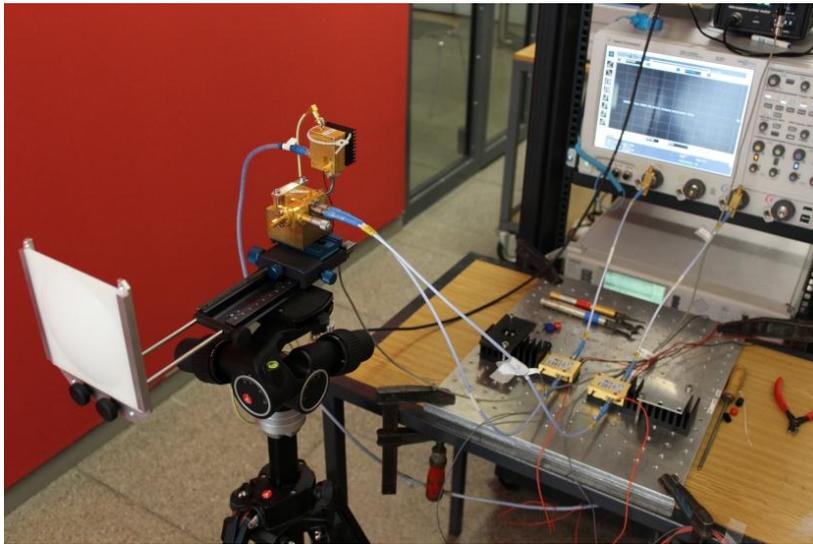


## Weltrekord: Drahtlose Datenübertragung bei 100 Gbit/s

**nature photonics: Kombination aus Photonik und Elektronik legt Grundlage für nahtlose Breitbandversorgung für den ländlichen Raum oder schnellen Datenaustausch zwischen Mobilgeräten**



*Weltrekordaufbau mit 100 Gigabit pro Sekunde: Die Empfängereinheit (links) nimmt das Funksignal auf, das vom Oszilloskop (rechts) aufgezeichnet wird. (Bild: KIT)*

**Der Ausbau der kabelgebundenen Telekommunikationsnetze bedeutet hohe Investitionskosten. Das gilt für urbane Ballungsräume wie den ländlichen Raum gleichermaßen. Hier könnte die Breitband-Datenübertragung durch Richtfunkstrecken dabei helfen, an strategischen Knotenpunkten Flüsse, Autobahnen oder Naturschutzgebiete zu überqueren und den Netzausbau wirtschaftlich machen. In der aktuellen Ausgabe des Magazins nature photonics stellen Forscher ein Verfahren vor, das eine drahtlose Weltrekord-Datenübertragung mit einer Geschwindigkeit von 100 Gigabit pro Sekunde ermöglicht. (doi: 10.1038/nphoton.2013.275)**

In ihrem Rekordversuch haben die Wissenschaftler Daten mit einer Geschwindigkeit von 100 Gigabit pro Sekunde bei einer Frequenz von 237,5 GHz über eine Entfernung von 20 Metern im Labor übertragen. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes „Millilink“ hatten die Forscher in früheren Experimenten bereits 40 Gigabit pro Sekunde und Übertragungsdistanzen von über einem Kilometer im

**Monika Landgraf  
Pressesprecherin**

Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-47414  
Fax: +49 721 608-43658  
E-Mail: presse@kit.edu

**Weiterer Kontakt:**

Kosta Schinarakis  
PKM – Themenscout  
Tel.: +49 721 608 41956  
Fax: +49 721 608 43658  
E-Mail: schinarakis@kit.edu

Freiland erzielt. Am Sender nutzten die Wissenschaftler nun gezielt ein photonisches Verfahren zur Erzeugung der Funksignale. Nach der Funkübertragung kamen am Empfänger vollintegrierte elektronische Schaltungen zum Einsatz.

„Im Projekt stand die nahtlose Einbindung einer breitbandigen Richtfunkstrecke in faseroptische Systeme im Mittelpunkt“, erklärt Prof. Ingmar Kallfass. Er koordinierte das Projekt „Millilink“ im Rahmen einer Shared-Professorship getragen vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF sowie dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und forscht seit Anfang 2013 an der Universität Stuttgart. „Besonders für den ländlichen Raum bietet diese Technologie eine kostengünstige und flexible Alternative zu Glasfasernetzen, deren Ausbau dort oft nicht ökonomisch ist.“ Darüber hinaus sieht Kallfass auch Anwendungen für zu Hause: „Mit einer Datenrate von 100 Gigabit pro Sekunde könnte man in nur zwei Sekunden den gesamten Inhalt einer Blue-ray Disc oder von fünf DVDs per Funk zwischen zwei Geräten übertragen.“

In den Experimenten wurden neueste photonische und elektronische Technologien miteinander kombiniert: Zuerst werden die Funksignale mit Hilfe eines optischen Verfahrens erzeugt. Mehrere Bits wurden dabei in sogenannten Datensymbolen zusammengefasst und gleichzeitig übertragen. Nach der Übertragung werden die Funksignale mit aktiven integrierten elektronischen Schaltungen empfangen.

Der Sender erzeugte die Funksignale mittels eines sogenannten ultra-breitbandigen Photonenmischers der japanischen Firma NTT-NEL. Dabei werden zwei optische Lasersignale unterschiedlicher Frequenz auf einer Photodiode überlagert. Es entsteht ein elektrisches Signal, welches als Frequenz die Differenz beider optischer Signale, hier 237,5 GHz, besitzt. Das hochfrequente elektrische Signal wird anschließend über eine Antenne abgestrahlt.

„Ein großer Vorteil des photonischen Verfahrens ist, dass damit Datenströme aus faseroptischen Systemen direkt in hochfrequente Funksignale umgewandelt werden können“, betont Prof. Jürg Leuthold, der die hier realisierte photonische Erweiterung vorschlug. Der ehemalige Leiter des Instituts für Photonik und Quantenelektronik IPQ am KIT ist mittlerweile an der ETH Zürich tätig. „Dieser Vorteil macht die Einbindung von hochbitratigen Funkstrecken in Glasfasernetze noch einfacher und flexibler.“ Im Gegensatz zu einem rein elektronischen Sender entfällt der Umweg über eine elektronische Schaltung. „Aufgrund der großen Bandbreite und der guten Linearitätseigenschaften des Photomischers eignet sich das Verfahren



*Im Laborexperiment hat die Richtfunkstrecke schon bis zu 20 Meter überbrückt. (Bild: KIT)*

zudem hervorragend, um höherwertige Modulationsformate mit mehreren Amplitudenzuständen zu übertragen. Das ist ein Muss in zukünftigen faseroptischen Systemen“, fügt Leuthold hinzu.

Für den Empfang der Funksignale ist man weiter auf elektronische Schaltungen angewiesen. In dem Experiment kam ein Halbleiter-Chip zum Einsatz, der am Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF im Rahmen des Projektes „Millilink“ hergestellt wurde. Die Halbleitertechnologie basiert auf Transistoren mit hoher Ladungsträgerbeweglichkeit (high-electron-mobility transistor HEMT) und ermöglicht es, aktive, breitbandige Empfänger für den Frequenzbereich zwischen 200 und 280 GHz in Form von kompakten, integrierten Schaltungen mit einer Chipgröße von wenigen Quadratmillimetern zu realisieren. Der Empfängerchip kommt außerdem mit höherwertigen Modulationsformaten zurecht, was eine bit-transparente Einbindung der Funkstrecke in moderne Glasfasernetze ermöglicht.

Bereits im Mai gelang dem Forscherteam mit dem rein elektronischen Vorgängersystem die erfolgreiche Langstreckendemonstration einer Datenrate von 40 Gigabit pro Sekunde im Labor, sowie eine Übertragung von Hochhaus zu Hochhaus in der Karlsruher Innenstadt über einen Kilometer Entfernung. „Die hohen Übertragungsdistanzen werden in MILLILINK bisher von konventionellen Antennen ermöglicht, die in zukünftigen kompakten Systemen für den Indoor-Bereich durch voll integrierte miniaturisierte Antennenkonzeppte ersetzt werden können“, sagt Prof. Thomas Zwick, Leiter des Instituts für Hochfrequenztechnik und Elektronik am KIT. Aber auch bei der Datenrate gibt es noch Steigerungspotential. „Durch optische und elektrische Multiplexverfahren, also einer gleichzeitigen Übertragung von mehreren unterschiedlichen Datenströmen, und durch den Einsatz mehrerer Sende- und Empfangsantennen, könnte die Datenrate nochmals vervielfacht werden“, sagt Swen König vom Institut für Photonik und Quantenelektronik IPQ am KIT, der das aktuelle Weltrekord-Experiment konzipierte und durchführte. „Damit rücken Funkssysteme mit einer Datenrate von einem Terabit pro Sekunde näher.“

Das Projekt „**Millilink**“ (März 2010 bis Mai 2013) wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen der Fördermaßnahme „Breitband-Zugangsnetze der nächsten Generation“ mit insgesamt zwei Millionen Euro unterstützt. Neben den beiden Forschungseinrichtungen Fraunhofer IAF und KIT waren an dem Projekt die Industriepartner Siemens AG, Kathrein KG und Radiometer Physics GmbH beteiligt. Ziel des Projekts war die Einbindung von drahtlosen Links bzw. Funkstrecken in breitbandige

optische Kommunikationsnetze, um insbesondere den ländlichen Raum mit schnellem Internetzugang zu versorgen. Weitere mögliche Anwendungen sind Indoor Wireless Local Area Networks (WLAN), Wireless Personal Area Networks (WPAN), sowie die Intra-Maschinen- und Board-to-Board-Kommunikation. Das aktuelle Experiment erweitert das ursprünglich rein elektronische „Millilink“-Systemkonzept durch einen photonischen Sender. Die Arbeiten werden am KIT im Rahmen der Helmholtz International Research School of Teratronics (HIRST) weitergeführt, einer Graduiertenschule, die sich insbesondere mit der Fusion photonischer und elektronischer Verfahren zur Signalverarbeitung bei höchsten Frequenzen befasst.

**Literatur:** Wireless sub-THz communication system with high data rate. S. Koenig, D. Lopez-Diaz, J. Antes, F. Boes, R. Henneberger, A. Leuther, A. Tessmann, R. Schmogrow, D. Hillerkuss, R. Palmer, T. Zwick, C. Koos, W. Freude, O. Ambacher, J. Leuthold, and I. Kallfass. *nature photonics*. doi: 10.1038/nphoton.2013.275, <http://www.nature.com/nphoton/index.html>

**Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts nach den Gesetzen des Landes Baden-Württemberg. Es nimmt sowohl die Mission einer Universität als auch die Mission eines nationalen Forschungszentrums in der Helmholtz-Gemeinschaft wahr. Thematische Schwerpunkte der Forschung sind Energie, natürliche und gebaute Umwelt sowie Gesellschaft und Technik, von fundamentalen Fragen bis zur Anwendung. Mit rund 9000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, darunter knapp 6000 in Wissenschaft und Lehre, sowie 24 000 Studierenden ist das KIT eine der größten Forschungs- und Lehrinrichtungen Europas. Das KIT verfolgt seine Aufgaben im Wissensdreieck Forschung – Lehre – Innovation.**

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter: [www.kit.edu](http://www.kit.edu)

Das Foto steht in druckfähiger Qualität auf [www.kit.edu](http://www.kit.edu) zum Download bereit und kann angefordert werden unter: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu) oder +49 721 608-47414. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.

