

DER WEISSE FLECK MUSS WEG



Über das Bodenterminal läuft der Datenaustausch mit dem Satelliten. Im Hintergrund steht die Antennenstation des DLR-Standorts Weilheim.

Im DLR-Querschnittsprojekt Global Connectivity via Satellite wird für eine leistungsfähige Kommunikation geforscht

Von Dr. Sandro Scalise

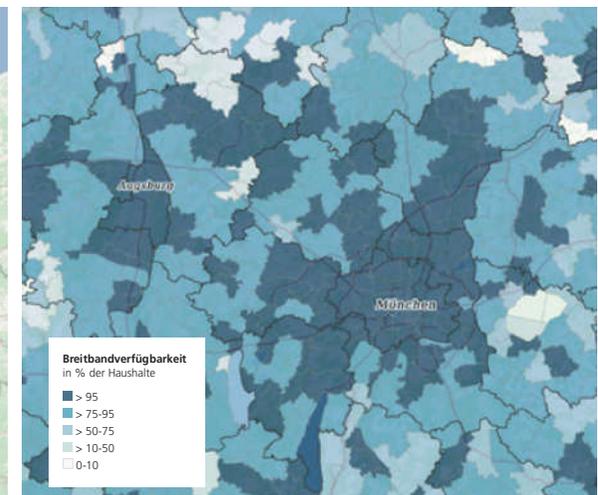
Kein Netz! Schnelles Internet? Fehlanzeige! Man hört ein Fluchen aus Mecklenburg-Vorpommern. Doch auch im Großraum München gibt es Gegenden, in denen weniger als die Hälfte der Haushalte keine Breitbandabdeckung hat. Wenn es sogar unter zehn Prozent der Haushalte sind, dann wird von „weißen Flecken“ gesprochen. Was privat ärgerlich ist, bedroht Unternehmen in ihrer Existenz. Weiße Flecken müssen weg! In diesem Punkt sind sich Parteien und Behörden einig: Im Koalitionsvertrag von 2018 zwischen CDU, CSU und SPD werden „das Ziel eines flächendeckenden Zugangs zum schnellen Internet aller Bürgerinnen und Bürger“ und „ein rechtlich abgesicherter Anspruch zum 1. Januar 2025“ als wesentliche Elemente für die Verwirklichung einer „Gigabit-Gesellschaft“ konkret angesprochen. Das DLR hat dafür ein Querschnittsprojekt gestartet: Global Connectivity via Satellite.

Industrie 4.0 ist ohne breitbandiges, ausfallsicheres und in der Fläche verfügbares Internet schwer vorstellbar. Von vernetzten Produktionsprozessen und Geschäftsmodellen, die sich stark auf das Internet stützen, dürfen Unternehmen in strukturschwachen Regionen nicht ausgeschlossen werden. Auch privat wollen die Bürger zuverlässig auf Informationen zugreifen und kommunizieren; zunehmend geht es inzwischen auch darum, von zu Hause aus arbeiten zu können. Das ist heutzutage in dünn besiedelten Gegenden häufig nicht möglich. Der fehlende Breitbandzugang behindert die wirtschaftliche Entwicklung solcher Regionen und trägt zur Binnenmigration in die Ballungszentren bei. Mehr noch: Wenn bei Großveranstaltungen oder im Katastrophenfall temporär in begrenzten Gebieten keine ausreichende Netzkapazität zur Verfügung steht, sind Menschenleben in Gefahr.

Glasfaser und 5G sind geeignete Technologien, um die Lücken in der Breitbandabdeckung zu schließen. Unter 5G versteht man dabei nicht einfach ein leistungsfähigeres Mobilfunksystem, sondern ein Netzwerk von Netzwerken, die auf die Anforderungen einzelner Sektorselbstsektoren wie Transport, Medien und Fertigung zugeschnitten sind.

Für die 5G-Normung ist das sogenannte 3rd Generation Partnership Project (3GPP) zuständig, eine weltweite Kooperation von Gremien für die Standardisierung im Mobilfunk. Es hat im Dezember 2019 die Aufnahme der sogenannten nicht terrestrischen Netze (NTN) als integralen Bestandteil von 5G beschlossen. Hinter NTN stehen zwei Technologien: die Kommunikation über Luftplattformen ebenso wie die über Satelliten.

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) pflegt ein interaktives offenes Tool, um die tatsächliche Breitbandabdeckung in Deutschland zu überwachen. Bis dato liegt die durchschnittliche Verfügbarkeit des Internetzugangs mit mindestens 16 Mbit/s in den meisten Bundesländern zwischen 75 und 95 Prozent. Eine detailliertere Ansicht der Umgebung von München zeigt allerdings eine Vielzahl verstreuter Stellen, in denen nicht einmal die Hälfte der Haushalte Breitbandzugang hat, in einigen Fällen sind es sogar weniger als zehn Prozent.



Private Breitbandverfügbarkeit (≥ 16 Mbit/s) für Deutschland einerseits und beispielhaft speziell im Großraum München

Quelle: Breitbandatlas des BMVI

Hohe Erwartungen an Raumfahrttechnologien

Kommunikationssatelliten wurden bislang überwiegend für Fernseh- und Rundfunkübertragung, für schmalbandige Mobilfunkdienste in abgelegenen Gebieten sowie für Kommunikationsdienste im maritimen Bereich verwendet. Der breitbandige Internetzugang über Satellit war lange Zeit ein Nischenmarkt (insbesondere in Europa) mit eigenständigen Lösungen verschiedener Satellitenbetreiber, die nicht in 3G- und 4G-Mobilfunknetze integriert wurden. Diese Situation soll sich verändern, getrieben hauptsächlich von zwei Faktoren: Zum einen ermöglicht die Einbeziehung von nicht terrestrischen Netzen als Bestandteil von 5G die vollständige Integration der Satellitenkommunikation in das Mobilfunknetz der nächsten Generation. Zum anderen entsteht derzeit mit dem sogenannten New Space ein völlig neuer Wirtschaftssektor für die Raumfahrt. Eine Vielzahl junger und privatwirtschaftlich organisierter Raumfahrtunternehmen, die unabhängig von Regierungen und traditionellen Großunternehmen arbeiten, will einen schnelleren, besseren und billigeren Zugang zu Welt- und Raumfahrttechnologien entwickeln und damit bereits bestehenden Geschäftsmodellen größere Reichweiten geben. Obwohl nicht alle angekündigten New-Space-Initiativen umgesetzt werden dürften, wird dieser Trend absehbar das Angebot an Konnektivität über Satellit deutlich erhöhen und zu erheblichen Preissenkungen führen. Damit fällt eines der Hindernisse, die der Nutzung von Satellitenkommunikation für Breitbanddienste im Wege stehen.

Datenraten im Terabit-Bereich

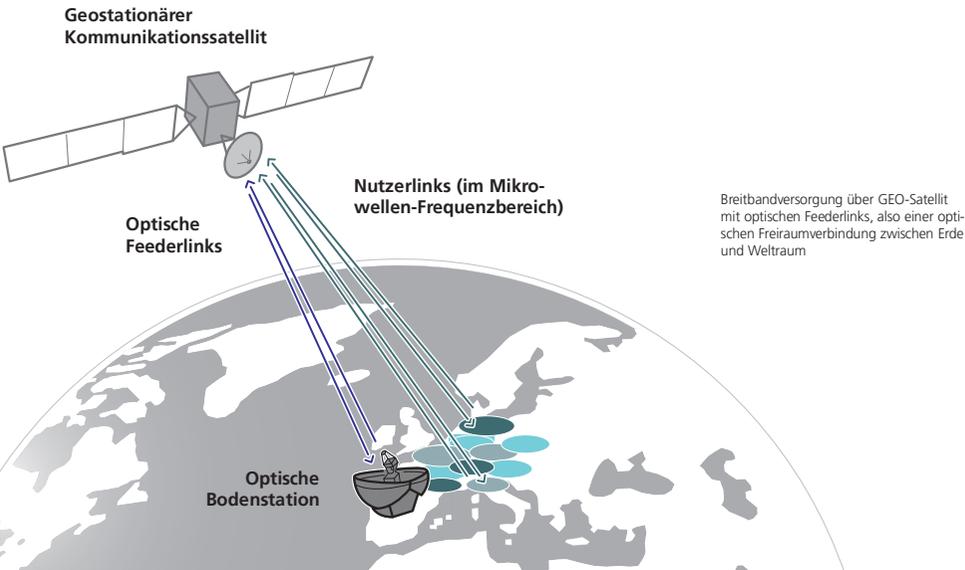
Mit Blick auf diese Zukunftsaussichten hat das DLR sein Querschnittsprojekt Global Connectivity via Satellite gestartet. Darin untersuchen die Institute für Kommunikation und Navigation, für Physik der Atmosphäre und für Flugsystemtechnik Schlüsseltechnologien für sogenannte Very High Throughput Satellites (VHTS). Diese nächste Generation von Satelliten ermöglicht einen Durchsatz in der Größenordnung von Terabit pro Sekunde. Das reicht aus, um circa 62.500 Videostreams mit 4K-Auflösung gleichzeitig zu übertragen. Ein wesentlicher technologischer Baustein, damit Kommunikationssatelliten der ständig steigenden Anforderung an hohe Datenraten gerecht werden und mit den entsprechenden Steigerungen der Datenraten in Mobilfunksystemen Schritt halten, sind leistungsfähige Feederlinks (Funkverbindung von einer Bodenstation zu einem Satellit und umgekehrt) zur Anbindung der Satelliten an terrestrische Netze.

Es ist vorstellbar, dass für 5G nicht terrestrische Netze von Satelliten auf verschiedenen Umlaufbahnen gebildet werden: Satelliten in niedrigen Orbits (LEO, Low Earth Orbit) sind die bevorzugten Kandidaten für Anwendungen wie Sprachdienste oder Onlinespiele. Geostationäre Satelliten (GEO, Geostationary Earth Orbit) sind prädestiniert für Anwendungen, bei denen eine hohe Datenrate der Haupttreiber ist, beispielsweise Streaming oder Video-Upload. Im Unterschied zu den LEO-Satelliten erfordern GEO-Satelliten keine nachzuführenden Antennen am Boden. Denn ein GEO-Satellit dreht sich mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit wie die Erde, er wird von der Erde aus daher immer in einer festen Position gesehen. LEO- oder MEO-Satelliten (Medium Earth Orbit) erfordern stattdessen Bodenantennen mit der Fähigkeit, die Satellitenbewegung zu verfolgen, wenn hohe Datenraten erreicht werden sollen.

Vorzüge der Lasertechnologie

Das DLR-Querschnittsprojekt untersucht die Verwendung von optischen Feederlinks. Heutige Hochleistungssatelliten wie Eutelsat KA-SAT oder ViaSat-1 haben einen Durchsatz im Bereich von 100 bis 150 Gigabit pro Sekunde. Allerdings ist die derzeitige Satellitensystem-Architektur nicht beliebig skalierbar und die aktuelle Generation von Hochdurchsatz-Satelliten stößt bereits an ihre Grenzen: Um einen Durchsatz im Bereich Terabit pro Sekunde anbieten zu können, benötigen solche Satelliten aufgrund der begrenzten Spektrumverfügbarkeit im Mikrowellen-Frequenzbereich zu viele Bodenstationen.

Optische Kommunikationstechnologien hingegen können Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mit viel geringerer Leistungsaufnahme bereitstellen. Sie eignen sich daher besonders für den Einsatz bei Feederlinks. Darüber hinaus ist die verfügbare Bandbreite nahezu unbegrenzt und unterliegt keinen lizenzrechtlichen oder frequenzrechtlichen Hürden. Dies macht die Lasertechnologie zu einem idealen Kandidaten, um mikrowellenbasierte Technologien in den Feederlinks zu ersetzen. Da ein einzelnes optisches Link eine ausreichend hohe Datenrate bieten kann, um den gesamten Satellitendurchsatz zu unterstützen, würde eine einzige optische Bodenstation ausreichen – vorausgesetzt, sie ist für den Satelliten sichtbar. Die Anzahl notwendiger Bodenstationen würde sich dann lediglich an Statistiken zur Wolkenabdeckung orientieren, denn mindestens eine Bodenstation des Netzes braucht klaren Himmel. Simulationsergebnisse zeigen, dass etwa zehn optische Bodenstationen eine Verfügbarkeit von 99,9 bis 99,99 Prozent erfüllen können. Das ist der Bereich, der für kommerzielle Satellitenkommunikationssysteme erforderlich ist.



Satellitenterminal am oberbayerischen Hohenpeißenberg nahe Weilheim. DLR-Wissenschaftler Dr. Juraj Poliak bereitet das nächste Kommunikationsexperiment vor.

Technology) bereits 2017 eine stabile optische Verbindung mit 13,16 Terabits pro Sekunde zwischen dem DLR-Standort in Weilheim und einem virtuellen Satellitenterminal in Hohenpeißenberg hergestellt worden. Die 10,5 Kilometer lange Teststrecke weist Ausbreitungseigenschaften auf, die mit einem Satellitenuplink bei niedrigem Elevationswinkel vergleichbar sind. Dieses experimentelle Testbed wird im Rahmen des Querschnittsprojekts nun weiterentwickelt, unter anderem durch neue Modulations- und Empfangsverfahren. Das soll die Verbindung stabil und somit zuverlässig machen.

Die Lasertechnologie wird bereits heute im European Data Relay System (EDRS) erfolgreich eingesetzt, um die von LEO-Satelliten gesammelten Erdbeobachtungsdaten an einen GEO-Relaisatellit und von diesem auf die Erde weiterzuleiten. Der Einsatz in direkten Verbindungen zwischen Weltraum und Erde und umgekehrt birgt jedoch immer noch eine Reihe technischer Herausforderungen in sich, die hauptsächlich durch die Signalausbreitung in der Atmosphäre bedingt sind: Zusätzlich zum Wolkeneffekt verursachen atmosphärische Turbulenzen starke Signalverzerrungen. Diese führen selbst bei klarem Himmel zu deutlichen Schwankungen der Empfangsleistung. Dieser Effekt muss durch Gegenmaßnahmen wie Signalverzerrung in Kombination mit Adaptive Optics (AO), einer aus der Astronomie übernommenen Technik zur Korrektur von Wellenfrontverzerrungen, gemildert werden. Der Uplink von der Bodenstation zum Satelliten ist besonders schwierig zu bewerkstelligen, da die Größe des Teleskops auf dem Satelliten begrenzt ist. Eine höhere Empfangsleistung kann also nicht durch die Nutzung eines größeren Teleskops erreicht werden.

Unternehmen sind mit im Boot

Das DLR-Team kann im Querschnittsprojekt Global Connectivity via Satellite auf Ergebnisse aus Vorläuferprojekten zurückgreifen. So war beispielsweise im Projekt THRUST (Terabit-Troughput Satellite System

Überdies arbeiten die DLR-Wissenschaftler mit der Industrie zusammen. Beispielsweise entwickeln sie gemeinsam eine geeignete Satellitennutzlast, die das optische Signal in ein elektrisches umwandelt und umgekehrt, unter Einhaltung angemessener Anforderungen an Leistung, Masse und Volumen. Hier sind Firmen wie Tesat Spacecom, ein führender deutscher Hersteller von Lasertechnologieterminals, ADVA Optical Networking, ein Anbieter von Telekommunikationsausrüstung insbesondere für glasfaserbasierte Übertragungstechnik, und Airbus Defence & Space, einer der größten europäischen Satellitenhersteller, Partner des DLR. Gemeinsam verfolgen sie das Ziel, den Breitbandzugang über GEO-Satelliten mit optischen Feederlinks im Rahmen einer Raumflugmission zu demonstrieren und damit den Weg für einen technologischen Durchbruch beim Bereitstellen von Breitbandkonnektivität über Satellit zu ebnen. Dies wäre ein wesentlicher Baustein, um künftig allen Bürgerinnen und Bürgern einen flächendeckenden und jederzeit verfügbaren Breitband-Internetzugang anbieten zu können.

Dr. Sandro Scalise leitet die Abteilung Satellitennetze im DLR-Institut für Kommunikation und Navigation.