

**GIGABITBÜRO  
DES BUNDES**

Ein Kompetenzzentrum des  
Bundesministeriums für Verkehr  
und digitale Infrastruktur

Im Auftrag des



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

# Internet via Satellit

Technologie, Leistungsfähigkeit und Anwendungsbereiche





# Internet via Satellit

Internet über Satellit ist eine Technologie, die Breitbandzugänge innerhalb der Ausleuchtzonen geostationärer-, mittelnaher- und erdnahe Satelliten bereitstellt.

Die Satelliten in geostationärer Umlaufbahn (Geostationary Earth Orbit, GEO) befinden sich in einer Höhe von 35.786 Kilometern über der Erdoberfläche und haben eine Bahnneigung von null Grad. Sie befinden sich somit über einem festen Punkt des Äquators und drehen sich mit der Erde. Satelliten in mittelnaher (Medium Earth Orbit, MEO) und erdnahe Umlaufbahn (Low Earth Orbit, LEO) befinden sich näher an der Erdoberfläche auf Höhen zwischen 8.000 und 12.000 (MEO) bzw. 250 und 2.000 Kilometern (LEO). Diese Satelliten bewegen sich schneller als die Erdrotation.

Durch GEO-Satelliten ist bereits die gesamte Fläche der Bundesrepublik mit Internet abgedeckt. Der Markt für Internet via LEO-Satelliten, die die gesamte Erdoberfläche mit breitbandigem Internet abdecken können, befindet sich im Aufbau. Erste Anbieter stellen bereits Internetzugänge zur Verfügung.

Satelliteninternet ist überall dort eine interessante Alternative, wo eine ausreichende Breitbandversorgung mithilfe terrestrischer Technologien nicht realisiert werden kann oder ein zeitlich begrenzter Engpass überbrückt werden muss. Die buchbare Bandbreite über GEO-Satelliten im privaten Bereich hat sich in den vergangenen Jahren auf bis zu 100 Mbit/s erhöht und die bidirektionalen Satellitenverbindungen sind preiswerter geworden. LEO-Satelliten versprechen in Zukunft sogar weitaus höhere Bandbreiten, momentan werden bis zu 150 Mbit/s angeboten.

# Technologie

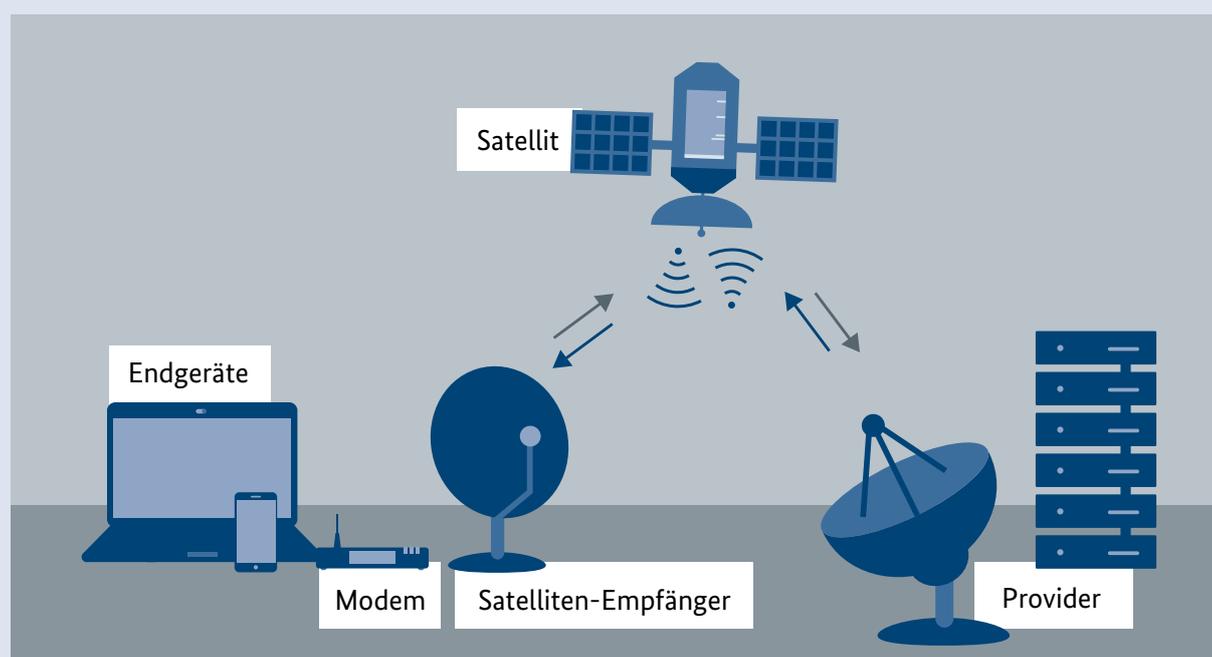
Alle heutigen satellitengestützten Internetverbindungen arbeiten bidirektional und nutzen für den Up- und Download ausschließlich Satelliten. Im Gegensatz zu den unidirektionalen Satellitenverbindungen, die vor mehr als fünfzehn Jahren auf den Markt kamen, benötigt der heutige Breitbandzugang via Satellit für den Upload von Daten keine zusätzliche Telefonleitung mehr. Für die bestmögliche Nutzung von Internet via Satellit ist eine freie Sichtverbindung zwischen dem Satelliten und dem Einsatzort notwendig.

Die Hardware besteht im Fall des Anschlusses über einen geostationären Satelliten aus einer Parabolantenne mit einer speziellen rückkanalfähigen Sende- und Empfangseinheit sowie einem Satellitenmodem für den Anschluss der Anlage an den Computer oder das Hausnetz (siehe Abb. 1). Im Gegensatz zu Satelliten-TV ist eine sehr viel genauere Konfiguration zur Ausrichtung auf den Satelliten sowie professionelle Messtechnik notwendig. Daher empfiehlt es sich, für die Installation eine Fachkraft hinzuzuziehen.

Für den Empfang von digitalen TV-Programmen in SD- und HD-Qualität ist mindestens ein zusätzlicher Signalumsetzer (Low Noise Blocker, LNB) erforderlich. Allerdings wird TV und Internet ohnehin fast immer von unterschiedlichen Satelliten bedient. Es ist daher meist einfacher, die beiden Dienste über zwei separate Empfänger zu nutzen.

Verbindungen mit Satelliten im MEO oder LEO erfordern nachführbare Antennen. Diese können entweder mechanisch nachgeführte Parabolantennen oder Flachantennen mit elektronischer Strahlformung und -schwenkung (oder Kombinationen davon) sein.

**Funktionsweise von Internet via Satellit** (Abbildung 1)



## Satellitensysteme

Je nach Entfernung von der Erdoberfläche lassen sich drei Systeme unterscheiden (siehe Abb. 2): Satelliten in geostationärer (Geostationary Earth Orbit, GEO), in mittelnaher (Medium Earth Orbit, MEO) und erdnahe Umlaufbahn (Low Earth Orbit, LEO).

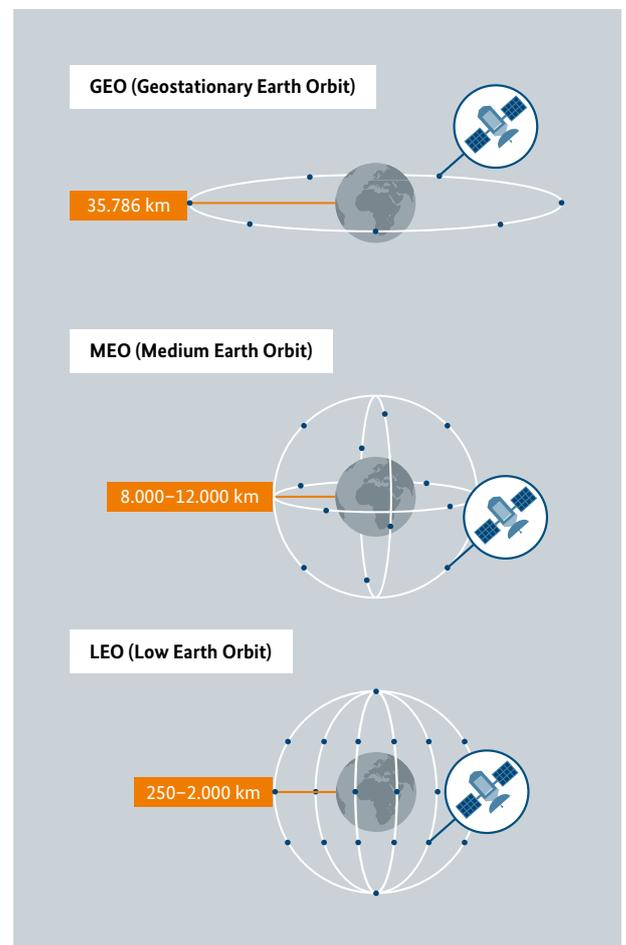
In einer Höhe von 35.786 Kilometern über der Erdoberfläche befinden sich die GEO-Satelliten. Diese bewegen sich mit Erdrotationsgeschwindigkeit fort und drehen sich mit der Erde um ihre eigene Achse. Aufgrund der weiten Entfernung zur Erde ergeben sich längere Signallaufzeiten von 477 Millisekunden in der Datenübertragung; heutige Anbieter in Deutschland, Österreich und der Schweiz liefern Bandbreiten von bis zu 100 Mbit/s.

Die MEO-Satelliten bewegen sich auf einer Flughöhe zwischen 8.000 und 12.000 Kilometern in einer Umlaufbahn, die gegenüber der Äquatorebene geneigt sein kann. Um eine hohe geografische Abdeckung und einen kontinuierlichen Dienst zu gewährleisten, wird bei den MEO-Satelliten eine Konstellation benötigt. Durch die kürzere Entfernung von der Erde fallen die Signallaufzeiten – 107 Millisekunden (8.000 km) und 160 Millisekunden (12.000 km) – geringer aus. Die MEO-Satelliten haben ihre Berechtigung für Spezialanwendungen, insbesondere bei der Verwendung elliptischer Umlaufbahnen (sog. Molnija-Orbits).

Die LEO-Satelliten befinden sich auf einer Flughöhe von 250 und 2.000 Kilometern über der Erdoberfläche und benötigen für eine globale Abdeckung ebenfalls eine Konstellation. Sie bewegen sich schneller als die Erdrotation. Aufgrund der vergleichsweise geringen

Entfernung von der Erde verkürzt sich die Signallaufzeit auf 3 Millisekunden (250 km) bis 27 Millisekunden (2.000 km) bei gleichzeitiger Bandbreitenverfügbarkeit von bis zu 150 Mbit/s.

### Satellitensysteme GEO, MEO, LEO (Abbildung 2)



### Vergleich der GEO-, MEO-, LEO-Satellitentechnologie (Tabelle 1)

	GEO	MEO	LEO
Flughöhe	35.786 km	8.000 km bis 12.000 km	250 km bis 2.000 km
Bandbreite*	bis 100 Mbit/s	nicht verfügbar	bis 150 Mbit/s
Latenz (Signallaufzeit)	477 ms	107 ms (8.000 km) 160 ms (12.000 km)	3 ms (250 km) 27 ms (2.000 km)

\* für Endkunden in Deutschland, Österreich und der Schweiz

## Funktionsweise

Bei Standardverbindungen wird die Antenne auf jeweils einen GEO-Satelliten ausgerichtet. Kern der Übertragungstechnologie sind die Transponder. Während die Satellitentransponder bislang vorzugsweise auf dem Ku-Frequenzband (Mikrowellenbereich 11–14 GHz) arbeiteten, setzt die neuere Satellitengeneration (z. B. KA-SAT) auf das Ka-Band (18,8–30 GHz). Mit diesen höheren Frequenzen und breiteren Frequenzbereichen lassen sich signifikant höhere Datendurchsatzraten realisieren.

Die auf dem Satelliten montierten Transponder empfangen die Datensignale von der Erde und strahlen sie in einer anderen Frequenz wieder ab. Moderne Ka-Band-Satelliten sind mit sogenannten Spotbeam-Antennen ausgestattet. Aufgrund des höheren Frequenzbereichs lässt sich eine Richtwirkung leichter realisieren und können die Signale besser auf ein regional begrenztes Gebiet (Spots) geleitet werden. Dadurch lassen sich Frequenzen zur selben Zeit in mehreren Ausleuchtzonen wiederverwenden, ohne dass sie sich gegenseitig stören.

So kommt etwa der speziell für Internetdienste in Europa konzipierte KA-SAT mit seinen 82 Spotbeams à 1.100 Mbit/s auf einen Gesamtdatendurchsatz von mehr als 90 Gbit/s. Im Bundesgebiet werden den Nutzern verschiedene Spotbeams der relevanten GEO-Satellitenbetreiber (siehe Abb. 3) zur Verfügung gestellt.

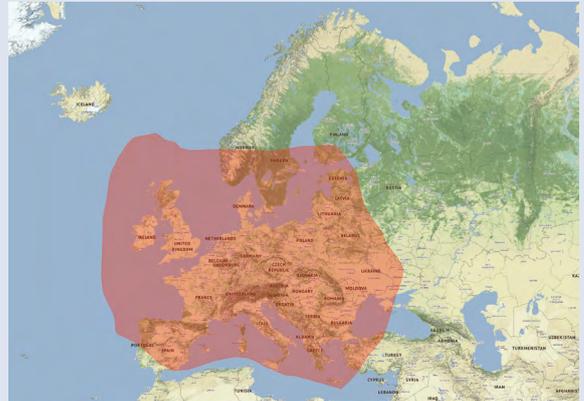
## Komfort

Die Satellitentechnologie für die Datenübertragung kann überall dort eine gute Lösung darstellen, wo eine leistungsfähige Anbindung über terrestrische Technologien nicht realisierbar ist. Heute lassen sich über GEO-Satellit bereits Bandbreiten von bis zu 100 Mbit/s realisieren. Im Geschäftskundenbereich können bei Bedarf auch dezidierte und höhere Bandbreiten erreicht werden, indem spezielle Bündelrouter die Kombination mehrerer Anlagen und Anbieter ermöglichen. Via LEO-Satellit können derzeit Bandbreiten von bis zu 150 Mbit/s realisiert werden.

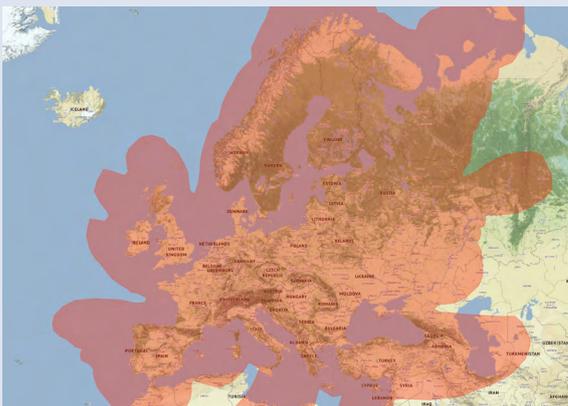
Der Wettbewerb der GEO-Satellitenanbieter hat in den vergangenen Jahren zu einer deutlichen Verbesserung der Leistungsfähigkeit bei gleichzeitig sinkenden Preisen geführt. Angebote für Anschlüsse mit Bandbreiten ab 20 Mbit/s beginnen bereits bei einer Grundgebühr von monatlich rund 20 Euro (exklusive Monatsmiete für Antenne, Modem etc.). Für höhere Bandbreiten und Flatrates muss mit monatlichen Gebühren von 30 bis 70 Euro, für spezielle Paketbuchungen (z. B. Triple Play) auch mehr gerechnet werden. Parabolantenne, bidirektionaler LNB und Satellitenmodem können in der Anschaffung circa 400 Euro kosten. Je nach Anbieter gibt es Möglichkeiten, die Hardware zu mieten oder über eine festgesetzte Vertragslaufzeit in Raten zu zahlen. Einige Anbieter stellen die Hardware bei Abschluss von Verträgen über bestimmte Laufzeiten und/oder Bandbreiten kostenfrei zur Verfügung. Das zum Triple Play gebündelte Angebot für Internet, Telefonie und Fernsehen macht die Satellitentechnologie zusätzlich interessant.

### Auswahl an Ausleuchtungszonen für Breitbanddienste verschiedener Satellitenbetreiber (GEO) (Abbildung 3)

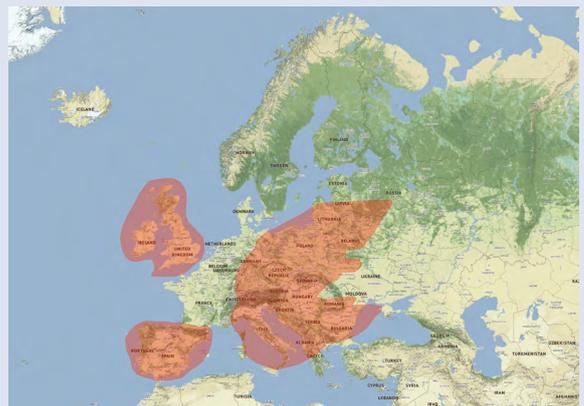
© OpenStreetMap contributors



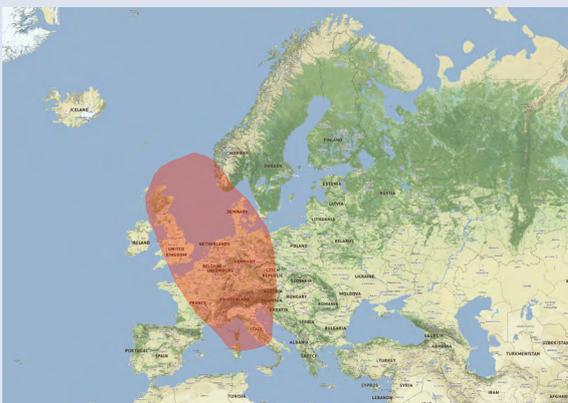
23,5° Ost/ASTRA2Connect



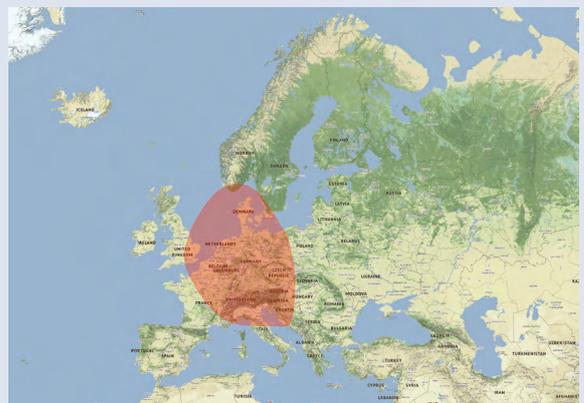
9° Ost/Eutelsat



33,5° West/Avanti HYLAS 1



28,2° Ost/ASTRA Connect



31,5° Ost/Avanti HYLAS 2B

## Verfügbarkeit

Ein besonderes Kennzeichen von Satelliteninternet ist die hohe Verfügbarkeit in der Fläche. An jeder Stelle einer in der Ausleuchtzone eines GEO-Satelliten liegenden Region kann sofort ein schnell installierbarer Internetzugang bezogen werden. Dasselbe Ziel wird mit dem Aufbau flächendeckender Netze von LEO-Satelliten verfolgt, welche die Verfügbarkeit von breitbandigem Internet auf der gesamten Erdoberfläche versprechen. Mit dem ASTRA-Satelliten-Verbund oder dem Eutelsat-Satelliten Konnect sind Breitbanddienste aus dem GEO in ganz Europa und den Nachbarregionen nutzbar. Darüber hinaus sind die Dienste von Avanti in Deutschland, Österreich, der Schweiz, Süd- und Osteuropa, der iberischen Halbinsel, Großbritannien und Irland verfügbar. Insbesondere gewerbliche Kunden nutzen die Satellitentechnologie häufig als redundante Internetverbindung zur Sicherung kritischer Prozesse. Kunden, die über ihre terrestrische Anbindung nur geringe Bandbreiten erzielen, können über Satelliteninternet zusätzliche Bandbreite zuführen.

## Stabilität

Als eine der größten Herausforderungen der GEO-satellitengestützten Internetanbindung galt lange Zeit die starke Abhängigkeit vom Wetter; der Empfang wurde von starkem Regen, Schnee oder Windböen oft erheblich gestört. Das hat sich aufgrund der technischen Weiterentwicklung deutlich gebessert. Inzwischen gibt es adaptive Technologien, die zum Beispiel auf starke Regenfälle reagieren können. Dabei wird die Bandbreite bei entsprechender Wetterlage gedrosselt, um die Verbindung zu stabilisieren. Bei den erdnahen Satelliten ist diese Herausforderung aufgrund der deutlich geringeren Entfernung entsprechend kleiner.

## Latenz

Ein Schwachpunkt des Satelliteninternets im geostationären Orbit ist die Latenz, die physikalisch bedingt ist: Je weiter der Satellit von der Erdoberfläche entfernt ist, desto höher ist die Latenz. Ein GEO-Satellit ist 35.786 Kilometer von der Erdoberfläche entfernt. Ein Signal hin zum Satelliten und wieder zurück überwindet damit eine Strecke von über 70.000 Kilometern – dafür braucht es circa 238,5 Millisekunden. Bei einer bidirektionalen Verbindung wird der Weg (sog. Anfrage-Antwort-Handshake) zweimal zurückgelegt. Damit beträgt die Latenz – ohne Berücksichtigung weiterer möglicher Verzögerungsfaktoren – 477 Millisekunden. Aus diesem Grund ist die Nutzung von Echtzeitanwendungen wie beispielsweise Onlinespielen eingeschränkt. Auch kann es zu einer Verlangsamung von dynamischen Webseiten kommen, bei denen der erwähnte Handshake laufend erfolgt – was aber ohne direkten Vergleich vom Nutzer kaum bemerkt wird. Sprach- und auch Videotelefoniedienste hingegen funktionieren problemlos. Bei der Verwendung von Virtual Private Networks (VPNs) muss darauf geachtet werden, dass der reibungslose Betrieb eine spezifische Konfiguration des Routers erfordert.

Beim Einsatz von LEO-Satelliten lassen sich aufgrund der kürzeren Entfernung zur Erde deutlich geringere Latenzen von wenigen Millisekunden realisieren (siehe Tab. 1). Dies stellt einen der großen Vorteile und wesentlichen Gründe für das Interesse am Aufbau der LEO-Infrastruktur dar.

## Grundversorgung trotz Fair Use Policy gewährleistet

Im Rahmen der Fair Use Policy wird das monatliche Downloadvolumen bei Pauschalangeboten begrenzt – je nach Anbieter und Vertrag liegen die Obergrenzen in der Regel zwischen 10 und 150 GB. Nach Überschreiten des vereinbarten Volumens wird nicht selten die Bandbreite beschnitten oder Daten werden mit geringerer Priorität übertragen. Standardanwendungen wie E-Mail, Instant Messenger oder Websitebesuch werden dadurch nicht nennenswert beeinträchtigt. Begründet wird diese Maßnahme meist mit der technisch bedingten Bandbreitenknappheit und dem Recht aller Nutzer auf Breitbanddienste. Doch es bestehen Möglichkeiten, ohne Einschränkungen online zu bleiben: So bieten alle Serviceprovider ihren Nutzern an, mit zusätzlichen Volumenpaketen Extravolumen und Bandbreite zu erwerben oder in höhere Leistungsklassen zu wechseln. Einige Anbieter räumen ihren Kunden einen Zeitraum in der Nacht ein, in denen das verbrauchte Volumen nicht angerechnet wird.

# Anwendungsbereiche

Derzeit gibt es etwa 36,1 Millionen Breitbandanschlüsse in Deutschland<sup>1</sup> – allerdings überwiegend in Großstädten und Ballungsgebieten. In den ländlichen Gebieten werden knapp 81 Prozent der Haushalte mit einer 50-Mbit/s-Leitung versorgt, wie aus dem Breitbandatlas der Bundesregierung hervorgeht.<sup>2</sup> Neben den bekannten drahtlosen Alternativen wie Long Term Evolution oder Richtfunk kann Satelliteninternet dazu beitragen, Breitbandversorgungslücken in Privathäusern zu schließen.

## Rettungseinsätze und Katastrophenschutz

Bestimmte Anbieter haben sich auf die Entwicklung und den Vertrieb individueller Lösungen spezialisiert. So nutzen zum Beispiel Feuerwehren und Einsatzkräfte mobile, selbstausrichtende Lösungen, die mit einem Redundanztarif aufgeschaltet werden und damit im Einsatzfall sofort überall verfügbar sind.

## Temporäre Lösungen

Für Geschäftskunden, die auf kurzfristig und überall verfügbare performante Anbindungen angewiesen sind, stellen viele Anbieter auch temporäre Lösungen bereit. Davon profitieren zum Beispiel Bauunternehmen.

## Eventlösungen

Auch Event- und Konzertveranstalter können satellitengestützte Internetlösungen nutzen, etwa für Einlasskontrollen, Videostreams oder Gäste-WiFi.

## Kommunikation mit Energiegewinnungsanlagen

Industrielle Anlagen für die Energiegewinnung befinden sich meist in abgelegenen Gebieten, müssen aber permanent überwacht und gesteuert werden. Satelliteninternet ermöglicht es hier, Solar- und Windparks, Biogasanlagen, Pipelines oder Lager mit ihren jeweiligen Kontrollsystemen zu vernetzen.

## Versorgung mehrerer Haushalte oder Kommunen

Alternativ zu einer Versorgung einzelner Haushalte mit jeweils eigenen Satellitenanlagen kann für die Versorgung mehrerer Adressen eine Cluster-Struktur realisiert werden, bei der mehrere Empfangsanlagen zentral angebracht und die Signale von dort an die einzelnen Haushalte verteilt werden. Eine solche Lösung wird derzeit im Rahmen des Pilotprojekts „DORF.digital“ erprobt.

### EXKURS: DORF.DIGITAL

DORF.digital ist eine Initiative der Deutschen Raumfahrtagentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam mit Airbus und Eutelsat mit dem Ziel, die Beitragsfähigkeit der Satellitenkommunikation beim Breitbandausbau in Deutschland zu demonstrieren sowie nicht oder unterversorgte Haushalte und Gemeinden mit schnellem Internet auszustatten. Durch den Einsatz moderner GEO-Satelliten sind Datenraten von bis zu 100 Mbit/s im Download möglich. Im Dezember 2020 startete in dem nordrhein-westfälischen Ort Gruissem bei Neuss das DORF.digital-Modellprojekt, bei dem jeder der rund 30 Haushalte im Laufe des Vorhabens mit einem Internetzugang von bis zu 100 Mbit/s versorgt wird.

1 Vgl. BNetzA (2021). Jahresbericht 2020. Breitbandanschlüsse, elektronisch verfügbar unter:

[www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Jahresberichte/JB2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Jahresberichte/JB2020.pdf?__blob=publicationFile&v=5)

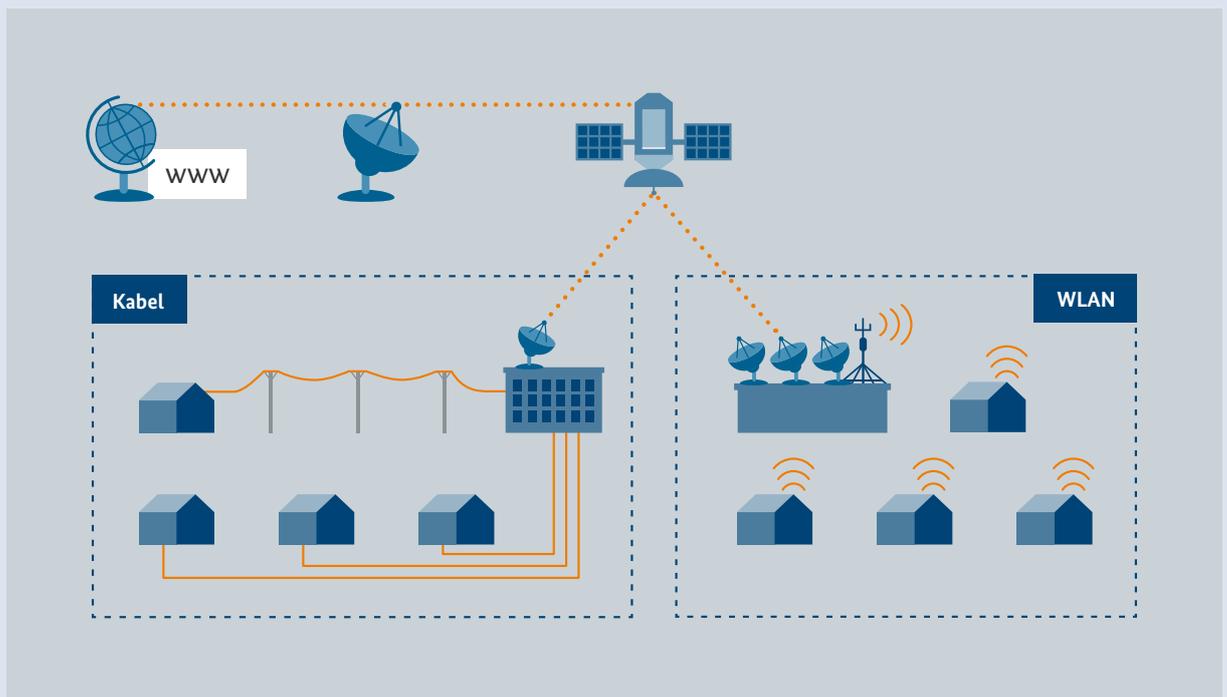
2 Vgl. BMVI/atene KOM (2020). Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland, elektronisch verfügbar unter:

[www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-ende-2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-ende-2020.pdf?__blob=publicationFile).

Unternehmen haben technische Möglichkeiten entwickelt, um Kommunen mittels Satellitentechnologie einen Breitbandzugang zu verschaffen. Die Unternehmen setzen dabei auf eine Satellitenanbindung der kommunalen Kabelverzweiger, um von dort aus das Signal in das Kupferkabelnetz (sog. letzte Meile) zu speisen oder realisieren einen WLAN-Hotspot im Ort, mit dem sich Haushalte und Gewerbetreibende verbinden können (siehe Abb. 4).

Mehrteilnehmerlösungen ermöglichen die Versorgung mit breitbandigem Internet in Mehrfamilienhäusern und Wohnanlagen, ohne dass jeder Teilnehmer eine eigene Außenanlage benötigt. Die Trennung in mehrere unabhängige Anschlüsse übernimmt dabei ein lokales Terminal.

**Anbindung eines Satelliten mit mehreren Haushalten (Abbildung 4)**



# Anbieter

Im Wesentlichen stehen für GEO-Breitbandsatellitendienste in Deutschland und Europa drei kommerzielle Satellitenbetreiber bereit: Avanti, Eutelsat und SES ASTRA.

Dienste aus dem MEO werden über die weltweit verfügbare SES-Konstellation O3b angeboten. O3b als äquatoriale Konstellation hat das Ziel, Entwicklungsländer in äquatorialer Nähe mit breitbandigem Internet zu versorgen. In Deutschland sind die Satelliten nur bei einem niedrigen Elevationswinkel zu sehen, was Abschattungen zur Folge hat und die Verfügbarkeit einschränkt.

Auf der niedrigeren Erdumlaufbahn (LEO) planen derzeit viele Anbieter den Einsatz von Satelliten, die bekanntesten unter ihnen sind Starlink, das Projekt Kuiper von Amazon, das britisch-indische OneWeb, an dem auch Eutelsat beteiligt ist, und Lightspeed des kanadischen Betreibers Telesat. Des Weiteren beschäftigen sich chinesische Staatsunternehmen mit der LEO-Technologie. Starlink bietet auf dem deutschen Markt bereits erste Tarife in einer Betaversion an.

Derzeitige Anbieter von Satelliteninternet in Deutschland, Österreich und der Schweiz (Auswahl):

## Anbieter von Satelliteninternet (GEO, MEO, LEO) (Tabelle 2)

GEO	MEO	LEO
<ul style="list-style-type: none"><li>• bigblu: Eutelsat (KA)</li><li>• EUSANET: Eutelsat (KA)</li><li>• FILIAGO: AVANTI (KA), ASTRA-2Connect (Ku), ASTRA Connect (KA), Eutelsat</li><li>• Novostream: ASTRA Connect (KA)</li><li>• skyDSL: Eutelsat (KA)</li><li>• StarDSL: Eutelsat (KA)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• O3B („the other 3 billion“): SES</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Starlink: SpaceX</li><li>• Project Kuiper: Amazon</li><li>• OneWeb</li><li>• Lightspeed: Telesat</li><li>• chinesische (Staats-)Unternehmen wie CASC, CASIC, Geely und Galaxy Space</li></ul>

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Information gibt es im Bereich der erdnahen Satelliten konkrete Angebote von Starlink und OneWeb sowie absehbar auch von Telesat. Die anderen genannten befinden sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium.

# Fazit und Ausblick

Die aktuellen Anbieter von Satelliteninternetdiensten unterscheiden sich voneinander im Wesentlichen durch die Satelliten, die sie nutzen, und durch ihre Ausrichtung auf private oder gewerbliche Anwender.

Überall dort, wo sich ein terrestrischer Breitbandzugang absehbar nicht realisieren lässt (sog. weiße Flecken), stellt ein Zugang über Satellit eine gute Alternative dar. Der Zugang kann schnell eingerichtet werden und eignet sich zudem für spezielle Einsatzbereiche, die einen ortsunabhängigen Internetzugang benötigen.

Aufgrund des weltweit wachsenden Bedarfs an Internetbandbreiten entwickelt sich die Satellitentechnologie stetig weiter. Zukünftig werden zunehmend Low-Earth-Orbit- und Medium-Earth-Orbit-Satelliten zum Einsatz kommen, mit denen noch höhere Bandbreiten und kürzere Latenzzeiten erzielt werden können.

Insbesondere für Satelliten auf der niedrigen Erdumlaufbahn (LEO) ergeben sich weitere Verbesserungen. Aufgrund der geringen Distanz sind bei einer richtigen Auslegung zukünftiger Konstellationen direkte breitbandige Verbindungen zu Standard-Endgeräten möglich. Dies wird im Rahmen der 5G/6G-Standardisierung aktuell vorangetrieben und eröffnet neue Möglichkeiten, die Grenzen der terrestrischen Netze bei der Flächenversorgung zu überwinden. Darüber hinaus ermöglichen derartige Systeme auch einen sicheren Betrieb kritischer Infrastrukturen, insbesondere im Bereich des autonomen Fahrens und zugehöriger Verkehrssysteme.

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr  
und digitale Infrastruktur (BMVI)  
Invalidenstraße 44  
10115 Berlin  
[www.bmvi.de](http://www.bmvi.de)

### Druck

Bundesministerium für Verkehr  
und digitale Infrastruktur (BMVI)  
Referat Z 32  
Hausdruckerei

### Redaktion und Gestaltung

Gigabitbüro des Bundes  
Kapelle-Ufer 4  
10117 Berlin  
[www.gigabitbuero.de](http://www.gigabitbuero.de)

### Bildnachweis

Titelbild: iStock Photo

### Stand

Juni 2021



Gigabitbüro des Bundes  
Kapelle-Ufer 4  
10117 Berlin

Tel.: +49 (0) 30 2636 5040  
Fax: +49 (0) 30 2636 5042  
kontakt@gigabitbuero.de

[www.gigabitbuero.de](http://www.gigabitbuero.de)