

02/2023 MÄR/APR

NACHRICHTEN AUS TECHNIK, NATURWISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT

# TECHNIK

## IN BAYERN

Das Regionalmagazin für **VDI**<sup>1</sup> und **VDE**

IN BAYERN

The image shows a satellite communication network over Earth. A central satellite in the foreground is connected to several other satellites in a constellation. The connections are represented by vibrant, multi-colored lines (rainbow spectrum) that extend across the Earth's surface. The Earth is shown in a dark, space-like environment with a grid of blue lines representing the network. A semi-transparent grey box with an orange border is overlaid on the right side of the image, containing the main title.

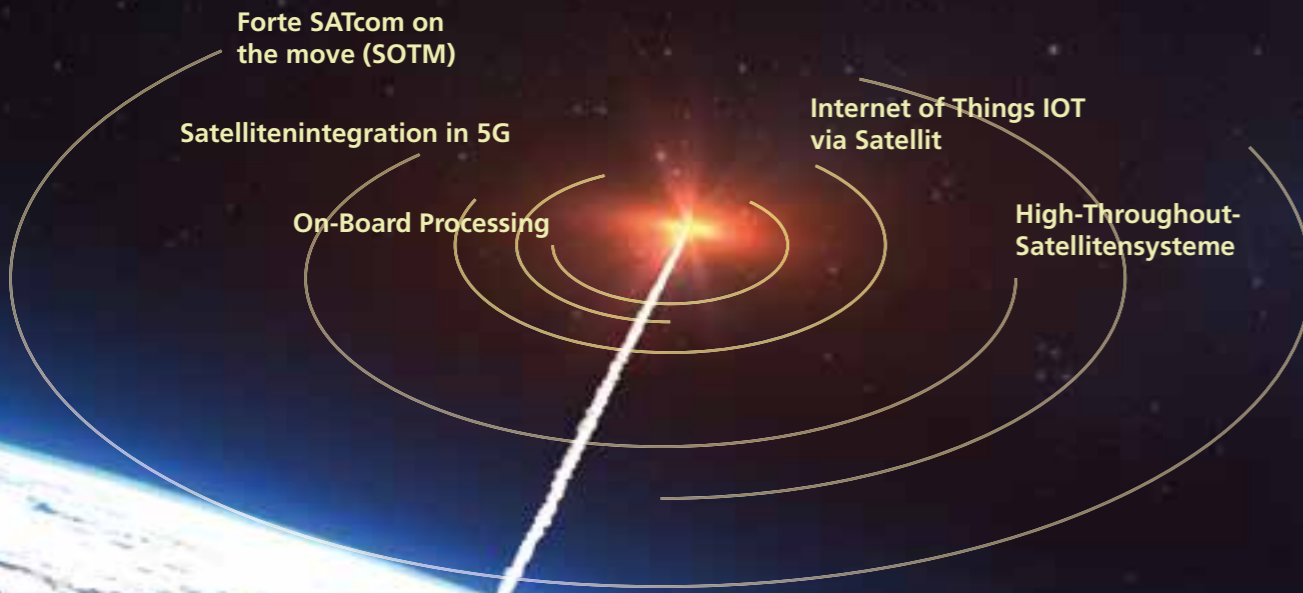
## Satelliten- kommunikation

Eventkalender & Aktuelles  
VDI Tag 2023  
VDE Bayern Zukunftsforum

DIE NÄCHSTE TECHNISCHE REVOLUTION  
MITGESTALTEN GEHT NICHT?

**DOCH.**

Am Fraunhofer IIS forschen wir angewandt an Audio- und Medientechnologien sowie Kognitiver Sensorik. Beispielsweise entwickeln wir Kommunikationslösungen zur weltweiten Vernetzung von Menschen und Systemen über Satellit:



Darauf kannst Du am Fraunhofer IIS zählen:

- Praxisbezogene Projekte mit gesellschaftlichem Wert
- Fachliche und persönliche Weiterbildungsmöglichkeiten
- Freiheit für eigene Ideen und Gestaltungsfreiraum
- Ausgleich durch flexibles Arbeiten und Sportangebote

Join our Team!

Direkteinstieg



Studierende



Foto: Silvia Stettmayer

Dipl.-Ing. Fritz Münzel  
Chefredakteur

**Win-Win im  
New Space**

Um es gleich vorweg zu nehmen: Natürlich kann man heute nicht mehr „einfach“ tausende Objekte in den Weltraum schießen, ohne auch für deren Beseitigung zu sorgen, denn Tand ist das Gebild' aus Menschenhand.

Für geosynchrone Satelliten hat man schon seit Langem den „Friedhofsorbit“ eingeführt, der etwas höher als die Synchronbahn liegt. Alle Missionen in diesem Bereich müssen sich zum Ende dorthin schießen. Aus niedrigen Bahnen stürzen leichte Objekte durch Reibung in der restlichen Atmosphäre irgendwann von alleine ab und verglühen. Diesen Vorgang kann man durch Ausfahren von Bremssegeln beschleunigen und steuern. Größere Objekte können gezielt zum Absturz gebracht werden und versinken im Südpazifik am Point Nemo, dem pazifischen Pol der Unzugänglichkeit. Von Kreislaufwirtschaft ist noch nicht viel zu spüren, denn die meisten Trümmer bleiben auch dort. In Entwicklung sind aber Roboter, die gezielt Objekte einfangen und zur Erde zurück bringen können. Vor der Abfuhr des Mülls muss er aber erst gefunden werden, was deutlich schwieriger als beim Hausmüll ist. Ein Beitrag in diesem Heft erläutert, wie das gemacht wird. Aber warum gerade jetzt dieser Hype mit dem „New Space“? Dahinter steckt ein sehr irdisches Problem. Trotz entsprechender Vorgaben der Netzagentur können Mobilfunkbetreiber noch immer keine ausreichende

Versorgung in der Fläche bieten, es fehlt auch der Anreiz, denn das rechnet sich nicht. Nun zeichnet sich eine Ehe von Mobilfunk und Satellitenfunk ab, denn beide ergänzen sich: der Mobilfunk kann hohe Flächenkapazität bieten, aber er funktioniert nicht überall, beim Satellitenfunk ist es umgekehrt.

Frühere Nachrichtensatelliten waren „dumm“, sie konnten nicht viel mehr, als Signale auf andere Frequenzen umsetzen und ihre Antennen auf die Erde ausrichten. Die modernen Objekte des „New Space“ ähneln eher fliegenden miteinander vernetzten Internetknoten, aus marktgängigen Komponenten gebaut. Die Netz Zuverlässigkeit wird durch das Gesamtkonzept gewährleistet, denn wenn von tausend Satelliten einer ausfällt, schließen ein „paar“ Algorithmen diese Lücke. Und so wird weltweit an Konzepten und Schnittstellen geforscht und definiert, erste Mobiltelefone mit Satellitenanbindung zumindest für Notrufe sind bereits auf dem Markt. Sehr aktiv ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR. Seine Experten fanden trotzdem Zeit, uns bei der Gestaltung dieses Heftes zu unterstützen. Unser ganz herzlicher Dank dafür!

Derweilen suchen Sie sich ein Funkloch, sofern Sie keines haben, und genießen die Lektüre dieses Heftes.

*Fritz Münzel*

Jetzt Eintrittsgutschein sichern:  
www.sensor-test.com

Willkommen zum  
**Innovations-  
dialog!**



**SENSOR+TEST**  
DIE MESSTECHNIK-MESSE

**Nürnberg**  
**9. – 11. Mai 2023**

- Effizient und persönlich
- Wissenschaftlich fundiert
- Vom Sensor bis zur Auswertung



AMA Service GmbH  
31515 Wunstorf  
Tel. +49 5033 96390  
info@sensor-test.com

# Satelliten- kommunikation

Kommunikationstechnik über Satelliten hat eine wechselvolle Geschichte. Als zunächst einzige Möglichkeit zur interkontinentalen Übertragung von breitbandigen Signalen wurde sie später von der Glasfaser verdrängt und erlebt jetzt eine Renaissance.



Parabolantenne zur Verbindung mit geostationären Satelliten und ein Starlink-Terminal (im Vordergrund)

Foto: UniBW

## SCHWERPUNKT

Satelliten als Teil des Mobilfunknetzes Matthias Geissler	06
Breitbanddienste über Satellit S. Caizzone, F. Boulos, A. P. T. Adithyababu	10
In niedrigen Umlaufbahnen locken hohe Gewinne Andreas Knopp	12
Sendeleistung, Bandbreite und Rauschen – ein bisschen Theorie Werner Mohr	14
Was dem Planeten schadet, muss weg Gespräch mit Yves Durand	16
On-Board-Prozessoren für Kommunikationssatelliten Tim Helfers	18
5G im Weltraum Reiner Stuhlfauth	20
Mehr Sicherheit im Weltraum durch TIRA Jens Klare	22
Optische Satellitenverbindungen Christian Fuchs	24
Relaisstation auf geostationärer Umlaufbahn Der historische Hintergrund von Frank Dittmann	27



Transportable Optische Bodenstation

Foto: DLR

## INHALT

### HOCHSCHULE UND FORSCHUNG

Neubauten via Satelliten erfassen	34
TUM School of Computation, Information and Technology	44

### AKTUELLES

VDI BV Bayern Nordost: Einladung Mitgliederversammlung 2023	28
VDI BV München: VDI Tag 2023 in Rosenheim	29
VDI BV München: Butterfly-Effect in der Produktion	30
VDI BV Bayern Nordost: Theodor von Cramer-Klett Preis	32
VDE Bayern: Zukunftsforum 2023	35
VDI-Recruiting-Tage in Bayern	36
VDI Young Engineers München: Angewandte KI	37
VDI BV Bayern Nordost: NME National Machinery Europe GmbH	38
VDI Young Engineers München: Weihnachtsstammtisch 2022	39
VDI BV Bayern Nordost: Schneidstoffanwendungen	40
CARE REGIO: 7. Ambient Medicine® Forum	41
VDI BV Bayern Nordost: NW Mess- u. Automatisierungstechnik	42
30. Deutscher Materialfluss-Kongress	43

### RUBRIKEN

Veranstaltungskalender	45
Impressum	49
Cartoon	50
Vorschau	50



Titelbild:  
High Throughput Optical Network (HyDRON)  
Grafik: ESA

Suchen Sie eine  
Dolmetscherin?



1500 Dolmetscher  
und Übersetzer für mehr  
als 40 Sprachen!



Qualifikation ✓  
Spezialisierung ✓

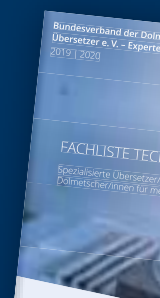
→ [by-suche.bdue.de](https://by-suche.bdue.de)

Bundesverband der  
Dolmetscher und Übersetzer  
Bayern



Unsere Fachliste Technik  
gratis für Sie:

- Qualifizierte Sprachprofis für 200 technische Fachgebiete
- Als PDF erhältlich unter [fachliste-technik.bdue.de](https://fachliste-technik.bdue.de) oder als Printversion über [service@bdue.de](mailto:service@bdue.de)



# Satelliten als Teil des Mobilfunknetzes

Die 5. Generation Mobilfunk wird gerade erst ausgerollt, da haben weltweit schon Forschungsaktivitäten an der 6. Generation – genannt „6G“ – begonnen, mit dem Ziel, im Jahr 2030 die ersten 6G-Produkte und -Systeme auf den Markt bringen zu können. Die EU adressiert 6G als Forschungsthema in mehreren großen Calls und Projekten, auch die deutsche Bundesregierung hat soeben ein breites nationales Forschungs-Programm zu 6G auf den Weg gebracht, in dem große Forschungsverbände einerseits und große Industriekonsortien andererseits Strategien, Architekturen und Technologien für den zukünftigen Mobilfunk entwickeln.

## 6G-Forschungsschwerpunkt 3D-Netzwerke

Ein Schwerpunkt der 6G-Forschung ist, dass man neben den klassischen terrestrischen Basisstationen auch „fliegende Netzknotten“ auf verschiedenen Höhen des Luftraums sowie Satelliten in unterschiedlichen Weltraum-Flughöhen in das Mobilfunknetz integrieren möchte, man

bezeichnet diesen Forschungs-Ansatz als „3D-Netzwerk“.

Die Integration von Satelliten und fliegenden Plattformen in das Mobilfunknetz ist für die Netzbetreiber von großem Interesse, denn fliegende Basisstationen bieten zusätzliche Netzkapazität, die die terrestrisch verfügbare Kapazität ergänzen kann, die zu Teilen dynamisch und bedarfsgerecht verschiebbar ist und die die Möglichkeit bietet, weiße Flecken in der terrestrischen Abdeckung zu schließen.

## Arten und Eigenschaften der fliegenden Netzknotten

Derzeit werden verschiedene Fluggeräte als Plattformen für fliegende Netzknotten in einem solchen „3D“-Netzwerk diskutiert und untersucht:

- LAPS: Dies sind niedrig fliegende Drohnen mit relativ geringer Funkreichweite und kurzer Einsatzdauer. In erster Linie sollen sie temporäre lokale Netzanbindung realisieren, beispielsweise zur Führung von autonom fahrenden Landmaschinen auf einem Feld.

- HAPS: Die derzeitigen Überlegungen zu HAPS gehen in die Richtung von Gleitern mit relativ großer Spannweite (>10m), die in der Stratosphäre in ca. 15 km Höhe kreisen. Sie könnten eine oder mehrere Funkzellen am Boden erzeugen und anbinden. Somit wäre es möglich, lokal und zeitlich begrenzt große Kapazität zur Verfügung zu stellen, beispielsweise für ein Musikfestival, ein großes Sportereignis oder in einem Katastrophengebiet bei Ausfall des terrestrischen Mobilfunknetzes

- LEO- und MEO-Satelliten: Satelliten in niedriger oder mittlerer Flughöhe, also im sogenannten LEO (Low Earth Orbit) oder MEO (Medium Earth Orbit) – z. B. 400 km oder 3000 km – sind ebenfalls in der Lage, ein Mobilfunknetz am Boden zu realisieren oder zu ergänzen. Allerdings bewegen sie sich relativ zur Erdoberfläche, d.h. um ein Gebiet auf der Erde sicher und dauerhaft zu versorgen, benötigt man viele Satelliten bzw. eine globale Satellitenkonstellation. LEO-Satelliten können relativ stattliche Datenraten in dünn besiedelten Gebieten kos-

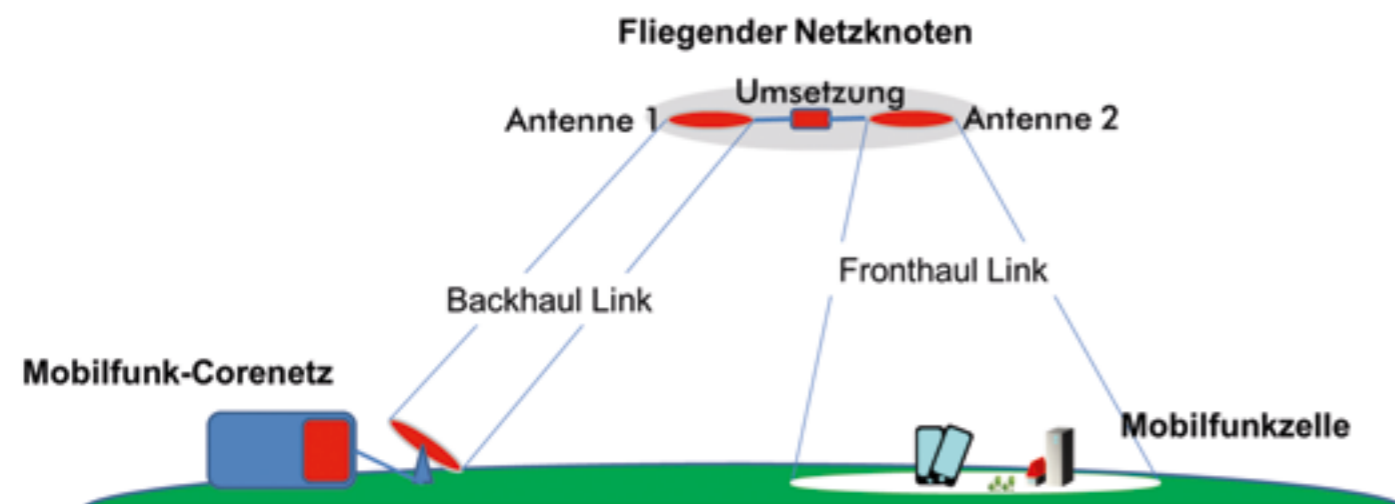


Abb. 1: Anbindung von fliegenden Netzknotten an das Mobilfunk-Corenetz

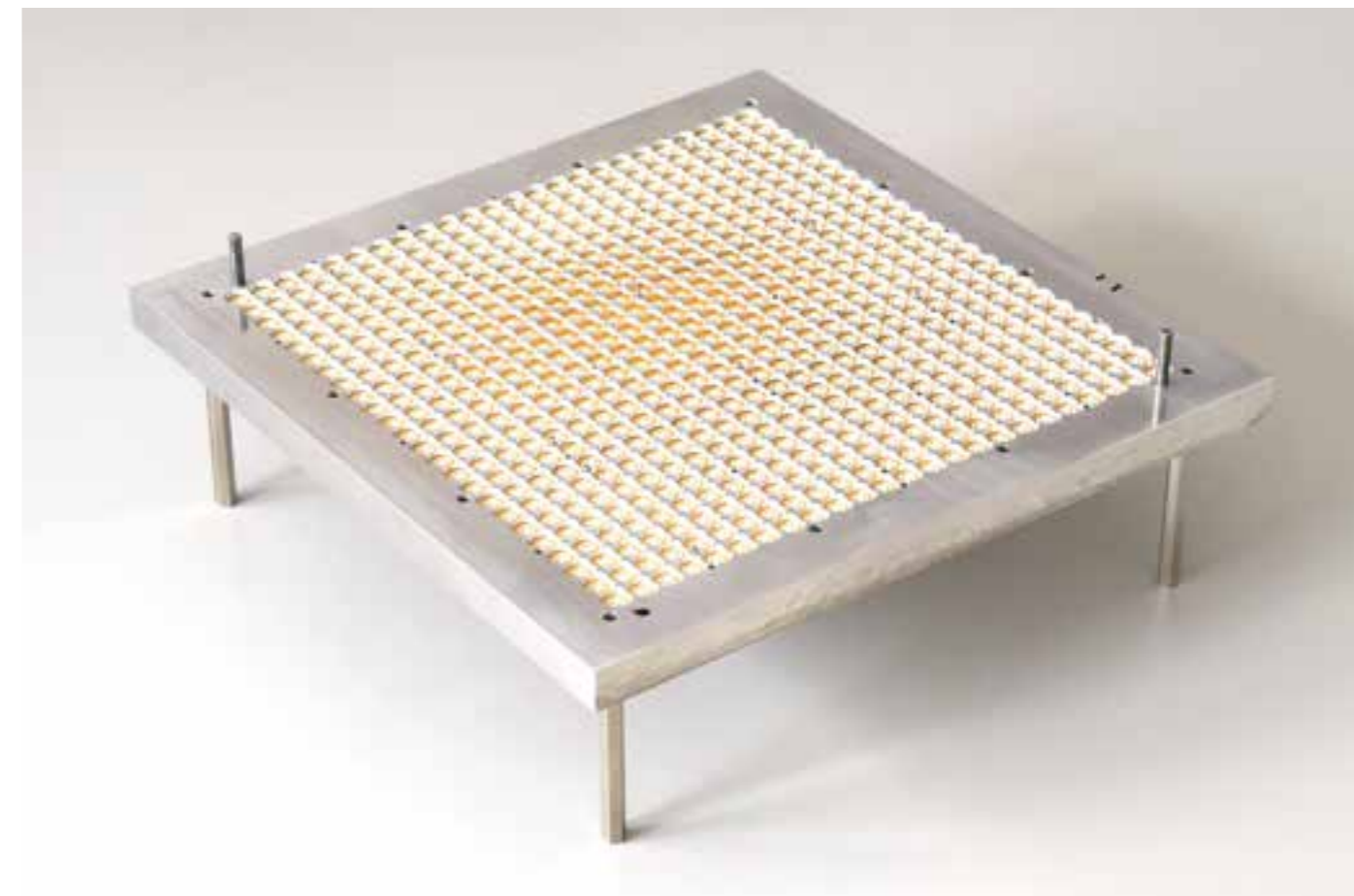


Abb. 2: Planarantenne für 30 GHz mit elektronischer Strahlschwenkung bestehend aus 9 Einzelmodulen mit je 64 Elementen in einem Metallrahmen

tengünstig und effektiv bereitstellen, z. B. über der Landmasse von Australien oder auch über den Weltmeeren. Allerdings muss sichergestellt sein, dass ein genügend dichtes Netz von Ankerstationen auf der Erde existiert, um die Satelliten anzubinden, insbesondere benötigt man zur Abdeckung der Ozeane sogenannte Inter-Satellite-Links, die auch Satelliten anbinden, die gerade keine Bodenstation sehen können.

- GEO-Satelliten: Der große Vorteil von geostationären Satelliten ist Ihre feste Position über der Erdoberfläche. Somit kann man ein großes Ausleuchtgebiet auf der Erde definieren und über einen einzigen Satelliten dauerhaft versorgen. Allerdings ist die effektive Datenrate bei hoher Nutzerzahl limitiert und die große Entfernung von mindestens 36.000 km führt zu hoher Latenz in der Übertragung, die – je nach Dienst oder Applikation – kritisch sein kann.

## Anbindung von fliegenden Netzknotten

Ein fliegender Netzknotten muss über eine leistungsfähige, hochdatenratige Kommunikationsverbindung, den sogenannten Backhaul-Link, an das Mobilfunk-Kernnetz angebunden werden (Abb. 1). Die Regulierungsbehörden sehen für diese Anbindung ein Band im Bereich von 39 GHz vor. Prinzipiell erlaubt dieses Band hohe Datenraten, erfordert aber zur Überbrückung der Funkdistanz hochbündelnde Antennen. Da sich die fliegenden Knoten relativ zur Ankerstation bewegen, müssen sowohl die Ankerstationen als auch die Flugobjekte mit nachführbaren Antennen ausgestattet werden.

Die Nachführung der Antenne kann z. B. mittels eines mechanischen Mehrachsen-Drehsystems erfolgen. Solche mechanischen Systeme unterliegen jedoch dem Verschleiß und sind insbesondere

bei ständiger Bewegung unter stratosphärischen oder Weltraumbedingungen in ihrer Lebensdauer limitiert.

Eine elegante Alternative zur Mechanik sind Planarantennen mit elektronischer Strahlsteuerung (Abb. 2): Das abgebildete Antennenarray besteht aus einer kartesischen Anordnung von kleinen Hohlleiterstrahlern, wobei jedes Element mit je einem Verstärker und einem elektronischem Phasensteller versehen ist. Die Nachführung des Antennenbeams erfolgt durch Änderung des elektronischen Phasenbelags, ohne dass eine mechanische Bewegung erforderlich ist. Dieses „Phased Array“ ist modular aufgebaut, d.h. es gibt ein Grundmodul mit 8x8 Strahlerelementen bei einer Größe von 7 x 7 x 2 cm<sup>3</sup>. Ein solches Modul reicht möglicherweise schon zur Anbindung von LAPS aus. Will man HAPS oder Satelliten anbinden, so kann man durch Kombination von Modulen zu einem großen Array

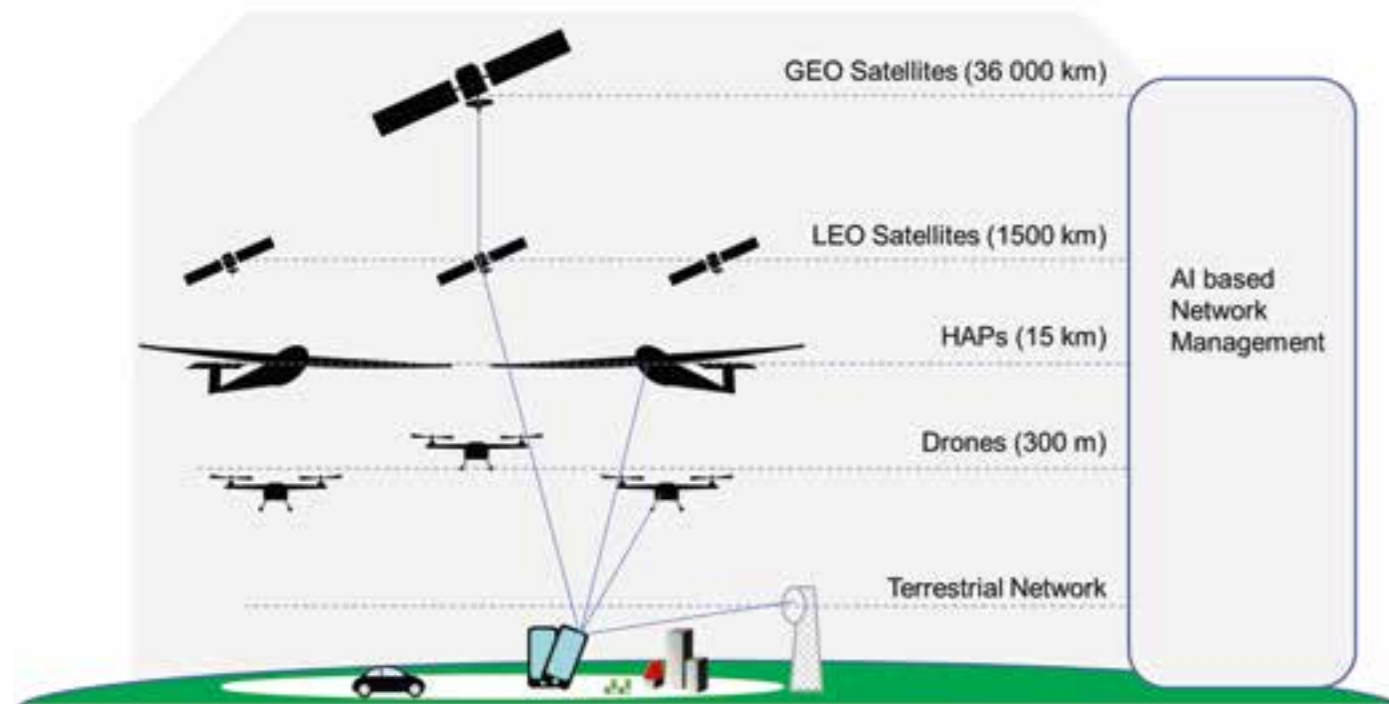


Abb. 3: Vision des 3D-Netzwerkes für 6G Mobilfunk

die Strahlungsdichte (EIRP, equivalent isotropically radiated power) steigern. Dabei profitiert man bei einer Arrayvergrößerung quasi doppelt, weil sowohl die Aperturgröße als auch die Anzahl der Verstärker wächst. Eine Verdopplung der Arraygröße verbessert das EIRP also nicht nur um 3dB sondern um 6dB!

Auf diese Weise erreicht man mit 9 Modulen eine EIRP von ca. 45 dBW. Somit kann man mit dieser Technologie kompakte und leistungsfähige Antennen für Backhaullinks zu fliegenden Netzknoten realisieren.

#### Vision: 3D-Mobilfunk-Netzwerk

Nimmt man alle Netzwerk-Strukturideen und alle diskutierten Flugobjekte zusammen, so ergibt sich die Vision eines 3D-Netzwerkes für 6G mit allen Arten von terrestrischen und fliegenden Knoten, idealerweise koordiniert von einem leistungsfähigen Netzwerk-Management unter Nutzung von künstlicher Intelligenz (Abb. 3). Das Netzwerkmanagement soll

auch dafür sorgen, dass die Kommunikationslinks je nach Ressourcenlage automatisch und ohne dass der Benutzer es merkt, über terrestrische oder nicht-terrestrische Knoten geroutet werden.

Man mag diese Vision für sehr ambitioniert halten, sie ist aber nicht unrealistisch, insbesondere wenn man sich klar macht, dass überall dort, wo es terrestrische Netzabdeckung gibt, diese auch dominant und erste Wahl sein wird. In den weißen Flecken auf den Kontinenten und insbesondere auf den Weltmeeren sind fliegende Netzknoten jedoch die notwendige und perfekte Ergänzung, die Satellitenkommunikation ist also die ideale Komplementärtechnologie zum terrestrischen Netz hin zum Ziel des lückenlosen, weltumspannenden, hochperformanten 6G-Netz!

Prof. Dr.-Ing. Matthias Geissler  
IMST GmbH  
Kamp-Lintfort

#### Literatur

„6G-TAKEOFF“, Forschungsprojekt zu Holistischen 3D-Mobilfunknetzen für 6G im Rahmen der Hightech-Strategie 2025 der deutschen Bundesregierung, Projektlaufzeit 2021-2024, Förderkennzeichen 16KISK061  
‘6G-SKY’, EU-Projekt im Rahmen Celtic-Next zu 3D-Netzwerkarchitekturen im 6G-Mobilfunk. <https://www.celticnext.eu/project-6g-sky/>  
‘SANTANA-AERO PHASE 2’, Forschungsprojekt zu Planarantennen mit elektronischem Beamforming bei der deutschen Raumfahrtagentur im DLR, Bonn, Projektlaufzeit 2020-2023, Förderkennzeichen 50RK1925  
DeSK, Deutsches Zentrum für Satellitenkommunikation e.V., Backnang, <https://www.desk-sat.com>

## Unverzichtbar: sichere Verständigung zwischen Menschen

Die Ereignisse der jüngsten Vergangenheit haben ein neues Schlaglicht auf die Vorteile der Satellitenkommunikation geworfen. Eine verlässliche und sichere Kommunikation ist gerade in Krisenzeiten essenziell. Das gilt auch für die Verständigung in unterschiedlichen Sprachen.

Wie Satelliten spielen auch Sprachexperten in der „Dreiecksbeziehung“ zwischen den Kommunikationsteilnehmern eine wichtige Mittlerrolle. Sie erlauben es ihnen, sich auf sichere Weise auszutauschen, ohne dass es zu Verständnis- und Übertragungsproblemen oder Kommunikationsstörungen kommt.

Qualifizierte Sprachprofis sind im Hintergrund verlässlich für Sie da, wenn Sie sie brauchen. Dabei ist es auch im Bereich der Sprachübertragung entscheidend, dass Ihr Mittler zwischen den Sprachwelten fehlerfrei und zuverlässig arbeitet.

#### Verstehen schafft Sicherheit

Im Gegensatz zu maschinellen Prozessen verstehen menschliche Übersetzer und Dolmetscher tatsächlich, worüber gesprochen wird. Tools für die automatische Sprachübertragung rechnen nur – sie begreifen nicht. Das wird gefährlich, wenn maschineller Output ganz ohne menschliches Korrektiv eingesetzt wird.

Computer können inzwischen Texte produzieren, die sich auf den ersten Blick gut lesen. Viele Nutzer wiegen sich dadurch in Sicherheit. Allerdings verbergen sich darin oftmals gravierende Fehler, die Personen-, Sach- oder auch Imageschäden nach sich ziehen können. Eine Überprüfung maschineller Ergebnisse durch Sprachprofis empfiehlt sich deshalb unbedingt. Auch Datenschutzaspekte und Manipulationsmöglichkeiten können bei frei verfügbaren Tools zur Gefahr werden.

Als Werkzeug erfahrener Übersetzer finden automatisierte Prozesse hingegen seit Jahren Verwendung, damit der weltweit steigende Bedarf an Sprachdienstleistungen überhaupt bewältigt werden kann. Sprachexperten bieten heute im Zusammenspiel

mit künstlicher Intelligenz einen kompletten Service an. Dazu gehört oft auch das sogenannte Post-Editing: die kompetente Nachbearbeitung von maschinellen Übersetzungen. Sie sind zudem fachkundige Berater für effiziente Übersetzungs- und Dolmetschprozesse in Unternehmen.

#### Qualifizierte Übersetzer und Dolmetscher mit Fachwissen finden

Der Bundesverband der Dolmetscher und Übersetzer (BDÜ) erleichtert Ihnen die Suche nach qualifizierten Sprachexperten, denn in den größten deutschen Berufsverband der Branche wird nur aufgenommen, wer eine einschlägige fachliche Qualifikation nachweisen kann, etwa ein Übersetzungs- bzw. Dolmetschstudium oder eine staatliche Prüfung. Damit unterscheiden sie sich wesentlich von unqualifizierten Anbietern auf dem Markt.

In der kostenlos nutzbaren Online-Datenbank des BDÜ finden Sie allein in Bayern rund 1.500 professionelle Dolmetscher und Übersetzer für mehr als 40 Sprachen und zahlreiche Fachgebiete. Bundesweit sind es sogar über 7.500 BDÜ-Mitglieder mit ca. 90 Sprachen, von denen viele auf Technik spezialisiert sind.

#### 5 TIPPS ZUR VERGABE VON ÜBERSETZUNGEN

- ▶ **EXPERTENWISSEN**  
Achten Sie darauf, dass Ihr Übersetzer auf das jeweilige Fachgebiet spezialisiert ist.
- ▶ **ANGEBOTSANFORDERUNG**  
Geben Sie Ihrem Übersetzer vorab Einblick in den Text, damit ein verlässliches Angebot möglich wird.
- ▶ **BEI MEHREREN ANGEBOTEN**  
Noch wichtiger als der Preis ist das Fachwissen des Übersetzers, damit Sie Texte hoher Qualität erhalten.
- ▶ **FRÜHZEITIGE BEAUFTRAGUNG**  
Eilaufträge sind in der Regel deutlich teurer.
- ▶ **KOSTENEFFIZIENZ**  
Geben Sie möglichst nur Endfassungen von Texten in Auftrag, damit die Übersetzung günstig und effizient für Sie erfolgen kann.

**Dolmetscher- und Übersetzerdatenbank für Bayern:** [by-suche.bdue.de](https://by-suche.bdue.de)

**Bundesverband der Dolmetscher und Übersetzer e. V. (BDÜ)**  
**Landesverband Bayern:** [by.bdue.de](https://by.bdue.de)

Geht es um sichere Kommunikation in verschiedenen Sprachen, sind verlässliche Sprachprofis die erste Wahl, um eine reibungslose und pannenfreie Verbindung zwischen Menschen herzustellen.

Dipl.-Übers. Manuela Wilpert



# Schlüsselkomponenten Phased-Array-Antennen Breitbanddienste über Satellit

Trotz der Tatsache, dass die kontinuierlichen Fortschritte in der Telekommunikation zu Mobilfunknetzen der 5. Generation (5G) geführt haben, ergab eine im Jahr 2020 durchgeführte Umfrage, dass etwa 51 % der Weltbevölkerung immer noch kein mobiles Internet nutzen [1]. Dies liegt entweder an der fehlenden mobilen Breitbandabdeckung oder an erheblichen Hindernissen wie Erschwinglichkeit, Analphabetismus und mangelnden digitalen Fähigkeiten [2]. Das angestrebte Ziel der globalen Konnektivität ist also noch lange nicht erreicht. Ein Wendepunkt in dieser Hinsicht ist jedoch die künftige engere Integration von terrestrischen Netzen mit nicht-terrestrischen Netzen (NTN).

## Gemeinsamkeit macht stärker

NTNs scheinen derzeit eine Ära der Renaissance zu erleben, in der neben der „klassischen“ Satellitenkommunikation aus der GEO-Umlaufbahn (z. B. durch Inmarsat, Iridium, Globalstar) neue Weltrauminfrastrukturen im Rahmen des neuen Wettlaufs um den Weltraum entstehen, bei dem ganze Satellitenkonstellationen in der LEO-Umlaufbahn in den

nächsten Jahren in Betrieb genommen werden oder bereits in Betrieb sind: Beispiele hierfür sind Starlink von SpaceX, Kuiper von Amazon und OneWeb. Solche Konstellationen werden fast überall auf der Erde Breitbandkonnektivität (meist im Ku- und Ka-Band) bereitstellen und damit die Möglichkeit eröffnen, die digitale Kluft auch in abgelegenen Gebieten zu überbrücken. Die Nutzung dieser neuen Möglichkeiten muss jedoch auf der Nutzerseite entsprechend begleitet werden: die Entwicklung von Bodenterminals ist hinter der von Weltraumkonstellationen zurückgeblieben.

Die derzeit verfügbaren Boden- und Nutzerterminals entsprechen noch nicht in vollem Umfang den Anforderungen von Satellitenkommunikationssystemen (SatCom) der nächsten Generation: Auf der einen Seite hat die Dynamik des neuen Weltraums zu einem Mangel an Standardisierung und damit an klaren Anforderungen und Interoperabilität (und folglich zu einem geringeren Entwicklungstempo) für Bodenterminals geführt. Dies führt nun zu einer Vielzahl von, teilweise proprietären, Lösungen, die nur für bestimmte Konstellationen optimiert sind [1,2].

Auf der anderen Seite wird die Antenne des Benutzerterminals zu einem Schlüsselement der gesamten Satellitenkommunikationskette, wenn auch komplizierter als in der Vergangenheit, z. B. aufgrund der Notwendigkeit der Strahlsteuerung.

## Strahlsteuerung muss sein

Mit dem Aufkommen von Satellitenkommunikation aus der LEO-Umlaufbahn benötigen zwar sogar Nutzer von Festanwendungen ein Terminal, das zur Strahlsteuerung in der Lage ist, um den sich schnell bewegenden Satelliten zu folgen (ein LEO-Satellit befindet sich in Bezug auf den erdgebundenen Nutzer nicht an einer festen Position, sondern geht in etwa 10 Minuten auf und unter). Die Notwendigkeit der Strahlsteuerung ist bei mobilen Nutzern, die ihre eigene Dynamik zur Satellitenbewegung hinzufügen, noch ausgeprägter. Endgeräte, die in der Lage sind, diesen Vorgang genau und zuverlässig durchzuführen, ohne dass eine mechanische Bewegung erforderlich ist, und die kostengünstig hergestellt werden können, sind daher das Ziel, das mehrere Forschungsgruppen und Technologiefirmen derzeit anstreben.

Die theoretische Möglichkeit, strahlsteuerungsfähige Antennen zu haben, wurde bereits durch jahrzehntelange Forschung und Entwicklung, z. B. für Radaranwendungen, ausreichend demonstriert. Die ersten kommerziellen Satcom-Systeme für Geschäftsanwendungen (z. B. in der Avionik) nutzten in der Tat Architekturen, die von Radaranwendungen übernommen wurden, mit phasengesteuerter Antennentechnologie für die Steuerung über Elevation, aber mechanischer Steuerung über Azimut. Sie hatten jedoch verschiedene Nachteile, u. a. dass sie physisch groß und langsam zu steuern sind.

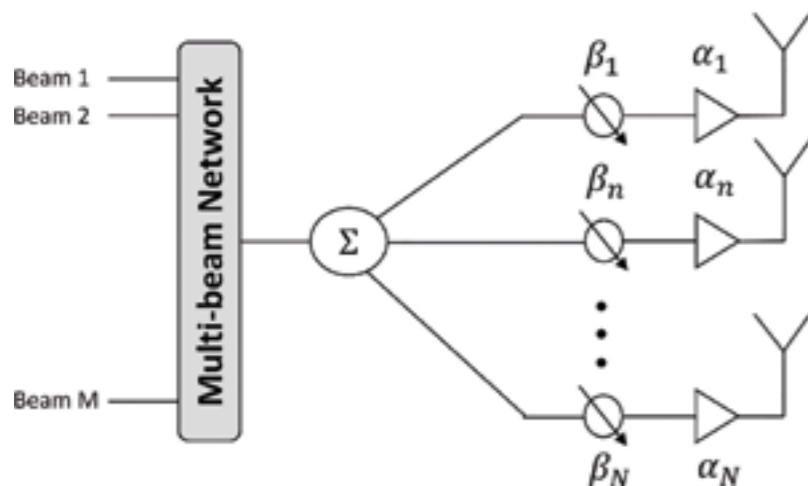


Abb. 1: Skizze einer aktiven phasengesteuerten Gruppenantenne mit variablen Phasen  $\beta$  und Amplituden  $\alpha$

## Strahlsteuerung muss billiger werden

Flache Phased Arrays sind daher der bevorzugte Weg, um die physikalischen Nachteile mechanischer Lenksysteme zu überwinden. Die ersten kommerziell erhältlichen flachen Phased-Array-Terminals machten jedoch deutlich, dass weitere Forschungsarbeiten erforderlich sind und dass die Preise für den Massenmarkt noch weit gesenkt werden müssen: die Preise für High-Performance Phased-Array-Antennen für die Satellitenkommunikation lagen zuerst in der Größenordnung von mehreren zehntausend Euro, wodurch die Marktdurchdringung auf High-End-Szenarien beschränkt war.

Dies war zum Teil auf die hohen Preise der HF-Komponenten zurückzuführen, die für den Betrieb solcher Phased-Arrays benötigt werden. Mit der zunehmenden Verbreitung von 5G und LEO-Satcom hat die Massenproduktion solcher HF-Komponenten jedoch in letzter Zeit zu niedrigeren Preisen geführt, so dass das Rennen um kostengünstige und leistungsstarke Phased-Array-Terminals mehr denn je entbrannt ist.

Aus wissenschaftlicher Sicht handelt es sich bei phasengesteuerten Gruppenantennen um (große) Anordnungen von Einzelantennen, die so platziert und gespeist werden, dass eine hohe Richtwirkung in bestimmte Richtungen erzielt wird: Eine Änderung der Gewichte, mit denen die Einzelantennen kombiniert werden, bewirkt dann einen Unterschied in der Richtung, in der die konstruktive Interferenz

## Quellen

- [1] Measuring the Information Society Report. ITU Publications, 2018.
- [2] A. P. T. Adithyababu, F. Boulos, and S. Caizzone, „Analysis of user terminal trade-offs for future satellite communication applications,” in 27th Ka and Broadband Communications Conference, Stresa, Italy, Oct. 18-21, 2022
- [3] R. Correia, T. Varum, J. N. Matos, A. Oliveira and N. B. Carvalho, „User Terminal Segments for Low-Earth Orbit Satellite Constellations: Commercial Systems and Innovative Research Ideas,” in IEEE Microwave Magazine, vol. 23, no. 10, pp. 47-58, Oct. 2022, doi: 10.1109/MMM.2022.3188124.
- [4] F. Boulos, U. Johannsen, and S. Caizzone, „Customizable phased array antenna based on domino tiles for satcom applications,” in IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology, Waltham, Massachusetts, USA, 11-14 Oct. 2022



Abb. 2: Prototyp eines Moduls eines aktiven Antennen-Arrays im reflexionsarmen Raum: links: Antenne von oben, rechts: Beamforming-Steuereinheit

des Einzelfeldes auftritt, was letztlich eine Strahlsteuerung ermöglicht.

Eine Skizze einer einfachen Phased-Array-Architektur ist in Abb. 1 dargestellt, wobei jedes Element mit einem Phasenschieber und einem Leistungsverstärker ausgestattet ist. Die Phasenschieber und Leistungsverstärker sind heute in der Regel als integrierte Schaltungen (ICs) auf dem Markt erhältlich und können digital gesteuert werden. In Abb. 2 ist ein Beispiel für ein vom DLR entwickeltes Modul einer aktiven Antennengruppe dargestellt. Eine Beamforming-PCB mit einem kommerziellen IC befindet sich auf der Rückseite des Positionierers der reflexionsarmen Kammer, und ein SPI-Modul wird zur digitalen Steuerung der Gewichte (Amplitude und Phase) für jedes Antennenelement verwendet.

In jüngster Zeit sind jedoch mehrere Lösungen für die Amplituden-/Phasensteuerung auf dem Markt erschienen, mit unterschiedlichen Reifegraden und Innovationen im Array-Design. Beispiele hierfür sind die Endgeräte der Firmen Kymeta, Viasat, Hanwha Phasor, Starlink und Satixfy. Eine eingehende Analyse dieser Geräte ist in [3] zu finden.

Allerdings sind die derzeitigen Lösungen noch nicht vollständig ausgereift und in der Lage, den Markt zu erobern: F&E-Aktivitäten sind in dieser Phase unbedingt erforderlich, um die derzeitigen Lücken zu schließen. Ein sehr aktiver Forschungszweig konzentriert sich auf neue Material- und Fertigungstechnologien: die Firma Alcan Systems zielt beispielsweise auf die Entwicklung der Liquid Crystal

Technologie für Antennenzwecke ab, die niedrigere Kosten für die Phasenverschiebungskomponenten verspricht, wobei ähnliche Technologien auch von Firma Kymeta für ihre holografische Antenne angewendet werden.

Auf der anderen Seite fördert die Notwendigkeit, die Anzahl der HF-Kanäle in der Gruppenantenne zu minimieren, die Forschung an intelligenten Arrayarchitekturen: Forscher des DLR-Instituts für Kommunikation und Navigation in Oberpfaffenhofen untersuchen beispielsweise Architekturen, die modulare Subarray-Strukturen nutzen, die die Anzahl der benötigten HF-Kanäle reduzieren [4], indem sie mehrere Antennen (ein so genanntes „Subarray“) an dieselbe HF-Kette anschließen. Darüber hinaus werden sog. Array-Thinning Techniken untersucht, mit dem Ziel, mit einer geringeren Anzahl von Antennenelementen eine Leistung zu erreichen, die der von voll bestückten Arrays nahekommt.

Sowohl die Forschungsanstrengungen als auch das Marktinteresse lassen für die nächsten Jahre starke Verbesserungen und bahnbrechende Innovationen in diesem Bereich erwarten, wobei das Endziel kostengünstiger Hochleistungs-Benutzerterminals für die nächste Generation von SatCom immer näher rückt und damit der Wunsch nach einer echten globalen Konnektivität endlich Wirklichkeit werden kann.

Dr. S. Caizzone, F. Boulos,  
A. P. T. Adithyababu  
DLR Oberpfaffenhofen

# In niedrigen Umlaufbahnen locken hohe Gewinne

Mit der Vorstellung des neuen iPhone 14 hat die Firma Apple eine neue Ära der Mobilkommunikation eingeleitet: Ein Mobiltelefon, das eine Verbindung in den Weltraum aufbauen und somit unabhängig von terrestrischen Basisstationen kommunizieren kann. Zunächst handelt es sich zwar nur um eine Notfallfunktion, mit der sehr kurze Telegramme abgesetzt werden können, aber in der Branche gilt dieser Schritt nur als erster hin zu einer völlig neuen Mobilfunkarchitektur der sechsten Generation (6G).

## Neue Konsortien mit neuer Technik

Mit 6G werden bis zum Jahr 2030 die meisten Mobilfunkanbieter auch einen weltraumgestützten Kommunikationsservice anbieten, der für Sprach- und Datenkommunikation, unbemerkt für den Nutzer, immer dann zum Einsatz

kommen wird, wenn auf der Erde kein Mobilfunknetz verfügbar ist. Nicht nur im Rahmen der 3GPP-Standardisierung für den Mobilfunk werden hierfür derzeit die Grundlagen gelegt, sondern auch die großen Telekommunikationsunternehmen bereiten sich vor: Die Deutsche Telekom hat eine Vereinbarung mit der U.S. amerikanischen Firma Starlink, dem derzeit erfolgreichsten Anbieter von breitbandigen Kommunikationsanwendungen aus dem niedrigen Erdorbit, geschlossen; Vodafone hat in den Starlink-Konkurrenten AST Space Mobile investiert und Apple hat mit der Firma Globalstar den vorgenannten Service aufgebaut. Es ist daher schon heute absehbar, dass die Erweiterung des Mobilfunknetzes in den Weltraum die wahrscheinlich wichtigste Neuerung für 6G sein wird, denn damit wird die versorgte Erdbedeckung bis zu 25-Mal größer sein als bei 5G.

Möglich macht dies eine Vielzahl von technologischen Innovationen, die in den letzten zehn Jahren vor allem in den USA, aber auch in Europa und Deutschland vorangetrieben wurden. Seit etwa 50 Jahren werden Kommunikationssatelliten in einem erdfernen, geostationären Orbit genutzt, um Rundfunksignale zu verteilen. Dieser sehr effiziente Broadcast-Betrieb, bei dem ein einziges Uplink-Signal an Millionen zahlende Haushalte verteilt wird, hat den wenigen etablierten Unternehmen stets sehr hohe zweistellige Umsatzrenditen beschert. Der Anbietermarkt war dabei klein, da für den Betrieb eines solchen Systems einer der wenigen passenden Positionen im geostationären Orbit mit den dazu geeigneten Senderechten, d.h. Frequenzen, erforderlich ist. Für Mobilfunkanwendungen sind solche erdfernen Satelliten zudem nicht geeignet, da aufgrund der großen Entfernung von 36.000 km das Nutzerterminal mit einer zu großen Antenne ausgestattet sein muss. Mit Einführung von mehreren Ausleuchtzonen pro Antenne (sog. Beams) und einer Wiederverwendung der Frequenz bei ausreichend entfernten Beams konnte seit etwa 2005 zwar eine Art zellulare Netzstruktur wie im Mobilfunk realisiert und der Datendurchsatz pro Satellit um Faktoren gesteigert werden, aber dies änderte nichts an den großen und oft unförmigen Antennen, die bestenfalls für die Fahrzeugintegration geeignet sind. Auch moderne Techniken wie Vorcodierung (Precoding), digitale Signalverarbeitung sowie Raummultiplex (MIMO) sind in modernen „High-Throughput-Satellites“ inzwischen umgesetzt, sodass der Preis pro übertragenem Bit in der Größenordnung eines Mobilfunksystems liegt. Der wirkliche Durchbruch gelang jedoch einmal mehr dem Technikvisionär Elon Musk, der mit seinem Starlink-System erstmals kommerziell in den niedrigen Erdorbit wechselte und mit inzwischen

über 3.000 Satelliten (1) über 200 Mbit/sec pro Nutzer anbieten kann. Aufgrund der geringen Entfernung zwischen Satelliten und Nutzer, die bei ca. 550 km liegt, sind erstmals kleine Nutzerantennen und extrem kurze Signallaufzeiten möglich, sodass eine mobilfunkübliche Performance erreicht werden kann. Begrenzend wirkt sich heute noch die limitierte Anzahl von Satelliten aus, da bei einer wie ein Fischernetz erdumspannenden Anordnung nur wenige Satelliten von einem bestimmten Punkt der Erde aus sichtbar sind. Berechnungen zeigen, dass ein System mit ca. 1.500 Satelliten nur etwa 10 Prozent der Fläche Deutschlands gleichzeitig versorgen kann, was besonders bei hoher Mobilität der Nutzer problematisch ist. Auch sind die Antennengrößen von Starlink-Terminals heute noch recht groß, jedoch werden zukünftige Systeme mit großen entfaltbaren Antennen oder als phasengesteuertes Antennenarray zusammengesetzt Satellitenformationen im Orbit bilden und die Nutzerterminals bis auf Mobilfunkgröße schrumpfen lassen. Mit der optisch-breitbandigen Vernetzung aller Satelliten untereinander werden sich außerdem moderne Formen der Signalprozessierung, der Zwischenspeicherung und des Edge-Computing im Orbit realisieren lassen, sodass weitgehend autark von terrestrischer Infrastruktur und Energieversorgung leistungsfähige Kommunikationsnetze entstehen können. Wozu solche autarken Kommunikationsnetze gut sind, hat sich jüngst in der Ukraine gezeigt: Mit seinem Starlink-Satelliteninternet konnte Tech-Milliardär Elon Musk praktisch allein die Versorgung der Bevölkerung mit Kommunikationsdienstleistungen, aber auch die Vernetzung der ukrainischen Truppe sicherstellen und kontrollieren.

## Europas Antwort auf Starlink

So große Macht in den Händen einer Einzelperson und ohne parlamentarische Kontrolle sehen allerdings viel Entschei-

dungsträgerInnen kritisch, sodass die EU-Kommission im November das Projekt IRIS-2 ins Leben gerufen hat. Dieses Projekt soll ein europäisches Satellitennetzwerk, maßgeblich für Kommunikationsanwendungen, umsetzen, wobei sowohl Systeme im niedrigen Erdorbit als auch existierende Systeme im mittleren und im geostationären Orbit eingebunden werden sollen. Deutschland unterstützt dieses Projekt mit Nachdruck und sieht vor allem seine florierende Szene von Weltraum-Startups als beitragsfähig. Großes Interesse kommt auch von der Automobilindustrie, die an einer grenzenlosen globalen Vernetzung ohne aufwändige Roaming-Abkommen interessiert ist. Schon heute stehen viele digitale Dienstleistungen im Fahrzeug nur bei permanenter Internetanbindung zur Verfügung. Technologisch ist vor allem die fahrzeugintegrierte Antenne eine Herausforderung, da diese einen hohen Antennengewinn mit flacher oder im Fahrzeugdach verschwindender Silhouette kombinieren soll. Dafür kommen nur phasengesteuerte Antennen infrage, wobei neue Technologien wie die in Deutschland entwickelten Systeme, bei denen die Steuerung der Signalphase über elektrisch angeregte Flüssigkristalle realisiert wird, immer wichtiger werden.

## Sichere und resiliente Kommunikation

Eine besondere Rolle soll IRIS-2 aber auch für Behörden mit Sicherheitsaufgaben und das Militär spielen, indem das System sichere und resiliente Kommunikation bereitstellen wird. Die Sicherheit bezieht sich dabei auf Cybersicherheit, auf Störfestigkeit und auf abhörsichere Übertragungsverfahren. Erreicht wird dieses Ziel wahrscheinlich durch eine komplett neue Architektur mit geschützten und verteilten Netzwerk-Operationszentralen und die Vielzahl an Satelliten in verschiedenen Orbits. Durch Methoden der Anti-Jamming Kommunikation wie Bandspreiztechniken mit besonderer Kanalcodierung oder die adaptive Reduzierung des Antennen-

gewinns in Richtung eines Störers (sog. Antenna-Nulling) können Verbindungen gehärtet werden. Mit optischen Kommunikationsverbindungen mittels Laser wird die Abhörsicherheit verbessert und es wird die sichere Schlüsselverteilung für eine Ende-zu-Ende Verschlüsselung realisiert (Quantenverschlüsselung). Andere Methoden beinhalten Mehrantennenansätze, bei denen nur an bestimmten Stellen auf der Erde ein Signal in auswertbarer Form ankommt, während an anderen Stellen die Eigeninterferenz des Systems die Auswertung verhindert.

Wie wichtig ein solches System für die digitale Souveränität Europas ist, zeigt aber nicht nur die Bedeutung von Starlink in der Ukraine. Zuvor war es schon zu einem Cyberangriff auf das Ka-SAT System der Firma Viasat gekommen, das ebenfalls Internetdienstleistungen in Europa bis hin zur Ukraine vermarktet. Dieser Angriff galt sehr wahrscheinlich den ukrainischen Kommunikationsverbindungen, jedoch führte er aufgrund der besonderen Architektur des Systems zu Kollateralschäden quer durch Europa. Davon betroffen waren auch deutsche Windkraftbetreiber, die ihre Windräder nicht mehr überwachen konnten – eine kritische Infrastruktur der Energieversorgung. Der Vorfall hat das Bewusstsein geschärft, dass sichere und resiliente Kommunikationstechnik im Weltraum heute auch zur kritischen Infrastruktur gehört. Mit ihrer zeitgleichen Einbindung in terrestrische Netze im Rahmen von 6G wird sichere Satellitenkommunikation daher zu den Zukunftstechnologien in Europa und weltweit gehören. Der entsprechende „Goldrausch“ im Orbit hat bereits begonnen.

Prof. Dr. Andreas Knopp  
Universität der Bundeswehr  
Neubiberg

(1) Der Endausbau des Systems wird planmäßig ca. 42.000 Satelliten umfassen.



iPhone mit Notruf Funktion über Satellit

# Sendeleistung, Bandbreite und Rauschen – ein bisschen Theorie

Moderne Radio-Kommunikationssysteme für eine Vielzahl von Datendiensten wie z. B. breitbandigen Internetanwendungen werden als digitale Übertragungssysteme entwickelt. Diese Systeme sind flexibel bez. der Datenrate und können sich über adaptive Modulations- und Codierungsverfahren an Funkausbreitungs- und Interferenzbedingungen abhängig vom verfügbaren Signal/(Rausch- und Interferenzverhältnis) anpassen. In terrestrischen Mobilfunk- wie auch Satelliten-Kommunikationssystemen werden entsprechende Verfahren eingesetzt. Digitale Übertragungsverfahren einschließlich der Kanalcodierung gegen Einflüsse des Funkkanals und fehlerkorrigierender Detektion am Empfänger erlauben eine robuste Datenübertragung mit geringer Fehlerrate. Aufgrund adaptiver Modulations- und Codierungsverfahren kann die verfügbare Kanalkapazität optimal ausgenutzt werden. Damit sind digitale Übertragungsverfahren analogen Modulationstechniken deutlich überlegen. Der Beitrag beschreibt das Prinzip der digitalen Modulationsverfahren mit dem Fokus auf Satelliten-Kommunikationssysteme.

**Anforderungen an Modulationsverfahren** Neben geostationären Satellitensystemen, die bisher im Wesentlichen für interkontinentale Kommunikationsanwendungen und Broadcast-Dienste eingesetzt werden, bekommen Satelliten-Konstellationen in niedrigeren Orbit-Höhen wie insbesondere LEO (Low Earth Orbit) und auch MEO (Medium Earth Orbit) zunehmend Bedeutung für komplementäre flächendeckende Kommunikationsdienste zu terrestrischen Mobilfunk- und Festnetzen.

Aufgrund der großen Entfernung zwischen Satellit und den Empfängern am Boden sowie höherer Trägerfrequenzen (Ku-band: 12.4 – 18 GHz, Ka-band: 26.5 –

40 GHz und höher) ist die Funkfeldämpfung sehr hoch. Bei LEO-Konstellationen liegt die Entfernung in der Größenordnung von mehreren hundert Kilometern.

Bei zusätzlich größerer Übertragungsbandbreite bzw. hoher Datenrate von modernen Kommunikationssystemen sind hierfür hohe Sendeleistung und Antennengewinn im Satelliten aber auch im Teilnehmergerät am Boden erforderlich, um am Empfänger einen ausreichend hohen Signal/Rausch-Abstand  $E_b/N_0$  (Energie/Bit ist die übliche Darstellung bei digitalen Übertragungsverfahren) zu gewährleisten. Dies erfordert HF-Leistungsverstärker mit hohem Wirkungsgrad im Satelliten und in den Teilnehmergeräten und wird erreicht, wenn der HF-Leistungsverstärker in den nichtlinearen Bereich bis zum Kompressionspunkt ausgeregt werden kann. Bei **Sendesignalen mit möglichst konstanter Einhüllenden** ist dies ohne Intermodulation innerhalb des Sendesignals möglich. Wegen des begrenzten verfügbaren Frequenzspektrums für entsprechende Systeme ist eine **hohe spektrale Effizienz** in Datenrate bezogen auf die verfügbare Bandbreite (bit/s/Hz) anzustreben. Das Sendefrequenzspektrum sollte geringe **Modulations-Nebenzipfel** zur Vermeidung von Nachbarkanal-Interferenzen aufweisen.

## Prinzip digitaler Modulationsverfahren

Allgemein können Amplitude  $A$  und/oder Phase  $\varphi$  bzw. Frequenz  $f=d\varphi/dt$  des Sendesignals  $s(t)$  entsprechend dem Basisbandsignal um die Trägerfrequenz  $\omega_0=2\pi f_0$  moduliert werden:

$$s(t) = A(t) \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi(t)) \quad (1)$$

Dieses allgemein modulierte Signal kann durch einen Quadratur-Modulator (Abb. 1) und Gl. (2) durch eine Inphase- $I(t)$  und Quadratur-Komponente  $Q(t)$  erzeugt werden:

$$s(t) = I(t) \cdot \sin \omega_0 t + Q(t) \cos \omega_0 t \quad (2)$$

mit

$$I(t) = A(t) \cdot \cos \varphi(t) \text{ und } Q(t) = A(t) \cdot \sin \varphi(t) \quad (3)$$

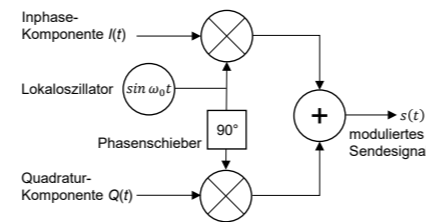


Abb. 1: Quadratur-Modulator

Bei höherstufigen digitalen Modulationsverfahren werden  $m$  Bit einer Datenquelle einem Datensymbol zugeordnet, wobei  $2^m$  unterschiedliche Datensymbole möglich sind. Dadurch stehen die Bit-Dauer  $T_{Bit}$ , die Symbol-Dauer  $T_S$  und die minimal erforderliche HF-Bandbreite  $W_{N,RF}$  (Nyquist-Bandbreite mit Roll-off Faktor 1) in der Beziehung

$$T_S = m \cdot T_{Bit} \text{ und } W_{N,RF} = f_{symbol} = \frac{1}{m \cdot T_{Bit}} = \frac{1}{m} \cdot f_{Bit} \quad (4)$$

Damit steigt die theoretisch maximal erreichbare spektrale Effizienz  $S_e$  [bit/s/Hz] auf

$$S_e = f_{Bit} / W_{N,RF} = m \quad (5)$$

Die  $2^m$  möglichen Datensymbole werden durch entsprechende Ansteuerwerte der Quadratur-Komponenten  $I(t)$  und  $Q(t)$  dargestellt. Mit dem Ansatz in Abb. 1 können beliebige IQ-Konstellationsdiagramme erzeugt werden.

Wegen der Forderung nach möglichst konstanter Einhüllenden werden in Satellitensystemen digitale Modulationsver-

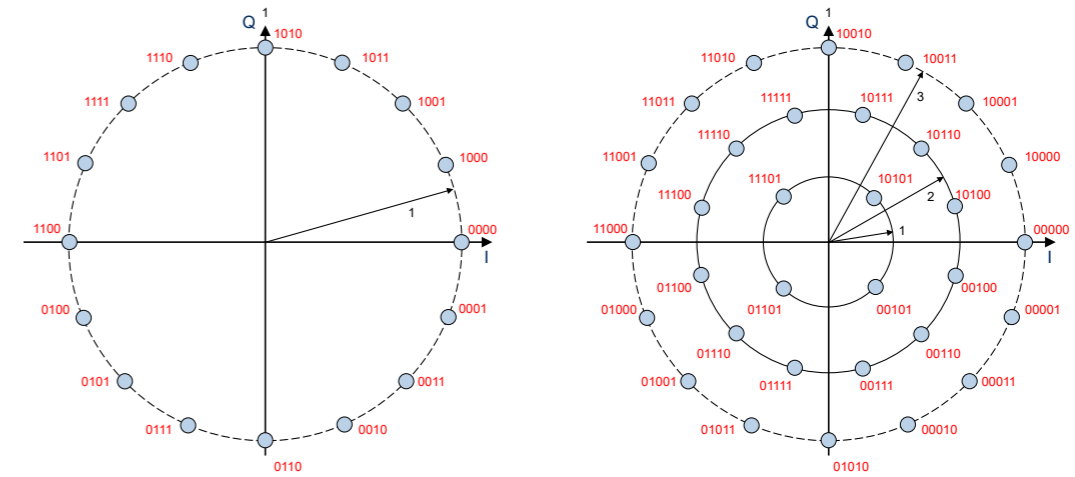


Abb. 2: Beispiele für Konstellationsdiagramme mit konstanter Hüllkurve bzw. wenigen Amplitudenwerten, li.: 16PSK; re.: 32APSK

fahren mit konstanter Länge der Vektoren der Konstellationspunkte (PSK Phase Shift Keying) oder einer geringeren Anzahl von Amplitudenstufen (APSK – Amplitude Phase Shift Keying) als bei QAM-Verfahren gleicher Ordnung eingesetzt. Abb. 2 zeigt als Beispiele eine 16PSK mit 16 unterschiedlichen Phasenzuständen und eine 32APSK mit 3 unterschiedlichen Amplitudenwerten. Bei einer 32QAM würden fünf unterschiedliche Amplitudenwerte auftreten, die bei gleicher mittlerer Sendeleistung dichter zusammenliegen.

Durch differentielle Modulation können beim Übergang zwischen aufeinander folgenden Konstellationspunkten Nulldurchgänge der Einhüllenden vermieden werden.

Bei APSK-Verfahren liegen die Punkte für einen Amplitudenwert auf Kreisen, so dass die Amplitudenkompression durch die Nichtlinearität des Leistungsverstärkers für alle Punkte eines Kreises gleich ist. Durch diese Verfahren werden die Forderungen nach möglichst konstanter Einhüllenden bzw. geringem Einfluss der Nichtlinearität des Leistungsverstärkers sowie einer hohen spektralen Effizienz erfüllt.

## Nebenzipfel-Reduktion im Sendespektrum

Wenn für die Modulationssignale Rechteckimpulse verwendet werden, führt dies im Sendefrequenzspektrum zu nennens-

werten Nebenzipfeln, die zu Nachbarkanal-Interferenzen führen können. Daher werden zur Reduktion dieser Nebenzipfel Pulsform-Filter eingesetzt, die gegenüber der minimal erforderlichen HF-Bandbreite  $W_{N,RF}$  (Nyquist-Bandbreite) in Gl. (4) um den roll-off Faktor  $r$  auf  $W_{L,RF}$  verbreitert sind (Abb. 3). Die Übertragungsfunktion ist punktsymmetrisch um die Nyquist-Bandbreite. Dies ist ein Kompromiss zwischen der erforderlichen HF-Bandbreite und der Nebenzipfel-Unterdrückung.

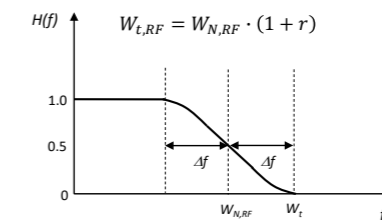


Abb. 3: Pulsform-Filter zur Reduktion von Nebenzipfeln im Sendespektrum

## Signal/Rausch-Abstand $E_b/N_0$

Die Robustheit eines Modulationsverfahrens gegenüber Rauschen und Interferenz wird durch den erforderlichen Signal/Rausch-Abstand  $E_b/N_0$  beschrieben. Bei gleicher mittlerer Leistung sinkt bei höherstufigen Modulationsverfahren der Abstand der Konstellationspunkte. Daher steigt mit der Modulationsordnung  $m$  das erforderliche  $E_b/N_0$  an. Damit ist ein Kompromiss zwischen hoher spektraler

Effizienz und niedrigem Signal/Rausch-Abstand einzugehen.

## Zusammenfassung

Digitale Modulationsverfahren sind flexibel in der Zuordnung der Datenrate und erlauben durch adaptive Modulation und Codierung abhängig von Funkausbreitungs- und Interferenzbedingungen eine möglichst gute Ausnutzung der verfügbaren Kanalkapazität. Es können jedoch nicht alle Forderungen wie geringe Sendeleistung, hohe Datenrate bei hoher spektraler Effizienz und geringem erforderlichen Signal/Rausch-Abstand gleichzeitig erfüllt werden, da sie voneinander abhängig sind. Zur optimalen Nutzung des HF-Leistungsverstärkers werden im Satellitenfunk Modulationsverfahren mit möglichst konstanter Einhüllenden oder nur wenigen Amplitudenstufen bevorzugt. Daher werden die Verfahren bezüglich eines Kompromisses zwischen diesen Anforderungen optimiert.

Dr. Werner Mohr  
VDE

## Quellen

- Proakis, J.: Digital Communications. McGraw-Hill Book Company, New York, second edition, 1989.
- Webb, W.T. und L. Hanzo: Modern Quadrature Amplitude Modulation. Pentech Press, London, 1995.
- Weidenfeller, H. und A. Vlcek: Digitale Modulationsverfahren mit Sinusträger. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1996.



# Was dem Planeten schadet, muss weg

Das Internet verbraucht sehr viel Strom, insbesondere durch aktuelle Technologien wie Blockchain und Data Mining. Wir sprachen mit Yves Durand, Director of Technology bei Thales Alenia Space, über den interessanten Ansatz Datenzentren im Weltall zu installieren.

*TiB: Herr Durand, können Sie unseren Lesern erklären, warum es sinnvoll ist, Rechenzentren auf Erdumlaufbahnen zu positionieren?*

**Yves Durand:** Wissenschaftler haben erst vor kurzem das Ausmaß des riesigen Emissionsfußabdrucks der digitalen Industrie erkannt. Dieser Fußabdruck ist in erster Linie mit dem massiven Energieverbrauch verbunden, der schätzungsweise bereits mehr als 10 % des weltweiten Stromverbrauchs ausmacht. Forscher und Forscherinnen sind sich in der Regel einig, dass 30 % dieses Stromverbrauchs auf Computer oder Smartphones, 30 % auf Rechenzentren und 40 % auf die damit verbundenen Netzwerkverbindungen zurückzuführen sind. Das kritischste Problem ist nicht einmal der aktuelle Stromverbrauch, sondern seine Entwicklung, die mit dem Anstieg des weltweiten Internetverkehrs einhergeht, der auf 8 bis 10 % pro Jahr geschätzt wird: eine Verdoppelung alle 10 Jahre.

Die Rechenzentrumsbranche unternimmt große Anstrengungen, um ihren ökologischen Fußabdruck zu verkleinern, aber der einzige verfügbare Hebel ist die Verringerung der für die Kühlung aufgewendeten Energie (wie die direkte Ableitung der Wärme in Ozeane, die Implementierung in nördlichen Ländern, die Nutzung

von kaltem Grundwasser usw.) sowie ein Wettlauf um eine effizientere Elektroniktechnologie. Diese Lösungen können jedoch das exponentielle Wachstum der Datennutzung und den entsprechenden massiven Bedarf an neuen Rechenzentrumskapazitäten nicht ausgleichen. Die Einrichtung von Internet-Rechenzentren in der Erdumlaufbahn könnte dazu beitragen, dieses Problem zu verringern, da die Energie außerhalb der Erdatmosphäre direkt von der Sonne bezogen, lokal genutzt und die Verlustwärme in den Weltraum abgeleitet würde. Wir müssten lediglich Daten austauschen, was über optische Kommunikation erfolgen kann.

## Erst vor kurzem wurde das Ausmaß des riesigen Emissionsfußabdrucks der digitalen Industrie erkannt

*TiB: Zunächst ist eine Machbarkeitsstudie für ASCEND (Advanced Space Cloud for European Net zero Emission and Data Sovereignty) geplant. Wann sind Ergebnisse zu erwarten und welche technischen Strukturen könnten realisiert werden?*

**Durand:** Die ASCEND-Studie der Europäischen Kommission begann im Januar 2023 und soll innerhalb von 16 Monaten Machbarkeitsergebnisse sowie einen Vorschlag für einen Entwicklungsfahrplan liefern. Wenn das Projekt als solide und durchführbar eingestuft wird, könnte ein Demonstrator entwickelt werden, dem ein europäisches Entwicklungsprogramm folgen könnte.

*TiB: Welcher Datendurchsatz kann erreicht werden und welche elektrische Leistung ist dafür erforderlich?*

**Durand:** Die Systemarchitektur der Rechenzentren im Weltraum wird im Rahmen der Studie festgelegt werden, aber um einen ausreichenden Einfluss auf die

Kohlenstoffneutralität zu haben, sollte eine ausreichende Rechenzentrumskapazität in der Umlaufbahn installiert werden, die mit einer Leistung in der Größenordnung von mehreren hundert Megawatt oder Gigawatt verbunden ist. Der globale Datendurchsatz sollte demjenigen entsprechen, der in den Datenzentren am Boden erreicht wird, wobei die Daten je nach Architektur über mehrere Verbindungen zwischen Weltraum und Erde verteilt werden.

*TiB: Wie sollen die Daten von der Erde zum Datenzentrum und zurück gelangen?*

**Durand:** Die Datenkommunikation zwischen Orbitalsystemen und Bodenstationen kann über HF- oder optische Verbindungen erfolgen, die Europa inzwischen gut beherrscht.

*TiB: Welche technische Lösung soll für die Abstrahlung der Abwärme verwendet werden?*

**Durand:** Da es keine Umgebungsluft gibt, die eine Wärmeregulierung durch natürliche oder erzwungene Konvektion gewährleisten könnte, werden für Raumfahrtssysteme routinemäßig verschiedene Wärmeregulierungstechnologien eingesetzt, um die dissipativen Einheiten in einem bestimmten Temperaturbereich zu halten, der hauptsächlich auf der Abstrahlung der Energie durch die dem kalten Raum zugewandten Kühlkörperflächen beruht. Bei großen Strukturen und/oder hohen Verlustleistungen sind mechanisch gepumpte Kreisläufe erforderlich, um die Flüssigkeitszirkulation zwischen

den dissipativen Bereichen und den Abstrahlelementen zu erzwingen und so eine hohe Leistung zu gewährleisten. Europa ist führend bei mechanisch gepumpten Kreislaufsystemen mit hoher Leistung, die jetzt routinemäßig auf den Hochleistungs-Telekommunikationssatelliten von Thales Alenia Space eingesetzt werden. So erhielt Thales Alenia Space von der ESA den Auftrag für den entfaltbaren Strahler des künftigen bemannten Moduls IHab, der aus 8 Paneelen von etwa 4 m<sup>2</sup> besteht, deren beide Seiten in den Weltraum abstrahlen.

*TiB: Die Hardware eines solchen Rechenzentrums muss für die Anwendung im Weltraum qualifiziert sein. Ist das nicht mit sehr hohen Kosten verbunden?*

**Durand:** Weltraumtaugliche Elektronik ist in der Regel mit hohen Kosten verbunden, aber die Situation ändert sich mit der zunehmenden Verwendung kommerzieller Komponenten, die bereits für die Weltraumumgebung getestet wurden, und auch mit größeren Stückzahlen, welche die Kosten senken. Weltraumcomputer und die Datenspeicherung an Bord von Satelliten stützen sich zunehmend auf Standardtechnologie. Für orbitale Datenzentren würde die Anzahl der Elektronikplatinen beispielsweise dem entsprechen, was derzeit für Bodensysteme benötigt wird, was um mehrere Größenordnungen höher wäre als die Stückzahlen bei typischen aktuellen Raumfahrtssystemen. Damit könnte man die Kosten für Datenzentren im Orbit in die Nähe der Kosten für jetzige von-der-Stange Datenzentren bringen.

*TiB: Wie kann man sich ein Wartungskonzept für die Hardware vorstellen?*

**Durand:** Derartige große Infrastrukturen für Weltraumdatenzentren werden zwangsläufig aus mehreren modularen

Elementen bestehen, die schrittweise erweitert und nach Ablauf der Lebensdauer oder bei Ausfall ersetzt oder stillgelegt werden können. Montage, Inspektion, Wartung und Reparatur in der Umlaufbahn, die für künftige große Infrastrukturen erforderlich sind, werden durch die jüngsten Fortschritte in der Weltraumrobotik und der KI-basierten Anomalieerkennung möglich. Die nachhaltige Nutzung des Weltraums sowie die Wartungsanforderungen werden die Strategie für den Einsatz in Verbindung mit Wartung, Recycling und Stilllegung bestimmen.

*TiB: Wie sieht die Strategie für den Transport der Datenzentren in den Weltraum aus und wie soll die Entsorgung funktionieren?*

**Durand:** Ein Schlüsselement der Machbarkeitsstudie basiert auf der Tatsache, dass Europa ein Trägersystem entwickeln kann, das in der Lage ist, große Mengen an Material wirtschaftlich und mit begrenzten Auswirkungen auf die Umwelt in die Umlaufbahn zu bringen. Zu den derzeitigen Konzepten für künftige europäische wiederverwendbare Trägersysteme gehört die Fähigkeit, Nutzlasten in eine niedrige Erdumlaufbahn zu befördern und sie zur Erde zurückzubringen. In der Studie werden neue Konzepte

untersucht, wie z. B. die Verwendung von Lagerumlaufbahnen in Verbindung mit Servicefahrzeugen, die Nutzlasten in die Betriebsumlaufbahn bringen können, wo sie dann zusammengebaut werden. Module, die repariert oder recycelt werden müssen, werden in die Lagerumlaufbahn transportiert, um dann mit einer wiederverwendbaren Trägerrakete auf die Erde zurückgebracht zu werden.

*Die Fragen stellten Silvia Stettmayer und Fritz Münzel*

*Originalsprache Englisch, übersetzt von DeepL und Fritz Münzel*



Yves Durand

Foto: Thales Alenia

# On-Board-Prozessoren für Kommunikationssatelliten

Das Wachstum der Multimedia-dienste treibt die Entwicklung in Richtung einer zunehmend breitbandigeren Satellitenkommunikation voran. Parallel dazu entwickelt sich die Digitalisierung von Telekommunikations-satelliten weiter und führt zur Einführung immer leistungsfähigerer On-Board-Prozessoren (OBP).

Neuartige Architekturen wie Multibeam-Systeme, die Notwendigkeit zur Verbindung von Hochfrequenz (HF) – und optischen Kanälen und neuartige Techniken wie Vorcodierung, Vorverzerrung und Ressourcenmanagement haben zu diesem Trend geführt. Die effiziente Nutzung begrenzter spektraler Ressourcen und die Verwendung kleiner Terminals impliziert im Allgemeinen eine Abdeckung durch Multi-Beam Satelliten, und der damit verbundene Bedarf an digitalem Beamforming und flexiblem Routing zwischen den Beams verlangt nach digitaler Verarbeitung an Bord. Dabei werden zwei wichtige OBP-Paradigmen unterschieden [1]:

- „Digital Transparent Processors (DTPs)“: Diese Prozessoren tasten die Wellenform ab und arbeiten mit den resultierenden digitalen Samples; weder Demodulation noch Dekodierung sind implementiert. DTP-basierte Verarbeitung führt zu Nutzlastdesigns, die unabhängig von der Entwicklung von Übertragungsverfahren sind. Sie wurden in einer Reihe von Missionen einschließlich INMARSAT-4 eingesetzt und typische Anwendungen umfassen unter anderem digitales Beamforming, Broadcasting und Multicasting, bei dem zum Beispiel Eingangskanäle auf mehrere Ausgangsbeams kopiert werden.

- „Regenerative Processing“: Diese Methodik basiert auf den digitalen Basisbanddaten, die nach der Digitalisierung, Demodulation und Dekodierung von Wellenformen gewonnen werden.

- Missionen wie Iridium beinhalten regenerative Verarbeitung hauptsächlich für das paketorientierte Multiplexen von Nutzerkanälen. Zukünftige Missionen wie „High Throughput Optical Network (HyDRON)“ sehen OBPs für die Verbindung von Laserkommunikationsterminals mit HF-Kanälen vor. Während die Regeneration viele Vorteile hat, wie z. B. die Entkopplung der Nutzer- und Bodenstation-Verbindungen, ist die zusätzliche Verarbeitung mit höheren Kosten verbunden. Darüber hinaus schränkt die regenerative Verarbeitung die Flexibilität ein, neuere Übertragungsverfahren zu verwenden, es sei denn, reprogrammierbare Nutzlasten kommen zum Einsatz.

## Vorteile von On-Board Prozessoren im Detail [2]

### Bedarfsgerechte regionale Abdeckung

Die On-Board-Verarbeitung unterstützt flexibles Beamforming, sowohl durch die Konfiguration von analogen Komponenten als auch durch digitales Beamforming. Auf diese Weise kann die Ausleuchtzone eines Satelliten flexibel verändert und die regionale Abdeckung jederzeit an den aktuellen Bedarf in bestimmten Regionen der Welt angepasst werden. Dies

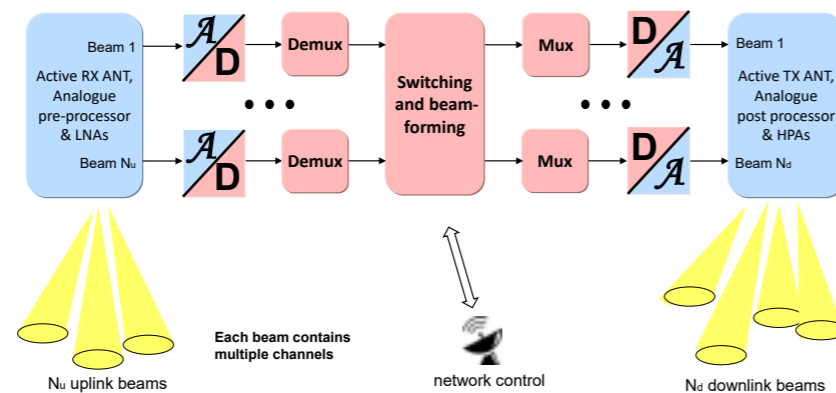
ermöglicht die flexible, bedarfsgerechte Nutzung der Satellitenkapazität, auch unterstützt durch effiziente Übertragungskonzepte wie Beam Hopping.

### Flexibles Management des Datenaufkommens

Switching und Routing ermöglichen ein flexibles Management des Datenaufkommens direkt am Satelliten: Signale können auf einzelne Beams geschaltet oder auf mehrere Beams verteilt werden, sowohl auf der Frequenzebene als auch auf der Ebene der einzelnen Signale. Dies ermöglicht direkte Verbindungen zwischen einzelnen Endgeräten auf der Erde, optimierte Verbindungen zwischen Satelliten zur effizienten Weiterleitung von Daten und eine gleichmäßige Auslastung aller Satelliten in einer Konstellation.

### Optimierte Signalqualität

Nach Demodulation der Signale können fehlerhafte Informationen im Fall einer gestörten Übertragung durch Fehlererkennung und -korrektur wiederhergestellt werden. Das verbessert die Signalqualität deutlich. Auch schwache Signale können auf diese Weise wiederhergestellt werden. Damit lassen sich selbst kleinere



On-Board Prozessor Architektur



On-Board Prozessor – Aufbau im integrierten Zustand

Alle Abb.: Airbus

Bodenterminals mit geringer Sendeleistung zuverlässig ohne Einbußen bei der Signalqualität verwenden. Ein weiterer Vorteil ist, dass unerwünschte Eingangssignale erkannt und ausgeblendet werden können, wodurch unerwünschte Störungen und unbefugte Übertragungen vermieden werden.

### Generische Architektur von On-Board-Prozessoren

Das vom Satelliten empfangene Breitband-Eingangssignal ist ein Multiplex verschiedener Kanäle mit individuellen Bandbreiten. Jeder Kanal wird über einen bestimmten Ausgangsbeam übertragen. Um eine digitale Signalverarbeitung zu ermöglichen, wird das zusammengesetzte Eingangssignal durch die Verwendung einer Filterbank spektral zerlegt. Wird eine regenerative Nutzlast verwendet, sind weitere Aufgaben wie Demodulation/Dekodierung und Modulation/Kodierung möglich.

Die so zerlegten Signale werden von einer sogenannten digitalen Switch-Matrix weiterverarbeitet (oder Router im Falle einer regenerativen Nutzlast). Typische Verfahren sind Raum- oder Zeitmultiplex oder die Paketvermittlung („Store & Forward“). Am Ende der digitalen Signalkette werden schließlich mehrere Kanäle

als zusammengesetztes Signal über den Digital-zu-Analog Wandler (DAC) an die analogen Schaltungsteile jedes Beams weitergeleitet.

### Herausforderungen

Ein On-Board-Prozessor dieser Größe stellt eine enorme Herausforderung in Bezug auf Masse, Leistung und interne Datenverbindungen dar. Die wichtigsten Herausforderungen sind:

**Verarbeitungsleistung:** Halbleiter mit Strukturbreiten von unter 20 nm und einer seriellen Schnittstellengeschwindigkeit von mehreren zehn Gbit/s werden für die neuesten Generationen von OBPs verwendet, die derzeit in Produktion sind.

**Mechanisches Konzept:** zielt darauf ab, das Volumen und damit die Masse und Leistung zu minimieren und muss andererseits eine optimale Wärmeableitung unter Vakuum Bedingungen im Weltraum ermöglichen.

**OBP-interne Datenverbindungen mit einer hohen Anzahl von Kanälen, die mit Dutzenden von Gbit/s laufen:** Der Ersatz der elektrischen durch optische Verbindungen ist der Trend für heutige Nutzlastlösungen.

**Zuverlässigkeit und Robustheit gegen Weltraumstrahlung:** Der Prozessor ist durch Redundanzen so konzipiert, dass Ausfälle durch „Single Points of Failure“

vermieden werden. Die durch die Strahlung im Weltraum verursachten Fehler müssen durch Bauteileauswahl, Fehlerkorrekturcodes und Mechanismen zur automatischen Aktivierung der Redundanz im Fehlerfall gemindert werden.

### OBP Entwicklung und Produktion in Ottobrunn/München

Derzeit wird bei der Airbus GmbH in München/Ottobrunn eine Steuer- und Regenerative Prozessor Einheit für die OneSAT-Satellitenserie entwickelt und integriert. OneSAT ist ein Airbus-Produkt, das den neuen Markt des Daten-Streamings bedienen und die digitalen Versorgungslücken durch den Einsatz von Satelliten schließen soll. Die Prozessor Einheit ist Teil der fünften Generation von OBPs, die in Zusammenarbeit mit Airbus Ltd. in Stevenage/Portsmouth entwickelt wird.

Tim Helfers  
Airbus

### Quellen

- [1] Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges; IEEE Communications Surveys & Tutorials, O. Kodheli et al, Feb 2020
- [2] Fraunhofer IIS Erlangen website: <https://www.iis.fraunhofer.de/de/ff/kom/satkom/obp.html>

# Neue Herausforderungen für die Funkverbindung

## 5G im Weltraum

Mit dem Release 17 spezifiziert das Standardisierungsgremium 3GPP die Möglichkeit, 5G über nicht-terrestrische Netze (NTN) zu realisieren. Dies ist als eine langfristige technologische Evolution zu betrachten und inkludiert nicht nur Satelliten als fliegende Netzknoten. Zusammengefasst lässt sich die Entwicklung in diese 3 Phasen unterteilen: Interworking oder Koexistenz zweier unterschiedlicher Kommunikationsnetze, satellitenbasiert oder terrestrisch. Integration, also die Erweiterung terrestrische Netze mit NTN, bis zur finalen Ausbaustufe, der Vereinheitlichung (Unification). Letzteres beschreibt das aktuelle Forschungsthema im Hinblick auf die 6. Generation des Mobilfunks mit dem Schlagwort ML-MD-MB. Dies steht für Multi-Link, also Funkverbindungen in jeglicher Form von der kurzen Distanz über Indoor-Szenarien und Makrozellen bis hin zu geostationären Satelliten (GEO). Multi-Dimension für die Integration einer 3-dimensionalen Netzarchitektur in verschiedenen Orbit-Konstellationen und letztendlich Multi-Band für diverse Frequenzbänder.

Was die Anwendungsfälle betrifft, unterscheidet man grob zwischen IoT-NTN und NR-NTN. Ersteres ist die Erweiterung des Internet der Dinge (IoT) über NTN, also weltweite Verfügbarkeit für geringe Datenraten, Latenzzeit-tolerante und sporadische Funkkommunikation ohne komplexe QoS Serviceanforderungen. NR-NTN bedeutet eine schrittweise Erweiterung der Anwendungen die aus dem Smartphone heraus bekannt sind über NTN. Anfangs wird dies wohl eher nur geringe Datenraten, Notruffunktionalitäten und Basis-Dienste für Internet inkludieren, langfristig wenn höhere Frequenzbänder freigegeben sind, lassen sich auch höhere Datenraten erzielen, besonders durch Verwendung von leistungsfähigeren, quasi-stationären Endgeräten (VSAT).

### Herausforderungen für die Luftschnittstelle

Die Einführung von NTN in 5G bedeutet jedoch auch etliche Herausforderungen gerade an die Funkschnittstelle. NTN Signale zwischen Atmosphäre und Erde breiten sich anders aus als im terrestrischen Mobilfunk, d.h. neue Fadingprofile werden diskutiert, die große Distanz zwischen Sender und Empfänger resultiert in einer hohen Pfaddämpfung sowie einer hohen Laufzeit (Latenz). Des Weiteren gibt es nun den Paradigmenwechsel, dass sich gerade durch erdnahe Satelliten (LEO), die Basisstation aus Sicht des Endgerätes nicht mehr stationär verhält, sondern sich schnell bewegt. Konsequenz ist eine Frequenzverschiebung, bekannt als Dopplerverschiebung. Außerdem verursachen die elektrischen Felder in der Atmosphäre eine Verzerrung der Polarisationsrichtung.

### NTN-Frequenzen und Wellenausbreitung

Die Bereitstellung von Frequenzen ist die essentielle Voraussetzung für eine Funkverbindung, 3GPP hat mit den beiden Bändern n255 (1626.5 – 1660.5 MHz in Uplink, 1525 – 1559 MHz in Downlink) und n256 (1980-2010 MHz UL, 2170 – 2200 MHz DL) erste Frequenzkanäle in den traditionellen Regionen unter 6GHz freigegeben. Zusätzlich werden höhere Frequenzen diskutiert, beispielsweise im Ka-Band (17-20 GHz DL und 27-30 GHz UL). Da allerdings NTN einen Frequenzduplex FDD aufgrund der hohen Latenzzeit erfordert, sind hierfür weitere Änderungen der Spezifikation notwendig.

Die Wellenausbreitung durch NTN ändert sich, da bei NTN meist eine Sichtverbindung (LOS) angenommen wird und die Funkwelle sich über den größten Teil der Distanz homogen ausbreitet. Mehrwegeausbreitung wie wir sie im terrestrischen Mobilfunk kennen, entsteht eher nur durch die direkte Umgebung des Empfängers. Allerdings kommen mögliche atmo-

sphärisch bedingte Verzerrungen hinzu. Als Konsequenz zur Evaluation der Wellenausbreitung für NTN werden neue Fadingprofile diskutiert, die eine Kombination des terrestrischen Fadings und des atmosphärischen Fadings darstellen.

### Pfaddämpfung

Eine der offensichtlich größten Herausforderungen für NTN ist die hohe Pfaddämpfung, bewirkt durch die große Distanz zwischen UE und Satellit. GEO Satelliten in einer Umlaufbahnhöhe von 35 786 km sind hier das Extrembeispiel.

Die Pfaddämpfung setzt sich aus mehreren Teilen zusammen, wobei bei NTN im Wesentlichen die Komponenten der Freiraumdämpfung, in der Literatur als Free Space Path Loss (FSPL) bekannt, relevant sind. Die hierbei wesentlichen Einflussfaktoren sind die Sendeleistung, die Distanz sowie die Gewinne der Empfangs- und Sendeantennen. Die gute Nachricht ist, dass sich gerade durch verbesserte Antennengewinne, beispielsweise erzielt durch Beamforming, die Pfaddämpfung in Dimensionen verändern lässt, die eine Kommunikation zwischen mobilen Endgeräten auf der Erde mit Satelliten ermöglichen. Wie erwähnt, zielt NTN auf Outdoor und LOS Situationen mit einer geringeren Datenrate, dafür allerdings eine weltweite Erreichbarkeit.

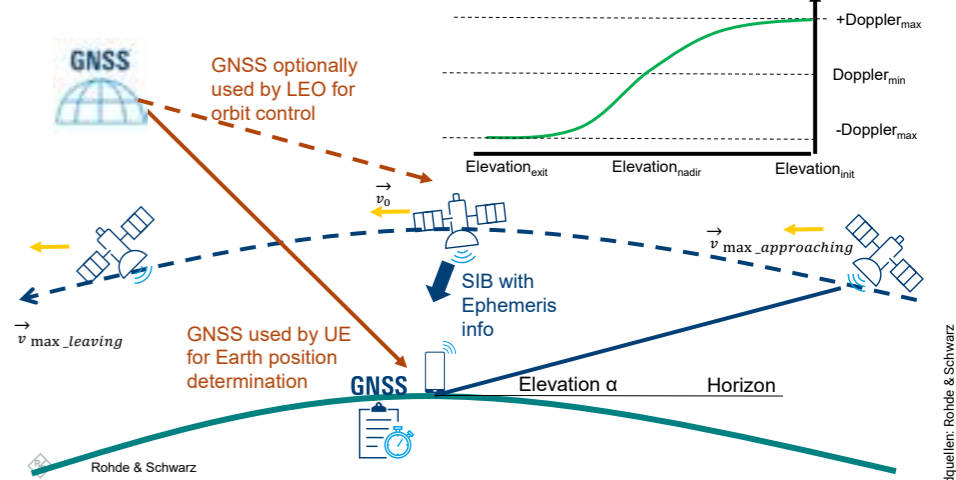
### Latenzzeiten bzw. Signallaufzeit (Round-Trip-Time RTT)

Die große Distanz zwischen Satelliten und terrestrischen UE bewirkt neben der Pfaddämpfung auch eine hohe Signallaufzeit, bei GEO liegt diese bei 544 ms einfach. Das bedeutet, dass ggf. zeitkritische Anwendungen nicht über NTN geroutet werden können bzw. dass höhere Protokollschichten diese Latenz berücksichtigen, beispielsweise durch eine Verlagerung oder Aussetzung einer Paketwiederholung (HARQ Prozesse) oder durch Verlän-

gerung von Timer-Werten. Auf der Luftschnittstelle sind gerade zwei Aspekte der Laufzeitverlängerung wesentlich, je nach Betrachtungswinkel: Aus Sicht des Satelliten, unter der Annahme einer großen Versorgungsfläche (beam footprint), bewirkt allein die geometrische Konstellation, ein UE im Zentrum des Beams ein anderes UE am Rande des Beams, unterschiedliche Distanzen und deshalb unterschiedliche Signallaufzeiten.

Aus Sicht des Endgerätes UE entsteht gerade bei LEO Satelliten ein „Sonnenaufgang-Sonnenuntergang“-Szenario. Der LEO Satellit wird erst sichtbar, nachdem er einen minimalen Elevationswinkel am Horizont überschritten hat. In dem Moment ist die Distanz zum UE am größten, einige Zeit später, wenn der Satellit senkrecht über dem UE steht ist die Distanz am kürzesten und anschließend wird die RTT wieder größer werden. Wir erkennen eine zeitvariante RTT in der Form einer Parabel über die Verbindungsdauer hinweg. Somit ergeben sich zwei Anforderungen an NTN durch die hohe RTT, zum einen eine gewisse Toleranz der Protokollschichten um eine erhöhte Latenz zu tolerieren, sowie eine Synchronisation des Senders durch das Timing Advance (TA) Verfahren um ein gleichzeitiges Eintreffen aller Uplink Signale am Satelliten zu erwirken. Synchronisation in Uplink Richtung wird dadurch erreicht, dass die Basisstation individuell an das UE einen Zeitversatz signalisiert, um den der Sendezeitpunkt (TA) zeitlich verschoben wird, bei NTN geschieht dies durch eine hybride Signalisierung, ein allgemeiner TA-offset für alle UEs in der Zelle plus ein individueller TA pro UE.

### NTN: DOPPLER SHIFT RATE IN A LEO SCENARIO



### Frequenzverschiebung, Doppler Shift

Die Tatsache, dass sich die Satelliten relativ zum UE bewegen, bewirkt den sogenannten Dopplereffekt, eine Frequenzverschiebung. Ähnlich wie bei der Latenzzeitbetrachtung erleben wir ein zeitvariantes Verhalten, die Frequenz verändert sich ähnlich einer S-Kurve über die Zeitdauer der Verbindung, aufgrund der relativen Bewegung des Satelliten auf das UE hinzu sowie von ihm entfernt. Als Kompensation überträgt die satellitengestützte Basisstation ihre Bahndaten (Ephemeris), das UE bestimmt auf Basis von GNSS die eigene terrestrische Position und eine Vorabkompensation des Dopplerversatzes kann durchgeführt werden. GNSS bedeutet „Global Navigation Satellite System“ und ist der Sammelbegriff für Einzelsysteme wie GPS, Galileo etc.

### Polarisation in NTN (Faraday-Effekt)

Als Polarisation wird in der Funktechnik allgemein die Orientierung des elektrischen Feldes der Funkwelle relativ zur Erde bezeichnet. Im Mobilfunk weit gebräuchlich sind lineare Polarisierungen (horizontal und/oder vertikal). Aufgrund der Anzahl an Elektronen in der

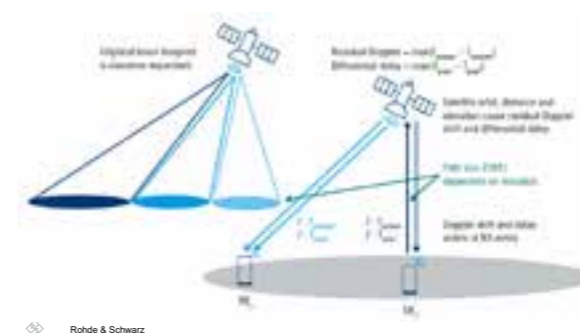
Atmosphäre kommt es zu einer Verschiebung der Polarisation, ein Effekt der als Faraday-Effekt bekannt ist. Konsequenz sind mögliche Empfangsverluste durch Fehlanpassung. Eine Möglichkeit diesen Effekt zu reduzieren ist die Verwendung einer zirkularen Polarisation, was aber dann möglicherweise eine neue Antenne am Endgerät bedeuten würde, also die Komplexität erhöht oder man entscheidet sich eben weiterhin, eine linear polarisierten Antenne zu verwenden und einen Anpassungsverlust in Kauf zu nehmen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Erweiterung des 5G Mobilfunks auf NTN beinhaltet doch einige Herausforderungen für die Luftschnittstelle. Trotzdem sind sich die Experten sicher, dass viele dieser Herausforderungen lösbar sind und NTN somit den terrestrischen Mobilfunk komplementär erweitern wird, als langfristiges Ziel gilt es dreidimensionale, einheitliche und organische Netzstrukturen zu verwirklichen. Release 17 ist hier nur als Kickstart zu betrachten, wir erleben eine Konvergenz der Ökosysteme Satellitenkommunikation und Mobilfunk um gemeinsam das Ziel von NTN zu realisieren. Rohde & Schwarz als führender Hersteller in Test and Measurement und Satellitenkommunikation freut sich mit seiner Expertise diese Entwicklung zu begleiten.

Reiner Stuhlfauth  
Rohde & Schwarz

### NTN: RTT ASPECTS – PERSPECTIVE SATELLITE



## Dramatische Zunahme von Weltraumschrott

# Mehr Sicherheit im Weltraum durch die Großradaranlage TIRA

Seit dem ersten künstlichen Satelliten Sputnik im Jahre 1957 hat die Nutzung des erdnahen Weltraums gewaltige Ausmaße angenommen. Rund 14450 Satelliten wurden seitdem in den Weltraum geschickt. Aktuell sind davon noch 9610 im Orbit und 6800 im Einsatz. Hinzu kommt eine stetig wachsende Anzahl an Weltraumschrott. Schätzungen zur Folge kreisen aktuell rund 36500 Objekte um die Erde die größer sind als 10 cm, rund 1 Millionen Objekte zwischen 1 cm und 10 cm und rund 130 Millionen Objekte zwischen 1 mm und 1 cm. Dies ist, laut der European Space Agency (ESA), Stand November 2022.

Durch auseinanderbrechende Trümmerteile, Explosionen ausgebrannter Raketenendstufen und Kollisionen von Trümmerteilen untereinander oder auch von Trümmerteilen mit Satelliten, nimmt der Weltraumschrott stetig zu. Beim Zusammenstoß zweier Weltraumobjekte können so schnell tausende neue Trümmer-

teile entstehen. So geschehen z. B. in den 1990er Jahren, als der nicht mehr operationelle russische Militärsatellit Kosmos-251 mit dem Kommunikationssatelliten Iridium 33 kollidierte. Dabei sind rund 1800 neue Trümmerteile entstanden. Diese große Menge an Weltraumschrott stellt eine beträchtliche Gefahr für alle aktiven Satelliten dar. Jede Kollision kann einen Satelliten beschädigen oder komplett zerstören.

Seit einigen Jahren kommen auch noch sogenannte Megakonstellationen hinzu. Dabei werden tausende kleine Satelliten in weltumspannende Konstellationen in den Orbit gebracht. Jeder einzelne dieser tausenden Satelliten kann mit Weltraumschrott kollidieren und daraus eine neue Trümmerwolke erzeugen.

Letztendlich wird jeder aktive Satellit am Ende seiner Lebenszeit oder bei einem Ausfall selbst zu Weltraumschrott, falls er nicht durch spezielle Technologien wieder aus dem Orbit geholt werden kann

oder nach langjähriger Verweilzeit selbstständig in der Erdatmosphäre verglüht.

## Das Tracking and Imaging Radar TIRA

Zwischen Rhein und Eifel, im Drachenfelder Ländchen, liegt weithin sichtbar eines der weltweit größten Radome. Es erinnert mit seinem Durchmesser von 47,5 m und ca. 1400 unterschiedlichen Dreiecken an einen überdimensionalen Golfball. Im Inneren befindet sich mit dem Tracking- und Imaging Radar TIRA eines der leistungsfähigsten Radarsysteme zur Weltraumbeobachtung in Europa. Mit einer Winkelgeschwindigkeit von 24° pro Sekunde im Azimut dreht sich das 240 Tonnen schwere Radar in nur 15 Sekunden einmal um die eigene Achse. Das ist Weltrekord! Durch diese hohe Dynamik ist es möglich, nahezu lückenlos Weltraumobjekte zu verfolgen, die mit rund 7,5 km/s in niedrigen Umlaufbahnen unterwegs sind. Im Wesentlichen besteht TIRA aus drei Komponenten. Zum einen ist das die mechanisch hochpräzise vollbewegliche Parabolantenne, zum anderen das Zielverfolgungsradar zur hochgenauen Verfolgung und Bahnbestimmung sowie einem Abbildungsradar zur hochauflösenden Abbildung von Weltraumobjekten.

## Mehr Sicherheit für aktive Satelliten durch TIRA

Mit TIRA können alle Phasen eines Satellitenlebens begleitet und überwacht werden. Das beginnt beim Start durch die Trägerrakete und die Überführung in den Orbit, geht weiter über die gesamte operationelle Phase bis hin zum möglichen Wiedereintritt in die Erdatmosphäre. Kommt es zu Fehlfunktionen oder Ausfällen, kann mit TIRA eine Schadensanalyse durchgeführt werden, um z. B. herauszubekommen, ob ein Satellit von Weltraumschrott getroffen wurde.

In speziellen Katalogen, wie dem vom US-amerikanischen Space Surveillance Network (SSN), werden mit Hilfe der Weltraumüberwachung größere Weltraumschrottteile (ab ca. 10 cm) katalogisiert. Aktuell sind das rund 32800 Objekte (Quelle: ESA). So weiß man, ob und wann sich ein Schrottteilchen dieser Größe einem Satelliten nähert. Wie hoch das Risiko einer Kollision letztendlich ist, weiß man allerdings dadurch nicht, da die Katalogdaten hierfür zu ungenau sind. Hier kommt TIRA ins Spiel, denn mit der hochpräzisen Antennennachführung und dem leistungsstarken Zielverfolgungsradar kann der Orbit eines Schrottteils hoch präzise bestimmt werden. TIRA ist dabei in der Lage Objekte mit einer Größe von 2 cm in 1000 km Entfernung zu detektieren. Die extrem hohe mechanische Pointing-Genauigkeit liegt bei 0,6", was ca. 3 m in 1000 km Entfernung entspricht. Mit Hilfe der durch TIRA gewonnenen Bahndaten der Schrottteile können die Satellitenbetreiber entscheiden, ob Ausweichmanöver geflogen werden müssen oder nicht. Diese Entscheidung ist deshalb so wichtig, weil jedes unnötige Ausweichmanöver wertvollen Treibstoff kostet und somit die Lebensdauer eines Satelliten verkürzt. Mithilfe der hoch genauen Bahndaten von TIRA müssen somit nur die Ausweichmanöver geflogen werden, bei denen ein hohes Kollisionsrisiko besteht. Bei kleineren Weltraumobjekten, die nur wenige Zentimeter groß sind, ist eine Katalogisierung mit heutigen Mitteln nicht möglich. Um das Risiko für Satelliten möglichst klein zu halten, ist die Kenntnis der statistischen Verteilung dieser kleinteiligen Weltraumschrottpopulation von hoher Wichtigkeit. Entsprechende Stichproben können nur wenige Systeme auf der Welt liefern. Eines davon ist TIRA. Hierfür schaut das Weltraumradar für 24 Stunden in ein und dieselbe Richtung. Die Antenne wird quasi geparkt, weshalb man auch von Beampark-Experimenten spricht. Sämtliche Schrottteile die in dieser Zeit die Antennenkeule durchfliegen und aufgrund ihrer Größe detektiert werden können, werden von TIRA aufgespürt und für statistische Modelle verwendet.



Die Hauptkomponenten von TIRA sind ein beweglicher Parabolspiegel mit 34 Meter Durchmesser, ein L-Band-Radar und ein Ku-Band-Radar. Das L-Band-Radar dient dabei dem Tracking (Verfolgen) von Weltraumobjekten und das Ku-Band-Radar für deren Abbildung

## Müllabfuhr im Weltraum

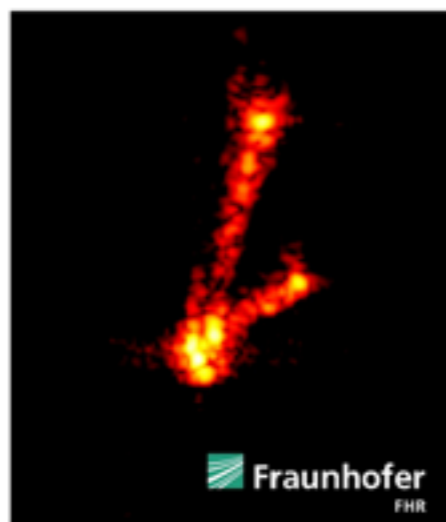
Für Satelliten die nach ihrem Lebensende eine große Gefahr für Kollisionen sind, werden aktuell verschiedenste Technologien entwickelt, mit denen diese aktiv entweder in einen Friedhoforbit oder in eine niedrigere Umlaufbahn gebracht werden können, wo sie dann verglühen. Je nach Rotationsgeschwindigkeit werden unterschiedliche Einfangmethoden (z. B. Greifarme, Fangnetze) zum Einsatz kommen. Mit dem Abbildungsradar von TIRA können von den Satelliten ganze Radarfilme erstellt werden, mit deren Hilfe die Rotationsgeschwindigkeit und deren Änderung über die Zeit genau bestimmt werden können. Mit den so gewonnenen Ergebnissen kann zukünftig eine Vorauswahl von überhaupt geeigneten Objekten und die entsprechend beste Einfangmethode ausgewählt werden.

Moderne Satelliten werden mittlerweile mit sogenannten De-Orbiting Systemen ausgestattet. Das sind relativ leichte und kostengünstige Systeme, die am Ende eines Satellitenlebens das Fläche-zu-

Gewicht-Verhältnis soweit erhöhen, dass sie wie Bremssegel wirken. Der Satellit soll dadurch im Laufe der Jahre stetig an Höhe verlieren, bis er letztendlich verglüht. Angepeilt wird eine Restzeit von 25 Jahren. Ob sich das Bremssystem allerdings korrekt entfaltet hat, weiß der Satellitenbetreiber nur indirekt. Mit TIRA können vom Satelliten hochauflösende Radarbilder erzeugt werden, um das korrekte Entfalten der Bremssysteme zu überprüfen. Mithilfe des Zielverfolgungsradars kann dann über die Jahre der Orbit und somit die Höhenänderung bestimmt werden. Anhand dieser Daten wissen die Satellitenbetreiber dann, ob das De-Orbiting System funktioniert und den Satelliten in der berechneten Zeitspanne verglühen lässt oder aber ob zukünftige Systeme modifiziert oder gar völlig neu entwickelt werden müssen.

Dr. Jens Klare

Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR  
Wachtberg



Der Kleinsatellit MicroSCOPE, betrieben von der französischen Raumfahrtagentur CNES, dient der Erforschung der Gravitation. Zu sehen sind eine 3-D-Skizze des Satelliten (links) und eine Radaraufnahme von TIRA (rechts). Die korrekte Entfaltung des De-Orbiting-Systems konnte durch TIRA bestätigt werden

# Optische Satellitenverbindungen für die Kommunikation von morgen

Optische Freiraumkommunikation, d.h. die Datenübertragung per moduliertem Laserlicht, bietet gegenüber klassischen funkbasierten Übertragungsverfahren einige Vorteile. Diese umfassen beispielsweise die sehr hohen Datenübertragungsraten im Giga-bit-pro-Sekunde- bis Terabit-pro-Sekunde-Bereich, die Systeme sind aufgrund der geringen Strahlaufweitung sehr leistungseffizient, können kompakt aufgebaut werden und sind praktisch nicht abhörbar. Zu den Nachteilen zählen die hohen Anforderungen an die präzise und schnelle Ausrichtung der Laserstrahlen sowie die Tatsache, dass Bewölkung bei Datenverbindungen zwischen Satelliten und Erde den Kommunikationslink unweigerlich unterbricht, sodass ein Bodenstationsnetzwerk (mit mehreren Stationen an günstigen Orten) notwendig wird um eine gute Linkverfügbarkeit zu gewährleisten. So reicht beispielsweise eine tiefe zweistellige Anzahl von optischen Bodenstationen an günstigen Standorten in Europa aus, um deutlich über 99 % kombinierte Verfügbarkeit zu erreichen [1].

Nach ersten Technologiedemonstrationen mit Flugträgern [2] und Satelliten [3] in den 2000er Jahren werden inzwischen die ersten Laserkommunikationssysteme in kommerziellen Satellitenanwendungen erfolgreich eingesetzt – so zum Beispiel beim European Data Relay System (EDRS) der ESA, bei dem Daten von tieffliegenden Satelliten per Laser zu geostationären Satelliten gesendet werden, welche die Daten per traditionellem Funk zu Stationen auf der Erde weiterleiten [4]. Eine Reihe von Laserkommunikationsterminals für weitere Anwendungsbereiche ist aktuell in der Entwicklung und befinden sich an der Schwelle aus Forschung und Entwicklung hin zur Industrialisierung. In Zukunft werden Laserlinks in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden; dies betrifft beispielsweise die Vernetzung von Satelliten in Megakonstellation, optischen Zeit- und Frequenztransfer für zukünftige Satellitennavigationssysteme, sowie die Quantenschlüsselverteilung, welche auch auf optische Übertragungsverfahren angewiesen ist.

## Grundlagen

Als Lichtquelle für optische Freiraumkommunikationssysteme werden typischerweise Laserdioden mit Wellenlängen im nahen Infrarot eingesetzt. Der in Glasfasernetzen weit verbreitete Wellenlängenbereich um 1550 nm ist auch für Freistrahlanwendungen attraktiv, da eine große Anzahl von Komponenten verfügbar ist. Zudem weist die Atmosphäre bei dieser Wellenlänge eine vergleichsweise geringe Dämpfung auf. Die relativ geringe Ausgangsleistung einer Laserdiode (wenige Milliwatt) kann sehr gut mit einem Glasfaserverstärker in Größenordnungen von einem bis zehn Watt angehoben werden. Es gibt verschiedene Verfahren, wie Daten auf den Lichtträger moduliert werden können. Im einfachsten Fall wird die Intensität des abstrahlten Lichts ein- und ausgeschaltet (Intensity Modulation with Direct Detection, IM/DD). Da auf Empfängerseite lediglich die Intensität des empfangenen Lichts detektiert werden muss, ist IM/DD sehr robust gegenüber atmosphärischen Einflüssen und wird daher häufig in aeronautischen Anwendungen,

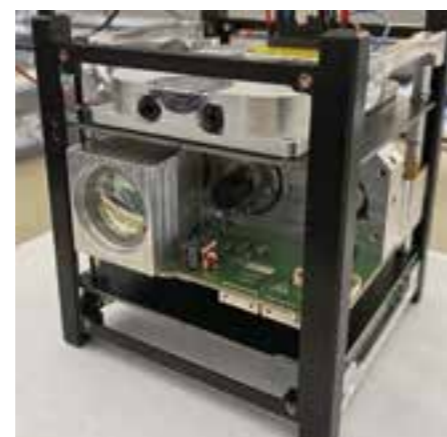


Abb. 1: Laserkommunikationsterminal CubelCT des DLR-Instituts für Kommunikation und Navigation (links) sowie Weiterentwicklung für Inter-Satelliten-Verbindungen CubelSL (rechts)



Abb. 2a: Optische Bodenstation Oberpfaffenhofen

sowie für Übertragungen von tieffliegenden Satelliten zur Erde, eingesetzt. Nachteil ist die begrenzte Empfindlichkeit des Verfahrens. Ein andere Variante ist die Phasenmodulation, bei welcher direkt die Phase des optischen Trägers moduliert wird. Dies hat eine wesentlich bessere Empfindlichkeit zur Folge – jedoch haben die durch die Atmosphäre verursachten

Phasenstörungen einen starken Einfluss auf die Signalqualität des Empfangssignals.

Dieses Beispiel macht deutlich, dass technische Parameter wie die Wellenlänge, das Modulationsverfahren und weitere Eigenschaften des Systems stark vom Anwendungsszenario abhängen und jeweils dafür optimiert werden sollten, um

ein effizientes Systemdesign zu gewährleisten.

## Optische Satellitenkommunikation

Laserlinks für die Satellitenkommunikation kommen bei Verbindungen zwischen Satelliten (sog. Inter-Satellite-Link, ISL) sowie zwischen Satelliten und der Erde (sog. Direct-To-Earth links, DTE) zum Ein-

**Web Omega ab 340,- €**

**eDesk von 65 - 130 cm ab 448,- €**

**VLUV ab 67,14 €**

HOTLINE: 0611 - 18 55 180 | service@schultz.de

ONLINE-SHOP: www.schultz.de



Abb. 2b: Transportable Optische Bodenstation

satz. Abb.1 zeigt Abbildungen der vom DLR-Institut für Kommunikation und Navigation im OSIRIS-Programm entwickelten Systeme CubeLCT, welches für DTE-links ausgelegt wurde, und CubeISL, welches für den ISL-Anwendungsfall weiterentwickelt wurde.

Gut sichtbar ist jeweils die optische Apertur, mit welcher das optische Signal abgestrahlt bzw. vom Kommunikationspartner empfangen wird. Das CubeLCT erreicht Datenraten von Satelliten zur Erde von 100 Mbit/s. Dies stellt für Cubesats, also sehr kleine Satelliten mit wenigen zehn Zentimetern Kantenlänge, einen großen Fortschritt gegenüber den sonst verfügbaren Lösungen im Funk dar, die häufig Datenraten von einigen kbit/s bis zu wenigen Mbit/s bieten. Das System ist mit  $10 \times 10 \times 3 \text{ cm}^3$  extrem kompakt und kann selbst auf kleinsten Satelliten untergebracht werden.

Das CubeISL System erhöht die mögliche Datenrate zwischen Satellit und Erde auf 1 Gbit/s und ermöglicht 100 Mbit/s für Inter-Satelliten-Verbindungen. Weitere Entwicklungen des DLR, wie beispielsweise OSIRISv3, ermöglichen Datenraten von bis zu 10Gbit/s und mehr [5].

Um die grundlegenden Möglichkeiten der Technologie aufzuzeigen, hat das DLR eine Demonstration durchgeführt, in welcher auf einer Übertragungsstrecke zwischen zwei Punkten auf der Erde eine Datenrate von 13,16 Tbit/s demonstriert wurde [6]. Der optische Kanal war dabei so dimensioniert, dass er den schlechtesten anzunehmenden Fall für eine Verbin-

dung zwischen einer Station auf der Erde und einem geostationären Satelliten darstellt. Datenlinks mit Datenraten im Terabit-pro-Sekunde-Bereich sind besonders für sog. Feeder Links zu geostationären Satelliten attraktiv, wo auf einem einzelnen Übertragungslink sehr große Datenmengen übertragen werden müssen, welche dann vom Satellit weiterverteilt werden. Die Demonstration hat gezeigt, dass die optische Übertragungstechnologie für diesen Anwendungsfall eine gute Lösung sein kann.

#### Optische Bodenstationen

Das Herzstück ist typischerweise ein Teleskop, welches das empfangene Licht sammelt und mit einem optischen System

#### Literatur

- [1] C. Fuchs and F. Moll, „Ground Station Network Optimization for Space-to-Ground Optical Communication Links,” *J. Opt. Commun. Netw.*, vol. 7, no. 12, pp. 1148–1159, 2015.
- [2] J. Horwath and C. Fuchs, „Aircraft to Ground Unidirectional Laser-Comm. Terminal for High Resolution Sensors,” in *Free-Space Laser Communication Technologies XXI*, Vol. 7199, 2009, vol. 7199, no. 7199–1, pp. 67–73.
- [3] T. Jono, Y. Takayama, N. Perlot, D. Giggenbach, and others, „Report on DLR-JAXA Joint Experiment: The Kirari Optical Downlink to Oberpfaffenhofen (KIDDO),” *JAXA*, ISSN, pp. 1349–1121, 2007.
- [4] D. Tröndle, P. Martin Pimentel, C. Rochow, H. Zech, G. Muehlnikel, F. Heine, R. Meyer, S. Philipp-May, M. Lutzer, E. Benzi, P. Sivas, S. Mezzasoma, H. Hauschildt, M. Krassenburg, and I. Shurmer, „Alphasat-Sentinel-1A optical inter-satellite links: run-up for the European data relay satellite system,” in *Proc. SPIE*, 2016, vol. 9739, p. 973902.
- [5] C. Fuchs, C. Schmidt, J. Keim, F. Moll, B. Rödiger, M. Lengowski, S. Gaißer, and D. Giggenbach, „Update on DLR's OSIRIS program and first results of OSIRISv1 on Flying Laptop,” in *Free-Space Laser Communications XXXI*, 2019, vol. 10910, p. 109100S.

- [6] A. Dochhan, J. Poliak, J. Surof, M. Richerzhagen, H. F. Kelemu, and R. M. Calvo, „13.16 Tbit/s free-space optical transmission over 10.45 km for geostationary satellite feeder-links,” in *Photonic Networks*, 20th ITG-Symposium, pp. 1–3.
- [7] C. Fuchs, M. Brechtelsbauer, J. Horwath, A. Shrestha, F. Moll, D. Giggenbach, and C. Schmidt, „DLR's Transportable Optical Ground Station,” in *OSA Technical Digest* (online), 2013.
- [8] C. Günther, „Kepler-Satellite Navigation without Clocks and Ground Infrastructure,” in *Proceedings of the 31st International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2018)*, pp. 849–856.
- [9] F. Moll, J. Krause, N. Walenta, R. Freund, E. Peev, A. Reeves, R. Rüdtenklau, A. Ferenczi, L. Macri, S. Häusler, and others, „Link technology for all-optical satellite-based quantum key distribution system in C-/L-band,” in *2022 IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (IC-SOS)*, pp. 275–280.

dem Empfänger zuführt. Abb. 2a + b zeigen die vom DLR entwickelte und betriebene optische Bodenstation Oberpfaffenhofen sowie die Transportable Optische Bodenstation des DLR [7].

#### Ausblick

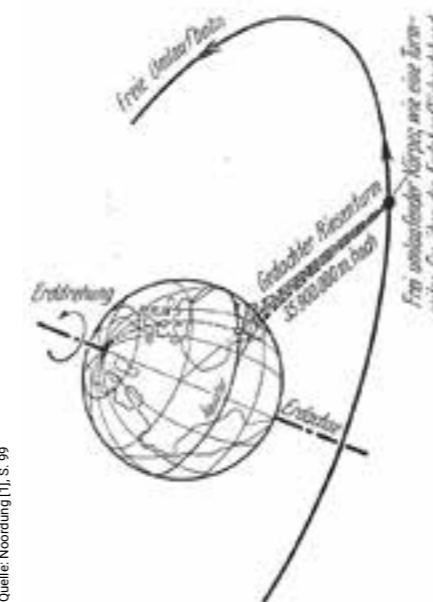
Die beschriebenen Anwendungsgebiete optischer Freiraumkommunikation stellen lediglich einen kleinen Ausschnitt dessen dar, was in Forschung und Entwicklung derzeit vorangetrieben wird. Weitere Anwendungsfelder stellt beispielsweise die Navigation dar: Zukünftige Satellitennavigationssysteme sollen mit optischen Uhren ausgestattet werden, um eine präzisere und resilientere Positionierung auf der Erde zu ermöglichen. Entsprechende Forschungsarbeiten laufen derzeit für das vom DLR vorgeschlagene Kepler-System [8].

Ein anderes vielversprechendes Anwendungsgebiet ist die Quantenschlüsselverteilung (Quantum Key Distribution, QKD) mit optischen Links. Mit QKD-Systemen lassen sich sichere kryptographische Schlüssel zwischen zwei Kommunikationspartnern erzeugen, die – basierend auf physikalischen Prinzipien – nicht abgehört werden können [9].

Dr. Christian Fuchs

DLR Institut für Kommunikation und Navigation

# Relaisstation auf geostationärer Umlaufbahn



Quelle: Noordung [1], S. 99

Noordung fand 1929 dieses einprägsame Bild für einen geostationären Satelliten: Ein Körper, der die Erde auf diese Weise umläuft, verhält sich so, als ob er die Spitze eines riesigen, 35.900 km hohen Turmes bilden würde

Im Jahre 1929 erschien das heute kaum bekannte Buch *Das Problem der Befahrung des Weltraums* [1]. Dort wird auf 188 Seiten der Bau von Raketen und die Möglichkeiten zur Realisierung von Raumstationen diskutiert. Diese sollten aus drei Modulen bestehen, einem Kraftwerk, das über Parabolspiegel aus der Sonnenstrahlung Energie erzeugt, weiterhin aus einem Observatorium und einem „Wohnrad“, das durch Rotation eine künstliche Schwerkraft erzeugt.

#### Vision der geostationären Bahn

Den „stationären Umlauf“ beschreibt der Autor Hermann Noordung wie folgt: „Unter den unzählig vielen, überhaupt möglichen freien Umlaufbahnen um die Erde haben für unseren vorliegenden Zweck nur die wenigstens annähernd kreisförmig verlaufenden Bedeutung und hiervon

wieder sind jene besonders interessant, deren Halbmesser (Abstand vom Erdmittelpunkt) 42.300 km beträgt [...]. Richten wir es nun außerdem noch so ein, daß die Umlaufbahn genau in der Äquatorebene liegt, dann würde der Körper dauernd über ein und demselben Äquatorpunkt stehen, und zwar in 35.900 km Höhe über der Erdoberfläche [...]“ [1, S. 98].

Hermann Noordung war das Pseudonym von Herman(n) Potočnik. 1892 in Pola, heute Pula/Kroatien, geboren, schlug er in der k. u. k. Monarchie die Offizierslaufbahn ein und kämpfte im Ersten Weltkrieg. Aufgrund einer Tuberkuloseerkrankung in den Ruhestand versetzt, studierte er von 1918 bis 1922 an der TH Wien Maschinenbau und Elektrotechnik und befasste sich anschließend mit Raumfahrttechnik, zu deren Pionieren er zählt. Potočnik starb 1929 verarmt im Alter von nur 36 Jahren an Lungenentzündung, konnte aber das Erscheinen seines einzigen Buchs noch erleben, das 1935 ins Russische, 1986 ins Slowenische und 1999 ins Englische übersetzt wurde.

#### Relaisstation im All

Der Vorschlag, eine Relaisstation im All zu errichten, stammt von dem britischen Physiker und Science-Fiction-Schriftsteller Arthur C. Clarke. Bekannt wurde er nicht zuletzt durch den Filmklassiker *2001: Odyssee im Weltraum* von Stanley Kubrick, der auf einer Kurzgeschichte von Clarke beruht und dessen Drehbuch beide gemeinsam geschrieben hatten.

1945 hatte Clarke in einer wissenschaftlichen Zeitschrift einen visionären Artikel veröffentlicht, in dem er die Frage stellt, ob eine Station im Weltall den Funkdienst über große Gebiete abdecken könne [2]. Ausgangspunkt war, dass man für einen guten Fernsehempfang in einem Land ein Netz von Sendestationen braucht. Die Übertragung von Programmen in andere

Länder erfordert eine Kette von Relaisstationen und wäre damit sehr teuer. Eine Übertragung über Ozeane hinweg wäre hingegen kaum möglich. Clarke schlug vor, eine „space-station“ einzurichten. Die Entwicklung der V2 hätte gezeigt, dass man entsprechende Raketen bauen kann, die dann auf eine Umlaufbahn um die Erde geschickt werden. Mit Bezug auf das obige Buch von Noordung bzw. Potočnik argumentiert er, dass der erste Orbit jener mit einem Radius von ca. 42.000 km wäre, d. h. eine geostationäre Bahn. Die Relaisstation im All könnte die nötige Energie aus der Sonne beziehen, etwa über Dampfmaschinen oder direkt mittels thermo- bzw. photoelektrischer Elemente. Am Ende des Beitrags fasst Clarke seine Thesen noch einmal zusammen und unterstreicht im Anhang unter dem Stichwort „Rocket Design“, dass der Bau dieser Raketen realistisch sei. Unter der Überschrift „Atomic Power“ geht Clarke auf die Kosten ein: In etwa 20 Jahren könnte es atombetriebene Raketen geben, die den Transport ins All kostengünstig ermöglichen. Realisiert wurde die Übertragung von Fernsehbildern über den Atlantik 17 Jahre nach Clarkes visionärem Aufsatz mit dem Start von Telstar 1 am 10. Juli 1962. Der erste Satellit auf einer geostationären Umlaufbahn war der am 19. August 1964 gestartete Syncom 3 (Synchronous Orbit Communications Satellite).

Frank Dittmann

#### Literatur

- [1] Hermann Noordung: *Das Problem der Befahrung des Weltraums. Der Raketen-Motor*. Berlin, 1929
- [2] Arthur C. Clarke: *Extra-terrestrial Relays. Can Rocket Stations Give World-wide Radio Coverage?* In: *Wireless World* Oct. 1945, S. 305-308

## VDI AK Technikgeschichte München Nachwuchs mit neuen Ideen gesucht!

Den Anspruch „Aus der Vergangenheit für die Zukunft lernen!“ hat sich der Arbeitskreis aus allen Gebieten der Naturwissenschaften und Technik auf die Fahnen geschrieben (siehe [vdi-sued.de/arbeitskreise/technikgeschichte](http://vdi-sued.de/arbeitskreise/technikgeschichte)). Das dreiköpfige ehrenamtliche Führungsteam organisiert Präsenz-, Hybrid- und Onlineveranstaltungen sowie Exkursionen.

Wie jedes Team brauchen auch wir junge moderne Ideen, die aus der kritischen Betrachtung der bisherigen und alten Technik Neues gewinnen und entsprechende Experten dazu gewinnen können. Wir suchen daher bestens vernetzte Nachwuchskräfte, welchen die Technikgeschichte eine Herzensangelegenheit ist und die dabei unter Anwendung der

aktuellen Medientechnik gerne kommunizieren und organisieren. Über eine gute Resonanz des Aufrufs würden wir uns sehr freuen:  
E-Mail an: [technikgeschichte@vdi-sued.de](mailto:technikgeschichte@vdi-sued.de)

*Peter Baier, Gerhard Seiler  
und Dr. Ulrich Fligge*



### VDI BV Bayern Nordost

## Einladung zur Mitgliederversammlung 2023

Freitag, 05. Mai 2023, um 17.00 Uhr, im Arvena Park Hotel, Görlitzer Str. 51, 90473 Nürnberg

17.00 Uhr **Eröffnungsvortrag**

18.00 Uhr **Beginn der Jahresmitgliederversammlung**  
**Agenda**

- Genehmigung des Protokolls der Jahresmitgliederversammlung vom 22.04.2022 und der diesjährigen Tagesordnung
- Bericht des Vorsitzenden
- Bericht des Schatzmeisters
- Bericht der Rechnungsprüfer
- Ehrungen
- Aktivitäten der Bezirksgruppen und Arbeitskreise
- Aktivitäten der Studenten und Jungingenieure
- Ehrungen
- Genehmigung des Jahresabschlusses 2022
- Entlastung des Vorstandes
- Ehrungen
- Wahlen (Vorsitzender, Koordinator Young Engineers, Koordinator Bezirksgruppen, Rechnungsprüfer)



Anschließend: **Gemeinsames Abendessen**

Alle Mitglieder des Bezirksvereins laden wir hiermit zur Jahresmitgliederversammlung und einem anschließenden Abendessen ein. Wir bitten Sie, sich über unsere Geschäftsstelle anzumelden

- Email: [vdi@th-nuernberg.de](mailto:vdi@th-nuernberg.de) Fax: +49 (0) 911 519 39 86
  - Post: VDI Bezirksverein Bayern Nordost e. V., Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg
- bis zum **29.04.2023**, ob Sie mit oder ohne Begleitung kommen.

Bitte teilen Sie uns gegebenenfalls auch Ihre schriftlichen Anträge mit.

Das Protokoll der Jahresmitgliederversammlung 2022 wurde in der „Technik in Bayern“ Heft 04/2022, S. 36/37 veröffentlicht und ist auch in unserer Geschäftsstelle einsehbar.

*Der Vorstand des VDI Bezirksverein Bayern Nordost e. V.*

### VDI München

## VDI Tag am 13. Mai 2023 in Rosenheim und 50 +1 Jahre VDI Bezirksgruppe Rosenheim

Liebe Mitglieder und Freunde des VDI, am Samstag, den 13. Mai 2023, laden wir Sie herzlich zum VDI Tag nach Rosenheim ein.

Das Programm beginnt um 10:00 Uhr im Kultur- und Kongresszentrum. Die Bezirksgruppe Rosenheim feiert 51-jähriges Bestehen. Walter Leicht vom Städtischen Museum führt uns anschließend durch die Geschichte von Rosenheim, bevor wir uns bei einem leckeren Mittagsimbiss für das umfangreiche Exkursionsprogramm des Nachmittags stärken können. Wie immer können Sie aus verschiedenen Führungspaketen wählen.

Zwei Schmankerl für Kinder und Jugendliche: Besuch des Holztechnischen Museum zum Thema „Holz – Mit allen Sinnen erleben“ und Besuch der Vulkanausstellung mit anschließendem Bastelworkshop.

Nach den Exkursionen treffen wir uns zum Abendessen und einen regen Austausch zum Erlebten wieder im KU'KO. Die Aktivitäten werden zu Führungen zusammengefasst – bitte wählen Sie im Anmeldeformular, das Sie nach Zahlung der Gebühren erhalten, bis spätestens 24. April ein Führungspaket aus.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

*Rupert Zunhammer und Philipp Lederer*

#### Programmpunkte zu Technik, Technikhistorie und Lehre

- Besichtigung bei der Firma BORA
- Besichtigung bei der Firma Krones
- Besuch der TH Rosenheim – Labore Spritzguss, Holztechnik und Robotik
- Innmuseum
- Holztechnisches Museum
- Exkursion: Portland Zementwerk Rohrdorf

#### Programmpunkte zu Kultur und Geschichte

- Stadtführung „Rosenheim Cops“
- Stadtführung „Färber und Lederer“
- Stadtführung „Vom Salz zum Bier“
- Historische Stadtführung
- Museum Lokschnitten mit der Ausstellung „Vulkane“
- Stadtmuseum

Sie können sich über unsere Homepage anmelden:

Teilnahmegebühr: 15 € pro Person (Kinder bis 8 Jahre kostenlos) – beinhaltet Mittagsimbiss, Führungen + Bustransfers

Abendessen: 20 € pro Person.

Bitte auch hier mit der Anmeldung ein Essen auswählen.

Anmeldung unter: [www.vdi-sued.de](http://www.vdi-sued.de)

Anmeldeschluss: 24. April 2023

## VDI München Butterfly-Effect in der Produktion

**B**utterfly Effect – der Flügelschlag eines Schmetterlings kann Großes auslösen. Staub ist ebenso vermeintlich klein und unbedeutend, kann sich aber plötzlich aufgrund seiner Eigenschaften als Ursache für ungeahnt große Auswirkungen entwickeln.

Referent **Robert Weinberger**, DI. Dr. techn. in der Verfahrenstechnik, berichtete im **VDI Arbeitskreis Unternehmer und Führungskräfte** über die Brandursache in einer Filteranlage einer Aluminiumrecyclingschmelze, die sich technisch wie unternehmerisch als Kettenreaktion für das Unternehmen entpuppte. Dieses Ereignis und die dazugehörige technische Hilfeleistung wurden in mehreren Ebenen – technisch, wirtschaftlich und menschlich – hinsichtlich dieser Fragen betrachtet und diskutiert:

- Warum kam es zu diesem Ereignis?
- Wieso erst drei Jahre nach Inbetriebnahme?
- Wie lässt sich das zukünftig verhindern?
- Wie lang dauert die Instandsetzung?
- Wer ist schuld?

In der Filteranlage sind weder der Filter noch die verwendeten Filterschläuche (Feuerfestgewebe) brennbar. Deshalb blieb nur der abgeschiedene Staub als brennbares Material. Der entscheidende Flügelschlag selbst erfolgte durch viele winzige Rußpartikel (etwa 1/10 des Durchmessers eines Haars), die sich im Filter anreicherten und letztlich in Kombination mit den Betriebsbedingungen den verheerenden Glimmbrand verursachten.

Das aus Umweltgründen dem Filter beigegegebene Additiv auf Basis Kalkhydrat mit 10 % Anteil Kohlenstoff (C) erwies sich durch die Aufnahme organischer Substanzen als problematisch hinsichtlich eines Brandrisikos. Ein Gemisch aus

Additiv, Staub und Ruß neigt nach den Erfahrungen des Referenten bei den üblichen Betriebsbedingungen solcher Filteranlagen zur Selbstentzündung. Die kritischen Parameter wurden hier erst drei Jahre nach Inbetriebsetzung erreicht.

Nicht gerechnet wurde mit dem Szenario der Selbstentzündung des Filterstaubs – auch nicht in den Sicherheitsbetrachtungen, die von der klassischen Ansicht der Notwendigkeit von brennbarer Stoff + Sauerstoff + Zündquelle als Ursache für einen Brand ausgingen. Deshalb war dieser Störfall nur eine Frage der Zeit und kaum zu verhindern.

Außerdem hätten Betriebserfahrungen und einige ingenieurmäßige Fähigkeiten kombiniert mit einer guten offenen Diskussion das Potenzial zur Vorbeugung und Früherkennung. Ein derartiges Ereignis entsteht vor allem aus betriebswirt-



Filter nach Brand

So sollte der Filter aussehen



Robert Weinberger, DI. Dr. techn.

schaftlichen Gründen – in der Verwendung minderwertiger Schrotte, einem Betrieb der Anlage an der Kapazitätsgrenze etc. Letztendlich ist der Umgang damit wie auch die Gesprächskultur gefragt. Zur Verhinderung wurden einige einfache technische Maßnahmen vorgeschlagen: Einsatz von nur Kalkhydrat als Additiv, regelmäßige Bestimmung der Glühverluste, um das Gefahrenpotenzial zu erkennen und reagieren zu können, sowie eine andere lokale Aufgabestelle für das Additiv und eine Gaslöschanlage gekoppelt an die Staubüberwachung nach dem Filter.

Das wirtschaftliche Hauptproblem ergab sich aus der langen Lieferzeit der Filterschläuche mit rund 14 Wochen, was de facto einem Produktionsstillstand in dieser Zeit gleichkommt. Die Lagerhaltung einer oder mehrerer Schlauchgarnituren abseits der normalen Empfehlungen der Lieferanten ist teuer und aufgrund der begrenzten Lagerdauer nur bedingt durchführbar. Daher werden die oben angeführten Präventivmaßnahmen priorisiert.

Der Brand eines umwelttechnischen Aggregats zeigt sich damit unerwartet facettenreich, womit sich der Kreis zum Flügelschlag eines Schmetterlings schließt.

**Robert Weinberger, DI. Dr. techn.**  
**Dipl.-Ing. Christa Holzenkamp**  
Leiterin AK Unternehmer und Führungskräfte

## Industriedenkmal Raisting Erdfunkstelle Raisting und Olympia `72 Ausstellung im Hellmeier-Kulturhaus in Raisting

**U**nter dem Titel „Live! Olympia `72 – In einer Sekunde um die Welt“ organisierte der Förderverein Industriedenkmal Radom Raisting e.V. im Herbst 2022 eine Ausstellung im örtlichen Hellmeier-Kulturhaus. Über zwei Wochen wurden Dokumente, Fotos und Exponate aus den Archiven des Fördervereins gezeigt.

Zudem erläuterten drei Referenten in Vorträgen historische, technische und aktuelle Aspekte des Satellitenfunks: Dr.-Ing. Walter Rathjen sprach über „Live die Welt erleben“, Dipl.-Phys. Armin Drescher berichtete von „Funkhilfe auf der Erde und im Weltall“ und Dipl.-Ing. Herbert Krebs, damaliger Leiter der Erdfunkstelle, erklärte, „Wie wir die Spiele in die Welt brachten“.

Viele Raisting und Menschen aus der Region nahmen die Gelegenheit wahr, um zu erfahren, was die Erdfunkstelle mit den Olympischen Spielen 1972 in München zu tun hatte. Kurz gesagt: Von hier wurden alle Berichte über die Sportereignisse und natürlich auch zum Attentat gegen die israelischen Teilnehmer live in alle Welt übertragen.

Die Hauptrolle spielten die Antennen 1



Die drei ersten Antennen der Erdfunkstelle Raisting teilten für die Übertragung die Welt unter sich auf

(Radom), 2 und 3, wobei die Letztere gerade mal einen Tag vor Beginn der Spiele in Betrieb ging, am 25. August 1972.

Der Förderverein zeigte, welchen technischen, politischen sowie wirtschaftlichen Bedingungen es bedurfte, damit dieses Projekt gelang.

Überraschung am Rande: Auf der Suche nach einem Satellitenmodell, um die Übertragungswege von München über den Atlantik verständlich darzustellen,

war ein Zufall behilflich. Ein Raisting fand in seiner Scheune in 40 Metern Höhe unterm Giebel einen „Early Bird“. Den hatte jemand vor einigen Jahrzehnten im Verhältnis 1:1 gebaut. Zur Freude aller konnte das Modell gut restauriert auf der Ausstellung über den Köpfen der Besucher glänzen.

Weitere Highlights: Ein Mitarbeiter der Firma Anuvu, jetzige Eigentümerin der Erdfunkstelle, führte eine Gruppe durch die Antenne 5 – auch eine der großen Alten. Und Amateurfunker Andi Nützel (DG-4MIC) erklärte Kindern und Erwachsenen die Grundlagen der Funktechnik, und sie unterhielten sich mittels seiner mobilen Antenne mit Menschen jenseits des Horizonts.

Fazit: Die Ausstellung war ein Erfolg. Großzügige Spenden von Firmen aus der Region und Vereinsmitgliedern wurden gut gebraucht.

Wer möchte, vielleicht um selbst eine Ausstellung auszurichten, kann sich nun das Material bestehend aus Infotafeln, Fotos, Modellen und Geräten, beim Förderverein ausleihen. Er bietet auch Vorträge zu Themen rund um den Satellitenfunk an, beispielsweise für Schulen (MINT-Fächer), Vhs etc.

Aktuell beschäftigt sich der Verein mit der Frage, wie und wo seine Mitglieder sowie weitere Techniker und Ingenieure ihre eigenen Dokumente und Geräte zum Thema Satellitenfunk zukünftig professionell archivieren können. Der Bedarf ist offenbar groß.

Lösung könnte ein Dokumentationszentrum sein, das von einem Netzwerk von Fachleuten und Institutionen getragen wird. Der Förderverein sucht nach geeigneten Räumlichkeiten und freut sich über Ideen oder Mitarbeit bei diesem Projekt.

**Dr. Sabine Vetter**  
Förderverein Industriedenkmal  
Radom Raisting e.V.



Ausstellungsbesucher – rechts im Bild die Referenten Dr.-Ing. Walter Rathjen (l.) und Dipl.-Phys. Armin Drescher



VDI BV Bayern Nordost

## Theodor von Cramer-Klett Preis

### Erfahrungsbericht – Eine Ausbildung zum Fallschirmspringer

Der seit 2002 im 2-jährigen Turnus verliehene Theodor von Cramer-Klett Preis wurde auch wieder im Jahr 2022 vergeben.

In den Räumlichkeiten der MAN Truck & Bus AG wurde der Preisträger und Jungingenieur Andreas Laumen, der bei der VAG mittlerweile für den Einsatz von ca. 40 E-Bussen gesorgt hat, für seine außerordentliche Arbeit geehrt. Der öffentliche Busverkehr der VAG ist dadurch technologisch ganz vorne dabei und durch eine spezielle mit Siemens entwickelte Software energiewirtschaftlich optimiert. Eine vorangegangene Simulation in Zusammenarbeit mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg zur benötigten Ladeleistung und den Ladezeiten im Streckennetz der Busflotte war die Basis für den Erfolg. Zum Zeitpunkt der Verleihung waren bereits 39 E-Busse im Einsatz, der gültige Förderbescheid lasse weitere 46 zu. Andreas Laumens ambitioniertes Ziel: „2030 sollen 90 % der VAG-Busse elektrifiziert sein.“

Der leidenschaftliche Fahrzeug- und Verkehrsingenieur äußerte sich am Tag der Verleihung mit viel Freude: „Der Theodor von Cramer-Klett Preis ist eine große



Fotos: Andreas Laumen

Ehre für mich und würdigt meine Arbeit bei der VAG Nürnberg auf eine ganz besondere Weise“. Die Auszeichnung ist mit einem Sachpreis von 3000 € für ein außergewöhnliches, meist nicht-technisches, Erlebnis dotiert, welches nach der Tradition in einem kurzen Erfahrungsbericht wiedergegeben wird. Herr Laumen hat sich für eine Fallschirmspringerausbildung in Belgien entschieden, diese mit viel Freude genießen können und lässt uns mit dem folgenden Bericht an seinen Erlebnissen teilhaben.

„Mit diesem faszinierenden Sport hatte ich im Frühsommer dieses Jahr erste Berührungspunkte, als eine alte Schulfreundin mir begeistert erzählte, dass Sie bereits vor einiger Zeit dem Skydiving verfallen war. Schon immer leicht für Neues und Aufregendes zu begeistern, konnte ich nicht widerstehen und machte im Juni einen Tandem-Fallschirmsprung im Skydive Center Spa in Belgien. Dieser erste Sprung war eines der spektakulärsten Erlebnisse meines Lebens, und mir fiel die Entscheidung nicht schwer, selber die Lizenz zum Fallschirmspringen zu erwerben.

Da die professionelle Ausbildung nach der AFF-Methode (Accelerated Free Fall), die aus einem umfangreichen Theoriekurs, einem Training im vertikalen Windtunnel zur Simulation des freien Falls, 7 Schulungssprüngen mit einem bzw. zwei Instruktoren, sowie zusätzlich mindestens 18 Trainingssprüngen besteht, einen recht teuren Einstieg in dieses Hobby darstellt, war ich sehr glücklich, als der VDI meinen Vorschlag zustimmte, diesen Kurs im Rahmen der Verleihung des Cramer-Klett Preises zu übernehmen. Begeistert habe ich daraufhin meinen Sommerurlaub der Skydiving-Ausbildung gewidmet. Diese beginnt mit dem prakti-

schon Training im FlyInn Indoor-Skydiving in Lüttich, wo im sicheren Windkanal mit einem Instructor die Körperhaltung und die Bewegungsabläufe im freien Fall erstmalig geübt werden. Schon diese „Trockenübung“ machte wahnsinnig viel Spaß und ließ meine Vorfreude aber auch die Nervosität vor dem ersten Sprung ins Unendliche steigen.

Am folgenden Morgen begann dann der eintägige Theoriekurs. In diesem Unterricht wurden mir und den anderen drei Schülerinnen und Schülern eine enorme Menge an Regeln, Verhaltensweisen, Material- und Wetterkunde und potenziellen Gefahren gelehrt und in einer abschließenden Prüfung abgefragt. Der Fokus liegt dabei auf dem Verinnerlichen der Notfallprozedur, die im Gefahrenfall den Hauptschirm abtrennt und den Reservefallschirm öffnet. Diese Handgriffe werden während des Kurses wieder und wieder geübt, damit der Bewegungsablauf im motorischen Gedächtnis verinnerlicht wird und so auch in einer gefährlichen Ausnahmesituation reibungslos ausgeführt werden kann. Das steigerte meine Nervosität nochmals enorm.

Am dritten Tag ging es dann bei bestem Wetter endlich los. Der erste Sprung ist ein didaktischer. Der wesentliche Unterschied zum normalen Tandemsprung besteht darin, dass der Schüler fast alle wichtigen Aufgaben beim Sprung selbst übernimmt. Dazu gehören sowohl die Checks der Ausrüstung als auch Bewegungsabläufe im Freifall sowie das Steuern des Fallschirms im Gleitflug.



Anschließend wurde es richtig aufregend. Denn schon der nächste Schritt ist der erste Sprung mit einem eigenen Fallschirm. Dieser Sprung sowie die weiteren AFF-Sprünge werden begleitet von professionellen Ausbildern. Das bedeutet, dass zunächst zwei Ausbilder gemeinsam mit dem Schüler aus dem Flugzeug abspringen. Dabei halten sie den Schüler fest, stabilisieren seinen freien Fall und korrigieren dessen Körperhaltung, sofern das notwendig ist. Die Ausbilder bleiben frei fallend so lange beim Schüler, bis dieser den Fallschirm geöffnet hat. Danach ist man auf sich allein gestellt und wird nur noch per Funk über das Steuern und Landen des Fallschirms instruiert. Laumen: „Dieser erste Schritt fordert am meisten Überwindung und bringt als Belohnung auch den größten Adrena-

linschub, den ich mir vorstellen konnte. Nach der erfolgreichen Landung gab es für mich endgültig kein Halten mehr. Dank guten Wetters konnte ich innerhalb kürzester Zeit die gesamte Grundausbildung abschließen und habe seitdem bereits weitere 8 Sprünge auf dem Weg zur internationalen A-Lizenz absolviert. Bis zur Winterpause werden es hoffentlich noch einige Sprünge mehr sein.“

Der Vorstand des Bezirksvereins bedankt sich an dieser Stelle bei allen Mitwirkenden und freut sich auf die nächste Ausschreibung für die Verleihung in 2024.

*Michael Gundermann*  
Vorstandsmitglied VDI BV BNO  
*Andreas Laumen*  
Leiter Service und Instandhaltung, VAG



### Veranstaltungshinweis

Die EDUARD-RHEIN-STIFTUNG vergibt seit 1979 jährlich einen Technologiepreis an bedeutende Wissenschaftler und erfolgreiche Unternehmer aus dem Bereich der Nachrichten- und Informationstechnik sowie einen Kultur-/ Journalismuspreis und Sonderpreise für die Gewinner von Jugend forscht. Die Preisverleihung findet am 10. Juni 2023 in München statt. Die Teilnahme ist kostenfrei.

Näheres finden Sie unter <https://www.eduard-rhein-stiftung.de/>  
Ihren Teilnahmewunsch richten Sie bitte an [info@eduard-rhein-stiftung.de](mailto:info@eduard-rhein-stiftung.de)



## Hochschule München Neubauten via Satelliten erfassen

Der Bausektor in Deutschland boomt. Um bundesweit den Überblick zu bewahren, das amtliche Liegenschaftskataster aktuell zu halten und die Vermessungsämter zu entlasten, wird nach neuen Methoden zur automatisierten Erkennung des Baufortschritts gesucht. Eine Forschungsgruppe um HM-Professor Andreas Schmitt von der Fakultät für Geoinformation zeigt, wie sich auf Basis von freien Satellitenbildern Neubauten flächendeckend wochengenau visualisieren lassen.

### Schritthaltende Baufallerkundung

Zur Entlastung der Vermessungsämter – und um stets den Überblick über alle Flurstücke und Gebäude zu behalten – hat Prof. Dr. Andreas Schmitt eine neue Methode zur Untersuchung von Bauaktivitäten erforscht: die schritthaltende Baufallerkundung mit Satellitenaufnahmen aus dem All. Unterstützt wurde er dabei von der Geoinformatikstudentin Lea Schollerer, dem Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung in Landau an der Isar sowie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

Grundlage für die neuartige Baufallerkundung bilden Zeitreihen aus kostenfrei und öffentlich zugänglichen Bildern der Satelliten Sentinel-1 und Sentinel-2 des Europäischen Copernicus-Programms. Betrachtet wurden aktive und passive Aufnahmen im Zeitraum zwischen Anfang Oktober 2019 und Ende November 2020. Der Sentinel-1 Satellit trägt einen Radarsensor, wodurch er wetterunabhängig Bilder liefern kann, diese jedoch eher unscharf. Die Sentinel-2 Aufnahmen wirken wie von einer Kamera fotografiert, gelingen jedoch nur bei wolkenlosem Himmel.

### Auflösung schärfen, Zeitverlauf verstärken

„Knackpunkt ist die räumliche Auflösung der verwendeten Satellitenbilder“, erklärt Schmitt. Denn für gewöhnlich erkennt man auf den Aufnahmen erst Bauten über 20 Meter Gebäudelänge. Wohnhäuser sind in der Regel jedoch kleiner.

„Mittels moderner Signalverarbeitungsmethoden sowie einer geschickten optischen und zeitlichen Kombination der unterschiedlichen Kanäle der Aufnahmen ist es uns jedoch gelungen, die Neubau-

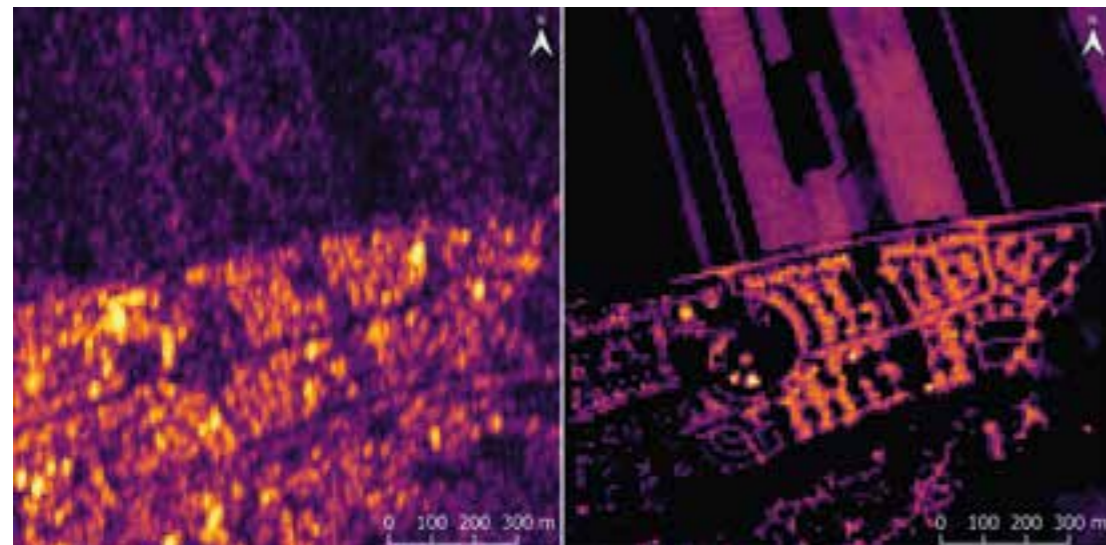
ten im wöchentlichen Rhythmus zu erfassen“, ergänzt Schollerer. Entstanden ist ein spektraler Index, der die Gebäude im Bild deutlich hervorstechen lässt. Die Kombination der einzelnen Aufnahmezeitpunkte erfolgte mithilfe eines sogenannten Wavelet-Ansatzes, der das Bild schärft, sowie zeitliche Veränderungen verstärkt.

### Abgleich mit der Realität

Als Testgebiet wurde aufgrund der hohen Bautätigkeit ein Gebiet am nordöstlichen Rand der Stadt Dingolfing in Niederbayern gewählt, in dem im Betrachtungszeitraum 38 neue Gebäude errichtet wurden. Das Untersuchungsgebiet umfasst neben einer Neubausiedlung und einer älteren Bestandssiedlung noch landwirtschaftlich genutzte Flächen. Der Abgleich mit der Realität – also mit den Ergebnissen von vor Ort gesammelten Eigentümerangaben – zeigte, dass mit dem verwendeten Berechnungs-Prototyp von 38 Neubauten 34 sicher erkannt wurden. Auch das Abbilden einzelner Bauabschnitte – etwa das Gießen der Bodenplatte oder das Errichten des Rohbaus – ist möglich.

Dazu Schollerer: „Unsere Methodik ist darauf ausgerichtet, in naher Zukunft in einen flächendeckenden Baufallerkundungsservice umgesetzt zu werden.“ Aufgrund der hohen Genauigkeit und des kostenfreien Datenzugangs kann der Ansatz leicht auf ganz Bayern, Deutschland und angrenzende Länder übertragen werden.

Daniela Hansjakob



Satellitenfotos von Sentinel-1 (links) und Sentinel-2 (rechts) des erforschten Testgebiets – bereits nach der neuartigen Methode aufbereitet: Gebäude stechen hell heraus

VDI BV München, Ober- und Niederbayern

### Mitgliederversammlung 2023

Montag, 13.03.2023, 17:30 Uhr, hybrid, TÜV SÜD, Chiemseesaal

Ergänzung zu den Wahlen zum Vorstand

Wiederwahl: Vorsitzender, stellvertretender Vorsitzender, Schatzmeister

Neuwahl: Vorstand für Arbeitsgebiet Arbeitskreise und Bezirksgruppen, 2. Rechnungsprüfer

Bitte melden Sie sich per Mail an: [bv-muenchen@vdi.de](mailto:bv-muenchen@vdi.de)



### VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung Bayern Nordost

### Neue Vorgehensmodelle, Methoden und Artefakte im Projektmanagement

Referent: Dipl.-Ing. (FH) Günter Schmid, Sprecher des VDI-Netzwerks Produkt- und Prozessgestaltung

Im Laufe der vergangenen Jahre beeinflussten neue Technologien, neue Herangehensweisen und rasche Marktänderungen unsere Arbeitsweisen und Methoden grundlegend. Diese Änderungen spiegeln sich im neu herausgegebenen PMBOK® GUIDE \* wider, in dem zwölf Projektma-

agement (PM) Prinzipien und acht PM Domänen neu beschrieben sind, die wesentlich für die effektive Wertschöpfung sein können. Im Vortrag werden ausgewählte Neuerungen vorgestellt.

\*A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK® GUIDE and the Standard for Project Management (2021): 7th Edition; Project Management Institute; USA

**30. März 2023**  
**18.00 Uhr**  
**Online-Veranstaltung**  
Online-Anmeldung

SAVE THE DATE:

## VDE Bayern Zukunftsforum 2023

E-Mobility – Chancen und Herausforderungen für die Mobilitätswende

12. - 13. Mai 2023 an der Hochschule Landshut



Sicher.  
Nachhaltig.  
Innovativ.

VDE BAYERN



VDE BAYERN

## VDI

## 2023 wieder VDI-Recruiting-Tage in Bayern

### Karriereberater Bodo Ikinger gibt wertvolle Hilfestellung rund um den beruflichen Einstieg, Umstieg oder Aufstieg

Die Besucher auf den VDI-Recruiting-Tagen sind altersmäßig bunt gemischt, von jungen Studenten bis zur Generation 50+ sind alle Altersstufen vertreten. Doch ihre Anliegen sind ähnlich: Für den Berufseinstieg, einen geplanten Umstieg oder beruflichen Aufstieg können hier wertvolle Kontakte zu Entscheidern und Erfahrungsträgern der Unternehmen geknüpft und sich über die vielfältigen Karrieremöglichkeiten ausgetauscht werden.

#### Die Termine für die Veranstaltungen 2023 in Bayern stehen fest

Der erste VDI-Recruiting-Tag findet am **16.03.23 in München** (MOC Veranstaltungszentrum) statt. Weitere Informationen zu Ausstellern, Vorträgen, Beratungsangeboten und vieles mehr finden Sie auf der Internet-Seite [www.ingenieur.de/recruiting-tag](http://www.ingenieur.de/recruiting-tag). In **Nürnberg** findet der VDI-Recruiting-Tag am **12.10.23** in der Meistersingerhalle statt.

„Hier bekommen viele Stellensuchende den Erstkontakt zu ihrem zukünftigen Unternehmen,“ weiß Karrierberater Bodo Ikinger aus den Beratungsgesprächen, „und erhalten viele wertvolle Informationen und Eindrücke für die weiteren Bewerbungsgespräche.“ Dabei hat Ikinger noch einen Geheimtipp für Arbeitslose und Arbeitssuchende: „In der Regel übernimmt das Arbeitsamt

und Jobcenter die vollen Kosten für ein achtwöchiges Job-Coaching, in dem die Betroffenen auf dem Weg zum beruflichen (Wieder-)Einstieg unterstützt werden.“ Auch hier kann Ikinger Hilfestellung zur Beantragung und Bewilligung geben, da die Betroffenen von dieser Möglichkeit meist nicht erfahren.

#### Der Arbeitsmarkt unterliegt derzeit kräftigen Schwankungen

Waren in den Jahren vor 2022 passende Stellen für Ingenieure und ähnliche Berufsgruppen meist Mangelware, schien sich der Arbeitsmarkt zu Beginn 2022 sehr stark zugunsten von technischen Fach- und Führungskräften gewandelt zu haben. Händeringend suchen zahlrei-

che Unternehmen neue Mitarbeiter. Dennoch muss die Qualität im Bewerbungsprozess überzeugen, Unterlagen und Vorstellungsgespräche gut vorbereitet werden. Insbesondere müssen verstärkt Aspekte des E-Recruitings beachtet werden. „Immer mehr übernehmen digitale Verfahren wie CV-Parsing Einzug in den Personalabteilungen,“ erläutert Ikinger, „und da gibt es manche Grundsätze zu beachten.“

#### Die vielversprechendsten Möglichkeiten der Stellensuche bleiben ungenutzt

Bei der Stellensuche tun sich die meisten Bewerber schwer. Sie suchen oberflächlich im Internet, bewerben sich auf viele zumindest einigermaßen passend erscheinenden Stellenausschreibungen, und wundern sich, wenn sie oft mehr als 20 Bewerbungen schreiben müssen, um mal zu einem Vorstellungsgespräch eingeladen zu werden. „Das kann die vielfältigsten Ursachen haben, die es zu ergründen gilt, bevor man sich ewig weiter bewirbt. Und überhaupt werden Netzwerke zu wenig aufgebaut und benutzt,“ ergänzt Ikinger, „etwa ein Drittel der offenen Stellen werden über Beziehungen besetzt.“ Das passende und geschickt genutzte Netzwerk erleichtert den Berufs-Einstieg oder -Umstieg enorm. Auch für die meist als erfolglos angesehenen Initiativbewerbungen hat Ikinger eine gute, erfolgversprechende Vorgehensweise entwickelt. In jedem Falle sind die Ratsuchenden begeistert von dem Service und den Beratungen. Sie bekommen wertvolle, wichtige Wegweiser und Hilfestellungen für ihre Karriereplanung. Besuchen Sie uns, nutzen Sie unsere Angebote!

Bodo Ikinger  
Career Coaching

## YE München

## Diskussion zu Angewandter Künstlicher Intelligenz

Am 21. November 2022 haben wir, die Young Engineers Munich, alle Mitglieder unseres Netzwerks zu einer Online-Diskussion mit dem KI-Experten Felix Naser eingeladen. Wir diskutierten als mittelgroße Gruppe über unterschiedliche Themen der Künstlichen Intelligenz (KI) und Unternehmertums, vom Autonomen Fahren, zu Computer Vision für die Instandhaltung der Kanalisationsinfrastruktur bis hin zu Tipps für Gründer.

Felix Naser hat vom VDI BV München, Ober- und Niederbayern schon 2019 den VDI-Preis erhalten für seine herausragende Masterthesis. Nachdem er jahrelang sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie an Künstlicher Intelligenz gearbeitet hat, haben wir ihn nun zu einem Diskussionsabend eingeladen. Anfangs haben wir uns in der Gruppe kurz vorgestellt, damit wir den Hintergrund der Diskutierenden einschätzen konnten. Danach hat Herr Naser sich und seinen Werdegang kurz vorgestellt. Als erstes haben wir über die schattenbasierte Objekterkennung von Felix Naser gesprochen. Dort haben wir gesehen, wie ein autonom fahrendes Auto andere heranfahrende Autos nur anhand des



Schattens erkennen könnte. Diese Leistung war höchst interessant.

Danach driftete unsere Diskussion in Richtung der Umsetzbarkeit Autonomes Fahrens ab, da in der Industrie noch viele unterschiedliche Ansätze verfolgt werden und noch kein klarer Sieger der Konzepte zu erkennen ist. Welche Sensoren sind essentiell? Sollte man HD-Maps (3D Repräsentationen von Städten, welche immer wieder aktualisiert werden müssen) benutzen oder nicht?

Ein Teilnehmer wies daraufhin, dass die derzeitigen Chauffeur-Services wie Uber,

und ähnliches erst mit dem Einzug autonomer Systeme profitabel würden.

Danach zogen wir unsere Aufmerksamkeit auf Felix Nasers Unternehmungen in der Abwasserbranche. Zusammen mit zwei Freunden aus der Autonomous Driving-Industrie hat er eine Plattform geschaffen, um automatisiert Schäden in Abwasserkanälen zu detektieren. Dafür haben sie eine KI entwickelt, welche die Inspektionsvideos der Kanalinspektoren analysiert und Anomalien hervorhebt. Dies ist eine Bereicherung für die Branche und dient als Beispiel für kreative Wege, wie KI jenseits der klassischen Anwendungsfälle angewendet werden kann.

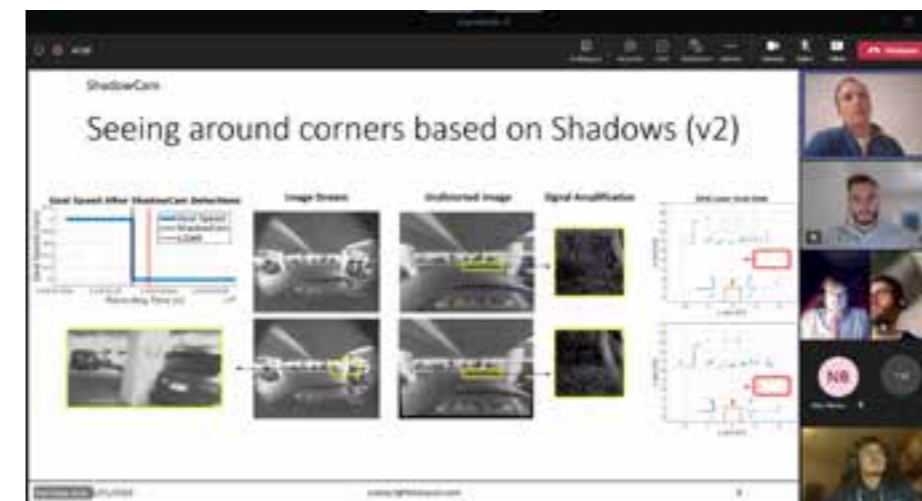
Schließlich hat Herr Naser uns noch ein paar Lessons Learnt mitgeteilt, aus seiner Erfahrung als Gründer von Drainiac.ai, welches später von der Pallon AG aufgekauft wurde, und als Entwickler.

Wir danken Felix Naser, dass er sich die Zeit für unsere Diskussion genommen hat, und unserem Marketingkoordinator Maximilian Listl, da er durch seinen Hintergrund in KI und Computer Vision dieses Event gut inhaltlich moderieren konnte.

Maximilian Listl

# VDI

Da bietet es sich natürlich an, sich bezüglich der beruflichen Möglichkeiten und Themen rund um die Bewerbung Rat bei der VDI-Karriereberatung einzuholen, die im Rahmen des VDI-Recruiting-Tages angeboten wird. Die Termine werden vor Ort vergeben. Die Beratungseinheiten für VDI-Mitglieder betragen 40 Minuten, für Nicht-Mitglieder lediglich 20 Minuten. Eine relativ kurze Zeit für bedeutende Karrierethemen, daher sind gute Vorbereitung und eine konkrete, präzise Anliegen-Beschreibung von den Ratsuchenden sehr hilfreich. Folgeberatungen sind oft gewünscht, um klare, umfangreiche Unterstützung und Hilfestellung bei den geplanten Karriereschritten zu erhalten.



## VDI BV Bayern Nordost NME National Machinery Europe GmbH, Nürnberg Langjähriges Fördermitglied im VDI-Bezirksverein Bayern Nord-Ost



Andrew H. Kalnow, CEO-NME

**P**ushing Metal to the Maximum: So lautet die Aufgabe von Met-MAX Innovations, der Entwicklungsabteilung von National Machinery LLC. An den Standorten Tiffin (Ohio/USA) und Nürnberg (Deutschland) konzentriert sich ein Team hochqualifizierter Mitarbeiter von Met-MAX Innovations auf die Neu- und Weiterentwicklung innovativer Umformprozesse und der dazu gehörenden Produktionsanlagen. Auch wenn der Name anderes vermuten lässt: Das international aufgestellte Unternehmen National Machinery LLC ist seit fast 150 Jahren in Familienbesitz. Aktuell wird es von Andrew H. Kalnow geleitet, dem CEO und Eigentümer.

Der Hauptsitz mit Verwaltung und Produktion des nach eigener Aussage „international führenden Unternehmens von Kalt- und Warmumformungsmaschinen und -anlagen sowie Maschinen zum Gewindewalzen und Wälzkörperpressen mit innovativen Prozesstechnologien“ befindet sich in Tiffin (Ohio/USA). National Machinery hat weltweit Vertriebsniederlassungen und Servicezentren sowie eine weitere Produktions-, Vertriebs- und Servicestätte in Suzhou, China. Seit 2015 ergänzt die SMART Machinery Srl, Tortona (Italien) das Portfolio mit in ihrem Fertigungsbereich führenden Produkten.

Die NME National Machinery Europe GmbH in Nürnberg mit derzeit 57 Mitarbeitenden ist die Europazentrale der Gruppe, zuständig für Vertrieb und Kundenservice. Im Zuge einer strategischen Produkterweiterung und geplanter Internationalisierung wurde 1958 die 1855 gegründete Maschinenfabrik J. G. Kayser in Nürnberg übernommen. J. G. Kayser war damals der außerhalb der USA größte Hersteller von Kaltumformmaschinen zur Herstellung von Drähten und Verbindungselementen wie Schrauben, Bolzen, Nieten, Nägeln etc. „Schon 1954 wurde J. G. Kayser Mitglied im VDI und unser geschätztes Fördermitglied“, blickt Fördermitglieder-Betreuer Hans-Georg Manns vom VDI-BVBNO auf die langjährige Kooperation zurück.

Denn diese Kooperation blieb auch nach der Übernahme der Nürnberger Firma

durch National Machinery erhalten. Das so entstandene Unternehmen vereinte einerseits globale Produktionsstätten erfolgreich. Andererseits wurden aber auch Mitarbeitende verschiedener Kulturen mit großer technischer Erfahrung und über viele Jahre erworbenem Know-how zusammengeführt. So konnte sich die Gruppe international etablieren und weiter an weltweiter Bedeutung gewinnen. Das amerikanische Ursprungsunternehmen wurde 1874 durch William R. Anderson in Cleveland (Ohio) gegründet und hatte zunächst zehn Mitarbeiter. 1882 erfolgte der Umzug nach Tiffin (Ohio). Seither steuert die Hauptverwaltung von dort aus alle nationalen und internationalen Aktivitäten der Gruppe mit inzwischen etwa 530 Mitarbeitenden und einem Jahresumsatz von 95 Millionen USD (2021).

CEO Andrew H. Kalnow hebt ein paar Besonderheiten seines Unternehmens heraus: „National Machinery hat auch dank Met-MAX Innovations bisher 800 Patente in 18 Ländern angemeldet. So sichern wir uns, zusammen mit gezielten Investitionen weltweit und einem damit verbundenen soliden Wachstum, auch weiterhin eine führende Position als Familienunternehmen in diesem Bereich“. Ebenfalls wichtig: „Unser Vertrieb und Service beraten weltweit Kunden bei Fragen zu neuen oder gebrauchten Maschinen und Anlagen und den dafür erforderlichen Service und Reparaturen. Die geforderte hohe Verfügbarkeit wird durch die Vorhaltung und Bereitstellung von Ersatzteilen und des jederzeit einsatzbereiten Kundenservice für alle gelieferten Maschinen und Anlagen sichergestellt.“

Hans-Georg Manns  
und Irmela Faber



Fotos: YE München



## YE München Weihnachtsstammtisch 2022

**O**bwohl es am 05.12 angefangen hatte zu nieseln, trafen sich die Young Engineers München zu ihrem Weihnachtsstammtisch auf dem Weihnachtsmarkt am Wittelsbacherplatz.

Auf dem einzigartigen mittelalterlichen Weihnachtsmarkt besichtigten die Young Engineers kurz die spätgotischen Marktstände und historischen Verkaufseinrichtungen. Nachdem das Wetter sich leider nicht gebessert hatte, kehrte man beim Stand für die Feuerzangenbowle ein. Jeder Teilnehmer konnte sich an der Bowle wärmen, und es fanden interessante Gespräche über vergangene Stammtische statt. Unter anderem wurde auch über die bescheidene Leistung der deutschen Nationalmannschaft gesprochen, welche zu dem Zeitpunkt schon die Heimreise angetreten hatte. Nach geraumer Zeit testeten die Young

Engineers das kulinarische altertümliche Angebot auf dem Weihnachtsmarkt. Flammbrötchen und heiße Suppen durften natürlich nicht fehlen. Nach einer weiteren leckeren Bowle verabschiedeten sich die Teilnehmer und wünschten sich

gegenseitig einen guten Rutsch ins neue Jahr 2023 und freuen sich schon auf dem kommenden Stammtisch.

Gregor Nies

Wenn du gerne bei einem der nächsten Stammtische oder Veranstaltungen von den Young Engineers München dabei sein möchtest, dann melde dich doch gerne bei unserem WhatsApp-Broadcast an. Schreib uns doch unter +4915150322854 an und wir fügen dich hinzu.  
**Kein SPAM, Kein Gruppenchat,** nur die wichtigsten Announcements des Monats!



VDI.YOUNG.ENGINEERS.MUENCHEN

### Veranstlungshinweis

**FIB München Netzwerktreffen**  
Mittwoch 8. März 2023 um 19 Uhr  
Wirtshaus am Bavariapark | Theresienhöhe 15 | 80339 München  
Online Anmeldung

## VDI BV Bayern Nordost Treffen des FA107 „Schneidstoffanwendungen“ der VDI Gesellschaft Produktion und Logistik

Der Bereich VDI Technik und Gesellschaft ist untergliedert in 12 VDI-Fachgesellschaften, darunter die VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (VDI-GPL) mit drei Fachbereichen.

Der Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren umfasst 18 Fachausschüsse. In diesen beschäftigen sich hochqualifizierte Fachleute und Spezialist\*innen damit, neue Trends in Technik und Organisation kritisch zu bewerten und neue Ideen zu entwickeln. Sie ebnet Innovationen den Weg in die industrielle Praxis und formulieren nationale technische Standards in Form von VDI-Richtlinien sowie Handlungsempfehlungen.

Der Fachausschuss Schneidstoffanwendungen hat sich zum Ziel gesetzt, Erfahrungen beim wirtschaftlichen Einsatz von Schneidstoffen zur Bearbeitung aktueller und zukünftiger Werkstück-Werkstoffe auszutauschen und diese in VDI-Richtlinien einfließen zu lassen. Er setzt sich hierzu sowohl mit den Werkstoffen, den Beschichtungen und der Gestaltung von Werkzeugen sowie deren Einsatzparameter für den zu bearbeitenden Werkstück-Werkstoff auseinander. Im intensiven Dialog zwischen Forschung und Praxis werden Themen wie die Trocken- und Hartbearbeitung, die Hochgeschwindigkeits- (HSC-) und Hochleistungs- (HPC-) Bearbeitung, das Bearbeiten von Grauguss mit Vermiculargrafit (GGV) oder Leichtmetall-Verbundwerkstoffen (MMC) aus Sicht des Werkzeugs und dessen wirtschaftlichen Einsatzes aufgegriffen. Die Richtlinien des Ausschusses geben Hinweise zur Anwendungseignung von Schneidstoffen und zur Prüfung des Verhaltens und der Sicherheit von Hartmetallschneiden. Aktuelle Projekte befassen sich mit dem maschinellen Gewindeboh-



Dipl.-Ing. W. Hockauf erhält die Ehrenplakette des VDI von Herrn Feuchter, Vorsitzender der VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik

ren und dem Ziel, Richtlinien für ausgewählte Aspekte der Trockenbearbeitung zu erarbeiten.

Am 1. September trafen sich die Mitglieder des Fachausschusses auf Einladung von Prof. Biermann des Instituts für spanende Fertigung (ISF) der TU Dortmund. Inhalt des Treffens waren Fachvorträge, Ehrung des scheidenden Vorsitzenden, Neuwahl der beiden neuen Vorsitzenden und Abstimmung zu zwei konkreten VDI-Richtlinien.

Die Fachvorträge beinhalteten den aktuellen Stand zu Methoden und Ergebnissen aus unterschiedlichen Grundlagenforschungsprojekten, wie z. B. die Messung der Spanflächentemperatur, die Entwicklung eines Mikrotribologiemodells der sekundären Scherzone oder die Charakterisierung der Korrelation von Werkzeugtemperaturverteilung und dem sich

einstellenden Verschleiß beim Drehen (Hr. Sälzer ISF TU Dortmund). Des Weiteren die Entwicklung und den aktuellen Stand des Produktportfolios, bestehend aus Beschichtungsservice, -Materialien, -Anlagen, Komponentenfertigung, Lohnbeschichtung und als neuem Bereich die Additive Fertigung. Des Weiteren das Verfahren Hochleistungsimpulsmagnetronspütern (HIPIMS) und die neuste Diamantschicht Baldia (Dr. Jungblut, Fa. Oerlikon). Abschließend die Entwicklung von Hartmetallen als Schneidstoffe, der Nachbehandlung der Beschichtung und das Thema Nachhaltigkeit (mehrschneidig, Wiederaufbereitung von verschlissenen Werkzeugen, Werkstoffreduzierung durch additive Werkzeughalter, Herr H.-P. Boost, Fa. Seco).

Herr Hockauf wurde für sein langjähriges Engagement als Vorsitzender des Fachausschusses mit der Ehrenplakette

geehrt, die von Hr. Feuchter, Vorsitzender der GPL, überreicht wurde.

Nach dem Vortrag mit dem Rückblick auf die vergangene Vorsitzenden-Tätigkeit durch und von Hr. Hockauf erfolgte die Neuwahl. Prof. Reich von der Dualen Hochschule Gera-Eisenach führt als Vorsitzender den Ausschuss ab sofort und in Stellvertretung Herr Weiss von der Fa. Schaeffler AG in Herzogenaurach.

Das Thema VDI-Richtlinien wurde von Dr. Eissler (IFW, Universität Stuttgart) aufgegriffen. Die Definition des Begriffs Präzisionsbohren soll genauer definiert

und von anderen Verfahren abgegrenzt werden. Zur überarbeiteten Richtlinie VDI 3323 Anwendungseignung harter Schneidstoffe gibt es nach dem Gründruck Beratungsbedarf, welcher mit dem zugehörigen Richtlinienausschuss abgestimmt wird. Nach Bearbeitung aller offenen Punkte geht die Richtlinie in die Übersetzung (deutsch und englisch) und in den Weißdruck.

Zur intensiven Beratung und Abstimmung der zukünftigen Ausrichtung des Fachausschusses wurde das nächste Treffen festgelegt. Dieses ist für April 2023

im Raum Thüringen-Nordbayern geplant. Haben Sie Fragen, Anregungen oder Interesse am Mitwirken im Fachausschuss Schneidstoffanwendungen?

Dann melden Sie sich gerne bei Christian Weiss Kontakt Daten unter <https://www.vdi-bno.de/netzwerke/produktion-und-logistik>

M. Eng. (MB) Christian Weiss

Stellv. Vorsitzender Fachausschuss GPL FB1 FA107 Schneidstoffanwendungen  
Stellv. Netzwerksprecher Produktion und Logistik, VDI-BV Bayern Nordost e.V.



## CARE REGIO 7. Ambient Medicine® Forum

Vom 23. - 24. März 2023 veranstaltet CARE REGIO das 7. Ambient Medicine® Forum „Pflege im Aufbruch“ in Kempten, zu dem Sie herzlich eingeladen sind.

Themenschwerpunkt der diesjährigen Veranstaltung sind Innovationen für die Pflege von morgen. Ziel der Konferenz ist es, Pflegende, WissenschaftlerInnen, ExpertInnen, Firmen und interessierte TeilnehmerInnen zusammenzubringen, um theoretisches

und praktisches Wissen über digitale Lösungen für Pflege und Gesundheit auszutauschen und zu diskutieren.

Ein Highlight der Veranstaltung ist die Gesprächsrunde mit BürgerInnen und dem bayerischen Staatsminister für Gesundheit und Pflege Klaus Holetschek am Donnerstag, den 23.03.2023.

Erleben Sie ebenso auf unserer zweitägigen Ausstellung Innovationen aus dem Bereich Digitalisierung und Technik in

der Pflege. Lernen Sie neue Wege und Möglichkeiten kennen, um die Pflege zu entlasten und um mehr Zeit für das Wesentliche zu haben, den zu Pflegenden. Für eine Teilnahme melden Sie sich bitte unter folgendem Link an.

Anmeldung unter:  
<https://care-regio.de/amf/>

Wir freuen uns auf Sie!

## VDI Netzwerk Mess- und Automatisierungstechnik Nordost Gelungener Start

Die gelungene Auftaktveranstaltung des neuen Netzwerkes Mess- und Automatisierungstechnik fand am 12.01. in der Technischen Hochschule Nürnberg statt. Dr. Michael Overdick referierte zu den wichtigen Trends der Automatisierungstechnik.

**Zahlreiche Inputs aus dem Brainstorming**  
Nach Grußworten von Dipl.-Ing. (FH) Matthias Kißmer, Vorsitzender des VDI BNO, der stellvertretenden Vorsitzenden Dipl.-Ing. Johanna Uhl und der Netzwerk-

sprecherin Dipl.-Ing. MBA Gabriele Hösch hielt Michael Overdick, Technology Manager der SICK AG den Keynote-Vortrag „Bedeutende zukünftige Entwicklungen in der Mess- und Automatisierungstechnik“. KI, Connectivity, Cloud Computing, Industrie 4.0, IIoT und Ansätze zum Lösen des Fachkräftemangels waren einige der angeschnittenen Zukunftsthemen. Wir danken für die Unterstützung der SICK AG für den exzellenten Key-Note Vortrag. Die engagierten Teilnehmer haben in einer Brainstorming-Runde Interessens-

schwerpunkte und Netzwerkinhalte 2023 festgelegt. Auch das Netzwerken zum Abschluss wurde sehr gut angenommen. Die Folien des Vortrags und der Link zum YouTube Mitschnitt des Abends können auf Wunsch per email angefordert werden bei Netzwerksprecherin Gabriele Hösch unter [g.hoesch@better-nde.com](mailto:g.hoesch@better-nde.com).

*Dipl.-Ing. Gabriele Hösch, MBA  
Sprecherin des Netzwerkes Mess- und  
Automatisierungstechnik*

VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung Bayern Nordost

### Statistische Versuchsplanung

**Referent: Dr. Dirk Jödicke, Coaching & Prozessoptimierung, Furth im Wald**

Aktuelle Produktentwicklungsprojekte sind konfrontiert mit einer wachsenden Komplexität, welche sowohl die Produkte als auch die Herstellungsprozesse betrifft. Ohne eine strategische Planungsmethodik zur Bestimmung der Wirkmechanismen der Einstellgrößen auf die Produktmerkmale verliert man sich schnell im Dschungel der Unübersichtlichkeit.

Die statistische Versuchsplanung ist ein Werkzeug, um die notwendige Anzahl von Versuchen zur Ermittlung der bestmöglichen Prozessparametereinstellungen zu minimieren. Damit ist es ein Verfahren zur Planung von Versuchen, das damit rechnet, dass alle Versuchsergebnisse von unvermeidbaren Zufallsfehlern überlagert sind. Diese Zufallsfehler werden mit statistischen Methoden bereits bei der Versuchsplanung berücksichtigt.

Im Vortrag werden praxisnahe Anwendungsbeispiele der Statistischen Versuchsplanung aus den Bereichen Engineering, chemische Industrie, Lackformulierungen vorgestellt. Es wird aufgezeigt, wie ein Optimum im

Prozess gezielt gefunden werden kann, und dass dafür meist nur wenige Versuche notwendig sind. Zusätzlich werden die Auffindung und der Umgang mit Wechselwirkungen sowie die simultane Optimierung mehrerer Zielgrößen an praxisnahen Beispielen erläutert.

**27. April 2023  
18.00 bis 19.00 Uhr**

Technische Hochschule, Raum KA.102  
Nürnberg, Keßlerplatz 12  
Online-Anmeldung

### Veranstaltungshinweis

VDI BG Innviertel

**Transformation zum klimaneutralen Chemiepark – eine große Aufgabe für Zukunftsfähigkeit, Umwelt- und Klimaschutz und sicherer Energieversorgung!**

Dienstag 14. März 2023 um 16:30 Uhr  
Betriebsrestaurants Infraser GmbH & Co. Gendorf KGK | Industrieparkstraße 1 | 84508 Burgkirchen  
Online Anmeldung

## 30. Deutscher Materialfluss-Kongress 23. – 24. März 2023 Wir leben Logistik nachhaltig



Fotos: AdobeStock\_216828003-Von elenabasi

Aufgeschoben ist nicht aufgehoben. Nachdem das 30. Kongressjubiläum letztes Jahr leider noch einmal verschoben werden musste, trifft sich die Intralogistik-Branche am 23.+24. März 2023 an der Technischen Universität München in Garching wieder zum Deutschen Materialfluss-Kongress.

Ob als Treiber digitaler Innovation oder als Vorreiter im nachhaltigen Wirtschaften: Die Logistik zeigt eine weiterhin zunehmende Dynamik, um die Herausforderungen unserer Zeit meistern zu können.

Sowohl durch die noch spürbaren Folgen von Corona als auch durch den Ukraine-Krieg steht die Logistik vor großen Herausforderungen. Globale Lieferketten sind weiterhin massiv gestört, und ganze Wirtschaftszweige werden durch fehlende Teile und Komponenten ausgebremst.

Eine nachhaltige Intralogistik zum Schutz des Klimas wird immer dringender notwendig. Zudem gefährden Inflation und Energiekrise die Grundlage unseres Wirtschaftssystems.

Darüber, wie zukünftig Lieferketten gestaltet und managt werden, um diese Herausforderungen zu meistern, wird von Logistikexperten aus unterschiedlichen Blickwinkeln diskutiert werden.

### Die Top-Themen 2023

- Innovative Materialfluss-Systeme
- Technologietrends aus F&E und der Wirtschaft
- Logistische Herausforderungen für Geschäftsmodelle im Umbruch
- Wie geht nachhaltige Logistik?
- Veränderung in der Arbeitswelt
- Innovative Start-Up Ideen in der Intralogistik
- Urbane Logistik und Produktion
- Logistikimmobilien
- Lieferkettenmanagement

Kongressprogramm und Anmeldung unter [www.vdi-sued.de/materialflusskongress](http://www.vdi-sued.de/materialflusskongress)

## Technische Universität München TUM School of Computation, Information and Technology gegründet

Im Zuge ihrer TUM Agenda 2030 hat die Technische Universität München (TUM) in einem Festakt die TUM School of Computation, Information and Technology eröffnet. Sie vereint organisatorisch die Disziplinen Mathematik, Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik und soll markenbildende Synergiepotentiale für eine beschleunigte digitale Transformation heben.

Knapp 140 Professuren, über 1500 Mitarbeitende und 14.600 Studierende, davon 53 % aus dem Ausland, machen die neue School zu einem internationalen Leistungszentrum für vernetzte Forschung und eine kulturübergreifende, zukunftsorientierte Lehre. Unterstützt durch innovationsorientierte Governance-Strukturen vereint die School die wichtigsten wissenschaftlichen, methodischen und technologischen Kernkompetenzen der Digitalisierung. Dazu gehören Mathematik, Statistik und Algorithmik ebenso wie Software und Künstliche Intelligenz. Ergänzt wird das Portfolio um die wissenschaftlichen Grundlagen zu elektrischen, elektroni-

schon und quantenelektronischen Technologien bis hin zum Hardware- und System-Engineering.

Die neue School schöpft ihre Kraft aus ihren Talenten; diese wurden mit 10 Leibniz-Preisen, 5 Alexander von Humboldt-Professuren, eine Bayerische Spitzenprofessur und 40 ERC-Grants ausgezeichnet. Dies ist ein Beleg für die Forschungskraft und wissenschaftlichen Potenziale, von denen auch die Studierenden direkt profitieren.

### Eine neue Ära beginnt

TUM-Präsident Prof. Thomas F. Hofmann betonte: „Mit der Gründung der TUM School of Computation, Information and Technology setzen wir einen entscheidenden Meilenstein in unserer Transformation zu einer systemintegrativen Universität. Damit überkommen wir die disziplinäre Engführung tradierter Fakultäten und eröffnen unseren Studierenden, Mitarbeitenden und Kooperationspartnern neue Entwicklungspotentiale mit dem gemeinsamen Ziel, die Technologierevolution der Digitalisierung kraftvoll voranzutreiben.“

Wissenschaftsminister Markus Blume sagte: „Hier wird heute eine neue Ära begründet: Knapp 150 Professuren, insgesamt über 1.500 Mitarbeiter an drei Standorten und mehr als 15.000 Studierende arbeiten an der neuen School of Computation, Information and Technology. Mit der CIT bündelt die TUM die geballte Exzellenz ihrer drei Erfolgs-

fakultäten Mathematik, Informatik sowie Elektrotechnik und Informationstechnik – genau die richtige Mischung, um die ganz großen Transformationen unserer Zeit zu meistern!“

Der Gründungsdekan der School, Prof. Hans-Joachim Bungartz sagte: „Die CIT vereint, was fachlich zusammenpasst. So finden sich hier alle Kernkompetenzen der Digitalisierung im weitesten Sinne unter einem Dach. Mit dem Zusammenschluss der Disziplinen Mathematik, Informatik sowie Elektrotechnik und Informationstechnik bietet die CIT ein breites Spektrum unterschiedlichster Kompetenzen. Unsere Forschung trägt zu einem besseren Verständnis der Natur und des Menschen bei. Dazu arbeiten wir an der abstrakten Darstellung, Analyse, Modellierung und Simulation von Strukturen und Prozessen. Unsere School ist damit Impulsgeber für zahlreiche der großen aktuellen Herausforderungen.“

### Transformation der TUM

Die Gründung der TUM School of Computation, Information and Technology erfolgt im Zuge der in der TUM AGENDA 2030 festgelegten historischen Strukturreform mit der Umstellung von Fakultäten auf Schools. Die traditionelle kleinteilige Fakultätsstruktur deutscher Universitäten lässt die TUM damit hinter sich. Den Abschluss des Prozesses bildet die Gründung der TUM School of Medicine and Health, die im Oktober 2023 auf der Agenda steht. Die TUM School of Computation, Information and Technology ist die sechste School der TUM. 2020 wurde die TUM School of Life Sciences gegründet, 2021 folgten die TUM School of Engineering and Design, die TUM School of Social Sciences and Technology sowie die TUM School of Management. Seit 2022 gibt es zudem die TUM School of Natural Sciences.

Quelle: TUM



Gründungsdekan Prof. Hans-Joachim Bungartz (v.l.), Bayerns Wissenschaftsminister Markus Blume und TUM-Präsident Prof. Thomas F. Hofmann bei der Gründungsfeier der TUM School of Computation, Information and Technology (CIT)

## Nicht verpassen!

Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI München/VDE Südbayern

### 01. März 2023 / Mittwoch

19:00 Treff

#### Stammtisch VDI/VDE Rosenheim

Veranstalter: VDI BG Rosenheim, VDE Rosenheim  
Ort: Rosenheim  
Adresse: Samerstr. 17, 83022 Rosenheim, Flötzinger Bräustüberl  
Info: Info bei Philipp Lederer: bg-rosenheim@vdi.de, Tel: 08034-7075955

### 07. März 2023 / Dienstag

17:00 Online-Veranstaltung

#### Personalmanagement der Zukunft: finden, gewinnen, behalten und weiterentwickeln

Veranstalter: VDI AK TGA / IDV  
Referent: Dipl. Psych. Veronika Ellinger, Beratung für Personalmanagement, München  
Info: Anmeldung ausschließlich über AnmeldeLink; Rückfragen zur Online Anmeldung: stephan.schreck@vallox.de

### 12. März 2023 / Sonntag

19:00 Treff

#### Stammtisch der Young Engineers München

Veranstalter: AK Young Engineers München  
Adresse: 80686 München  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 13. März 2023 / Montag

17:00 Online-Veranstaltung

#### CO2-Abscheidung aus der Luft – negative Emissionen mit der Direct Air Capture Technologie

Veranstalter: VDI AK Energietechnik zusammen mit dem Lehrstuhl für Energiesysteme der TU München  
Referent: Dr. Nathalie Casas, Head of Technology bei der Climeworks AG  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 14. März 2023 / Dienstag

19:00 Treff

#### VDI/VDE Treff

Veranstalter: VDI BG Landshut  
Ort: Landshut  
Adresse: Altstadt 107, 84028 Landshut, Gasthaus „Zum Krenkl“

### 15. März 2023 / Mittwoch

10:00 Besichtigung

#### WIE EIN FOTOBUCH ENTSTEHT BEI CEWE IN GERMERING

Veranstalter: VDI AK Aktuelles Forum Technik  
Ort: Germering  
Adresse: Cewe-Straße 1-3 (Vormals: Oskar-von-Miller-Str. 9), 82110 Germering, CEWE Stiftung & Co KGaA  
Referent: Julia Friebe  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 21. März 2023 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung

#### Decarbonisation at Wärtsilä

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
Referent: Benedikt König, Fa. Wärtsilä, Frauenfeld, Schweiz  
Info: Als Zoom-Videoekonferenz, Zoom-Installation nicht erforderlich.  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 23. März 2023 / Donnerstag

08:30 Kongress

#### 7. Ambient Medicine® Forum - Pflege im Aufbruch

Veranstalter: VDE AK Medizintechnik und LifeScience Electronic  
Ort: Kempten  
Adresse: Adenauerring 39, 87439 Kempten, Margaretha- und Josephinen-Stift  
Referent: u. a. Klaus Holetschek, Bay. Staatsminister für Gesundheit und Pflege  
Info: Anmeldung beim Verbundprojekt CARE REGIO

18:00 Vortrag

#### Die Technik des Vogelflugs

Veranstalter: VDI AK Technikgeschichte  
Ort: München  
Adresse: Westendstraße 199, 80686 München, TÜV-Süd, Hauptgebäude/Empfang, Erdgeschoss, Schliersee  
Referent: Dr.-Ing. Walter Rathjen, vormals Deutsches Museum  
Gebühr: 5,00€ - VDI-Mitglieder und Schüler/Studenten frei  
Anmeldung: Online Anmeldung

23. März 2023 / Donnerstag

18:00 Online-Veranstaltung

Die Technik des Vogelflugs

Veranstalter: VDI AK Technikgeschichte  
Referent: Dr.-Ing. Walter Rathjen, vormals Deutsches Museum  
Anmeldung: Online Anmeldung

19:00 Online-Veranstaltung

Onlinetreff des AK-Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
Info: Der Teilnahmelink wird mit der automatischen Anmeldebestätigung verschickt.  
Anmeldung: Online Anmeldung

28. März 2023 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung

Brandschadensuntersuchung an Kraftfahrzeugen

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
Referent: Holger Petzold  
Info: Als Zoom-Videokonferenz, Zoom-Installation nicht erforderlich.  
Anmeldung: Online Anmeldung

18:30 Treff

Stammtisch Cross Cultural Group

Veranstalter: VDI Cross Cultural Group  
Ort: München  
Adresse: Bergmannstr. 46, 80339 München, Griechisches Haus, Café im Erdgeschoss  
Info: Zur Reservierung der Platzanzahl wird um Anmeldung gebeten.  
Anmeldung: Online Anmeldung

29. März 2023 / Mittwoch

19:00 Workshop

Führen ohne Worte

Veranstalter: VDI Unternehmer und Führungskräfte  
Ort: Aschheim  
Adresse: Karl-Hammerschmidt-Straße 48, 85609 Aschheim-Dornach bei München, Richter+Frenzel, (Raum ausgeschildert)  
Referent: Julia Schwartz, Dirigentin und Trainerin  
Info: Parkplätze am Haus bzw. an der Straße; mit MVV nur 30 min vom Hauptbahnhof München  
Anmeldung: Online Anmeldung

18. April 2023 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung

Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
Referent: Dr. Groos, Fa. SharkBite  
Info: Als Zoom-Videokonferenz, Zoom-Installation nicht erforderlich.  
Anmeldung: Online Anmeldung

25. April 2023 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung

Dienstagsvortrag Luftfahrt

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
Info: Als Zoom-Videokonferenz, Zoom-Installation nicht erforderlich.  
Anmeldung: Online Anmeldung

18:15 Online-Veranstaltung

GeRas – Geriatrische Rehabilitationserfolge sichern durch Telemedizin

Veranstalter: VDE AK Medizintechnik und LifeScience Electronic  
Referent: u.a. Prof. Dr. Petra Benzinger  
Info: Anmeldung beim VDE

18:30 Treff

Stammtisch Cross Cultural Group

Veranstalter: VDI Cross Cultural Group  
Ort: München  
Adresse: Bergmannstr. 46, 80339 München, Griechisches Haus, Café im Erdgeschoss  
Info: Zur Reservierung der Platzanzahl wird um Anmeldung gebeten.  
Anmeldung: Online Anmeldung

27. April 2023 / Donnerstag

19:00 Vortrag

Astrovortrag – Das Event-Horizon-Teleskop

Veranstalter: TH Rosenheim, VDI BG Rosenheim  
Ort: Rosenheim  
Adresse: Hochschulstr. 1, 83024 Rosenheim, Campus der TH-Rosenheim, Raum B0.23  
Referent: Priv.-Doz. Dr. Silke Britzen  
Info: www.sternwarte-rosenheim.de

# Nicht verpassen!

## Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI BV Bayern Nordost

09. März 2023 / Donnerstag

18:45 Online-Veranstaltung

Unternehmensstrategie über das Produktportfolio wirksam umsetzen

Veranstalter: NW Technischer Vertrieb und Produktmanagement  
Referent: Dr.-Ing. Maximilian Kissel  
Anmeldung: Online Anmeldung

14. März 2023 / Dienstag

17:00 Treff

Treffen für technische Gespräche

Veranstalter: VDI-BG Erlangen  
Ort: Erlangen-Büchenbach  
Adresse: Dorfstr. 14, 91052 Erlangen-Büchenbach, Gaststätte „Zur Einkehr“  
Info: Dr. Hans Buerhop, Tel. (09131) 44954

19:00 Treff

Monatliche Zusammenkunft mit Erfahrungsaustausch

Veranstalter: VDI BG Coburg  
Ort: Coburg  
Adresse: Lossaustraße 12, 96450 Coburg, Hotel Stadt Coburg, Konferenzzimmer

15. März 2023 / Mittwoch

19:00 Online-Veranstaltung

FIB-Nürnberg Online

Veranstalter: FIB Nürnberg  
Referent: Dr.-Ing. Verena Schmidt  
Anmeldung: Online Anmeldung

30. März 2023 / Donnerstag

18:00 Online-Veranstaltung

Neue Vorgehensmodelle, Methoden und Artefakte im Projektmanagement

Veranstalter: VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung  
Referent: Dipl.-Ing. (FH) Günter Schmid  
Anmeldung: Online Anmeldung

11. April 2023 / Dienstag

17:00 Treff

Treffen für technische Gespräche

Veranstalter: VDI-BG Erlangen  
Ort: Erlangen-Büchenbach  
Adresse: Dorfstr. 14, 91052 Erlangen-Büchenbach, Gaststätte „Zur Einkehr“  
Info: Dr. Hans Buerhop, Tel. (09131) 44954

19:00 Treff

Monatliche Zusammenkunft mit Erfahrungsaustausch

Veranstalter: VDI BG Coburg  
Ort: Coburg  
Adresse: Lossaustraße 12, 96450 Coburg, Hotel Stadt Coburg, Konferenzzimmer

19. April 2023 / Mittwoch

14:00 Besichtigung

FIT Additive Manufacturing Group

Veranstalter: VDI - NW PuL  
Ort: Luppurg  
Adresse: Am Grohberg 1, 92331 Luppurg, FIT AG  
Anmeldung: Online Anmeldung

27. April 2023 / Donnerstag

18:00 Vortrag

Statistische Versuchsplanung

Veranstalter: VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung  
Ort: Nürnberg  
Adresse: Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, Technische Hochschule Nürnberg, KA.102  
Referent: Dr. Dirk Jödicke  
Anmeldung: Online Anmeldung

Die tagesaktuelle Veranstaltungsliste finden Sie unter [www.technik-in-bayern.de](http://www.technik-in-bayern.de)



**Herausgeber:**  
 Verein Deutscher Ingenieure (VDI),  
 Bezirksverein München, Obb. u. Ndb. e.V. (BV München)  
**Anschrift der Redaktion:**  
 „Technik in Bayern“, Westendstr. 199 (TÜV)  
 80686 München

**Chefredakteur:** Dipl.-Ing. Friedrich Münzel (verantwortw.)  
**Chefin vom Dienst:** Silvia Stettmayer  
 Tel. (0 89) 57 91 24 56, Fax (0 89) 57 91 21 61  
 E-Mail: tib@bv-muenchen.vdi.de

**Redaktion:**  
 Hermann Auer Ing. (grad.); Dr. Dina Barbian; Dipl.-Ing.  
 Wolfgang Berger; Dipl.-Ing. Knut Bergmann; Dr. Frank  
 Dittmann; Christina Kaufmann M.A.; Bernhard Kramer  
 M.Sc.; Dipl.-Ing. Jochen Lösch; Dipl.-Ing. Harold Plesch;  
 Verena Rupprich, M.Sc.; Dipl.-Ing. Walter Tengler

**Verlag:**  
 MuP Verlag GmbH  
 Tengstraße 27, 80798 München  
 Tel. (089) 1 39 28 42-0, Fax: (089) 1 39 28 42-28  
 Geschäftsführer: Christoph Mattes

**Anzeigenleitung:** Christoph Mattes  
 Tel. (089) 1 39 28 42-20, Fax: (089) 1 39 28 42-28  
 E-Mail: christoph.mattes@mup-verlag.de

**Anzeigenverkauf:** Regine Urban-Falkowski  
 Tel. (0 89) 1 39 28 42-31, Fax: (0 89) 1 39 28 42-28  
 E-Mail: regine.urban@mup-verlag.de  
 Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 25 von 01.01.2022

**Vertriebsleitung:** Philip Esser  
 Tel. (0 89) 1 39 28 42-33, Fax: (0 89) 1 39 28 42-28  
 E-Mail: philip.esser@mup-verlag.de

**Layout und Grafik:** Ratchaniwan Klautke

**Internet-Service:** SpaceNet AG

26. Jahrgang 2023  
 Technik in Bayern erscheint zweimonatlich und ist das  
 gemeinsame MitgliederMagazin des VDI BV München,  
 des VDI BV Bayern Nordost e. V. und des VDE Südbay-  
 ern. Der Bezugspreis ist bei VDI- und VDE-Mitgliedern  
 der Bezirksvereine in Bayern sowie dem IDV in der  
 Mitgliedschaft enthalten.

Jahresabonnement 36,- Euro / 72,- SFr; Einzelheft 8,-  
 Euro / 16,- SFr. Jahresabonnement für Studenten gegen  
 Einsendung einer entsprechenden Bestätigung 27,-  
 Euro/ 54,- SFr. Der Euro-Preis beinhaltet die Versand-  
 kosten für Deutschland und Österreich, der SFr-Preis  
 die Versandkosten für die Schweiz. Bei Versand in das  
 übrige Ausland werden die Porto-Mehrkosten berechnet.  
 Die Abodauer beträgt ein Jahr. Das Abo verlängert sich  
 um ein weiteres Jahr, wenn es nicht zwei Monate vor  
 Ablauf schriftlich gekündigt wird.

**Urheber- und Verlagsrecht**  
 Die Redaktion behält sich vor, Manuskripte und Leser-  
 briefe zu redigieren. Sie übernimmt keine Haftung für  
 unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illus-  
 trationen. Die systematische Ordnung der Zeitschrift und  
 alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildun-  
 gen sind urheberrechtlich geschützt.  
 Mit der Annahme eines Beitrags zur Veröffentlichung  
 erwirbt der VDI vom Autor umfassende Nutzungsrechte  
 in inhaltlich unbeschränkter und ausschließlicher Form,  
 insbesondere Rechte zur weiteren Vervielfältigung mit  
 Hilfe mechanischer, digitaler und anderer Verfahren.

**Druck:** Mayr/Miesbach GmbH  
 Am Windfeld 15, 83714 Miesbach

Technik in Bayern ISSN1610-6563

**Nächster Redaktionsschluss:** 13.03.2023

## VDI BV Bayern Nodost

# Mit Haarabfällen das Meer retten

## Schwammartige Filter zur natürlichen Gewässerreinigung

Mit den abgeschnittenen Haaren, die in ihrem Salon früher im Müll gelandet sind, leistet Tatjana Dietrich, Inhaberin der Haarmacherei in Burgoberbach, heute einen Beitrag zum Umweltschutz. Sie gibt die Haare der Initiative Hair Help the Oceans. Diese stellt daraus Filter her, die Schadstoffe aus dem Wasser saugen.

Tatjana Dietrich ist froh, dass sie eine Möglichkeit gefunden hat, mit dem abgeschnittenen Haar, das täglich in beträchtlichen Mengen in ihrem Friseursalon anfällt, den Umweltschutz zu unterstützen. Früher ist es einfach im Restmüll gelandet. Bis sie Thomas Keitel auf die Idee gebracht hat, Hair Help the Oceans zu unterstützen.

Er stammt gebürtig aus Ansbach, ist heute als Unternehmensberater bei Würzburg tätig und hat Tatjana Dietrich als solcher im Sommer 2020 auf ihrem Weg in die Selbstständigkeit begleitet. Keitel hat die Initiative gemeinsam mit dem Friseurmeister Emidio Gaudio im Februar 2022 gegründet – mit Tatjana Dietrich als einem Partnersalon, von denen es laut Keitel heute in Deutschland, Österreich, der Schweiz, Frankreich und den Niederlanden rund 1000 gibt.

### Haare: Natürliches Reinigungsmittel

„Wegen ihrer hohen Saugfähigkeit sind Haare perfekt dazu geeignet, als natürliches Reinigungsmittel gegen Verschmutzungen durch Öl, Benzin und Sonnenmilchreste in Gewässern wie dem Meer, Flüssen oder Seen eingesetzt zu werden“, sagt Tatjana Dietrich. Also sammelt sie die abgeschnittenen Haare und lässt sie abholen oder verschickt sie, damit sie zu schwammartigen Filtern weiterverarbeitet werden können. Die Haarfilter können überall da zum Einsatz kommen, wo Benzin oder Motoröl ausgelaufen ist, wo

Motorboote ankern und tanken, an Badestränden, vor Industriegebieten und an Küsten, um Öle, Treibstoffreste und Sonnenmilch aus dem Wasser zu filtern. „Sie saugen die Schadstoffe aus dem Wasser beziehungsweise sorgen dafür, dass sie sich nicht weiter ausbreiten können“, sagt Tatjana Dietrich.

Sie zahlt als Partnersalon monatlich 21 Euro an Hair Help the Oceans. „Damit werden die Logistik wie Lagerhallen, Maschinen und die Administration finanziert“, erzählt sie. Bisher hat sie die Haare immer abholen lassen, jetzt verschickt sie sie zum ersten Mal. Die Versandkosten dafür übernimmt sie selbst.

Im nächsten Schritt werden die Haare gereinigt, zu einer Art Teppich gefilzt, in alte Nylonstrümpfe gefüllt, zu Rollen gebunden und dann als Filter in verschmutzten Gewässern eingesetzt.

### Überzeugungsarbeit war nicht nötig

„Es ist unglaublich, wie viel abgeschnittenes Haar wir im Salon zusammenbringen. Allein in den vergangenen sechs Wochen haben wir einen 120 Liter-Sack voll bekommen“, sagt die Friseurmeisterin. Sie ist froh, dass sie die Haare nicht mehr wegwerfen muss. Die 37-Jährige hofft, dass die Netze auch bald in Westmittelfranken eingesetzt werden – etwa in Badeseen, um Sonnenöl, das man am Strand oft an der Wasseroberfläche schwimmen sehe, aufzusaugen.

Das Besondere an den Haarfiltern sei, dass sie mehrmals, effektiv und nachhaltig eingesetzt werden könnten. „Ein Kilo Haare können acht Kilo Öl aus dem Meer ziehen“, erläutert die Friseurmeisterin. Außerdem könnten die Filter bis zu acht Mal gereinigt und wiederverwendet werden. In ihrem vierköpfigen Team habe sie kei-



Tatjana Dietrich mit einem 120-Liter-Sack voller Haare für die Verarbeitung von Saugfiltern

nerlei Überzeugungsarbeit leisten müssen, die Initiative zu unterstützen, sagt die Bechhofenerin. „Alle waren auf Anhieb begeistert – genau wie unsere Kunden.“ Ihr ist schon immer daran gelegen, Müll zu vermeiden. „Als Mutter von drei Kindern weiß ich, dass Müll schnell anfällt, wenn man nicht bewusst bemüht ist, die Mengen gering zu halten.“ Außer der Haarmacherei in Burgoberbach sind noch der Friseur Lyrer und Julia Postika Friseure in Ansbach Partnersalons mit ihren Haarresten einen Beitrag zum Umweltschutz leisten würden.

Quelle: Fränkische Landeszeitung

## Deutsches Museum Verkehrszentrum

# Bikesharing.

## Das Radeln neu erfunden



Blick in die Sonderausstellung

Aus Anlass des 20jährigen Bestehens des DB-Angebotes zeigt das Verkehrszentrum die vielfältigen Aspekte des Erfolgsmodells „Bikesharing“ – Anfänge, Entwicklungen und technologische Innovationen für vernetzte Mobilität weltweit.

205 Jahre, nachdem Karl Drais seine erste Laufmaschine präsentierte, ist die muskelkraft-getriebene Fortbewegung auf zwei Rädern heute mehr denn je ein Zukunftsmodell: Radfahren ist gesund, platzsparend, klimaschonend und vor allem auf verstopften Großstadtstraßen auch eine schnelle Art der Mobilität – auch und gerade im Zusammenspiel mit dem öffentlichen Nahverkehr. Praktisch für GelegenheitsradlerInnen, Entlastung für den Stadtverkehr: Die gemeinsame Nutzung von Fahrrädern macht Mobilität jederzeit verfügbar und schont Ressourcen. Seit im Jahr 2000 die deutschlandweit ersten Leihräder

durch München rollten, hat sich das Fahrrad-Teilen darum als unverzichtbares Mobilitätskonzept und Beitrag zur Verkehrswende etabliert. Auf den Sattel schwingen kann man sich quasi überall; hierzulande zum Beispiel in 80 Städten und Kommunen auf einen von über 13.000 des Anbieters „DB Call a Bike“, einem der Pioniere in Sachen Fahrrad-Mietsysteme.

„Das Radeln neu erfunden“ in Kooperation mit der Deutsche Bahn Connect GmbH richtet den Blick auf die Entwicklung des gemeinschaftlich genutzten Fahrrads und seine Bedeutung für die Mobilitätswende.

### Informationen

Sonderausstellung bis 16. April 2023  
 Deutsches Museum  
 Verkehrszentrum Halle I  
 Am Bavariapark 5, 80339 München  
[www.deutsches-museum.de/verkehrszentrum](http://www.deutsches-museum.de/verkehrszentrum)

## CARTOON



Moderne Technik: Fiber to the space

Cartoon: Cornelis Jettke

## VORSCHAU

Ausgabe 03/2023 erscheint am 02. Mai 2023  
mit dem Schwerpunktthema

## Innovative Technik aus Bayern

In den letzten 20 Jahren hat sich in Bayern eine muntere Gründerszene aus Start-Ups und  
Universitätsausgründungen gebildet.

Wir werfen einen Blick auf innovative Geschäftsmodelle, Finanzierungsmöglichkeiten und  
VC-Kapital und die Vor- und Nachteile der Selbstständigkeit.

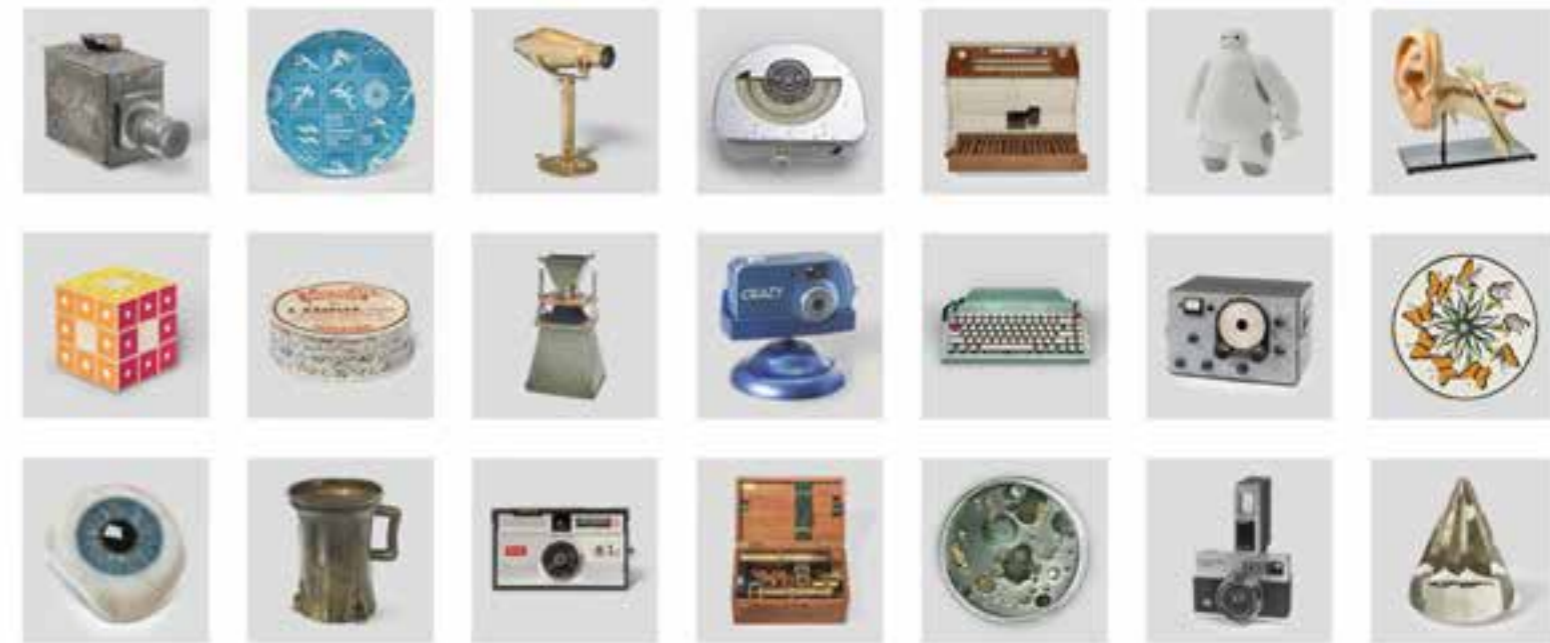
Anzeigenschluss: 06. April 2023

Schwerpunktthema der Ausgabe 04/2023  
Abfallmanagementsysteme

Anzeigenschluss: 09. Juni 2023

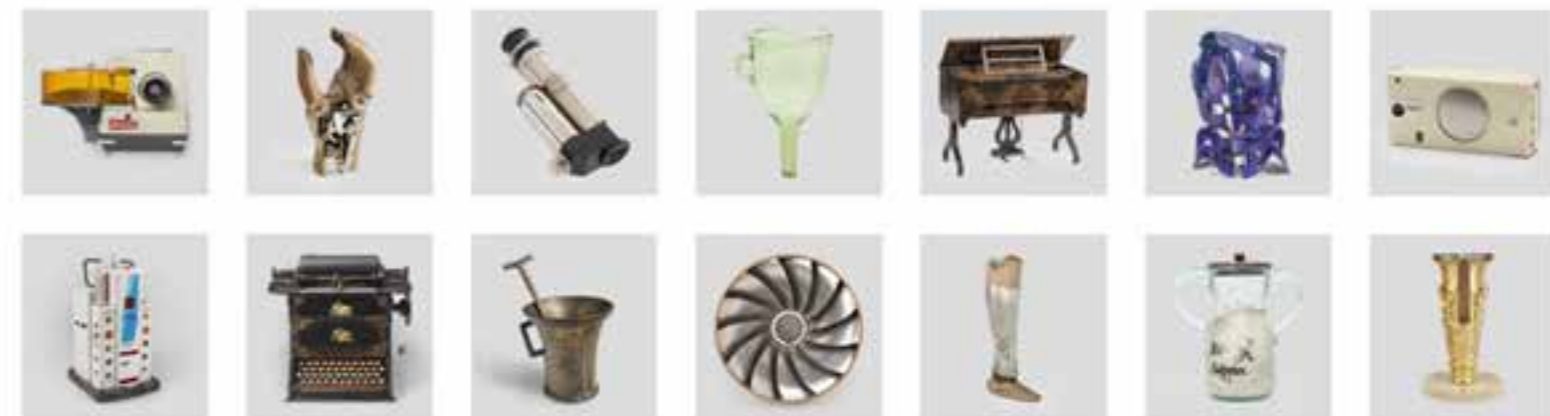
Schwerpunktthema der Ausgabe 05/2023  
Lasertechnik

Anzeigenschluss: 09. August 2023



# ALLES

IST WISSENSCHAFT



# Deutsches Museum





## Wer ist WORK Microwave?

Seit mehr als 35 Jahren ist WORK Microwave ein führender Entwickler und Hersteller von High-Tech-Systemen mit Mikrowellentechnologie und digitaler Signalverarbeitung.

Wir sind weltweit aktiv und in Holzkirchen arbeiten aktuell über 150 Mitarbeitende aus 24 Nationen.

**Wir wachsen weiter - werde Teil unseres Teams!**

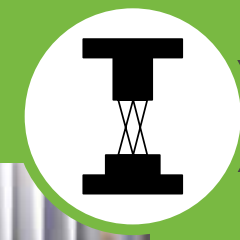


**Satcom**



**Radar**

**Wir suchen:** Elektroniker, Software-, System- und RF-Ingenieure (m/w/d)



**Sensor**



**Navigation**

## Wir sind ...



**Dynamisch**

Unsere Produkte und auch unsere Arbeitsmittel (z.B. Messtechnik) sind auf dem neuesten technologischen Stand.

**Etabliert**

WORK Microwave wurde 1986 gegründet – viele Mitarbeiter, Kunden und Lieferanten sind schon seit vielen Jahren bei uns.

**Verantwortungsvoll**

Viele Freiräume und der verantwortungsvolle Umgang damit Schaffen ein hervorragendes Arbeitsklima.

**Visionär**

Wir entwickeln heute, was morgen gebraucht wird. Jede neue Idee ist wertvoll!



**Hast Du Fragen?**

Lena Budig (HR) antwortet:  
Tel.: 08024 6408 251

**Alle Details:**

[www.work-microwave.com/karriere](http://www.work-microwave.com/karriere)

