

Breitbandversorgung in Deutschland

Kurzfassungen der 17. ITG-Fachkonferenz

12. - 13. Juni 2023, Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (HHI), Berlin

Wissenschaftliche Konferenzleitung

Prof. Dr.-Ing. Ronald Freund
Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Berlin

Lokale Konferenzorganisation

Dr.-Ing. Klaus-Dieter Langer
Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Berlin

Veranstalter

Informationstechnische Gesellschaft im VDE (ITG)
ITG Fachausschuss KT 2 „Kommunikationsnetze und -systeme“
Fachgruppe „Access and Home-Networks“

Mit freundlicher Unterstützung von

VDE Berlin-Brandenburg (ETV)

Adtran

Breitbandnetz-Ausbau: Status und Ausblick

1 Breitband-Ausbau und Regulierung in Europa

NN (FTTH Council Europe, angefragt)

(lag nicht vor)

2 Status des Fiber-Roll-Out in Deutschland

Caspar v. Preysing (PricewaterhouseCoopers GmbH)

Der Glasfaserausbau in Deutschland hat auch in 2022 wieder an Fahrt aufgenommen. Auf 4.2 Mio. neue Homes Passed schätzt die BNetzA in ihrem letzten Bericht den Zuwachs an FTTH/B "Homes Passed". Das entspricht einer Verdoppelung des Zubaus vom Vorjahr. Zum Jahresende konnten damit 32% der rund 41 Mio. Haushalte in Deutschland einen Glasfaseranschluss buchen. Wenn diese Ausbaugeschwindigkeit in den nächsten Jahren mindestens aufrechterhalten werden könnte, würden die Ausbauziele der Bundesregierung (50% Glasfaser Verfügbarkeit bis 2026 und 100% bis 2030) erreicht. Während das Gesamtfazit zur Entwicklung der Glasfaserversorgung in 2022 damit zweifellos positiv ausfällt, lohnt sich ein näherer Blick auf die Daten: z.B. ein wachsender Anteil der errichteten Glasfaseranschlüsse sind nur "Homes Passed" und die "Take-up rate" bei Glasfaseranschlüssen ist in 2022 weiter gesunken (26%). Zudem hat sich die Großwetterlage im Glasfasermarkt zuletzt eingetrübt. Steigende Bau- und Finanzierungskosten sowie das steigende Risiko, von Wettbewerbern überbaut zu werden, bedeuten Gegenwind für den eigenwirtschaftlichen Ausbau der Netzbetreiber. In der Konsequenz schrumpfen Ausbaugebiete, bereits geschlossene Kooperationsverträge mit Kommunen werden neu verhandelt und teilweise vollständig gekündigt. Für die Kommunen bedeutet das neue Vorzeichen für das Abwägen von Genehmigung für mindertiefe Verlegemethoden oder die Nutzung vorhandener Infrastruktur, wie z.B. Holzmasten. Die staatliche Förderung wird in den meisten Regionen wieder deutlich an Bedeutung gewinnen. Der Glasfaserausbau ist also auch 2023 noch kein Selbstläufer geworden.

3 ICT Energy Efficiency and Sustainability

Dr. Klaus Grobe (ADVA / Adtran GmbH)

The contribution starts with an overview on the developments of the most relevant environmental impacts of ICT (infrastructure) equipment, that is, energy consumption (which leads to carbon emissions) and generation of waste electrical and electronic equipment (WEEE) and the associated raw-material consumption, respectively. In general, environmental impact of any device or service can be calculated by lifecycle assessment (LCA). LCA considers so-called midpoint parameters like global warming potential, resource depletion potential, ecotoxicity and others across all lifecycle stages, from mining and production via any logistics and the use phase to the end-of-life treatment. An LCA example of an XGS-PON OLT is discussed. It is shown that for equipment with similar use mode (long usage, 24/7 always-on utilization), most midpoint parameters are clearly dominated by the use phase.

Next, a simple parameter for lifetime evaluation, which is based on simplified LCA, is introduced. This parameter, UPR10, requires forward-looking assumptions for the electricity emission factor and the development of the energy efficiency, respectively. These parameters are required since the analysis based on UPR10 can cover very long periods in which these parameters change. For two emission-factor scenarios – average grid mix and 100% renewable energy – the UPR10 threshold values between very long (extended) lifetime and replacement by more efficient successor equipment are derived. As a first example, the XGS-PON OLT is analyzed. It has a high UPR10 value, indicating that the OLT should be replaced after certain time given more efficient successor equipment is available. In general, UPR10 depends on the equipment utilization. For infrastructure equipment like the OLT, utilization is 24/7 always-on. For other classes of (ICT) equipment, this may be different.

4 Anwendungen von 5G-Campusnetzwerken – Vision und Realität

Thomas Höschele (CampusGenius GmbH)

Private 5G-Netzwerke dienen der Vernetzung von Maschinen in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen, von Krankenhäusern über landwirtschaftliche Nutzung bis hin zur Produktion. Damit sollen vor allem die Nachteile heutiger W-LAN Netze für die drahtlose Verbindung von Sensoren, Aktoren und Maschinen aufgelöst und auch neue Anwendungsfälle ermöglicht werden. Mit der Freigabe der Frequenzen durch die BNetzA 2019 wurde der Aufbau solcher Netze in Deutschland für Firmen und Forschungseinrichtungen ermöglicht. Der Vortrag stellt die damalige Vision für 5G-Campusnetzwerke, mögliche Architekturen, Vorteile und Umsetzungsoptionen dar und vergleicht diese mit den bis heute aufgebauten Netzwerken, sowie mit dem aktuellen technischen und wirtschaftlichen Fortschritt bei Campusnetzwerken. Ebenso werden bereits umgesetzte Anwendungsfälle erläutert und ein Ausblick auf die Zukunft gegeben.

5 6G Mobilfunk der nächsten Generation

Prof. Dr. Slawomir Stanczak (Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut)
(lag nicht vor)

FTTH: Ökonomische Aspekte

6 Keynote: Zinsen, Überbau, Bürokratie: Soll man noch in den Breitbandausbau investieren?

Thomas Langer (Langer Consulting)

Der Glasfasernetzausbau in Deutschland hat seit spätestens 2019 durch das Kapital privater Investoren ein deutliches Momentum erlangt. Im Jahr 2022 alleine wurden ca. 4 Mio. Homes Passed gebaut, nicht zuletzt wegen der Aktivität der Deutsche Telekom. Allerdings zeichnete sich schon 2020 ab, dass viel (zuviel?) Kapital sich auf attraktive suburbane Gebiete mit keiner oder schwacher Kabelpenetration konzentriert hat. Mehr als 30 Investment-Plattformen tummeln sich aktuell im deutschen Markt, die durch die Politik des billigen Geldes der Notenbank auf günstige Fremdfinanzierung hoffen konnten. Durch den Zinsanstieg seit 2022 ist aber so mancher Businessplan ins Wanken geraten, zwei Investment-Plattformen (GlasfaserDirekt und HelloFiber) meldeten Insolvenz an. Dabei ist der Zinsanstieg allein nicht ursächlich, sondern wirkt eher wie ein Brandbeschleuniger, der die unausweichliche Konsolidierung beschleunigen wird. Auf dem Weg dahin ist ein Infrastrukturwettbewerb die logische Konsequenz, der sich in vielerorts diskutierten Überbauszenarien widerspiegelt. Vor diesem Hintergrund muss man eigentlich froh sein, dass die Bürokratie, sprich die mit Ausbauvorhaben befassten Ämter, noch immer mit ihrer eigenen Prozessoptimierung befasst sind. Vor diesem Hintergrund lässt sich die Frage, ob man noch in den Breitbandausbau investieren soll, wie folgt beantworten: Es hängt mehr denn je davon ab, wer "man" ist, und letztlich - wie immer - vom Preis.

7 Neue EU State Aid Guidelines

Dr. Thomas Plückebaum (WIK-Consult GmbH)

Die Europäische Kommission hat ihre Leitlinien für den geförderten Ausbau von Breitbandnetzen aus dem Jahr 2013 überarbeitet und an die Breitbandziele des Europäischen Codes für Elektronische Kommunikation (EKEK) angepasst. Die Neuerungen traten im Januar 2023 in Kraft. Danach liegt das Versorgungsziel des geförderten Ausbaus im Festnetz bei 1 Gbps downstream und muss auf Glasfaser aufbauen. Auch der Mobilfunk wird als separater Markt förderfähig. Auch NGA geförderte Gebiete können erneut gefördert werden. Im Prinzip bleiben Vorgaben zum Schutz des Wettbewerbsmarktes erhalten, nachdem Wholesale Vorleistungen

zur Verfügung gestellt werden müssen. Allerdings sind für aktive Vorleistungen auf geteilten Übertragungsmedien nun qualitative Mindeststandards einzuhalten, die klar definiert sind. Die wesentlichen Veränderungen werden im Beitrag beschrieben.

8 Wholesale-only als Geschäfts- und Wettbewerbsmodell beim Glasfaserausbau

Julian Knips (WIK-Consult GmbH)

Der Vortrag beschäftigt sich zunächst mit dem Wholesale-only-Geschäftsmodell und dessen Abgrenzung von Open Access im Allgemeinen. Im Folgenden wird im Hinblick auf die verschiedenen Ebenen der Wertschöpfungskette auf die möglichen Ausgestaltungsformen (ALOM, PLOM, 3LOM) eingegangen. Als konkretes Praxisbeispiel für eine Umsetzung von Wholesale-only beim Glasfaserausbau im ländlichen Raum wird das Modell der Go Fiber in der deutschsprachigen Gemeinschaft in Belgien vorgestellt. Aufbauend auf den theoretischen und praktischen Ausführungen folgen eine wettbewerbsökonomische Diskussion des Wholesale-only-Modells und seiner unterschiedlichen Ausprägungen sowie eine Erörterung der Vor- und Nachteile von Wholesale-only als Geschäftsmodell für Infrastruktur ausbauende Unternehmen. Abschließend folgt eine Darstellung der aktuellen Bestrebungen im Hinblick auf Wholesale-only in Deutschland und ein Fazit über die damit verbundenen Potentiale für den Glasfaserausbau.

9 Breitbandmesstool der Bundesnetzagentur: Aktueller Stand und Neues zur Minderung im Mobilfunk

Volker Sypli (BNetzA - Bundesnetzagentur)

Die Präsentation zum Breitbandmesstool der Bundesnetzagentur gibt einen Überblick über den Messansatz (Messverfahren und Systemarchitektur) und die Aktuelle Implementierung. Die unterschiedlichen Module Festnetzmessung (Desktop App), Mobilfunkmessung (Mobile App) und Funklocherfassung werden erläutert. Deren Messansätze und Zielsetzungen aus Endkundensicht werden erläutert. Außerdem werden die Ergebnisse des aktuellen Jahresberichts der Breitbandmessung vor dem Hintergrund des Messansatzes und Zielvorstellungen umrissen. Abschließend gibt es einen Überblick über aktuelle Entwicklungen und Weiterentwicklungen der Breitbandmessungen. Hierbei ist insbesondere die Ausweitung des Nachweisverfahrens zum Nachweis nicht vertragskonformer Leistungen gemäß TKG §57 auf den Bereich des Mobilfunks zu nennen.

FTTH: Netzausbau

10 PON quo vadis? The road from GPON to Very High Speed PON

Martin Kuipers (Adtran GmbH)

Passive Optical Networks (PON) standardized by ITU are widely used to provide internet access to residential and enterprise customers. The majority of the deployments are based on Gigabit-capable PON (G-PON) with a line rate of 2.5 Gbit/s specified in 2005. Since then, new generations of single channel PON standards have been developed with line rates of 10 Gbit/s (XG-PON and XGS-PON) and 50 Gbit/s (HSP). Recently the ITU-T Q2/15 started work on a new Supplement G.suppl.VHSP (Very High Speed PON) to study PON transmission technologies above 50 Gbit/s per wavelength. It is still open what the line rate of the next PON generation will be and what transmission technology should be used. The increase in bandwidth between single-channel PON generations has been usually a factor of 4-5, and new generations are introduced into the networks roughly every 7-10 years. Therefore, it is anticipated that the next PON generation should provide ≥ 200 Gbit/s on a single wavelength. There seems to be con-

sensus that line rates beyond 100 Gbit/s on a single wavelength will require coherent transmission techniques. Various options and simplifications are possible to reduce the complexity, costs and power consumptions of coherent transceivers that are subject to further research.

11 Interoperabilität von Glasfaser Equipment

Carsten Engelke (ANGA Der Breitbandverband e.V.)

Für den erfolgreichen Glasfaserausbau ist die Interoperabilität aller an der Dienste-Kommunikation beteiligten Komponenten unabdingbar. Dies muss schon bei der Planung der Dienste berücksichtigt werden. Werden Netze unterschiedlicher Betreiber zusammengeschaltet, müssen diese auf Interoperabilität getestetes Equipment nutzen, um eine qualitätsgerechte Dienstleistung zu ermöglichen. Das wirkt sich natürlich insbesondere auf die Initiativen zum Open Access aus. Selbst dann, wenn „nur“ passive Komponenten unter dem Begriff „Dark Fiber“ zusammengeschaltet werden, müssen für die Dienste OLT und der ONT aufeinander abgestimmt sein und auf ihre Interoperabilität getestet werden.

Für solche Interoperabilitätstest müssen die Komponenten von einer unabhängigen Stelle geprüft werden. Dazu sollten die großen Netzbetreiber die Anforderungen definieren und die entsprechenden Testpläne definieren. Dabei müssen die Parameter für den praktischen Betrieb der Netze umfassend abgebildet und abgetestet werden.

12 Fifth and Sixth Generation Fixed Networks

Dr. Maxim Kuschnerov (Huawei Technologies)

Der Breitbandausbau stützt sich aktuell auf GPON und XGS-PON Technologien, obwohl die generelle FTTH/B Abdeckung in Deutschland weit unter dem europäischen Durchschnitt liegt. 50 Gb/s FTTH ist bereits in den Startlöchern und wird in den nächsten Jahren im Markt eingeführt. Eine wichtige Problemstellung hierbei ist eine kosteneffiziente Technologie, welche die Unterstützung der bestehenden passiven optischen Verteilernetze und eine Erweiterung auf 50 Gb/s bei einer parallelen Nutzung von älteren Technologien auf der gleichen Faser ermöglicht. Verbesserte Signalverarbeitung und integrierte Optik werden hierbei kombinierte Module mit GPON, XGS-PON und 50G PON ermöglichen und alle Szenarien mit hohen Streckenverlusten abdecken. Neue Szenarien werden unterstützt, wie die Evolution von WiFi, Campus und Mobile Fronthaul Netzen. Die Anwendungsfälle in den nächsten 10 Jahren werden sich stärker in den Bereich von Maschine-zu-Maschine-Kommunikation mit sehr geringer Latenz verschieben, was in der Synergie mit künftigen 6G Funknetzen eine Adaption der Zugangsnetzarchitektur und weitaus höhere Datenraten erfordern wird.

Resilienz und Sicherheit

13 Vorstellung des Strategiepapiers „Resilienz der Telekommunikationsnetze“

Max Planken (BNetzA – Bundesnetzagentur)

Telekommunikationsnetze sollen ein hohes Schutzniveau und größtmögliche Stabilität aufweisen. Ereignisse wie die Flutkatastrophe in Westdeutschland, die Corona-Pandemie und die aktuelle Lage in der Ukraine haben verdeutlicht, dass sich die äußere Bedrohungslage in der Telekommunikation verschärft hat.

Die Bundesnetzagentur möchte gemeinsam mit dem BSI in Zusammenarbeit mit den Vertretern der Telekommunikationsbranche die Widerstandsfähigkeit der öffentlichen Netze und öffentlich zugänglichen Dienste steigern und hat dazu im September 2022 ein Strategiepapier zur Resilienz der Telekommunikationsnetze veröffentlicht. Die Bundesnetzagentur zeigt darin erste Handlungsempfehlungen für eine weitere Stärkung der Widerstandsfähigkeit unserer Telekommunikationsnetze auf.

14 Die Glasfaser als kritische Infrastruktur

Dr. Colja Schubert (Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut)

Ein wichtiger Teil der Infrastruktur in Deutschland besteht aus komplexen, vielschichtigen Netzen, ohne die wir im täglichen Leben nicht auskommen würden. Dazu gehören nicht zuletzt auch die Glasfasernetze, wie der Anschlag auf das Kommunikationsnetz der Deutschen Bahn im letzten Jahr eindrucksvoll gezeigt hat. Dr. Colja Schubert, Gruppenleiter im Bereich Optische Untersee- und Kernnetze am Fraunhofer HHI, analysiert und entwickelt mit seinem Team neuartige, sichere, optische Kommunikationssysteme für mittlere bis lange Reichweiten (40 bis 10.000 km). Ein immer wichtigerer Aspekt der Forschung ist, wie kritische Kommunikationssysteme künftig besser vor Sabotage und Angriffen geschützt werden können. Im Rahmen des Vortrages wird es darum gehen, wie solche Infrastrukturen überhaupt angegriffen werden können, welche Schwachstellen es gibt und welche technischen Lösungen existieren, um die Gefahr und die Auswirkungen von Anschlägen oder unbeabsichtigten Schädigungen zu verringern. Erhöhung der Zugangssicherheit, Aufbau von Resilienzen und die frühzeitige Erkennung von Bedrohung spielen dabei eine wichtige Rolle.

15 Sicherheit von 5G und Open RAN durch Zertifizierung und praxisnahe Tests

Sarah Ellinger (BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik)

Der Vortrag stellt die Rolle des BSI als Cyber-Sicherheitsbehörde des Bundes im Bereich Standardisierung und Zertifizierung von 5G vor und setzt sich mit den aktuellen Entwicklungen bei der Sicherheit von Open RAN auseinander. Open RAN ist ein Technologiekonzept im Bereich der 5G Mobilfunkkommunikation, das zusätzliche und offene Schnittstellen für bisher proprietäre Komponenten des Funkzugangsnetzes (RAN - Radio Access Network) einführt. Dadurch sollen Offenheit und Interoperabilität im RAN eines Mobilfunknetzes gefördert werden. Das BSI beobachtet und begleitet den Entwicklungsprozess von 5G und Open RAN. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf den Sicherheitsarchitekturen und Testspezifikationen, denn das BSI setzt sich fortwährend für die Umsetzung von Security by Design und Security by Default ein. Auch die Zertifizierung von Netzwerkkomponenten ist ein wichtiger Baustein für die Sicherheit moderner Mobilfunksysteme. Das BSI stellt deshalb mit NESAS CCS-GI ein nationales Zertifizierungsschema für 5G Mobilfunkausrüstung zur Verfügung und ermöglicht es Herstellern, die Sicherheitsaussage ihres Produktes durch ein unabhängiges Zertifikat bestätigen zu lassen. Außerdem stellt der Vortrag das Test-Environment for Mobile Infrastructure Security (TEMIS) vor. Im BSI-eigenen Mobilfunklabor sollen zukünftig praxisnahe Sicherheitstests auf Carrier-grade Mobilfunkhardware durchgeführt werden.

16 Open Testbed Berlin 5G and Beyond - Ergebnisse und Ausblick aus Sicht der optischen Netze

Dr. Kai Habel (Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut)

Im Rahmen des Projektes Open Testbed Berlin 5G and Beyond (OTB-5G+) wurde am Campus TU Berlin (Nord)/Fraunhofer HHI für den Betrieb eines 5G-Mobilfunknetzes die notwendige Netzwerk-Infrastruktur zunächst geplant und anschließend aufgebaut. Das glasfaserbasierte Transportnetz besteht aus einem ringförmigen Metronetzwerk mit drei Knoten und dem optischen Zugangsnetz zur Anbindung der Trägersysteme (Straßenlaternen, Outdoor-Gehäuse) für den 5G-Mobilfunk sowie der Edge-Cloud-Infrastruktur zur Netzwerk-Steuerung bzw. Datenverarbeitung. Weiterhin werden Optionen zur Erhöhung der Resilienz im optischen Zugangsnetz für den Anwendungsfall des optischen Fronthauls von 5G/6G-Mobilfunknetzen diskutiert. Nach Beendigung des Projektes wird die Infrastruktur nicht zurückgebaut, sondern für aktuelle Forschungsvorhaben im Rahmen der 6G-Plattform genutzt.

Breitband-Gebäudenetze

17 Her mit den Bits! Eine kurze Geschichte zur Strukturierten Gebäudeverkabelung - und was wir daraus lernen können

Thomas Sentko (DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
(lag nicht vor)

18 Standardisierung und Vorkonfektionierung – die Schlüssel zum schnellen, zuverlässigen Glasfasernetzausbau

Jürgen Albrecht (Amadys Germany GmbH)

Der Digitalausbau hinkt den von der Bundesregierung gesteckten Zielen erheblich hinterher. Das ist nur allzu bekannt. Derzeit prüft die Bundesnetzagentur sogar, ob die Netzbetreiber Deutschland ausreichend mit Mobilfunknetzen versorgt haben. In Bayern warf Wirtschaftsminister Aiwanger den Netzbetreibern jüngst vor, ihre Vorgaben nicht zu erfüllen. Angesichts des digitalpolitischen Kernziels eines flächendeckenden Breitbandausbaus bis 2030 ist das Thema hochaktuell und brisant – Sanktionen und hohe Bußgelder stehen im Raum. Damit Deutschland den Anschluss nicht verpasst, muss sich die Ausbaugeschwindigkeit drastisch steigern.

Dies gelingt mit standardisierten und vorkonfektionierten Systemen: Sie sind ein entscheidender Hebel, um die Schnelligkeit im Glasfaserausbau sicherzustellen. Einen – bisher in Deutschland wenig bekannten und kaum verbreiteten – Ansatz bieten Komplettsysteme an FttX-Konnektivitätslösungen, bestehend aus modularen Building Blocks und vorkonfektionierten Komponenten. Sie umfassen vorkonfektionierte PoPs sowie Zuleitungskabel, Verteilerpunkte, Anschlusslösungen zum und beim Endkunden. Die hohe Qualität der standardisierten und zertifizierten Produkte und die garantierte Kompatibilität aller eingesetzten Komponenten untereinander bilden dabei die Grundvoraussetzung. Diese sogenannten One-Stop-Shopping-Lösungen sind mit Blick auf den Investitionsschutz des Assets Glasfasernetzwerk konzipiert und basieren auf einem ausgereiften Materialkonzept, inklusive Forecast-Modell zur Sicherstellung von Just-in-Time-Lieferungen auf die Baustelle, Trainings von (Sub)Unternehmern und einer engmaschigen Kundenbetreuung. Das Ergebnis sind hochwertige, zuverlässige und passgenaue passive Netzwerke mit hoher FttX-Investitionssicherheit.

Der Vortrag erläutert, wie der Breitbandausbau mit etablierten und abgestimmten Prozessen, standardisierten Produkten und aufeinander abgestimmten Lösungen auf die Überholspur wechseln kann. Darüber hinaus wird aufgezeigt, welche Rolle fortschrittliche Technologien spielen, wie etwa der Einsatz alternativer Verlegetechniken (Stichwort Spülbohren, Trenching-Verfahren und SkyWrap-Technik), und wie der Abbau bürokratischer Hürden sowie gezielte Maßnahmen gegen den Fachkräftemangel einen schnelleren Breitbandausbau bewirken könnten.

19 Der Weg zum schnellen Breitbandausbau

Jörg Beil (Hauff-Technik GRIDCOM GmbH)

Was hemmt den Breitbandausbau mehr als ein Baustellenstopp? Richtig, fast nichts! Materialknappheit, nicht bedarfsgerechte Bestellungen oder Fehlkommunikation bei der Konfiguration können Ursachen für einen Baustellenstopp darstellen. Hauff-Technik GRIDCOM setzt genau hier an und bietet mit ihren schlüsselfertigen 2LINE Produkten wie der PoP Station, dem Multifunktionsgehäuse und den Glasfaser Netzverteilern die Lösung. Dabei können alle Artikel bereits vorkonfektioniert ab Werk ausgeliefert werden. Mit diesem Weg spart man Montagezeit auf der Baustelle, Ärger und Kosten. Wir leben unsere Partnerschaft und den engen Austausch mit unseren Kunden. Dadurch können wir Individualität und Qualität – made in Germany nicht

nur bewerben, sondern auch liefern. Verurzelt in Rosenberg und Heidenheim fertigen wir regional und beliefern national und international unsere Kunden. So überzeugen wir stets mit kurzen Liefer- und Reaktionszeiten.

20 Aus der Praxis – für die Praxis; Hybrider Glasfaser-Ausbau in einem Berliner 19-WE-Haus Rainer Bücken (Redaktions- und (U)HD-TV-Projektbüro)

Die Deutsche Telekom hat sich den FTTH-Ausbau auf die Fahnen geschrieben. In den Ausbaugebieten bietet sie einen kostenlosen Ausbau mit Glasfasern bis in die Wohnungen an. Dieser Ausbau erfolgt bedarfsgerecht, soll heißen, nur die Wohnungen werden versorgt, für die zuvor ein Neu- oder ein Portierungsvertrag geschlossen wurde.

Dazu werden entweder vorhandene Leerrohr-Anlagen genutzt oder – wo das nicht möglich ist – Aufputzkanäle gesetzt, in die dann die Glasfasern eingelegt werden. Wer andere Lösungen bevorzugt und glatte Wände bzw. Decken erhalten will, muss selbst investieren und im Eigenausbau möglichst vor anstehenden Renovierungen im Treppenhaus und den Etagen selbst Leerrohre unter Putz verlegen bzw. durch eine Elektrofirma verlegen lassen.

Ein solch hybrider Ausbau ist Gegenstand des Vortrags, in dem es auch um das Thema Akzeptanz, also tatsächliche Anschlussbereitschaft, geht. Im Allgemeinen rechnet die Telekom mit einem „home connected“ bzw. „home contracted“-Anteil von unter 20% (take-up-Quote). Im angesprochenen Haus, in dem der Vortragende zugleich Vorsitzender des WEG-Verwaltungsbeirats ist, sind die Quoten deutlich höher, liegen aktuell bei 100% connected und über 60% contracted – auf dem Weg zu 80%. Die Gründe hierfür werden diskutiert, hängen aber nicht zuletzt mit den immer maroder werdenden Kupfer-Infrastrukturen und einem hohen persönlichen Engagement zusammen. Auch auf Probleme beim Ausbau und mit der GPON-Technik wird eingegangen.

Gleichzeitig werden neue Verlegungstechniken der Glasfaser bis in die Wohnungen vorgestellt („Clear Track Fiber Pathways“) sowie – mögliche – neue Vermarktungs- und Ausbaustrategien der Deutschen Telekom und ihrer Wettbewerber. Es werden auch die erforderlichen geräte-technischen Maßnahmen erörtert, die eine verglasfaserte Infrastruktur nach sich zieht. Den Abschluss bildet eine Pro- und Contra-Diskussion von praxisbezogenen Kupfer- und FTTH-Anwendungen.

Satellitengestützte Breitbandzugänge

21 Fixed Wireless and Mobile Internet Access via Satellite

Jörg Deutschmann (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)

Internet via satellite is an advanced technology for various applications. The Starlink low earth orbit (LEO) satellite megaconstellation is growing continuously. As of May 2023, Starlink has more than 3500 satellites in orbit. Upcoming versions of Starlink satellites are planned to be more powerful and have lasers for inter-satellite communication. Geostationary orbit (GEO) satellite Internet access has been around for many years and new very high throughput satellites have been launched recently. Still, the high latency is an issue for some applications. The performance of Internet protocols and applications is discussed, highlighting strengths and challenges over both GEO and LEO networks. A future trend is satellite communication for mobile use. This includes satellite-to-cell direct access and the integration of satellite communication for automotive use cases and vehicular networks.

22 VPN ohne V - eine Satelliten-Konstellation als sicheres Breitband-Netzwerk im erdnahen Orbit

Dr. Thomas Laurent (Rivada Space Networks GmbH)

Satellitengestützte Kommunikationsdienste ergänzen zunehmend die auf bestehenden terrestrischen Infrastrukturen angebotenen Services, mitunter sind sie die Alternative. Neue technologische Ansätze können nicht nur zu deren Bereitstellung beitragen, sie werden auch gänzlich neue Anwendungsfälle ermöglichen und die gegenwärtigen disruptiv verändern. Wir stellen hier eine solche Konstellation im erdnahen Orbit vor. Insgesamt 600 Satelliten auf polaren Umlaufbahnen, die über optische Laserlinks kommunizieren, sorgen für eine globale Abdeckung. In einer Höhe von 1050 km bilden sie ein vollständiges optisches Backbone im Welt-raum, das zwei beliebige Punkte auf der Erde mit einer Datenrate von > 10 Gbps (full duplex) verbinden kann. Up- und Downlink werden jeweils im Ka-Band übertragen. Der Netzwerkbetrieb ist physisch von allem auf der Erde getrennt und bietet von daher auch eine unübertroffene Sicherheit. Außerdem erfolgt der Datentransport im All ($n = 1$) im Vergleich zu Glasfaserbasierten Systemen ($n = 1.5$) deutlich schneller; selbst worst-case Simulationen zeigen hier den meisten anderen best-case Szenarien überlegene Resultate.

23 Fliegende Netzknoten für 6G-Mobilfunk

Prof. Dr. Matthias Geissler (IMST GmbH)

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt zum zukünftigen 6G-Mobilfunk sind ‚3D-Netze‘. Darunter versteht man die Realisierung eines Mobilfunknetzes durch Kombination von klassischen terrestrischen Basisstationen mit ‚fliegenden Netzknoten‘ wie zum Beispiel Drohnen (LAPs = Low Altitude Platforms), Stratosphären-Gleiter (HAPs = High Altitude Platforms) oder Satelliten. Fliegende Netzknoten gibt es bereits in 5G, neu bei 6G ist jedoch der holistische Ansatz, d.h. die fliegenden Netzknoten sollen als gleichberechtigte Knoten neben den terrestrischen Stationen agieren und die Mobilfunk-Verbindungen sollen automatisch durch dieses 3D-Netz anhand verschiedener Anforderungen und Kriterien geroutet werden. Dieses 3D-Konzept ist für die Netzbetreiber von großem Interesse, denn hierdurch könnte man Netzkapazität je nach Bedarf zeitlich und örtlich verschieben und somit eine bessere Netz-Verfügbarkeit bei deutlich geringerem Investitions- und Energiebedarf realisieren. Die Architektur- und Technologieaspekte des 3D-Netzes befinden sich noch in einer frühen Forschungsphase, dieser Vortrag befasst sich speziell mit den Möglichkeiten der Anbindung von fliegenden Netzknoten an das Core-Netz durch die passende Hochfrequenz- und Antennentechnik.

Breitbandnetztechnik der kommenden Generation

24 Routed Optical Networking

Valerio Viscardi (Cisco)

Cisco Routed Optical Networking is an architecture that delivers improved operational efficiencies and simplicity. The recent evolution of pluggable technology enables the integration of DSPs for coherent DWDM transmission. This has been made possible by the reduction of gate lengths in semiconductor process nodes, which also drives the increase of throughput in IP router's NPUs and interfaces.

In this presentation we will see how an optimized IP+Optical architecture can simplify operations, reducing network CapEx and OpEx and increase network efficiency and profitability.

25 Innovative Spectrum Management and Regulation for the 6G Era

Ulrich Rehfuss (Nokia)

6G will further enhance the capabilities of mobile communication technology and open new application spaces. This will further drive additional data volumes in the public networks. Even before the start of 6G, threefold data volumes are predicted for 2023-2027, with revenue of mobile network operators only to grow by 8%. New sites are hard to acquire, costly and also negatively impact the green footprint. Spectrum efficiency at Shannon limit can only grow by increasing the number of antenna elements at both ends of the radio link. Thus, the primary means to deliver on growing data volumes affordably for consumers and businesses is via additional spectrum in low and mid bands added to existing site infrastructure. At the same time, non-public networks for vertical use cases have demand for spectrum. While 6G will continue to require exclusive access to spectrum for predictable QoS for many services, access to shared spectrum can complement exclusive licenses. Sharing spectrum geographically (e.g. UK shared access or German local licences) addresses static needs. Schemes like CBRS in the US and LSA in Europe allow for certain dynamics in sharing, primarily to cope with sporadic incumbent use. Media production for e.g. outside news gathering requires temporary access to spectrum at certain locations on short notice, investigated e.g. under eLSA in ETSI RRS. With the evolution of radio interfaces and spectrum databases, we can expect more advanced sharing schemes to help supply 6G with the spectrum needed.

26 THz-Wireless for Next Generation Access

Dr. Robert Elschner (Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut)

Die drahtlose (sub-) THz-Kommunikation mit Trägerfrequenzen zwischen 100 GHz und 300 GHz gilt als eine der Schlüsseltechnologien für zukünftige 6G-Netze. Durch die Verwendung von noch höheren Frequenzbändern als 5G-Millimeterwellen (mmWave) New Radio (NR) werden extrem hohe Bandbreiten von mehreren 10 GHz verfügbar, die eine massive Erhöhung der drahtlosen Datenraten auf 100 Gb/s und mehr erlauben. Ebenso wird eine stärkere Integration von faser-optischer und drahtloser Infrastruktur auf der physikalischen Schicht möglich. Durch die Verwendung von Antennen mit hoher Richtwirkung sind auch größere Entfernungen von bis zu 1 km überbrückbar. Im Vortrag werden Chancen und Herausforderungen der (sub-) THz-Kommunikation diskutiert, mögliche Anwendungen skizziert und mit aktuellen experimentellen Ergebnissen belegt.

27 Neue Standards und Anwendungen für LiFi

Prof. Dr. Volker Jungnickel (Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut)

IEEE 802 hat kürzlich zwei neue Standards für die optische drahtlose Kommunikation fertiggestellt. IEEE Std 802.15.13 führte einen neuen MAC- und zwei PHYs ein, die eine hohe Zuverlässigkeit mit geringer Latenz und geringer Leistungsaufnahme für industrielle drahtlose Anwendungen ermöglichen. 802.11bb definiert, wie 802.11 MAC und PHYs über optische Verbindungen wiederverwendet werden können, um Massenanwendungen z. B. in Unternehmen und Heimszenarien zu unterstützen. Beide Standards adressieren wichtige Anwendungsfälle durch neuartige technische Lösungen. Die technische Machbarkeit wurde in verschiedenen Technologiedemos in einer Vielzahl von Anwendungen demonstriert.