

Drei Fragen an
Prof. Dr. Karl Leo

04

Neue Halbleiter-
materialien für
energieeffiziente
KI- und Kommunika-
tionssysteme

10

Carbon Nanotubes:
Hype in der
Nanotechnologie!

24

ITG news

Magazin der
**Informationstechnischen
Gesellschaft** im VDE e.V.

VDE

JULI 26



Beyond THEMA Silicon

ITG_{news}

Vorwort	01
Ankündigungen	02
Drei Fragen an ...	04
Thema <i>Beyond Silicon</i>	06
Nachdenken & Mitreden	24
Aus den Fachgremien	26
Veranstaltungen	28
Durchstarter – Ausgründungen & Start-ups	34
Personalia	42

VDE

JULI 26





Dear ITG members,

the current issue of ITG news represents two things: new content – and a new visual identity. Both reflect the same ambition: to build on what has proven successful while deliberately setting new impulses – both technically and organizationally.

At the center of this issue is our focus topic »Beyond Silicon.« The contributions clearly demonstrate that the limits of classical CMOS technologies are shifting – and that new material systems and integration concepts are shaping the next generation of information and communication technology. This is complemented by an interview on organic electronics and by contributions from our technical committees. Our »Durchstarter« section further highlights how innovation is moving from research into application – and how startups are accelerating this transition.

A particular highlight this year is a new format: the ITG Future Forum. For the first time, we are creating a platform that explicitly reaches beyond individual technical domains. The goal is to jointly discuss hot topics jointly, connect perspectives, and co-create new ideas. The inaugural forum will focus on »AI-powered Networks and Networking for AI«, a topic that exemplifies the growing interdependence of our disciplines. The ITG Future Forum will take place on 25 November 2026 in Berlin, directly following the ITG General Assembly and the VDE Capital Forum. This creates a unique opportunity for you to visit all three key events on a single trip. I encourage you to take advantage of this – gain new insights, engage in professional exchange, and expand your network.

At the same time, your active participation remains essential: Please take part in the upcoming board election. ITG thrives on the engagement of its members – and your vote helps shape its future. In Berlin, both the current and the incoming ITG Board will be present. This offers an excellent opportunity to connect, discuss key topics, and contribute ideas for the future direction of ITG.

I wish you an inspiring read.

Liebe Mitglieder der ITG,

die aktuelle Ausgabe der ITG news steht für zweierlei: neue Inhalte – und ein neues Erscheinungsbild. Beides folgt demselben Anspruch: Bewährtes weiterdenken und gleichzeitig gezielt neue Impulse setzen – fachlich wie organisatorisch.

Im Mittelpunkt steht unser Schwerpunktthema »Beyond Silicon«. Die Beiträge zeigen klar: Die Grenzen klassischer CMOS-Technologien verschieben sich – und neue Materialsysteme und Integrationskonzepte definieren die nächste Generation der Informations- und Kommunikationstechnik. Ergänzt wird dies durch ein Interview zur organischen Elektronik und aktuelle Nachrichten aus den Fachgremien. Unsere »Durchstarter«-Kolumne macht zudem sichtbar, wie aus Forschung Anwendung wird – und wie Start-ups diesen Transfer beschleunigen.

Ein besonderes Highlight in diesem Jahr ist jedoch ein neues Format: das ITG Future Forum. Erstmals schaffen wir damit eine Plattform, die bewusst über Fachgrenzen hinausgeht. Ziel ist es, aktuelle Themen gemeinsam zu diskutieren, Perspektiven zu verbinden und neue Ideen entstehen zu lassen. Der Auftakt steht unter dem Thema »AI-powered Networks und Networking for AI« – ein Bereich, der exemplarisch für die zunehmende Verzahnung unserer Disziplinen steht. Das ITG Future Forum findet am 25. November 2026 in Berlin statt – direkt im Anschluss an die ITG Mitgliederversammlung und das VDE Hauptstadtforum. Damit haben Sie die Möglichkeit, alle drei zentralen Veranstaltungen mit einer einzigen Reise zu besuchen. Nutzen Sie diese Gelegenheit: für neue Einsichten, fachlichen Austausch und gezieltes Networking.

Ebenso wichtig ist Ihre aktive Mitwirkung: Bitte beteiligen Sie sich an der anstehenden Vorstandswahl. Die ITG lebt von Engagement – und Ihre Stimme gestaltet ihre Zukunft. In Berlin werden sowohl der amtierende als auch der zukünftige ITG Vorstand präsent sein. Das bietet Ihnen die ideale Gelegenheit, ins Gespräch zu kommen, Themen einzubringen und die Weiterentwicklung der ITG aktiv mitzugestalten.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

DR.-ING. JÖRG-PETER ELBERS
Vorsitzender der ITG / Chair of ITG

SAVE THE DATE

VDE Hauptstadtforum 2026

24.11.2026, Berlin

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

150 Jahre Telefon

Eine revolutionäre Erfindung
und die Bedeutung von
Forschung in dem Kontext
des Technologietransfers



INFOS UND ANMELDUNG
www.vde.com/hauptstadtforum

Die Erfindung des Telefons ist ein gutes Beispiel dafür, wie ähnliche Ideen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen zu völlig verschiedenen Ergebnissen führen. Johann Philipp Reis, ein deutscher Physiker und Erfinder, präsentierte bereits 1861 sein »Telephon«, das Sprachsignale über elektrische Leitungen übertragen konnte. Seine Arbeit war bahnbrechend und technisch funktionsfähig, doch es fehlte etwas. Während die Erfindung von Reis eine wissenschaftliche Kuriosität blieb, die zwar Anerkennung in Fachkreisen fand, aber es nie in die breite Anwendung schaffte, so ging Alexander Graham Bell anders vor. Er entwickelte sein Telefon 15 Jahre später und konnte es dank unternehmerischem Geschick und der Partnerschaft mit Investoren patentieren sowie vermarkten. Bell profitierte von einem Umfeld, das nicht nur die technische Innovation förderte, sondern auch deren Übertragung in die Praxis aktiv vorantrieb. So blieb die Forschung von Reis in Deutschland eher unbekannt und wurde erst später gewürdigt. Hingegen gelang es Bell das Telefon durch die Gründung der Bell Telephone Company zu einem globalen Standard zu machen.

Während Deutschland nach wie vor als führend in der Grundlagenforschung gilt, zeigt sich immer wieder die Herausforderung, diese Innovationen effektiv in marktfähige Technologien zu überführen.

Ist das ein bekanntes deutsches Phänomen und was können wir aus der Vergangenheit lernen? Diesen Fragen wollen wir gemeinsam nachgehen und laden Sie herzlich zum VDE Hauptstadtforum 2026 ein, das am Dienstag, den 24. November 2026 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW) stattfinden wird.

Erleben Sie spannende Einblicke in die Geschichte und Zukunft der Informationstechnik. Nutzen Sie die Gelegenheit zum Austausch mit Expertinnen und Experten sowie mit Unternehmerinnen und Unternehmern aus Akademie und Industrie. Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

Zum Programmablauf gehören auch die Preisverleihungen sowie die Ehrungen der ITG und das Netzwerken mit einer großen Anzahl prominenter Gäste aus Wissenschaft, Politik und Industrie.

INVITATION TO THE

1st ITG Future Forum on AI-powered Networks and Networking for AI 25.11.2026, Berlin HHI Fraunhofer Institute

The ITG aims to strengthen cross-community dialogue by organizing for the first time the ITG Future Forum dedicated to interdisciplinary topics.

This one-day event will bring together representatives from various ITG communities to discuss emerging interdisciplinary challenges and opportunities.

A key focus will be the interplay between AI and networking: Artificial Intelligence is transforming how communication networks are designed and operated, while simultaneously introducing new demands on networking infrastructures. AI enables intelligent, automated network operations, yet AI systems themselves rely on robust networking for distributed training, large-scale data exchange, and realtime inference. The vision of autonomous networking requires collaboration across domains, just as modern digital services depend on the integration of communication networks, cloud/edge infrastructures, and AI systems.

For this reason, the title of this year ITG Future Forum is »AI-powered Networks and Networking for AI«. The program includes community-driven workshops featuring keynotes, panel discussions, and contributed presentations, alongside networking breaks and a demo zone.

To ensure a diverse and impactful program, we will have contributions from different communities, such as:

- » AI-native network architectures
- » Data-driven network automation
- » Edge and cloud intelligence for communication systems
- » Networking challenges for AI workloads
- » AI robustness, security, and trust in network

EINLADUNG ZUR

Mitgliederversammlung 2026 der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE e.V. 24.11.2026, Berlin Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

**Bitte merken Sie sich den
24. November 2026 in Berlin vor!**

Die ordentliche Mitgliederversammlung findet im Vorfeld des VDE Hauptstadtforums statt.

Vorläufige Tagesordnung:

- » Ankunft der Teilnehmenden
- » Eröffnung der Versammlung durch den Vorsitzenden und Geschäftsführer
- » Bericht der Geschäftsstelle zu den aktuellen Tätigkeiten der ITG
- » Diskussionspunkte
- » Ende der Versammlung



Wahl des VDE ITG Vorstandes für die Amtszeit Januar 2027 bis Dezember 2029

Der nächste Schritt für die Wahl des VDE ITG Vorstandes steht an.

Wir verschicken den Aufruf zur Wahl Ende Juni 2026 auf dem Postweg an alle wahlberechtigten VDE ITG Mitglieder. In dieser Postsendung finden Sie Ihren persönlichen Zugangscode für die elektronische Wahl und den Link bzw. den QR-Code zum digitalen Wahlportal, wo sich die Kandidierenden finden. Die Liste der 20 Kandidierenden ist ab sofort online verfügbar.

Bitte beachten Sie, dass der persönliche Zugangscode für den jeweiligen Wahlberechtigten nur einmal verwendbar ist! Sie können maximal neun Stimmen vergeben (maximal drei in der jeweiligen Gruppe).

Das Wahlportal steht Ihnen ab Eingang der Briefsendung bis einschließlich Mittwoch, 30. September 2026, mit den Zugangsdaten zur Verfügung.

Diejenigen VDE ITG Mitglieder, die sich ausnahmsweise für das Briefwahlverfahren angemeldet haben, erhalten ihre Unterlagen auf dem Postweg.

Bei Rückfragen wenden Sie sich gerne an die ITG Geschäftsstelle: itg@vde.com
Wir freuen uns auf eine große Resonanz bei der Wahl und danken Ihnen für die Teilnahme!

★ www.vde.com/itgwahl26





KOLUMNE

Drei Fragen an PROF. DR. KARL LEO

DAMIAN DUDEK Der Nobelpreis für Physik zur Materialforschung an blauen Leuchtdioden wurde bereits 2014 verliehen. Diese Arbeiten der Grundlagenforschung bewirkten einen Paradigmenwechsel in der Beleuchtungstechnik weltweit, mit einer Vielzahl an Applikationsfeldern. Heute ist die LED-Beleuchtung aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken und die junge Generation kennt Glühlampen mit einer Energieeffizienz von 20% nicht mehr. Die Energieeffizienz von LEDs im Vergleich ist überragend und führte zu einer unglaublichen Entlastung bzw. Verlagerung des primären Energiebedarfes. Lieber Herr Leo, Sie forschen vor allem an den Materialien und der Technologie zu organischen Halbleitern und bekamen im Jahr 2002 den Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft, aber auch 2011 den Deutschen Zukunftspreis des Bundespräsidenten für die gelungenen Überführungen Ihrer Forschungsarbeiten in Anwendungen verliehen. Obwohl sich LED-Technologien als Leuchtmittel stark in unserem täglichen Gebrauch etabliert haben, lässt der massenhafte Einsatz von organischen Halbleitern auf sich warten. Nun sind Sie nicht nur ein überaus erfolgreicher Wissenschaftler, sondern haben eine Vielzahl an Ideen in die Anwendung gebracht und nicht selten in den Markt, durch die von Ihnen initiierten Unternehmen. Wo sehen Sie Potentiale für die heutigen

Forschungsergebnisse im Bereich der organischen Elektronik im Markt und welche Entwicklungschancen, aus einer nüchternen Betrachtung heraus, sprechen Sie dieser Technologie zu?

KARL LEO Organische Halbleiter haben überragende Erfolge im Bereich der Displays erzielt: In Smartphones ist das OLED-Display heute die führende Technologie und hat die LCD-Displays weitgehend abgelöst. Grund dafür sind exzellente Eigenschaften wie hoher Kontrast und gesättigte Farben sowie die Realisierung auch auf Foliensubstraten, was klappbare Displays ermöglicht hat. Im TV-Bereich wächst der OLED-Anteil schnell und hat im Premium-Sektor bereits annähernd die Hälfte des Markts erobert. Insgesamt betrug der OLED-Markt im Jahr 2025 ca. 70 Mrd. US-Dollar und soll bis 2035 auf 385 Mrd. US-Dollar wachsen (Precedence Research). Obwohl im Bereich organischer Halbleiter in Europa exzellente Forschung betrieben wurde, wird der Markt durch Unternehmen aus Korea und zunehmend auch aus China dominiert. Im Bereich der Beleuchtung hat die OLED weit weniger erfolgreich abgeschnitten: Die anorganische LED, heutzutage vorwiegend auf Galliumnitrid-Basis, hat die Beleuchtungstechnik in den vergangenen Jahren revolutioniert und klassische Beleuchtungsmittel wie Glühlampe und Leuchtstoffröhre fast vollständig verdrängt. Die OLED ist jedoch ein Flächenstrahler, so dass für hohe Lichtflüsse hohe Substratfläche und daraus hohe Kosten resultieren, bei der LED als Punktstrahler konnten hingegen die Kosten weit tiefer skaliert werden. Dennoch hat die OLED insbesondere als Rücklicht im Automobilbereich einen Markt gefunden, einschließlich einer erfolgreichen Produktion durch OLEDWorks in Aachen. Erfreulich ist, dass unsere eigene Forschung in fast jedem OLED-Produkt in Form von Materialien der Firma Novald (Dresden) ihren Niederschlag gefunden hat. Wenn es auch unrealistisch sein mag, die OLED-Displayfertigung zurück nach Europa zu holen, so erscheint mir doch die Entwicklung neuer Materialien oder Fertigungstechniken lohnenswert zu sein. In Dresden tragen wir mit neuen Startups wie Credoxys und beeOLED dazu bei, die zukünftigen Herausforderungen der OLED-Branche, wie höhere Effizienz, Stabilität und niedrigere Fertigungskosten praktisch zu bewältigen.

DAMIAN DUDEK Vor dem Hintergrund der schwächelnden Wirtschaft bei uns in Deutschland bei jedoch hervorragenden Voraussetzungen für Forschung, Innovationen und industrieller Produktion muss man sich fragen, warum man sich aus der Herstellung und Skalierung von Halbleiterbauelementen und Schaltungen für den Massenmarkt verabschiedet hat. Derzeit wäre eine Kehrtwende in die Zeit der großen Stückzahlen von »Consumer Elektronik« der 1950 Jahre wünschenswert. Der Staat versucht dahingehend diese Wende zu unterstützen und schreibt daher regelmäßige Förderprogramme über unterschiedliche Ministerien aus. Einige dieser Förderprogramme sind Ihnen durchaus bekannt. Sehen Sie vor diesem Hintergrund einen Hebel, um die Wirtschaft

erneut in einen Modus des Wachstums zu bringen oder profitiert man in der Praxis davon eher weniger? Ich frage dies, da mir die organische Elektronik als überaus attraktiv erscheint, durch die geringeren Kosten in der Herstellung und die vielen Möglichkeiten der Skalierung und aus der Tatsache heraus, dass wir viele Unternehmen in der chemischen Industrie in Deutschland haben. Welche Empfehlungen würden Sie als Wissenschaftler an die Fördergeldgeber geben und was sind Ihre Ratschläge, um die Technologie der organischen Elektronik in einen größeren Markt zu expandieren?

KARL LEO Ich glaube nicht, dass sich die Consumer-Elektronik wieder in größerem Umfang nach Deutschland zurück verlagern lässt, dem stehen alleine schon die Lohn-, Energie- und Produktionskosten entgegen. Außerdem fehlt für viele Komponenten – z.B. im Display-Bereich – eine vollständige industrielle Infrastruktur vor Ort. Möglich wäre eher eine teilweise Rückverlagerung wichtiger oder strategischer Bereiche. Im Bereich der OLED-Displays wären dies z.B. Mikrodisplays, die im professionellen und Sicherheitsbereich Anwendung finden und die man aufgrund der Realisierung auf Silizium-Backplanes gut fertigen könnte. Tatsächlich existiert mit der Microoled (Grenoble) ein erfolgreiches europäisches Unternehmen für OLED-Mikrodisplays. Zur weiteren Rückgewinnung von Souveränität wären Märkte denkbar, wie die organische Photovoltaik, die gegenüber der etablierten und von China beherrschten Silizium-Technologie viele Vorteile, wie Flexibilität, geringes Gewicht und Möglichkeit der Transparenz, hat. Besonders eindrucksvoll ist der extrem geringe CO₂-Fussabdruck, weit unterhalb aller konkurrierenden photovoltaischen Technologien. Mit der Firma Heliatic (Dresden) hat die weltweite Technologeführerin ihren Sitz in Deutschland – als erste Firma weltweit gelang ihr, den wichtigsten Branchentest IEC 61215 zu bestehen. Für eine breite Verwendung der organischen Photovoltaik sind aber zunächst noch herausfordernde Probleme in F&E zu lösen: die Wirkungsgrade (momentan um 10 % auf Modulebene) sind noch deutlich zu steigern und die Kosten für die flexiblen Module sind deutlich zu senken. Attraktiv erscheinen mir auch Anwendungsfelder wie die Integration organischer Photovoltaik in Glasfassaden und Fenstern. Besonders gute Chancen sehe ich persönlich für die organische Elektronik im Healthcare-Bereich. Wir arbeiten seit einiger Zeit an abbaubarer organischer Elektronik für den Einsatz im menschlichen Körpergewebe: Bauelemente, die z.B. nach einer Operation für begrenzte Zeit Überwachungsfunktionen wahrnehmen und anschließend vom Körper rückstandsfrei abgebaut werden können. Mit Partnern aus Rostock konnten wir die prinzipielle Funktionalität z.B. für Leckagen nach Darm-OPs bereits zeigen. Dank großzügiger Förderung der Hector-Stiftung (Weinheim) können wir diese Thematik auf neue Anwendungsgebiete ausweiten. Aufgrund der allgemein guten Wettbewerbsposition der Medizintechnik in Deutschland sehe ich hier sehr gute Möglichkeiten, neue Märkte zu erschließen.

DAMIAN DUDEK Wenn es um Ressourcen geht, so kann man sich fragen, ob man genügend davon hat, um die Skalierung von organischer Elektronik in Deutschland stärker zu skalieren. Auch die Integration von Silizium CMOS-Technologie in organischen Substraten ist ein exploratives Feld – nicht nur für die Forschung, doch gerade für Anwendungen. Würden Sie sagen, dass wir in der Herstellung organischer Elektronik geowirtschaftlich und politisch unabhängiger von anderen sind als bei heutiger Digitalelektronik und deren Hochintegration? Wie bewerten Sie den geopolitischen Wettlauf um die fortschrittlichste Hochintegration in der Mikroelektronik und die Diskussion in Deutschland darüber? Verpassen wir nicht alternative Technologiefelder auszubauen, wenn wir uns auf das »Mainstream-Geschehen« fokussieren und auch das Fördergeld dort allokalieren?

KARL LEO Ich bin Naturwissenschaftler und würde mir hier kein abschließendes Urteil erlauben. Es macht mir aber große Sorgen, dass wir in Deutschland gerade unsere Schlüsselindustrien Auto, Chemie und Maschinenbau verlieren und gleichzeitig in Zukunftsbranchen wie KI international nicht mithalten könnten. Am Beispiel des Halbleiterstandorts Dresden kann man sehen, was eine zielgerichtete Förderpolitik, die auch große Summen nicht scheut, erreichen kann. Ich hoffe, dass es uns gelingt, die momentane Abwärtsbewegung zu stoppen und auch auf neuen Gebieten an vorderster Front dabei zu sein. Neue Förderinitiativen wie z.B. die Sprunginnovations-Agentur SPRIN-D stimmen mich hier hoffnungsvoll. In meinem eigenen Gebiet, der organischen Elektronik, haben wir erstaunlich viel erreicht und gute Voraussetzungen, diese Erfolge zu verstetigen. ●

PROF. DR. KARL LEO ist Professor an der Technischen Universität Dresden und Direktor des Instituts für angewandte Physik sowie des Dresden Integrated Center for Applied Physics and Photonic Materials.

DR.-ING. DAMIAN DUDEK ist Geschäftsführer der Informations-technischen Gesellschaft im VDE e.V. und stellte die Fragen.

Beyond THEMA Silicon

Materialien, Prozesse und Anwendungen, die über Silizium-CMOS-Technologien hinausgehen

Neben der Elektronik in Silizium gibt es noch weitere bekannte Alternativen, doch für einige sind diese etwas weniger prominent als die bekannte CMOS-Technologie. Insbesondere die Photonik, aber auch Elektronik profitieren von den Fortschritten in der Materialforschung in GaN, InP, GaAs, 2D-Materialien, die Silizium in Bezug auf Leistung für Hochfrequenz-, Hochleistungs- und optoelektronische Anwendungen übertreffen. Ausgehend von der Synthese von Vorläufermaterialien und Dünnschichtabscheidungstechniken ermöglichen diese Materialien die Herstellung hoch effizienter elektronischer und photonischer Bauelemente, wie HEMTs, LEDs oder Fotodetektoren. Ihre Integration in monolithische oder hybride Schaltungen öffnet Türen für Anwendungen in der 5G/6G-Kommunikation, Leistungselektronik und Quantentechnologien. Doch lassen sich die bisherigen Grenzen der Silizium-CMOS-Technologie in Geschwindigkeit, Effizienz und Funktionalität so überwinden? Wagen Sie einen Blick in diese Thematik.

Pioneering Low-Temperature Atomic Layer Deposition

Breakthroughs in Magnesium Oxide and Germanium Oxide Thin Films

• A. DEVI, Leibniz Institute for Solid State and Materials Research (IFW Dresden)

Atomic Layer Deposition (ALD) has long been a cornerstone in the fabrication of high-quality thin films for applications ranging from microelectronics to biomedical coatings. However, depositing materials at low temperatures, especially on sensitive substrates such as polymers or flexible electronics, has remained a significant challenge. Recent research at the Leibniz Institute for Solid State and Materials Research (IFW Dresden) has advanced this area. By introducing novel precursor chemistries, we enhanced the near-room-temperature ALD of magnesium oxide (MgO) and the plasma-enhanced ALD of germanium oxide (GeO_x), achieving control over composition and structure.

Magnesium Oxide (MgO): A New Era for Low-Temperature ALD (Ref. 1)

Magnesium oxide (MgO) is a material prized for its electrical resistivity, wide bandgap (7.8 eV), and biocompatibility. These properties make MgO an ideal candidate for gas barrier layers in organic electronics, passivation layers in spintronics, and protective coatings for medical implants. Yet, traditional ALD processes for MgO have been limited by the lack of suitable precursors that can be used at low temperatures without decomposing or undergoing unwanted side reactions. Most existing Mg precursors, such as cyclopentadienyl (Cp) complexes, are pyrophoric, posing significant safety and handling challenges. Additionally, these precursors often require high deposition temperatures (above 200 °C), which are incompatible with temperature-sensitive substrates such as polymers and other organic materials.

To overcome these limitations, a new magnesium precursor has been developed. This compound is non-pyrophoric, highly volatile, and thermally stable, making it an ideal candidate for low-temperature ALD. The 3-(N,N-dimethylamino)propyl (DMP) ligand plays a crucial role. Its chelating nature stabilizes the magnesium center through covalent Mg-C and active Mg-N bonds, preventing premature decomposition while maintaining high reactivity toward water (H₂O), the co-reactant in the ALD process. This combination of stability and reactivity enables [Mg(DMP)₂] to achieve self-limiting ALD growth of MgO at temperatures as low as 30 °C, with growth per cycle (GPC) values of 2.40 Å at 40 °C and 1.91 Å at 120 °C, significantly higher than those achieved with conventional precursors.

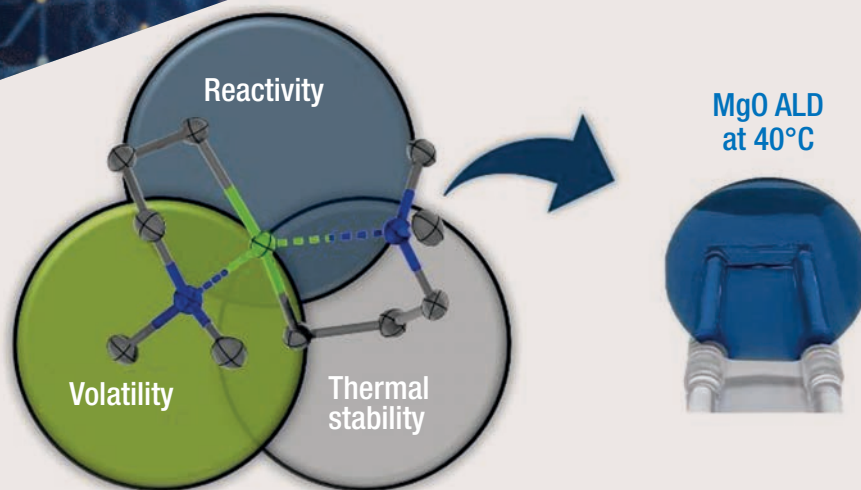


FIGURE 1

Atomic Layer Deposition of MgO thin films near room temperature on Si substrates

The versatility of this process was demonstrated by depositing uniform, high-quality MgO films not only on silicon substrates but also on polyethylene terephthalate (PET) foils, a common flexible polymer used in packaging and electronics (*shown in figure 1*). The films exhibited excellent conformality, low impurity levels, and densities approaching those of bulk MgO. This opens the door to new applications in flexible electronics, where MgO can serve as a gas barrier layer for OLEDs or as a protective coating for medical devices. The ability to deposit MgO at such low temperatures also makes it a promising material for spintronic devices, where it serves as a tunnel barrier in magnetic tunnel junctions (MTJs). The high tunnel magnetoresistance (TMR) ratios achievable with MgO barriers could lead to more efficient and scalable magnetoresistive random-access memories (MRAMs).

Germanium Oxide (GeO_x): Tunable Stoichiometry via Plasma-Enhanced ALD (Ref. 2)

Germanium, with its higher carrier mobility than silicon, has long been considered a potential successor to silicon in next-generation semiconductors. However, practical implementation has been hindered by the lack of a robust passivation layer. Germanium oxide (GeO_x), particularly its stoichiometric form (GeO₂), offers a solution. With a high permittivity ($k \sim 6$) and an ultra-wide bandgap (4.3–6.0 eV), GeO₂ is an excellent candidate for high-frequency and high-power electronics. Additionally, sub-stoichiometric GeO_x (where $x < 2$) exhibits unique optical and electronic properties, making it useful for resistive-switching memory, photodiodes, and lithium-ion battery anodes.

As with MgO, ALD of GeO_x has been constrained by precursor limitations. Existing Ge precursors, such as [Ge(NMe₂)₄], are either pyrophoric, thermally unstable, or require high deposition temperatures and strong oxidants like ozone (O₃), which can damage sensitive substrates. To address this, we introduced tetrakis-3-(N,N-dimethylamino)propyl germanium(IV), [Ge(DMP)₄], a non-pyrophoric liquid precursor that combines high volatility, thermal stability, and reactivity, making it well-suited for ALD. Using plasma-enhanced ALD (PEALD) with oxygen plasma (O₂) as the co-reactant, the team achieved low-temperature deposition of GeO_x films (40–240 °C) with tunable stoichiometry.

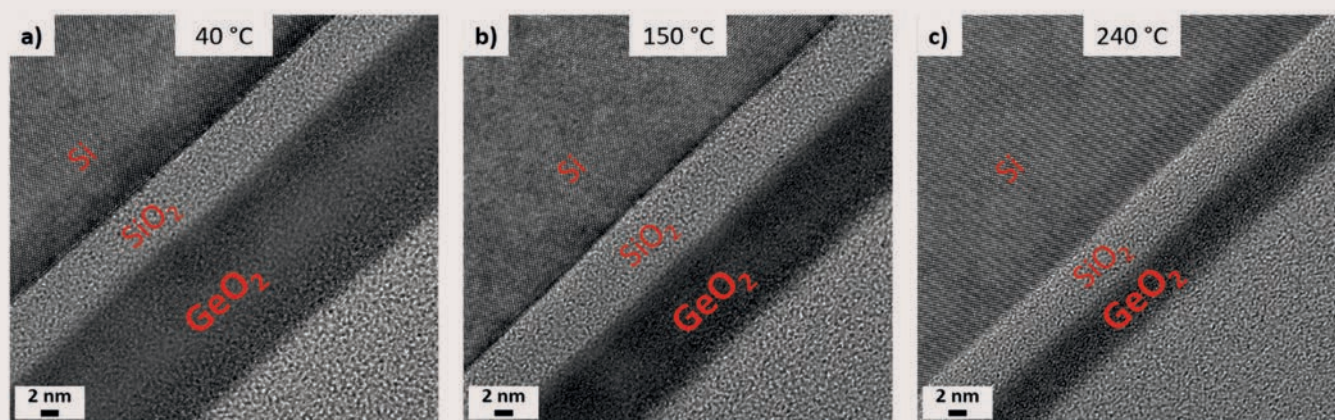


FIGURE 2

HRTEM images of GeO_2 thin films deposited with 500 cycles and 50ms plasma durations at 40 °C, 150 °C and 240 °C

The key innovation is the ability to control film composition by tuning plasma exposure time and deposition temperature. This tunability is critical for applications requiring precise tailoring of the film's optical and electronic properties. For example, the refractive index of the films could be adjusted between 1.62 and 1.98 by varying the oxygen content, which is required for anti-reflective coatings or waveguides in optoelectronics. The films were also amorphous, smooth ($< 0.3 \text{ nm}$), and free of impurities, with a well-defined interface to the substrate, a necessity for high-performance electronic devices.

One of the most exciting prospects of this work is the potential to fabricate 2D GeO_2 bilayers using PEALD as proved in the figure 2. Analogous to bilayer silica (SiO_2), which has been demonstrated as a freestanding membrane for gas separation, a 2D GeO_2 bilayer could offer unique selectivity for gas molecules due to its inherent porosity. Although the stability of such bilayers remains a challenge, the rapid nucleation and uniform growth observed in this study provide a strong foundation for future exploration in this direction.

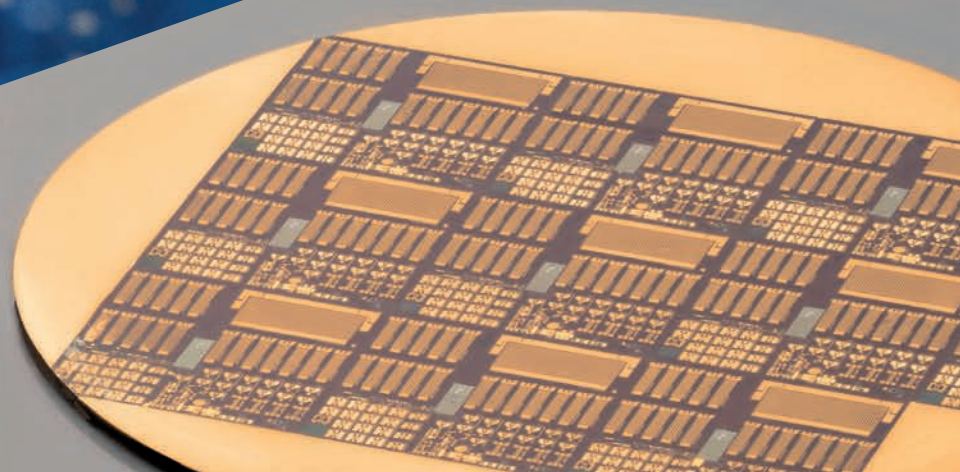
Perspectives

Advancements in low-temperature ALD of MgO and PEALD of GeO_x underscore the critical role of precursor chemistry in ALD process development. The DMP ligand, in particular, has emerged as a versatile and powerful tool for designing precursors that are non-pyrophoric, thermally stable, and highly reactive, yet capable of operating at low temperatures. This not only expands the library of available ALD precursors but also enables the deposition of high-quality thin films on temperature-sensitive substrates, opening new avenues for flexible electronics, biomedical coatings, and advanced optoelectronic devices.

Looking ahead, plans to further explore the applications of these materials, including testing MgO coatings for biomedical implants, evaluating the secondary electron emission coefficient of MgO films for optoelectronic devices, and investigating the electrical properties of GeO_x for high-power electronics, are underway. Additionally, the scalability of these processes for industrial applications will be a key focus, as will the development of new DMP-based precursors for other materials. ●

★ Ref. 1 MgO : J. Am. Chem. Soc., 2025, <https://doi.org/10.1021/jacs.5c08514>

★ Ref. 2 GeO_x : Small, 2026; 22:e11982 <https://doi.org/10.1002/smll.202511982>



Neue Halbleitermaterialien für energieeffiziente KI- und Kommunikationssysteme

• V. KROZER, Goethe Universität Frankfurt • O. HILT • H. YACOB • P. IMMERZ
• A. WENTZEL • P. SCHEELE, Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin

Der zunehmende Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) lässt den Energiebedarf von Rechenzentren stark steigen. Große Rechenzentren werden inzwischen über Mittelspannungsanschlüsse im 10-MW-Bereich versorgt. Auch die Anschlussleistungen einzelner Server racks liegen bereits zwischen 10 und 100 kW. Gleichzeitig müssen Rechenzentren immer größere Datenmengen mit hohen Geschwindigkeiten verarbeiten und übertragen.

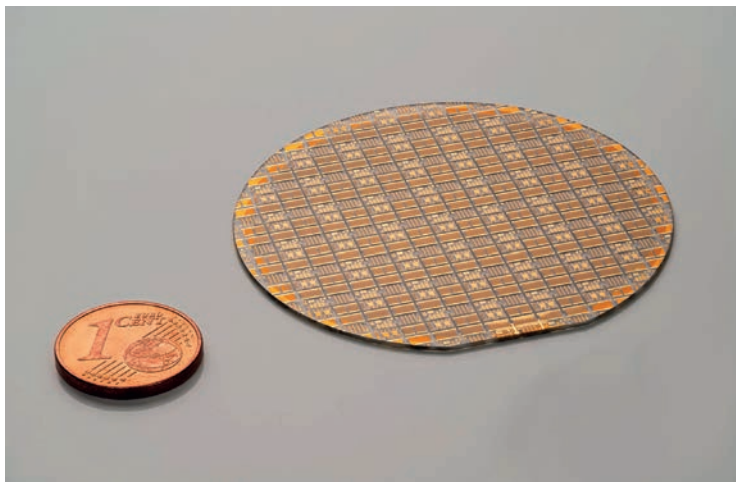
Um diese Anforderungen zu erfüllen, entwickelt das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) zentrale Halbleitertechnologien für energieeffiziente Leistungselektronik und Hochfrequenzkommunikation für hohe Datenraten. Dabei kombiniert das Institut unterschiedliche Materialplattformen und Integrationskonzepte, um die Leistungsfähigkeit zukünftiger KI-Infrastrukturen deutlich zu steigern bei gleichzeitiger Minimierung des Leistungsverbrauchs.

Neue Materialsysteme für die effiziente Spannungsversorgung

Für die Spannungsversorgung moderner Rechenzentren müssen Leistungswandler höchste Effizienz und Leistungsdichte erreichen. Moderne Server racks werden bereits mit Spannungen von bis zu 800 V versorgt, um Leitungsverluste zu reduzieren und den Einsatz teurer Kupferleitungen zu minimieren. Gleichzeitig müssen die Versorgungsspannungen für Hauptprozessoren (CPUs) und Speicherchips effizient und verlustarm auf etwa 1 V heruntergeregelt werden. Hohe Datenraten und die enge Integration der Komponenten begrenzen dabei den verfügbaren Bauraum und erschweren zusätzlich die Wärmeabfuhr.

Derzeit eignen sich dafür vor allem schnell schaltende Galliumnitrid-(GaN)-Transistoren – allerdings nur bis etwa 600 V. Für höhere Spannungsklassen rücken daher neue Ultrawide-Bandgap-Halbleitermaterialien wie Galliumoxid (Ga_2O_3) und Aluminiumnitrid (AlN) in den Fokus. Dank ihrer großen Bandlücken besitzen diese Materialien eine deutlich höhere Spannungsfestigkeit als GaN und ermöglichen verlustärmeres Schalten hoher Spannungen.

Vertikale Ga_2O_3 - und AlN-Transistoren mit hoher Stromtragfähigkeit eignen sich insbesondere für die Verteilung der Mittelspannungsversorgung von Rechenzentren. AlN-basierte laterale Transistorarchitekturen sollen dagegen schnell schaltende und besonders kompakte Konverter innerhalb der Server racks ermöglichen.



VORHERIGE SEITE Prozessierter 1-Zoll-AlN-Wafer mit lateralen 1200-V-Leistungstransistoren
LINKS Prozessierter 2-Zoll-Ga₂O₃-Wafer mit lateralen 400-V-Leistungstransistoren
UNTEN Prozessierter 4-Zoll-Wafer aus dem InP-HBT-MMIC-Prozess des FBH

Laterale Ga₂O₃-Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs) mit einem Einschaltwiderstand von 720 mΩ liefern mit 13 A den bislang weltweit höchsten Pulsstrom für Ga₂O₃-Transistoren. Messungen zeigten zudem Schalttransienten von 4 A bei 300 V. Darüber hinaus fertigt das FBH AlN-Transistoren auf 1-Zoll-AlN-Substraten. Die Bauelemente erreichen Durchbruchspannungen von bis zu 2200 V; gemessen wurden Schalttransienten von 1 A bei 760 V.

InP-Technologie für Hochfrequenzkommunikation oberhalb von 100 GHz

Am anderen Ende des Frequenzspektrums, benötigen KI-Rechenzentren effiziente Hochfrequenzschnittstellen, um große Datenmengen verlustarm über weite Distanzen zu übertragen. Kommunikationssysteme müssen dafür hohe Ausgangsleistungen und eine hohe Energieeffizienz bei Frequenzen deutlich oberhalb von 100 GHz erreichen.

Technologien auf Basis von III/V-Halbleitern gelten dafür als besonders vielversprechend. Als führende Technologie haben sich insbesondere Heteroübergangs-Bipolartransistoren (HBTs) auf Basis von Indiumphosphid (InP) Halbleitermaterial etabliert. Forschende demonstrierten bereits maximale Leistungsverstärkungsfrequenzen (f_{max}) von bis zu 1 THz. Zudem arbeiten InP-basierte Leistungsverstärker erfolgreich bei Frequenzen oberhalb von 100 GHz.

Höchste Datenraten durch Heterointegration

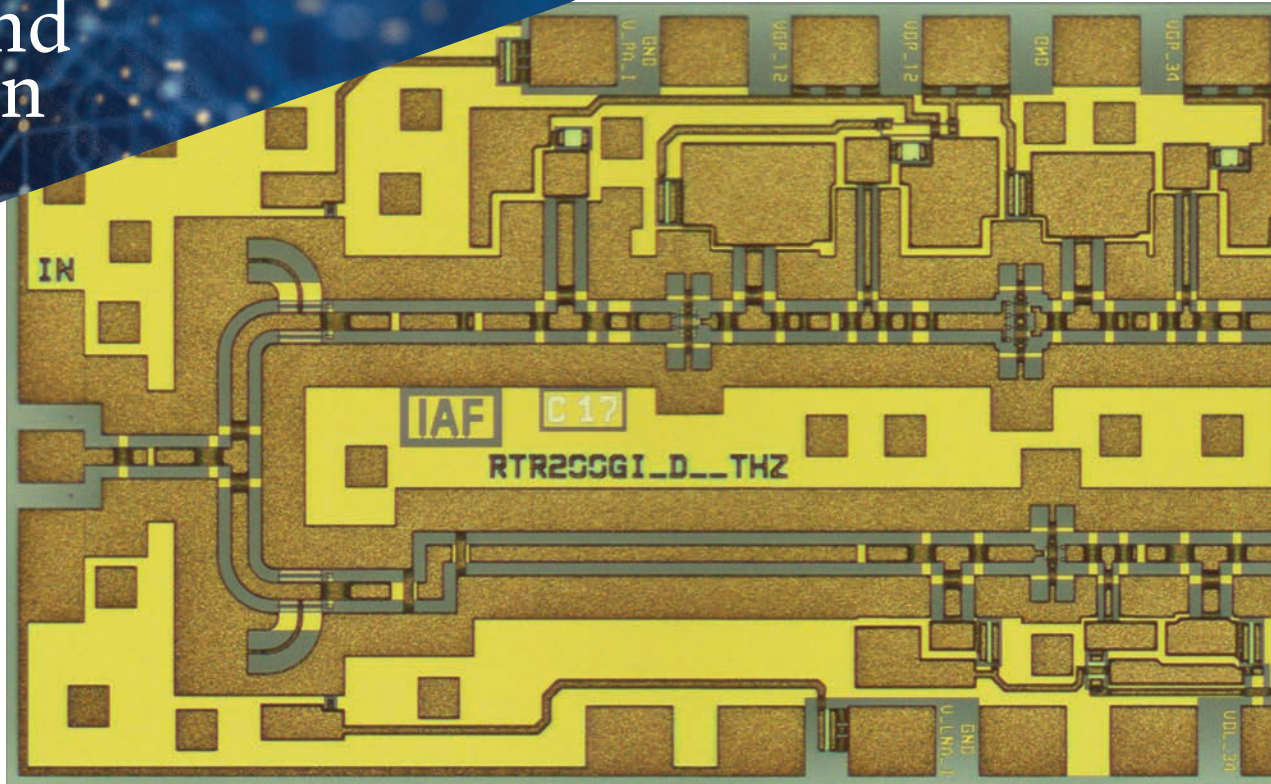
Für die Energieversorgung und die Hochfrequenzkommunikation eignen sich unterschiedliche Halbleitertechnologien. Um ihre jeweiligen Vorteile in einem System zu kombinieren, setzt das FBH auf Heterointegration. Damit lässt sich die Leistungsfähigkeit elektronischer und photonischer Systeme deutlich steigern. Ein typisches Beispiel ist die Kombination von Complementary-Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS)-Technologien mit III-V-Halbleitern wie GaN oder InP. Ziel ist es, die höheren Ausgangsleistungen von III/V-Bauelementen mit der Systemkomplexität und dem Reifegrad von CMOS zu vereinen.

Mithilfe von InP-Technologie und Heterointegration ist es am FBH gelungen, photonisch-elektronisch

heterointegrierte Sender- und Empfängermodule für höchste Datenraten zu demonstrieren. Ihre Leistungsfähigkeit übertrifft heutige siliziumbasierte Lösungen deutlich. Die Technologien bilden zudem die Grundlage für neuartige monolithisch mikrowellenintegrierte Schaltungen (MMICs) zur Pulsenergiegenerierung mit herausragenden Eigenschaften.

Diese Entwicklungen basieren auf modernen Entwurfsmethoden für Multi-Technologie-Ansätze auf Basis sogenannter Multi-Technology-PDKs. Sie ermöglichen die Kombination unterschiedlicher Halbleitertechnologien in einem System und erschließen neue Anwendungen, die mit klassischen Siliziumtechnologien bislang nicht realisierbar sind. Ein Beispiel dafür sind Multi-Pixel-Kameras für Frequenzen oberhalb von 1000 GHz. III/V-Halbleitertechnologien auf Basis von InP und GaN ebnen damit den Weg von der Grundlagenforschung hin zu industriellen Anwendungen. Damit schaffen neue III/V-Halbleitertechnologien und Heterointegrationskonzepte die Grundlage für zukünftige KI- und Kommunikationssysteme mit deutlich höherer Leistungsfähigkeit und Energieeffizienz. ●

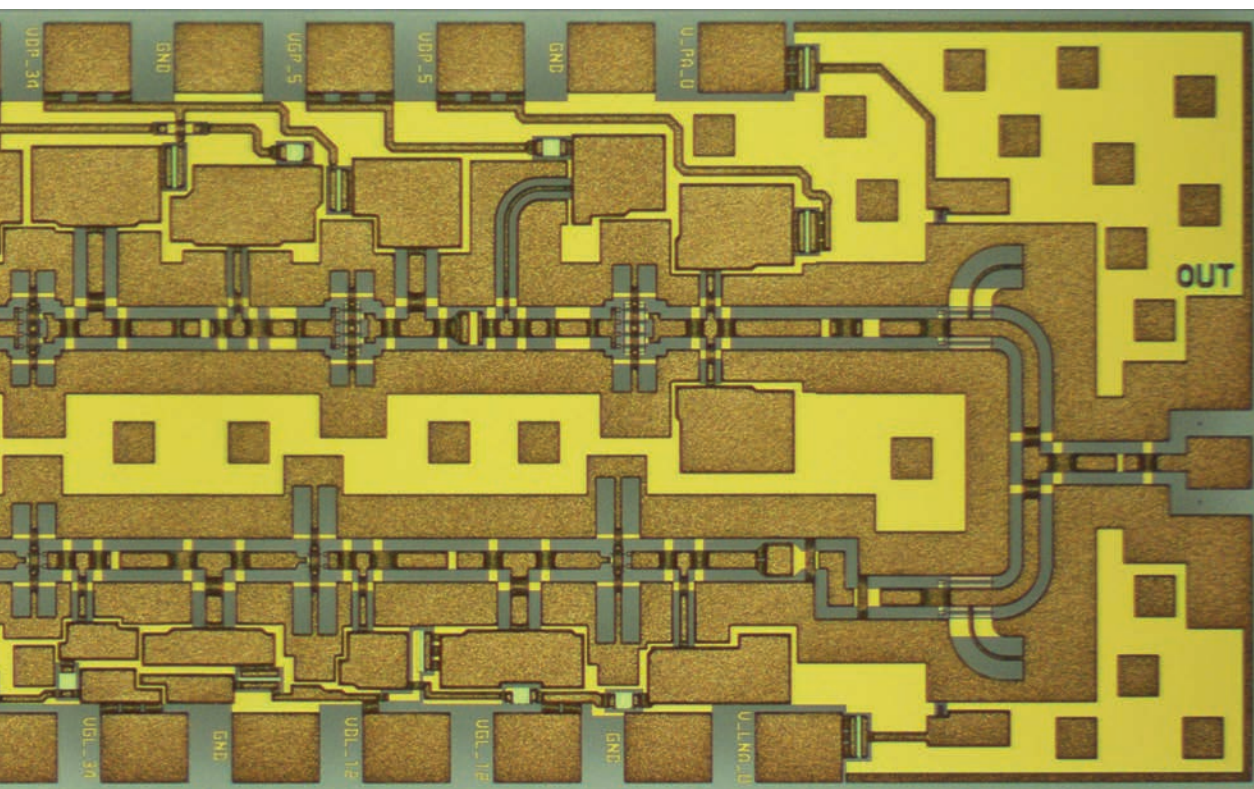




Europas Pilotlinie für Galliumnitrid-ICs

• P. NEININGER (Autor) • P. BRÜCKNER • T. ZIECIAK • S. CHARTIER
• R. QUAY • P. MERKERT, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF, Freiburg

Galliumnitrid (GaN) hat sich zur Schlüsseltechnologie für Hochfrequenz-Front-Ends der nächsten Generation entwickelt. Überall dort, wo hohe Ausgangsleistung, Effizienz, Robustheit und eine kompakte Bauform gleichzeitig gefordert sind, setzt GaN den Stand der Technik. Dies zeigt sich besonders deutlich im E-Band und D-Band, wo konventionelle Technologien auf Systemebene Schwierigkeiten haben, ihre Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten. In diesem Umfeld hat Fraunhofer IAF eine einzigartige GaN-Plattform aufgebaut, bei der die 70-nm-GaN-HEMT-Technologie (GaN07) hochleistungsfähige millimeterwellige integrierte Schaltungen ermöglicht. Durch die Kombination aus hervorragender Transistorperformance und effizienten, linearen sowie hochintegrierten Schaltungen ebnet diese Technologie den Weg für eine neue Generation von ICs für terrestrische und raumfahrtrelevante Anwendungen.



Sende-/Empfangs-MMIC mit einer Chipgröße von 3 x 1 mm²

Einleitung

Der Wettlauf hin zu höheren Datenraten, größeren Bandbreiten, kompakteren Nutzlasten und leistungsfähigeren Front-Ends beschleunigt sich zunehmend. Das E-Band (60 – 90 GHz) und das D-Band (110 – 170 GHz) sind längst keine Nischenforschungsgebiete mehr; sie entwickeln sich zu strategisch wichtigen Frequenzbereichen für künftige Kommunikations-, Sensor- und Radarsysteme. Gleichzeitig werden beim Übergang in diese Bänder die Grenzen vieler etablierter Halbleitertechnologien wie CMOS sehr deutlich sichtbar. Mit steigender Frequenz nehmen die Ausbreitungsverluste zu, thermische Randbedingungen werden schwieriger zu beherrschen, und die Effizienz des Front-Ends wird zum systemrelevanten Engpass.

Genau hier verändert Galliumnitrid (GaN) die Ausgangslage grundlegend. Dank seiner intrinsisch hohen Durchbruchspannung und damit seiner überlegenen Leistungsdichte, Effizienz und Linearität sowie seiner hervorragenden Robustheit bietet GaN eine überzeugende Antwort auf die Anforderungen der nächsten Generation millimeterwelliger Elektronik.

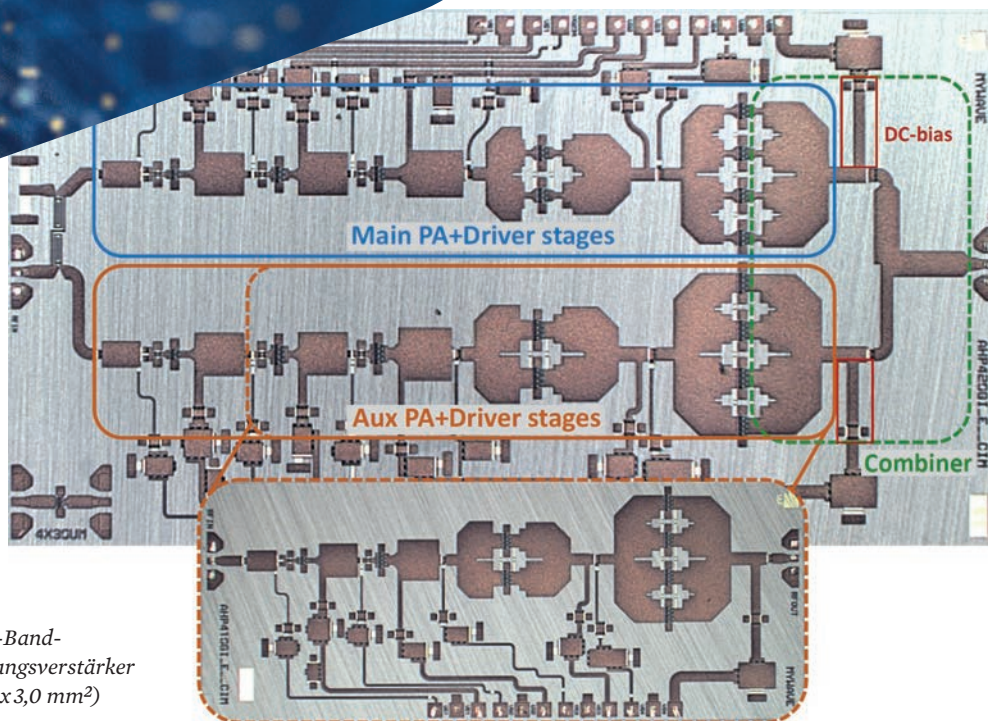
Das Freiburger Fraunhofer-Institut IAF nutzt dieses fortschrittliche Material zur Entwicklung eines Halbleiterprozesses der nächsten Generation, GaN07. Mit dieser Technologie entsteht eine Pilotlinie für die deutsche und europäische Industrie sowie Wissenschaft, um fortschrittliche Schaltungen für den Betrieb zwischen 1 und 200 GHz zu realisieren, zu testen und in die industrielle Wertschöpfung zu übertragen. Dazu zählen rauscharme Verstärker für empfindliche Empfänger, effiziente Leistungs-

verstärker für eine überlegene Sendeleistung sowie kompakte multifunktionale ICs. In Anwendungen, in denen bei der Leistungsfähigkeit keine Kompromisse möglich sind, ist GaN zur Technologie der Wahl geworden.

Anwendungen im E-Band und D-Band, einschließlich Raumfahrt

Im E-Band werden die Herausforderungen unmittelbar deutlich. Hochbitratige Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, 5G/6G-Backhaul, Fixed Wireless Access, kompakte Phased Arrays sowie Satelliten und Endgeräte mit hohem Datendurchsatz erfordern breitbandige Front-Ends, die Leistung, Effizienz und Zuverlässigkeit auf kleinem Raum vereinen. In diesen Systemen reduziert jedes zusätzliche dB Ausgangsleistung die Komplexität des Arrays, und jeder Effizienzgewinn ist aus thermischer Sicht relevant und vereinfacht die Systemauslegung. GaN ist in besonderem Maße geeignet, diese Anforderungen zu erfüllen. Es ermöglicht Sendeketten mit hoher Leistungsdichte, Empfangsketten mit wettbewerbsfähigem Rauschverhalten sowie Front-End-Architekturen, die auch unter anspruchsvollen Betriebsbedingungen stabil bleiben. Für raumfahrtrelevante Systeme sind diese Vorteile noch wertvoller, da Leistungsbudget, Wärmemanagement, Zuverlässigkeit und kompakte Nutzlasten dort stets entscheidende Randbedingungen darstellen.

Im D-Band eröffnet die enorme verfügbare Bandbreite den Weg zu drahtlosen Verbindungen mit extrem hoher Kapazität, hochauflösender Sensorik, Bildgebung und zukünftigen 6G-Systemen. Auch Raumfahrtanwendungen können von stark gerichteten Verbindungen, reduzierter Antennengröße und neuen Nutzlastkonzepten mit bislang unerreichter



Fünfstufiger E-Band-Doherty-Leistungsverstärker (Chipgröße 5,5 x 3,0 mm²)

Kompaktheit profitieren. Zugleich ist das D-Band technologisch äußerst anspruchsvoll: Transistoren haben nur noch geringe Verstärkung, die Verluste passiver Bauelemente dominieren zunehmend, und die Integration (z.B. das Drahtbonden) erfordert hohe extrem Präzision und Wiederholbarkeit. Technologien, die bei niedrigeren Frequenzen attraktiv erscheinen, erweisen sich im D-Band oft als fragil oder unzureichend. Auch hier nimmt GaN eine Sonderstellung ein, da es Ausgangsleistung, Linearität und Effizienz in einer Weise kombiniert, die auf Systemebene weiterhin hochattraktiv bleibt. Hochskalierte GaN-HEMTs sind in diesem Zusammenhang besonders leistungsfähig, da sie die hohe Durchbruchspannung von GaN mit einer kurzen Gatelänge kombinieren, die höchste Grenzfrequenzen bis über 100 GHz ermöglichen.

70-nm-GaN-HEMT-Technologie von IAF

Im Zentrum der jüngsten Fortschritte von Fraunhofer IAF steht die 70-nm-GaN-on-SiC-HEMT-Technologie. Diese Technologie wurde mit einer klaren Zielsetzung entwickelt: GaN in einer neuen Generation hochintegrierter, hocheffizienter und hochfrequenter Front-Ends zu implementieren. Die veröffentlichten Transistordaten zeigen die strategische Bedeutung dieses Prozesses. Die Technologie erreicht eine maximale Transkonduktanz von etwa 500 mS/mm, Grenzfrequenzen von über 120 GHz und eine maximale Oszillationsfrequenz von mehr als 350 GHz [1]. Im Großsignalbetrieb zeigt sie Ausgangsleistungsdichten von über 2 W/mm und bewahrt dabei zugleich eine ausgezeichnete Back-Off-Effizienz sowie starke Linearitätseigenschaften, die für anspruchsvolle Kommunikationsszenarien wie SatCom relevant sind.

Diese Ergebnisse zeigen klar, dass dieser Prozess die tatsächlichen Engpässe zukünftiger Front-Ends adressieren kann: Effizienz unter realistischen Modulationsbedingungen, starkes Großsignalverhalten und ausreichende Geschwindigkeitsreserven für den Betrieb tief im Millimeterwellenbereich. Ebenso wichtig ist, dass die Technologie durch ein Backend und eine Prozessintegration unterstützt wird, die klar auf eine kompakte MMIC-Implementierung optimiert sind. Die Front-End-Ergebnisse im D-Band heben einen niedrigen epitaktischen Schichtwiderstand, eine optimierte Abscheidung des MIM-Nitrids, reduzierte Kontaktwiderstände und abgedünnte SiC-Substrate als wesentliche Enabler hervor. Das Ergebnis ist eine Technologie, die nicht auf Transistorebene stehen bleibt, sondern zu praxistauglichen Schaltungsimplementierungen führt.

MMIC-Beispiele im E- und D-Band

Die MMIC-Ergebnisse von Fraunhofer IAF im E- und D-Band verdeutlichen den Wert dieses Prozesses für modernste Anwendungen.

Im E-Band ist ein besonders überzeugender Demonstrator der GaN-Sende-/Empfangs-Front-End-MMIC, der einen rauscharmer Verstärker (LNA), einen Leistungsverstärker (PA) und einen HF-Schalter auf einem einzigen Chip integriert. Im Bereich von 75 – 86 GHz erreicht der Empfangspfad eine mittlere Rauschzahl von etwa 4,5 dB, während der Sendepfad über ungefähr 71 – 86 GHz mehr als 27 dBm Ausgangsleistung bei 7 – 10 % PAE liefert [2]. Das Ergebnis verdeutlicht, dass GaN nicht auf Leistungsverstärkung beschränkt ist, sondern multifunktionale Front-End-Integration mit sowohl starker Sendeleistung als auch wettbewerbsfähiger

Empfangsperformance vollständig unterstützt. Auf Systemebene bedeutet das weniger Kompromisse, weniger externe Funktionen und eine robustere Architektur.

Aufbauend auf der vorherigen Technologiegeneration von Fraunhofer IAF hatte der 100-nm-GaN-HEMT bereits gezeigt, dass GaN nicht nur hohe Leistung, sondern einen hohen Wirkungsgrad liefern kann, wo dieser am wichtigsten ist. Dies wird durch den fünfstufigen E-Band-Doherty-Leistungsverstärker veranschaulicht, der bei 69 GHz eine gesättigte Ausgangsleistung von 35,7 dBm erreicht und dabei eine Spitzen-PAE von 22,5 % sowie 16,8 % PAE bei 6 dB Output Back-Off aufweist [6] (siehe Seite 16). Ein solches Ergebnis ist besonders bedeutsam für moderne Hochdatenraten-Verbindungen, bei denen nur selten mit maximaler Leistung gearbeitet wird und die Effizienz im Back-Off-Betrieb zu einem zentralen Treiber für Wärmemanagement und Systemeffizienz wird. Es bestätigt daher, dass GaN nicht lediglich eine Hochleistungstechnologie ist, sondern eine hochrelevante Lösung für lineare, effiziente und anwendungsnahe E-Band-Sender in terrestrischen wie auch raumfahrtrelevanten Systemen.

Auch im D-Band sind Ergebnisse auf Schaltungsebene verfügbar: Fraunhofer IAF hat mit dem Prozess weltweit erstmals einen D-Band GaN-Sende-/Empfangs-Front-End-MMIC mit einer Chipfläche von nur 3 mm² demonstriert (siehe Seite 15). Messungen zeigten eine 3-dB-Bandbreite von 131 bis 144 GHz, eine Spitzenleistung Psat von 20 dBm, einer OP1dB von 16,5 dBm, einen maximalen Wirkungsgrad von 7,3 % und eine minimale Rauschzahl von 7 dB [4]. Über diese Rohdaten hinaus zeigt dieses Ergebnis erneut, dass der 70-nm-GaN-HEMT von IAF kompakte, integrierte und robuste Front-End-MMICs im D-Band vollständig unterstützen kann. Das ist ein wesentlicher Schritt hin zu praxistauglichen Phased Arrays, Modulen im oberen Millimeterwellenbereich und hochintegrierten Send-/Empfangsarchitekturen.

Die Demonstratoren der Leistungsverstärker unterstreichen diese Position zusätzlich. Im Bereich der Leistungsverstärker für das obere D-Band präsentiert Fraunhofer IAF mehrere fortschrittliche MMICs, darunter leistungskombinierte Varianten mit bis zu 22,2 dBm bei 145 GHz und 23,1 dBm bei 140–145 GHz [3]. Diese Ergebnisse sind in einem Spektralbereich hochwettbewerbsfähig, in dem jeder passive Verlust ins Gewicht fällt und Transistorverstärkung von entscheidender Bedeutung ist.

Ein besonders weiterer Nachweis wird durch den neueren GaN-Leistungsverstärker für das D-Band erbracht. Dieser sechsstufige MMIC, mit Vierfach-Leistungskombination liefert mehr als 25,2 dBm im Bereich von 125 bis 151 GHz, erreicht weltweit erstmals für GaN eine Spitzenleistung Psat von 28 dBm und erzielt eine Leistungsdichte von über 0,2 W/mm² [5].

Fazit

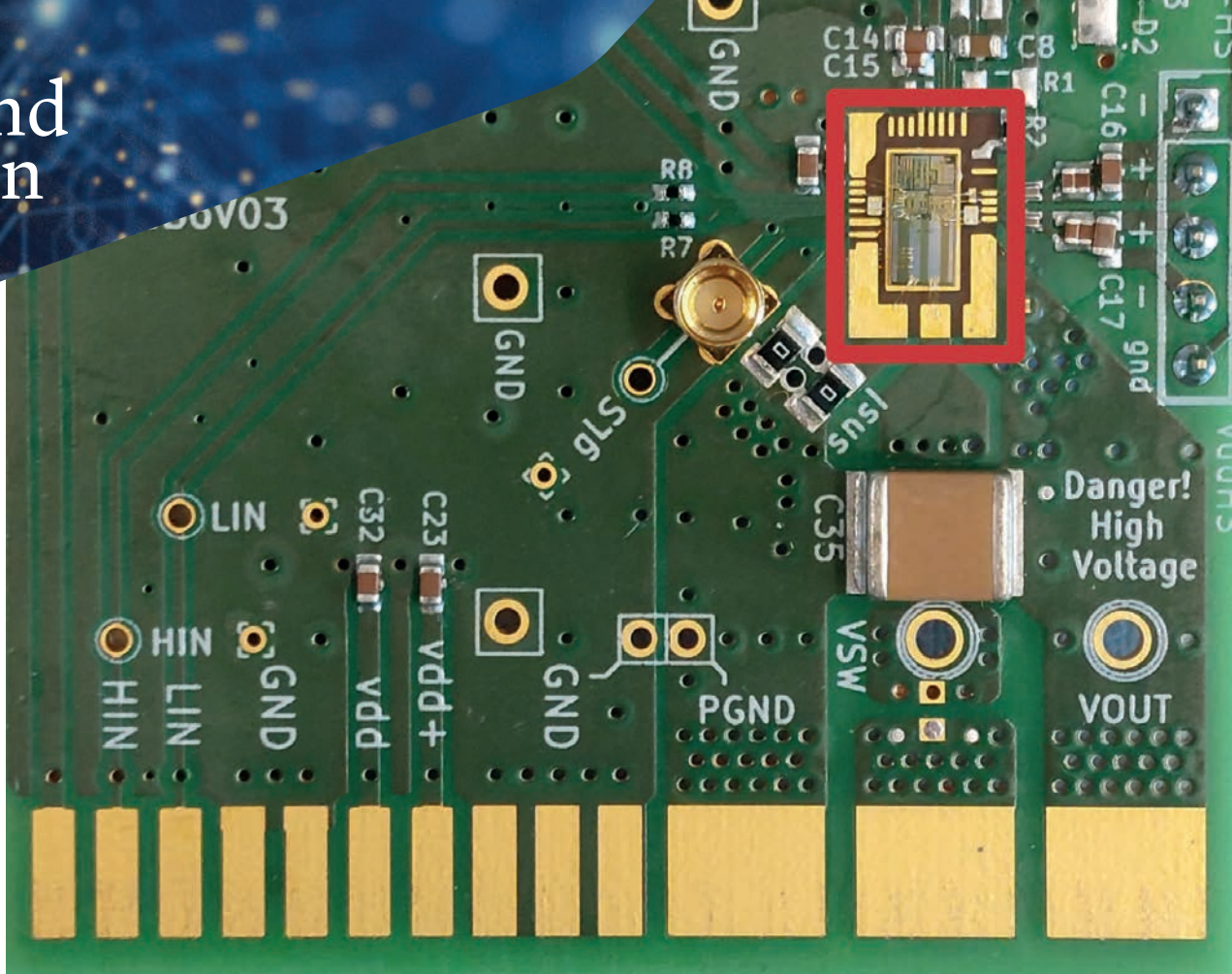
Fraunhofer IAF hat eine GaN-HEMT-Technologie entwickelt, die einen der anspruchsvollsten Front-End-Bereiche der modernen Elektronik adressiert: hochleistungsfähigen, hocheffizienten und hochintegrierten Betrieb im E-Band und D-Band. Im E-Band zeigen die demonstrierten Front-End-

MMICs und Doherty-Verstärker, dass GaN Sendeleistung, Empfangsperformance und Effizienz in Architekturen vereinen kann, die unmittelbar für zukünftige Kommunikations- und Raumfahrtssysteme relevant sind. Im D-Band schafft die 70-nm-GaN-HEMT-Technologie die Grundlage für eine neue Klasse kompakter Send-/Empfangs-MMICs und Leistungsverstärker auf Rekordniveau und belegt damit, dass GaN auch dann eine herausragende Technologie bleibt, wenn die Frequenzen in den oberen Millimeterwellenbereich vordringen.

In diesem Sinne ist der 70-nm-GaN-Prozess von Fraunhofer IAF weit mehr als nur eine inkrementelle neue Prozessgeneration. Er ist eine strategische und disruptive Technologie für zukünftige HF-Front-Ends. Seine Kombination aus Leistungsdichte, Effizienz, Linearität, Robustheit und Integrationsfähigkeit macht ihn zu einer der derzeit attraktivsten Lösungen für LNAs, PAs und multifunktionale MMICs im E- und D-Band. Für terrestrische Systeme der nächsten Generation, raumfahrtrelevante Anwendungen sowie für Sensorik und Radar entwickelt sich diese Technologie zu einem entscheidenden Enabler hochperformanter Front-End-Lösungen. Mit seiner 70-nm-GaN-HEMT-Technologie GaN07 schafft deswegen Fraunhofer IAF die Brücke von technologischer Exzellenz zu strategischer Verfügbarkeit für Europas Pilotlinie. ●

Referenzen

- [1] P. Döring, P. Brückner, S. Krause, T. Maier, and R. Quay, »High efficiency and high linearity 70 nm GaN technology for future SatCom applications«, in Proceedings of the 20th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC), Utrecht, The Netherlands, Sep. 2025, pp. 222–225.
- [2] E. Ture, F. Thome, D. Schwantuschke, M. Mikulla, and R. Quay, »E-Band Ultra-Low-Noise (4.5 dB) and High-Power (27 dBm) GaN T/R Front-End MMIC«, in Proceedings of the 52nd European Microwave Conference (EuMC), Milan, Italy, Sep. 2022, pp. 756–759.
- [3] P. Neining, T. Zieciak, P. Brückner, M. Mikulla, and R. Quay, »GaN Power Amplifier MMICs for Upper D-Band Communications«, in 2025 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), 2025.
- [4] T. Zieciak, P. Neining, C. Friesicke, P. Brückner, and R. Quay, »A D-Band Front-End T/R MMIC in a 70-nm GaN HEMT Technology«, in 2025 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2025), 2025, pp. 585–587.
- [5] T. Zieciak, P. Neining, C. Friesicke, P. Brückner, and R. Quay, »A D-Band GaN Power Amplifier With 28-dBm Psat, a Power Density of 0.2 W/mm², and Loss-Optimized Matching Networks«, IEEE Microwave and Wireless Technology Letters, early access, 2026.
- [6] B. Cimbili, M. Bao, M. S. Mugisho, C. Friesicke, S. Wagner, and R. Quay, »A High-efficiency E-band GaN Doherty Power Amplifier with 35.7 dBm Output Power and 22.8%/16.8% Peak/6-dB Back-off Efficiency«, in 2025 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2025), 2025, pp. 725–727.

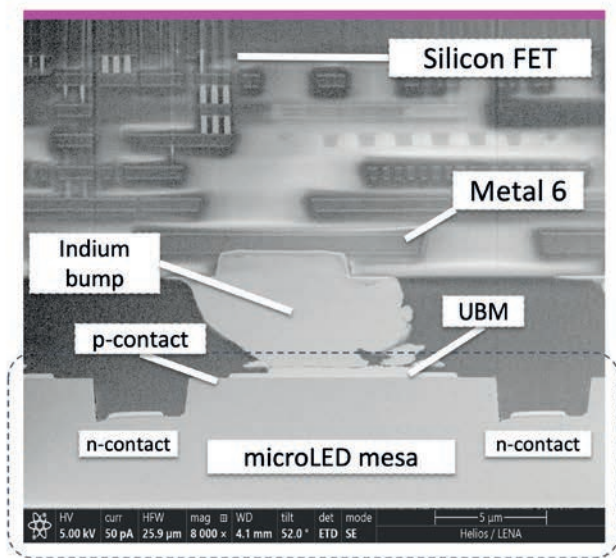


GaN und Silizium

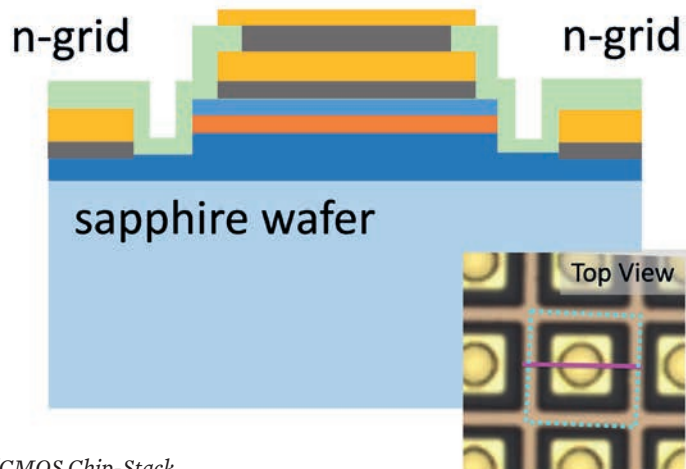
Heterogene Integration für die nächste Generation der Mikroelektronik

- **A. WAAG**, Institut für Halbleitertechnik (IHT), TU Braunschweig
- **V. ISSAKOV**, Institut für CMOS Design (CMOS), TU Braunschweig
- **B. WICHT**, Institut für Mikroelektronische Systeme, Leibniz Universität Hannover

Die heterogene Integration verschiedener Halbleitermaterialien ist ein zentraler Trend der modernen Mikroelektronik. Während die Silizium-CMOS-Technologie als universelle Plattform für hochintegrierte digitale und analoge Schaltungen bis hin zu System-on-Chip (SoC) unverzichtbar bleibt, eröffnet Galliumnitrid (GaN) mit seinen einzigartigen photonischen und elektronischen Eigenschaften völlig neue Funktionalitäten. Der Schlüssel zur Kombination beider Welten liegt in fortschrittlichen Integrationstechnologien – insbesondere Through-Silicon-Vias (TSV). Dieser Beitrag beleuchtet, wie die Verbindung von GaN-Photonik und CMOS-Elektronik über TSV-basierte 3D-Integration neue Systemarchitekturen ermöglicht – von MicroLED-Displays über Leistungselektronik (Power Management) zu optisch-neuromorphen Prozessoren.



MicroLED Mesa with Under Bump Metallisation UBM



OBE GaN MicroLED-Einzelpixel, links: Querschnitt durch den GaN/CMOS Chip-Stack, rechts: Aufbau eines GaN mikroLED Pixels

VORHERIGE SEITE GaN-IC für ein miniaturisiertes 230V-Netzteil

Zwei Welten, ein System: GaN und Silizium

Die Silizium-CMOS-Technologie ist das Rückgrat der modernen Informationstechnik. Über Jahrzehnte hinweg hat sie eine beispiellose Skalierung in Richtung immer kleinerer Strukturbreiten erfahren und bildet heute die Grundlage für praktisch jede integrierte Schaltung – von Mikroprozessoren über Speicher bis hin zu hochintegrierten System-on-Chips für Smartphone- oder Radaranwendungen. CMOS-ASICs ermöglichen maßgeschneiderte Signalverarbeitung, Ansteuerung und Datenakquise mit unerreichter Integrationsdichte und Energieeffizienz.

Galliumnitrid (GaN) hingegen hat sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten von einem Nischenmaterial zu einer Schlüsseltechnologie für photonische und leistungselektronische Bauelemente entwickelt. Die direkte Bandlücke der III-Nitride, die den Wellenlängenbereich vom tiefen UV bis ins sichtbare Spektrum abdeckt, ermöglicht hocheffiziente Lichtemitter – von LEDs über MicroLEDs bis hin zu Laserdioden. Gleichzeitig erlauben die hohe Durchbruchfeldstärke und Elektronenbeweglichkeit von GaN die Realisierung leistungsfähiger Hochfrequenz- und Leistungstransistoren.

Die Leistungsfähigkeit beider Plattformen ist komplementär: Silizium liefert die digitale Intelligenz und Konfigurierbarkeit, GaN die photonische und leistungselektronische Funktionalität. Beide Materialien zusammenzubringen ist also nicht nur wünschenswert, sondern für viele Anwendungen der nächsten Generation schlicht notwendig. Das verbindende Element ist die heterogene 3D-Integration – und hier spielen Through-Silicon-Vias eine Schlüsselrolle.

Through-Silicon-Vias: Brücke zwischen den Materialwelten

Through-Silicon-Vias (TSV) sind vertikale elektrische Durchkontaktierungen durch ein Silizium-Substrat, die eine dreidimensionale Stapelung und Verbindung heterogener Chiplets ermöglichen. Im Gegensatz zu konventionellen Drahtbondverbindungen

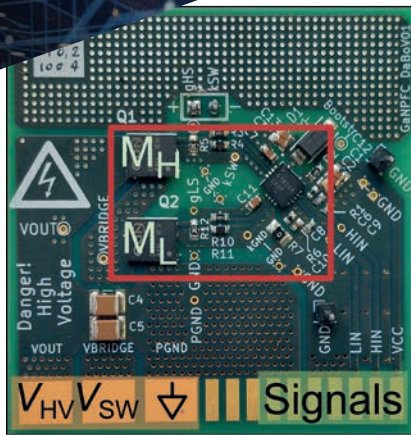
oder Flip-Chip-Bumps ermöglichen TSVs sehr kurze Signalwege, hohe Verbindungsdichten und eine effiziente Wärmeabfuhr – Eigenschaften, die für die Integration von GaN-Chips in CMOS-Elektronik entscheidend sind.

Die TSV-Technologie hat ihren Ursprung in der Silizium-Welt: High-Bandwidth Memory (HBM) für KI-Beschleuniger nutzt gestapelte DRAM-Dies, die über Tausende von TSVs mit einem Logik-Die verbunden sind. CMOS-Bildsensoren verwenden TSVs, um die Photodioden-Schicht mit der Signalverarbeitungsschicht zu koppeln. Diese in der Silizium-Industrie etablierten Prozesse bilden die technologische Grundlage für die Erweiterung des Konzepts auf die heterogene Integration mit GaN.

Der am NTC und im Verbundprojekt BRIGHT verfolgte TSV-Last-Ansatz bietet dabei besondere Vorteile: Die TSVs werden erst nach der Fertigstellung der funktionalen Schichten eingebracht. Dies entkoppelt die Prozessierung der einzelnen Chiplets voneinander und erlaubt die Kombination von Materialien und Technologie-Nodes, die unter konventionellen Bedingungen inkompatibel wären – beispielsweise GaN-Epitaxie bei Temperaturen über 1000 °C mit CMOS-Schaltkreisen, deren Backend-Metallisierung typischerweise auf unter 450°C beschränkt ist.

Die technologischen Herausforderungen sind dabei erheblich: Das Aspektverhältnis der Vias, die gleichmäßige Metallisierung tiefer ins Substrat ragender Strukturen, die mechanische Integrität dünner Wafer sowie die Zuverlässigkeit der TSV-Isolation müssen beherrscht werden. Die thermische Fehlanpassung zwischen GaN und Silizium (Differenz der thermischen Ausdehnungskoeffizienten) stellt zusätzliche Anforderungen an die Verbindungstechnologie und das mechanische Design des Chipstapels.

Die Chiplet-Architektur, die durch TSVs ermöglicht wird, verspricht dabei höchste Flexibilität: Unterschiedliche funktionale Blöcke – GaN-MicroLED-Arrays, CMOS-Treiber-ASICs, Photodetektor-Arrays,



↑ to scale ↓



LINKS Leistungsstufe mit diskreten GaN-Transistoren im Vergleich zu einem GaN-IC für Totem-Pole-PFC-Netzteile RECHTS

analoge Signalverarbeitung – können unabhängig voneinander optimiert, gefertigt und anschließend in einem Chiplet-Verbund zusammengeführt werden. Dieses Prinzip des »Disaggregated Design« spiegelt einen allgemeinen Trend der Halbleiterindustrie wider und wird beispielsweise auch bei modernen CPU- und GPU-Architekturen eingesetzt.

Anwendungsfelder der GaN-CMOS-Integration

Die Verbindung von GaN mit CMOS-Elektronik durch TSV-basierte 3D-Integration eröffnet eine Reihe von Anwendungsfeldern, die weit über die klassische LED-Beleuchtung hinausgehen.

MicroLED-Displays/Chipbasierte Mikroskopie:

GaN-MicroLEDs gelten als vielversprechende Technologie für die nächste Display-Generation. Gegenüber OLEDs bieten sie eine um Größenordnungen höhere Leuchtdichte, keine organische Degradation und Pixeldichten von mehreren tausend PPI für Augmented-Reality-Anwendungen. Die Herausforderung liegt in der Skalierung in den einstelligen Mikrometerbereich bei gleichzeitig hoher Quanteneffizienz. Da sich hochvolumige AR/VR-Anwendungen allerdings langsamer durchsetzen als ursprünglich erwartet, haben sich im Umfeld der MicroLED-Entwicklung weitere, potenziell noch attraktivere Anwendungsfelder ergeben. GaN-basierte UV- und blaue MicroLEDs bieten eine kompakte Alternative zu konventionellen Quecksilberlampen und Lasern in der Fluoreszenz-Mikroskopie. Am IHT wurde ein linsenloses Fluoreszenzmikroskop entwickelt, bei dem ein MicroLED-Array die strukturierte Beleuchtung übernimmt und ein CMOS-Bildsensor das Signal detektiert. Rechnergestützte Bildrekonstruktion ersetzt die klassische Abbildungsoptik und ermöglicht extrem kompakte Geräte für Point-of-Care-Diagnostik und Wasserqualitätsüberwachung.

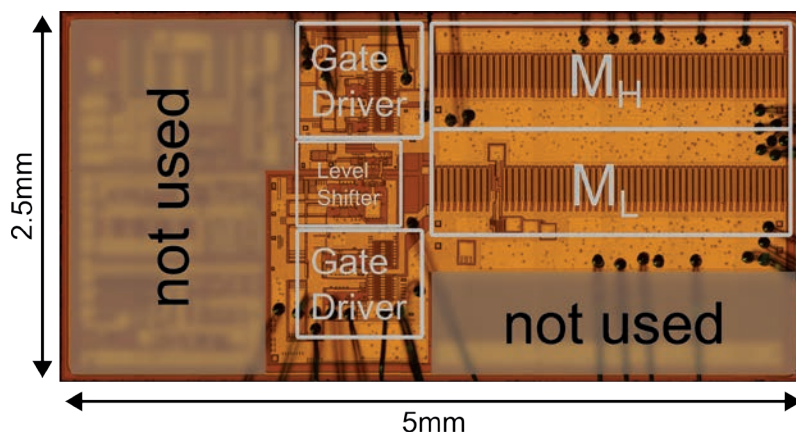
Monolithische GaN-Integration/Power Management-ICs:

Neben den photonischen Anwendungen kommt GaN als Leistungshalbleiter besonders in Netzgeräten, z.B. für Beleuchtung und in Ladegeräten zum Einsatz. Ein

limitierender Faktor herkömmlicher, diskreter Leistungselektronik sind parasitäre resistive, kapazitive und induktive Elemente. Auch hier ist die 3D-Integration von GaN-Transistoren mit Steuer-Schaltkreisen aus Silizium eine vielversprechende Strategie. Durch die Kombination verschiedener Technologien innerhalb eines Systems kann eine optimale Partitionierung erreicht werden. Noch einen Schritt weiter geht der monolithische Ansatz. Hierbei wird die Funktionalität vollständig in die GaN-Technologie integriert, so dass externe parasitäre Elemente nahezu vollständig vermieden werden können. Diese GaN-Integration ermöglicht es, hohe Energieeffizienz mit Kompaktheit und herausragenden thermischen Eigenschaften zu vereinen und das volle Potenzial von GaN als Leistungshalbleiter auszuschöpfen. Im Gegensatz zur Silizium-CMOS-Technologie stehen hierfür nur n-Typ-Transistoren zur Verfügung, was eine wesentliche Herausforderung beim Entwurf von GaN-ICs darstellt. In diesem Kontext wurden an der Leibniz Universität Hannover der weltweit erste vollintegrierte GaN-Spannungswandler mit integrierter Regelung sowie eine schnellschaltende 500V-Leistungsstufe in einem GaN-IC demonstriert. Als Teil des DFG-Schwerpunktprogramms GaNius arbeitet die Gruppe an der vollständigen Integration von Netzteilen im Chip-Maßstab.

Optisches neuromorphes Computing:

MicroLED-Arrays können als Zwischenschicht eines optischen neuronalen Netzwerks dienen, wobei synaptische Gewichte durch programmierbare optische Masken repräsentiert werden. Die Matrix-Vektor-Multiplikation – die rechenintensivste Operation in neuronalen Netzen – wird in einem einzigen optischen Propagationsschritt durchgeführt, nahezu ohne Energieverbrauch und latenzfrei. Für ein praxistaugliches System müssen MicroLED-Treiber, Masken-ansteuerung und Photodetektor-Auslese in einem kompakten CMOS-ASIC zusammengeführt werden – ein optisch-elektronischer Hybridprozessor für Edge-AI-Anwendungen.



GaN-IC mit integrierter 500V-Halbbrücke. Monolithisch integrierte Gate-Treiber und Highspeed-Level-Shifter ermöglichen eine Taktung bis 6,25 MHz

Allen Anwendungsfeldern ist gemein, dass die Integration von GaN-Chips mit Silizium-Backplanes über TSVs die fundamentale Voraussetzung für den Übergang vom Labormuster zum skalierbaren System darstellt.

Hochfrequenz- und Telekommunikationstechnik (HF):

Für Mobilfunkinfrastruktur (wie Massive MIMO und die kommende 6G-Generation) werden GaN-Leistungsverstärker direkt mit digitalen Steuerungschips in CMOS kombiniert. Dies senkt die Kosten pro HF-Gerät und erhöht den Durchsatz in den Sendemasten.

Das Verbundprojekt BRIGHT und die NTC-Infrastruktur

Im Verbundprojekt BRIGHT (Bringing Light to Microelectronics) arbeiten Forschungsgruppen aus dem GaN- und Silizium-Bereich gemeinsam an der heterogenen Integration photonischer GaN-Bauelemente mit Silizium-Technologie. Im Fokus steht die Entwicklung einer TSV-basierten Chiplet-Plattform, die die flexible Kombination unterschiedlicher Funktionsblöcke ermöglicht. BRIGHT wird vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur und der VolkswagenStiftung mit 15 M€ über fünf Jahre gefördert (2026 – 31).

Das Nitride Technology Center (NTC) an der TU Braunschweig bietet mit seiner etwa 1.800 m² großen Reinrauminfrastruktur im Verbund mit der Leibniz-Universität Hannover und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt PTB eine vollständige III-Nitrid-Prozesskette – von der MOVPE-Epitaxie über die Nanostrukturierung bis zur Chip-Charakterisierung. Das NTC profitiert dabei wesentlich von der Beteiligung international ausgewiesener

CMOS-Design-Gruppen: Am Institut für CMOS Design der TU Braunschweig werden analoge Hochfrequenzschaltungen entwickelt, am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS) der Leibniz Universität Hannover leistungselektronische und Mixed-Signal-/digitale Komponenten in Silizium und GaN. Diese enge Verzahnung von GaN-Technologie und CMOS-Expertise an einem Standort ist die Voraussetzung für die Realisierung der TSV-basierten Integrationstechnologie.

Ausblick:

Konvergenz von Photonik und Mikroelektronik

Die GaN-CMOS-Integration über TSV-basierte 3D-Architekturen steht exemplarisch für einen grundlegenden Trend der Halbleitertechnik: die Konvergenz unterschiedlicher Materialplattformen zu multifunktionalen Systemen, in denen Photonik, Sensorik und Elektronik auf engstem Raum zusammenwirken. Die Chiplet-Philosophie – in der Silizium-Welt bereits bei CPU-, GPU- und HBM-Architekturen etabliert – wird dabei zum Enabler für die materialübergreifende Integration.

GaN erlaubt mit seinen kurzen Wellenlängen und hoher Effizienz eine Miniaturisierung von Lichtemittern in den Bereich unterhalb von 100 nm und wird damit absehbar zu einer zentralen Technologie für die Miniaturisierung in der Photonik. Für die ITG-Community bedeutet dies, dass die klassischen Grenzen zwischen Informationstechnik, Mikroelektronik, Photonik und Halbleitertechnologie zunehmend verschwimmen – und dass die Verbindungstechnologien, allen voran TSVs, zum entscheidenden Bindeglied werden. ●



ABBILDUNG 1 LINKS Epitaxie-Reaktor für die Metallorganische Gasphasenabscheidung (MOCVD), in dem die Halbleiterstrukturen der Resonanztunneldioden mit atomarer Präzision »gewachsen« werden.

OBEN Transmissions-Elektronenmikroskop-Aufnahme eines Querschnitts der epitaktisch gewachsenen RTD-Schichtfolge, mit erkennbaren einzelnen Atomen, die alle im gleichen Abstand angeordnet sind. Der »Quantentrog« bestehend aus dem Mischkristall InGaAs ist etwa drei Nanometer (nm) dick und befindet sich zwischen den beiden etwa 1,8 nm dicken Energiebarrieren aus dem binären Material AlAs.

Kompakte und effiziente elektronische THz-Komponenten basierend auf Indiumphosphid-Resonanztunneldioden

• **N. WEIMANN**, Lehrstuhl Bauelemente der Höchstfrequenzelektronik, Universität Duisburg-Essen

Mit Resonanztunneldioden (RTD), hergestellt im III/V-Verbindungshalbleiter-Materialsystem Indiumphosphid (InP), können energieeffiziente elektronische THz-Quellen realisiert werden. In diesen Bauelementen »tunneln« Elektronen durch eine Halbleiter-Heterostruktur aus mehreren Schichten mit stark unterschiedlichen Bandlücken, wobei nur bei bestimmten Spannungen ein Tunnelstrom fließt – dies führt zu einer nicht-monotonen Strom-Spannungs-Kennlinie, die einen Bereich mit negativer Steigung, und damit einen Negativen Differenziellen Widerstand (NDR) aufweist.

Zusammen mit der Induktivität einer integrierten Antenne und der Sperrschichtkapazität der RTD entsteht ein Schwingkreis. RTDs erreichen bereits Fundamental-Oszillationsfrequenzen bis 2 THz; sie sind das elektronische Halbleiterbauelement mit der höchsten bekannten Oszillationsfrequenz [1].

Die vertikalen Schichtdicken in einer nutzbaren RTD-Struktur liegen bei nur ein bis zwei Nanometern (4–5 Atomlagen). Die Herstellung dieser RTD-Halbleiterstrukturen erfordert daher atomare Präzision.

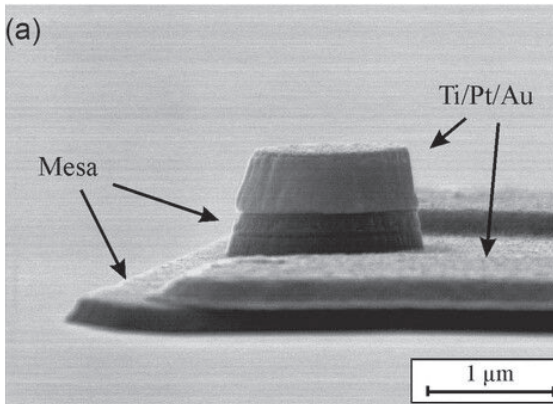


ABBILDUNG 2 Elektronenmikroskop-Aufnahme einer Resonanztunneldiode im Chip-Prozess zeigt die geätzte Struktur mit den beiden Ti/Pt/Au-Kontakten an die vertikale Halbleiterdiode. Der aktive Bereich mit der vertikalen Tunnelstruktur ist in der oberen Mesa enthalten. [2]

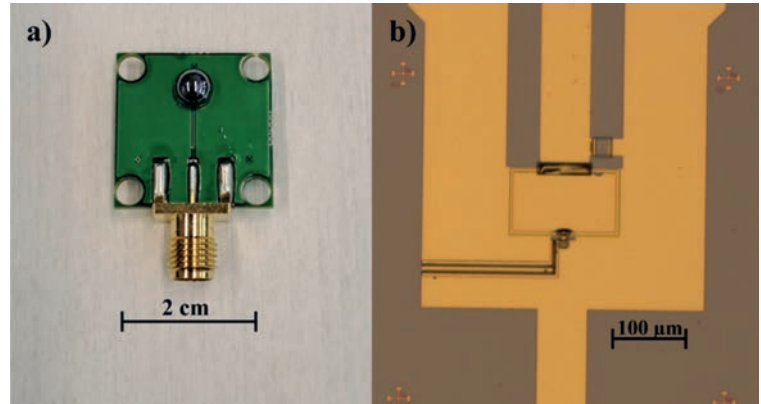


ABBILDUNG 3 (a) Integriertes THz-Radarmodul bestehend aus Indiumphosphid-Resonanztunneldiode mit aufgeklebter hemisphärischer Silizium-Linse (schwarz glänzend) zur Fokussierung der Radarkeule. (b) Mikroskopaufnahme des InP Halbleiterchips, mit RTD Bauelement und integrierter Antenne. Im Modul befindet sich der Chip unter der Silizium-Linse im Bild links. [7]

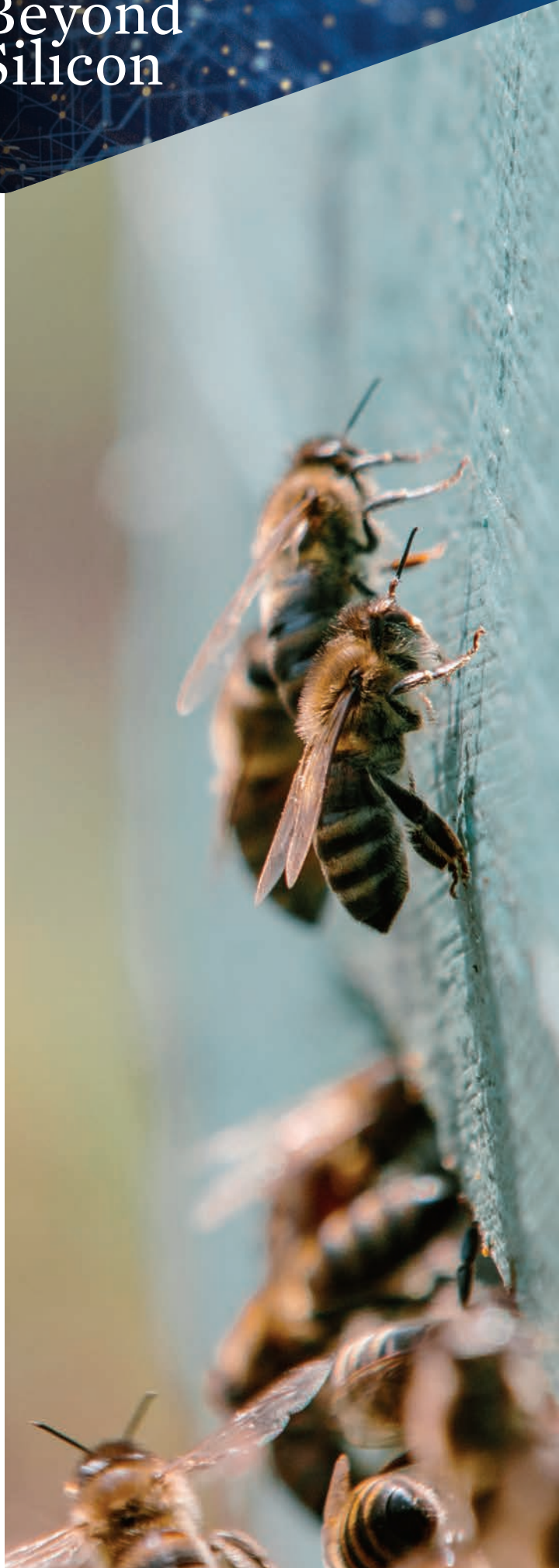
Als Ausgangspunkt dient ein InP-Wafer aus ein-kristallinem Halbleitermaterial. Mit dem MOCVD-Verfahren (Metallorganische Gasphasenepitaxie) werden in einem atomar schichtweisen Wachstumsprozess verschiedene Materialzusammensetzungen abgeschieden, die bei gleicher Gitterkonstante unterschiedliche elektronische Eigenschaften (Bandlücke) aufweisen. Die Minimierung der Gesamtenergie sorgt für eine perfekte Orientierung der Atome in den entstehenden Kristallschichten, diese atomare Genauigkeit wird in modernen Epitaxieanlagen sehr homogen über die gesamte Waferfläche erreicht. Ein Querschnittbild einer RTD-Materialstruktur mit zwei Tunnelbarrieren aus AlAs und dazwischenliegendem Quantentrog (Well) aus InGaAs ist in Abb. 1 gezeigt.

Für funktionierende Bauelemente wird nach der Epitaxie eine Lateralstrukturierung und die Anbringung elektrischer Kontakte benötigt. Diese Chiptechnologie erfolgt, wie auch die Epitaxie, im Reinraum des Zentrums für Halbleitertechnik und Optoelektronik (ZHO) der Universität Duisburg-Essen. Im digital entworfenen Bauplan (Chip-Layout) vorgegebene Lateralstrukturen mit kleinsten Abmessungen von wenigen Hundert Nanometern werden in einer Elektronenstrahl-Lithografieanlage (ESL) auf den Wafer übertragen. Ein fokussierter Elektronenstrahl überträgt die gewünschten Strukturen zunächst in eine strahlungsempfindliche, temporäre Polymerschicht, die zur Maskierung einzelner Gebiete während der eigentlichen Ätz- und Metallisierungsschritte dient. Mit der ESL werden Auflösung und laterale Justage-Genauigkeit unter 10 nm erreicht, vergleichbar mit den Anforderungen in den neuesten nm-Chips der Halbleiterindustrie, jedoch nicht mit dem dort benötigten Durchsatz. In der Abfolge mehrerer Lithografieschritte und sich jeweils

anschließenden Ätz- und Metallisierungsschritten entstehen Wafer, die viele funktionierende THz-Resonanztunneldioden enthalten (Abb. 2).

Die geringe Abmessung der Antenne von weniger als einem Millimeter erlaubt deren monolithische Integration auf dem Wafer durch zusätzliche Fabrikationsschritte, die der eigentlichen RTD im Prozess nachfolgen (Abb. 3). Das Mikroskopbild in Abbildung 3b zeigt einen kompletten THz-Oszillator mit integrierter Antenne in einer Gesamtfläche von $300 \times 300 \mu\text{m}^2$.

Eine besondere Eigenschaft der RTD ist ihre hohe Energieeffizienz als Fundamentalschwingungsgenerator, die zur effizienten Erzeugung von THz-Strahlung genutzt wird. Diese Konversionseffizienz liegt bei InP-RTD im Prozentbereich, um Größenordnungen besser als in konkurrierenden Technologien. Die hohe Effizienz erlaubt die enge Packung von RTD-Oszillatoren, um durch räumliche Überlagerung hohe THz-Leistung abzustrahlen. Idealerweise werden viele THz-Oszillatoren im Abstand einer halben Wellenlänge (ca. $500 \mu\text{m}$) in einem phasenstarr fokussierenden Antennensystem (phased array) angeordnet. Erste RTD-Arrays wurden bereits demonstriert [3]. Mit einem Wirkungsgrad um ein Prozent kann daher mit weiterentwickelten RTD-Arrays, bestehend aus ein- bis zweitausend Elementen, zukünftig eine kontinuierliche THz-Abstrahlung von einem Watt erreicht werden – andere Technologien mit einem weit geringeren Wirkungsgrad sind thermisch auf eine Größenordnung um Milliwatt beschränkt.



Anwendungsmöglichkeiten

Die Ausdehnung der Antenne bestimmt die minimale Größe eines Sende-Empfängers, der zur Radar-Bildgebung oder Kommunikation benutzt werden kann. Die Sub-Millimeter kleine Antenne im THz Bereich ermöglicht grundsätzlich kleinere Funksysteme als heute üblich, basierend auf der oben beschriebenen Technologie. Dies ermöglicht die Vision von miniaturisierten Sensoren, die in sehr beengten Räumen eingesetzt werden – zum Beispiel auch in Blutgefäßen oder anderen in-vivo Szenarien. Eine weitere Anwendung dieser THz-Empfänger ist die drahtlose Energieübertragung: autarke Sensoren erfordern zum Funktionieren und zur Signalverarbeitung eine elektrische Energiequelle – elektrische Energie kann durch eine außen erzeugte THz-Welle drahtlos übertragen werden und mittels »Energy Harvesting« vom Sensor aufgenommen werden, im Prinzip entsprechend dem bekannten drahtlosen Aufladen eines Mobiltelefons, allerdings mit einer viel kleineren Antenne und somit für miniaturisierte Systeme geeignet [4].

Anwendungen kompakter und kostengünstig hergestellter THz-Sensoren in der Agrikultur umfassen die berührungslose Feuchtemessung und die Verfolgung von Nährstoffkonzentrationen in Nutzpflanzen. In einem weiträumigen Sensornetzwerk kann so die Beregnung und die Düngung von Feldern optimiert werden, ein wichtiger Aspekt zukünftiger Agrartechnologie bei sich weiter verschärfendem Wassermangel und steigenden Kosten für Düngemittel [5].

Die kurze Wellenlänge der THz-Strahlung ist zur Detektion von Insekten geeignet, diese würden in heutigen Radarsystemen unter 100 GHz nicht aufgelöst werden können. Mit unseren RTD-Komponenten konnten Bienen – und auch deren Orientierung im Raum – im Abstand von etwa einem Meter nachgewiesen werden. Dies macht zukünftig ein detailliertes Monitoring von Bienenvölkern möglich. Diese Messungen im THz-Spektralbereich kommen im Gegensatz zu Kamera-basierten Verfahren ohne zusätzliche Beleuchtung aus – somit wird eine Störung der Insekten vermieden [6].

Die RTD kann THz-Signale sowohl senden als auch empfangen – und das im selben Bauteil. Dies erlaubt die Realisierung des »Self-Injection-Locked (SIL)«-Radarverfahrens: die ausgesendete THz-Welle wird vom Ziel reflektiert, zum Sensor zurückgesendet und von diesem empfangen und verarbeitet. Die empfangene Welle verändert die Oszillationsfrequenz der RTD. Diese Frequenzänderung kann präzise in Echtzeit über einen Mischer mit nachfolgendem Frequenzzähler ausgewertet werden. Mit dem in Abb. 3 gezeigten RTD-Modul konnten wir als proof of concept erstmals bei Frequenzen um 550 GHz eine Radar-Reichweite von über 20 Metern nachweisen [7]. Die hohe Frequenz in Kombination mit dem SIL-Verfahren, das die gesamte Phaseninformation auswertet, erlaubt eine relative Abstandsauflösung von 10 µm bei über zehn Metern Entfernung und eine absolute Abstandsmessung mit unter einem Millimeter Genauigkeit – dies ist deutlich genauer als existierende Radarsensoren, die zum Beispiel als Abstandsradares im Auto bei 77 GHz operieren. Zusätzlich ergibt sich durch die kurze Wellenlänge bei 500 GHz eine zehnfach höhere laterale Bildauflösung, beziehungsweise eine entsprechend höhere Winkelauflösung zur Unterscheidung von Objekten in Robotik- und autonomen Fahrzeuganwendungen.

Fazit

Die Entwicklung effizienter elektronischer THz-Quellen auf Basis von Resonanztunneldioden ermöglicht neue Anwendungen in der Materialanalyse, Sensorik und Kommunikation. Die zugrundeliegende Technologie basiert auf der Heteroepitaxie der III/V-Verbindungshalbleiter InGaAs, InAs und InAlAs im Materialsystem Indiumphosphid. Die RTD-Technologie erweitert die Möglichkeiten der elektronischen Funktechnik in Bild- und Abstandsauflösung sowie Datenübertragung bei Frequenzen jenseits von 500 GHz. ●

Referenzen

- [1] R. Izumi, S. Suzuki, und M. Asada, „1.98 THz resonant-tunneling-diode oscillator with reduced conduction loss by thick antenna electrode“, in 2017 42nd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Aug. 2017, S. 1–2. doi: 10.1109/IRMMW-THz.2017.8066877.
- [2] E. Mutlu, A. Grygoriev, S. Clochiatti, R. Kress, C. Preuss, A. Possberg, W. Prost, und N. Weimann, „Experimental and Theoretical Investigation of Collector Spacer and Doping Profile on Triple-Barrier Resonant Tunneling Diodes“, Phys. Status Solidi - Appl. Mater. Sci., Bd. 221, Nr. 13, Special Issue: Compound Semiconductors, 2024, doi: 10.1002/pssa.202300575.
- [3] Y. Koyama, Y. Kitazawa, K. Yukimasa, T. Uchida, T. Yoshioka, K. Fujimoto, T. Sato, J. Iba, K. Sakurai, und T. Ichikawa, „A High-Power Terahertz Source Over 10 mW at 0.45 THz Using an Active Antenna Array With Integrated Patch Antennas and Resonant-Tunneling Diodes“, IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol., Bd. 12, Nr. 5, S. 510–519, Sep. 2022, doi: 10.1109/TTTHZ.2022.3180492.
- [4] N. Shanin, S. Clochiatti, K. M. Mayer, L. Cottatellucci, N. G. Weimann, und R. Schober, „Information Rate-Harvested Power Tradeoff in THz SWIPT Systems Employing Resonant Tunneling Diode-Based EH Circuits“, IEEE Trans. Commun., Bd. 73, Nr. 2, S. 1336–1352, Feb. 2025, doi: 10.1109/TCOMM.2024.3442708.
- [5] F. Sheikh, A. Prokscha, A. Batra, D. Lessy, B. Salah, B. Sievert, M. Degen, A. Rennings, M. Jalali, J. T. Svejda, P. Alibeigloo, C. Preuss, E. Mutlu, R. Kress, S. Clochiatti, K. Kolpatzek, T. Kubiczek, I. Ullmann, K. Root, F. Brix, U. Krämer, M. Vossiek, J. C. Balzer, N. G. Weimann, T. Kaiser, und D. Erni, „Towards Continuous Real-Time Plant and Insect Monitoring by Miniaturized THz Systems“, IEEE J. Microw., Bd. 3, Nr. 3, S. 913–937, Juli 2023, doi: 10.1109/JMW.2023.3278237.
- [6] A. Prokscha, F. Sheikh, M. Jalali, P. De Boose, E. De Borre, V. Jeladze, F. O. Ribas, D. T. Carvajal, J. T. Svejda, T. Kubiczek, B. Aqlan, P. Alibeigloo, E. Mutlu, J. Watermann, J. Abts, R. Kress, C. Preuss, S. Clochiatti, L. Wiedau, N. G. Weimann, J. C. Balzer, A. Thielens, T. Kaiser, und D. Erni, „Perspectives on terahertz honey bee sensing“, Sci. Rep., Bd. 15, Nr. 1, S. 10638, März 2025, doi: 10.1038/s41598-025-91630-8.
- [7] J. Watermann, F. Van Essen, E. Mutlu, C. Preuss, K. Müller, und N. G. Weimann, „A 0.55-THz Self-Injection-Locked Resonant Tunneling Diode Radar for Micrometer Ranging“, IEEE Sens. J., Bd. 25, Nr. 18, S. 34566–34574, Sep. 2025, doi: 10.1109/JSEN.2025.3594754.

Carbon Nanotubes: Hype in der Nanotechnologie! Doch wo bleiben die Anwendungen?

KOLUMNE

ZUM NACHDENKEN & MITREDEN

- 
- 
- **W. KNAPP** Sprecher VDE ITG
Fachausschuss MN6 »Vakuumelektronik und Display«
 - **D. DUDEK** Geschäftsführer
Informationstechnische Gesellschaft (ITG) im VDE

In der ITG-Community der Vakuumelektronik blicken wir auf eine sehr dynamische Forschung und Entwicklung von Technologien, bei denen man sich im Vorfeld nicht immer praxistaugliche Anwendungsszenarien vorstellen konnte. Insbesondere in der Medizin profitiert man ungemein von dem Fortschritt in diesem Bereich, der heute im interdisziplinären Austausch zwischen Physik, Elektrotechnik, Informationstechnik, Maschinenbau, Informationstechnik und Medizin vorangetrieben wird. Nicht selten wurden und werden Impulse in Deutschland zu neuen Technologien gelegt. Doch gibt es einen vorhersagbaren Weg, den man einschlägt, wenn man Forschungsergebnisse in die Anwendung überführen möchte? Obwohl der Hype um Nanotechnologien nachgelassen hat, da der Fokus auf Künstliche Intelligenz gelegt wurde, so möchten wir dennoch auf die Errungenschaften der Forschung zu Carbon Nanotubes einen Blick werfen.

Wir stellen uns der Frage, weshalb der Einsatz von Carbon Nanotubes – kurz CNTs – in der Elektronik so überschaubar ist. Für das Teilgebiet Vakuumelektronik sind die Entwicklung und Hemmnisse bekannt, die wir gerne zur Diskussion stellen.

In der ersten Zeit nach der Entdeckung der CNTs durch den Japaner Sumio Iijima im Jahr 1991, beschäftigte man sich in der Grundlagenforschung mit der Charakterisierung der physikalischen Eigenschaften und der Entwicklung von effizienten Herstellungstechnologien von CNT.

In der Vakuumelektronik war schon vor der Jahrtausendwende die Substitution der Glühkathode durch CNT-basierte Feldemitter ein erfolgversprechender Ansatz, der verfolgt wurde. Man sah das Potential das Elektronenquellen hochgradig miniaturisiert werden konnten, bis in die Dimensionen im Nanometerbereich, da die Elektronenfeld-emission die Umgebung nicht thermisch belastet. Mit dem Übergang von der klassischen Fernsehröhre zum Field Emission Displays, also FEDs als Flachbildschirm, kam eine der ersten großen Euphorien. Diese Ansätze wurden in der Forschung umfangreich gefördert wie beispielsweise durch »The ESF European Field Emission Network No. 77« – kurz »euro fe«. Allerdings hat sich gezeigt, dass die Herstellung von FEDs sehr kostenintensiv ist und daher der Transfer in die Anwendung eher schwierig gelingt. Zudem wurden konkurrierende Displaytechnologien, wie LCD-, Plasma- und OLED-Displays, ebenfalls hinsichtlich Bildschärfe, Farbbrillanz und Helligkeit rasant parallel weiterentwickelt.

Obwohl viele Displaytechnologien in Deutschland erfunden wurden, wird seit etwa 20 Jahren das große Geld mit Displays in Asien verdient. Derzeit erleben wir eine ähnliche Transformation in der Automobilindustrie, bei der Forschung und Entwicklung nicht mehr vorrangig in Deutschland passieren, sondern in Asien mit einer gewaltigen Dynamik insbesondere in der Informationstechnik. Deutschland als Technikstandort verliert an dieser Stelle ebenfalls an Bedeutung, wohingegen Asien diesen Forschungsbereich und den Markt für sich gewinnt. Nicht zuletzt durch eine strategische und nachhaltige Forschungs- und Marktstrategie.

Zurück zu CNT-Feldemittern dieses Mal im Anwendungsfeld als Kathoden für Vakuumdrucksensoren. Diese haben sich aufgrund der Kontaminierung im CMOS-Technologieprozess in der mikroelektronischen Chip-Herstellung nicht durchgesetzt. Die Massenproduktion ist komplexer als die gängigen Planarprozesse und daher zeitaufwendig und mit hohen Kosten verbunden.

Die vielversprechenden Ankündigungen, die in den zahlreichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu finden sind, dass CNTs geringe Durchmesser bis unter 1 nm aufweisen und sich daher als Feldemissionskathoden zur Anwendung mit größerer Auflösung von Rasterelektronenmikroskopen geeignet sind, hat sich für Anwendungen mit größeren Strömen als wenig umsetzbar erwiesen.

Welche Weichenstellung in dem langanhaltenden Förderprozess hätte geholfen, die an anderen Stellen dringend gebrauchte Fördermittel einzusetzen, um einen gelungenen wirtschaftlichen Erfolg zu erzielen? Fehlt es an unabhängiger sachkundiger Expertise bei der Entscheidungsfindung? Welchen Mut traut man den Entscheidungsträgern zu, Fördervorhaben zu beenden oder fortzusetzen? Wie stark sind praxisrelevante Anwendungen und wirtschaftlicher Erfolg von Forschungsergebnissen abhängig?

Zusammenfassend lässt sich der positive Ausblick geben, dass derzeit CNT-Feldemitter für die Miniaturisierung von Röntgenröhren interessant sind, weil mit der Anordnung vieler kleiner Röntgenröhren in der Computertomographie der Übergang zur hochdynamischen statischen Computer Tomographie in der Medizintechnik und auch in der Materialprüfung möglich wäre. Wir sind auf weitere Entwicklungen gespannt. ●

Wie die VDE Leitlinie 0800-730 dem Glasfaserausbau endlich Schwung gibt

• T. SENTKO, DKE, Deutsche Kommission Elektrotechnik im VDE e.V.

Der Glasfaserausbau in Deutschland kommt voran – allerdings nicht schnell genug. Zwar verfügen inzwischen über 50 Prozent der Haushalte über einen potenziellen Anschluss. Doch wenn es um die tatsächliche Umsetzung im Gebäude geht, herrscht vielerorts Stillstand. Genau hier setzt eine neue VDE Leitlinie an, die derzeit für spürbare Erleichterung im Markt sorgt. Sie macht komplexe Brandschutzvorgaben verständlich, reduziert Kosten – und bringt Tempo auf die berühmte »letzte Meile«.

Vom Kupferkabel zur lichtschnellen Infrastruktur

Der technologische Wandel ist unübersehbar: KI gestützte Anwendungen, Telemedizin, digitale Zwillinge, VR Erlebnisse und Industrieautomatisierung erzeugen Datenmengen, die herkömmliche Kupfernetze schlicht überfordern. Glasfaser dagegen ist schnell, zuverlässig und nahezu latenzfrei – ein Fundament für die digitale Gesellschaft der kommenden Jahrzehnte.

Wer heute Videocalls, Streaming oder Cloud-Dienste nutzt, spürt diese Vorteile nur ansatzweise. Doch in wenigen Jahren wird der Unterschied zwischen Kupfer und Glasfaser so drastisch sein wie einst zwischen Modem und DSL.

Die Hürde am Gartenzaun

Der Ausbau auf öffentlichem Grund ist planbar, gefördert und routiniert. Doch sobald Tiefbaukolonnen an der Grundstücksgrenze Halt machen müssen, beginnt ein völlig anderer Prozess: Gespräche mit Eigentümern, Terminabstimmungen, Unsicherheit und häufig auch Zurückhaltung.

Interessanterweise zeigt die Praxis: Kommunikation ist ein unterschätzter Schlüssel. Ein kurzes Gespräch an der Haustür, ein Blick in den Keller, ein Kaffee mit den Bewohnern – und plötzlich wächst

die Bereitschaft, einen Anschluss legen zu lassen. Wenn Netzbetreiber hier aktiver würden, könnten sie die Ausbauquote deutlich steigern.

Denn: Die eigentliche Investition lohnt erst dann, wenn Haushalte tatsächlich angeschlossen und Anschlüsse genutzt werden.

Normen gesucht, Standards gefunden

Über viele Jahre fehlte im Glasfasermarkt eines: Einheitlichkeit. Materialqualität schwankte stark, Installationsweisen unterschieden sich von Anbieter zu Anbieter, und klare Vorgaben gab es kaum.

Mit der VDE Leitlinie 0800-720 wurde erstmals ein verlässlicher Qualitätsrahmen geschaffen – von Mikrorohren bis Glasfaserkabeln. Für die Branche ein wichtiger Schritt, denn langlebige und störungsfreie Installationen brauchen klare Standards.

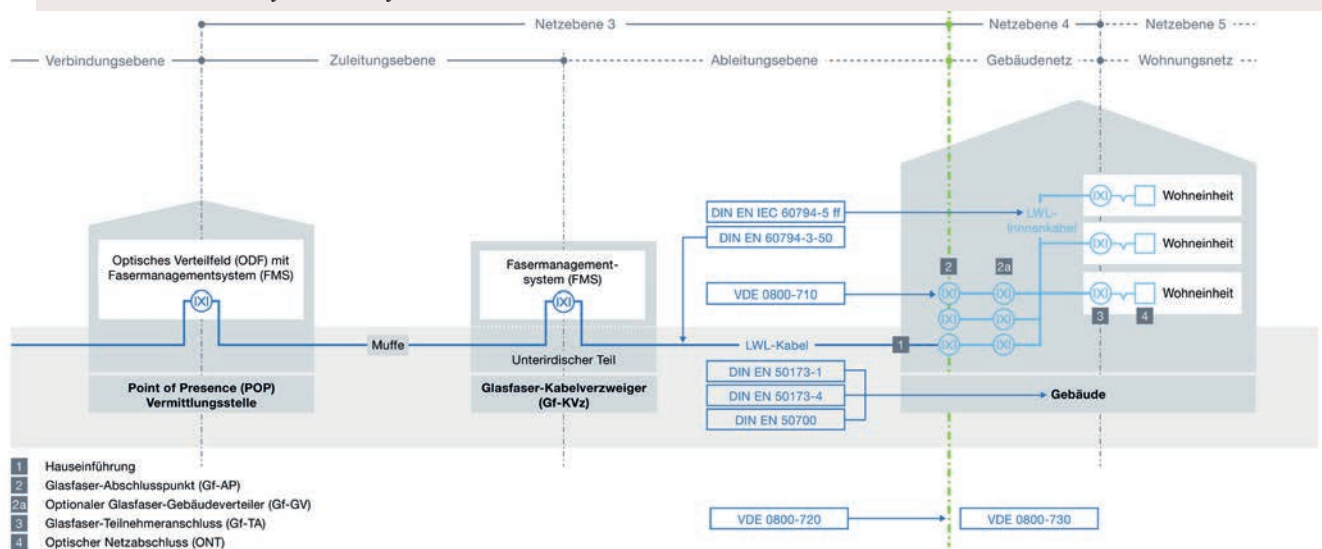
Doch das war nur der Anfang.

Die Revolution im Fluchtweg

Besonders heikel war bisher der Brandschutz im Gebäude. Glasfaserleitungen wurden lange wie elektrische Kabel behandelt – obwohl sie weder Spannung führen noch brennen oder sich erhitzen. Die Folge: teure, klobige Brandschutzkanäle in Fluchtwegen, die Installationen unnötig verteuerten und optisch störten.

Mit der neuen VDE Leitlinie 0800-730 und einer überarbeiteten MLAR änderte sich das grundlegend: Glasfaser darf in Fluchtwegen einfacher verlegt werden. Metallkanäle oder Klebefasern sind ausreichend, sofern eine Gebäudeklassifikation vorliegt. Installationen werden günstiger, schneller und nahezu unsichtbar. Was früher Angstgegner war – der Fluchtweg –, wird nun zum pragmatischen Installationsraum. Etwa 80 Prozent aller Inhouse Ausbauten können damit ohne großes Kopfzerbrechen erfolgen.

Normen für den Glasfaserausbau



Ein Rahmen, den auch Nicht-Experten verstehen

Die neue Leitlinie richtet sich nicht nur an Netzbetreiber oder Planer. Sie ist bewusst so gestaltet, dass auch Hauseigentümer, Architekten, Elektriker und Quereinsteiger sie intuitiv nutzen können.

Die Vorgaben sind klar strukturiert und reduzieren Unsicherheiten – ein entscheidender Vorteil in einer Branche, in der Fachkräfte rar sind.

Die große Herausforderung: Menschen, die es umsetzen

Will Deutschland bis 2030 rund 20 Millionen Haushalte ans Glasfasernetz anschließen, braucht es vor allem eins: Hände. Und zwar viele. Rund 4.000 zusätzliche Fachkräfte werden allein für die Gebäudeverkabelung benötigt. Der Markt reagiert bereits mit:

- › Weiterbildungsinitiativen,
- › Leitfäden für Quereinsteiger,
- › neuen Schulungswegen,
- › Jobprofilen, die auch Menschen ohne elektrotechnische Vorbildung ansprechen.

Die Einstiegshürden sind niedrig: Wer handwerklich geschickt ist und gerne mit Menschen arbeitet, kann in kurzer Zeit Teil dieser Zukunftsbranche werden – vom Werkstudenten bis zur Schneiderin, die filigrane Arbeiten gewohnt ist. Und das Erfolgserlebnis? Ein grünes Lämpchen, das am Ende eines Einsatzes signalisiert: Alles läuft.

Fazit: Ein Markt in Bewegung – und endlich mit klaren Regeln

Mit den neuen VDE Leitlinien hält eine lange überfällige Struktur Einzug in den Glasfaserausbau. Sie vereinfachen Prozesse, schaffen Rechtssicherheit und machen Installationen schneller, günstiger und sicherer. Gleichzeitig zeigt sich, dass Technik allein nicht reicht: Es braucht Menschen, Kommunikation – und ein System, das Weiterbildung ermöglicht.

Deutschland hat das Potenzial, sich in den kommenden Jahren zu einem der führenden Glasfasermärkte Europas zu entwickeln. Die Grundlage dafür ist nun gelegt. •



Neuer Sprecher der Fachgruppe KT3.1

Dr.-Ing. André Richter, VPIphotonics GmbH, Berlin, ist seit Februar 2026 Sprecher der Fachgruppe KT3.1. Modellierung optischer Komponenten und Systeme.

Die Fachgruppe KT3.1 widmet sich Themen der modellhaften Beschreibung und der numerischen Simulation von photonischen Komponenten, Subsystemen und kompletten Systemen in der optischen Übertragungs- und Verarbeitungstechnik. Das schließt die Analyse und Optimierung der Performanz von Technologie- und Systemlösungen sowie vergleichende Untersuchung zu Alternativkonzepten ein. Dabei werden faser- und freistrahl optische Anwendungen in Telekom und Datacom, sowie Sensorik und Computing adressiert.

Als langjähriges Mitglied der Fachgruppe übernahm Dr. Richter die Leitung von Prof. Dr. Bernhard Schmauß, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg, der im Anschluss an die erfolgreiche Durchführung des diesjährigen Workshops vom Amt zurücktrat. Prof. Schmauß leitete die Fachgruppe KT3.1 seit 2013 und zeigte sich über all die Jahre hinweg für die Aktualität und Kontinuität der wenigstens einmal jährlich durchgeführten Workshops verantwortlich. Er setzte sich in dieser Zeit maßgeblich für kooperative Interaktionen zwischen akademischen und industriellen Mitstreitern zur Fachgruppenthematik ein und machte sich besonders für die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses verdient.

Dr.-Ing. André Richter ist Geschäftsführer der VPIphotonics GmbH in Berlin und verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in Forschung, Entwicklung und Support sowie in der Geschäftsentwicklung von professioneller Simulationssoftware für das Design und die Analyse von optischen Übertragungssystemen und Anwendungen der Photonik. Durch weltweite Interaktionen mit Nutzern, Geschäfts- und Forschungspartnern sammelte er dabei tiefgreifende Erkenntnisse zu Design-, Modellierungs- und Marktfragen elektro-optischer Komponenten und Technologien für optische Übertragungssysteme.

Er erlangte 1995 seinen Master of Science in Electrical Engineering (MSEE) vom Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA, und promovierte 2002 an der Technischen Universität Berlin zu theoretischen Arbeiten auf dem Gebiet der faseroptischen Übertragungstechnik für Weitverkehrsnetze. Er veröffentlichte mehr als 140 Beiträge in Fachzeitschriften und auf technischen Konferenzen, darunter zwei Buchkapitel, ist Mitglied des VDE und der SPIE sowie Senior Member des IEEE und der OPTICA und engagiert sich in Programmkomitees und als technischer Reviewer.

Die Fachgruppe KT3.1 plant Anfang 2027 ihren 40. Workshop zur Modellierung optischer Komponenten und Systeme durchzuführen. Informationen dazu werden zeitnah per E-Mail (und auf der VDE-Webseite bekannt gegeben).

★ Verteilerliste: <https://lists.fau.de/cgi-bin/listinfo/itg531-workshop>

Veranstaltungen

3. QUARTAL 2026

26. – 29. AUGUST 2026, BAD HONNEF

KONFERENZ

10th VDE ITG International Vacuum Electronics Workshop (IVEW) 2026
and 16th International Vacuum Electron Sources Conference (IVeSC) 2026

VDE ITG

★ https://www.ihm.kit.edu/VDE-ITG_FA_MN6.php

10. - 11. SEPTEMBER 2026, FRANKFURT

SYMPOSIUM

seQUcom

Securing Enterprise Communications

VDE ITG

★ <https://sequcom.de/>

20. - 23. SEPTEMBER 2026, NÜRNBERG

KONFERENZ

intelec 2026

Powering Critical Infrastructure for a Clean Energy Transition

SUPPORTED BY VDE ITG

★ <https://www.intelec2026.org/>

1. OKTOBER 2026, BREMEN

FACHTAGUNG

Satellitenkommunikation der Zukunft:
D2D, D2C und NTN/TN Integration

VERANSTALTER VDE ITG; FACHAUSSCHUSS HF 2 FUNKSYSTEME

★ <https://www.vde.com/itg-satkom>

NACHBERICHT

DEWICOMM 2026 Advancing deterministic wireless across heterogeneous networks

- **S. SENK**, Technische Universität Dresden
- **M. KASPARICK**, airpuls GmbH
- **J. FONTALVO-HERNÁNDEZ**, Siemens AG

The 4th Cross-Project Workshop on Deterministic Wireless Communications (DEWICOMM 2026) took place on March 24-25, 2026, in Dresden, Germany. Formerly known as the 5G-TSN Workshop, the event has evolved into a dedicated forum addressing deterministic communication over wireless media and heterogeneous networks. The workshop, organized by TU Dresden, airpuls GmbH, and Siemens, was sponsored by the xG-ALOE initiative and supported by the VDE ITG technical committee KT2 and Fraunhofer HHI. It brought together around 60 participants from 32 organizations, spanning academia and industry, to discuss technologies and concepts enabling reliable, low-latency, and time-synchronized communication across domains.

The workshop followed its tradition of fostering close interaction between researchers, practitioners, and industry stakeholders. The program consisted of a series of concise impulse talks, complemented by demonstrations and extended discussion sessions. This format encouraged focused technical exchange while allowing sufficient room for in-depth discussions on challenges and solutions for deterministic wireless communication.

The central theme of the workshop was the realization of end-to-end deterministic behavior across heterogeneous networks, combining wired and wireless technologies. In this context, industrial applications and mission-critical systems continue to drive requirements toward guaranteed latency, high reliability, and precise time synchronization.

The first session addressed use cases, requirements, and standardization aspects. Michael Bahr (Siemens) outlined the requirements of industrial wireless systems, emphasizing strict constraints on latency, reliability, and synchronization. Julian Popp (Fraunhofer IIS) presented the evolution of 3GPP from Release 16 to Release 20, highlighting the integration of Time-Sensitive Networking (TSN) into cellular systems. Jobish John (TNO) discussed TSN for mission-critical verticals, comparing avionics and industrial automation perspectives. Clemens Hauber (German Patent and Trade Mark Office) provided an overview of application domains for deterministic wireless communications and complemented this with a demonstration on the role of patent examination in emerging technologies.

The second session focused on experimental validation and testbeds. Mika Skarp (Cumucore) demonstrated the performance of their solution for 5G-TSN integration and described it as a »replacement for the Ethernet cable«. Anas Bin Muslim (HS Osnabrück) discussed challenges in configuring Time-Sensitive Networks in practice. Joachim Sachs (Ericsson) provided a comprehensive review of the integration of 5G and TSN. Laura Becker (Technical University of

Munich) presented simulation and testbed tools enabling reproducible research on combined TSN and 5G systems.

Control-plane mechanisms and network convergence were addressed in the third session. Junaid Ansari (Ericsson) introduced control-plane extensions for wireless-aware traffic engineering, for which standardization has started in IEEE P802.1Qee. Özgür Ozan Kaynak (TH Deggendorf) discussed dynamic schedule reconfiguration in converged 5G-TSN systems. Andy Zirkler (Siemens) presented a modular network controller for heterogeneous networks, compatible with TSN and 5G. Hosein Kangavar Nazari (TU Dresden) shared design and experimental insights on Linux end systems. Mahin Ahmed (Silicon Austria Labs) addressed fault-tolerant time synchronization for industrial networks, while Stefan Spettel (phine.tech) demonstrated the realization of 5G-TSN integration in an open-source core network.

The final session explored wireless technologies beyond classical 3GPP systems. Andrea Forte (Micro-amp) presented architectural aspects and results on Ethernet transport over 5G FR2. Contributions from Andreas Traßl (fünfeinhalb) and Pablo Avila-Campos (imec) demonstrated the feasibility of deterministic communication over WLAN and open-source Wi-Fi platforms. Jakob Glück (LMS) introduced DECT NR+ as a non-cellular solution for deterministic wireless communication in license-exempt spectrum. Rene Kirrbach (Fraunhofer IPMS) presented optical wireless communication based on Li-Fi as a promising approach for low-latency applications.

A particular highlight of DEWICOMM 2026 was the set of accompanying demonstrations, which provided tangible insights into current developments. ifak presented precise monitoring approaches to analyze the performance of deterministic wireless deployments. The xG-ALOE initiative showcased its latest advances in deterministic 5G and its integration with TSN. TU Dresden introduced an interactive demonstrator based on inverted pendulums, illustrating the impact of correct network configuration on system stability, and additionally presented experimental results with DECT NR+. Silicon Austria Labs enabled a remote connection to their factory environment, demonstrating remote control and monitoring of collaborative industrial robots over 5G, complemented by localization using ultra-wideband (UWB). TH Deggendorf presented its open-source TSN controller OpenCNC, highlighting flexible control capabilities, while HS Osnabrück demonstrated an online configurator for 5G-TSN integrated networks.

DEWICOMM 2026 demonstrated the increasing maturity of deterministic wireless technologies, moving from conceptual approaches towards practical implementations and experimental validation. The interactive format of impulse talks and discussions proved effective in fostering exchange and collaboration among participants.

The organizers would like to thank all speakers, contributors, and participants for their valuable contributions. Special thanks go to the xG-ALOE initiative for its support, which was instrumental in enabling the workshop. •



NACHBERICHT

GeMiC 2026 Drehscheibe der Mikrowellentechnik am KIT

• **M. HUBER**, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM)

Vom 9. bis 11. März 2026 fand am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) die 17th German Microwave Conference (GeMiC) statt – eine der bedeutendsten deutschsprachigen Fachkonferenzen für Hochfrequenz, Mikrowellen und THz Technologien. Austragungsort war das AUDIMAX am Campus Süd, wo Expertinnen und Experten aus Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen zusammenkamen, um aktuelle Entwicklungen und Trends zu diskutieren.

Von Sensorik bis Antennentechnik

Die dreitägige Konferenz bot ein breit gefächertes technisches Programm. Themenschwerpunkte waren unter anderem:

- **Systeme und Sensorik**, einschließlich Radar, Millimeterwellen und THz Sensoren
- **Passivbauelemente, EM Strukturen und Antennen**, etwa metamaterialbasierte Komponenten und integrierte Antennenlösungen
- **Elektronische und aktive Hochfrequenzschaltungen**, darunter Leistungsverstärker, Transceiver Module und Frequenzsynthese
- **Materialcharakterisierung sowie Mess- und Kalibrierverfahren**, die für moderne Kommunikations- und Sensorsysteme essenziell sind

Die große Themenvielfalt spiegelte die hohe Dynamik der Mikrowellenforschung wider und bot zahlreiche Berührungspunkte für Branchen wie Kommunikationstechnik, Automotive, Luft und Raumfahrt sowie industrielle Messtechnik.

Austausch auf hohem Niveau

Wie bereits in den Vorjahren präsentierte sich die GeMiC als zentraler Treffpunkt der deutschsprachigen Mikrowellen Community. Forschende, Unternehmen und Nachwuchstalente nutzten die Gelegenheit, ihre Arbeiten vorzustellen, Kooperationen anzubahnen und sich über aktuelle Forschungsfragen auszutauschen.

Besonders hervorzuheben ist das Junge Forum ITG, das bereits am 8. März 2026 stattfand. Dort konnten junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Workshops und Networking Sessions erste Kontakte zu führenden Forschungsgruppen und Unternehmen knüpfen – ein wertvoller Einstieg in die Community.

Karlsruhe als idealer Wissenschaftsstandort

Die Wahl des KIT als Veranstaltungsort unterstrich die Bedeutung des Standorts für die europäische Hochfrequenz und Mikrowellenforschung. Karlsruhe bietet mit seiner Lage im Oberrheinraum und seiner starken Forschungs- und Industrielandschaft ein inspirierendes Umfeld für Innovation und Technologieentwicklung.

Fazit

Die GeMiC 2026 war ein voller Erfolg und bot sowohl fachlich als auch organisatorisch beste Voraussetzungen für intensiven Austausch, neue Impulse und zukunftsweisende Diskussionen. Die GEMIC hatte 330 Teilnehmer, mit 6 Gold, 11 Silber und 8 Bronze Sponsoren.

Die Veranstaltung hat einmal mehr gezeigt, wie wichtig eine starke Vernetzung zwischen Wissenschaft, Industrie und Nachwuchstalente für die Weiterentwicklung der Hochfrequenztechnik ist. •

ORGANISATION

Chairman: Cagri Ulusoy, KIT
Co-Chair: John Jelonnek, KIT
Program Chair: Marlene Harter, HS Offenburg

PROGRAMM

25 Technical Sessions (6 Focus Sessions), 2 Poster Sessions,
100 Paper Presentations, 26 Poster Presentations, 10 Invited Talks,
4 Workshops, 4 Plenary Talks





NACHBERICHT

MaLeNe 2026 7th KuVS Fachgespräch on Machine Learning in Networking

- **M. SEUFERT**, University of Augsburg
- **A. BLENK**, Siemens AG
- **B. RICHERZHAGEN**, Siemens AG

The Seventh KuVS Fachgespräch on Machine Learning in Networking (MaLeNe) was held at the University of Augsburg on March 19–20, 2026, as a successful event spanning two half-days. The workshop was organized by the co-chairs Michael Seufert (University of Augsburg), Andreas Blenk (Siemens AG), and Björn Richerzhagen (Siemens AG). In total, 13 full papers were presented and about 30 participants from industry and academia were brought together to discuss the latest advances in applying machine learning in networking.

Day 1 – From 6G Visions to Intelligent Routing

The workshop opened with a welcome by the organizers, setting the stage for two days of lively exchange. The first highlight was an industry keynote by Dr. Andreas Mäder (Nokia) titled »AI for 6G and AI for Standards – a transformation journey«. In his talk, he highlighted the role of AI as a key enabler for future 6G networks and discussed the convergence of development cycles in mobile communications and machine learning, emphasizing the need to better align innovation with standardization.

The first technical session focused on security and intrusion detection. The presentations showcased how machine learning can strengthen network defenses – from Xenia Wagner’s (ipoque, Germany) SPARTAN dataset for IoT-based APT detection in smart homes, to Marleen Sichermann’s (University of Würzburg, Germany) intrusion detection approaches for IPFIX networks. Johannes Schleicher (University of Augsburg, Germany) then addressed the challenge of detecting previously unseen attacks through active learning, before Hannes Schwanzer (RheinMain University of Applied Sciences, Germany) closed the session with his work on Bayesian packet header synthesis and authenticity evaluation.

In the second session, the focus shifted to learning-based routing and congestion control. Ahmed Al-Dulaimy (University of Koblenz, Germany) presented a machine learning-based approach for predicting optimal parent nodes in software-defined wireless sensor networks to improve routing efficiency. Musab Ahmed (Hamburg University of Technology, Germany) introduced a

learning-based method for local routing decisions in sparse aeronautical communication networks to enhance connectivity under challenging conditions. Andreas Boltres (Karlsruhe Institute of Technology, Germany) explored how neural networks can generate latent embeddings for telemetry-aware greedy routing, enabling more informed forwarding decisions. The session concluded with Michael König (Karlsruhe Institute of Technology, Germany), who presented a method for generalizing coordinated congestion control across multiple flows and network topologies.

Day 2 – From Industrial AI to Digital Twins

The second day began with another keynote, this time by Dr. Andreas Blenk (Siemens AG), titled »Industrial AI Today. Autonomous Industry Tomorrow«. His talk highlighted current developments in industrial AI, including automation, digitalization, and future research directions toward autonomous systems.

The third technical session focused on AI for network management. Zineddine Bettouche (Deggendorf Institute of Technology, Germany) introduced a spatial PDE-aware model for mobile traffic forecasting, while Ibrahima Ndiaye (Otto von Guericke University Magdeburg, Germany) presented a federated learning-based approach for proactive load balancing in IIoT gateways. Jonas Wessner (Ulm University, Germany) complemented these contributions by demonstrating how large language models can be used to automate network access control.

In the final session, attention turned to systems, platforms, and digital twins. Johannes Späth (Technical University of Munich, Germany) presented a high-fidelity virtualized digital twin for ISP core networks, enabling realistic experimentation in controlled environments. Sebastian Hauschild (University of Luebeck, Germany) concluded the session with a portable IoT platform designed for experimental cadaverine measurements, showcasing the diversity of application domains covered during the workshop.

Best Presentation Award

After all sessions concluded, the best paper award was presented to Jonas Wessner (Ulm University, Germany) for his outstanding presentation on the topic how can LLMs be used to have an automated network access control. We would like to express our gratitude to Siemens AG for sponsoring this award.

Conclusion

Once again, the event demonstrated its ability to foster active collaboration within the research community, and a future edition is already being considered. •



NACHBERICHT

29. MBMV-Workshop 2026 Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen

• **M. JUNG**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg,
Institut für Informatik

Der 29. Workshop »Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen« (MBMV) fand am 17. und 18. März 2026 an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg statt. Über 30 Teilnehmende aus Wissenschaft und Industrie nutzten die zweitägige Veranstaltung, um aktuelle Forschungsarbeiten vorzustellen und gemeinsam zu diskutieren.

Der MBMV-Workshop etabliert sich seit Jahren als zentrale Plattform für den Austausch über neueste Entwicklungen im Bereich der Modellierungs- und Verifikationsmethoden sowie Beschreibungssprachen für digitale, analoge und Mixed-Signal-Schaltungen. Ausgerichtet wird er gemeinsam von der Gesellschaft für Informatik (GI), der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE (ITG) sowie der Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikrosystem und Feinwerktechnik (GMM).

In diesem Jahr übernahm die Computer Engineering Gruppe der Julius-Maximilians-Universität Würzburg unter Leitung von Prof. Matthias Jung die wissenschaftliche Leitung; Veranstaltungsort war das Institut für Informatik. Das wissenschaftliche Programm umfasste 22 Fach- und Übersichtsvorträge und bot damit reichlich Gelegenheit für lebhaft Debatten über neue Ideen und Forschungsergebnisse innerhalb der deutschsprachigen Fachgemeinschaft.

Als besonderes Highlight erwies sich die Keynote von Prof. Dr. Andreas Gerstlauer (University of Texas at Austin) zum Thema »Machine Learning for System-Level Modeling«. Die thematische Breite des Programms unterstrich eindrucksvoll die anhaltende Dynamik des Fachgebiets und zeigte erneut, wie eng akademische und industrielle Forschung in diesem Bereich miteinander verknüpft sind.



Keynote-Sprecher Prof. Dr. Andreas Gerstlauer,
University of Texas at Austin

Unter vielen interessanten Beiträgen ist den Gutachtern dabei die Arbeit »Truly Scalable Grids of RISC-V Processors with Local Memories« von Lars Luchterhandt, Vivek Govindasamy, Yutong Wang, Rainer Dömer, Wolfgang Müller und Christoph Scheytt besonders positiv aufgefallen. Als Anerkennung verliehen die Workshop-Vorsitzenden Prof. Dr. Matthias Jung und Prof. Dr. Daniel Müller-Gritschneider den Autoren den »MBMV Best Paper Award«.

Am Abend des ersten Tagungstags konnten die Teilnehmenden des Weiteren im Rahmen einer Stadtführung die spannende Geschichte der Stadt Würzburg kennenlernen, sowie bei einem gemeinsamen Abendessen im historischen Rathaus in zwangloser Atmosphäre weitere wertvolle Gespräche führen.

Ein herzlicher Dank gilt der Geschäftsstelle der GMM sowie der Fakultät für Informatik der Universität Würzburg, deren tatkräftige Unterstützung maßgeblich zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen hat. Die regen Diskussionen lassen hoffen, dass die in Würzburg geknüpften Kontakte und ausgetauschten Impulse in künftige Kooperationen und innovative Projekte münden werden.

Der nächste MBMV-Workshop ist für Februar 2027 in Paderborn geplant – und steht unter einem besonderen Vorzeichen: Als 30. Jubiläumsauflage kehrt der Workshop an seinen Ursprungsort zurück, wo seinerzeit alles begann. Wir freuen uns auf ein besonderes Wiedersehen mit der Community. •

★ www.vde.com/mbmv

MBMV Best Paper Award

(von links nach rechts: Prof. Dr. Daniel Müller-Gritschneider (TU Wien), Prof. Dr. Wolfgang Müller, (Uni Paderborn), Lars Luchterhandt (Uni Paderborn), Prof. Dr. Rainer Doemer (UC Irvine), Prof. Dr. Matthias Jung (Uni Würzburg))





NACHBERICHT

TuZ 2026 Test und Zuverlässigkeit in Forschung und Praxis

• **L. M. BOLZANI PÖHLS**, Group Leader System Architectures/Neuromorphic Hardware,
IHP GmbH, Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik

Der Workshop »Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen TuZ« – veranstaltet von der Gesellschaft für Informatik GI, der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik GMM sowie der Informationstechnischen Gesellschaft ITG im VDE – ist das bedeutendste deutschsprachige Forum, um Trends, Ergebnisse und aktuelle Probleme auf dem Gebiet des Tests, der Diagnose und der Zuverlässigkeit digitaler, analoger, Mixed-Signal- und HF-Schaltungen zu diskutieren. Vom 22. bis 24. Februar 2026 fand die 38. Ausgabe des TuZ-Workshops im Dorint-Hotel in Potsdam statt. Die Tagungsleitung hatte Dr. Leticia Maria Bolzani Pöhls vom Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik IHP inne. Als Vorsitzender des Programmkomitees fungierte Dr.-Ing. Daniel Tille von Siemens EDA.

Das umfangreiche Tagungsprogramm bot mit 22 regulären Vorträgen und Postern zahlreiche Anstöße für einen spannenden Austausch. Das Themenspektrum erstreckte sich hierbei von neuartigen Forschungsansätzen bis hin zu Praxisberichten über die Herausforderungen bei der Produkteinführung. Highlights der Veranstaltung waren zwei eingeladene Vorträge zu den Themen »Artificial Stupidity and its Strategic Value« und »Cars, Clouds & Compliance – Safety challenges in the age of connected ADAS and AD systems« sowie eine Podiumsdiskussion zum Thema »Testüberdeckungsmetriken im Zeitalter aktueller Fertigungsprozesse«.

Das Konferenzprogramm wurde durch eine Führung durch die Biosphäre Potsdam mit anschließendem Abendessen abgerundet. Der nächste TuZ-Workshop wird im Februar 2027 in Hamburg stattfinden. •

★ www.tuz-workshop.de



Deep Tech aus Berlin für die Quantentechnologien der Zukunft

• G. TRÄNKLE • A. WICHT • M. KRUTZIK, Rydberg Photonics, Berlin

Vom Forschungslabor zur industriellen Quantentechnologie

Rydberg Photonics ist ein Berliner Deep-Tech-Unternehmen, das Quantentechnologien in die industrielle Anwendung bringt. Als Ausgründung des Ferdinand-Braun-Instituts (FBH) in Berlin-Adlershof entwickelt und produziert das Unternehmen hybrid-integrierte photonische Plattformen für Quantensensoren, optische Uhren, Quantencomputer und Quantennetzwerke.

Die Gründung findet in einem einzigartigen Moment statt, in dem technologische Innovation, wissenschaftliche Expertise und eine stark wachsende Marktnachfrage zusammenkommen. Quantentechnologien entfalten derzeit enormes Potenzial – von Gesundheit und Life Sciences über Navigation und Sensorik bis hin zu Computing und Sicherheit.

Gleichzeitig verfügt das FBH über mehr als 15 Jahre Erfahrung in der Entwicklung photonischer Lösungen für Quantenanwendungen. Die dort entwickelten Technologien wurden bereits unter extremen Bedingungen, etwa im Weltraum, getestet und setzen internationale Maßstäbe. Mit dem rasanten Wachstum des globalen Quantentechnologiemarktes steigt auch der Bedarf an skalierbaren und industrietauglichen photonischen Systemen.

Das internationale Gründerteam vereint jahrzehntelange Erfahrung in Quantentechnologien – darunter Atominterferometrie, optische Uhren und hochpräzise HF-Messtechnik – mit umfassendem Know-how in Halbleitertechnologie, Diodenlaserentwicklung und ultrapräziser Mikromontage.

Die Vision

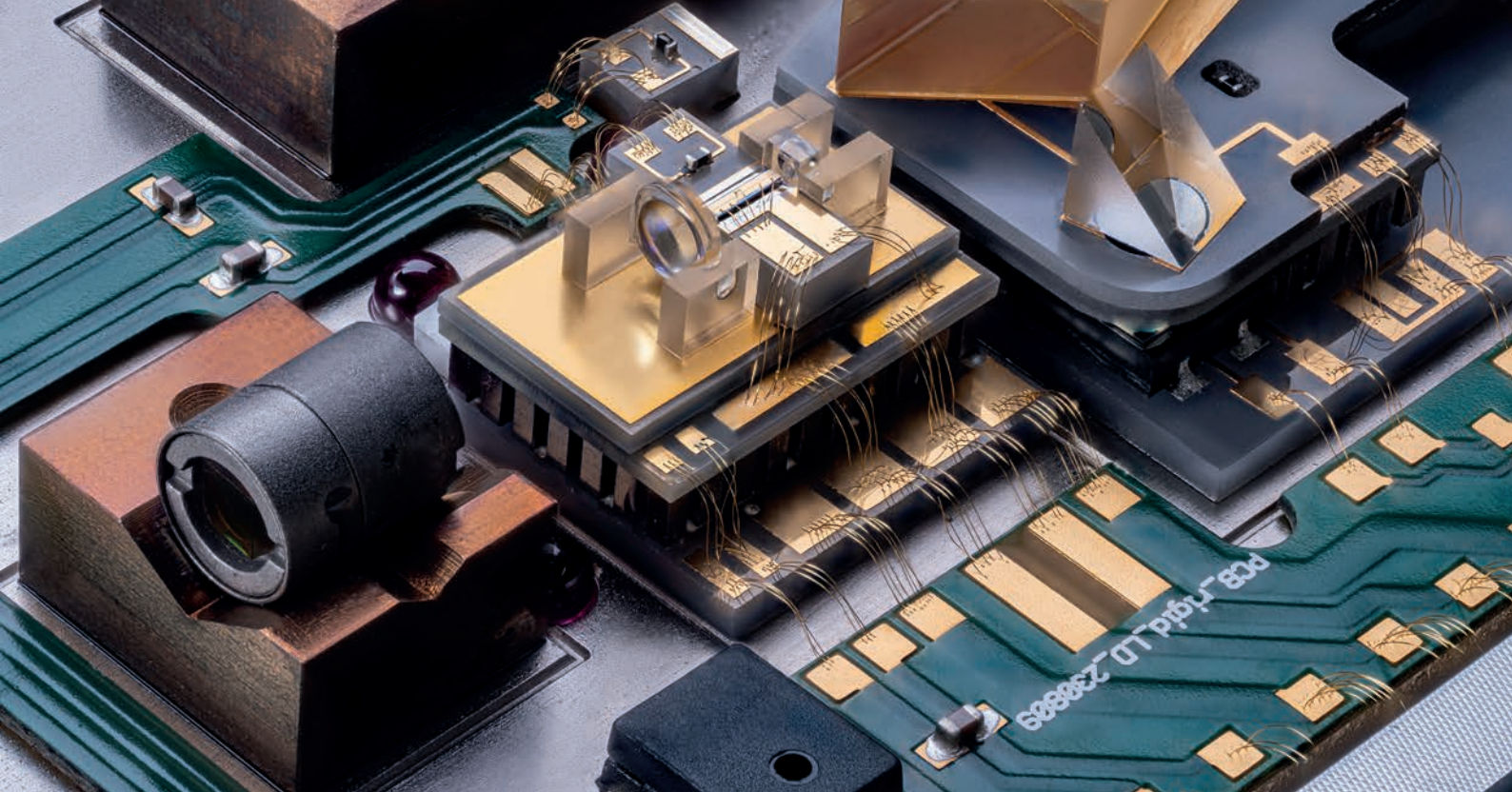
Die Gründer von Rydberg Photonics verbindet eine gemeinsame Vision: wissenschaftliche Exzellenz in reale Anwendungen zu überführen. Für das Team ist klar, dass die nächsten großen Durchbrüche der Quantentechnologie nicht mehr ausschließlich wissenschaftlicher, sondern vor allem ingenieurtechnischer Art.

Deshalb verfolgt Rydberg Photonics die Philosophie, Quanteninnovationen so zu industrialisieren, dass Systeme kompakt, robust, skalierbar und außerhalb von Laborumgebungen zuverlässig einsetzbar sind. Von Beginn an stehen Systemintegration, Zuverlässigkeit und industrielle Fertigung im Mittelpunkt der Entwicklung.

Die technologische Grundlage bildet eine am FBH entwickelte Technologie mit nachgewiesener Eignung für den Einsatz im Weltraum, die eine Mikromontage optischer und photonischer Module mit Nanometer-Präzision gestattet.

Mittelfristig strebt Rydberg Photonics an, zum globalen Maßstab für komplexe und zugleich skalierbare photonische Lösungen werden – insbesondere für Quantensensorik, optische Uhren, Quantencomputer, sichere Kommunikation und Metrologie. Perspektivisch reicht die Roadmap von photonischen Kernsystemen bis hin zu vollständigen Quantengeräten.

Rydberg Photonics



Ausschnitt aus einem ultra-kompakten Lasermodul für den Einsatz in der Quantensensorik

Technologische Innovation mit gesellschaftlicher Wirkung

Viele Anwendungen der Quantentechnologie benötigen Laserfelder mit extrem präzise kontrollierter Frequenz und Intensität. Dies gilt beispielsweise für Rydberg-Elektrometer, Magnetometer, Navigationsensoren sowie atom- und ionenbasierte Quantencomputer und Netzwerke.

Besonders stark wächst die Nachfrage in vier zentralen Bereichen:

- › Quantum Sensing und Quantum Computing, bei denen die Lösungen von Rydberg Photonics als kritische photonische Subsysteme dienen
- › Optische Metrologie mit hochpräzisen integrierten Frequenzstandards
- › Telekommunikation und sichere Kommunikation, beispielsweise für kohärente Netzwerke und Quantum Key Distribution
- › Raumfahrt, wo kompakte Quantensysteme neue Möglichkeiten für Navigation und Erdbeobachtung eröffnen

Die gesellschaftliche Bedeutung dieser Technologien ist enorm: Sie können die Präzision medizinischer Diagnostik verbessern, sichere Kommunikation ermöglichen, Navigationssysteme unabhängiger machen und neue Rechenleistungen erschließen.

Warum Berlin der ideale Standort ist

Für Rydberg Photonics bietet Berlin ideale Bedingungen für die Entwicklung von Deep-Tech-Innovationen. Die Hauptstadt verbindet Spitzenforschung, industrielle Fertigung, Start-up-Kultur und internationale Talente auf einzigartige Weise.

Besonders Berlin-Adlershof gilt als eines der führenden europäischen Zentren für Photonik und Quantentechnologien. Initiativen wie Berlin

Quantum oder LEAP schaffen ein dynamisches Innovationsumfeld speziell für Quantentechnologien.

Die räumliche Nähe von Universitäten, Forschungseinrichtungen, Komponentenherstellern und industriellen Anwendern beschleunigt Technologietransfer und Kooperationen erheblich. Gerade im Bereich Quantentechnologie sind kurze Wege zwischen Forschung und Anwendung entscheidend.

Finalist beim Berlin Deep Tech Award

Die Nominierung als Finalist beim Berlin Deep Tech Award ist für Rydberg Photonics eine besondere Auszeichnung. Der Preis richtet sich gezielt an technologieorientierte Unternehmen mit herausragender Forschungs- und Entwicklungsleistung – und passt damit ideal zur Mission des Unternehmens. Für das Team selbst bedeutet die Finalteilnahme vor allem Anerkennung der bisherigen Innovationsleistung. Sie stärkt Motivation, Unternehmenskultur und die gemeinsame Vision, Quantentechnologien aus dem Labor in die industrielle Realität zu bringen.

Eine Botschaft an zukünftige Gründerinnen und Gründer

Die Geschichte von Rydberg Photonics zeigt, welches Potenzial wissenschaftliche Ausgründungen besitzen. Gerade in Deutschland entstehen an Forschungsinstituten und Hochschulen zahlreiche Technologien mit internationaler Relevanz. Entscheidend ist der Mut, Forschungsergebnisse nicht nur wissenschaftlich weiterzuentwickeln, sondern auch unternehmerisch zu denken. Wer gründet, gestaltet technologische Zukunft aktiv mit. ●



Von der TU Darmstadt zur Industrie: Wie etalytics Energieeffizienz revolutioniert

• **N. PANTEN**, CEO und Mitgründer etalytics, Darmstadt

Spätestens seit der Energiekrise ist vielen Unternehmen bewusst geworden, wie verwundbar sie durch steigende und volatile Energiepreise sind. Energie ist nicht mehr nur ein Kostenfaktor, sondern eine Frage von Wettbewerbsfähigkeit, Versorgungssicherheit und Zukunftsfähigkeit. Für uns als Gründer-team war früh klar: Die günstigste und verlässlichste Energie ist die, die gar nicht erst verbraucht wird. Genau aus dieser Überzeugung heraus ist etalytics entstanden.

Mit etaONE entwickeln wir eine KI-Plattform, die komplexe Energiesysteme in Rechenzentren und Industrieanlagen vorausschauend optimiert. Ziel ist es, Energieverbrauch, Energiekosten und CO₂-Emissionen messbar zu senken, ohne Sicherheit, Stabilität oder Verfügbarkeit zu gefährden.

Unsere Wurzeln in der Forschung

Unsere Geschichte beginnt 2014 nicht in einem klassischen Start-up-Büro, sondern in der ETA-Fabrik der TU Darmstadt. Dort beschäftigte ich mich mit einer Frage, die bis heute den Kern unserer Arbeit bildet: Wie können Unternehmen ihren Energieverbrauch nicht nur messen, sondern aktiv und intelligent optimieren?

In der ETA-Fabrik wurde schnell sichtbar, was viele Industrieunternehmen bis heute erleben. Anlagen laufen zuverlässig, aber häufig nach starren Regeln. Kälte, Wärme, Lüftung, elektrische Energieerzeugungsanlagen, Produktionsmaschinen, Gebäude und Wetterbedingungen beeinflussen sich gegenseitig. Gleichzeitig entstehen tausende Datenpunkte, aus denen im Alltag nur selten echte Entscheidungen abgeleitet werden. Was zunächst wie ein Forschungsthema wirkte, wurde immer mehr zu einem praktischen Problem der Industrie. Unternehmen wollten Energie sparen, hatten aber oft weder die Transparenz,

Kompetenz noch die Werkzeuge, um ihre Anlagen dynamisch und ganzheitlich zu analysieren und optimieren.

Der Schritt von der Idee zur Anwendung

Gemeinsam mit Dr. Thomas Weber, Experte für mathematische Optimierung und Energiesysteme, entstand die Idee eines intelligenten Betriebssystems für Energieinfrastrukturen. Es sollte nicht nur anzeigen, wo Energie verbraucht wird, sondern berechnen, wie Anlagen im nächsten Moment am effizientesten betrieben werden können.

Mit Björn König kam die notwendige Erfahrung in Softwarearchitektur, IoT und skalierbaren Unternehmensanwendungen hinzu. So entstand unser Gründerteam mit drei Perspektiven, die bis heute zusammenwirken: Forschung und Vision, KI und Energiesysteme, Software und Skalierung.

Der entscheidende Impuls kam 2019. Wir reichten unsere Vision beim Gründerwettbewerb »Digitale Innovationen« des Bundeswirtschaftsministeriums ein und gewannen Hauptpreis und Sonderpreis. Für uns war das ein starkes Signal: Unsere Idee war nicht nur wissenschaftlich spannend; sie wurde gebraucht. Im Januar 2020 wurde etalytics gegründet. Aus der Forschung wurde ein Unternehmen mit dem Anspruch, Energieeffizienz nicht nur zu analysieren, sondern direkt in den industriellen Betrieb zu bringen.

etaONE: erklärbare KI statt Black Box

Mit etaONE haben wir eine Plattform entwickelt, die speziell für die KI-gestützte Analyse und Echtzeit-Optimierung komplexer industrieller Energiesysteme entwickelt wurde. Ergänzt wird sie durch einen neuen KI-Assistenten für das Energiemanagement, der Anwender dabei unterstützt, schneller fundierte Entscheidungen auf Basis komplexer Energiedaten zu treffen.

etaONE hilft Unternehmen, ihre Anlagen effizienter, stabiler und schonender zu betreiben, kritische Infrastrukturen widerstandsfähiger zu machen und technische Teams im Alltag zu entlasten. Statt Daten nur zu sammeln, macht die Plattform Zusammenhänge sichtbar, erkennt Abweichungen frühzeitig und unterstützt Teams dabei, schneller die richtigen Ursachen zu finden. Gleichzeitig entstehen die Grundlagen für verlässliches Reporting und die Erfüllung regulatorischer Anforderungen.

Wichtig ist uns dabei: Unsere KI ist keine Black Box. Wir kombinieren Daten, physikalische Modelle und mathematische Optimierung. Sicherheitsgrenzen, technische Restriktionen und Betriebsregeln bleiben nachvollziehbar. Gerade in kritischen Infrastrukturen wie Rechenzentren oder Produktionsanlagen ist Vertrauen entscheidend. Unsere KI soll Betriebsteams nicht ersetzen. Sie soll ihnen helfen, Komplexität zu beherrschen, schneller zu reagieren und bessere Entscheidungen zu treffen.

Wirkung in Rechenzentren und Industrie

Ein besonders großer Hebel liegt in Rechenzentren. Während Server unsere digitale Welt antreiben, benötigen ihre Kühlung enorme Mengen Energie. etaONE optimiert das Zusammenspiel von Kältemaschinen, Pumpen, Speichern und weiteren Komponenten vorausschauend und dynamisch.

Beim Rechenzentrumsbetreiber Equinix in Frankfurt konnten durch den Einsatz von etaONE rund 900 Megawattstunden Strom pro Jahr eingespart werden. Das entspricht etwa 240 Tonnen weniger CO₂ Emissionen, bei gleichbleibend hoher Stabilität und Verfügbarkeit.

Auch in der Industrie zeigt sich der Nutzen. Bei Stellantis analysiert etaONE über 2.000 Datenpunkte, um Temperatur, Luftqualität und Energieverbrauch in der Produktion optimal auszubalancieren. In der Lackiererei in Rüsselsheim konnte so der elektrische Energiebedarf der Lüftungsanlage um über 60 Prozent reduziert werden. So wird aus Daten ein Werkzeug für konkrete Effizienz im laufenden Betrieb.



Björn König, Mitgründer und CTO, Dr. Niklas Panten, Mitgründer und CEO, Dr. Thomas Weber, CSO

Unser Beitrag zur digitalen Energiewende

Heute ist etalytics von einem Spin-off der TU Darmstadt zu einem Industriepartner mit über 80 Mitarbeitenden gewachsen. Für uns ist das mehr als Wachstum in Zahlen. Es zeigt, dass aus einer Forschungsidee ein Unternehmen geworden ist, dessen Technologie heute im laufenden Betrieb wirkt: in Rechenzentren, Automobilwerken, Pharma-Produktionsstätten und weiteren energieintensiven Umgebungen. Zu unseren Kunden zählen beispielsweise Volkswagen, Stellantis, Equinix, NTT, Digital Realty, Sanofi und Merck.

Ein wichtiger Meilenstein war die Finanzierungsrunde im Jahr 2025, in der wir 16 Millionen Euro eingesammelt haben. Beteiligt sind unter anderem Microsoft und Alstin Capital, ein Venture-Capital-Fonds von Carsten Maschmeyer. Für uns ist diese Finanzierung vor allem ein Vertrauensbeweis und die Grundlage, unsere Technologie international weiter zu skalieren.

Mit dem im Mai eröffneten Standort in der San Francisco Bay Area in den USA gehen wir diesen Weg konsequent weiter. Die Region rund um San Francisco zählt zu den weltweit wichtigsten Zentren für KI, Deep Tech, Rechenzentren und digitale Infrastruktur.

Deutschlands Stärke liegt im industriellen Wissen

Gerade in Deutschland gibt es ein enormes Fachwissen über industrielle Prozesse. Durch den Einsatz von KI wird dieses Wissen nicht wertlos, sondern im Gegenteil noch wichtiger. Denn KI entfaltet ihren Nutzen erst dann, wenn sie mit technischem Verständnis, Betriebserfahrung und klaren industriellen Anforderungen verbunden wird.

Unser Weg zeigt, wie aus Forschung, unternehmerischem Mut und industrieller Praxis ein Unternehmen entstehen kann, das an einer zentralen Zukunftsfrage arbeitet: Wie machen wir Energiesysteme intelligent genug für eine digitale und klimabewusste Wirtschaft? ●



Gretchen AI

Wie Gretchen AI Unternehmen gegen KI-Fälschungen wappnet

- **T. POLZEHL**, CEO und Mitgründer der Gretchen AI GmbH, Berlin
- **J. TESCH**, Partnership Management Gretchen AI GmbH, Berlin

Generative KI hat die Risikolandschaft von Unternehmen innerhalb weniger Jahre verändert. CEO-Fraud per Stimmklon, gefälschte Bewerbungsunterlagen, manipulierte Belege, synthetische Identitäten in KYC-Prozessen – die Schadensszenarien reichen von finanziellen Verlusten über Reputationsschäden bis zur Unterwanderung interner Kommunikationsprozesse. Klassische Awareness-Maßnahmen greifen zu kurz, weil moderne Manipulationen die menschliche Detektionsschwelle systematisch unterschreiten. Gretchen AI begegnet dieser Lage mit einer Plattform, die zwei Prinzipien verbindet: (1) Verifikation findet dort statt, wo verdächtige Medien tatsächlich ankommen – über APIs oder On-Prem Installationen eingebettet in bestehende Workflows in HR, Compliance, Finance und Kommunikation. Und (2) die Plattform ist so aufgebaut, dass neue generative Modelle und weitere Anwendungsbereiche schnell integriert werden können. Das ist ein zentraler Vorteil in einem Markt, in dem sich die technischen Grundlagen der Angriffe alle drei Wochen verändern.

Unsere Wurzeln in der angewandten Forschung

Die Grundlagen für die Gretchen AI GmbH entstanden in jahrelanger Forschungsarbeit am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), insbesondere im Bereich Speech and Language Technology sowie in der KI-gestützten Muster- und Kontextanalyse. Was als methodische Arbeit an robusten Detektionsverfahren begann, traf zunehmend auf einen konkreten Bedarf der Wirtschaft: Unternehmen suchten Werkzeuge, die mit der Geschwindigkeit und Vielfalt generativer Manipulationen Schritt halten – ohne ihre Mitarbeitenden zusätzlich kognitiv zu belasten. Aus dieser Überzeugung heraus ist Gretchen AI als Ausgründung in Berlin entstanden, an einem Standort, an dem

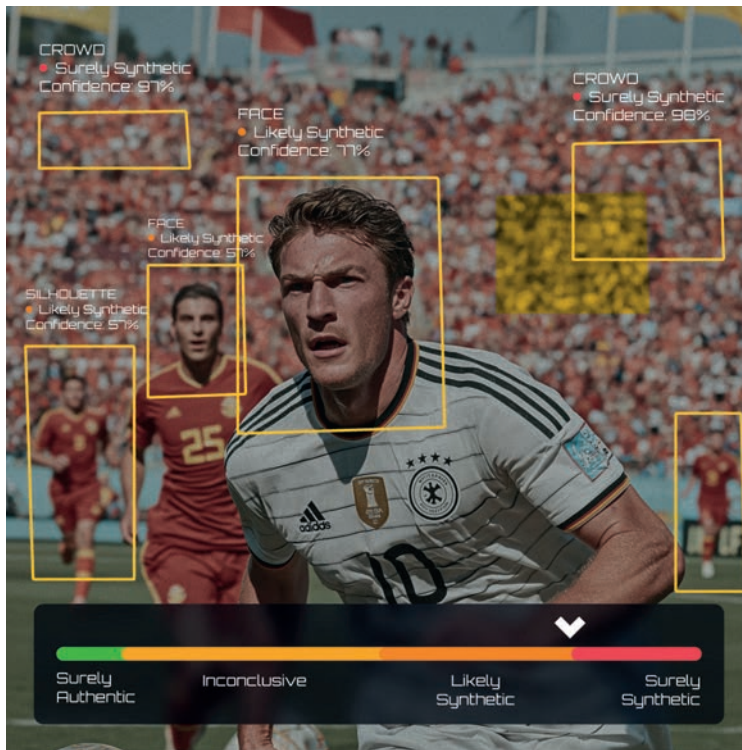
Deep-Tech-Ökosystem, regulatorische Institutionen und industrielle Anwender zusammentreffen.

Ein adaptiver technologischer Ansatz

Reine Detektionsmodelle reichen nicht mehr aus. Heutige Manipulationen reichen von vollständig synthetischen Videos über partielle Veränderungen weniger entscheidender Sekunden Audio- oder Videomaterial bis hin zur Wiederverwendung echter Inhalte in falschen Kontexten. Unsere Plattform kombiniert deshalb drei Ebenen: erstens eigenentwickelte Detektionsmodelle für Bild, Audio und Video, die auf über zehn Millionen kuratierten Datenpunkten trainiert wurden und im IEEE Benchmark für Deepfake-Erkennung internationale Spitzenplätze belegen. Zweitens KI-Agenten für Provenienz- und Kontextanalyse, die Herkunft, frühere Erscheinungsformen und Verwendungskontexte eines Medieninhalts systematisch erschließen. Drittens eine Benutzeroberfläche, die Indizien so darstellt, dass Sachbearbeitende, Analytistinnen oder Compliance-Verantwortliche die Ergebnisse schnell nachvollziehen und entscheiden können. Entscheidend für den industriellen Einsatz ist dabei nicht nur die Erkennungsleistung im Hier und Jetzt, sondern die Fähigkeit, sich anzupassen: Wir haben unsere Trainings-, Daten- und Evaluationsprozesse so entwickelt, dass neue generative Modelle und neue Bilddomänen – etwa aus Social Media Postings, aus Dokumentenfälschungen, medizinischer Bildgebung oder Satellitendaten – in kurzen Zyklen integrierbar sind.

Anerkennung als strategische Technologie

Dass Medienverifikation als strategisch bedeutende Zukunftstechnologie eingestuft wird, zeigt sich in der jüngsten Förder- und Auszeichnungslandschaft: Spitzenplatzierung in der SPRIND-Challenge der Bundesagen-



tur für Sprunginnovationen, Auszeichnung auf der VivaTech in Paris, Nominierung für den Innovationspreis Berlin-Brandenburg sowie zuletzt der Gewinn des Deep Tech Award 2026 in der Kategorie Artificial Intelligence. Wir verstehen diese Signale als Bekenntnis dazu, dass technologische Antworten auf KI-gestützte Manipulation in Europa entstehen müssen – und können.

Vom Pilotfall in die Breite

Wie schnell sich unser Ansatz auf neue Kanäle übertragen lässt, zeigte sich im Frühjahr 2026 im Rahmen der Initiative »Check first. Vote smart.«: Innerhalb kurzer Zeit wurde unsere Technologie in eine Social-Media-Plattform integriert und ermöglichte einen kostenfreien Deepfake-Check verdächtiger Inhalte – ein Praxisbeleg dafür, dass dieselbe Architektur, die Unternehmens-Workflows absichert, sich auch auf öffentliche Kommunikationsräume übertragen lässt. Aktuell bauen wir Partnerschaften mit Unternehmen aus den Bereichen HR, Medien & Content-Management, Identity Verification, Media Intelligence sowie mit Behörden und Sicherheitsorganisationen weiter aus.

Fazit

Unser Weg zeigt: Vertrauenswürdige digitale Prozesse brauchen exzellente Forschung als Fundament, unternehmerischen Willen zur Übersetzung in Produkte – und ein Verständnis dafür, dass Verifikation als Infrastruktur gedacht werden muss, nicht als Spezialwerkzeug. Mit der nun verfügbaren Self-Service-Plattform und den API-Angeboten für Enterprise-Kunden möchten wir diese Infrastruktur in die Breite tragen, damit Unternehmen handlungsfähig bleiben, auch wenn die nächste Generation generativer Modelle bereits an der Tür steht. ●

MITTE Gretchen AI Gründerteam:

Tim Polzehl, Arnab Das, Daniel Röder
UNTEN Preisverleihung DeepTech Award
auf der DeepTech Momentum DTM26,
Berlin



Gretchen AI auf einen Blick

Die Herkunft: Erfolgreiche Ausgründung aus dem DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) mit Standort Berlin

Die Technologie: SOTA-Deepfake-Detection, trainiert auf >10 Mio. Datenpunkten und kontinuierliches Training, kombiniert mit neuer Architektur von KI-Agenten

Die Ergebnisse: Über 125 Spielarten von Fakes werden erkannt, Erkennungsrate von 98,6%, Analysezeit <100 ms, Übersichtliche und belastbare Datenauswertung

Die Meilensteine: SPRIND-Challenge, VivaTech Award, Nominierung Innovationspreis Berlin-Brandenburg, Deep Tech Award 2026

Der Einstieg: Nach dem erfolgreichen Beta-Ende steht das Dashboard ab sofort für einen 14-tägigen Free Trial (inkl. Credits) unter dashboard.gretchen-ai.com zur Verfügung.

★ <https://gretchen-ai.com>



Q.ANT

Mit Licht rechnen: Photonisches Computing als Antwort auf die Grenzen der KI-Infrastruktur

• **M. FÖRTSCH**, Gründer und CEO von Q.ANT, Stuttgart

Was 2018 als kühne technologische Wette begann, ist heute ein weltweit einzigartiges Unternehmen: Q.ANT aus Stuttgart ist das erste und bislang einzige Unternehmen, das photonische Prozessoren in realen Rechenzentren in Betrieb hat.

Die Ausgründung

Q.ANT wurde 2018 von Dr. Michael Förtsch als Spin-off aus dem Stuttgarter Laserkonzern TRUMPF gegründet – mit einer ebenso klaren wie radikalen Idee: Informationen nicht mehr mit Elektronen, sondern mit Licht zu verarbeiten. Seitdem hat sich Q.ANT vollständig eigenständig entwickelt, mit eigener Technologie, eigener Chiparchitektur und einer eigenen Fertigungslinie am IMS CHIPS in Stuttgart.

Warum Photonisches Computing?

Das globale KI-Ökosystem wächst in einer Geschwindigkeit, die die bestehende Chip-Infrastruktur an ihre fundamentalen Grenzen bringt. Transistorbasierte CMOS-Prozessoren können nicht mehr wesentlich kleiner oder schneller werden; Leistungszuwächse werden immer marginaler und teurer, während der Energiehunger moderner KI-Workloads explodiert. Die Internationale Energieagentur (IEA) schätzt, dass Rechenzentren bis 2026 mehr Strom verbrauchen werden als ganze Volkswirtschaften heute. Q.ANT adressiert diesen Engpass mit einem grundlegend neuen Ansatz. Photonische Schaltkreise auf der

Materialplattform Dünnschicht-Lithiumniobat (TFLN) verarbeiten Informationen mit Licht – ohne Wärmeentwicklung auf dem Chip, ohne elektrische Widerstände. Die eigens entwickelte LENA-Architektur (Light Empowered Native Arithmetics) ist auf die Rechenoperationen optimiert, die das Herz von KI-Modellen bilden. Das Potenzial der Technologie: bis zu 30-fache Energieeffizienz und 50-fach höhere Rechenleistung gegenüber konventionellen Systemen – ohne aufwendige aktive Kühlsysteme.

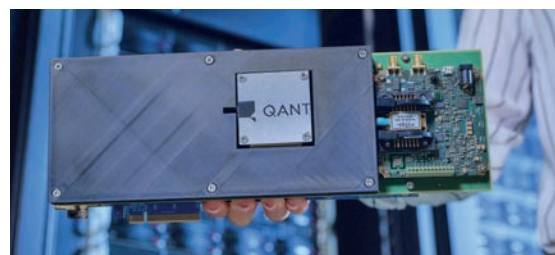
Weltweit führend:

Als Einzige bereits im Rechenzentrum

Was Q.ANT von allen anderen Akteuren im Feld unterscheidet, ist nicht allein die Technologie – es ist die Tatsache, dass diese bereits läuft. Im Juli 2025 nahm Q.ANT seinen Native Processing Server (NPS) am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Betrieb – als weltweit erste Installation eines photonischen KI-Rechners in einem Höchstleistungsrechenzentrum überhaupt. Bereits wenige Monate nach der ersten Installation folgte die zweite Generation: Die NPU 2.0-Prozessoren wurden ebenfalls erfolgreich in die HPC-Umgebung des LRZ integriert und arbeiten dort direkt neben konventionellen CPUs und GPUs – mit bis zu 50-fachen Leistungssteigerungen gegenüber der ersten Generation: ein Zeichen dafür, dass die Technologie nicht nur funktioniert, sondern sich iterativ weiterentwickelt.



OBERN Photonische Server von Q.ANT sind am Leibniz Rechenzentrum LRZ in München sowie am Jülich Supercomputing Center JSC im Einsatz
UNTEN Michael Förtsch, Gründer und CEO Q.ANT, setzte früh auf photonische Rechenarchitekturen für KI-Modelle



Skalierung, Kommerzialisierung und US-Markt

Mit bewiesener Technologie und dem weltweit ersten Datacenter-Einsatz hinter sich tritt Q.ANT nun in die Phase der Skalierung ein – technologisch wie unternehmerisch. Ein Signal dafür ist die vereinbarte strategische Partnerschaft mit IONOS, dem führenden europäischen Cloud-Anbieter. Noch in diesem Sommer wollen die Partner erste photonische KI- und HPC-Lösungen in der Cloud bereitstellen – der Schritt von der wissenschaftlichen in die kommerzielle Nutzung. Parallel dazu expandiert Q.ANT in den US-amerikanischen Markt, wo das Unternehmen ein Büro in Austin, Texas betreibt, um KI-Infrastrukturkunden zu bedienen. Bis 2030 soll die photonische Prozessortechnologie zur tragenden Säule globaler KI-Systeme werden.

Q.ANT ist kein Versprechen mehr – die Technologie ist in Anwendung in einer der bedeutendsten HPC-Umgebungen Europas. Wer die Zukunft des KI-Rechnens verfolgt, kommt an Q.ANT nicht vorbei. 🍷

★ <https://qant.com>



NACHRUf

Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer

• V. SCHANZ • D. DUDEK, VDE ITG

»Die weltweiten Telekommunikationsnetze (Telefon-, Mobilfunknetze, Internet) bilden heute das Nervensystem von Wirtschaft und Gesellschaft. Durch den anhaltenden technologischen Fortschritt in der Elektronik, der Computer- und Kommunikationstechnik steigt nicht nur die Zahl der Teilnehmer in den Netzen ständig, sondern es entstehen auch laufend neue Anwendungen, wie Radio und Fernsehen im Internet, elektronischer Handel und interaktive Spiele im Internet. Auf den Kupfer- und Glasfaserkabeln sowie den Funkstrecken werden gigantische Informationsmengen transportiert. Das Verkehrswachstum ist nach wie vor exponentiell«

Optimierung von Kommunikationsnetzen, Springer Nature, 2009

Mit diesem Zitat möchten wir den tiefen Wissensschatz von Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer ehren, der am 19. März 2026 verstarb.

Mit großer Trauer und tiefem Respekt nehmen wir Abschied von Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer, einem herausragenden Wissenschaftler, engagierten Lehrer und prägenden Gestalter der modernen Kommunikationstechnik. Sein Lebenswerk, das Generationen von Ingenieurinnen und Ingenieuren inspiriert hat, bleibt unvergessen.

Jörg Eberspächer studierte Elektrotechnik an der Universität Stuttgart, das er 1970 als Dipl.-Ing. abschloss und promovierte 1976 dort zum Dr.-Ing. Seine frühe Forschungstätigkeit am Institut für Elektroakustik der Universität Stuttgart legte den Grundstein für seine spätere Arbeit in den Bereichen Hochgeschwindigkeitsnetzwerke (LAN, ATM) und intelligente Vermittlungsrechner. Von 1977 bis 1990 widmete er sich bei der Siemens AG in München der Entwicklung moderner Netzwerktechnologien und war so maßgeblich an der Erarbeitung internationaler Standards beteiligt, darunter der ANSI FDDI-2 Hybrid Ring und der ECMA-Standard für computergestützte Telekommunikationsanwendungen.

1990 wurde er als ordentlicher Professor an die Technische Universität München (TUM) berufen, wo er bis zu seiner Emeritierung 2012 den Lehrstuhl für Kommunikationsnetze leitete. Als Dekan der Fakultät

für Elektrotechnik und Informationstechnik (2002 bis 2005) gestaltete er die akademische Landschaft der TUM nachhaltig mit. Seine Forschungsschwerpunkte von Next-Generation-Internet-Architekturen über 4G/5G-Mobilfunknetze bis hin zum Internet der Dinge (IoT) sind Grundpfeiler der digitalen Transformation und modernen Informationstechnik. Als TUM Emeritus of Excellence blieb er auch nach seiner aktiven Zeit der Wissenschaft verbunden.

Besonders prägend war sein Engagement in der Informationstechnischen Gesellschaft (ITG) im VDE, wo er von 1997 bis 1999 als Vorstandsmitglied und von 2000 bis 2002 als Vorsitzender an der Seite von Dr.-Ing. Volker Schanz fungierte. In dieser Zeit trieb er die ITG mit vollem Elan und Engagement für die Förderung der Informationstechnik in Deutschland voran. Sein Wirken in diesen Positionen festigte den Ruf der ITG als zentrale Plattform für den Austausch und die Weiterentwicklung der Informationstechnik in Deutschland und weltweit.

Darüber hinaus war Prof. Eberspächer ein gefragter Berater und Mitgestalter zahlreicher Institutionen. So leitete er von 2007 bis 2015 als Vorsitzender das Kuratorium des Fraunhofer-Heinrich-Hertz-Instituts (HHI) in Berlin und war von 2002 bis 2015 Mitglied des Kuratoriums des Fraunhofer-Instituts für Offene Kommunikationssysteme (FOCUS). Er war Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirats der Lakeside Labs in Klagenfurt (ab 2008) und Mitglied des Kuratoriums des Deutschen Museums, wofür er 2004 mit der Oskar-von-Miller-Medaille ausgezeichnet wurde. Zudem war er Mitbegründer des interdisziplinären Centers for Digital Technology and Management (CDTM) in München, das bis heute als Innovationshub gilt.

Seine internationale Ausstrahlung zeigte sich nicht nur durch seine Gastprofessur an der Tongji University in Shanghai, sondern auch durch seine Mitgliedschaften in renommierten Organisationen wie der IEEE, der ACM, der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina und der Acatech. Seine zahlreichen Publikationen, darunter das Standardwerk »GSM – Global System for Mobile Communication« (Wiley), und seine Tätigkeit als Herausgeber der European Transactions on Telecommunications (ETT) zeugen von seinem unermüdlichen Streben nach Wissensvermittlung und wissenschaftlichem Austausch.

Jörg Eberspächer hob Synergien zwischen Theorie und Praxis, Tradition und Innovation. Sein Engagement für die ITG und den VDE zeigt, wie sehr er mit Kommunikationstechnik und der wissenschaftlichen Community verbunden war. Er verstand Wissenschaft nicht als Selbstzweck, sondern als Werkzeug zur Gestaltung einer besseren Gesellschaft. Seine interdisziplinäre Herangehensweise und sein Blick für die techno-ökonomischen und gesellschaftlichen Auswirkungen digitaler Technologien bleiben bis in die Zukunft relevant.

Die ITG im VDE, die TUM verlieren mit Prof. Eberspächer einen ihrer prägendsten Köpfe und einen Fürsprecher des Fortschritts. Sein Wirken wird in den Netzwerken, die er mitgestaltet hat, in den Studierenden, die er inspiriert hat, und in den Standards, die er mitgeprägt hat, weiterleben.

Im Namen der ITG im VDE und aller, die ihn kannten und schätzten, nehmen wir Abschied von Prof. Eberspächer. •



NACHRUF

Prof. Dr.-Ing. Dieter Seitzer

• **R. WEIGEL**, Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Dieter Seitzer, Professor im Ruhestand, langjähriger Inhaber des Lehrstuhls für Technische Elektronik (LTE) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und in Personalunion Leiter des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen (Fraunhofer-IIS) verstarb am 12. April 2026 in Erlangen, wenige Tage vor seinem 93. Geburtstag. Dieter Seitzer war mein Vorgänger als Lehrstuhlinhaber des LTE und ich habe ihn persönlich und fachlich außerordentlich geschätzt. Das liegt sicher auch daran, dass ich stets versucht habe, seinem Bestreben, Elektronik in Forschung und Lehre für die Praxis zu betreiben nachzueifern. Für uns beide waren neue, zu erforschende Ideen nur dann gute Ideen, wenn sie auch »auf den Platz« gebracht werden können; und ingenieurwissenschaftliche Ausbildung war nur dann effektiv, wenn sie nicht rein thesauriertes Wissen vermittelt sondern grundlagenorientiert und nachhaltig ist. Dieter Seitzer war ein interdisziplinär agierender Teamplayer – »Gewinnen durch Teilen« war sein Leitbild, und auch hier ist er für mich ein großes Vorbild.

In Tübingen geboren, hatte Dieter Seitzer an der Universität Stuttgart Nachrichtentechnik studiert und wurde dort mit einer Arbeit zum Thema »Verformung von Impulsen auf inhomogenen Leitungen« promoviert; sein Doktorvater war Richard Feldtkeller. Vor seiner Berufung an die FAU auf den neuen Lehrstuhl für Technische Elektronik im Jahre 1970 war er am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon, Schweiz als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig gewesen, zuletzt als Leiter der Abteilung für Experimentelle Systeme der Nachrichtenübertragung. Seiner schon damals geprägten Auffassung von der Technischen Elektronik als Mittler der Herstellung von Bauelementen und Schaltungen und deren praktischen Anwendung in technikwissenschaftlichen Disziplinen blieb Dieter Seitzer immer treu; sie ist nach wie vor aktuell und richtig. Unter seiner Leitung befasste sich der Lehrstuhl in der Forschung mit vielfältigen Themenstellungen aus der Schaltungstechnik und der Sensorik sowie der Konditionierung und Verarbeitung von Ton- und Bildsignalen.

Dieter Seitzer gilt völlig zurecht als der »Motor der Mikroelektronikentwicklung in Franken«. Denn es war seiner Initiative zu verdanken, dass die Bayerische Staatsregierung im Jahre 1984 grünes Licht für die Gründung der gemeinnützigen »Zentrum für Mikroelektronik und Informationstechnik GmbH« in Erlangen gab und Dieter Seitzer als deren Geschäftsführer berief. Dies war der Startpunkt für den Ausbau der Mikroelektronik in der Metropolregion Nürnberg, der in den achtziger Jahren zur Gründung zweier Lehrstühle (einer für Elektronische Bauelemente und einer für Rechnergestützten Schaltungsentwurf) und im Jahre 1990 schließlich zur Gründung des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen geführt hat. Dieter Seitzer leitete den LTE und das Fraunhofer-IIS dann bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1998 in Personalunion. Seine größten Erfolge heimste der LTE sicherlich mit seinen grundlegenden und wegweisenden Arbeiten auf dem Gebiet der Codierung von Audiosignalen ein, die im Nachgang dann vom Fraunhofer-IIS zu spektakulären, weltbekannten Anwendungen (mp3, Digitaler Rundfunk) weitergeführt wurden.

Für sein Wirken hat Dieter Seitzer zahlreiche Ehrungen erhalten, darunter das Bundesverdienstkreuz 1. Klasse, die Staatsmedaille der Bayerischen Staatsregierung, den Verdienstorden des Freistaats Bayern sowie den Bayerischen Maximiliansorden. Die Consumer Electronics Association ehrte ihn für die Entwicklung und Verbreitung des mp3-Formats und stellvertretend für das Fraunhofer-Entwicklerteam wurde er zusammen mit zwei Kollegen in die Consumer Electronics Hall of Fame aufgenommen.

Dieter Seitzer war trotz seiner wissenschaftlichen Exzellenz und internationalen Reputation erfrischend bescheiden. Ämter, Funktionen und Titel waren für ihn stets weniger wichtig als das konkrete Tun und die Überführung der Forschungsergebnisse in die praktische Verwertung. Mit seinem »Gewinnen durch Teilen« hat Dieter Seitzer Technologien vorangetrieben, deren Nutzen für uns heute selbstverständlich sind. Der »Motor der Mikroelektronikentwicklung in Franken« ist damit weit über seine Wahlheimat hinaus weltweit bekannt geworden. •



NACHRUF

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Koch

• W. GERSTACKER • R. SCHÖBER • C. STIERSTORFER,
Lehrstuhl für Digitale Übertragung,
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Mit großer Trauer geben wir bekannt, dass Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Koch am 4. Mai 2026 im Alter von 76 Jahren verstorben ist. Als Professor an der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg und Inhaber des Lehrstuhls für Mobilkommunikation (LMK), heute Institute für Digital Communications (IDC), von 2001 bis 2012 prägte Wolfgang Koch die Forschung und Lehre im Department Elektrotechnik-Elektronik-Informationstechnik (EEI) zum Thema Mobilkommunikation.

Wolfgang Koch studierte an der TU Hannover Nachrichtentechnik und war dort zwischen 1977 und 1982 wissenschaftlicher Assistent am Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik (Prof. H. Kindler). Nach seiner Promotion zum Thema Sprachcodierung war er zwischen 1983 und 1995 für die Firma Philips Kommunikations Industrie AG (PKI) in Nürnberg in verschiedenen Funktionen tätig, z.B. als Leiter der Abteilung Grundlagenentwicklung der Business Unit »Cellular Infrastructure Systems«. In dieser Zeit leistete Koch wesentliche Beiträge zum Entwurf von System- und Übertragungskonzepten, die maßgeblich für die Einführung des digitalen zellularen Mobilfunks in Europa (GSM-Standard) waren. Von 1995 bis 2001 setzte er bei Ericsson Eurolab Deutschland (EED) in Nürnberg u.a. als Leiter der Abteilung Forschung einen Schwerpunkt auf Mobilfunksysteme der dritten Generation (UMTS).

Bereits ab 1995 konnte Koch als Lehrbeauftragter an der FAU seine zahlreichen Studierenden frühzeitig für den digitalen Mobilfunk begeistern. Gleichzeitig führte er gemeinsame Forschungsprojekte mit dem Lehrstuhl für Informationsübertragung durch. Im Jahr 2001 wurde er auf den neu gegründeten Lehrstuhl für Mobilkommunikation der FAU berufen.

Als Lehrstuhlinhaber hat Koch vor allem zu UMTS-Netzen, OFDM-Systemen und Kanalcharakterisierung geforscht. Auch die Lehre war ihm stets eine Herzensangelegenheit. Seine Studierenden schätzten seine fundierten Veranstaltungen und seinen anschaulichen und lebendigen Vortragsstil. Nach seiner Pensionierung war er für das Department noch einige Jahre in der Lehre tätig und blieb dem Lehrstuhl verbunden. Als langjähriges Mitglied der VDE ITG engagierte sich Prof. Koch u.a. als Fachausschussleitender sowie Preisprüfender und unterstützte damit die Facharbeit sowie Nachwuchsförderung.

Wir verlieren mit Prof. Wolfgang Koch einen echten Pionier der Digitalisierung im Mobilfunk, dessen Wirken das Feld mitgeprägt hat, einen äußerst engagierten Lehrer und vor allem einen hoch geschätzten, empathischen Chef und Kollegen. Der Lehrstuhl für Digitale Übertragung wird in Dankbarkeit und Anerkennung sein Andenken bewahren. Unser tiefes Mitgefühl gilt seiner Familie. •

ITGnews

Impressum

HERAUSGEBER

Informationstechnische Gesellschaft
(ITG) im VDE e.V.
Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
069 6308 360
itg@vde.com
www.vde.com/itg

REDAKTION

Dr.-Ing. Damian Dudek
Franziska Bienek

GESTALTUNG UND REALISATION

Lindner & Steffen GmbH
www.lindner-steffen.de

Nachdruck – auch auszugsweise –
nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Offenbach am Main, Juli 2026

BILDNACHWEIS

Sofern nicht auf der Seite angegeben:
AdobeStock: ©Quardia (Umschlag, 06–22),
Iawei (28–32), ManuPadilla (34–40)

VDE





www.vde.com/itg

VDE

