- Teltarif (2019): Eutelsat: Sat-Internet mit 100 MBit/s im Downstream, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.teltarif.de/eutelsat-satelliten-internet-breitband/news/76883.html>
- TÜV Rheinland / BMVI (2018a): Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2018)
- TÜV Rheinland / BMVI (2018b): Bericht zum Breitbandatlas Mitte 2018 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
- TÜV Rheinland / BMVI (2019): Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Ende 2018)
- UAG Breitband | AG 8 (2014): Nationaler IT-Gipfel Hamburg 2014: Breitbandtechnologien heute und morgen
- Viasat (2018a): ViaSat-2 Infographic, abgerufen am 05. Juli 2019 unter <https://www.viasat.com/sites/default/files/media/images/viasat-2-infographic-facts-b-008.jpg>

- Viasat (2018b): Viasat Announces Highest-Speed, Unlimited Satellite Internet Service – Nationwide, abgerufen am 05. Juli 2019 unter <https://www.viasat.com/news/viasat-announces-highest-speed-unlimited-satellite-internet-service-nationwide>
- ViaSat (2019): High-Capacity Satellite System - Transforming Satellite Communications, abgerufen am 10. Juli 2019 unter <https://www.viasat.com/products/high-capacity-satellites>
- Wallenhorst (2018): Schnelles Internet via Satellit, abgerufen am 20. Februar 2019 unter https://www.wallenhorst.de/rathaus-politik/aktuelles/meldung/news/detail/News/schnelles-internet-via-satellit.html?no_cache=1&L=0&cHash=41ee42c5faafa2e2b60bcf0ba6a82cd5
- Wernick, C.; Tenbrock, S.; Gries, C.; Henseler-Unger, I.; Plückebaum, T. (2018): Tiefbaukapazitäten als Engpass für den FTTB/H-Ausbau? - Empfehlungen zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung für den Markt und die öffentliche Hand

Als "Diskussionsbeiträge" des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste sind zuletzt erschienen:

- Nr. 364: Christine Müller, Andrea Schweinsberg:
Vom Smart Grid zum Smart Market – Chancen einer plattformbasierten Interaktion, Januar 2012
- Nr. 365: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm, Anne Stetter:
Analyse der Kabelbranche und ihrer Migrationsstrategien auf dem Weg in die NGA-Welt, Februar 2012
- Nr. 366: Dieter Elixmann, Christin-Isabel Gries, J. Scott Marcus:
Netzneutralität im Mobilfunk, März 2012
- Nr. 367: Nicole Angenendt, Christine Müller, Marcus Stronzik:
Elektromobilität in Europa: Ökonomische, rechtliche und regulatorische Behandlung von zu errichtender Infrastruktur im internationalen Vergleich, Juni 2012
- Nr. 368: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Thiele, Martin Zauner:
Kostenstandards in der Ex-Post-Preiskontrolle im Postmarkt, Juni 2012
- Nr. 369: Ulrich Stumpf, Stefano Lucidi:
Regulatorische Ansätze zur Vermeidung wettbewerbswidriger Wirkungen von Triple-Play-Produkten, Juni 2012
- Nr. 370: Matthias Wissner:
Marktmacht auf dem Primär- und Sekundär-Regelenergiemarkt, Juli 2012
- Nr. 371: Antonia Niederprüm, Sonja Thiele:
Prognosemodelle zur Nachfrage von Briefdienstleistungen, Dezember 2012
- Nr. 372: Thomas Plückebaum, Matthias Wissner:
Bandbreitenbedarf für Intelligente Stromnetze, 2013
- Nr. 373: Christine Müller, Andrea Schweinsberg:
Der Netzbetreiber an der Schnittstelle von Markt und Regulierung, 2013
- Nr. 374: Thomas Plückebaum:
VDSL Vectoring, Bonding und Phantoming: Technisches Konzept, marktliche und regulatorische Implikationen, Januar 2013
- Nr. 375: Gernot Müller, Martin Zauner:
Einzelwagenverkehr als Kernelement eisenbahnbezogener Güterverkehrskonzepte?, Dezember 2012
- Nr. 376: Christin-Isabel Gries, Imme Philbeck:
Marktentwicklungen im Bereich Content Delivery Networks, April 2013
- Nr. 377: Alessandro Monti, Ralf Schäfer, Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:
Kundenbindungsansätze im deutschen TK-Markt im Lichte der Regulierung, Februar 2013
- Nr. 378: Tseveen Gantumur:
Empirische Erkenntnisse zur Breitbandförderung in Deutschland, Juni 2013
- Nr. 379: Marcus Stronzik:
Investitions- und Innovationsanreize: Ein Vergleich zwischen Revenue Cap und Yardstick Competition, September 2013
- Nr. 380: Dragan Ilic, Stephan Jay, Thomas Plückebaum, Peter Stamm:
Migrationsoptionen für Breitbandkabelnetze und ihr Investitionsbedarf, August 2013
- Nr. 381: Matthias Wissner:
Regulierungsbedürftigkeit des Fernwärmesektors, Oktober 2013
- Nr. 382: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Thiele:
Netzzugang im Briefmarkt, Oktober 2013
- Nr. 383: Andrea Liebe, Christine Müller:
Energiegenossenschaften im Zeichen der Energiewende, Januar 2014

- Nr. 384: Christan M. Bender, Marcus Stronzik:
Verfahren zur Ermittlung des sektoralen Produktivitätsfortschritts - Internationale Erfahrungen und Implikationen für den deutschen Eisenbahninfrastruktursektor, März 2014
- Nr. 385: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:
Die Marktentwicklung für Cloud-Dienste - mögliche Anforderungen an die Netzinfrastruktur, April 2014
- Nr. 386: Marcus Stronzik, Matthias Wissner:
Smart Metering Gas, März 2014
- Nr. 387: René Arnold, Sebastian Tenbrock:
Bestimmungsgründe der FTTP-Nachfrage, August 2014
- Nr. 388: Lorenz Nett, Stephan Jay:
Entwicklung dynamischer Marktszenarien und Wettbewerbskonstellationen zwischen Glasfasernetzen, Kupfernetzen und Kabelnetzen in Deutschland, September 2014
- Nr. 389: Stephan Schmitt:
Energieeffizienz und Netzregulierung, November 2014
- Nr. 390: Stephan Jay, Thomas Plückerbaum:
Kostensenkungspotenziale für Glasfaseranschlusnetze durch Mitverlegung mit Stromnetzen, September 2014
- Nr. 391: Peter Stamm, Franz Büllingen:
Stellenwert und Marktperspektiven öffentlicher sowie privater Funknetze im Kontext steigender Nachfrage nach nomadischer und mobiler hochbitratiger Datenübertragung, Oktober 2014
- Nr. 392: Dieter Elixmann, J. Scott Marcus, Thomas Plückerbaum:
IP-Netzzusammenschaltung bei NGN-basierten Sprachdiensten und die Migration zu All-IP: Ein internationaler Vergleich, November 2014
- Nr. 393: Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:
Implikationen der Internationalisierung von Telekommunikationsnetzen und Diensten für die Nummernverwaltung, Dezember 2014
- Nr. 394: Rolf Schwab:
Stand und Perspektiven von LTE in Deutschland, Dezember 2014
- Nr. 395: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Antonia Niederprüm:
Produktive Effizienz von Postdienstleistern, November 2014
- Nr. 396: Petra Junk, Sonja Thiele:
Methoden für Verbraucherbefragungen zur Ermittlung des Bedarfs nach Post-Universaldienst, Dezember 2014
- Nr. 397: Stephan Schmitt, Matthias Wissner:
Analyse des Preissetzungsverhaltens der Netzbetreiber im Zähl- und Messwesen, März 2015
- Nr. 398: Annette Hillebrand, Martin Zauner:
Qualitätsindikatoren im Brief- und Paketmarkt, Mai 2015
- Nr. 399: Stephan Schmitt, Marcus Stronzik:
Die Rolle des generellen X-Faktors in verschiedenen Regulierungsregimen, Juli 2015
- Nr. 400: Franz Büllingen, Solveig Börnsen:
Marktorganisation und Marktrealität von Machine-to-Machine-Kommunikation mit Blick auf Industrie 4.0 und die Vergabe von IPv6-Nummern, August 2015
- Nr. 401: Lorenz Nett, Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:
Ein Benchmark neuer Ansätze für eine innovative Ausgestaltung von Frequenzgebühren und Implikationen für Deutschland, November 2015
- Nr. 402: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk:
Zur Marktabgrenzung bei Kurier-, Paket- und Expressdiensten, November 2015
- Nr. 403: J. Scott Marcus, Christin Gries, Christian Wernick, Imme Philbeck:
Entwicklungen im internationalen Mobile Roaming unter besonderer Berücksichtigung struktureller Lösungen, Januar 2016

- Nr. 404: Karl-Heinz Neumann, Stephan Schmitt, Rolf Schwab unter Mitarbeit von Marcus Stronzik:
Die Bedeutung von TAL-Preisen für den Aufbau von NGA, März 2016
- Nr. 405: Caroline Held, Gabriele Kulenkampff, Thomas Plückerbaum:
Entgelte für den Netzzugang zu staatlich geförderter Breitband-Infrastruktur, März 2016
- Nr. 406: Stephan Schmitt, Matthias Wissner:
Kapazitätsmechanismen – Internationale Erfahrungen, April 2016
- Nr. 407: Annette Hillebrand, Petra Junk:
Paketshops im Wettbewerb, April 2016
- Nr. 408: Tseveen Gantumur, Iris Henseler-Unger, Karl-Heinz Neumann:
Wohlfahrtsökonomische Effekte einer Pure LRIC - Regulierung von Terminierungsentgelten, Mai 2016
- Nr. 409: René Arnold, Christian Hildebrandt, Martin Waldburger:
Der Markt für Over-The-Top Dienste in Deutschland, Juni 2016
- Nr. 410: Christian Hildebrandt, Lorenz Nett:
Die Marktanalyse im Kontext von mehrseitigen Online-Plattformen, Juni 2016
- Nr. 411: Tseveen Gantumur, Ulrich Stumpf:
NGA-Infrastrukturen, Märkte und Regulierungsregime in ausgewählten Ländern, Juni 2016
- Nr. 412: Alex Dieke, Antonia Niederprüm, Sonja Thiele:
UPU-Endvergütungen und internationaler E-Commerce, September 2016 (in deutscher und englischer Sprache verfügbar)
- Nr. 413: Sebastian Tenbrock, René Arnold:
Die Bedeutung von Telekommunikation in intelligent vernetzten PKW, Oktober 2016
- Nr. 414: Christian Hildebrandt, René Arnold:
Big Data und OTT-Geschäftsmodelle sowie daraus resultierende Wettbewerbsprobleme und Herausforderungen bei Datenschutz und Verbraucherschutz, November 2016
- Nr. 415: J. Scott Marcus, Christian Wernick:
Ansätze zur Messung der Performance im Best-Effort-Internet, November 2016
- Nr. 416: Lorenz Nett, Christian Hildebrandt:
Marktabgrenzung und Marktmacht bei OTT-0 und OTT-1-Diensten, Eine Projektskizze am Beispiel von Instant-Messenger-Diensten, Januar 2017
- Nr. 417: Peter Kroon:
Maßnahmen zur Verhinderung von Preis-Kosten-Scheren für NGA-basierte Dienste, Juni 2017
- Nr. 419: Stefano Lucidi:
Analyse marktstruktureller Kriterien und Diskussion regulatorischer Handlungsoptionen bei engen Oligopolen, April 2017
- Nr. 420: J. Scott Marcus, Christian Wernick, Tseveen Gantumur, Christin Gries:
Ökonomische Chancen und Risiken einer weitreichenden Harmonisierung und Zentralisierung der TK-Regulierung in Europa, Juni 2017
- Nr. 421: Lorenz Nett:
Incentive Auctions als ein neues Instrument des Frequenzmanagements, Juli 2017
- Nr. 422: Christin Gries, Christian Wernick:
Bedeutung der embedded SIM (eSIM) für Wettbewerb und Verbraucher im Mobilfunkmarkt, August 2017
- Nr. 423: Fabian Queder, Nicole Angenendt, Christian Wernick:
Bedeutung und Entwicklungsperspektiven von öffentlichen WLAN-Netzen in Deutschland, Dezember 2017
- Nr. 424: Stefano Lucidi, Bernd Sörries, Sonja Thiele:
Wirksamkeit sektorspezifischer Verbraucherschutzregelungen in Deutschland, Januar 2018

- Nr. 425: Bernd Sörries, Lorenz Nett:
Frequenzpolitische Herausforderungen durch das Internet der Dinge - künftiger Frequenzbedarf durch M2M-Kommunikation und frequenzpolitische Handlungsempfehlungen, März 2018
- Nr. 426: Saskja Schäfer, Gabriele Kulenkampff, Thomas Plückebaum unter Mitarbeit von Stephan Schmitt:
Zugang zu gebäudeinterner Infrastruktur und adäquate Bepreisung, April 2018
- Nr. 427: Christian Hildebrandt, René Arnold:
Marktbeobachtung in der digitalen Wirtschaft – Ein Modell zur Analyse von Online-Plattformen, Mai 2018
- Nr. 428: Christin Gries, Christian Wernick:
Treiber und Hemmnisse für kommerziell verhandelten Zugang zu alternativen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, Juli 2018
- Nr. 429: Serpil Taş, René Arnold:
Breitbandinfrastrukturen und die künftige Nutzung von audiovisuellen Inhalten in Deutschland: Herausforderungen für Kapazitätsmanagement und Netzneutralität, August 2018
- Nr. 430: Sebastian Tenbrock, Sonia Strube Martins, Christian Wernick, Fabian Queder, Iris Henseler-Unger:
Co-Invest Modelle zum Aufbau von neuen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, August 2018
- Nr. 431: Johanna Bott, Christian Hildebrandt, René Arnold:
Die Nutzung von Daten durch OTT-Dienste zur Abschöpfung von Aufmerksamkeit und Zahlungsbereitschaft: Implikationen für Daten- und Verbraucherschutz, Oktober 2018
- Nr. 432: Petra Junk, Antonia Niederprüm:
Warenversand im Briefnetz, Oktober 2018
- Nr. 433: Christian M. Bender, Annette Hildebrandt:
Auswirkungen der Digitalisierung auf die Zustelllogistik, Oktober 2018
- Nr. 434: Antonia Niederprüm:
Hybridpost in Deutschland, Oktober 2018
- Nr. 436: Petra Junk:
Digitalisierung und Briefsubstitution: Erfahrungen in Europa und Schlussfolgerungen für Deutschland, Oktober 2018
- Nr. 437: Peter Kroon, René Arnold:
Die Bedeutung von Interoperabilität in der digitalen Welt – Neue Herausforderungen in der interpersonellen Kommunikation, Dezember 2018
- Nr. 438: Stefano Lucidi, Bernd Sörries:
Auswirkung von Bündelprodukten auf den Wettbewerb, März 2019
- Nr. 439: Christian M. Bender, Sonja Thiele:
Der deutsche Postmarkt als Infrastruktur für europäischen E-Commerce, April 2019
- Nr. 440: Serpil Taş, René Arnold:
Auswirkungen von OTT-1-Diensten auf das Kommunikationsverhalten – Eine nachfrageseitige Betrachtung, Juni 2019
- Nr. 441: Serpil Taş, Christian Hildebrandt, René Arnold:
Sprachassistenten in Deutschland, Juni 2019
- Nr. 442: Fabian Queder, Marcus Stronzik, Christian Wernick:
Auswirkungen des Infrastrukturwettbewerbs durch HFC-Netze auf Investitionen in FTTP-Infrastrukturen in Europa, Juni 2019
- Nr. 443: Lorenz Nett, Bernd Sörries:
Infrastruktur-Sharing und 5G: Anforderungen an Regulierung, neue wettbewerbliche Konstellationen, Juli 2019
- Nr. 444: Pirmin Puhl, Martin Lundborg:
Breitbandzugang über Satellit in Deutschland – Stand der Marktentwicklung und Entwicklungsperspektiven (Juli 2019)

ISSN 1865-8997