

Quantenschlüsselverteilung mit photonisch integrierten Chips zum Schutz vor Cyberangriffen

Sechs Thüringer Forschungs- und Industriepartner starten Projekt PIC-PAM

Erfurt, 01.06.2026. Am 27.05.2026 bewilligte der Freistaat Thüringen die Förderung für das von der Europäischen Union kofinanzierte dreijährige Verbundvorhaben „Photonisch integrierte Polarisationsanalyseeinheit mit Einzelphotonenprozessierung (PIC-PAM)“. Die Partner Quantum Optics Jena GmbH, die AIM Micro Systems GmbH, die X-FAB Global Services GmbH, das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, das Institut für Angewandte Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena und das IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS GmbH) werden in dem Projekt die Thüringer Kompetenzen in Optik und Photonik mit denen in der Mikroelektronik und Sensorik enger verzahnen. Ziel ist ein wesentlicher Innovationsschritt in der Verbindung von integrierter Photonik und Quantenkommunikation, um die Cybersicherheit der deutschen IKT-Fasernetze und insbesondere für Rechenzentren sowie Campus-Netzwerke zu erhöhen. Hierfür streben die sechs Mitglieder des Thüringer Photoniknetzwerks OptoNet e.V. an, kleine, für gängige Netzwerk-Hardware geeignete Module zu reduzierten Kosten zu entwickeln, die sich einfach an sicherheitsrelevanten Zielorten installieren lassen. Dazu werden auf einem einzigen Siliziumchip photonische und mikroelektronische Funktionen vereint: ein Polarisations-Analysemodul zur Messung der Quantenzustände der Photonen, Einzelphotonendetektoren zur hochempfindlichen Signalwandlung und Elektronik zur hochauflösenden Zeitstempelung und Auswertung der Detektionen.

Cybersicherheit für künftige Kommunikationsinfrastrukturen

Schon heute hat der Schutz sensibler Informationen vor Cyberbedrohungen höchste Priorität und erfordert immer neue und robustere Sicherheitsmaßnahmen, um Vertraulichkeit zu gewährleisten und unbefugten Zugriff zu verhindern. „Es ist abzusehen, dass Quantencomputer in den nächsten Jahren traditionelle Verschlüsselungsmethoden brechen können und damit die Sicherheit von Informationen gefährden“, erklärt Dr. Kevin Füchsel, Geschäftsführer der Quantum Optics Jena GmbH, die das Gesamtprojekt leitet.

Die auf Verschränkung basierende Quantenschlüsselverteilung gilt laut Füchsel als vielversprechende Technologie, um zukünftige Kommunikationsinfrastrukturen abzusichern: „Man kann kryptografische Schlüssel mit physikalisch garantierter Sicherheit erzeugen und verteilen und das unabhängig von der Rechenleistung eines Angreifers.“ Bei der Quantenkommunikation werden keine elektrischen Signale, sondern Photonen, also einzelne Lichtteilchen, übertragen, die in ihren quantenphysikalischen Zuständen verschränkt sind. Informationen werden über die Polarisation eines einzelnen Photons kodiert. Ein Abhören verändert wie jede andere Manipulation den Zustand der Photonen. Damit werden Angriffe messbar und gezielte Schutzmaßnahmen möglich. Für die Quantenschlüsselverteilung brauche es drei Komponenten, so Füchsel weiter: die Polarisationsanalyse, um den Zustand eines Photons zu

erkennen, Einzelphotonendetektoren, um sicherzustellen, dass die einzelnen Lichtteilchen wirklich gemessen werden, und eine Zeitstempelung, um Sender und Empfänger zu synchronisieren und Rauschen herauszufiltern.

Quantenschlüsselverteilung – bislang große Hardware für kleine Photonen

Um all diese theoretischen Vorteile der Quantenschlüsselverteilung für eine breite Anwendung in den IT-Netzwerken der Zukunft praktisch umzusetzen, arbeiten die sechs Partner an einer miniaturisierten Technologieplattform. „Allein ein Blick auf die Vielzahl von opto-mechanischen Komponenten, die aktuell in Laboraufbauten zur Quantenkommunikation eingesetzt werden, macht deutlich, dass eine Miniaturisierung und photonische Integration der Quantenschlüsselverteilung erhebliche Herausforderungen aber auch Chancen mit sich bringt“, ordnet Prof. Dr. Andreas Tünnermann, Leiter des Fraunhofer IOF sowie des Instituts für Angewandte Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, das Vorhaben ein. Er sei zuversichtlich, dass Thüringen eine Vorreiterrolle auf diesem Gebiet einnehmen könne: „Wir haben langjährig gewachsene Kompetenzen einerseits in der Optik und Photonik und andererseits in der Mikroelektronik und Sensorik. Mit einem Schulterchluss wird uns das gelingen.“

Dr. Andreas Fischer, Geschäftsführer der AIM Micro Systems GmbH, ergänzt: „Wir arbeiten auf eine hochintegrierte Lösung hin, die wie ein kleines SFP-Modul in Netzwerkgeräten leicht und modular eingesetzt werden kann.“ Dafür werden alle Partner Beiträge für kompaktere, standardisierte und industrietaugliche Komponenten beisteuern. Die Herausforderungen für die Aufbau- und Verbindungstechnik lägen in der photonischen und elektrischen Anbindung an das Gesamtsystem, so Fischer weiter.

Silizium-Chip wird alle Funktionen auf wenigen Millimetern vereinen

Im Projekt wird eine Gesamtanalyseeinheit als monolithisch integrierter Chip realisiert, der die photonischen und die elektronischen Funktionseinheiten auf einem einzigen Millimeter-kleinen Chip vereint.

„Wir werden unsere Technologien speziell für die Quantenschlüsselverteilung weiterentwickeln und unsere CMOS-Prozesse zur Fertigung photonisch-integrierter Chips weiter anpassen“, erklärt Dr. Gabriel Kittler, CEO der X-FAB Global Services GmbH. Damit ließen sich künftig photonische und elektronische Komponenten-Schichten auf einem einzigen Wafer prozessieren. Das IMMS und das Fraunhofer IOF werden diese X-FAB-Technologieplattform nutzen, um Teilsysteme für den gemeinsamen Chip zu entwickeln.

Das Fraunhofer IOF wird sämtliche Lösungen für die photonischen Siliziumnitrid-basierten Komponenten des Chips realisieren, wie die mikrooptischen Baugruppen, die Verarbeitung des Lichts in der Polarisationsanalyseeinheit samt Strahlteiler sowie die Koppler zur Verbindung von Photonik und Elektronik und zur Faserkopplung vom Chip nach außen. Die Testsetups zur Charakterisierung aller photonischen Baugruppen werden an der FSU Jena realisiert.

„Alles, was in der elektronischen Schicht des Chips passieren soll, werden wir am IMMS entwickeln und dabei so viele Funktionen wie möglich integrieren – die vielen Einzelkomponenten von heute sollen in

den Chip von morgen“, erklärt Martin Eberhardt, Geschäftsführer des IMMS. Ein Fokus läge auf SPAD-basierten Einzelphotonendetektoren, die wie die bisherigen diskreten Sensoren die hochempfindliche Signalwandlung übernehmen, aber direkt im Chip sitzen würden. Diese hochsensiblen Single-Photon-Avalanche-Photodioden (SPADs) werde man erstmals um die in PIC-PAM neu zu entwickelnde Zeitstempel-Elektronik erweitern. Spannend werde die Übertragung der bisherigen SPAD-basierten Lösungen des IMMS auf Quantenanwendungen mit integrierter Photonik gemeinsam mit dem Fraunhofer IOF, so Eberhardt weiter.

Kleines Modul für leichten Einsatz in Netzwerkgeräten

Damit die neuartigen Chips letztlich in einem kleinen, SFP-ähnlichen Modul in Netzwerkgeräten arbeiten können, wird AIM Micro Systems die passgenaue Aufbau- und Verbindungstechnik realisieren: AIM wird die Chips aufbauen, mit Gehäusen versehen und passende Kontaktierungen für Licht und Elektronik mit Blick auf Industrietauglichkeit und Fertigungstechnologien umsetzen.

Bei Quantum Optics Jena wird daran gearbeitet, eine Photonenquelle so zu realisieren, dass die Quantenschlüsselverteilung auch mit den für SPADs sichtbaren Photonen gelingt. Zudem wird das Unternehmen auf der Basis der Entwicklungen aller Partner den Gesamtdemonstrator für das Projekt aufbauen, um die Funktionsfähigkeit der Ergebnisse greifbar zu machen.

Innovation made in Thüringen

„Thüringen zählt zu den führenden Standorten für Mikroelektronik und Photonik in Deutschland. Wir freuen uns, dass sechs innovationsstarke Thüringer Photonikakteure aus unserem Mitgliederkreis an diesem wesentlichen Innovationsschritt in der Verbindung von integrierter Photonik und Quantenkommunikation arbeiten“, ordnet Anke Siegmeier, Geschäftsführerin des OptoNet e.V., ein. Zudem entstehe durch die enge Verzahnung mit X-FAB als regionalem Halbleiterfertigungspartner und die Einbindung örtlicher Forschungseinrichtungen ein signifikanter Wirkungsgrad für Thüringen. Profitieren werde das Land vom Technologie- und Know-how-Transfer in regionale Zulieferbetriebe und Start-ups, von der Stärkung der Wertschöpfungskette und von der Übertragbarkeit der Ergebnisse in branchenübergreifende Anwendungen – auch über Thüringen hinaus.

Förderung



Kofinanziert von der
Europäischen Union

Freistaat
Thüringen 

Das Verbundvorhaben „Photonisch-integrierte Polarisationsanalyseeinheit mit Einzelphotonenprozessierung“ (**PIC-PAM**) wird über das Förderprogramm des Freistaats Thüringen zur Förderung von Forschung, Technologie und Innovation (FTI) als Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Thüringen Verbund unter der Verbundvorhabensnummer **1006811** gefördert und von der Europäischen Union kofinanziert, das Thema „Entwurf eines Time-Tagging-ASICs mit photonisch integrierter Polarisationsanalyseeinheit“ des IMMS unter der Vorhabensnummer **2026 VFE 0051**.

Bildmaterial

Bild 1:

https://www.imms.de/fileadmin/redaktion/projekte/PIC-PAM/20260421_PIC-PAM_Kick-off_IMG_20260421_164241_1920x1280.jpg

Bildunterzeile: Vertreter der Projektpartner Quantum Optics Jena GmbH, AIM Micro Systems GmbH, X-FAB Global Services GmbH, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Friedrich-Schiller-Universität Jena (Institut für Angewandte Physik) und IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS GmbH) des Projekts PIC-PAM beim ersten Arbeitstreffen in Erfurt. Foto: IMMS.

Bild 2:

https://www.imms.de/fileadmin/redaktion/projekte/PIC-PAM/Integrierte_optische_Schaltung_1_Copyright_Fraunhofer_IOF_1920x1280.jpg

Bildunterzeile: Integrierte optische Schaltung mit Glasfaseranschlüssen (oben und unten), entwickelt am Fraunhofer IOF in Jena. © Fraunhofer IOF.

Hintergrundinformationen

Quantum Optics Jena GmbH

Heutige Informationssicherheit basiert auf komplexer Kryptografie. Quantencomputer stellen diese Verfahren künftig infrage. Die Quantum Optics Jena GmbH entwickelt Quantenschlüsselverteilung (QKD) auf Basis verschränkter Photonen, um sichere Kommunikation auf physikalischer Grundlage zu ermöglichen. Das Unternehmen deckt die gesamte Prozesskette ab – von Quellen über Analyse bis zu Schlüsselmanagement. Lösungen gibt es für Glasfasernetze sowie für zukünftige QKD-Satellitensysteme.

<https://qo-jena.com/>

AIM Micro Systems GmbH

Die AIM Micro Systems GmbH mit Sitz in Triptis ist auf die Entwicklung und Fertigung hochpräziser mikrooptischer und optoelektronischer Systeme spezialisiert. Als technologieorientierter Partner unterstützt das Unternehmen Kunden aus anspruchsvollen Branchen wie Medizintechnik und Sensorik entlang der gesamten Prozesskette – von der Konzeption über die Industrialisierung bis zur Serienproduktion. Besonderes Know-how liegt in der Integration komplexer optoelektronischer und photonischer Komponenten unter Reinraumbedingungen sowie in der Umsetzung kundenspezifischer Lösungen mit hoher Fertigungstiefe. <https://www.aim-micro-systems.de>

X-FAB Global Services GmbH

X-FAB ist eine globale Foundry-Gruppe, die ihren Kunden mit einem umfassenden Angebot an Spezialtechnologien und Design-IP die Entwicklung weltweit führender Halbleiterprodukte ermöglicht.

Diese werden in den sechs Waferfabriken von X-FAB in Malaysia, Deutschland, Frankreich und den USA gefertigt. Mit langjähriger Expertise in den Bereichen Analog-/Mixed-Signal-Technologien, Mikrosysteme/MEMS und Siliziumkarbid (SiC) ist X-FAB der Entwicklungs- und Fertigungspartner für seine Kunden, die vor allem die Endmärkte Automobil, Industrie und Medizin bedienen. X-FAB beschäftigt rund 4.300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ist seit April 2017 an der Euronext Paris notiert (XFAB). <https://www.xfab.com/>

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena betreibt anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der Photonik und entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Das Leistungsangebot des Instituts umfasst die gesamte photonische Prozesskette vom opto-mechanischen und opto-elektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Am Fraunhofer IOF erarbeiten rund 500 Mitarbeitende das jährliche Forschungsvolumen von 40 Millionen Euro. <https://www.iof.fraunhofer.de>

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Physik

Das Institut für Angewandte Physik (IAP) der Friedrich-Schiller-Universität Jena verfügt über eine langjährige Tradition und Kompetenz in Design, Herstellung und Anwendung von aktiven und passiven optischen und photonischen Elementen. Darüber hinaus ist es besonders bekannt für seine Entwicklungen auf dem Gebiet der Ultrakurzpuls-Laserentwicklung und -anwendung sowie der Quantenoptik. Kooperationsprojekte mit Unternehmen sorgen für Praxisnähe und Realisierbarkeit. In der Arbeitsgruppe Experimental Quantum Information liegt der Fokus auf der Entwicklung und experimentellen Umsetzung innovativer Methoden zur Erzeugung, Manipulation und Detektion komplexer Quantenzustände des Lichts. <https://www.physik.uni-jena.de/iap/16984/institut-fuer-angewandte-physik>

IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS GmbH)

Das IMMS unterstützt Unternehmen, international erfolgreiche Innovationen für Gesundheit, Umwelt und Industrie auf den Weg zu bringen und begleitet sie von der Machbarkeitsstudie bis zur Serienreife. Es bringt Unternehmen mit anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung in der Mikroelektronik, Systemtechnik und Mechatronik voran und transferiert Ergebnisse der Grundlagenforschung in Anwendungen. Das IMMS wurde 1995 als ein landeseigenes Unternehmen des Freistaats Thüringen gegründet und ist ein An-Institut der TU Ilmenau. Es arbeitet mit einem Team aus rund 90 Personen am Hauptsitz in Ilmenau und im Institutsteil in Erfurt. <https://www.imms.de/>

Pressekontakt:

Dr. Oliver de Vries

CTO / technischer Geschäftsführer

Quantum Optics Jena GmbH

E-Mail: o.devries@qo-jena.com

Phone: +49 3641 207470
