

Jahresbericht 2025 / 2026

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien
vorantreiben

Kernkompetenzen
schärfen

Industrietransfer
stärken

Highlights 2025

Wissenswertes



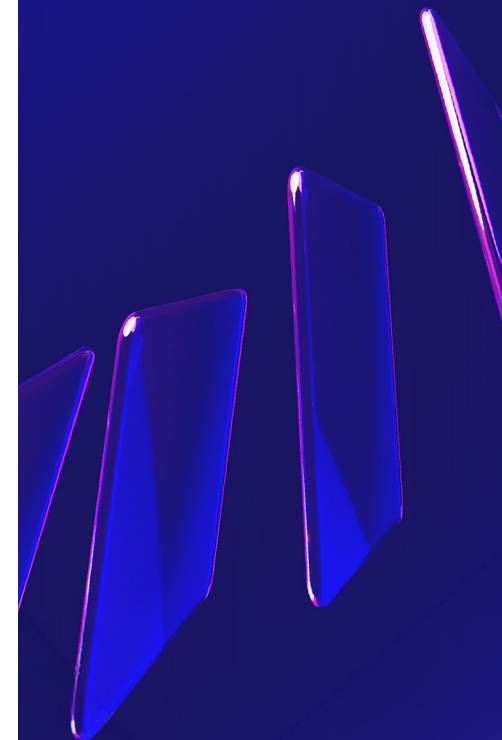
Fraunhofer-Institut für Angewandte
Festkörperphysik IAF

Driving Hightech

Jahresbericht 2025 / 2026

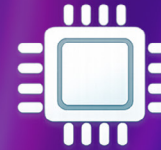
»Driving Hightech« steht für uns dafür, mit exzellenter Forschung an III-V-Halbleitern und diamantbasierten Quantentechnologien die nächste Generation elektronischer, optoelektronischer und quantenbasierter Systeme zu ermöglichen. Damit schaffen wir die technologischen Grundlagen für anspruchsvolle industrielle Anwendungen und stärken zugleich die Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität Deutschlands.

Als Teil der Hightech Agenda Deutschland treiben wir Schlüsseltechnologien voran, die Innovation, Resilienz und nachhaltiges Wachstum in Wirtschaft und Gesellschaft sichern. Mit unserem breit aufgestellten Forschungsportfolio leisten wir in fünf von sechs Schlüsseltechnologien substanzielle Beiträge und entwickeln zukunftsweisende Lösungen in den Bereichen Künstliche Intelligenz, Mikroelektronik, Quantentechnologien, Fusion und klimaneutrale Energieerzeugung sowie Technologien für die klimaneutrale Mobilität.

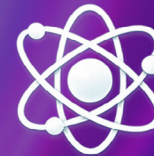




Künstliche Intelligenz



Mikroelektronik



Quantentechnologien



Fusion und klimaneutrale
Energieerzeugung



Technologien für die
klimaneutrale Mobilität



Biotechnologie

Vorwort

Liebe Freunde und Partner des Fraunhofer IAF,

unser Anspruch ist es, als treibende Kraft hinter den Spitzentechnologien von morgen zu stehen, diese aktiv in die Anwendung zu bringen und so die Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität Deutschlands und Europas zu stärken. Mit unserer Forschung im Bereich der III-V-Halbleiter und der diamantbasierten Quantentechnologien leisten wir bereits einen essenziellen Beitrag zu den Schlüsseltechnologien und strategischen Forschungsfeldern der Hightech Agenda Deutschland. Für die Zukunft des Fraunhofer IAF gilt es, unsere Forschung gezielt auszurichten, um agil und vorausschauend angesichts neuer Chancen und Entwicklungen handeln zu können.

Diese strategische Ausrichtung auf Zukunftsthemen zeigt sich auch in unseren neuen Aktivitäten: In Heilbronn bauen wir ein Forschungszentrum und Ökosystem für KI-basiertes Chipdesign und KI-Hardware auf, wir treiben mit Pilotlinien wie der APECS die europäische Souveränität voran und entwickeln Technologien für die Energieversorgung von morgen – etwa zur Nutzung der Fusionsenergie. Zudem haben wir im vergangenen Jahr unsere Forschungsagenda geschärft – mit

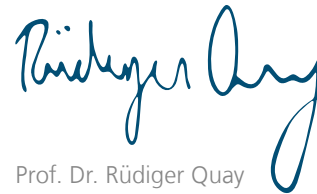
klarem Fokus auf wissenschaftliche Exzellenz und unsere Kernkompetenzen. In diesem Jahresbericht präsentieren wir Ihnen dazu unsere Geschäftsfelder sowie ausgewählte Highlight-Projekte und -Ergebnisse.

Driving Hightech heißt für uns auch, den Forschungstransfer in die Industrie aktiv zu stärken. Als Brücke zwischen Grundlagenforschung und Anwendung bieten wir Unternehmen einen niederschweligen Zugang zu neuen Technologien – etwa mit dem etablierten »Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg« (KQCBW) sowie unserem neuen Test- und Beratungszentrum für Quantencomputing INQUBATOR oder durch die Unterstützung von Start-ups wie Quantum Brilliance und Quantum Diamonds mit maßgeschneiderten Diamantmaterialien.

So blicken wir zurück auf ein Jahr, in dem sich unsere strategische Ausrichtung in vielen Facetten bewährt hat. Wir sehen große Chancen für die Positionierung im europäischen Forschungsraum und sind entschlossen, sie mit wissenschaftlicher Exzellenz und unserem Forschungs-Know-how maßgeblich voranzubringen.



»Für uns am Fraunhofer IAF gilt es, unsere
Forschung gezielt auszurichten, um agil
und vorausschauend handeln zu können.«



Prof. Dr. Rüdiger Quay



Dr. Patricie Merkert

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien vorantreiben	6
KI für Chips, Chips für KI: KI-Chip-Technologien von morgen	8
Pilotlinien und Advanced Prototyping für Europa	12
Basistechnologien für die Fusion – auf dem Weg zum Fusionskraftwerk	16
Quantencomputing für die Industrie von morgen: KQCBW startet weiter durch	18
Kernkompetenzen schärfen	20
Geschäftsfeld Hochfrequenzelektronik	22
Mehr Funktionen pro Chip: Vierpoliger HEMT-on-Silicon mit integrierter Logik	24
Geschäftsfeld Leistungselektronik	26
Fortschrittliche Hochvolttechnologie für Radar und Kommunikation	28
Geschäftsfeld Optoelektronik	30
ECOSYSTEM – eine europäische Lieferkette für T2SL-basierte IR-Detektortechnologie	32
Geschäftsfeld Quantenbauelemente	34
Diamant-Laser-Sensor steigert Magnetfeldmessung um mehr als das 520-Fache	36
Geschäftsfeld Quantensysteme	38
Mit logischen Qubits zu fehlertoleranten Quantencomputern	40

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien
vorantreiben

Kernkompetenzen
schärfen

Industrietransfer
stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

Industrietransfer stärken **42**

 INQUBATOR – Quantencomputing-Test- und Beratungszentrum 44

 Maßgeschneiderte Diamantmaterialien für die industrielle Quantensensorik 46

Highlights 2025 **50**

Wissenswertes **54**

 Das Institut im Überblick 54

 Kuratorium 56

 Patente 58

 Abschlussarbeiten 60

 Lehraufträge 62

 Impressum 64

**Schlüsseltechnologien
vorantreiben**

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

**Kernkompetenzen
schärfen**

**Industrietransfer
stärken**

Highlights 2025

Wissenswertes

Schlüsseltechnologien vorantreiben

Künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, autonome Systeme und Fusionsenergie gehören zu den Schlüsseltechnologien, die unsere Industrie, Gesellschaft und geopolitischen Machtverhältnisse in einem noch nie dagewesenen Tempo verändern. Diese Hightech-Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, voranzutreiben und aktiv mitzugestalten, ist entscheidend für Wohlstand, Sicherheit und technologische Souveränität.

Aus diesem Grund treiben wir Schlüsseltechnologien wie das Chip-design für und mit Künstlicher Intelligenz voran, entwickeln Pilotlinien, um Entwicklungen zu beschleunigen und schneller zur Marktreife zu bringen, erforschen Basistechnologien für die Fusion – eine zentrale Energiequelle von morgen – und ebnen den Weg für Quantentechnologien 3.0. Im Zentrum steht dabei stets der Transfer von Forschung in die Anwendung – für eine starke Industrie und einen zukunftsfähigen Wirtschaftsstandort Deutschland.

**Schlüsseltechnologien
vorantreiben**

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

**Kernkompetenzen
schärfen**

**Industrietransfer
stärken**

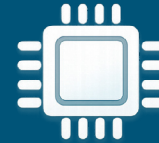
Highlights 2025

Wissenswertes

KI für Chips, Chips für
KI: KI-Chip-Technolo-
gien von
morgen



Pilotlinien und Advan-
ced Prototyping für
Europa



Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusions-
kraftwerk



Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet
weiter
durch



KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien
von morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

KI für Chips, Chips für KI: KI-Chip-Technologien von morgen



Künstliche Intelligenz und Halbleitertechnologie wachsen rasant zusammen – mit tiefgreifenden Auswirkungen auf Wertschöpfung, Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität. Leistungsfähige KI-Anwendungen benötigen spezialisierte Chips, während KI selbst neue Wege eröffnet, diese Chips effizienter zu entwerfen. An dieser Schnittstelle setzt das Fraunhofer IAF strategisch an.

Mit dem langfristig angelegten Forschungs- und Innovationszentrum (FIZ) Chip AI und dem Landesprojekt FRAUKE (»Fraunhofer KI-Entwurf«) baut das Fraunhofer IAF in Heilbronn ein neues Kompetenz- und Ökosystem für KI-basiertes Chipdesign und KI-Hardware in enger Zusammenarbeit mit Forschungs- und Industriepartnern auf.

FIZ Chip AI: Effizientes KI-Chipdesign und ein starkes Innovationsökosystem

Ab 2026 entsteht in Heilbronn im Rahmen der HNFIZ das FIZ Chip AI – ein gemeinsames Forschungs- und Innovationszentrum des Fraunhofer IAF und des Fraunhofer IIS, gefördert durch die Dieter Schwarz Stiftung. Im Zentrum stehen zwei eng miteinander verknüpfte

Perspektiven: Zum einen werden KI-Methoden für das Chipdesign eingesetzt, um komplexe Entwurfsprozesse zu automatisieren, Entwicklungszeiten zu verkürzen und die Qualität sowie Effizienz von CMOS-Schaltungen (Complementary metal-oxide-semiconductor), die eine zentrale Funktion in KI-Systemen haben, nachhaltig zu verbessern. Zum anderen werden spezialisierte Hardware-Architekturen entwickelt, die KI-Algorithmen besonders energieeffizient und robust ausführen – von klassischen KI-Beschleunigern bis hin zu neuromorphen Systemen.

Im FIZ Chip AI entwickelt das Fraunhofer IAF CMOS-basierte KI-Chips und KI-gestützte Entwurfsprozesse, um manuelle Designschritte zu automatisieren und neue Strategien für IP-Schutz, Verifizierung und Zertifizierung insbesondere für sicherheitskritische Anwendungen in Mobilität, Robotik und Luft- und Raumfahrt zu schaffen. CMOS erweist sich dabei als besonders geeignete Technologie, da sie eine hochintegrierte, energieeffiziente und kosteneffiziente Realisierung komplexer Schaltungen ermöglicht und sich nahtlos in etablierte industrielle Fertigungsprozesse integrieren lässt. Das Fraunhofer IIS ergänzt dies durch neuromorphe Hardware auf Basis von

**Schlüsseltechnologien
vorantreiben**

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien
von morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

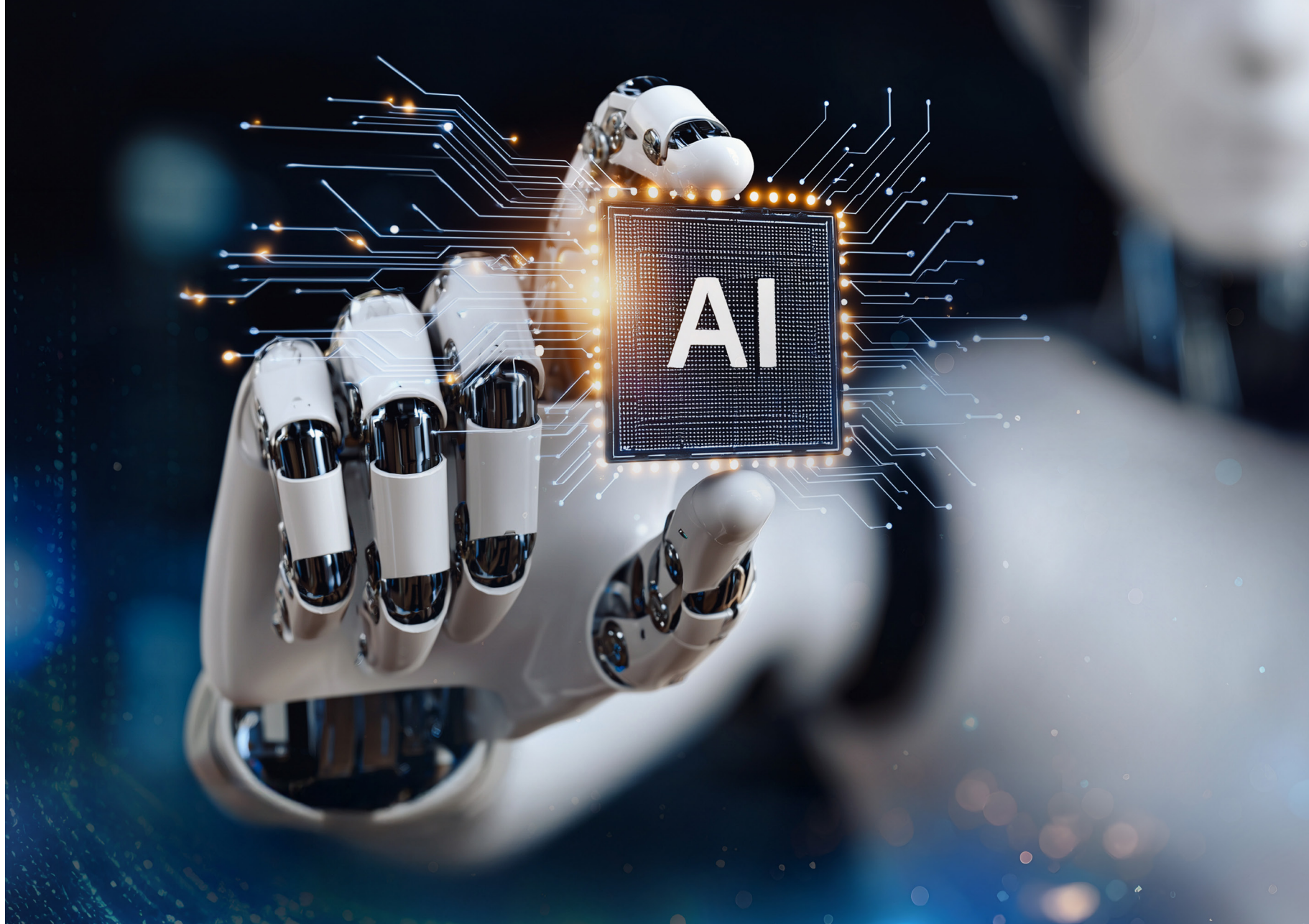
Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

**Kernkompetenzen
schärfen**

**Industrietransfer
stärken**

Highlights 2025

Wissenswertes



KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien
von morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch



Spiking Neural Networks, die besonders energieeffiziente Echtzeit-KI direkt auf Endgeräten ermöglichen. So entsteht eine durchgängige Wertschöpfungskette von der Konzeptentwicklung über KI-basiertes Design bis zu Hardware-Demonstratoren.

FRAUKE: Landesprojekt als Wegbereiter

Das Landesprojekt FRAUKE fungiert als Wegbereiter für das entstehende Ökosystem in Heilbronn. Gemeinsam mit der Universität Stuttgart und IMS CHIPS arbeitet das Fraunhofer IAF an KI-gestützten, effizienteren Designprozessen für komplexe CMOS-Schaltungen. Das vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg über zwei Jahre geförderte Projekt schafft technologische und methodische Grundlagen, die in zukünftigen Projekten und im FIZ Chip AI weitergeführt und skaliert werden. Gleichzeitig stößt das Projekt die Ansiedlung einer Arbeitsgruppe des Fraunhofer IAF am Innovationspark Künstliche Intelligenz (IPAI) in Heilbronn an und stärkt ein vernetztes Ökosystem, das regionale und nationale Partner – von microTec Südwest, imec Germany, Hahn-Schickard und KIT über die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland bis hin zu weiteren Fraunhofer-FIZ und Landesprojekten wie »Chip Connect BW« – entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Design bis (Sub-)Systemintegration einbindet.

Heilbronn als Knotenpunkt für KI und Mikroelektronik

Mit seinen jüngst gestarteten Aktivitäten in Heilbronn verfolgt das Fraunhofer IAF eine klare Strategie: Der Standort soll sich zu einem Knotenpunkt für KI-basiertes CMOS-Design und KI-Hardware entwickeln. Dabei ergänzen sich die Etablierung eines Fraunhofer Forschungs- und Innovationszentrums und eines Landesprojekts.

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien

vorantreiben

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien
von morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

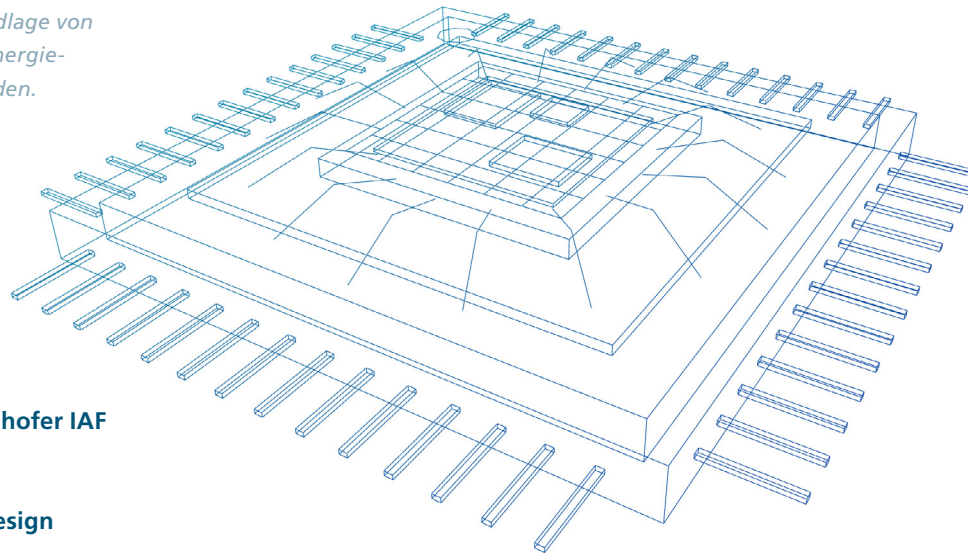
Kernkompetenzen schärfen

Industrietransfer stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

CMOS-basierte Halbleiterchips bilden die Grundlage von KI-Systemen, da sie hohe Rechenleistung mit Energieeffizienz und großer Integrationsdichte verbinden.



Video: KI-Chipdesign am Fraunhofer IAF



**Interaktive Infoseite: KI-Chipdesign
am Fraunhofer IAF**

Gemeinsam bilden die beiden Maßnahmen des Fraunhofer IAF den Startpunkt für die Etablierung eines Ökosystems, das Forschung, Industrie, Mittelstand und Start-ups zusammenbringt und in dem wichtigen Technologiefeld befähigt.

Mit FIZ Chip AI und dem Landesprojekt FRAUKE setzt das Fraunhofer IAF in Heilbronn einen strategischen Schwerpunkt, der sich nahtlos in die nationale und europäische Halbleiter- und KI-Politik, den Ausbau der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland sowie die europäische Verankerung kritischer Zukunftstechnologien einfügt.

In den kommenden Jahren stehen der Aufbau der Infrastruktur des FIZ Chip AI, der erfolgreiche Abschluss von FRAUKE mit Überführung der Ergebnisse in Folgeprojekte, die Gewinnung weiterer Industriepartner sowie die Stärkung von Ausbildung, Qualifizierung und Gründungen in Heilbronn im Fokus. Schritt für Schritt entsteht so ein Ökosystem, in dem KI-basierter CMOS-Entwurf und spezialisierte KI-Hardware gemeinsam mit Partnern entwickelt und in die Praxis überführt werden – als wichtiger Baustein für die Zukunftsfähigkeit Baden-Württembergs, Deutschlands und Europas im globalen Wettbewerb um KI- und Halbleitertechnologien.

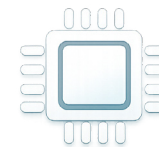
KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

Pilotlinien und Advanced Prototyping für Europa



Das Fraunhofer IAF engagiert sich umfangreich beim Aufbau europäischer Pilotlinien für Mikroelektronik, Optoelektronik und Quantentechnologien. Darüber hinaus betreibt das Institut seit Jahren Advanced Prototyping, unter anderem für die europäische Raumfahrt. Mit diesem Engagement, das in Umfang und der thematischen Breite beispiellos ist, nimmt es eine Vorreiterrolle ein und leistet einen wichtigen Beitrag zum Aufbau resilienter technologischer Infrastruktur und Lieferketten in Europa.

Mit Initiativen wie dem European Chips Act, Horizon Europe und dem Quantum Flagship investiert die EU gezielt in Pilotlinien für Mikroelektronik und Quantentechnologien – und das mit einem klaren Ziel: technologische Unabhängigkeit und Souveränität in strategisch wichtigen Bereichen zu sichern. Im Fokus steht dabei, die europäische Chip-Industrie zu stärken, Innovationen schneller voranzutreiben und den Weg von ersten Prototypen bis zur Serienproduktion zu ebnen. Die hochmodernen Pilotlinien zielen darauf ab, den Zugang für Industrieunternehmen, KMU und Start-ups zu fortschrittlichen Technologien mit den zugehörigen Design- und Testkompetenzen aufzubauen.

Starkes Engagement in den Pilotlinien

Kein anderes Fraunhofer-Institut ist in so vielen europäischen Pilotlinien aktiv wie das Fraunhofer IAF. Mit seinem Engagement und seinem starken Netzwerk bildet es eine Brücke zwischen exzellenter Grundlagenforschung und den zentralen EU-Initiativen zur technologischen Souveränität – allen voran dem EU Chips Act und dem Quantum Flagship – um so die Lücke zwischen Forschung und Industrie zu schließen.

APECS

Das Fraunhofer IAF bringt seine Kompetenzen in der Mikroelektronik und den Quantentechnologien vielfältig in den Pilotlinien APECS, SUPREME, SPINS und DIREQT ein und bietet der Industrie direkten Zugang zu Know-how und modernster Infrastruktur. Im Rahmen von APECS beteiligt sich das Institut beispielsweise an der Entwicklung neuartiger InGaAs-auf-Si- und GaN-auf-SiC-Chiplets für Hochfrequenzanwendungen sowie Microbump-Interposer. Diese Technologien eignen sich aufgrund herausragender Werte in zentralen Parametern wie Rauschen, Ausgangsleistung und Effizienz besonders gut für Hochfrequenzanwendungen und versprechen Innovationen

**Schlüsseltechnologien
vorantreiben**

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

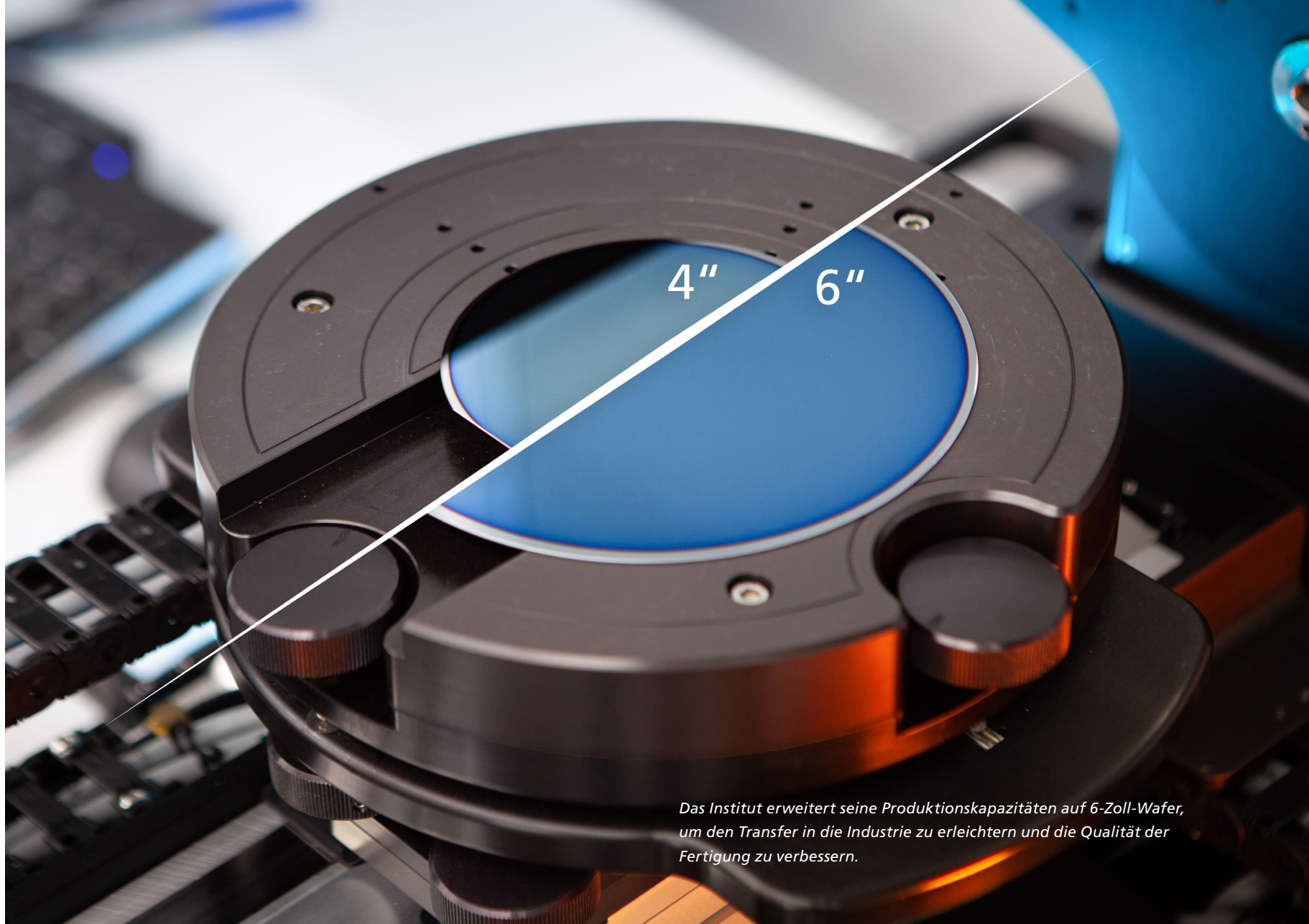
Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

**Kernkompetenzen
schärfen**

**Industrietransfer
stärken**

Highlights 2025

Wissenswertes



Das Institut erweitert seine Produktionskapazitäten auf 6-Zoll-Wafer, um den Transfer in die Industrie zu erleichtern und die Qualität der Fertigung zu verbessern.

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien vorantreiben

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

Kernkompetenzen schärfen

Industrietransfer stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

in der Messtechnik, Kommunikation, Radartechnik und Sensorik. Zudem treibt das Fraunhofer IAF die Umstellung der Fertigung auf industrietaugliche Wafergrößen voran. Diese Maßnahmen erleichtern den Transfer neuer Technologien in skalierbare, marktfähige Lösungen.

SUPREME und SPINS

Ein weiteres Beispiel ist die kryogene Messtechnik, die in den Pilotlinien SUPREME und SPINS zum Tragen kommt. Bereits jetzt nimmt das Fraunhofer IAF europaweit eine herausragende Position im Bereich der charakterisierenden Messverfahren festkörperbasierter



Quantenbauelemente bei Tieftemperaturen ein und baut seine Kompetenz dahingehend weiter aus. Neben dem umfangreichen Wissen über Charakterisierungsmethoden für Halbleiterbauelemente für FuE-Zwecke bis hin zu industriellen Tests von 150-mm- bis 300-mm-Wafern ist das Fraunhofer IAF einer der wenigen europäischen Anbieter eines solchen Tieftemperatur-Testaufbaus bei unter 2K.

DIREQT

DIREQT steht für »Diamond for Industry Ready Quantum Technologies« und etabliert eine Pilotlinie für Quantentechnologien auf Basis von synthetischem Einkristall-Diamant. Aufbauend auf bestehenden Innovationen werden fortgeschrittene Quantum Process Design Kits entwickelt, um eine robuste, stabile und skalierbare Produktion von Quanten-Chips zu ermöglichen. Das DIREQT-Konsortium vereint 13 RTOs, acht Universitäten, neun Unternehmen und eine gemeinnützige Organisation und deckt die gesamte Diamant-Wertschöpfungskette ab.

Das Fraunhofer IAF trägt dazu bei durch die Optimierung des Wachstums von Diamantfilmen mit einzelnen NV-Zentren, die Unterstützung der Projektpartner bei der waferskaligen Diamant-Epitaxie sowie den Test von heteroepitaktisch gewachsenem Diamant für Quantenanwendungen.

Der Arctic Weather Satellite sammelt genaue Wetterdaten, um globale Vorhersagen sowie Klimabeobachtungen zu verbessern.

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien

vorantreiben

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

Kernkompetenzen schärfen

Industrietransfer stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

Advanced Prototyping für die ESA

Das Fraunhofer IAF gehört seit mehr als einem Jahrzehnt zu den ausgewählten Partnern der Europäischen Weltraumorganisation (ESA). 2013 flog bereits im Mini-Satelliten Proba-V erstmals ein europäisches Mikrowellenbauteil auf Galliumnitrid-Basis ins All: Der am Fraunhofer IAF entwickelte Verstärker bewies, dass sich das Halbleitermaterial für den Einsatz im Weltraum eignet. Seitdem hat das Fraunhofer IAF zahlreiche Leistungs- oder Hochfrequenzverstärker für den Einsatz in Satelliten für die ESA realisiert, den Hauptteil bilden leistungsstarke wie robuste Halbleiterkomponenten auf Basis der Materialsysteme Galliumnitrid (GaN) und Indiumgalliumarsenid (InGaAs).

Aktuell arbeiten die Forschenden im Projekt Magellan an hocheffizienten Millimeterwellen-GaN-Hochleistungsverstärkern für GEO- und LEO-Aktivantennen. Dafür haben sie eine GaN-Transistortechnologie mit 70 nm Gatelänge entwickelt, die unter satellitentypischen Bedingungen Rekordwirkungsgrade erzielt. Diese Technologie soll künftig kompakte Aktivantennen für hochbitratige Datentransfers im Ka-, Q- und W-Band ermöglichen und so den Aufbau lückenloser, resilienter globaler Kommunikationsnetze mit High-Throughput-Satelliten unterstützen.

Auch der Arctic Weather Satellite der ESA mit vier LNA-Modulen des Fraunhofer IAF an Bord befindet sich aktuell in der polaren Umlaufbahn auf einer Testmission und sammelt hochauflösende Temperatur- und Feuchtigkeitsdaten der Arktis. Dies ist nur eine kleine Auswahl an Beispielen, wie das Fraunhofer IAF mit Advanced Prototyping und seinen Testkapazitäten die europäische Raumfahrt vorantreibt.

Europäische Pilotlinien: Resiliente Halbleiterwert- schöpfungsketten und niederschwelliger Zugang

Europäische Pilotlinien bieten großen Industrieunternehmen, KMU und Start-ups einen direkten Zugang zu europäischen und nationalen Produktionskapazitäten von Spitzentechnologien.

Sie bilden die Brücke zwischen exzellenter Forschung und industrieller Anwendung und ermöglichen es, neue Mikroelektronik-Technologien unter realistischen Produktionsbedingungen zu entwickeln, zu testen und zu skalieren.

Beteiligung des Fraunhofer IAF an den EU-Pilotlinien

APECS – Advanced Packaging and Heterogeneous Integration for Electronic Components and Systems

SUPREME – Superconducting European Quantum Pilot Line

SPINS – Semiconducting Pilot Line for Industrial Quantum NanoSystems

DIREQT – Diamond for Industry Ready Quantum Technologies



Erfahren Sie mehr über unsere Beteiligung an den europäischen Pilotlinien



Video: III/V-Halbleiterepitaxie am Fraunhofer IAF

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

Basistechnologien für die Fusion – auf dem Weg zum Fusionskraftwerk



Die Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag das Ziel verankert, die Fusionsforschung zu stärken und das weltweit erste Fusionskraftwerk in Deutschland zu errichten. Die Hightech Agenda definiert Fusion als Schlüsseltechnologie, um Deutschland zum führenden Innovationsstandort zu entwickeln. Im Rahmen des BMFTR-geförderten IFE Targetry HUB haben die Projektpartner nun wichtige Meilensteine bei der Entwicklung von Target-Technologien für die Laser-Trägheitsfusion erzielt.

Das internationale Rennen um den Bau eines Fusionskraftwerks ist in vollem Gange. Das Fraunhofer IAF ist dabei maßgeblich in der Forschung zur laserbasierten Trägheitsfusion eingebunden. Bei diesem Verfahren wird eine mit Brennstoff befüllte Hohlkugel (Target) durch Laserbeschuss so stark komprimiert, dass die für Fusionsreaktionen erforderlichen Dichten und Temperaturen erreicht werden.

Die Herausforderung der perfekten Targets

Mit ihrem Durchmesser von 2,1 mm bzw. 1,0 mm sind die winzigen Diamanthohlkugeln die zentralen Elemente der laserbasierten

Trägheitsfusion. Eine ultrapräzise Kugelform, eine extrem glatte Oberfläche und perfekte Materialeigenschaften sind die Voraussetzungen dafür, dass das Target im Fusionsexperiment komprimiert werden kann, ohne asymmetrisch zu deformieren. Derzeit kann weltweit niemand Deuterium-Tritium befüllte Targets in hinreichend hoher Stückzahl für den Einsatz in einem kommerziellen Fusionskraftwerk herstellen. Um dem Ziel eines Fusionsreaktors näherzukommen, müssen in den nächsten Jahren neuartige Fertigungskonzepte entwickelt werden.

Zu diesem Zweck haben 15 Partner aus Forschung und Industrie das Verbundprojekt IFE Targetry HUB gestartet. Unter der Leitung des Fraunhofer IAF und der Focused Energy GmbH entwickelt dieses weltweit einzigartige Konsortium Target-Technologien für die Laser-Trägheitsfusion – mit besonderem Fokus auf präzise und skalierbare Fertigungs- und Messtechnologien. Die zentrale Herausforderung besteht darin, Fusions-Targets zuverlässig, in ausreichender Menge und zu wirtschaftlichen Kosten zu produzieren. Die Ausgründung des Fraunhofer IAF, Diamond Materials, hat Targetsysteme für Produktionschargen von über 1.000 Einheiten entwickelt und untersucht –

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien
vorantreiben

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch

Kernkompetenzen
schärfen

Industrietransfer
stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

*Blick in die Kammer des Diamant-
reaktors von Diamond Materials,
in dem die Diamantkugeln
gewachsen werden.*



darunter die weltweit einzige Sphäre mit positivem Target-Gain, die an der National Ignition Facility des Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) eingesetzt wird und stetig verbesserte Ergebnisse liefert. Der Target-Gain beschreibt das Verhältnis zwischen der eingehenden Laserleistung und der ausgehenden Fusionsleistung des Targets; er konnte dabei erstmals als positiv demonstriert werden. In einem eigens entwickelten Reaktor wurden pro Charge 5.000 Sphären mit einer homogenen Beschichtung aus nanokristallinem Diamant (NCD) gefertigt.

Charakterisierung und Mikrokanal-Optimierung

Das Fraunhofer IAF charakterisiert Targets mittels Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) und Computertomographie, um

Siliziumkonzentration und μ -Kanalstruktur quantitativ zu erfassen. Um die Brennstoff-Befüllung der Targets mit Deuterium und Tritium in Deutschland durch das KIT umsetzen zu können, wurden am Fraunhofer IAF zudem μ -Kanäle mittels UV-Pikosekundenlasern in Diamantsphären gebohrt. Ein möglichst kleiner Kanaldurchmesser ist dabei entscheidend, um die Perfektion der Target-Geometrie hinreichend zu erhalten. So ist es den Forschenden gelungen, den Kanaldurchmesser weiter zu reduzieren, und zwar bereits unterhalb des Standards von 10 μm des LLNL (USA).

Mit diesen Fortschritten stärkt das IFE Targetry HUB-Konsortium Deutschlands Position im internationalen Wettbewerb um die kommerzielle Fusionsenergie.

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

**Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch**

Quantencomputing für die Industrie von morgen: KQCBW startet weiter durch



Das Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg hat seine Transferphase erfolgreich abgeschlossen und startet mit einem starken Konsortium in die nächste Förderphase. Im Mittelpunkt stehen konkrete Industriekooperationen und praxisnahe Anwendungsfälle – von der Wirkstoffentwicklung bis zur Energiewirtschaft.

Das Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg (KQCBW), geleitet vom Fraunhofer IAF und dem Fraunhofer IAO, bündelt die Kompetenzen führender Forschungseinrichtungen und Unternehmen des Landes, um Quantencomputing gezielt in die industrielle Praxis zu überführen. Als eines der etabliertesten Quantencomputing-Netzwerke Deutschlands adressiert das Zentrum die für das Land zentralen Branchen – von Automobil und Maschinenbau über Chemie und Medizintechnik bis hin zu Finanzwesen und Logistik.

Neue Phase – stärkere Industrieankbindung

Im Sommer 2025 startete das KQCBW in seine neue Förderphase mit einem Budget von bis zu 20 Millionen Euro für die Jahre 2024 bis 2028. Das Konsortium umfasst nun 16 Forschungspartner und

13 assoziierte Industriepartner. Die Forschung gliedert sich in sechs Fokusfelder: KQCBW Quantum Cloud, Hardware-Benchmarking, Fehlermitigation und Quantenfehlerkorrektur, Algorithmen für Quantenchemie und Materialwissenschaft, Analyse wirtschaftsrelevanter Anwendungen sowie zielgruppenspezifischer Wissenstransfer.

Das übergeordnete Ziel von KQCBW ist es, Unternehmen in Baden-Württemberg zu befähigen, die Potenziale des Quantencomputings zu erkennen und gezielt zu nutzen. Hierfür plant das Konsortium zum einen die Bereitstellung von Demonstratoren für vereinfachte Anwendungsfälle, zum anderen die Identifikation und Weiterentwicklung von Algorithmen mit vielversprechenden frühen Einsatzmöglichkeiten – insbesondere in den Bereichen Quantenchemie und Quantensimulation. Ergänzend dazu wird der Zugang zu in Baden-Württemberg entwickelter Quantenhardware ermöglicht.

Anwendung im Fokus

Die Bandbreite der bearbeiteten Anwendungsfälle verdeutlicht die konsequent industrielle Ausrichtung der neuen Phase. Die Simulation von NMR-Spektren (Nuclear Magnetic Resonance) unterstützt die

**Schlüsseltechnologien
vorantreiben**

KI für Chips, Chips für KI:
KI-Chip-Technologien von
morgen

Pilotlinien und Advanced
Prototyping für Europa

Basistechnologien
für die Fusion – auf
dem Weg zum
Fusionskraftwerk

**Quantencomputing
für die Industrie von
morgen: KQCBW
startet weiter durch**

**Kernkompetenzen
schärfen**

**Industrietransfer
stärken**

Highlights 2025

Wissenswertes



**KOMPETENZZENTRUM
QUANTENCOMPUTING
Baden-Württemberg**

chemische Probenanalyse mit Benchtop-Geräten. Die Berechnung der Greenschen Funktion mit Quantenalgorithmen eröffnet neue Wege für die Entwicklung funktioneller Materialien – etwa für Katalysatoren und Batterien. Fehlertolerante molekulare Simulationen ermöglichen die Berechnung molekularer Eigenschaften für die pharmazeutische Wirkstoffentwicklung, während quantengestützte Lösungsverfahren für partielle Differenzialgleichungen direkte Anwendung in der Energiewirtschaft finden – beispielsweise bei der Berechnung von Windanlagen-Verschattung. Ergänzt wird das Portfolio durch die Entwicklung von Kontrollhardware für diamantbasierte Qubit-Systeme und die Anbindung der KQCBW-Demonstratorplattform an die PlanQK-Infrastruktur für transparentes Benchmarking.

Kompetenzaufbau für die Quantenzukunft

Begleitend zur Forschung setzt das KQCBW auf gezielten Wissenstransfer. Mit praxisnahen Trainingsformaten – vom eintägigen Einstiegsseminar QC Compact bis zum dreitägigen Quantum Computing Industry Training – werden Fachkräfte aus Industrie, Forschung und Politik auf den Einsatz von Quantencomputing vorbereitet. So wird das KQCBW nicht nur zum Forschungsmotor, sondern auch zum Kompetenzmultiplikator für den Quantentechnologiestandort Baden-Württemberg.

Hochfrequenzelektronik

Leistungselektronik

Optoelektronik

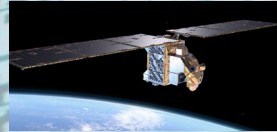
Quantenbauelemente

Quantensysteme

Kernkompetenzen schärfen

Von III-V-Halbleitern für Elektronik und Optoelektronik bis hin zu diamantbasierten Quantentechnologien – das Fraunhofer IAF steht für ein breit aufgestelltes Forschungsprofil. Dabei deckt das Institut die gesamte Wertschöpfungskette ab: von Design und Materialentwicklung über Bauelemente und Module bis hin zu kompletten Systemen. Ebenso vielfältig sind die Anwendungsfelder.

Angeichts dieser Bandbreite an Fähigkeiten, Kompetenzen und Anwendungsfeldern ist es entscheidend, die Forschungsagenda des Instituts und der einzelnen Geschäftsfelder zu schärfen und jene Technologien zu priorisieren, die die größte technologische Wirkung und das höchste Potenzial für die Industrie bieten. Im Folgenden stellen wir Ihnen das weiterentwickelte Forschungsprofil unserer Geschäftsfelder sowie aktuell wichtige technologische Entwicklungen und Projekte vor.



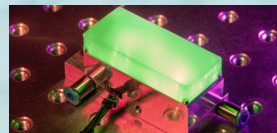
Hochfrequenzelektronik



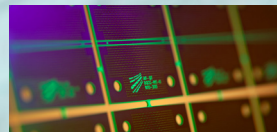
Leistungselektronik



Optoelektronik



Quantenbauelemente



Quantensysteme

Geschäftsfeld Hochfrequenzelektronik

Unsere Mission

In enger Zusammenarbeit mit unseren Partnern entwickeln und ermöglichen wir Testinstrumente der nächsten Generation, hochauflösende Sensorsysteme sowie Hochgeschwindigkeits-Kommunikationssysteme und -komponenten.

Was uns einzigartig macht

Wir beherrschen Design, Prozessierung und Integration von Bauelementen und Subsystemen mit extrem großer Bandbreite – über 100 GHz. Dabei erreichen unsere Komponenten weltweit die niedrigsten Rauschzahlen bis in den Terahertz-Bereich.

Unser Leistungsversprechen

Aufbauend auf unserer langjährigen Erfahrung und ausgewiesenen Expertise bieten wir Design, Prozessierung, Integration und Charakterisierung von MMICs sowie Modulen und Subsystemen entlang der gesamten Wertschöpfungskette an. Dadurch gewährleisten wir technologisch durchgängige und optimal abgestimmte Lösungen aus einer Hand.

In enger Kooperation mit Industrie- und Forschungspartnern arbeiten wir zielorientiert daran, Innovationen termingerecht, in hoher Qualität und zu wettbewerbsfähigen Kosten auf den Markt zu bringen.

Anwendungsfelder

● THz-Kommunikation

● Raumfahrt und
Kommunikation

● Hochauflösende
Sensorik

● Test- und Messgeräte

Fokusthemen

mHEMT-Geschwindigkeit und Logikkomponenten, integriert mit III-V-Technologie

Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit sowie Ausgangsleistung und Entwicklung von E/D-Logik und höherer Durchbruchspannung durch Backgate

Verbesserung des 35-nm-mHEMT-Prozesses

Ziel ist, eine mit dem bestehenden 50-nm-mHEMT-Prozess vergleichbare Lebensdauer, Ausbeute und Eignung für kryogene Anwendungen zu erreichen.

Heterogene Integration/Aufbau- und Verbindungstechnik

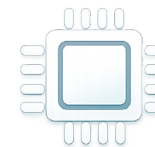
Interposer-Technologie für verlustarme Integration, Flip-Chip mit In-Bumps und thermisch gekoppelten VIAs zur Realisierung hochintegrierter Subsysteme

Skalierung auf 6-Zoll-Wafer

Fertigung auf 6-Zoll-Wafern für höheren Durchsatz und Zugang zu unserer Technologie für die Industrie; Stärkung des Transfers und Optimierung der Lieferkette



Mehr Funktionen pro Chip: Vierpoliger HEMT-on-Silicon mit integrierter Logik



Mit seiner 20-nm-InGaAs-HEMT-on-Silicon-Plattform integriert das Fraunhofer IAF digitale Steuerung und hochleistungsfähige Hochfrequenz-(HF)-Funktionalität auf einem einzigen Chip. Ein neuartiges Backside-Gate ermöglicht die flexible Integration von Logikschaltungen, während eine Backside-Feldplatte die Durchbruchspannung erhöht und damit die potenzielle Ausgangsleistung von Leistungsverstärkern bei 300 GHz und darüber hinaus steigert. Diese Technologie ebnet den Weg für kompaktere, energieeffizientere, multifunktionale und skalierbare HF-Frontend-Lösungen.

Künftige Kommunikations- und Sensorsysteme über 300 GHz benötigen HF-Frontends mit hoher Ausgangsleistung, kleiner Bauform und intelligenter Steuerung. Die 20-nm-In_{0,8}Ga_{0,2}As-HEMT-on-Silicon-Technologie des Fraunhofer IAF vereint dazu hochperformante HF-Transistoren und Logikkomponenten für lokale Steuerung und Überwachung. Ein HEMT ist für den Betrieb bei extrem hohen Frequenzen optimiert. Die Implementierung auf einem Siliziumsubstrat (»HEMT-on-Silicon«) ermöglicht eine bessere Integration und Skalierbarkeit.

Die Schlüsselinnovation dieser Plattform ist die lokalisierte Integration von Backside-Gate (BG) und Backside-Feldplatte (BFP). Diese zusätzlichen Elektroden transformieren den konventionellen Dreipol-HEMT in ein Vierpol-Bauelement, erhöhen die Flexibilität im Schaltungsdesign und ermöglichen intelligentere HF-Frontends, ohne die Chipfläche zu vergrößern oder separate Steuer-ASICs (Application-Specific Integrated Circuits) zu benötigen.

Höhere Spannungsfestigkeit und Ausgangsleistung

Die unterhalb der Drain-Region platzierte Backside-Feldplatte verbessert die elektrische Feldverteilung und erhöht die Durchbruchspannung gegenüber konventionellen HEMTs. In Kombination mit einem optimierten Gate-Rezess auf der Drain-Seite entstehen Hochspannungs-HEMTs (HV-HEMTs) mit deutlich gesteigerter Spannungsfestigkeit bei gleichzeitig exzellenter HF-Performance ($f_{\text{max}} > 650$ GHz). Dies bildet die Grundlage für Leistungsverstärker-MMICs (Monolithic Microwave Integrated Circuits) mit höherer potenzieller Ausgangsleistung bei 300 GHz und darüber hinaus und unterstützt größere Übertragungsdistanzen, höhere Datenraten und robustere Verbindungen in zukünftigen Kommunikations- und Sensorsystemen.

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien vorantreiben

Kernkompetenzen schärfen

Hochfrequenzelektronik

Leistungselektronik

Optoelektronik

Quantenbauelemente

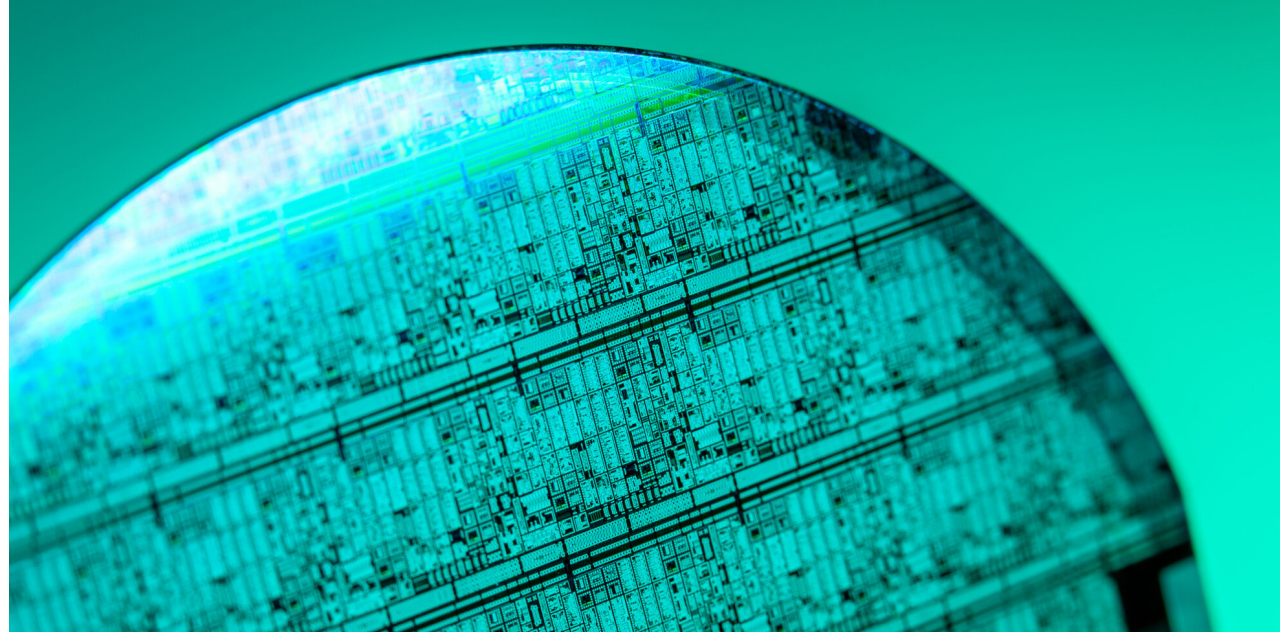
Quantensysteme

Industrietransfer stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

Prozessierter 4-Zoll-InGaAs-Wafer (Indium-Gallium-Arsenid), auf dem zahlreiche mikrostrukturierte mHEMT-THz-Schaltungen integriert sind.



Parallel dazu ist das Backside-Gate unterhalb der intrinsischen Kanalregion positioniert und dient zur Einstellung der Transistorschwellspannung. Dies ermöglicht sowohl Enhancement-Mode-Betrieb (E-Mode, »normally off«) als auch Depletion-Mode-Betrieb (D-Mode, »normally on«) auf derselben Technologieplattform, ohne Änderungen an der Epitaxiastuktur. Grundlegende Logikblöcke wie Inverter, NAND- und NOR-Gatter sowie ein D-Latch wurden bei niedrigen Versorgungsspannungen mit einem HF-Transistorlayout und lokalisierter BG-Integration demonstriert.

Integrierte Bias- und Leistungssteuerung

Diese Schaltungen ermöglichen die lokale Steuerung von Bias-Bedingungen, Logikfunktionen und Power-Management direkt auf dem

Chip. Dadurch werden Betriebsbedingungen dynamisch angepasst, die Energieeffizienz gesteigert und externe Steuerelektronik reduziert. Dies bereitet den Weg für eine vollständig monolithische Digital-HF-Integration in dieser HEMT-Technologie und für fortschrittliche Konzepte wie digital gesteuerte Phased-Array-Systeme und Verstärker mit variabler Verstärkung.

Die 20-nm-HEMT-on-Silicon-Plattform markiert einen wichtigen Schritt hin zu Terahertz-Modulen der nächsten Generation, die komplexe Steuerfunktionen und hochleistungsfähige analoge Bausteine auf einem einzigen Chip integrieren.

Hochfrequenzelektronik

Leistungselektronik

Optoelektronik

Quantenbauelemente

Quantensysteme

Geschäftsfeld Leistungselektronik

Unsere Mission

Wir entwickeln die nächste Generation von III-V-Hochleistungshalbleitern – für Hochfrequenzanwendungen ebenso wie für effizientes Schalten im MHz-Bereich. Als Türöffner für die deutsche und europäische Industrie überführen wir Vorentwicklungen des epitaktischen Kristallwachstums, der technologischen Prozessierung und des Bauelement- und Schaltungsentwurfs von der universitären Forschung in die industrielle Nutzbarkeit.

Was uns einzigartig macht

Wir bündeln das Know-how einer einzigartigen Wertschöpfungskette unter einem Dach: von der Abscheidung und Charakterisierung epitaktischer Schichten über die Prozessierung bis hin zum Aufbau komplexer Hochfrequenz-Demonstratoren.

Anwendungsfelder

Elektromobilität und
Klimatechnik

Radar

Kommunikation
und Weltraum

Messtechnik

Das ermöglicht es uns, neue Konzepte – ob Epitaxieschicht, Prozessmodul oder innovatives Schaltungsdesign – agil und durchdacht für unsere Kunden zu evaluieren und zur Marktreife zu führen.

Unser Leistungsversprechen

Wir entwickeln und optimieren innovative MOCVD-Epitaxieschichten. Darüber hinaus verbessern wir bestehende Prozessketten durch die Entwicklung neuer Prozessmodule im Bereich der HF- und Leistungselektronik. Durch die enge Verzahnung von Epitaxie, Technologieentwicklung und Schaltungsentwurf realisieren wir integrierte Gesamtkonzepte, die Wirkungsgrad, Leistungsdichte und Integrationsgrad gezielt maximieren. Gleichzeitig stellen wir unseren Kunden Produktionskapazitäten im Rahmen der GaN-Pilotlinien zur Verfügung und schließen damit konsequent die Lab-to-Fab-Lücke.

Fokusthemen

Highspeed-HF-Elektronik mit höchster Effizienz

Weltrekord-Technologie für den Millimeterwellenbereich bis über 200 GHz: Trotz der Skalierung zu kürzesten Gatelängen zeigt Galliumnitrid eine außerordentliche Leistungsdichte und Verstärkung.

Effiziente Hochspannungs-Bauelemente für HF

Hochfrequenztechnologie mit Versorgungsspannung von 100 V und höchster Leistungsdichte für Radar, Kommunikation und Verteidigung in L-, S-, C- und X-Band

Hochrobuste HF-Elektronik

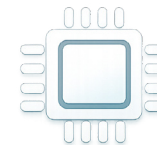
Galliumnitrid-Technologie mit hoher Leistungsdichte und extremer Robustheit für widerstandsfähige rauscharme Verstärker, Schalter und Leistungsverstärker bis ins W-Band

Leistungsfähige MHz-Schalter

Galliumnitrid-Bauelemente und -Schaltungen für höchste Spannungen bis 1700 V für nachhaltige Energieumwandlungssysteme der nächsten Generation.



Fortschrittliche Hochvolttechnologie für Radar und Kommunikation



Galliumnitrid-(GaN)-Transistoren ermöglichen bereits heute Verstärker-Endstufen mit einer Ausgangsleistung, die mit keinem anderen Halbleiter erreicht werden kann – etwa als leistungsstarker Baustein für Weltraumkommunikation oder in Radaranwendungen. Das Fraunhofer IAF treibt die nächste Generation der GaN-Hochvolttechnologie voran, die eine extreme Leistungsdichte und Effizienz mit der platzsparenden Integration sämtlicher Bauelemente auf einem Chip vereint.

Elektronische Systeme sollen kleiner, leichter und energieeffizienter werden. Besonders in Satelliten, Flugzeugen oder bodengebundenen Kommunikationsstationen sind Gewicht, Bauraum und Energieverbrauch entscheidend. GaN-Verstärkerstufen bestimmen in vielen dieser Anwendungen maßgeblich die Gesamteffizienz: Sie wandeln die zugeführte elektrische Energie direkt in Hochfrequenzleistung um und sind meist direkt mit der Antenne verbunden. Steigt ihre Effizienz, sinken Wärmeverluste und der Kühlaufwand, was kompaktere Kühlsysteme ermöglicht. Durch die begrenzte Ausgangsleistung aktuell verfügbarer Transistoren kommt ein zusätzlicher Verlusttreiber hinzu:

Die Hochfrequenzleistung vieler einzelner Transistoren muss aufwendig zusammengefügt werden.

Genau hier setzt die Entwicklung der GaN50X-Technologie am Fraunhofer IAF an. Sie arbeitet mit Betriebsspannungen von bis zu 100 Volt und erreicht extrem hohe Leistungsdichten von über 15 W/mm. Ein weiteres Entwicklungsziel ist die monolithische Integration der notwendigen Hochfrequenz-Anpassnetzwerke direkt auf dem Chip (MMIC). Durch diese Innovation sinkt der Platzbedarf der Endstufe im System um eine ganze Größenordnung, während die notwendige Kühlleistung reduziert wird.

Zuverlässigkeit, Homogenität und industrielle Pilotlinienfertigung der GaN50X-Technologie

Die hohe Betriebsspannung und Leistungsdichte bringen jedoch große Anforderungen an die verwendeten Materialien und Fertigungstoleranzen mit sich: Um einen zuverlässigen Einsatz der GaN50X-Technologie zu gewährleisten, untersucht das Fraunhofer IAF nicht nur Spitzenwerte, sondern auch Parameter wie Langzeitverhalten und Homogenität. Innovative Ansätze der epitaktischen und

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien vorantreiben

Kernkompetenzen schärfen

Hochfrequenzelektronik

Leistungselektronik

Optoelektronik

Quantenbauelemente

Quantensysteme

Industrietransfer stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

ESAs Deep-Space-Antennen in New Norcia, Australien. Diese Antennen strahlen tief ins Weltall, um die Kommunikation mit weit entfernten Raumsonden aufrechtzuerhalten. Dafür benötigen sie hohe Hochfrequenzleistung, die zukünftig von GaN-Transistoren bereitgestellt wird.



technologischen Basis stellen die gleichbleibend hohe Qualität der Bauelemente sowie die spätere Serienfertigung sicher. Umfassende Zuverlässigkeitsstudien unter 100-Volt-Betrieb, bei hohen Temperaturen und feuchter Atmosphäre belasten die Bauelemente bis zu ihrem Maximum und geben wertvolle Einblicke in die Bauteilphysik und Robustheit der Technologie. Ziel dieser Entwicklung ist der Aufbau einer industriellen Pilotlinienfertigung, die Transistoren und Schaltungen mit bisher unerreichter Leistungsdichte bereitstellt.

In den nächsten drei Jahren entsteht so die Grundlage für hochintegrierte Sende- und Empfangsmodule, die mit wenig Platzbedarf effizient hohe Leistungen bereitstellen. Die Einsatzfelder reichen von Satellitenkommunikation und hochauflösender Erdbeobachtung bis hin zu modernen, energieeffizienten Radarsystemen. Damit leistet die GaN50X-Technologie einen Beitrag zu zuverlässigeren und nachhaltigeren Systemen in unserer zunehmend vernetzten Welt.

Hochfrequenzelektronik

Leistungselektronik

Optoelektronik

Quantenbauelemente

Quantensysteme

Geschäftsfeld Optoelektronik

Unsere Mission

Wir bieten Zugang zu hochleistungsfähiger optoelektronischer Technologie für Laser und Detektoren. Für anspruchsvolle Sensorik-, Sicherheits- und Quantenanwendungen entwickeln wir Detektoren und Laser modernster Bauform und liefern Lösungen vom Einzel-emitter bis zum Systemdemonstrator.

Was uns einzigartig macht

Als führende europäische Quelle mit langjährig nachgewiesener Expertise und modernster Ausstattung bieten wir die komplette Wertschöpfungskette der Infrarot-Optoelektronik: von simulationsgestütztem Bauelementdesign über erstklassige Epitaxie- und Prozesstechnologie sowie Charakterisierung bis hin zu Modul- und Systemdemonstratoren.

Unser Leistungsversprechen

Wir schaffen Werte, indem wir unsere Partner bei der Entwicklung innovativer Komponenten, Module, Systeme und Anwendungen unterstützen und unseren Industriekunden einen niederschweligen Zugang zu modernster optoelektronischer Laser- und Detektortechnologie eröffnen – von der industriellen Pilotserie bis hin zum begleiteten Technologietransfer. Durch die Erforschung von Technologien mit absehbarem Industriepotenzial qualifizieren wir nationale Know-how-Träger und leisten so einen Beitrag zur Stärkung der nationalen und europäischen Technologiesouveränität und -unabhängigkeit.

Anwendungsfelder

Thermische
Infrarotsignaturen

Spektroskopie

Quantenkommuni-
kation und -sensorik

Prozesskontrolle

Fokusthemen

Ga-freie Typ-II-Übergitter-Detektoren für den Wellenlängenbereich 3 – 5 μm

Robuste Technologie mit hoher Betriebstemperatur und geringer Defektdichte; Stärkung der europäischen Souveränität im größten Marktsegment des thermischen Infrarots

Quantenkaskadenlaser (QCL) & QCL-basierte Sensorik

QCL-Chips und -Module mit weltweit führender Abstimmgeschwindigkeit für schnelle Spektralabdeckung; die europäische Quelle für leistungsstarke QCL mit vergrabener Heterostruktur; Systemdemonstratoren für Echtzeit-Sensorik

Laser und Photonenquellen für Quantenanwendungen

III-V-basierte Emittter von verschränkten Photonenpaarquellen, schmalbandige VECSEL als Pumpquelle für Quantenfrequenzkonverter und Rydberg-RF-Sensorik

Photonische Integration

Halbautomatische Montage von miniaturisierten Laser-Modulen und photonisch integrierte Schaltkreise (PICs) für den Wellenlängenbereich 4 – 12 μm

SPAD-Detektoren für den Wellenlängenbereich bis 1,7 μm

Höchstempfindliche Einzelphotonendetektion mit geringer Dunkelzählrate; Fraunhofer ist die einzige EU-Fertigungsstätte für dieses fortschrittliche Detektorkonzept.



ECOSYSTEM – eine europäische Lieferkette für T2SL-basierte IR-Detektortechnologie

Die technologische Souveränität Europas erfordert Unabhängigkeit bei kritischen Schlüsselkomponenten. Dazu zählen auch moderne Infrarot-Detektoren, die in wichtigen Wertschöpfungsketten und anspruchsvollen Anwendungen Einsatz finden. Für hochleistungsfähige T2SL-IR-Detektoren sind EU-Hersteller bislang in hohem Maße von außereuropäischen Quellen abhängig. Im EDF-Projekt ECOSYSTEM kooperiert das Fraunhofer IAF mit namhaften europäischen Partnern mit dem Ziel, diese Abhängigkeit durch den Aufbau einer souveränen europäischen Lieferkette zu reduzieren.

Stabile Lieferketten sind für die eigenständige Fertigungsfähigkeit von höchster Wichtigkeit. Dies gilt in besonderem Maße bei Technologien für die IR-Detektorindustrie. Im EDF-Projekt ECOSYSTEM soll eine europäische Lieferkette für hochleistungsfähige IR-Detektoren auf Basis von Typ-II-Übergittern (T2SLs) als Detektormaterial ausgebaut werden, da gegenwärtig noch Abhängigkeiten von Nicht-EU-Quellen bestehen. Durch die Kooperation von 17 EU-Partnern aus acht Nationen werden vorhandene Fähigkeiten kombiniert, erweitert und technologische Innovation gefördert, um bezüglich der Leistungsfähigkeit

zu weltweit führenden Unternehmen aufzuschließen und technologische und wirtschaftliche Abhängigkeiten abzubauen. Ein zentrales Projektziel ist die Realisierung eines T2SL-Kamerademonstrators für das mittlere Infrarot mit SXGA-Auflösung bei 7,5 µm Pixelraster und hoher Betriebstemperatur von 130 K.

Ga-freie T2SLs für kompakte, energieeffiziente IR-Detektoren
T2SLs, insbesondere die »Ga-freie« Untervariante, haben sich in den letzten Jahren als IR-Detektormaterial etabliert. Ihre vorteilhaften Materialeigenschaften ermöglichen höhere Betriebstemperaturen ohne Leistungseinbußen gegenüber herkömmlichen Systemen. Dadurch lassen sich Größe, Gewicht und Leistungsaufnahme systemseitig reduzieren, was eine kosteneffizientere IR-Detektortechnologie erlaubt.

Aufgrund seiner langjährigen Expertise zu T2SL-Technologien ist das Fraunhofer IAF zentraler Partner im Projektkonsortium. Am Institut beginnt die Wertschöpfung mit der Molekularstrahlepitaxie der T2SL-Schichten auf kommerziellen 100-mm-GaSb-Substraten, die in der erforderlichen Güte bislang nicht aus souveränen EU-Quellen

Hochfrequenzelektronik

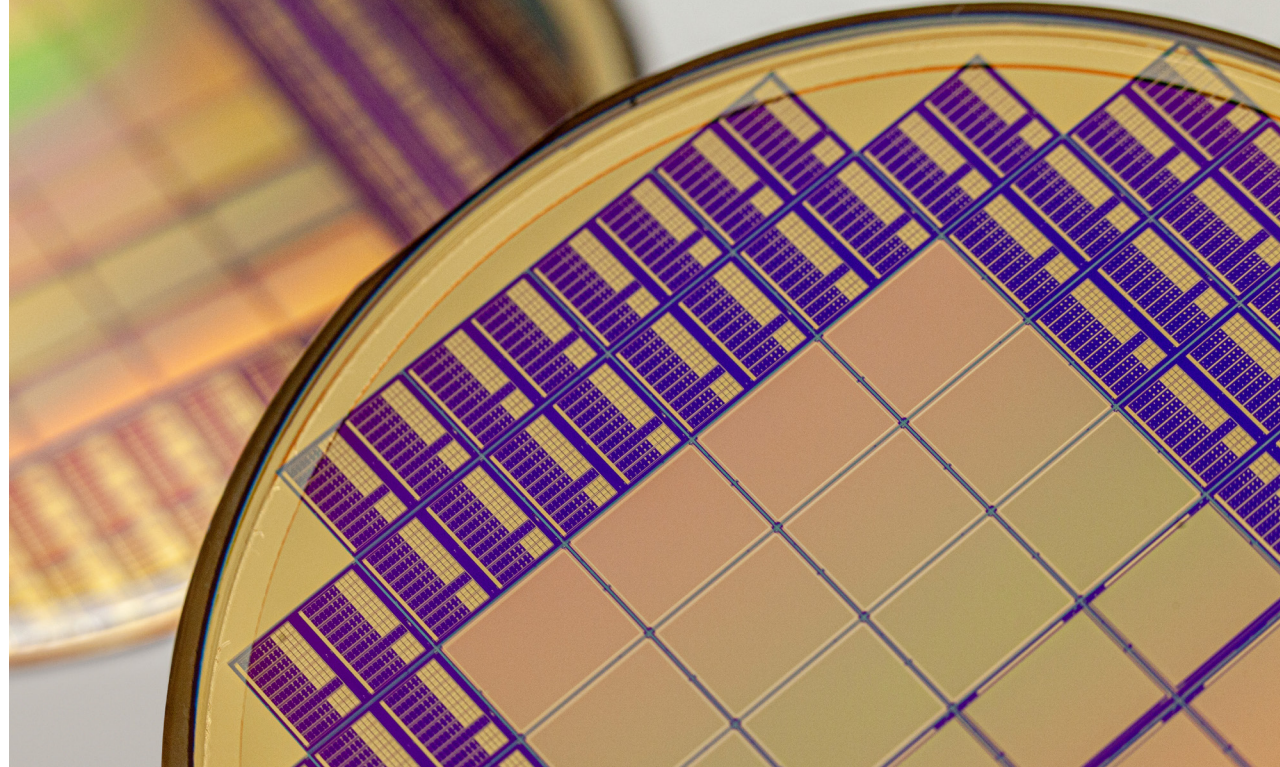
Leistungselektronik

Optoelektronik

Quantenbauelemente

Quantensysteme

*T2SL-Detektorwafer auf Basis
eines 100-mm-GaSb-Substrates
mit 24 Detektormatrizen
umringt von Teststrukturen zur
Material- und Prozessevaluation.*



erhältlich sind. Mehrere ECOSYSTEM-Partner forschen daher an Kristallzucht von GaSb-Einkristallen und Weiterverarbeitung zu Substratwafern. Wiederaufbereitung und Recycling kritischer Rohmaterialien werden mit der Zielsetzung untersucht, einer ressourcensparenden, unabhängigen Versorgung näherzukommen.

Aufbau einer europäischen Wertschöpfungskette

Nach der Epitaxie der T2SL-Schichten werden am Fraunhofer IAF mithilfe von Weiterentwicklungen in Ätz- und Prozesstechnologie

Detektormatrizen hergestellt, die bei zwei europäischen Projektpartnern mit Ausleseschaltkreisen hybridisiert, mit dedizierten Kryokühlern kombiniert und abschließend zu einem T2SL-Modul aufgebaut und bewertet werden. Die speziellen Anforderungen aus Detektormaterial, Rastermaß und Betriebstemperatur erfordern bei allen Projektpartnern umfassende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Ziel von ECOSYSTEM ist die europäische IR-Detektorindustrie durch den Lieferkettenaufbau vernetzter, unabhängiger und international konkurrenzfähiger aufzustellen.

Geschäftsfeld Quantenbauelemente

Unsere Mission

Wir sind der Enabler der Quantentechnologie. Mit eigens entwickelten Bauelementen führen wir quantentechnologische Ansätze aus der wissenschaftlichen Nische in die Anwendung. Unser Ziel ist es, aus Forschungsergebnissen marktfähige, zuverlässige und skalierbare Lösungen für reale Umgebungen zu schaffen.

Was uns einzigartig macht

Unsere Stärke liegt in der hohen Integrationstiefe entlang der gesamten Wertschöpfungskette: vom Ausgangsmaterial über Sensorkern, elektrische und optische Ansteuerung und Auslese bis zur Applikation und zu integrierten Sensormodulen. Hinzu kommt die exzellente Ausstattung für Wachstum, Charakterisierung und Aufbau.

Unser Leistungsversprechen

Wir erfassen, begleiten und bewerten Innovationen aus der Grundlagenforschung und überführen sie bei Eignung in quantensensorische Technologien. Wir schaffen Werte, indem wir unsere langjährige Erfahrung in der Optoelektronik, insbesondere in der LED- und Lasertechnologie, gezielt nutzen und damit aus Laborweltrekorden robuste, feldtaugliche und verfügbare Sensoren und Bauelemente schaffen.

Unsere Forschung orientiert sich konsequent an den Bedürfnissen des Marktes. Im Fokus steht das optimale Zusammenspiel aus Kosten, Performance und Qualität – dem wirtschaftlich tragfähigen Sweet Spot für nachhaltigen technologischen Erfolg.

Anwendungsfelder



Fokusthemen

Laserschwellen-Magnetometrie

Diamantbasierte Quantensensorik für Massenmarkt-/Verbraucheranwendungen mit Empfindlichkeiten bis hin zu Gehirnsignalen

Monolithische/heterogene Integration eines NV-basierten Sensorkerns

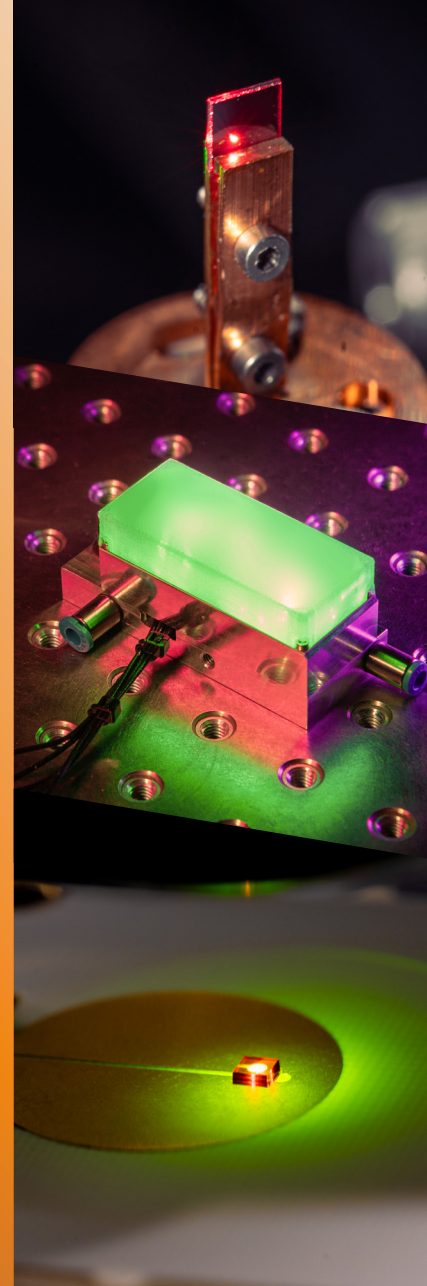
Anwendungen durch SWaP, Robustheit, Reproduzierbarkeit und Skalierbarkeit

Module für Quantensensorik-Anwendungen

Der Quantensensorik-Markt ist ein Wachstumsmarkt, daher sind eine Vielzahl von Proof-of-Concepts und Prototypen erforderlich, um neue Anwendungen zu testen.

Diamantbauelemente für Quantensensorik-Anwendungen

Kernstück des Fraunhofer IAF und Grundlage jedes Sensors – die Verstärkungen und spezifischen Anforderungen pro Anwendung lassen viel Raum für Entwicklungsmöglichkeiten und Lichtausbeute durch Design.



Diamant-Laser-Sensor steigert Magnetfeldmessung um mehr als das 520-Fache



Quantensensoren auf Basis von Stickstoff-Vakanz-Zentren (NV-Zentren) in Diamant ermöglichen hochpräzise Magnetfeldmessungen sogar bei Raumtemperatur. Am Fraunhofer IAF arbeitet eine Forschungsgruppe intensiv an der Umsetzung eines fundamentalen Verbesserungskonzepts der Quantensensorik: Die Laserschwellen-Magnetometrie besitzt das Potenzial, sowohl die Empfindlichkeit als auch den Dynamikbereich der Magnetfeldmessung auf Rekordwerte zu steigern. Nun ist es den Forschenden gelungen, das bestehende theoretische Konzept experimentell umzusetzen und einen herausragenden Verbesserungsfaktor von über 520 gegenüber dem aktuellen Stand der Technik nachzuweisen.

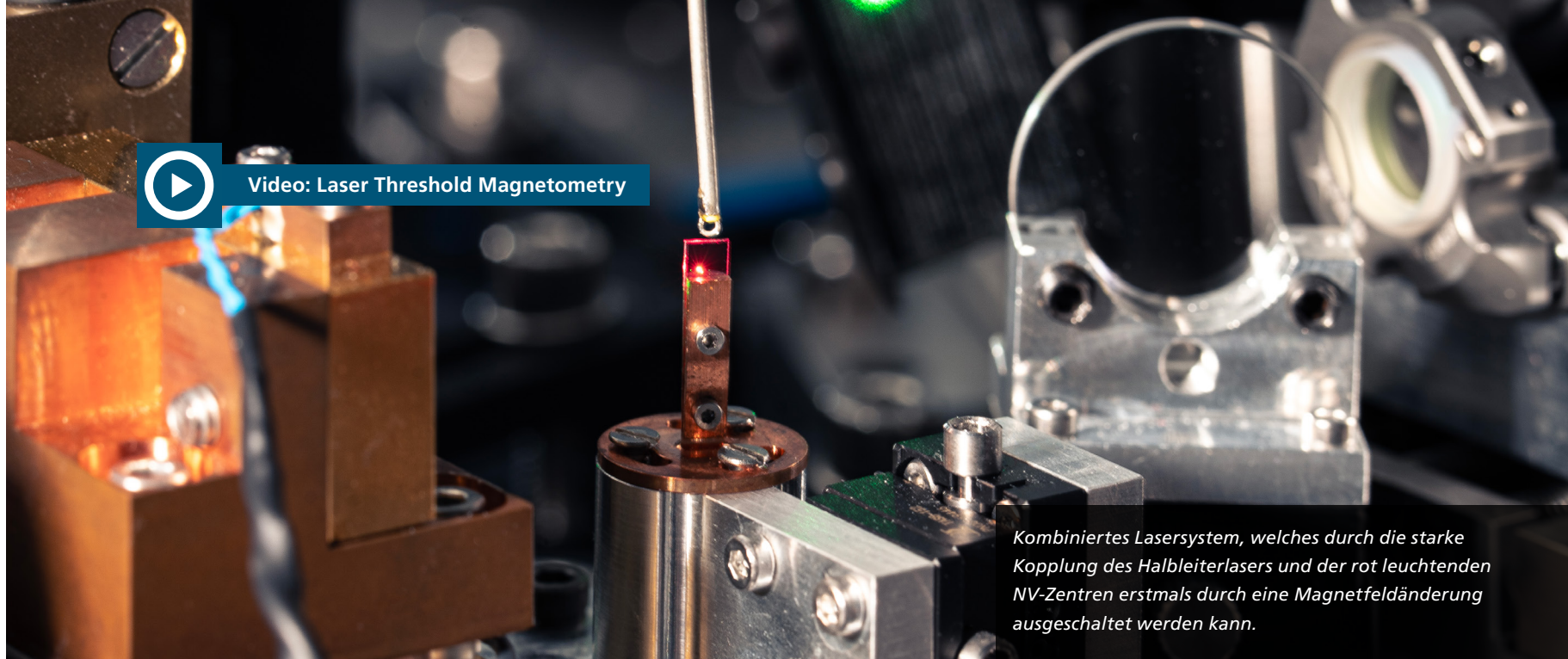
Herkömmliche NV-Magnetometer basieren auf der Detektion von rotem Licht, welches nach Einstrahlen von grünem Laserlicht von den NV-Zentren abgestrahlt wird und dessen Intensität sich bei Änderung des Magnetfeldes ebenfalls ändert. Diese Helligkeitsänderungen und die Intensität des roten Leuchtens sind jedoch sehr gering, sodass die erreichbare Empfindlichkeit aktuell limitiert ist.

Laserschwellen-Magnetometrie

Ein vielversprechender Forschungsansatz zur Empfindlichkeitssteigerung ist das Konzept der Laserschwellen-Magnetometrie (LSM). Hierbei wird der rot leuchtende Diamant zusammen mit einem Lasermedium in eine Kavität (einen optischen Resonator) eingebracht. Durch eine gezielte Wahl des Lasermediums und die Optimierung der Diamantparameter können die NV-Zentren und der Laser stark gekoppelt werden, sodass die Laserleistung direkt vom zu messenden Magnetfeld abhängt. Wird das Lasersystem nahe an der Laserschwelle betrieben, kann bereits eine kleine Magnetfeldänderung dazu führen, dass das Lasersystem gezielt ausgeschaltet wird. Diese Kombination aus hohen erreichbaren Ausgangsleistungen und einer starken Magnetfeldabhängigkeit verspricht eine signifikante Verbesserung des optischen Kontrasts, der Empfindlichkeit und des Dynamikbereichs.

Signifikante Kontrast- und Leistungssteigerung

In diesem Jahr konnte die Forschungsgruppe im Rahmen des BMFTR-geförderten Projekts NeuroQ diese theoretischen Vorhersagen erstmals vollständig im Experiment reproduzieren. Durch die starke



Video: Laser Threshold Magnetometry

Kombiniertes Lasersystem, welches durch die starke Kopplung des Halbleiterlasers und der rot leuchtenden NV-Zentren erstmals durch eine Magnetfeldänderung ausgeschaltet werden kann.

Kopplung der NV-Zentren mit einem HalbleiterlasermEDIUM in derselben Kavität ändern sich die Eigenschaften des kombinierten Lasersystems durch eine Änderung des Magnetfeldes deutlich. So erreichten die Forschenden einerseits einen optischen Kontrast von bis zu 100 % – im Vergleich zu den wenigen Prozent, die bei konventionellen NV-basierten Magnetometern üblich sind – und gleichzeitig Signalleistungen von bis zu 60 mW statt der sonst üblichen wenigen Milli- oder Mikrowatt. In den theoretischen Limits der sensorrelevanten

Eigenschaften konnte dadurch ein Verbesserungsfaktor von über 520 gegenüber dem aktuellen Stand der Technik demonstriert werden.

Diese Ergebnisse stellen die Grundlage für eine neue Generation von Magnetfeldsensoren basierend auf der LSM dar, welche insbesondere in der Medizintechnik für die präzise Messung schwacher Magnetfelder, wie sie vom Herzen oder Gehirn erzeugt werden, zur Anwendung kommen könnten.

Hochfrequenzelektronik

Leistungselektronik

Optoelektronik

Quantenbauelemente

Quantensysteme

Geschäftsfeld Quantensysteme

Unsere Mission

Wir entwickeln skalierbare, farbzentrenbasierte Quantencomputer mit Fokus auf Vorteilen in Größe, Gewicht und Leistung, um leistungsstarke, mobile Systeme für neue Anwendungen zu schaffen. Ergänzend entwerfen wir spezialisierte Algorithmen und erforschen Materialien für Quantentechnologien.

Was uns einzigartig macht

Unsere besondere Stärke liegt in der Kombination aus Materialkompetenz, System-Know-how und Algorithmik: Wir verfügen über jahrzehntelange Erfahrung und ein starkes Netzwerk im Diamantwachstum, sind führend im Systemengineering und Testing von Diamant-QPUs in Europa und stellen die einzige sicherheitsrelevante Quantenalgorithmik in Deutschland.

Anwendungsfelder

Quantensimulation

Kombinatorische
Optimierung

Quantenmaschinen-
lernen

Quantencomputing für KI

Unser Leistungsversprechen

Wir produzieren hochwertige Diamantfilme für Anwendungen im Quantencomputing und in der Quantensensorik und schaffen damit die Grundlage für leistungsfähige Quantensysteme.

Wir bieten Lösungen für Quantensysteme an: von der Hardware-Kontrolle über die Systemintegration bis hin zur Entwicklung spezialisierter Algorithmen für Quantencomputer und Quantensensoren. Mit unserer Arbeit erhöhen wir die Sicherheit in unserem Land und unserer Wertegemeinschaft.

Fokusthemen

NV-Chip – dipolar/phononisch gekoppelt

Entwicklung eines Diamant-basierten Quantenprozessors vor dem Hintergrund eines wachsenden Marktes für Anwendungen im Quantencomputing und in der Quantenkommunikation

Diamantmaterial/Implantation

Die zunehmenden Möglichkeiten der Diamantimplantation führen zu neuen Anwendungen und treiben die steigende Nachfrage nach Diamantfilmen mit Ensembles bzw. Einzelzentren von NV-Diamant und anderen Farbzentren voran.

Charakterisierung und Benchmarking von Farbzentren

Die Verbesserung der Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit von auf Farbzentren basierenden Quantentechnologien erfordert umfassende Testdienstleistungen.

Quantenalgorithmen

Entwicklung von Software zum Betrieb von Quantencomputern, insbesondere für Optimierung, Simulation, maschinelles Lernen und Fehlerkorrektur



Mit logischen Qubits zu fehlertoleranten Quantencomputern

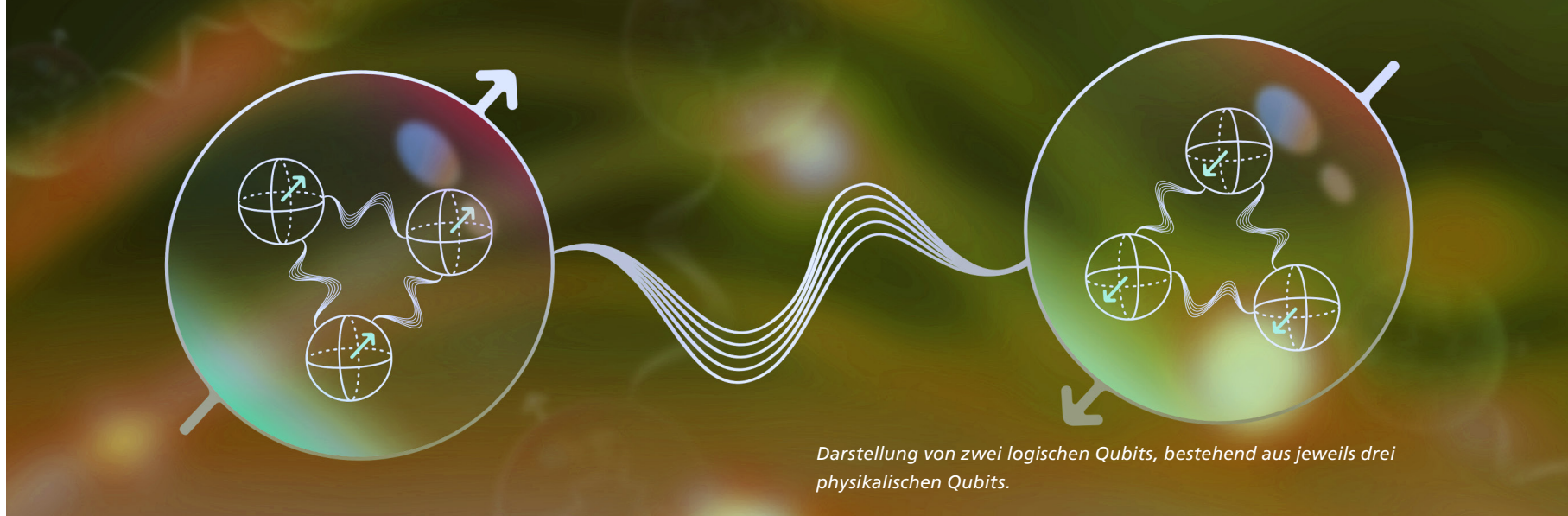


Quantencomputer bergen enormes Potenzial für schnelle, komplexe Berechnungen, doch ihre hohe Fehleranfälligkeit bremst bislang die Praxisanwendung. Das Projekt snaQCs2025 treibt die Quantenfehlerkorrektur gezielt voran: Durch robuste logische Qubits, optimierte Algorithmen und neue Analyse-Tools soll die Fehleranfälligkeit physikalischer Qubits signifikant reduziert und eine vollständige Entwicklungspipeline von Simulation bis Validierung etabliert werden. Das Vorhaben wird von neQxt, Fraunhofer IAF und Point 8 durchgeführt und über drei Jahre vom BMFTR gefördert.

Die Quantenfehlerkorrektur gilt als Schlüssel für eine breite Anwendung von Quantencomputern. Genau hier setzt das vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt geförderte Projekt snaQCs2025 an: Die Projektpartner entwickeln gemeinsam robuste Quantenfehlerkorrektur-Verfahren, die auf skalierbare Quantenalgorithmen abgestimmt sind. Die Förderung erfolgt im Rahmen der Maßnahme Anwendungsorientierte Quanteninformatik über drei Jahre mit insgesamt 2,5 Millionen Euro.

Qubits reagieren äußerst empfindlich auf äußere Einflüsse – bereits geringste Magnetfelder oder Temperaturschwankungen können ihren Zustand verändern und damit die Berechnungen eines Quantencomputers verfälschen. Die Nutzung von Quantenfehlerkorrektur kann dies ausgleichen: Durch den Zusammenschluss mehrerer physikalischer Qubits entstehen logische Qubits, in denen die Fehler einzelner Qubits im Verbund erkannt und korrigiert werden. Zwar steigt mit der Anzahl physikalischer Qubits zunächst die Gesamtfehlerwahrscheinlichkeit, durch ihre strukturierte Verschaltung zu logischen Qubits kann die Fehlerrate jedoch effektiv reduziert werden.

Im Kern von snaQCs2025 steht die vollständige Entwicklungspipeline: Von der Simulation von Fehlerkorrektur-Strategien über die Implementierung logischer Qubits in bestehende Quantenhardware bis zur Optimierung anwendungsorientierter Algorithmen wird jede Stufe auf die Robustheit der Berechnungen ausgerichtet. Die Hardwarebasis des Vorhabens beruht auf ionenfallenbasierter Quantencomputing-Technologie, die eine hohe Kontrollierbarkeit der Qubits ermöglicht.



Darstellung von zwei logischen Qubits, bestehend aus jeweils drei physikalischen Qubits.

Integrierte Quantenfehlerkorrektur für skalierbare Logik-Qubits und industrielle Anwendungen

Am Fraunhofer IAF wird die integrierte Strategie aus Analytik, Optimierung, Simulation und fehlertoleranter Implementierung vorangetrieben. Der Fokus liegt auf der Skalierbarkeit der Algorithmen, ihrer praxisnahen Anwendbarkeit sowie der Abstimmung mit den entwickelten Quantenfehlerkorrektur-Codes. Die enge Verzahnung mit den anderen Verbundpartnern sorgt dafür, dass Algorithmen, Codes und Tools effizient aufeinander abgestimmt sind und sich gezielt in Industrieprozesse integrieren lassen.

Durch die Entwicklung robuster logischer Qubits, die Verbesserung von Quantenalgorithmen und die Bereitstellung belastbarer

Analyse- und Validierungstools wird das Potenzial der Quantenfehlerkorrektur auch für industrielle Anwendungen greifbar. Der Einsatz von Quantenfehlerkorrekturverfahren auf der Basis logischer Qubits ermöglicht die fehlertolerante Ausführung von Algorithmen mit Quantenvorteil, beispielsweise zur Kryptoanalyse, Datenbanken-Suche sowie zur Untersuchung von Materialien und chemischen Stoffen. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, die Fehlertoleranz von Quantenprozessoren zu erhöhen, Anwendungen in Materialforschung, Chemie, Optimierung und datenintensiven Bereichen zu erschließen und Deutschland als Standort für skalierbare Quantencomputing-Lösungen zu stärken.

INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungszentrum

Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quantensensorik

Industrietransfer stärken

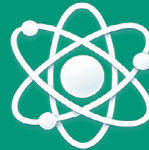
Seit ihrer Gründung versteht sich die Fraunhofer-Gesellschaft als Brücke zwischen exzellenter Forschung und industrieller Anwendung. Im Zentrum steht unsere Mission, Technologien zur Marktreife zu führen und gemeinsam mit Industriepartnern in die Praxis zu bringen.

Das Fraunhofer IAF kooperiert dafür eng mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie – von Großkonzernen über den Mittelstand bis hin zu Start-ups, national wie international. Um diese Partnerschaften gezielt zu stärken, bieten wir niederschwellige Zugänge zu neuen Technologien wie etwa das INQUBATOR Test- und Beratungszentrum für Quantencomputing und erarbeiten gemeinsam mit unseren Kunden maßgeschneiderte Lösungen für ihre spezifischen Anforderungen. Forschung braucht starke Partnerschaften und ein gemeinsames Ziel: die industrielle Wertschöpfung von morgen.

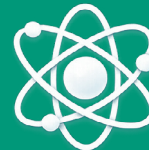
INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungszentrum

Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quantensensorik

**INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungs-
zentrum**



**Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quanten-
sensorik**



INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungszentrum

Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quantensensorik

INQUBATOR – Quantencomputing- Test- und Beratungszentrum



Das Fraunhofer IAF hat gemeinsam mit drei weiteren Fraunhofer-Instituten das Test- und Beratungszentrum für Quantencomputing, INQUBATOR, gegründet. Es handelt sich um ein neuartiges, niederschwelliges Angebot, das Unternehmen den Einstieg ins Quantencomputing erleichtert und konkrete, praxisnahe Anwendungsfälle untersucht, bei denen Quantencomputer einen Vorteil bieten können.

Das Ziel von INQUBATOR ist es, die deutsche Wirtschaft gezielt auf den technologischen Umbruch durch Quantencomputing vorzubereiten und damit ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Besonders adressiert werden Unternehmen, die bislang noch nicht Teil des Quantenökosystems sind. Sie sollen frühzeitig und proaktiv über gemeinsame F&E-Aktivitäten an das Thema herangeführt werden und die Chance erhalten, diese bedeutende Zukunftstechnologie in der Praxis zu erproben. Die realistische Technologiebewertung und die passgenaue Unterstützung der Unternehmen stehen dabei im Fokus.



Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien vorantreiben

Kernkompetenzen schärfen

Industrietransfer stärken

INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungszentrum

Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quantensensorik

Highlights 2025

Wissenswertes

Vier vordefinierte Use-Cases

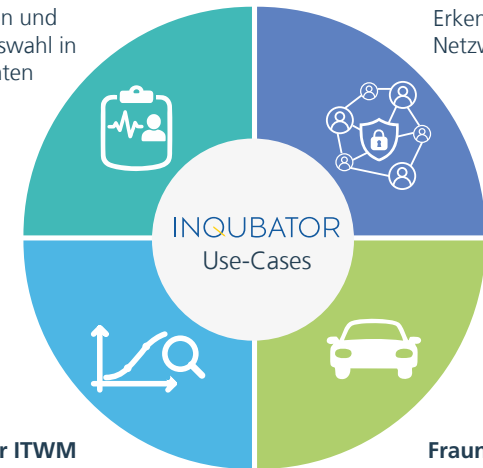
Das auf vier Jahre angelegte INQUBATOR-Projekt startet mit der Bearbeitung von vier vordefinierten Use-Cases aus den Bereichen Medizin, Cyber-Sicherheit, Automotive und Versicherungswirtschaft. Weitere Unternehmen sind ausdrücklich eingeladen, mit ihren eigenen Problemstellungen auf das Zentrum zuzugehen, um diese gemeinsam zu bearbeiten. Geplant ist die Umsetzung von mindestens acht weiteren Anwendungsfällen, die im Rahmen einer formlosen Ausschreibung eingeworben werden. Methodisch liegt der Schwerpunkt zunächst auf verschiedenen Algorithmen des Quantenmaschinenlernens (QML), bei denen ein Quantenvorteil besonders aussichtsreich erscheint. Die Use-Cases der zweiten Phase erweitern das Themenspektrum deutlich und sind nicht auf QML-basierte Problemstellungen beschränkt. Die nächste Ausschreibung startet ab Mitte 2026.

Die beteiligten Institute Fraunhofer IAF, ITWM, IAO und IPA bündeln ihre umfangreiche Expertise im Umgang mit Quantenhardware und anwendungsnaher Quantensoftware. Darüber hinaus steht Nutzenden umfangreiche Rechenzeit auf modernen Quantencomputern verschiedener Hersteller, darunter IBM, IQM Quantum Computers und AQT (Alpine Quantum Technologies), zur Verfügung. Damit werden zentrale Einstiegshürden abgebaut: zum einen im Hinblick auf die radikal anderen Lösungsansätze von Quantencomputern im Vergleich zu klassischen Algorithmen und zum anderen die hohen Kosten für Quantenrechenzeit.

So entsteht ein Rahmen, in dem Unternehmen zielgerichtet Kompetenzen aufbauen und Quantencomputing Schritt für Schritt in ihre spezifische Anwendung nutzbringend überführen können.

Fraunhofer IAF
Klassifikation und
Merkmalauswahl in
Patientendaten

Fraunhofer IAO
Erkennung von
Netzwerkanomalien



Fraunhofer ITWM
Bewertung von
Finanzderivaten

Fraunhofer IPA
Zeitreihenvorhersage für
den Automotive-Bereich

Das Gesamtvorhaben zielt darauf ab, innovative Quantencomputing-Ansätze im wirtschaftlichen Kontext systematisch zu untersuchen, ein breites Spektrum an derzeit als besonders vielversprechend geltender Algorithmen abzudecken und diese auf aktuellen Quantencomputern zu erproben.



www.fraunhofer-inqubator.de



**Video: Quantencomputing Beratungs- und Testzentrum
Fraunhofer INQUBATOR**

Maßgeschneiderte Diamantmaterialien für die industrielle Quantensensorik



Das Fraunhofer IAF gehört zu den Pionieren auf dem Gebiet des synthetischen Diamanten. Das Institut forscht an der Herstellung und Optimierung diamantbasierter Materialien und setzt dieses Know-how für industrielle Partner in der Quantensensorik, Metrologie und Quantenkommunikation ein. Doch das Fraunhofer IAF betreibt nicht nur Diamantforschung auf höchstem Niveau, es stellt zudem maßgeschneiderte synthetische Diamanten für die Industrie her.

Am Fraunhofer IAF werden hochreine einkristalline und polykristalline Diamantsubstrate sowie Dünnschichten mittels chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) hergestellt – sowohl homoepitaktisch als auch heteroepitaktisch. Hierfür stehen dem Institut zehn Mikrowellen-Plasmareaktoren zur Verfügung, die vollständig inhouse betrieben und kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Die ständige Verbesserung dieser Reaktortechnologie – abgestimmt auf neue Anforderungen aus Industrie und Forschung – hat dem Fraunhofer IAF eine tiefgehende Kompetenz im Diamantreaktorbau

verschafft, die wiederum direkt in die Entwicklung kundenspezifischer Prozesse und Materialien einfließt.

Kundenspezifische Dotierung und Farbzentren

Um gezielt elektrische und quantenphysikalische Eigenschaften zu realisieren, bietet das Fraunhofer IAF Unternehmen anwendungsoptimierte Dotierungen und Fehlstellen (Farbzentren) an. Besonders etabliert sind Stickstoff-Vakanzen-(NV-)Zentren, die als Quantenbauelemente bis hin zu einzelnen Qubits dienen. Dank der sehr starren Kristallstruktur von Diamant bleiben die Quanteneffekte dieser Farbzentren auch bei Raumtemperatur stabil und nutzbar – ein entscheidender Vorteil für robuste, praxisnahe Anwendungen.

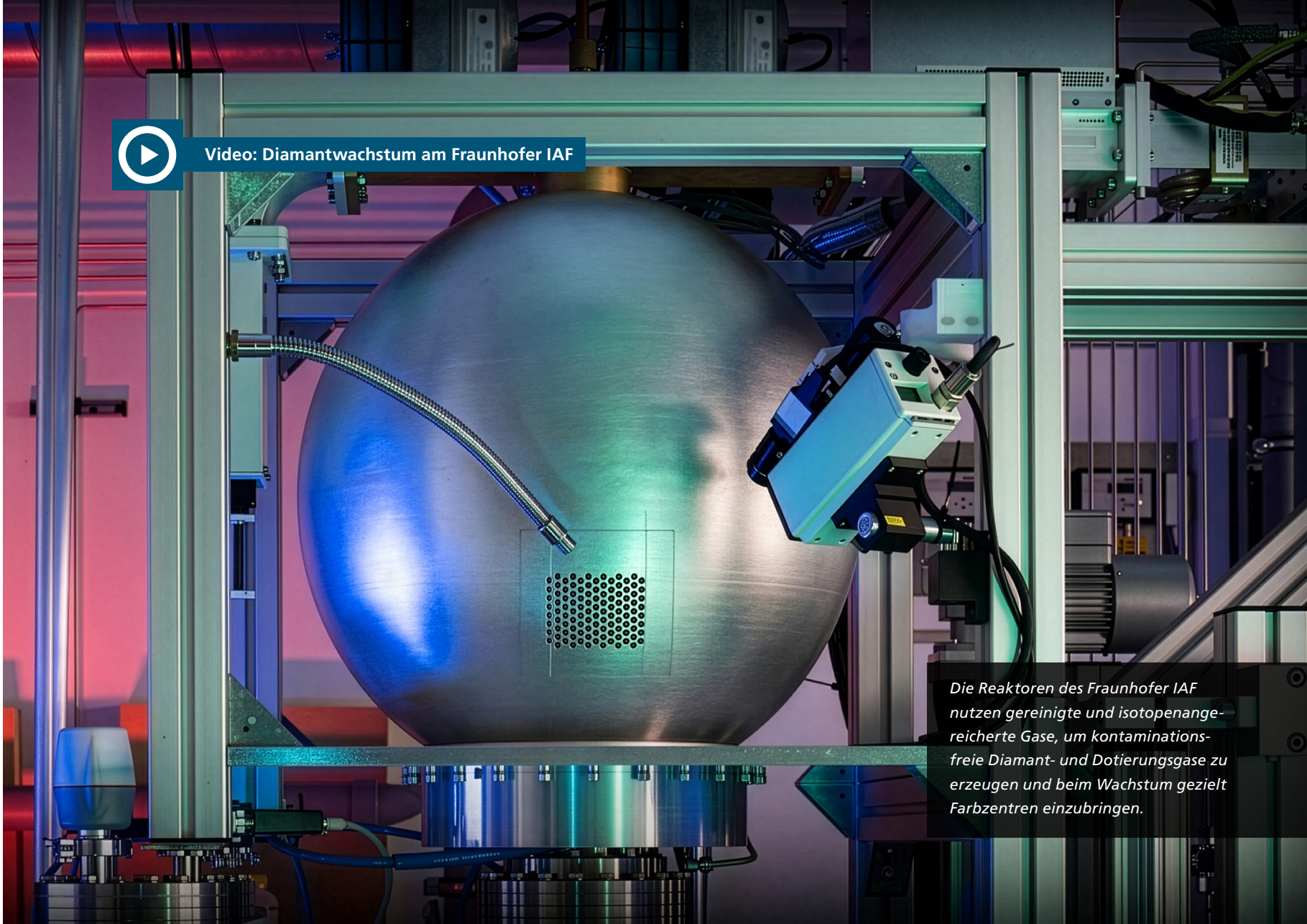
Die hochreinen, einkristallinen CVD-Diamantschichten mit präzise eingestellten NV-Zentren eröffnen neue Möglichkeiten in der Quantensensorik, Metrologie und Quantenkommunikation. Durch kontrolliertes Stickstoff-Doping, definierte Kristallorientierungen und exakt einstellbare Defektdichten entstehen maßgeschneiderte Quantenmaterialien, mit außergewöhnlicher Kohärenz, stabiler Fluoreszenz und robuster Performance.

INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungszentrum

Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quantensensorik



Video: Diamantwachstum am Fraunhofer IAF



Die Reaktoren des Fraunhofer IAF nutzen gereinigte und isotonenreiche Gase, um kontaminationsfreie Diamant- und Dotierungsgase zu erzeugen und beim Wachstum gezielt Farbzentren einzubringen.

INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungszentrum

Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quantensensorik

»Die Unterstützung von Fraunhofer war ein wichtiger Beschleuniger«



Dr. Fleming Bruckmaier, CTO von Quantum Diamonds

Dr. Fleming Bruckmaier ist Mitgründer und CTO von Quantum Diamonds (QD), einem Münchner Start-up, das hochsensitive diamantbasierte Quantensensoren für die Fehlerdiagnose in Mikrochips entwickelt. Im Interview spricht er über die Vision des Start-ups, Quantendiamant-Mikroskope und die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IAF.

Mit welcher Vision wurde Quantum Diamonds gegründet und wo steht das Unternehmen heute?

Bruckmaier — Quantum Diamonds wurde mit der Vision gegründet, Quantensensorik aus dem Forschungslabor in industrielle Anwendungen zu bringen – insbesondere für die Analyse und Fehlerdiagnose in der Halbleiterindustrie. Heute entwickeln wir hochauflösende Quantendiamant-Mikroskope für die Chip-Inspektion und arbeiten mit Industrie- und Forschungspartnern daran, diese Technologie in der Halbleiterfertigung einzusetzen. Erste Geräte sind bereits global exportiert worden und die Entwicklung von Hochdurchsatzinspektion ist in vollem Gange.

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

**Schlüsseltechnologien
vorantreiben**

**Kernkompetenzen
schärfen**

**Industrietransfer
stärken**

INQUBATOR – Quanten-
computing-Test- und
Beratungszentrum

Maßgeschneiderte
Diamantmaterialien
für die industrielle
Quantensensorik

Highlights 2025

Wissenswertes

**Warum ist die Qualität des NV-Diamantfilms
entscheidend für die Leistungsfähigkeit Ihrer
Quantenmikroskope?**

Bruckmaier — Die NV-Zentren in Diamant sind die eigentlichen Quantensensoren. Ihre Eigenschaften – etwa Kohärenzzeit, Stabilität und Dichte – bestimmen direkt die Empfindlichkeit und räumliche Auflösung des Systems. Ein hochwertiger NV-Diamantfilm sorgt dafür, dass magnetische Felder, Ströme oder Temperaturunterschiede mit hoher Präzision gemessen werden können. Defekte oder Inhomogenitäten in Diamant würden dagegen das Signal-Rausch-Verhältnis und damit die Messgenauigkeit deutlich verschlechtern.

**Welchen Vorteil bieten Ihre Quantensensoren gegenüber
herkömmlichen Messtechniken für Chip-Hersteller?**

Bruckmaier — Quantensensoren auf Diamantbasis ermöglichen Messungen mit deutlich höherer Empfindlichkeit und räumlicher Auflösung als klassische Methoden. So lassen sich beispielsweise magnetische Felder und Stromdichten in Chips mit einer Auflösung im Submikrometerbereich sichtbar machen bei gleichzeitig hoher Eindringtiefe. Zusätzlich können diese Messungen bei Raumtemperatur und über große Flächen erfolgen, was eine schnelle, zerstörungsfreie Fehleranalyse in komplexen Halbleitermodulen ermöglicht. Insbesondere für die nächste Generation von KI-Chips ist Magnetfeldbildgebung das vielversprechendste Werkzeug zur Fehlerdetektion, daher arbeiten wir auch eng mit namhaften Herstellern in Taiwan, Korea und den USA zusammen.

**Welche konkreten technologischen Hürden konnten
Sie durch die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IAF
überwinden?**

Bruckmaier — Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IAF half insbesondere bei der Entwicklung und Optimierung der diamantbasierten Quantensensorik. Dazu gehören die Herstellung und Charakterisierung geeigneter Diamantmaterialien und das Überwachen von Substraten mit dünnen, Stickstoff-dotierten Filmen. Hier besteht eine klare Synergie zwischen QD und dem Fraunhofer IAF. Wir kooperieren eng mit der Gruppe um Dr. Peter Knittel, den ich noch aus meiner Promotionszeit kenne. Unsere Zusammenarbeit besteht seit einigen Jahren vor allem in transaktionaler Form und hat sich in den letzten Monaten durch mehrere gemeinsame Projekte deutlich intensiviert.

**Hätten Sie die Technologie ohne Fraunhofer-Unterstützung
in dieser Geschwindigkeit zur Marktreife bringen
können?**

Bruckmaier — Die Unterstützung von den Fraunhofer-Instituten war ein wichtiger Beschleuniger. Durch die vorhandene Infrastruktur, Materialexpertise und Erfahrung in der Industrialisierung von Quantentechnologien konnten Entwicklungszyklen deutlich verkürzt werden. Ohne diese Zusammenarbeit hätten wir einige Zeit in eine alternative Supply Chain investieren müssen.

Highlights 2025

Spatenstich für das Ingenieurzentrum Nachhaltigkeit



Mit dem feierlichen Spatenstich am 22. Juli 2025 begann der Bau des Ingenieurzentrums Nachhaltigkeit auf dem Campus Flugplatz.

Rund 90 geladene Gäste aus Politik, Wissenschaft und Industrie feierten den Spatenstich für das Ingenieurzentrum Nachhaltigkeit (IZN) auf dem Campus Flugplatz in Freiburg. Mit dem Neubau stärkt die Fraunhofer-Gesellschaft als Bauherrin die intensive Zusammenarbeit mit der Universität Freiburg, eingebettet in das gemeinsame Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH). Der Bezug des IZN ist für 2028 vorgesehen.

ERC Synergy Grant

Der Europäische Forschungsrat (ERC) hat das Projekt DISRUPT, das unter der Leitung der TU Delft (Niederlande) in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IAF und dem University College Dublin (UCD, Irland) durchgeführt wird, mit einem renommierten Synergy Grant ausgezeichnet. Das bahnbrechende Projekt erhält rund zehn Millionen Euro, um eine vollständig digitale Hochfrequenzarchitektur für Leistungsverstärker zu entwickeln, die den Energieverbrauch von Mobilfunknetzen der nächsten Generation um bis zu 50 Prozent senken soll.

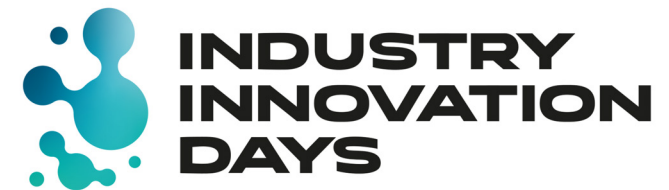


Das DISRUPT-Team: Prof. Anding Zhu (UCD), Prof. Rüdiger Quay (Institutsleiter am Fraunhofer IAF und Professor an der Universität Freiburg), Prof. Leo de Vreede (TU Delft) und Prof. Bogdan Staszewski (UCD).



Industry Innovation Days

Zur Stärkung der Zusammenarbeit mit der Industrie hat das Fraunhofer IAF ein neues strategisches Veranstaltungsformat ins Leben gerufen: Im November 2025 fanden erstmals die Industry Innovation Days statt. Zwei Tage lang begrüßte das Fraunhofer IAF zahlreiche Unternehmensvertreterinnen und -vertreter aus Start-ups, Mittelstand und Großindustrie aus ganz Europa, um neueste Forschungsergebnisse zu präsentieren, die Roadmaps der einzelnen Geschäftsfelder vorzustellen und Ansätze für Kooperationen zu diskutieren. Das Programm bot exklusive Einblicke in Labore und Technologiebereiche, Live-Demonstrationen verschiedener Use-Cases sowie eine Innovationsmesse mit anwendungsreifen Technologien. Aufgrund des erfolgreichen Auftakts wird dieses Format künftig im Zweijahresrhythmus fortgeführt.



Wenn Sie an den Industry Innovation Days 2027 teilnehmen möchten, senden Sie eine Nachricht an **event@iaf.fraunhofer.de**.

PCIM Best Paper Award



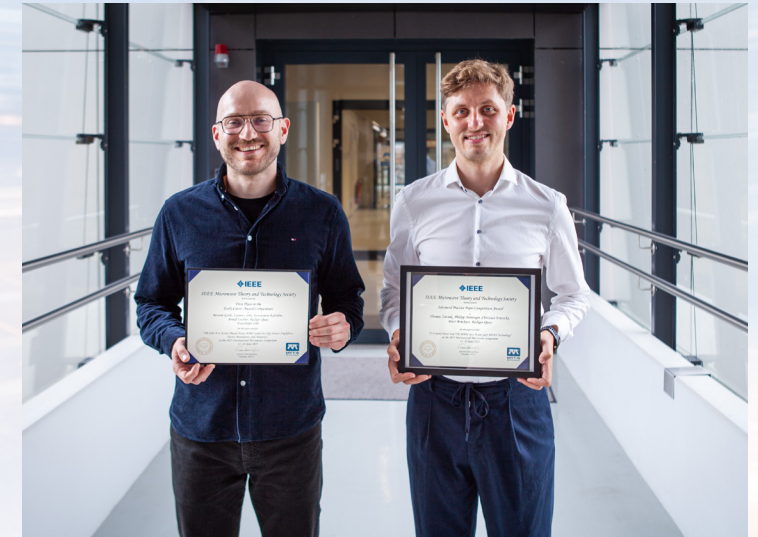
Dr. Michael Basler

Dr. Michael Basler hat bei der PCIM Conference 2025 den Best Paper Award für seine Publikation »Highly-Integrated 1200 V GaN-Based Monolithic Bidirectional Switch« gewonnen.

In seinem Paper präsentiert er einen monolithischen bidirektionalen Schalter mit zwei integrierten Freilauf-Dioden und einer Sperrspannung von 1200 V. Die Entwicklungsergebnisse sind im Rahmen des Projekts GaN4EmoBiL entstanden.

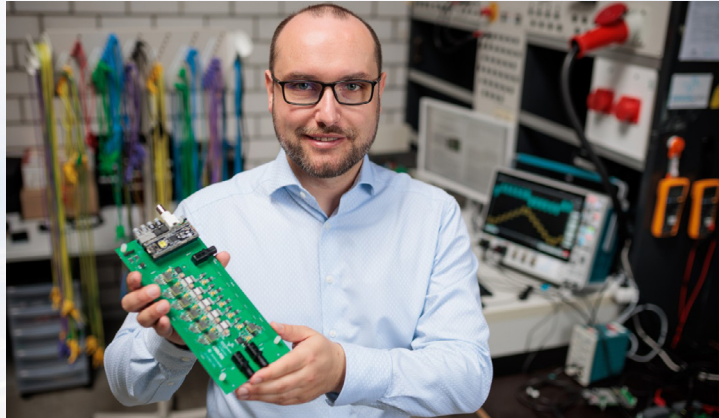
Zwei Auszeichnungen auf dem IMS 2025

Auf dem International Microwave Symposium (IMS 2025) in San Francisco wurden zwei Wissenschaftler des Fraunhofer IAF ausgezeichnet: Dr. Bersant Gashi wurde für sein Paper mit dem Titel »300 GHz 8x1 Active Phased Array MMIC with On-Chip Power Amplifiers, Vector Modulators, and Antennas« mit dem IMS Early Career Paper Award ausgezeichnet. Thomas Zieciak erhielt den Advanced Practice Paper Competition Award für seinen Beitrag mit dem Titel »A D-Band Front-End T/R MMIC in a 70-nm GaN HEMT Technology«.



Dr. Bersant Gashi und Thomas Zieciak

ERC Starting Grant



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Mönch, Preisträger eines ERC Starting Grant

Als Juniorprofessor am Institut für Elektrische Energiewandlung (IEW) der Universität Stuttgart setzt Dr. Stefan Mönch seine wegweisende Forschung zur elektrischen Energiewandlung fort, die er am Fraunhofer IAF begonnen hat. Für sein Projekt TolleConverter («Towards lossless electrical energy conversion») wurde er mit einem der renommierten ERC Starting Grants in Höhe von rund 1,5 Millionen Euro ausgezeichnet, um seine Arbeiten zur hocheffizienten und nahezu verlustfreien intelligenten Energiewandlung voranzutreiben.

Zwei Preise auf der EuMW 2025



Patrick Umbach erhielt den EuMIC 2025 Young Engineer Prize.

Auf der European Microwave Week (EuMW) in Utrecht wurden zwei Forscher des Fraunhofer IAF ausgezeichnet: Patrick Umbach erhielt den EuMIC 2025 Young Engineer Prize für sein Paper »Resistive D-Band Mixers with Monolithic Integrated Broadband IF Balun and LO Amplifier«. Dr. Philipp Neiningen wurde für sein Paper »An Integrated W-Band Dual-Polarization Receiver Front-End Featuring Ultra-Low Noise Figure« mit dem EuMC Best Poster Prize ausgezeichnet.

**Schauen Sie sich die Bildergalerie von
unseren Highlight-Veranstaltungen
2025 im digitalen Jahresbericht an:**



Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien
vorantreiben

Kernkompetenzen
schärfen

Industrietransfer
stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum

Das Institut im Überblick

Instituts- und Bereichsleitungen



Dr. Patricie Merkert
Institutsleitung



Prof. Dr. Rüdiger Quay
Institutsleitung



Dr. Michael Stoebe
Geschäftsfelder
(kommissarisch)



Dr. Jutta Kühn
Abteilungen



Dr. Daniel Auer
Verwaltung



Dr. Martin Walther
Forschungsinfra-
struktur

Geschäftsfelder

Dr. Jens Flamm
Hochfrequenzelektronik

Dr. Philipp Neininger
Leistungselektronik

N. N.
Optoelektronik

Dr. Michael Stoebe
Quantenbauelemente

Dr. Florentin Reiter
Quantensysteme

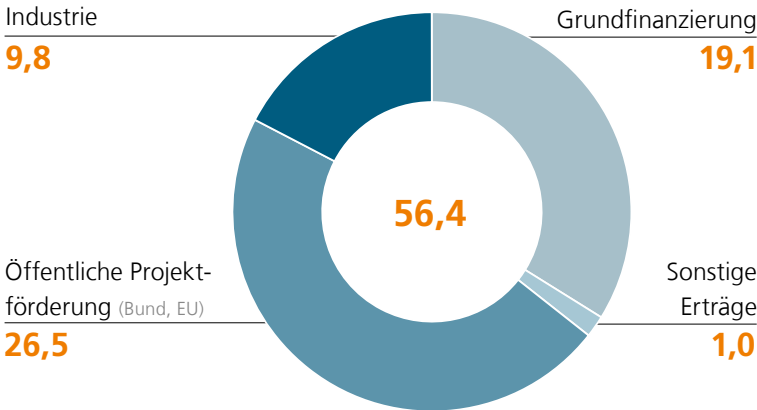
Mitarbeitende

323

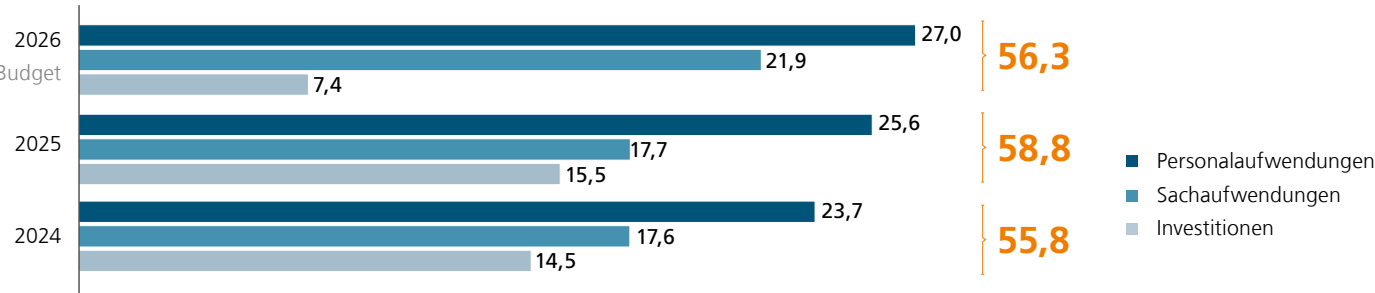
Davon

205 Mitarbeitende in wissenschaftlichen Abteilungen
108 weibliche Mitarbeitende insgesamt

Erträge 2025 (in Mio. Euro)



Gesamthaushaltsausgaben (in Mio. Euro)



Kuratorium

Das Kuratorium, ein Expertengremium mit Vertretenden aus Industrie, Forschung und Politik, begleitet die Forschungsarbeiten des Fraunhofer IAF und berät die Institutsleitung sowie den Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft.

Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Dr. Klaus Beilenhoff

United Monolithic Semiconductor, Ulm

Dr. Dennis Cherka (Institutsbetreuer)

Fraunhofer-Gesellschaft, München

Prof. Dr. Oana Cojocaru-Mirédin

INATECH, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Prof. Dr. Jérôme Faist

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH), Schweiz

Mehran Ghahremanpour

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg

Dr. Gerd Hechtfisher

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, München

Dr. Renata Jovanovic

Deloitte GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

MinR Maik Kammermann

Bundesministerium der Verteidigung, Bonn

Dr. Katrin Kobe

Bosch Quantum Sensing, Ludwigsburg

Dr. Johannes Koeth

nanoplus GmbH, Gerbrunn

Dr. Nicolai Künzner

Diehl Defence GmbH & Co. KG, Überlingen

Jahresbericht 2025 / 2026

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien vorantreiben

Kernkompetenzen schärfen

Industrietransfer stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum



Ralf Lerner

X-FAB Silicon Foundries SE, Erfurt

Dr. Ulf Meiners (Vorsitzender)

NICHIA Europe GmbH, Kronberg i. T.

Dr. Thomas Metzger

Qualcomm Germany RFFE GmbH, München

Dr. Heike Riel

IBM Research, Zürich, Schweiz

Dr. Thomas Roedle

Infineon Technologies AG, Regensburg

Dr. Dietmar Schill

Sony Europe B.V., Stuttgart

Dr. Gregory U'Ren

United Monolithic Semiconductors, Paris, Frankreich

Andreas Wälti

Evatec AG, Trübbach, Schweiz

Prof. Dr. Jörg Wrachtrup

3. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum

Patente

Patentanmeldungen

M. Dall’Ara, W. Hahn

Method for controlling a quantum system using a control operator
10 2025 152 461.0, 12.12.2025, Deutschland

C. Giese

Method for Producing a Component
19/403 934, 30.11.2025, USA

C. Giese

Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes
25 219 392.5, 28.11.2025, EU

M. Basler, S. Mönch

Verfahren und elektronische Schaltung zur Messung eines
Gesamtstroms mehrerer Halbleiterbauelemente
10 2025 141 932.9, 14.10.2025, Deutschland

S. Leone

Schicht und Verfahren zu ihrer Herstellung
10 2025 132 956.7, 10.08.2025, Deutschland

P. Schätzle, P. Knittel, N. Lang

Verfahren zur Abscheidung von Diamant
10 2025 127 020.1, 10.07.2025, Deutschland

L. Lindner, F.P. Schall, J. Jeske, Y. Rottstaedt

Magnetometer und Verfahren zur Erfassung eines zeitlich
variablen Magnetfeldes
10 2025 126 504.6, 07.07.2025, Deutschland

V. Lebedev, J. Weippert

Halbleiterbauelement und Verfahren zu seiner Herstellung
10 2025 121 315.1, 01.06.2025, Deutschland

M. Krebsbach, T. Wellens, A. Abedi, H.-H. Kowalski

Datenkodierung zur Verwendung für ein trainierendes maschinelles
Lernmodell und zur Erzeugung synthetischer Daten
10 2025 121 128.0, 28.05.2025, Deutschland

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum

M. Basler

Halbleiterbauelement mit integrierter galvanischer Isolation und
Verfahren zur Herstellung dieses Halbleiterbauelements
10 2025 110 895.1, 20.03.2025, Deutschland

Q. Yang, T. Passow, H. Wenzel, J.-P. Koester, T. Tenzler

Elektrisch gepumpte Photonenpaarquelle mit vertikaler
Lichtkopplung
10 2025 109 998.7, 14.03.2025, Deutschland

L. Lindner, Y. Rottstaedt, J. Jeske, F.P. Schall

Magnetometer und Verfahren zur Erfassung eines Magnetfeldes
10 2025 109 708.9, 13.03.2025, Deutschland

J. Engels, J. Kustermann

Verfahren zur heteroepitaktischen Abscheidung von Diamant und
damit hergestellter Wafer
10 2025 106 576.4, 20.02.2025, Deutschland

Patenterteilungen

S. Leone, C. Manz, H. Menner, J. Wiegert, J. Ligl

Method and Apparatus for manufacturing a Semiconductor layer
and substrate provided therewith
12 394 621, 19.08.2025, Deutschland

S. Leone, C. Manz, H. Menner, J. Wiegert, J. Ligl

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Schicht, damit
versehenes Substrat und dessen Verwendung
10 2019 212 821 B4, 12.06.2025, Deutschland

S. Kaspar, M. Rattunde, T. Töpfer, H. Wagner

Optisch gepumpter Halbleiter-Scheibenlaser
10 2014 205 022 B4, 16.01.2025, Deutschland

Abschlussarbeiten

Dissertationen

Konstantin Kuliabin

Investigation of Scalability Challenges in Advanced RF Circuits and Systems, Universität Freiburg

Niklas Mathes

Widefield NV-Center Quantum Sensing for Non-Destructive Materials Testing, Universität Freiburg

Philip Schätzle

Stickstoffdotierte Diamant-Dünnschichten für das Quantencomputing, Universität Freiburg

Matthias Sinnwell

On the Vertical Fin Field-Effect Transistor in Gallium Nitride: Experimental Realization and Evaluation of the Frequency Capability for High-Power, High-Frequency Applications, Universität Freiburg

Moïse Safari Mugisho

Highly Efficient Digital Amplifier Architecture Based on GaN Technology, Universität Freiburg



**Video: »Meine Dissertation in 90 Sekunden«
mit Moïse Safari Mugisho**

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

Schlüsseltechnologien
vorantreiben

Kernkompetenzen
schärfen

Industrietransfer
stärken

Highlights 2025

Wissenswertes

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum

Masterarbeiten

Ravi Teja Aditya

Titel wird aufgrund einer Vertraulichkeitsvereinbarung nicht veröffentlicht, Universität Freiburg

Alen Sebastian

Investigation of the Enhancement/Depletion-Mode mHEMT Logic, Universität Freiburg*

Leon Büttner

Development and Characterization of a Diamond Quantum Chip, Universität Freiburg

Anton A. Cholakov

Active Cold-Load Gate Terminations in a 220 GHz Distributed Amplifier for Baseband Noise Figure Reduction in 35-nm InGaAs-mHEMT Technology, Eindhoven University of Technology

Andreas Ehrat

Investigation and optimization of ultra-wideband bias tees up to 110 GHz, Universität Freiburg

Jonas Hasenkrug

Titel wird aufgrund einer Vertraulichkeitsvereinbarung nicht veröffentlicht, Universität Freiburg

Pit Hüne

Quantum Control Pulse Translation and Simulation for Computing with Nitrogen-Vacancy Centers in Diamond, Hochschule Hannover

Karthik Jayadevan

Classical v/s Quantum Optimization: Comparison of Runtime Scaling, Universität Freiburg

Nikhil Kabbur

Development of an Embedded System for Inline Elemental Detection in Laser Micromachining, Universität Freiburg*

Sahil Sarbadhikary

Impact of the structure of the wave-function ansatz on accuracy and performance of quantum-chemistry calculations on Quantum Computers, RWTH Aachen

Priyansh Shankhdhar

Investigation of millimeter-wave Frequency Doublers in GaN HEMT MMIC Technology, Universität Freiburg*

Pedro Weiler-Perez

Titel wird aufgrund einer Vertraulichkeitsvereinbarung nicht veröffentlicht, Universität Freiburg

*Abschlussarbeit erstellt an der Universität Freiburg; Betreuer am Fraunhofer IAF

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum

Lehraufträge



universität freiburg

Dr. Patricie Merkert

- »Grundlagen und mechanische Eigenschaften technischer Keramik« *Vorlesung & Übung*
- »Grundlagen des Innovationsmanagements für nachhaltige technische Systeme« *Vorlesung & Übung*

Prof. Dr. Rüdiger Quay

- »RF and Microwave Circuits and Systems« *Vorlesung*
- »RF and Microwave System Design Course« *Praktikum*
- »Sustainable Systems Engineering« *Studienseminar*
- »Energy Efficient Power Electronics« (mit O. Ambacher) *Vorlesung & Übung*
- »Schaltungstechnik/Circuit Technology« *Vorlesung*

Dr. Bersant Gashi

- »RF and Microwave Devices and Circuits« *Vorlesung*

Dr. Florentin Reiter

- »Semiconductor and Quantum Devices« *Vorlesung & Übung*

Dr. Thomas Wellens

- »Quantencomputer/Quantum Computing« *Vorlesung & Übung*

Dr. Martin Walther

- »Optoelektronische Quantenbauelemente« *Vorlesung*

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum



Universität Stuttgart

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Mönch

»Elektromechanische Grundlagen der Medizintechnik
– Elektrotechnik«
»Einführung in die Elektrotechnik«

Vorlesung

Vorlesung

Dr. Sébastien Chartier

»SiGe BiCMOS Monolithic Microwave Integrated
Circuit Design«

Vorlesung

Dr. Daniel Auer

»Personalmanagement & Leadership«

Seminar

Dr. Peter Knittel

»Farbzentren in Festkörpern«

Vorlesung & Übung

ETH zürich

Dr. Florentin Reiter

»Quantum Information Processing I: Concepts«

Vorlesung & Übung



Dr. Michael Basler

»Leistungselektronik«

Vorlesung

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum

Impressum

Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF

Tullastraße 72
79108 Freiburg
Tel. +49 761 5159-0
info@iaf.fraunhofer.de
www.iaf.fraunhofer.de

Institutsleitung

Dr. Patricie Merkert
Prof. Dr. Rüdiger Quay

Marketing und Kommunikation

Lukas Kübler
Tel. +49 761 5159-261
lukas.kuebler@iaf.fraunhofer.de

Redaktion, Konzeption und Layout

Dr. Violetta Budak, Jennifer Funk, Stefanie Griesser,
Sandra Heitzmann, Lukas Kübler, Moritz Ringwald, Sandra Schneider

Druck

Fraunhofer-Druckerei



Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur
mit Genehmigung der Institutsleitung.

© Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF,
Freiburg 2026

Bildnachweise

© BMFTR, 1;
© mimi – stock.adobe.com (generiert mit KI), 9;
© ESA, 14, 21 (Oben), 23 (Oben), 29;
© Diamond Materials, 17;
© perfectlab – stock.adobe.com, 19;
© Anna – stock.adobe.com (generiert mit KI), 23 (Mitte);
© rottenman – stock.adobe.com, 27 (Unten);
© Quantum Diamonds, 48;
© EuMW/EuMIC, 50 (Links);
© UCD, 51 (Rechts);
© Uni Stuttgart / Jan Potente, 52 (Links);
© Kai-Uwe Wudtke, 52 (Rechts);
Generiert mit KI: 27 (Oben), 27 (Mitte), 39 (Unten), 50–53

Alle anderen Bilder © Fraunhofer IAF,
Dr. Violetta Budak, Moritz Ringwald, Sandra Schneider

Das Institut im Überblick

Kuratorium

Patente

Abschlussarbeiten

Lehraufträge

Impressum

Newsletter und digitaler Jahresbericht



Newsletter

Wir informieren Sie über spannende Forschungsergebnisse, neue Projektvorhaben, anstehende Veranstaltungen und aktuelle Stellenangebote.

s.fhg.de/iaf-nl

Bleiben Sie auf dem Laufenden



[fraunhofer.iaf](#)



[fraunhofer-iaf](#)



[fraunhofer-iaf](#)

70 Jahre
Fraunhofer IAF

2027 feiern wir unser 70-jähriges Jubiläum!

Der Festakt findet am 29. Juni 2027 in Freiburg statt.

Weitere Informationen rund um unser Jubiläumsjahr finden Sie auf unserer Webseite.

Wir freuen uns darauf, dieses besondere Jahr gemeinsam mit Ihnen zu begehen!