

# Jahresbericht 2022/2023

---





## Wir forschen für die Menschen. Anwendungsnah, innovativ und professionell.

Mit rund 500 Mitarbeitenden entwickelt das Fraunhofer IPMS an vier Standorten in Dresden, Cottbus und Erfurt innovative, kundenspezifische Lösungen in den Bereichen Intelligente Industrielösungen, Medizintechnik und Gesundheit sowie Mobilität.

Unsere Forschungsschwerpunkte sind miniaturisierte Sensoren und Aktoren, integrierte Schaltungen, drahtlose und drahtgebundene Datenkommunikation, kunden- und anwendungsspezifische mikro-elektro-mechanische Systeme (MEMS) sowie „leading edge“-Technologien auf 300-mm-Wafern für künftige Anwendungen in den Bereichen Trusted Electronics sowie Neuromorphic und Quantum Computing.

Als zuverlässiger und kompetenter Forschungs- und Dienstleistungspartner bieten wir unseren Kunden dabei Komplettlösungen an: vom ersten Konzept über die Technologieentwicklung bis zur Muster- und Pilotfertigung auf 200-mm-Wafern im eigenen Reinraum nach qualifizierten, industrienahen Prozessen. Die Prozess- und Materialentwicklung auf 300-mm-Wafern vervollständigt unser Leistungsangebot.

# Vorwort

---

## **Liebe Freunde und Partner des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme,**

im Jahr 2022 feierten die Dresdner Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, und damit auch das Fraunhofer IPMS, ein ganz besonderes Jubiläum: seit 30 Jahren tragen sie als starke Partner in enger wissenschaftlicher Vernetzung dazu bei, die sächsische Landeshauptstadt zu einem weltweit anerkannten Forschungspotential zu machen. In diesen drei Jahrzehnten wurde bereits viel erreicht und noch immer expandiert die Wissenschaft und Forschung am Standort Dresden stetig. So konnte auch das Fraunhofer IPMS das Jahr 2022 erneut erfolgreich abschließen und weiter wachsen. Mittlerweile haben wir als führender Forschungs- und Entwicklungsdienstleister für elektronische und photonische Mikrosysteme mit vier Standorten die Zahl unserer Mitarbeitenden auf über 500 erhöht.

Unser besonderer Höhepunkt des Jahres war die Eröffnung des neuen Centers for Advanced CMOS and Heterointegration Saxony. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IZM, Institutsteil All Silicon System Integration Dresden ASSID, und unserem Geschäftsbereich Center Nanoelectronic Technologies entsteht Deutschlands einziges 300-mm-Center für modernste Halbleitertechnologie. Es bietet Mikroelektronikforschung auf Spitzenniveau und trägt zur Stärkung der Innovationskraft Europas bei.

Die Bedeutung der nationalen Halbleiterforschung macht auch der European Chips Act deutlich, an dem sich das Fraunhofer IPMS maßgeblich beteiligt. Im Kontext der deutschen und europäischen Ziele, in der Mikroelektronik Technologiesouveränität zurückzuerlangen, sehen wir große Chancen, attraktive Forschungs- und Entwicklungsangebote für neue Kooperationspartner und Kundenkreise zu formulieren. Wir hoffen konkret auf das baldige Zustandekommen des zweiten „Important Project of Common European Interest“ (IPCEI) und auf die Umsetzung der Forschungsförderungspläne der Bundesregierung.

Die Innovationsstärke des Fraunhofer IPMS zeigt sich zudem in den erfolgreichen Verkäufen der zwei Ausgründungen Arioso an Bosch Sensortec sowie von HiperScan an Fagron im letzten Jahr. Arioso Systems ist 2019 aus dem Fraunhofer IPMS und Forschungsarbeiten der BTU Cottbus-Senftenberg hervorgegangen und zählt zu den weltweit innovativsten Anbietern der Mikro-lautsprecher-Technologie auf MEMS-Basis. Es ist eine Besonderheit, dass eine neue Technologie so schnell vom Konzept zu einer Ausgründung und jetzt bereits zu einer Übernahme durch ein so renommiertes Unternehmen wie Bosch führt. HiperScan ist ebenfalls ein Spin-off des Fraunhofer IPMS und deutscher Marktführer für die zuverlässige Identifikation von pharmazeutischen Ausgangsstoffen in Apotheken. Die am Fraunhofer IPMS entwickelte innovative Rastergittertechnologie bildet die Grundlage für die von HiperScan entwickelten Nahinfrarot-Spektrometer.



*Prof. Dr. Harald Schenk*  
*Geschäftsführender Institutsleiter*

Als Teil des belgischen Unternehmens Fagron eröffnen sich für die Technologie von HiperScan neue Märkte, um die Sicherheit weiter zu erhöhen und die Zukunft der personalisierten Medizin voranzutreiben.

Nach zwei Jahren weitgehender pandemiebedingter Kontaktbeschränkungen brachte 2022 Lockerungen und so konnten Messen und Veranstaltungen wieder in Präsenz stattfinden und der über alles geschätzte persönliche Austausch wieder verstärkt aufgenommen werden.

Trotz all dieser positiven Zeichen kamen und kommen neue Herausforderungen auf uns zu. Materialknappheit und instabile Versorgungsketten, Krieg und Energiewende lassen in dieser unsicheren und dynamischen Zeit die Hoffnung auf ein nachhaltiges, friedliches und gesundes Leben in den Fokus rücken. Als ein Teil der Fraunhofer-Gesellschaft, die die Mission verfolgt, Innovationen zum Wohle der Gesellschaft zu schaffen, sehen wir uns in der Pflicht, tragfähige Lösungen zu entwickeln, um diese neuen Konflikte und Aufgaben zu bewältigen. Mit unserer wegweisenden Forschung möchten wir eine positive Zukunft mitgestalten. Dabei stehen besonders die Themen Klimaneutralität („Green ICT“) einschließlich Energie- und Ressourceneffizienz im Fokus. Weitere Zukunftsthemen in unserer digitalen Welt, an denen das Fraunhofer IPMS forscht, beschäftigen sich mit energieeffizienter Elektronik, KI-basierter Sensorik, Neuromorphic



*Prof. Dr. Hubert Lakner*  
*Institutsleiter*

sowie Quantencomputing. Auch der Bereich der Bio- und Medizintechnologien, der für uns als Gesellschaft und als Individuen so wichtig ist, wird weiterhin ein Schwerpunkt unserer Forschung sein.

Die Erfüllung dieser Ziele und Aufgaben erfordern es jedoch, dass auch wir die Energiekrise bewältigen. Durch unsere hohen Energiekosten im Reinraum stehen wir hier vor einer besonders großen Herausforderung und erwarten eine drastische Kostensteigerung. Daher sind wir für die gesetzliche Energiepreiskontrolle dankbar, die die Auswirkung der Kostensteigerung in 2023 begrenzt. Das erlaubt uns auch 2023, unsere Forschung auf Spitzenniveau zu betreiben. Jedoch haben wir langfristig mit erhöhten Energiepreisen zu rechnen, die uns vor große Herausforderungen stellen. Wir möchten daher insbesondere Ihnen als Kunden, Förderer und Partner für die langjährige Treue zu unserem Institut und unserer Forschung danken. Wir sind uns sicher, dass wir gemeinsam auch diese herausfordernden Zeiten erfolgreich meistern werden. In Zeiten von Krisen und Unwägbarkeiten sind Innovationen Wegbereiter der Zukunft und wir freuen uns darauf, diesen Weg mit Ihnen zu beschreiten.

Zunächst möchten wir mit Ihnen ein erfolgreiches zurückliegendes Jahr Revue passieren lassen. Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen das gesamte Team des Fraunhofer IPMS gemeinsam mit

Harald Schenk

Hubert Lakner

# Inhalt

<b>Über das Fraunhofer IPMS</b> .....	<b>2</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>Strategieprozess – die Zukunft aktiv gestalten</b> .....	<b>8</b>
<b>Next Generation Computing</b> .....	<b>11</b>
<b>Quantencomputing &amp; -kryptografie</b>	
Sichere optische Datenkommunikation mittels Quantenkryptografie und LiFi .....	12
Quantensichere digitale Identitäten .....	13
MATQu – Neue Materialien für das Quantencomputing .....	14
PhoQuant – Photonischer Quantencomputer .....	14
QSolid – Quantum Computer in the solid state .....	15
<b>Neuromorphic Computing</b>	
StorAlge – Neue Speichertechnologie für Edge-AI-Anwendungen .....	16
SEC-Learn – Sensor Edge Cloud for Federated Learning .....	16
Leitprojekt NeurOSmart – Sensoren lernen das Denken .....	17
TEMPO – Technologie und Hardware für neuromorphes Computing .....	17
PREVAIL – Technologie-Plattform für neuromorphe Chips .....	18
FMD-QNC – Forschungsfabrik Mikroelektronik für Quanten- und neuromorphes Computing .....	20
<b>Trusted Electronics</b>	
Vertrauenswürdige Elektronik durch Split Manufacturing .....	21
Vertrauenswürdige Elektronikfertigung .....	21
Photonik für abhörsichere Kommunikation .....	22
<b>Medizintechnik und Gesundheit</b> .....	<b>24</b>
Laser-Scanning-Mikroskop verbessert Erkennung von Tumorzellen .....	26
Technologie-HUB für zellbasierte Therapeutika .....	27
Krankheiten an der Atemluft erkennen .....	28
Früherkennung von Krankheiten mittels Ultraschall-Atemluftanalyse .....	29
<b>Sensorik der nächsten Generation</b> .....	<b>30</b>
KI-gestützte Mikrosensorik und -aktorik für die Gestenerkennung .....	32
Vorausschauende Anlagenwartung mittels KI-gestützter Sensorik .....	33
Charakterisierung von Wasserstoff-Erdgas-Gasgemischen mit Ultraschallsensoren .....	34
Intelligente Sensorlösungen für die Industrie 4.0 .....	36
Vor-Ort Frischeprüfung von Lebensmitteln .....	37

<b>Digitalisierung &amp; Datenkommunikation</b> .....	<b>38</b>
LiFi-Technologie auf der Raumstation ISS .....	40
Flächenlichtmodulatoren für Weltraumanwendungen .....	41
DNA als Massen-Datenspeicher der Zukunft .....	42
Neuer MACsec IP Core .....	43
Ausgezeichneter, Edge-KI-fähiger RISC-V-Prozessorkern .....	44
Mehr Sicherheit in elektronischen Fahrzeugsystemen .....	45
Kompetenzzentrum Green ICT @ FMD .....	46
<b>Highlights</b> .....	<b>48</b>
Ausgründung Arioso Systems von Bosch Sensortec übernommen .....	50
Fagron erwirbt Mehrheitsanteil an Spin-off HiperScan .....	51
Kontaktlos berührt – Halbleiterforschung trifft auf Deutsches Meeresmuseum .....	52
Ein Reinraumrundgang in 360 Grad .....	53
Messen und Veranstaltungen 2022 .....	54
Gäste .....	58
Auszeichnungen .....	60
Virtueller Showroom – eine Welt voll Innovation .....	62
<b>Fraunhofer IPMS im Profil</b> .....	<b>64</b>
Das Fraunhofer IPMS in Zahlen .....	66
Kuratorium 2022 .....	67
Netzwerke: Leistungszentrum Mikro/Nano, iCampus, FMD, Lausitz Science Network, EKfZ .....	68
Publikationen und Patente .....	74
Wissenschaftskooperationen: BTU Cottbus-Senftenberg, TU Dresden, HTW Dresden .....	75
Abschlussarbeiten .....	76
Testimonials .....	78
Unsere Whitepaper und Webinare .....	80
Services .....	82
Evaluation Kits .....	84
Organigramm .....	86
Ansprechpersonen und Standorte .....	88
30 Jahre Fraunhofer in Dresden – 30 Jahre Fraunhofer IPMS .....	90
Vernetzen Sie sich .....	91
<b>Impressum &amp; Bildnachweise</b> .....	<b>91</b>

# Strategieprozess – die Zukunft aktiv gestalten

Das Fraunhofer IPMS befindet sich seit 2022 im Strategieprozess – eine seit über 15 Jahren in der Fraunhofer-Gesellschaft verankerte Methodik. Die Strategieentwicklung dient einer zukunftsfähigen Positionierung des Instituts im Wettbewerb. 2023 wird die Strategie des Fraunhofer IPMS durch externe Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft auditiert. An dieser Stelle geben wir Ihnen einen Einblick darin, wie wir die Zukunft aktiv gestalten wollen und wie uns der Strategieprozess dabei hilft.



**Eine zielgerichtete  
Strategie zu entwickeln,  
macht uns langfristig  
wettbewerbsfähig.«**

Mit der Strategie legen wir den Grundstein für die zukünftige Ausrichtung des Fraunhofer IPMS. Wir sprechen über unsere Forschungsthemen, Prozesse, Strukturen, Ressourcen und die Institutskultur. In den turbulenten Zeiten, die wir derzeit durchleben, ist es umso wichtiger, sich auf gemeinsame Ziele zu verständigen. Dass uns das am Institut gelingt, macht uns erfolgreich – und zu einem starken Forschungspartner für unsere Kunden.

**Tina Heinz,**  
Bereichsleiterin  
Corporate Development



Dafür setzen wir auf ein wertschätzendes Umfeld, flexible Arbeitszeitmodelle, Entwicklungsmöglichkeiten und ein vertrauensvolles Arbeitsumfeld. Unsere Werte – wir sind innovativ, mutig, verlässlich und ein Team – leiten unsere Zusammenarbeit. Für eine erfolgreiche Zukunft wollen wir interne Kompetenzen nutzen, Karrierewege ausbauen und internationale Fachkräfte ansprechen.



**Unsere Mitarbeitenden  
sollen in einer Werte-  
basierten und produk-  
tiven Arbeitskultur ihre  
Kompetenzen bestmög-  
lich entfalten können.«**



**Linda Fischer,**  
Abteilungsleiterin Human Resources  
Development & Recruiting



**Die Zukunft der Mikroelektronik wird bestimmt durch einen Spagat zwischen High Performance Computing, ansteigender Kommunikationsreichweite und geringem Stromverbrauch.«**

Dies kann nur durch intensive Systemheterointegration realisiert werden. Es gibt nicht die eine Transistortechnologie, die alles leisten kann, auch wenn die Skalierung im Logikbereich kontinuierlich fortschreiten wird. Daher wird Interdisziplinarität die größte Herausforderung, aber auch die größte Chance sein, und ein neues Paradigma der Mikroelektronik. Ich freue mich darauf, am Fraunhofer IPMS diesen Weg zu beschreiten.



**Dr. Wenke Weinreich,**  
stellvertretende Institutsleiterin



**Quantentechnologien und KI stehen vor weiteren Durchbrüchen – hier erwarte ich spannende Beiträge durch das Fraunhofer IPMS.«**

Darüber hinaus sollte die geopolitische Positionierung Europas im Halbleiterbereich massiv gestützt werden. Die Strategie des IPMS sollte die gewählten Schwerpunkte klar herausstellen, ihre Kommunikation ermöglichen und damit für Kunden und Mitarbeitende eine klare Richtschnur für das tägliche Handeln darstellen. Eine gute Strategieentwicklung und -umsetzung ist heute durch Einbeziehung, Messbarkeit der Ziele und agile Anpassung gekennzeichnet.



**Prof. Dr. Frank Schönefeld,**  
CTO T-Systems MMS und Sprecher der Auditoren im Strategieprozess 2023





# Next Generation Computing

---

Die nächste Generation der Rechentechnologien wird von höchster Parallelität und „Quantum Supremacy“, hoher Energieeffizienz bei hoher Performance sowie Vertrauenswürdigkeit und Abhörsicherheit bestimmt. Das Fraunhofer IPMS forscht in den Bereichen

- **Quantencomputing und -kryptografie,**
- **Neuromorphic Computing und**
- **Trusted Electronics.**

Mit nationalen und internationalen Partnern arbeiten wir an neuen Materialien, Konzepten, Bauelementen und Systemen im Bereich Next Generation Computing. Auf den nächsten Seiten stellen wir Ihnen unsere Projekte vor.

## Quantenkryptografie

# Sichere optische Datenkommunikation mittels Quantenkryptografie und LiFi

Die moderne Quantentechnologie eröffnet viele neue Anwendungsgebiete. Aber sie birgt auch Risiken. So könnten Quantencomputer dank ihrer enormen Rechenleistung selbst modernste Verschlüsselungsverfahren aushebeln. Um diesem Szenario zuvorzukommen, entwickelt das Fraunhofer IPMS mit Partnern einen neuen Ansatz zur sicheren optischen Datenübertragung in drahtlosen Netzwerken mit Hilfe von Licht und Quantenschlüsseln.

Die bisherige Forschung konzentrierte sich auf eine sichere Datenkommunikation über weite Strecken für Anwendungen in der globalen Dateninfrastruktur, zur Vernetzung von behördlichen oder militärischen Einrichtungen oder zum Informationsaustausch mit Satelliten. Die Verbindungen zum Endnutzer auf dem letzten Kilometer werden bislang jedoch noch immer mit den klassischen Technologien bedient und sind damit weiterhin angreifbar. Um dies zukünftig zu verhindern, wurde das Projekt „QuINSiDa – Quantenbasierte Infrastrukturnetze für sicherheitskritische drahtlose Datenkommunikation“ ins Leben gerufen.

Die LiFi-Technologie baut über kurze Distanzen mittels optischer Signale Netzwerke auf. Im Vergleich zum bekannten WiFi, das auf Funkwellen basiert, durchdringen die optischen Signale keine Wände und können so auf einen definierten Bereich ausgelegt werden. Bei der Quantenschlüsselverteilung (QKD) werden beim Erzeugen der Schlüssel Quantenzustände in Form von Licht präpariert und zwischen den Teilnehmern im Netzwerk ausgetauscht. Beim Empfang der Quantenzustände werden diese gemessen und nachbearbeitet, so dass auf beiden Seiten identische, aber gegenüber einem Angreifer geheime Schlüssel entstehen.

Das Vorhaben QuINSiDa kombiniert erstmals beide Technologien zu einem „QKD over LiFi“-System. Die Nutzung eines optischen im Gegensatz zu einem funkbasierten Netzwerk bietet den Vorteil, dass jeder, der sich im optisch drahtlosen Kommunikationskanal (LiFi-Kanal) anmeldet, auch für den Quantenkanal sichtbar ist. Damit ist sichergestellt, dass es zu einem sicheren Schlüsselaustausch kommen kann. Um den LiFi-Kanal und den Quantenkanal voneinander zu trennen, werden unterschiedliche Wellenlängen des Lichts verwendet. Diese Trennung lässt sich durch den Empfänger mittels einer entsprechenden optischen Filterung gegen Interferenzeinflüsse optimieren.



Das vorgestellte Konzept ist ein völlig neuer interdisziplinärer Ansatz, der bisher weder in wissenschaftlichen Veröffentlichungen noch in aktuellen Marktlösungen vorgestellt wurde. Am Ende des Projekts ist eine entsprechende Demonstration des Gesamtsystems geplant. Die interdisziplinäre Vernetzung zwischen den Projektpartnern im Bereich der QKD, Optik, Telekommunikation und Sicherheit führt zu einer nahtlosen Integration der neuartigen Technologien in bestehende Sicherheitstechnologien. Dies macht es Endnutzern leicht, die Technologie in bestehende Infrastruktur zu übernehmen.

 [s.fhg.de/QuINSiDa](https://s.fhg.de/QuINSiDa)



### **Ansprechpartner**

Dr. Alexander Noack  
Optical Sensors &  
Data Communication  
+49 351 8823-287  
alexander.noack@  
ipms.fraunhofer.de



## Quantenkryptografie

# Quantensichere digitale Identitäten

Der Zugang zu Onlinediensten und Netzwerkdatenbanken wird mittels digitaler Identitäten geregelt. Um diese sicher über das Netzwerk zu übertragen, werden asymmetrische Verschlüsselungsverfahren genutzt. Zukünftig werden Quantencomputer aber in der Lage sein, diese klassischen Verschlüsselungsverfahren zu knacken. Das Vorhaben „Sichere Quantenkommunikation für Kritische Identity Access Management Infrastrukturen (Quant-ID)“ hat zum Ziel, Ende-zu-Ende-Lösungen für zuverlässige digitale Identitäten mittels Post-Quanten-Kryptografie zu erforschen.

Dabei soll die weit verbreitete „Identity Access Management“ Architektur genutzt werden, welche in heutigen Netzen den Zugriff auf bestimmte vordefinierte Daten einschränkt. So soll der Übergang von klassischen Verschlüsselungsalgorithmen zu quantensicheren Verfahren erleichtert werden. Außerdem wird ein quantensicherer „Single-Sign-On“-Ansatz entwickelt, der den Zugriff auf verschiedene Dienste mit einer einzigen zentralen Anmeldung ermöglicht. Ein modularer Ansatz soll es der Netzwerkadministration ermöglichen, entweder das gesamte System oder nur Teilaspekte zu integrieren.

Zum Projektende werden die digitalen Identitäten und die quantensichere Autorisierung in einem Demonstrator in einer realistischen Anwendung über bestehende Netzwerkprotokolle erprobt. Dabei werden die Fähigkeiten des entwickelten Systems mit klassischen Verfahren verglichen.

Durch die Konzeptentwicklung in Deutschland wird die Souveränität mit Blick auf die Sicherheit nationaler informationstechnischer Systeme gestärkt. Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein besonders hohes Marktpotenzial der Projektlösung in hochsensiblen Bereichen und kritischen Infrastrukturen wie im Bereich der Banken, Versicherungen, Unternehmen des Gesundheitsbereiches sowie Behörden und staatlichen Einrichtungen. Gerade diese Marktteilnehmer sind darauf angewiesen, hohe Sicherheitsstandards zu erfüllen, da sie vielfach immer komplexer werdenden Angriffsstrukturen ausgesetzt sind. Um die Verwertung des Quantenzufallsgenerators zu unterstützen, wird zudem eine Zertifizierung durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) angestrebt.

 [s.fhg.de/Quant-ID](https://s.fhg.de/Quant-ID)



### Ansprechpartner

Dr. Andreas Weder  
Geschäftsfeldleiter Software  
& System Solutions  
+49 351 8823-255  
andreas.weder@  
ipms.fraunhofer.de

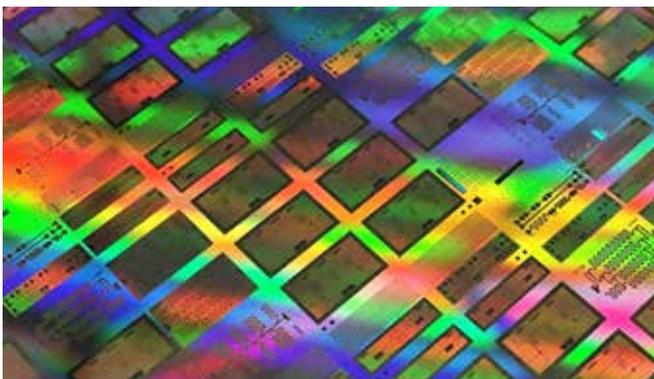
# Quantencomputing

---

## MatQu – Neue Materialien für Quantencomputing

Im Projekt MATQu zielt das Fraunhofer IPMS mit Partnern darauf ab, das vorhandene europäische Know-how im Bereich der Materialien und Produktionsprozesse zu erweitern. So soll der europäischen Industrie der Weg zu festkörperbasierten Quantencomputern geebnet werden. Ziel ist, durch die enge Zusammenarbeit von führenden europäischen Forschungsinstituten, Industrie und Anwendungspartnern eine europäische Lieferkette für Materialien und Prozesse für Festkörper-Qubits zu etablieren.

Der Fokus des Fraunhofer IPMS im Projekt liegt darauf, die bestehenden Konzepte und Technologien aus dem Labor in die industrielle Fertigung zu bringen. Dabei beruft sich das Institut auf seine Expertise in der 300-mm-Fertigung, die bereits als Industriestandard für CMOS-Computing-Plattformen dient. Zusätzlich wird das Fraunhofer IPMS durch neuartige Herstellungsprozesse und die Erprobung bei kryogenen Temperaturen die Fertigung von Bauelementen für das Quantencomputing auf europäischer Ebene voranbringen. Das Projekt wird von der FMD und dem Fraunhofer IAF koordiniert. Mit dabei sind neben imec und CEA-Leti 15 weitere Partner.



Testchip mit supraleitenden Qubits.

## PhoQuant – Photonischer Quantencomputer

Bei ausreichend hoher Vernetzung vieler Recheneinheiten (Qubits) in einem System können Quantencomputer eine höhere Rechengeschwindigkeit gegenüber klassischen Computern erzielen. Gerade bei dieser Skalierung bietet der photonische Ansatz, der Lichtteilchen (Photonen) als Qubits verwendet, enorme Vorteile. Denn die für die Rechenoperationen benötigten Funktionen können auf einem einzigen Chip mittels ausgereifter Halbleiter-Fertigungsverfahren hergestellt werden. Daher forscht das Fraunhofer IPMS zusammen mit Partnern an einem photonischen Quantencomputer.

Das Projektziel ist es, einen Vorteil für die Berechnung von industrierelevanten Anwendungen bereitzustellen. Ein erstes Beispiel ist die Echtzeitoptimierung von Ablaufplänen an Flughäfen bei unvorhergesehener Verspätung. Hierfür entwickelt das Konsortium, bestehend aus universitärer Forschung, Startups und Industrie, eine neue photonische Rechnerarchitektur, welche im Laufe des Projekts einen Quantencomputer mit bis zu 100 Qubits ermöglicht. In zweieinhalb Jahren wollen die Projektpartner einen ersten Prototyp vorlegen.



Grafische Darstellung eines photonischen Quantencomputers.

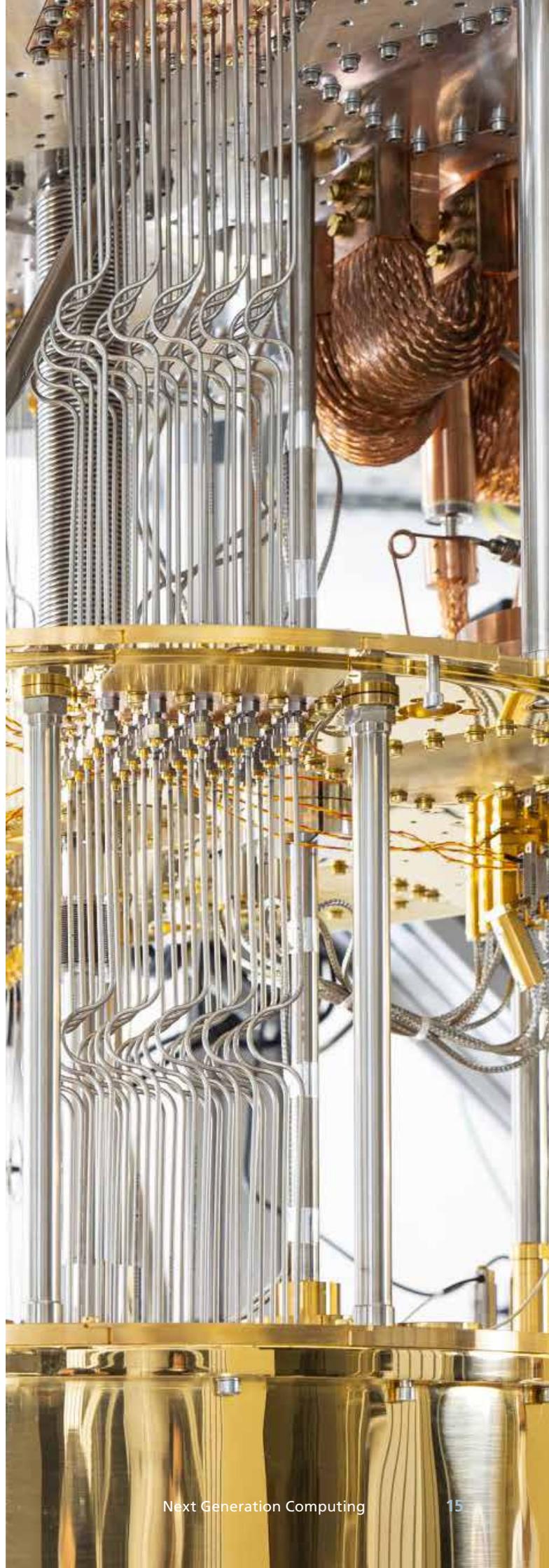


## QSolid – Quantum Computer in the Solid State

Gemeinsam mit 24 deutschen Forschungseinrichtungen und Unternehmen und unter Koordination des Forschungszentrums (FZ) Jülich arbeitet das Fraunhofer IPMS an einem Quantumcomputer mit verbesserten Fehlerraten. Ziel ist es, Deutschland auf dem Gebiet der Quantentechnologie an die Weltspitze zu bringen und zahlreiche neue Anwendungen für Wissenschaft und Industrie zu erschließen. Der erste Demonstrator wird Mitte 2024 in Betrieb gehen und es ermöglichen, Anwendungen sowie Benchmarks für Industriestandards zu testen.

Das Fraunhofer IPMS steuert Expertise in der hochmodernen, industriekompatiblen CMOS-Halbleiterfertigung im 300-mm-Waferstandard bei. Dies betrifft z. B. I Herstellungsprozesse wie Abscheidung und Nanostrukturierung oder die elektrische Charakterisierung im Wafermaßstab. Gemeinsam mit GlobalFoundries und dem Fraunhofer IZM-ASSID wird eine Interposer-Technologie entwickelt, die sich auf hochdichte supraleitende Verbindungen und thermische Entkopplung durch fortschrittliches Packaging konzentriert. Zusätzlich soll die kryogene Charakterisierung der CMOS-Technologie von GlobalFoundries für eine skalierbare Steuerung erfolgen.

Im Fokus des Projekts stehen Qubits von sehr hoher Qualität, d.h. mit einer geringen Fehlerrate. Vorgesehen ist ein System, das verschiedene Quantumprozessoren enthält, die auf supraleitenden Schaltkreisen mit reduzierter Fehlerrate beruhen. Der Ansatz gilt als weltweit führend und wird u. a. auch von Google, IBM und Intel verfolgt. Die Multiprozessor-Maschine des FZ Jülich soll mindestens drei unterschiedliche Quantumchips parallel betreiben: ein „Moonshot-System“, dessen Rechenleistung die klassischen Superrechner übertrifft, ein anwendungsspezifisch designtes System, das bereits für industriell nützliche Quantumberechnungen geeignet ist, sowie eine Benchmarking-Plattform, die vorrangig auf die Entwicklung digitaler Zwillinge und industrieller Standards ausgerichtet ist.



# Neuromorphic Computing

## StorAlge – Neue Speichertechnologie für Edge AI

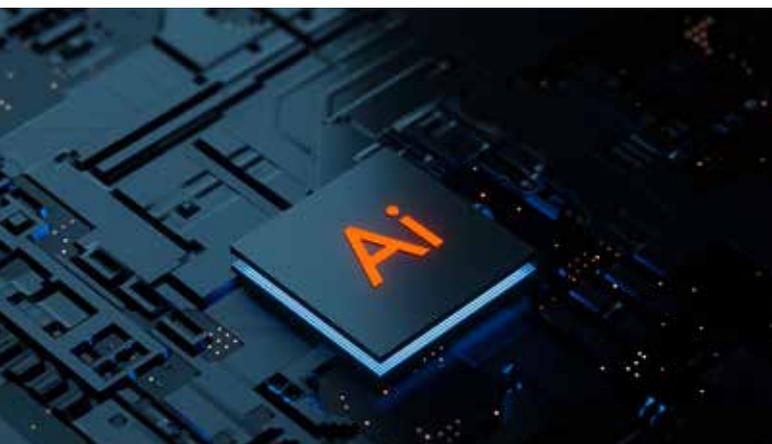
Künstliche Intelligenz (AI) wird heute in immer mehr Anwendungen eingesetzt. Heutige KI-Technologien sind ineffizient, teuer und leiden häufig noch unter einer geringen Akzeptanz in der Bevölkerung. Im Projekt StorAlge hat sich das Fraunhofer IPMS mit europäischen Partnern zusammengeschlossen, um eine Plattform für siliziumbasierte KI-Chips zu entwickeln, die hochleistungsfähig, energieeffizient sowie sicher ist und wettbewerbsfähige Edge-AI-Anwendungen im Automobil-, Industrie-, Sicherheits- und Consumerbereich ermöglicht.

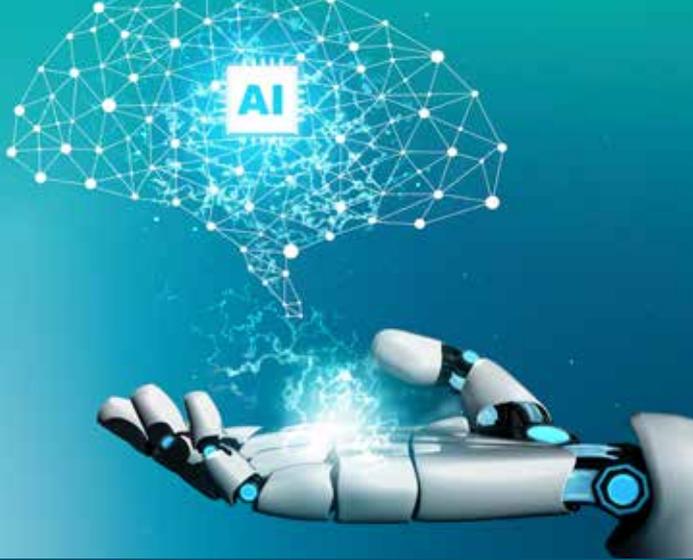
Die wesentliche Herausforderung des Projekts besteht darin, das Design komplexer Systems-on-Chip für intelligenteren, sichereren, flexibleren, stromsparenden und kostengünstigeren Anwendungen zu entwickeln. Um dies zu ermöglichen, setzt das Fraunhofer IPMS auf ferroelektrische Feldeffekttransistoren (FeFETs). Diese werden direkt auf dem Halbleiterchip implementiert. So kann das Institut seine Erfahrungen bei der Integration, Charakterisierung und Optimierung der ferroelektrischen Speichertechnologie ausbauen.

## SEC-Learn – Sensor Edge Cloud for Federated Learning

Viele Verfahren, die das Auswerten, Kategorisieren oder Darstellen riesiger Datenmengen verlangen, stützen sich heutzutage auf Künstliche Intelligenz (KI). Einerseits gehen die dadurch generierten vielen Datensätze mit einem gesteigerten Energiebedarf einher, andererseits werden die Daten zentral gespeichert, was Risiken aus Sicht des Datenschutzes und der Datensicherheit mit sich bringt. Im Projekt SEC-Learn forscht das Fraunhofer IPMS mit zehn weiteren Fraunhofer-Instituten an der Entwicklung einer neuromorphen Computingarchitektur für föderiertes Lernen.

Föderiertes Lernen bezeichnet einen Ansatz, bei dem KI-Algorithmen so trainiert werden, dass Daten auf mehreren Geräten oder Servern verteilt gespeichert werden. Im Gegensatz zu klassischem Cloud-basierten maschinellem Lernen besteht der Vorteil darin, dass sensible Daten in lokalen Systemen verbleiben. Bei der im Projekt SEC-Learn entwickelten Plattform sollen zusätzlich neuromorphe Hardwarebeschleuniger zum Einsatz kommen, die eine um einige Größenordnungen geringere Leistungsaufnahme aufweisen.





## Leitprojekt NeurOSmart – Sensoren lernen Denken

Autonome Roboter sind mit Sensoren und Elektronik gespickt, um ihre Umgebung wahrzunehmen und auch unvorhergesehene Situationen eigenständig zu bewältigen. Dies geht mit einem erheblich steigenden Energieverbrauch einher. Daher entwickelt das Fraunhofer IPMS im Projekt NeurOSmart zusammen mit vier weiteren Instituten einen neuromorphen In-Memory-Beschleuniger, der auf den jeweiligen Sensor maßgeschneidert wird. Als Vorbild dient dabei das menschliche Gehirn.

Das Fraunhofer IPMS entwickelt und trainiert innerhalb des Projekts den Schaltkreis des neuromorphen Beschleunigers. Für die interne Steuerung der Datenflüsse wird der vom Fraunhofer IPMS entwickelte RISC-V-Prozessorkern EMSA5 mit direkten Schnittstellen zur analogen Beschleunigerbaugruppe und übergeordneten Systemen sowie Fehlerschutzmechanismen implementiert.

Weiterhin ist das Fraunhofer IPMS an der Erforschung des neuronalen Netzmodells für die LiDAR-Datenauswertung beteiligt. Ziel ist dabei die automatisierte Abbildung auf der verfügbaren Hardwaretopologie sowie deren Übertragung auf ein Schaltkreisdesign. Dabei erfolgt die Kommunikation zwischen Vorverarbeitung (FPGA) und Beschleuniger-Schaltkreis über eine echtzeitfähige Highspeed-Ethernet-Schnittstelle.

Alle neuromorphic  
Computing Projekte

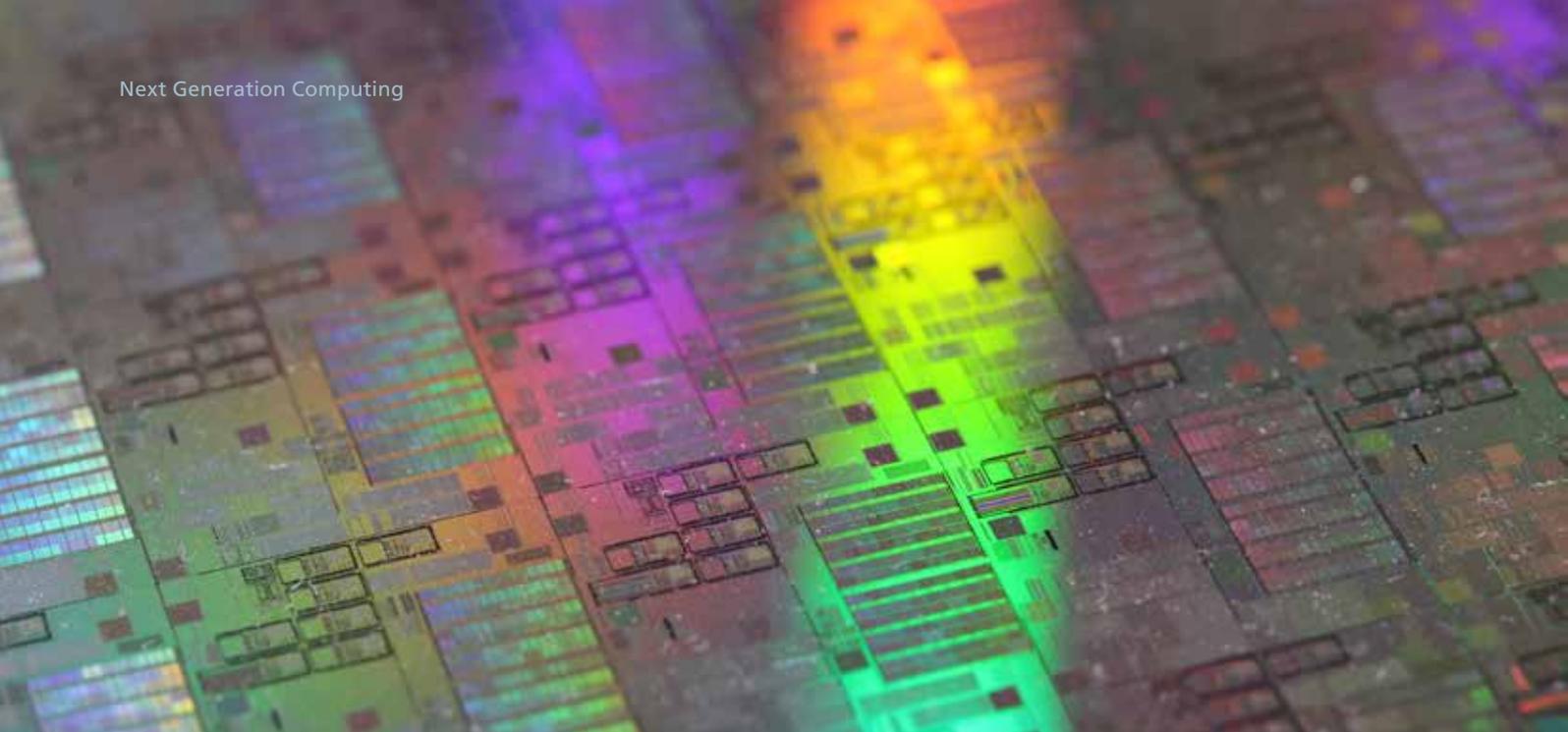


## TEMPO – Technologie für neuromorphes Computing

Das Fraunhofer IPMS beschäftigt sich im Projekt TEMPO mit der technologischen Entwicklung von mikroelektronischen Komponenten mit besonders niedriger Leistungsaufnahme, die für Anwendungen im Bereich Künstliche Intelligenz, IoT und Edge Computing nutzbar sind. Ein Aspekt sind neuartige Speicherkonzepte sowie die Integration zusätzlicher Funktionsmodule aus ferroelektrischen Kondensatoren. Die direkte Kooperation mit Industriepartnern soll die spätere industrielle Umsetzbarkeit der neuromorphen Schaltungen und Chips sicherstellen.

Insgesamt haben sich im Projekt 19 europäische Partner zusammengeschlossen. Das Fraunhofer IPMS forscht an Chips im 28 Nanometer-Technologieknoten von GlobalFoundries, um den Verbindungsaufbau zu verkleinern sowie Leckströme und Prozessschwankungen zu reduzieren. Die Chips werden zunächst in Bilderkennungssystemen eingesetzt, beispielsweise für das autonome Fahren oder für die Verarbeitung von Sensordaten in Radarsystemen. Ziel ist es, die Leistungsaufnahme aufgrund des neuromorphen Chip-Designs und der angepassten Peripherie um einige Größenordnungen zu reduzieren.





## Neuromorphic Computing

# Technologie- Plattform für neuromorphe Chips

---

Neuromorphe Computer orientieren sich am Aufbau eines biologischen Nervensystems. Die Aufgaben der Neuronen übernehmen z. B. CMOS-Memristoren, welche – wie im Gehirn – über Synapsen miteinander in Verbindung stehen. Neuromorphe Systeme für Edge-AI-Anwendungen weisen enormes Potential in der Mustererkennung, -analyse und -vorhersage auf und haben hohes Potenzial in Bereichen wie der medizinischen Diagnostik oder der Erkennung von Sprachmustern und versprechen, diese außerordentlichen Leistungen mit geringstmöglichem Energiebedarf im Vergleich zu heutigen Architekturen zu ermöglichen.

Damit die Industrie diese Technologien möglichst schnell in kommerzielle Produkte und Innovationen überführen kann, müssen sie von der Grundlagenforschung in Richtung einer wirtschaftlichen Anwendbarkeit weiterentwickelt sowie die dafür notwendige Entwicklungs- und Pilotfertigungs-Infrastruktur aufgebaut werden. Ziel des Projekts PREVAIL – Partnership for Realization and Validation of AI hardware Leadership – ist es, eine technologische Plattform anzubieten, die in der Lage ist, Prototypen für fortschrittliche, neuromorphe Chips für Edge-KI-Anwendungen zu entwerfen, zu fertigen und zu testen.

## Nationale und internationale Zusammenarbeit stärken

Im Projekt bringen vier Fraunhofer-Institute – neben dem Koordinator Fraunhofer IPMS sind das die Institute IZM, IIS und EMFT – ihre fortschrittlichen 300-mm-Fertigungs-, Design- und Testfähigkeiten ein. Dadurch soll eine „Hardware for Edge AI“-Plattform für 300-mm-Technologie entstehen. Diese soll in Zusammenschluss mit CEA-Leti, imec und VTT, den führenden europäischen Forschungsorganisationen (RTOs), langfristig ausgebaut werden.

Das Projekt startete im Dezember 2022. In der ersten Projektphase von dreieinhalb Jahren liegt der Fokus zunächst darauf, Lücken in den Anlagenparks bei den beteiligten Partnern zu schließen und punktuell Prozesse zu verbessern sowie auch beispielsweise Geschäftsprozesse und das Kontaminationsmanagement so abzustimmen, dass die Voraussetzungen für gemeinsame Demonstrator-Angebote geschaffen werden.

In einer geplanten zweiten Phase soll dann die Plattform aktiv Pilotfertigungskapazitäten insbesondere für den europäischen FuE-Markt bereitstellen. Sie soll Unternehmen, Start-ups und Forschungseinrichtungen ermöglichen, Demonstratoren, Prototypen und Kleinserien in fortschrittlichen Designs in Auftrag zu geben, für die es bisher keine Fertigungsmöglichkeit gab.

Durch diese Zusammenarbeit wollen die Partner künftig Chips entwickeln, die deutlich über den State-of-the-art hinausgehen. Gegenwärtig betreiben die RTO ihre Reinräume gemäß ihrer jeweiligen nationalen Mission in regelmäßiger Zusammenarbeit, jedoch auf Projektbasis. Das PREVAIL-Projekt zeigt deutlich das gemeinsame Bestreben, dauerhaft und koordiniert zusammenzuarbeiten, Kompetenzen zu bündeln und komplementär zu ergänzen.



## Den European Chips Act zum Leben erwecken

Anfang 2022 übernahm die Europäische Kommission den Vorschlag für eine neue Gesetzgebung zu Halbleitern, den sogenannten European Chips Act. Darüber hinaus entwickeln derzeit auch die einzelnen Mitgliedstaaten nationale Strategien, um ihre Industrie- und Produktionskapazitäten auszubauen und Abhängigkeiten zu verringern. Das PREVAIL-Projekt zielt darauf ab, den Rahmen für die Angleichung der nationalen Initiativen an den European Chips Act zu fördern, indem eine verteilte Technologieplattform mit mehreren Knotenpunkten aus den wichtigsten europäischen Halbleiter-RTOs eingerichtet wird.

Die im Projekt entstehende virtuelle KI-Hardwareplattform stellt sicher, dass die Verfügbarkeit von energieeffizienten, leistungsstarken und vertrauenswürdigen KI-Komponenten (wie z. B. KI-Prozessoren) und Technologien in Europa dauerhaft gewährleistet werden kann. Damit soll ein wesentlicher Beitrag zum Erhalt der Technologiesouveränität in Deutschland geleistet werden. Insbesondere Edge Computing spielt eine bedeutende Rolle für die Digitalisierung industrieller Prozesse und für die erfolgreiche Umsetzung der deutschen Industrie 4.0-Strategie.

## Weltweit wettbewerbsfähig

Weltweit bestehen neben den Forschungseinrichtungen der europäischen 3 RTO Alliance (imec, CEA-LETI, Fraunhofer Mikroelektronik) nur noch in den USA (Albany NanoTech Center) und Japan (AIST) Mikroelektronik-Forschungszentren mit einer ähnlichen Ausstattung auf Basis von 300 mm. Insofern sind die Forschungskapazitäten der Projektpartner auch über Europa hinaus von großer Bedeutung für die Mikroelektronikbranche. Insgesamt verfügen ihre 300-mm-Infrastrukturen über mehr als 10.000 m<sup>2</sup> Reinraumfläche an den Standorten Leuven, Grenoble und Dresden. Die Einrichtungen sind eng mit der Industrie

vernetzt und können dank ihres Anlagenparks auf Industriestandard und etablierter Protokolle Wafer austauschen und Prozesse schnell transferieren.

Als Vorbild für PREVAIL dient die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) für eine virtuelle, dezentrale Fab zur Entwicklung hochkomplexer Chips. Durch die Schaffung einer europäischen KI-Plattform trägt PREVAIL nun unmittelbar dazu bei, den Wandel der Mikroelektronik zu einer wichtigen Basistechnologie für die Erfüllung von Klima- und Nachhaltigkeitszielen in Deutschland und Europa voranzutreiben.

Das Vorhaben PREVAIL wird mit Mitteln der Europäischen Union und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 16ME0834 kofinanziert. Auf nationaler Ebene wird das Vorhaben durch das BMBF Projekt „Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland – Modul Quanten- und neuromorphes Computing“ (FMD-QNC) ergänzt, das zeitgleich am 1. Dezember 2022 startete. In diesem Vorhaben bündeln die FMD gemeinsam mit vier weiteren Fraunhofer-Instituten, dem Forschungszentrum Jülich und der AMO GmbH ihre Kompetenzen und gerätetechnische Ausstattung in Bezug auf Quanten- und neuromorphes Computing.



### Ansprechpartner

Dr. Benjamin Lilienthal-Uhlig  
Geschäftsfeldleiter Next  
Generation Computing  
+49 351 2607-3064  
benjamin.lilienthal-uhlig@  
ipms.fraunhofer.de

# FMD-QNC – Forschungsfabrik Mikroelektronik für Quanten- und neuromorphes Computing

Um die in Deutschland vorhandene mikroelektronische Forschung und Entwicklung in Bezug auf Quanten- und neuromorphes Computing zu bündeln und auszubauen, startete die FMD mit vier weiteren Fraunhofer-Instituten, darunter dem Fraunhofer IPMS, dem Forschungszentrum Jülich und der AMO GmbH am 1. Dezember 2022 ein gemeinsames Vorhaben: Die „Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland – Modul Quanten- und neuromorphes Computing“. Der dafür benötigte gerätetechnische und strukturelle Aufbau wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Rechenintensive Technologien und Anwendungen, wie die Künstliche Intelligenz (KI), die Edge-Datenverarbeitung oder die Optimierung komplexer Systeme bringen die klassischen Digitalrechner vermehrt an ihre Leistungsgrenzen. Einen vielversprechenden Lösungsansatz bieten hierbei das sogenannte Quantencomputing (QC) und neuromorphes Computing (NC). Sie gelten als die wesentlichen Grundlagen für die neuartigen Rechentechnologien (Next Generation Computing), ohne die zukünftig viele wettbewerbs- und sicherheitskritische Anwendungen nicht realisiert werden können.

## Mit FMD-QNC zur Entwicklung der zukünftigen Hardware-Basis für neuartige Rechentechnologien beitragen

Aktuell wird in Deutschland in vielen grundlagenorientierten Forschungsprojekten an QC und NC gearbeitet. Es fehlen aber noch ausreichend Möglichkeiten für eine anwendungsnahe Erprobung der für die hochkomplexen Rechentechnologien benötigten Hardware-Entwicklungen sowie eine schnelle Umsetzung der Ergebnisse in Prototypen und Kleinserien.

Um Forschende und Unternehmen bei der Entwicklung von maßgeschneiderter Mikroelektronik und skalierbaren Fertigungs- und Integrationsverfahren für die neuen Rechentechnologien bestmöglich zu unterstützen,

wird die bereits als One-Stop-Shop für Mikro- und Nanoelektronikforschung etablierte Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) um das „Modul Quanten- und neuromorphes Computing“ (QNC) erweitert. Dafür werden beispielsweise die Anlagenparks und verschiedenen Fertigungslinien der beteiligten Partner sowie die Kompetenzbreite der 13 FMD-Institute durch die Einbindung der Fraunhofer-Institute IMWS, IOF, IPM und ILT sowie des Forschungszentrums Jülich und der AMO GmbH ausgebaut.

## Maßgeschneiderte Mikroelektronik und skalierbare Fertigungs- und Integrationsverfahren für QC und NC

Aufbauend auf den von FMD geschaffenen organisations- und standort-übergreifenden Kompetenzen lässt sich das geplante Vorhaben FMD-QNC zielgerichtet und effizient umsetzen. Um eine ganzheitliche Forschungsstruktur für neuartige Rechentechnologien auf höchstem Niveau zu schaffen, werden die Kooperationspartner in den kommenden drei Jahren mit Designtools, Mess- und Charakterisierungstechniken sowie Fertigungsanlagen, die für die anwendungsnahe Erforschung hochkomplexer QC- und NC-Technologien erforderlich sind, schrittweise und bedarfsgerecht ausgestattet.

Die Forschungsstrukturen werden zu industrienahen Forschungs- und Pilotlinien vernetzt, u. a. für supraleitende und memristive Schaltkreise, 3D-Systemintegration und hochintegrierte Strahlquellen. Im Ergebnis sollen Lösungen für die teilweise extremen Betriebsumgebungen, wie Vakuum, kryogene Temperaturen oder elektromagnetische Abschirmung erarbeitet werden. Damit werden die prozesstechnischen und technologischen Voraussetzungen für Design, Herstellung und Charakterisierung von Chips für neuromorphes Computing wie auch verschiedene QC-Technologien (supraleitend-, Neutralatom-, Ionenfallen- und Quantenpunkt-basiert) geschaffen.

## Industrierelevante Forschungsbedingungen und ein niederschwelliger Zugang zu Forschungsinfrastruktur

Neben den Forschungsaktivitäten und der anwendungsnahen Erprobung der Entwicklungen sind das „QNC-Betreibermodell“ und eine „Mikroelektronik-Akademie“ zwei weitere Bestandteile des Gesamtvorhabens FMD-QNC. Die hier geplante Mikroelektronik-Akademie wird sich sowohl mit einer frühzeitigen Sensibilisierung der heranwachsenden Generation an Fachkräften auf dem Gebiet der Mikroelektronik als auch mit einer Aus- und Weiterbildung bereits im Berufsleben stehender Expertinnen und Experten befassen.

„Das so genannte QNC-Betreibermodell soll ein flexibles und niederschwelliges Zugangsmodell für die Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft beinhalten, um agil auf die fortschreitenden neuen Entwicklungen und die Bedarfe aus Forschung und Entwicklung zu reagieren sowie den Transfer in die Wirtschaft zu beschleunigen. Hierzu sollen die drei spezifischen Projektkorridore Technologieentwicklung, Pilotfertigung und Vorlaufforschung geschaffen werden. Außerdem sollen Netzwerke mit verschiedenen Nutzergruppen sowie ausgewählte flankierende Forschungsarbeiten zur Integration der Technologien in die Forschungsstrukturen ausgebaut werden. Dies beinhaltet ein QNC-Space zur Erprobung spezieller Herstellmethoden, sogenannte Multi-Project-Technologien als vereinfachten Zugang zu Chipfertigungsdurchläufen und eine Open-Design-Plattform“, erklärt Dr. Oliver Pyper, Projektleiter der FMD-QNC.

## Europäische Forschungsorganisationen vernetzen sich für aktuelle und zukünftige Herausforderungen in der Elektronikforschung

Die FMD-QNC wird auf europäischer Ebene durch das Projekt „PREVAIL“ (Partnership for Realization and Validation of AI hardware Leadership; siehe vorhergehende Seite), das zeitgleich am 1. Dezember 2022 startete, ergänzt.

Im Projekt arbeiten die vier europäischen Forschungsorganisationen CEA-Leti, Fraunhofer, imec und VTT zusammen, um eine vernetzte 300-mm-Technologie-Plattform zur Herstellung von Chip-Prototypen für fortschrittliche Anwendungen der künstlichen Intelligenz und neuromorphen Computing zu schaffen. Der nationale Teil von PREVAIL umfasst die vier Fraunhofer-Institute EMFT, IIS, IPMS und IZM, die als Teil der FMD ihre 300-mm-Fertigungs-, Design- und Testeinrichtungen erweitern und komplementär zu der 300-mm-Technologie ihrer europäischen Forschungspartner einsetzen.

Die geplanten Projektaktivitäten innerhalb von PREVAIL und FMD-QNC werden synergetisch vernetzt und sind wichtige Vorbereitungen für das technologische Fundament des „European Chips Act“. Durch das Maßnahmenpaket der Europäischen Kommission soll die Entwicklung der Halbleitertechnologie auf eine neue Stufe gehoben und die europäische Innovationskraft in der Mikroelektronik ausgebaut werden. Das Fraunhofer IPMS freut sich darauf, mit seiner Forschung und Entwicklung einen maßgeblichen Teil dazu beizutragen.

Das Vorhaben FMD-QNC wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

 [s.fhg.de/FMD-QNC](https://s.fhg.de/FMD-QNC)



### Ansprechpartner

Jörg Amelung  
Stellvertretender Institutsleiter  
+49 351 8823-49691  
[joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de](mailto:joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de)

# Trusted Electronics

---

## Vertrauenswürdige Elektronik durch Split Manufacturing

Durch die zunehmende Verlagerung der Fertigung von integrierten Schaltkreisen in außereuropäische Regionen steigt die Anfälligkeit für das Einbringen von Schad- und Spionagefunktionen in von Auftragsfertigern (Foundries) gelieferte Bauteile. Gleichzeitig steigt die Gefahr der Entwendung von geistigem Eigentum am Schaltungsdesign durch Dritte. Das Projekt T4T soll der heimischen Industrie Tools für einen Zugang zu sicheren Lieferketten und vertrauenswürdiger Elektronik zur Verfügung stellen. An diese Anforderungen angepasste Teilkomponenten können weiterhin über bestehende Lieferketten (Split Manufacturing) bezogen werden, aber die Montage und Verschlüsselung der Systeme erfolgt in einem vertrauenswürdigen Umfeld am Standort Deutschland.

Innerhalb des Projekts wird das Fraunhofer IPMS sich mit zwei Themenschwerpunkten befassen. Zum einen soll die Schnittstelle zwischen klassischem Frontend (Waferfertigung) und Backend (Heterointegration) im Sinne des Split Manufacturing hinsichtlich Kontaminationsmanagement, Defektdichte und Prozessqualität entwickelt und optimiert werden. Zudem sollen moderne post-quantum-Kryptografieverfahren mit Hilfe von nicht-flüchtigen Speichern untersucht und getestet werden.

## Vertrauenswürdige Elektronikfertigung

Das Forschungsprojekt Velektronik beschäftigt sich mit vertrauenswürdigen Fertigungsverfahren. Dabei soll eine Plattformlösung entstehen, die die komplette Wertschöpfungskette berücksichtigt, um konkrete Konzepte für vertrauenswürdige Elektronik zu liefern. Das Projekt will eine technologische Übersicht schaffen, Beiträge zur notwendigen Standardisierung erstellen und das Netzwerk aus Forschung und Wirtschaft aufbauen. Die Verbundplattform Velektronik wird von der Geschäftsstelle der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland koordiniert.

Das Fraunhofer IPMS beschäftigt sich innerhalb des Projekts mit der Fertigung elektronischer Bauelemente an verschiedenen Fertigungsstandorten, dem sogenannten Split Manufacturing. Dabei kann beispielsweise der Aufbau der CMOS-Backplane von der MEMS-Fertigung losgelöst werden, was typischerweise so in den internationalen Wertschöpfungsketten vorzufinden ist. Im Sinne der vertrauenswürdigen Elektronik gilt es, die IP der Einzelkomponenten zu schützen, Schnittstellen und Funktionalitäten zu erhalten und dennoch Sicherheitsmerkmale in Hard- und Software vorzusehen.





## Photonik für abhörsichere Kommunikation

Weltweit wird an einer verbesserten Sicherheit von vernetzten Geräten gearbeitet, um sensible Daten vor einer missbräuchlichen Nutzung durch Dritte zu schützen. Dabei kommen immer stärkere, hardwareunterstützte kryptografische Algorithmen zum Einsatz. Im Projekt Silhouette entwickelt das Fraunhofer IPMS mit Partnern eine universelle Plattformlösung zur Entwicklung von hybriden elektro-optischen Systemen. Wesentlicher Kernpunkt ist es, sicherheitskritische elektrische Signale konsequent in optische Signale zu wandeln, weiter zu verarbeiten bzw. zu validieren und schließlich zurückzuwandeln. Denn allein die photonischen Übertragungskanäle bieten den Vorteil, sowohl kaum manipulierbar als auch abhörsicher zu sein.

Das Projekt umfasst die komplette Wertschöpfungskette: Vom Design über die Fertigung, die Aufbau- und Verbindungstechnik bis hin zur Test- und Prüfmethodik. Um eine Technologiesouveränität und Vertrauenswürdigkeit auch im Design- und Herstellungsprozess gewährleisten zu können, wird die angestrebte elektro-optische Plattformlösung im europäischen Wirtschaftsraum verortet.

Das Fraunhofer IPMS bringt seine Erfahrung im Bereich der Integration besonders energiesparender Komponenten für IoT-Anwendungen ein. Weiterhin werden drei unterschiedliche Konzepte eines quantenkryptografisch sicheren Schlüsselgenerators auf Basis kryptografischer Multimodeinterferometer (k-MMI) hinsichtlich ihrer Performance, Sicherheit und Risiken bewertet.

*Test-Kit für hochgenaue selbst-ausrichtende Montage-technologie zur Integration von Lichtquellen und Detektoren mit photonischen integrierten Schaltungen.*





# Medizin- technik und Gesundheit

---

Das Fraunhofer IPMS erforscht seit vielen Jahren Technologien für eine verbesserte Prävention, Diagnostik und Therapie im medizinischen Bereich. Dazu gehören beispielsweise MEMS-basierte innovative Bildgebungsverfahren sowie neue Technologien zur Früherkennung von Krankheiten.

Wir laden Sie herzlich ein, sich auf den folgenden Seiten über unsere Forschung zu informieren.

# Laser-Scanning-Mikroskop verbessert Erkennung von Tumorzellen

Die Unterscheidung zwischen Tumor und gesundem Gewebe während eines chirurgischen Eingriffs ist von großer Bedeutung, kann jedoch eine Herausforderung darstellen. Optische Methoden zur präzisen in-situ-Tumorabgrenzung mit einfacher Bedienung wären hilfreich, um die Operation zu unterstützen. Dazu wurde am Fraunhofer-Zentrum für Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin (MEOS) in Erfurt ein neuartiges MEMS-basiertes konfokales Laser-Scanning-Mikroskop entwickelt. Damit lässt sich noch im Operationssaal wesentlich schneller als bisher bestimmen, ob ein Tumor vollständig entfernt wurde.



Mitarbeitende des Fraunhofer IPMS und des Fraunhofer IZI haben gemeinsam ein MEMS-basiertes Laser-Scanning-Mikroskop und eine Fluoreszenz-Marker-Methode von Tumorzellen entwickelt, um Tumorgrenzen bestmöglich zu lokalisieren. Im ersten Schritt wird dafür der Tumorrand eingefärbt. Hier kommt eine spezielle Methode mittels Fluoreszenz-markierter Antikörper auf Zellkulturebene zum Einsatz, die von Mitarbeitenden des Fraunhofer IZI entwickelt wurde. Anschließend wird durch das konfokale Mikroskop ein Bild der Schnittfläche aufgenommen.

Kernstück des Mikroskops ist ein am Fraunhofer IPMS entwickelter Scannerspiegel, der es erlaubt, das Licht in x- und y-Richtung abzulenken und somit praktisch in Echtzeit ein Bild zu generieren. Damit kann im Fluoreszenzbild bei einer Bildfeldgröße von  $400 \times 400 \mu\text{m}^2$  ( $960 \times 960$  Pixel) eine laterale Auflösung  $< 1.0 \mu\text{m}$  erreicht werden. Für Schnittbilder ist das System mit einem z-Shifter mit einer maximalen Weglänge von  $2000 \mu\text{m}$  und  $5 \text{ nm}$  minimaler Schrittgröße ausgestattet.

Ein Demonstrator des Mikroskops am Fraunhofer-Zentrum MEOS in Erfurt wurde bereits erfolgreich getestet. Der Anwendungspartner Helios-Klinikum in Erfurt stellt Gewebeproben zur Verfügung. Schwerpunkte der zukünftigen Arbeiten sind der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) zur automatisierten Erkennung von Tumorresektionsrändern, Robotik zur Schaffung eines Assistenzsystems für das chirurgische Fachpersonal sowie die Systemanpassungen für den Transfer in eine klinische Umgebung.

In einem Projektvideo wird der aktuelle Stand der Arbeiten eindrücklich sichtbar:

 [s.fhg.de/LSCOnco-Video](https://s.fhg.de/LSCOnco-Video)

 [s.fhg.de/LSCOnco](https://s.fhg.de/LSCOnco)

 [doi.org/10.1117/12.2608547](https://doi.org/10.1117/12.2608547)



## Ansprechpartner

Dr. Peter Reinig  
Gruppe Chemische Sensorik  
+49 351 8823-103  
peter.reinig@  
ipms.fraunhofer.de

# Technologie-HUB für zellbasierte Therapeutika

Am Fraunhofer-Zentrum für Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin (MEOS) in Erfurt wird das MEOS Innovation Center for Precision Analysis of Cell Therapy Products, kurz MIC-PreCell, aufgebaut. Mit 750.000 Euro vom Freistaat Thüringen gefördert, werden hier bis Sommer 2023 neue Analysemethoden zur Qualitätssicherung und Prozesskontrolle für die Herstellung von zellbasierten therapeutischen Produkten entwickelt.

Mit MIC-PreCell werden Infrastruktur und Know-how zusammengebracht, um die derzeit noch bestehende große Lücke, die zwischen grundsätzlich vorhandenen Technologien zur Analyse zellbezogener Parameter und deren breiter Anwendung im Rahmen der Herstellung zellbasierter Medikamente klafft, zu schließen. Zellbasierte Therapien sind üblicherweise personalisiert auf den Patienten bzw. die Patientin abgestimmt und aufgrund der teils sehr aufwendigen Fertigungsprozesse oft noch sehr teuer. Für Menschen mit kritischem Krankheitsstadium ist zudem eine zeitgerechte Herstellung oft überlebenswichtig. Im Rahmen von MIC-PreCell sollen deshalb moderne Methoden der integrierten Qualitätssicherung etabliert werden, mit denen die Herstellungsprozesse optimiert und etwaige Produktionsfehler erheblich früher festgestellt werden können.

Dabei fokussiert sich das Projektteam auf den breiten Einsatz innovativer Qualitätssicherungsmethoden in der Zellherstellung wie der optomechanischen Profilerstellung, mit der sich mechanische Zelleigenschaften sofort und markierungsfrei bestimmen lassen. Auch die Analyse von VOCs, volatile organic compounds, die von Zellkulturen an die Außenluft abgegeben werden, wollen die Fraunhofer-Forschenden mit Hilfe eines Gaschromatograph-Ionenmobilitäts-Spektrometers analysieren. Daneben werden Geräte für die Multiplex-Analyse von Proteinen, die aus Zellen sezerniert werden, implementiert, die eine direkte und detaillierte Echtzeitauskunft über den Zustand von therapeutischen Zellprodukten erlauben.

 [s.fhg.de/MIC-PreCell](https://s.fhg.de/MIC-PreCell)



## **Ansprechpartner**

Dr. Michael Scholles  
Leiter Fraunhofer-Zentrum  
MEOS  
+49 361 66338-151  
[michael.scholles@  
ipms.fraunhofer.de](mailto:michael.scholles@ipms.fraunhofer.de)

# Krankheiten an der Atemluft erkennen

Die schnelle Diagnose von Krankheiten ist in den letzten Jahren von großem Interesse gewesen. Die COVID-19-Pandemie sowie der Nachweis von antibiotika-resistenten Bakterien zeigen, dass ein dringender Bedarf an portablen Geräten besteht, die eine Point-of-Care-Diagnose ermöglichen. Das Fraunhofer-Zentrum MEOS arbeitet an einer Lösung, indem es verschiedene Ansätze mit einem starken Fokus auf interdisziplinäre Zusammenarbeit kombiniert.



Ein besonderer Schwerpunkt für Point-of-Care (POC)-Geräte ist die Analyse von gasförmigen Komponenten. Es ist bekannt, dass Krankheiten den Stoffwechsel im menschlichen Körper verändern. Dies hat Auswirkungen auf die Zusammensetzung z.B. von Urin und Atemluft. Gängige Markersubstanzen gehören zur Gruppe der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Die Grundvoraussetzung für den Eintritt in diesen attraktiven Markt für POC-Geräte ist (1) die zuverlässige und hochpräzise Erkennung einzelner VOC und (2) die Verknüpfung der gemessenen Daten mit Krankheiten, um eine zuverlässige Diagnose zu ermöglichen. Vorstellbar sind kompakte und kostengünstige Systeme in Arztpraxen oder Pflegeeinrichtungen, die eine schnelle und einfache Diagnose ermöglichen.

Für die damit verbundene Entwicklung ist eine Reihe von interdisziplinären Kompetenzen erforderlich. Der Sensor ist eine anspruchsvolle Komponente für künftige Geräte für die medizinische Diagnostik. Konventionelle Labormethoden (z.B. Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung) weisen eine hohe Sensitivität und Sicherheit der Ergebnisse auf. Die gesamte Analysekette ist jedoch zeitaufwendig und kostspielig. Dies schränkt den Einsatz für eine flächendeckende POC-Anwendung ein.

Der Einsatz von miniaturisierbaren Sensorkonzepten wie der Ionenmobilitätsspektrometrie (IMS) überwindet diese Einschränkungen und stellt eine attraktive Basis für die Entwicklung portable Geräte dar. Das Fraunhofer IPMS verfolgt ein adaptierbares Chipkonzept und hat ein darauf basierendes Mikrosystem entwickelt. Kernstück ist ein IMS-Chip, der aus einem speziellem FAIMS-basierten Ionenfilter inklusive Detektor besteht und in siliziumbasierter Mikrotechnologie hergestellt wird. In Kombination mit der erforderlichen Elektronik ist so ein Labordemonstrator entstanden, der typische VOCs nachweisen kann. Zusammen mit weiteren Experten auf dem Gebiet der biomedizinischen Analytik werden derzeit Anwendungsszenarien untersucht und hinsichtlich der Leistungsfähigkeit mit dem eigens entwickelten IMS-Aufbau bewertet. Übergeordnetes Ziel ist es, zusammen mit Unternehmen den Weg in Richtung Produktentwicklung einzuschlagen.

 [s.fhg.de/VOC-Analytik](https://s.fhg.de/VOC-Analytik)



## **Ansprechpartner**

Dr. Alexander Graf  
Fraunhofer-Zentrum MEOS  
+49 351 8823-247  
[alexander.graf@ipms.fraunhofer.de](mailto:alexander.graf@ipms.fraunhofer.de)

*Ultraschall-Spirometer bestehend aus Mundstück und Rohr mit Ultraschallsensoren sowie einer leicht verständlichen grafischen Benutzeroberfläche zur Auswertung.*



## Früherkennung von Krankheiten mittels Ultraschall-Atemluftanalyse

Chronische und akute Atemwegserkrankungen wie Asthma, COPD und COVID-19 stellen aufgrund der alternden, krankheitsanfälligen Gesellschaft und der schnellen Ausbreitung von Krankheitserregern eine Herausforderung für die Gesundheitssysteme dar. Die frühzeitige Erkennung schwerer Krankheitsverläufe verbessert die Heilungschancen. Durch die Erfassung physikalischer Parameter wie Atemfrequenz und -volumen können Krankheitszeichen früher als üblich und vor allem nicht-invasiv und damit besonders schonend erkannt werden. Das Fraunhofer IPMS hat hierfür ein ultraschallbasiertes Spirometer entwickelt.

Das Spirometer erfasst physikalische Atmungsparameter (z.B. Atemvolumen und -frequenz) auf der Basis der Messung von Atemgasströmen in einer Röhre mittels Ultraschallwellen. Kernstück des Systems sind vom Fraunhofer IPMS entwickelte kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler (CMUTs). Diese in mikrosystemtechnischen Verfahren hergestellten Bauelemente bieten eine hohe Präzision bei gleichzeitig kleiner Baugröße. Im Gegensatz zu gängigen Piezowandlern ermöglicht die mikro-mechanische Fertigung Ultraschallwandler in wiederholbarer Qualität ohne Nachbearbeitung.

Ein erster Demonstrator zur Messung von Luftströmungen und zur Analyse der Atmung wurde bereits erfolgreich aufgebaut. Er besteht aus einer Röhre, die mit Ultraschallwandlern ausgestattet ist, und einer über eine grafische Benutzeroberfläche

zugänglichen Steuereinheit, die die Extraktion von Sensordaten für physikalische Atmungsparameter ermöglicht. Die Funktionalität dieser Systemmodule wurde klinisch verifiziert. Damit ermöglicht erstmals ein tragbares CMUT-basiertes Ultraschall-Spirometer die präzise Messung physikalischer Atmungsparameter. Die Integration der CMUT-Elemente in das Einwegmundstück und die Miniaturisierung des Gesamtsystems zu einem kompakten Handheld in Kombination mit der Schnittstelle zu virtuellen Monitoringsystemen ermöglichen eine Verbesserung der Behandlung im Bereich der Atemwegserkrankungen.

 [s.fhg.de/Spirometer](https://s.fhg.de/Spirometer)



### **Ansprechpartner**

Björn Betz  
Gruppenleiter  
Ultrasonic Components  
+49 351 8823-4656  
[bjoern.betz@ipms.fraunhofer.de](mailto:bjoern.betz@ipms.fraunhofer.de)



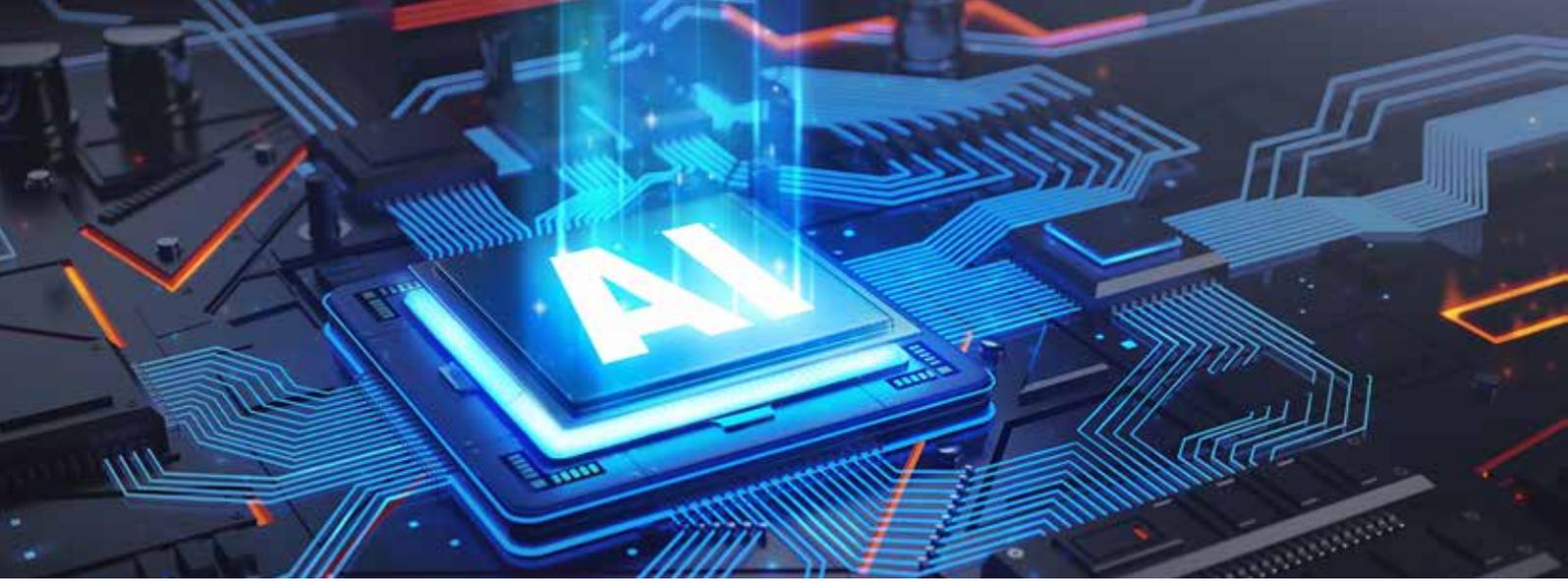


# Sensorik und KI

---

Wir forschen daran, Sensoren leistungsfähiger, energieeffizienter und smarter zu machen. Durch Ansätze wie Edge Computing, bei denen die Datenverarbeitung direkt am Sensor geschieht, tragen wir außerdem zu einer erhöhten Vertrauenswürdigkeit der Systeme bei. In einer Reihe von Projekten ist es uns gelungen, durch die Kombination von Sensorik mit künstlicher Intelligenz neue Anwendungen zu erschließen.

Gewinnen Sie auf den folgenden Seiten einen Eindruck von unseren aktuellen Forschungsprojekten.



# KI-gestützte Mikrosensorik und -aktorik für die Gestenerkennung

Im Alltag sind digitale Helfer – wie smarte Apps oder mitdenkende Autos – bereits fest integriert. Derzeit erfolgt die Verarbeitung der Daten jedoch zumeist auf großen, externen Servern. Eingebettete künstliche Intelligenz (Edge KI) soll dies ändern und die Verarbeitung von Daten und Algorithmen direkt am Endgerät ermöglichen. Das Fraunhofer IPMS forscht daher an innovativen Lösungen, um Algorithmen des maschinellen Lernens in alltägliche Geräte zu integrieren.

Das Fraunhofer IPMS vernetzt zunehmend seine Expertise und Entwicklungen unterschiedlicher Forschungsbereiche. So wurden in einem institutsinternen Projekt Erkenntnisse aus der Mikrosensorik und -aktorik mit neuesten Technologien der Nanoelektronik, drahtloser Kommunikation und Prozessor-entwicklungen zusammengeführt. Die daraus entstehenden Synergieeffekte bieten Kunden nun maßgeschneiderte Komplettlösungen für hardwarenahe, KI-gesteuerte Mikrosensoren und -aktoren. Dabei wird eine sensor- bzw. aktornahe Signalvorverarbeitung mittels KI-basierter Methoden (Schwerpunkt: TinyAI/Embedded KI) ermöglicht. Die Vorteile liegen dabei sowohl in einer geringen Latenz in der Verarbeitung als auch in einer sichereren Datenverarbeitung ohne Netzwerkanbindung. Weiterhin ermöglicht die Edge-KI-Lösung ein Nachlernen im Feld, um das System für spezielle vor-Ort Randbedingungen zu optimieren. Speziell für Edge-KI-Sensoren/Aktoren-Lösungen wurde am Institut die bestehende RISC-V Computing Plattform EMSA5 um eine KI-Funktionalität (basierend auf Tensorflow Lite) erweitert.

Ein erster Demonstrator zeigt die Entwicklungen in einer Anwendung zur berührungslosen, dreidimensionalen Erkennung von Distanz, Bewegung und Gestik zur Kommunikation mit Robotern sowie in Operationsbereichen und Haushaltssystemen. Basierend auf einem ultraschallsendenden Aktor und drei verteilten MEMS-Empfangsmikrofonen werden die Gesten mit einer Wiederholrate von 150 Hz gemessen. Um die Gesten zu analysieren, verwendet das System Long Short-Term Memory (LSTM)-Netzwerke, die für den Einsatz auf Hardware-Plattformen für tragbare Anwendungen optimiert sind, wie zum Beispiel der RISC-V Prozessor IP-Kern EMSA5 des Fraunhofer IPMS. Im Demonstrator wurde das Netzwerk mit etwa 10.000 Gesten trainiert, um eine zuverlässige Erkennung zu gewährleisten. Während des Betriebs ermöglicht das System ein kontinuierliches Training, um eine einfache Anpassung an benutzerspezifische Gesten zu ermöglichen.

 [s.fhg.de/KI-Mikrosensorik](https://www.s.fhg.de/KI-Mikrosensorik)



## Ansprechpartner

Jörg Amelung  
Stellv. Institutsleiter  
+49 351 8823-4691  
[joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de](mailto:joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de)

# Vorausschauende Anlagenwartung mittels KI-gestützter Sensorik

Maschinenschäden und -ausfälle sind oft mit hohen Kosten verbunden und führen in der Regel zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten. Übliche Methoden der Maschinenüberwachung beschränken sich anhand weniger Messgrößen und einfacher Merkmale auf die Erkennung bereits eingetretener Schäden bzw. der Verhinderung von Folgeschäden. Wünschenswert wäre eine vorausschauende Sensorik, die Schäden erkennt, bevor sie eintreten. Daher forscht das Fraunhofer IPMS an smarten, MEMS-basierten Sensoren mit KI-gestützter Datenauswertung zur vorausschauenden Anlagenwartung.

Ziel ist ein Messaufnehmer, der neuartige, MEMS-basierte Sensoren wie Beschleunigungsmesser, kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler und elektrostatische Biegewandler in einer System-on-a-Chip-Lösung vereint. Alle Komponenten sind als Halbleiterbauelemente auf Basis der CMOS-Technologie herstellbar und sollen auf einer kompakten Leiterplatte integriert werden.

Durch die verwendeten CMOS-Prozesse kann eine deutliche Reduktion der Kosten und des Energieverbrauches erreicht werden. Somit sind wesentlich mehr Maschinen und Maschinenkomponenten ausrüstbar, bei denen ein Einsatz von Systemen zur Maschinendiagnose bisher aus Platz-, Gewichts- oder Kostengründen nicht möglich war. Zudem wird im Sinne des Internet of Things der Einsatz von Sensornetzwerken, also mehrerer vernetzter Messaufnehmer, zur engmaschigen Überwachung der Maschinen selbst an bisher unzugänglichen Stellen rentabel.

Bei der Datenauswertung ist die gezielte Fusion der Messdaten mehrerer Sensoren mithilfe von KI-Algorithmen besonders wichtig. Das Fraunhofer IPMS nutzt hier seine Expertise im Bereich der RISC-V IP-Cores. Dies ermöglicht embedded AI, Edge Computing sowie Echtzeit-Datenübertragung. Ein entsprechender Demonstrator entstand 2022 am Fraunhofer IPMS und kann im Video betrachtet werden:

 [s.fhg.de/Vorausschauende-Wartung-Video](https://www.s.fhg.de/Vorausschauende-Wartung-Video)



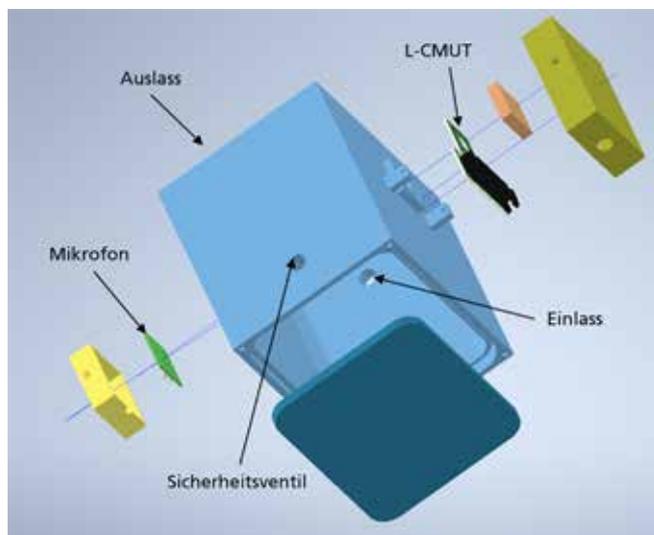
## **Ansprechpartner**

Dr. Marcel Jongmanns  
Monolithisch integrierte  
Aktor- und Sensorsysteme  
+49 355 69-3161  
marcel.jongmanns@  
ipms.fraunhofer.de

# Charakterisierung von Wasserstoff-Erdgas-Gasgemischen mit Ultraschallsensoren

In wenigen Jahren wird Wasserstoff als Gemisch mit Erdgas in das deutsche Gasleitungsnetz eingespeist, um seine Nutzung in Industrie und im Privatbereich zu ermöglichen. Der Gehalt an Wasserstoff in diesem Gemisch muss in den verschiedenen Phasen des Verteilungsprozesses genauestens überwacht werden, da er einen niedrigeren Heizwert und eine höhere Diffusionsfähigkeit als das Trägermedium Erdgas hat. Diese Überwachung soll insbesondere gewährleisten, dass die vorgeschriebenen Sicherheitsgrenzwerte für die Wasserstoffkonzentration eingehalten werden, aber auch für Konstanz in industriellen Prozessen sorgen und sicherstellen, dass geliefert wird, was man bezahlt.

Das Fraunhofer IPMS leistet einen Beitrag zur Energiewende weg von fossilen Brennstoffen hin zu klimafreundlicheren Energien durch Bereitstellung von Sensorik, die den Wasserstoffgehalt in Rohrleitungen, aber auch an potenziellen Leckagestellen detektiert und überwacht. Zugleich erfolgt eine Volumenmessung.



Für die Endnutzer entsteht der Vorteil, mit der bereitgestellten Sensorik das Gasgemisch selbst überwachen zu können. Dies trägt zur Sicherheit bei, denn der Wasserstoffgehalt sollte innerhalb vorgeschriebener Grenzwerte liegen. Auch die Qualität lässt sich feststellen, denn der H<sub>2</sub>-Gehalt beeinflusst den Brennwert. Im Sinne der Wirtschaftlichkeit entsteht Transparenz für Verbraucher, da der Preis im direkten Zusammenhang mit dem H<sub>2</sub>-Gehalt stehen sollte. Im Bereich der industriellen Anwendungen ist außerdem eine genaue, zeitnahe Schätzung des H<sub>2</sub>-Gehalts zur Kontrolle wichtig.

## Ultraschallsensoren zur Messung von Wasserstoff-Erdgas-Gemischen

Ultraschallsensoren können eine direkte, integrierte Messung des Wasserstoffgehaltes in einem binären Gemisch leisten. Das Messprinzip beruht auf der Laufzeitmessung eines Ultraschallsignals: Wenn sich die Zusammensetzung eines binären Gemisches verändert (wobei eine Komponente auch aus verschiedenen Gasen bestehen kann, solange die Einzelkonzentrationen nicht variieren), schwanken auch die Partialdrücke der Gasanteile und die Gesamtdichte des Gemisches. Dies wiederum führt zu einer Änderung der Schallgeschwindigkeit in diesem Medium. Die Übertragung von Ultraschallimpulsen und Messung der Laufzeit ermöglicht eine Berechnung der zusammensetzungsabhängigen Schallgeschwindigkeit im Gasgemisch.

Durch die Aussendung von Ultraschallimpulsen entlang eines festen Weges ermöglicht die Messung der Signallaufzeit eine Berechnung der Schallgeschwindigkeit im Medium, die direkt mit der Wasserstoffkonzentration korreliert. Für Weglängen im Zentimeterbereich entspricht die erwartete Signallaufzeit einige Zehntel Millisekunden. Die Basis für die Messung bilden kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler (sog. CMUTs).

CMUTs sind in der Lage, durch Änderung des elektrischen Feldes zwischen einer festen und einer flexiblen Elektrode Druckwellen zu übertragen oder zu detektieren.



Im Sendemodus wird eine oszillierende Spannung zwischen den beiden Elektroden angelegt, wodurch die flexible Elektrode ein Luftvolumen periodisch verdrängt und so Ultraschallwellen generiert. Im Empfangsmodus verursachen die einfallenden Ultraschallwellen eine Schwingung der flexiblen Elektrode, die als druckabhängige Kapazität gemessen werden kann.

### Demonstrator des Fraunhofer IPMS zur Gaskonzentrationsmessung

Der im Jahr 2022 am Fraunhofer IPMS entwickelte Prototyp zur Gaskonzentrationsmessung umfasst zwei verschiedene CMUT-Konfigurationen, die für unterschiedliche Frequenzbänder geeignet sind: Der Out-of-Plane CMUT basiert auf einer Membran, die longitudinal zur Wellenausbreitung schwingt. Die genutzten Frequenzen liegen im MHz-Bereich, in dem die Membran resonant schwingt. Der In-plane CMUT (lateraler CMUT oder L-CMUT) basiert auf einem Mikro-cantilever aus Silizium, der transversal zur Wellenausbreitungsrichtung schwingt. Dies erfordert akustische Kammern, durch die Luft auf die Vorder- und Rückseite des Chips geleitet werden kann. Die Resonanzfrequenz liegt aktuell im Bereich von einigen 10 kHz.

Die CMUT-Einheiten sind im Demonstrator in den beiden Betriebsarten senden und empfangen implementiert, während die L-CMUT-Einheiten nur als Sender betrieben werden und ein kommerzielles MEMS-Mikrofon als Empfänger verwendet wird.

Um die Entwicklung in den Markt zu bringen, erfolgen parallel zur Evaluation des Messsystems Gespräche mit potenziellen Anwendern sowie ein Austausch mit dem Lausitzer Wasserstoffnetzwerk DurchH<sub>2</sub>atmen.

 [s.fhg.de/MUT4H2](https://s.fhg.de/MUT4H2)



#### **Ansprechpartner**

Jörg Amelung  
Stellv. Institutsleiter  
+49 351 8823-4691  
[joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de](mailto:joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de)

# Intelligente Sensorlösungen für die Industrie 4.0

Die Industrie der Zukunft wird digitaler, effizienter und automatisierter. Dafür entwickelt das Fraunhofer IPMS MEMS-basierte Sensoren, optische Komponenten sowie Aktoriken, welche die Umgebung erfassen und die Interaktion sicher gestalten. Anwendungen finden sich in der scannenden Bildgebung, Laserscanning-Mikroskopie, Endoskopie, LiDAR-Sensorik für das autonome Fahren oder bei Head-up-Displays, Head-mounted Displays sowie AMR-Displays.

Das Fraunhofer IPMS verfügt über langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von kundenspezifischen, hochminiaturisierten MEMS-Scannern. Die Bauelemente zeichnen sich durch große Scanwinkel und hohe Scanfrequenzen aus und zeigen eine ausgezeichnete Langzeitstabilität. Ein CMOS-kompatibler Bulk-Micromachining-Prozess wird zur Herstellung von 1D- und 2D-Mikroscannern in kleinen und mittleren Stückzahlen eingesetzt.

Neu im Portfolio der MEMS-Microscanner des Fraunhofer IPMS sind hybride 2D-Vektorscannermodule mit elektromagnetischem Antrieb. Das Fraunhofer IPMS baut hier auf langjährige Erfahrungen in der Herstellung von kardanisch gelagerten, monolithischen 2D-MEMS-Scannerspiegeln auf und verbindet diese mit dem vorhandenen Know-how der Mikromontagetechnologien von MEMS. Dieser neue Ansatz erweitert den Parameterraum der bisherigen monolithischen Scanner deutlich. Dabei bleiben die etablierten Vorzüge der Fraunhofer IPMS-Scannerspiegeltechnologie – hohe optische Planarität und Entkopplung der Scanachsen durch kardanische Aufhängung sowie die Ermüdungsfreiheit der Federelemente – erhalten. Die neuen Bauelemente erlauben die zweidimensionale quasi-statische Auslenkung bei größeren Spiegelaperturen sowie einer hohen vektoruellen Positioniergeschwindigkeit.

Das Modul stellt die Spiegelposition in Form analoger Signale zur Verfügung, um ein geregeltes System realisieren zu können. Die bekannten zusätzlichen Features wie das Aufbringen einer kundenspezifischen, hochreflektierenden dielektrischen Verspiegelung oder die Realisierung der Spiegelplatte als



2D-Vektorscannermodul des Fraunhofer IPMS

Beugungsgitter sind auch für diese Bauelemente durchführbar. Um die Performance des Scanmoduls auszureizen, ist die geregelte Ansteuerung des Bauteils empfehlenswert. Die benötigten und feinmaschig an die mechanischen Eigenschaften des Moduls angepassten Regelalgorithmen wurden am Fraunhofer IPMS entwickelt und können auf die digitale Ansteuerung der kundenseitigen Systemelektronik (FPGA oder Mikrocontroller) übertragen werden. Ergänzend steht eine kompakte Ansteuerelektronik mit einer präzisen analogen Treiberstufe und Eingangsstufen für die Positionssignale zur Verfügung. Sie kann sowohl analog als auch über eine digitale Schnittstelle angesprochen werden.

Weitere Forschungsarbeiten befassen sich mit der sensorischen Erfassung der Umgebung mittels Quantenkaskadenlaser-Spektroskopie. Die gemeinsam mit dem Fraunhofer IAF entwickelten miniaturisierten Quantenkaskadenlaser decken einen großen Wellenlängenbereich und einen breiten spektralen Abstimmbereich bei hoher Scanrate ab. Das am Fraunhofer IPMS entwickelte mikromechanisch gefertigte Beugungsgitter dient als externer Resonator des Quantenkaskadenlasers mit variabler Frequenz. Es ermöglicht die Abstimmung von Laserwellenlängen mit wählbarer Geschwindigkeit oder indem Wellenlängen angefahren und für gewählte Zeiträume gehalten werden. Dabei können spektrale Bereiche auch modensprungfrei und daher sehr hoch aufgelöst abgestimmt werden.

 [s.fhg.de/MEMS-scanner](https://www.s.fhg.de/MEMS-scanner)



## Ansprechpartner

Dr. Jan Grahmann  
Geschäftsfeldleiter Active  
Microopt. Comp. & Systems  
+49 351 8823-349  
jan.grahmann@  
ipms.fraunhofer.de

# Vor-Ort Frischeprüfung von Lebensmitteln

Wer schon einmal einen Kuchen versalzen hat, der weiß, dass die korrekte Identifikation visuell ähnlicher Stoffe wie Zucker und Salz eine große Tragweite in der Lebensmittelzubereitung hat. Komplexe Zusammensetzungsanalysen können zudem auch Aussagen über Qualität, Reife oder Frische von Erzeugnissen ermöglichen. Daher erforscht und entwickelt das Fraunhofer IPMS kleinste energieeffiziente Scannersysteme, welche eine berührungslose und mobile Frischeprüfung vor Ort ermöglichen.

Im Bereich der Analyse von Materialien im Allgemeinen, speziell aber im Fall von Lebensmitteln und ihrer Frische, ist die nahinfrarot (NIR) Spektralanalyse ein bewährtes Verfahren im Laboreinsatz. Hochgenaue Geräte sind in der Lage, präzise Aussagen über den Produktzustand zum Zeitpunkt der Messung zu liefern. Problematisch wird es jedoch, wenn sich die Probe im Zeitraum zwischen der Probenahme und der Messung im Labor verändert oder wenn die Ergebnisse schnell benötigt werden.

Die Verwendung von MEMS-Bauelementen ermöglicht hochkompakte Systeme, die in großen Stückzahlen kosteneffizient gefertigt werden können. Die Qualität der Messungen ist trotz der geringen Größe für viele wichtige Anwendungen konkurrenzfähig. Die erfassten Daten werden vor Ort oder online chemometrisch ausgewertet und daraus spezifische Merkmale extrahiert. Hierdurch werden beispielsweise unmittelbare Aussagen zur Reife und Frische von Lebensmitteln möglich. Ebenso können andere Anwendungen wie die Überprüfung korrekter Mischverhältnisse in der Lebensmittelverarbeitung, schnelle Warenein- und -ausgangskontrollen oder die Selektion in Recycling- oder Weiterverwertungsprozessen bedient werden.

Aktuelle Arbeiten des Fraunhofer IPMS kombinieren hierfür eine einfache Technologie für die MEMS Komponente mit einem großen adressierbaren Spektralbereich des Systems und einem hohen Maß an Modularität. Kernstück ist ein MEMS-Scanner-Spiegel, der die einfallenden kollimierten Lichtbündel auf ein im System montiertes Gitter ablenkt. Dabei ist eine Auswahl verschiedener spektraler Beugungsgitter möglich, welche für spezifische Anwendungen optimiert und eingesetzt werden können.



Miniaturisiertes NIR-Spektrometer des Fraunhofer IPMS

Das aktuelle Demonstrationssystem adressiert den bewährten Spektralbereich von 950 nm bis 1900 nm mit einer spektralen Auflösung von 10 nm. Aktuell erreicht das System ein Bauvolumen von bis unter 1 cm<sup>3</sup>. Eine weitere Miniaturisierung ist jedoch möglich. Im Kontext der Bewertung von Qualitätsparametern von Lebensmitteln wurde gezeigt, dass Druck- und Schadstellen am Beispiel von Äpfeln sehr frühzeitig erkannt werden können, sodass eine geeignete Selektion die Verwertung mit höchstmöglicher Wertschöpfung zulässt und die vermeidbare Vernichtung minimiert wird. Quantitative Analysen sind unter Nutzung entsprechender mathematischer Modelle ebenfalls möglich.

Die Integration in ein Hostsystem, beispielsweise ein Handheld, Tablet oder perspektivisch sogar ein Smartphone, profitiert zusätzlich von zahlreichen Synergieeffekten. So können Prozessor, Speicher und Energieversorgung des Hostsystems genutzt und der Zugriff auf für die Auswertung wichtige Datenbankinformationen ermöglicht werden. Über die Bildauswertung mittels Kamera könnte eine wichtige Eingrenzung des Messobjekts erfolgen und damit die Präzision der Resultate erhöht werden.

 [s.fhg.de/NIR-de](https://s.fhg.de/NIR-de)

 [s.fhg.de/NIR-video](https://s.fhg.de/NIR-video)



## Ansprechpartner

Dr. Heinrich Grüger  
Sensorische Mikromodule  
+49 351 8823-155  
heinrich.grueger@  
ipms.fraunhofer.de





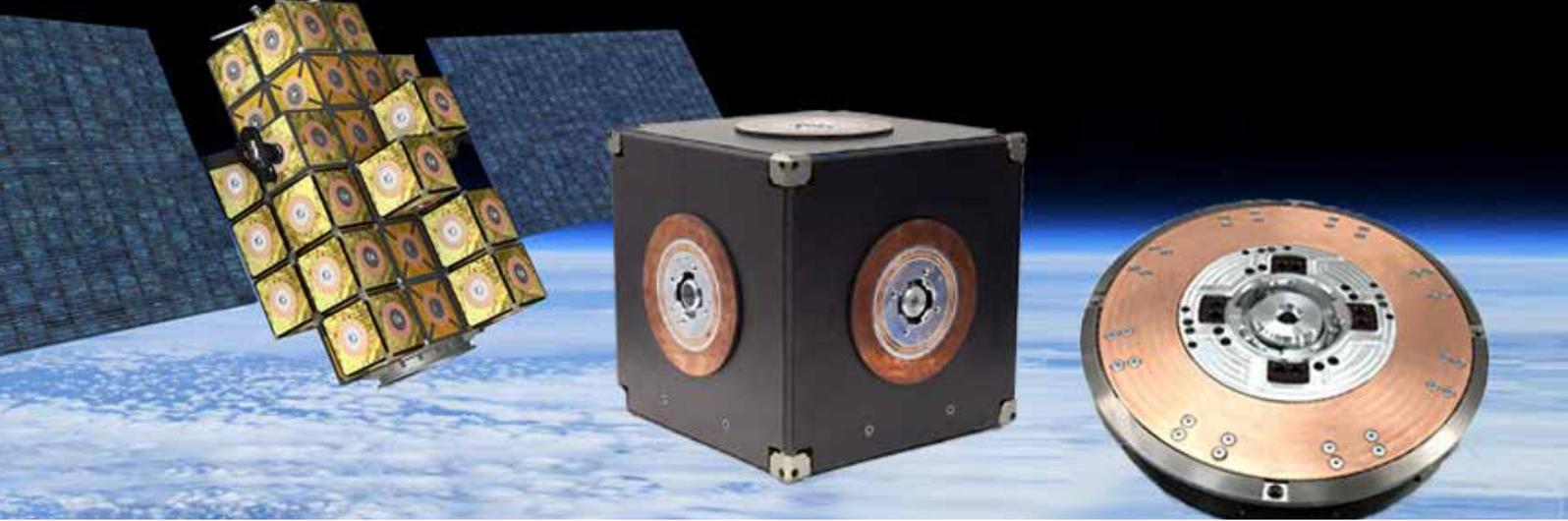
# Digitalisierung und Daten- kommunikation

---

Jeden Tag generieren wir Unmengen von Daten. 2020 waren es weltweit 64 Zettabyte – 64.000.000.000.000.000.000 Bytes. Für 2025 sind 181 Zettabyte pro Jahr vorausgesagt (Quelle: Statista).

Bei dieser Datenmenge ist klar, dass wir besonders auf zwei Aspekte achten müssen: Wir müssen die Daten so effizient wie möglich erzeugen, übertragen und speichern, um die Umweltbilanz so niedrig wie möglich zu halten. Außerdem müssen wir die Datenkapazität und Bandbreite unserer Technologien so gestalten, dass wir möglichst viele Daten in einem möglichst kleinen Zeitraum über eine möglichst große Strecke übertragen – auch das spart Energie. An beiden Ansätzen arbeiten wir am Fraunhofer IPMS.

Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen unsere Projekte im Bereich Datenkommunikation und Digitalisierung vor.



## LiFi-Technologie auf der Raumstation ISS

Zu viel Müll verursacht der Mensch nicht nur auf der Erde. Auch Weltraumschrott wird zu einem immer größeren Problem. Für mehr Nachhaltigkeit der Satellitensysteme sollen diese zukünftig im Baukastensystem erstellt werden, um einzelne Bauteile austauschen zu können und so die Lebensdauer der Satelliten zu verlängern. Für eine problemlose Schnittstelle zwischen den Bauteilen entwickelte das Fraunhofer IPMS einen Transceiver, welcher den Datentransfer zwischen den Bauteilen gewährleistet. Dieser wurde in dem Interface der iBOSS GmbH integriert und befindet sich seit Februar 2022 zu Testzwecken auf der Raumstation ISS (International Space Station).

In der Raumfahrt herrscht internationaler Konsens, was die Modularität von künftigen Satellitensystemen anbelangt. Zukünftig sollen sich solche Systeme wie im Baukastensystem flexibel auseinander und wieder zusammenbauen lassen. Der Vorteil bei modularen Plug & Play-Systemen besteht darin, dass sich defekte Bauteile austauschen lassen und so die Lebensdauer und Funktion eines Satelliten deutlich erhöht werden kann. Die neue Satellitengeneration soll daher die althergebrachte Architektur durch ein nachhaltigeres und modular aufgebautes Konzept ersetzen.

Um Module direkt im Weltraum flexibel an- und abmontieren zu können, sind vor allem einfach zu koppelnde und standardisierte Bausteine wichtig. Neben der mechanischen Kopplung der einzelnen Module geht es im Wesentlichen darum, den Daten- und Energietransfer zwischen den einzelnen Bausteinen zu gewährleisten, um auf diese Weise Satelliten beliebig kombinieren zu können. Die RWTH Aachen hat deswegen schon vor Jahren ein Patent angemeldet, das nun über die Ausgründung der iBOSS GmbH als iSSI® (intelligent Space System Interface) auf den Markt gebracht wurde und eine Standardschnittstelle für solche Systeme bildet.

Ein Teil des Interface ist eine Entwicklung des Fraunhofer IPMS und auch bekannt unter dem Namen Li-Fi GigaDock®. Der Kern der Technologie ist ein optisch drahtloser Transceiver, ein hochintegrierter Baustein, der eine kontaktlose Voll-Duplex und bidirektionale Datenübertragung mit einer Datenrate bis zu 5 Gbps ermöglicht. Die mögliche Übertragungsdistanz der optischen Datenschnittstelle liegt bei fünf Zentimetern. Auch bei der Übertragung von Rotor zu Stator kann der Baustein eingesetzt werden, da der Transceiver selbst bei hohen Drehzahlen einwandfrei funktioniert. Neben der Raumfahrt findet man die Komponente in industriellen Kommunikationssystemen, in der Medizintechnik als auch in Docking-Applikationen.

Im Februar flog das Interface zu Test- und Demonstrationszwecken in den Weltraum und wurde durch einen Roboter erstmalig am japanischen Teil der ISS montiert. Bis Mitte Dezember soll das Modul dort verbleiben und seine Einsatzfähigkeit unter Vakuumbedingungen und Strahlungseinfluss beweisen..

 [s.fhg.de/LiFi-ISS](https://s.fhg.de/LiFi-ISS)



### Ansprechpartner

Dr. Alexander Noack  
Gruppenleiter Optische  
Sensoren & Datenübertragung  
+49 351 8823-287  
alexander.noack@  
ipms.fraunhofer.de

# Flächenlichtmodulatoren für Weltraumanwendungen



Erdbeobachtungsdaten werden immer wichtiger für unser Verständnis des Planeten und für die Bewältigung sozio-ökologischer Herausforderungen – beispielsweise im Bereich der Umweltüberwachung. Derzeit sind die Methoden für die Datenerfassung und -verarbeitung aus dem Weltall durch lange Aufnahmezeiten (bis zu mehrere Tage pro Messung), eine geringe räumliche Auflösung (ca. 1 km) sowie den nutzbaren Spektralbereich (vor allem im Sichtbaren) begrenzt. Neuartige Kamerasysteme auf Basis von Flächenlichtmodulatoren können hier Abhilfe schaffen, welche innerhalb des EU-Projekts SURPRISE erstmalig realisiert und getestet werden. Das Fraunhofer IPMS trägt mit seiner langjährigen Expertise auf dem Gebiet der Flächenlichtmodulatoren bei und plant die Entwicklung eines weltraumtauglichen Flächenlichtmodulators.

Das Hauptziel des Projekts ist die Entwicklung eines Demonstrators. Kernparameter sind der spektral breitbandige Arbeitsbereich – im sichtbaren (VIS), im nahen Infrarot (NIR) und im mittleren Infrarot (MIR) – verbesserte Leistung in Bezug auf die Auflösung am Boden sowie eine innovative Datenverarbeitungs- und Verschlüsselungsfunktionalität an Bord. Dafür wird die innovative Compressive Sensing (CS)-Technologie genutzt. Sie erlaubt es, ein flächiges Bild mithilfe eines Einpixeldetektors aufzunehmen. Das ist für das mittlere Infrarot besonders interessant, weil in diesem Spektralbereich keine passenden 2D-Detektoren zur Verfügung stehen. Gleichzeitig bietet CS Vorteile bei der Verarbeitung großer Datenmengen sowie eine native Datenverschlüsselung.

Die im Projekt genutzte spezielle CS-Bildaufnahmetechnik für die Erdbeobachtung erfordert besondere Komponenten. Flächenlichtmodulatoren stellen die geeignetste Lösung für diese Aufgabe dar, da variable Bildmuster mit hoher Geschwindigkeit erzeugt werden können. Diese Muster werden mit der Beobachtungsszene überlagert und von Einzelpixeldetektoren aufgenommen. Die verwendeten Flächenlichtmodulatoren (SLM) des Fraunhofer IPMS bestehen aus Tausenden oder sogar Millionen von einzelnen beweglichen Spiegeln mit einer Größe von jeweils nur wenigen Mikrometern.

Das Fraunhofer IPMS nutzt in seine umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von Flächenlichtmodulatoren, um die beste Lösung für die speziellen Anforderungen im Projekt zu finden. Dabei sind die größten Herausforderungen die Weltraumtauglichkeit aller Komponenten sowie die Abdeckung eines breiten Spektralbereichs vom sichtbaren bis zum mittleren Infrarot.

2022 absolvierte ein SLM der neusten Technologiegeneration des Fraunhofer IPMS erfolgreich einen Test unter Weltraumbedingungen. Das 256 x 256 Pixel große Bauelement wurde besonders hinsichtlich Temperatur (von -40 °C bis 80 °C), Vakuum (< 10<sup>-5</sup> mbar) und Vibrationen in der X-, Y- und Z-Achse evaluiert. Kein einziger Pixel fiel aus.

Diese experimentellen Erkenntnisse bestätigen zusammen mit den Simulationsergebnissen die Robustheit der Flächenlichtmodulatoren des Fraunhofer IPMS und ermutigen zu weiteren Aktivitäten für die Entwicklung einer weltraumspezifischen SLM-Technologie.



[www.h2020surprise.eu](http://www.h2020surprise.eu)



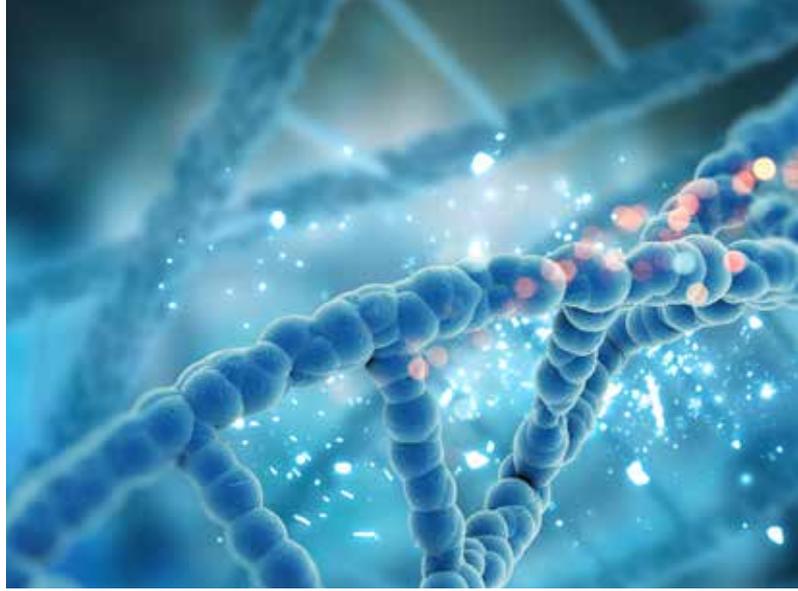
[s.fhg.de/SURPRISE-video](https://s.fhg.de/SURPRISE-video)



## Ansprechpartner

Sara Francés González  
Gruppe Lichtmodulator-  
Produktentwicklung  
+49 351 8823-472  
sara.frances-gonzale@  
ipms.fraunhofer.de

# DNA als Massen-Datenspeicher der Zukunft



Innerhalb des von der Fraunhofer-Gesellschaft in einem internen Programm geförderten Projekts „Modulare Hochdurchsatz-Mikro-Plattform für künftige Massendatenspeicher aus synthetischer Biologie“ soll eine neuartige Mikrochip-Plattform für effiziente zellfreie und digital steuerbare Biosynthese entwickelt werden. Das Fraunhofer IPMS forscht mit drei weiteren Instituten an den Grundlagen für die Massendatenspeicher der Zukunft mit extrem hoher Speicherdichte.

DNA kennt man als grundlegendes Medium für die Aufbewahrung der genomischen Information. Allerdings kann DNA auch zur Speicherung von (binären) Daten genutzt werden – eine Zukunftstechnologie, die in Europa bisher in Grundlagenforschung betrachtet wird. Dabei werden mikrobiologische Vorgänge aus der Natur auf künstliche Datensysteme übertragen. Das Schreiben von DNA auf Mikrochips ist noch eine große Herausforderung, aber auch eine Riesenchance. So können Informationen in sehr hoher Dichte durch die spezifische dreidimensionale und digital steuerbare Anordnung von Basenpaaren direkt auf einem Mikrochip gespeichert werden.

Das Projekt bündelt daher das Know-how von vier Fraunhofer-Instituten mit dem Ziel, die DNA-Synthese deutlich zu verbessern. Dies erfolgt durch eine universelle Mikrochip-Plattform zum DNA / RNA / Peptid-Schreiben. Bisherige Synthese-Ansätze (u.a. ink-jet) sind wenig effizient in der Generation langer DNA-Segmente. Zudem generieren sie zahlreiche Ungenauigkeiten, deren Korrektur zeitaufwendig und teuer ist. Zudem ist entsprechende Gerätetechnik groß und kostenintensiv.

Im Projekt soll dafür eine auf herkömmlichen Mikrochip-Fertigungstechnologien basierende Plattform zum Schreiben von software-definierten Nukleotidsequenzen (DNA, RNA oder Peptide) dargestellt werden. Diese ermöglicht dann künftig durch Vervielfältigung in den Volumenproduktionsprozessen der Mikroelektronikindustrie die hochparallele und Hochdurchsatz-Herstellung von Massendatenspeichern. In einer mit Methoden der Mikroelektronik entworfenen und hergestellten Mikroplattform sollen auf Mikrometer-Niveau miniaturisierte

Reaktionszellen mit Reaktionsvolumina im Pikoliter-Bereich für die zellfreie Synthese in eine frei programmierbare Aktiv-Matrix-Array-Anordnung integriert werden. Durch geeignete thermische und photonische Komponenten sowie Oberflächen-Funktionalisierung je Reaktionszelle werden sowohl Transport, Immobilisierung, Aktivierung und Monitoring der Prozessbedingungen und -ergebnisse erfolgen.

Die Aufgabe des Fraunhofer IPMS besteht in der Entwicklung der „Thermo“-Ebene für die Mikrochipplattform. Die Heizfunktion zur Einstellung der Temperatur zur biologischen Synthese erfolgt durch Strukturen in Oberflächenmikromechanik in Anlehnung an die Technologie der kapazitiven mikro-mechanischen Ultraschallwandler (CMUT). Außerdem trägt das Fraunhofer IPMS die Simulationsexpertise für die thermische Funktionalität bei.

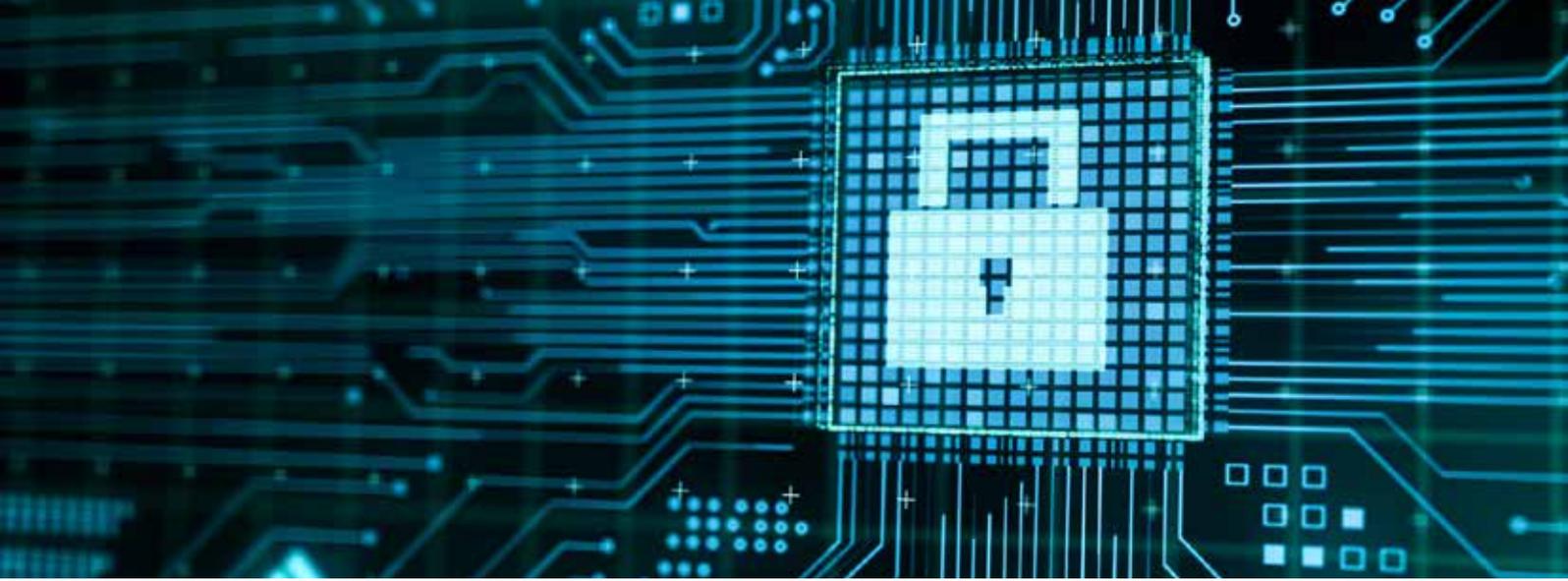
Das Projekt wird von einem Kreis aus renommierten Beratern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Anwendern sowie mit Expert/-innen der Uni Marburg, von XFAB, Infineon, dem Bundesarchiv und Hybrotec begleitet. Erste Ergebnisse werden in einem Anwenderworkshop Ende 2023 erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt.

 [s.fhg.de/Biosynth](https://www.s.fhg.de/Biosynth)



## **Ansprechpartner**

Dr. Sebastian Meyer  
Institutsteilnehmer Integrated  
Silicon Systems  
+49 351 8823-137  
sebastian.meyer@  
ipms.fraunhofer.de



# Neuer Controller IP-Core für sichere Daten

Die Sicherheit von Daten ist eines der wichtigsten Themen im heutigen digitalen Zeitalter. Zunehmende Systemangriffe und Cyberkriminalität erfordern eine neue Art, Daten zu sichern. Dafür entwickelte das Fraunhofer IPMS den MACsec Controller IP-Core, welcher die neuesten Sicherheitsstandards implementiert. Er sorgt für Authentifizierung, Integrität und Verschlüsselung von Daten zwischen verschiedenen Knoten eines Local Area Networks (LAN).

MACsec (Media access control security) ist ein durch IEEE 802.1AE spezifizierter Sicherheitsstandard und wird für die Authentifizierung und Verschlüsselung von Datenpaketen zwischen Netzwerkgeräten verwendet.

MACsec schützt Ethernet-Verbindungen auf der zweiten Schicht des OSI-Modells, indem es eine Kombination aus Authentifizierung, Verschlüsselung und Integritätsschutz nutzt, um sicherzustellen, dass nur autorisierte Knoten auf dem Netzwerk kommunizieren, der Datenverkehr vertraulich und dass die Datenintegrität gewahrt bleibt. Der neueste Controller IP-Core Media Access Control Security (MACSec) implementiert den in der IEEE 802.1AE spezifizierten Layer 2 Sicherheitsstandard und wird für die Authentifizierung und Verschlüsselung von Datenpaketen zwischen Netzwerkgeräten verwendet. Er stellt sicher, dass nur autorisierte Knoten im LAN miteinander kommunizieren dürfen. Dabei bietet er Vertraulichkeit durch Verschlüsselung der übertragenen Daten und stellt kryptografische Mechanismen bereit, die die Datenintegrität sicherstellen.

Der MACsec kann sowohl mit dem LLEMAC IP-Core des Fraunhofer IPMS, als auch jedem anderen Ethernet MAC IP-Core sowie im Standalone-Betrieb verwendet werden. Durch die Plattformunabhängigkeit ist eine einfache Systemintegration möglich, so dass der MACsec auf jeden FGPA als auch ASIC integriert werden kann.

Das Fraunhofer IPMS entwickelt und lizenziert seit 20 Jahren IP-Cores an Unternehmen aus verschiedensten Branchen der Welt. Die zunehmende Digitalisierung und die damit steigende Gefahr von Cyberangriffen, machen eine fortwährende Anpassung und Weiterentwicklung von IP-Cores notwendig. Nur so kann auch in Zukunft die Sicherheit von Daten gewährleistet werden.

 [s.fhg.de/MACsec](https://s.fhg.de/MACsec)



## **Ansprechpartnerin**

Monika Beck  
Technology Transfer  
+49 351 8823-274  
monika.beck@  
ipms.fraunhofer.de



# Ausgezeichneter, Edge-KI-fähiger RISC-V-Prozessorkern

Mit IP-Modulen können schnell vollständige Funktionsbereiche in Standardprodukten wie SoCs, Mikrocontroller, FPGAs und ASICs übernommen und so Entwicklungszeiten und -kosten erheblich reduziert werden. Der EMSA5 des Fraunhofer IPMS ist der erste am Markt verfügbare nach ISO 26262 zertifizierbare RISC-V-Prozessorkern. Im neuesten Release hat das Institut eine Portierung von Tensorflow lite auf den EMSA5 RISC-V durchgeführt. Somit ist der EMSA5 RISC-V Prozessor-Core nun einsatzfähig für Edge-KI-Anwendungen, beispielsweise für Sensordatenauswertung, Gestensteuerung oder Vibrationsanalyse.

Besonders Anwendungen mit Anforderungen an niedrige Latenzzeiten profitieren von Edge Computing, da keine Verzögerungen durch die Übermittlung in die Cloud entstehen. Das System ist auch bei instabilen Internetverbindungen arbeitsfähig und nicht auf die Verarbeitung der Daten in der Cloud angewiesen – ein großer Vorteil für mobile oder autarke Anwendungen.

Der EMSA5 Prozessor-Core des Fraunhofer IPMS kann für beliebige FPGA-Plattformen zur Verfügung gestellt werden. Die Integration in kundenspezifische ASICs für beliebige Foundry Technologien ist ebenso möglich.

Entwickler, die den EMSA5-Prozessorkern verwenden, können Open-Source RISC-V-Entwicklungsumgebungen, Testwerkzeuge und Bibliotheken, einschließlich der GNU-Toolchain und der umfassenden Eclipse-IDE mit OpenOCD-Debug-Unterstützung

nutzen. Das Fraunhofer IPMS arbeitet auch mit kommerziellen Drittanbietern von Compilern und Software-Tools wie der IAR Embedded Workbench zusammen, um die Softwareentwicklung im Kontext der Funktionalen Sicherheit zu ermöglichen.

Seit 2022 unterstützt auch das TRACE32®-Toolset von Lauterbach, dem Weltmarktführer für Hardware-gestützte Debugging-Tools, den EMSA5-FS.

Dass diese Entwicklungen bei den Kunden gut ankommen, zeigt ein besonderer Meilenstein aus dem Jahr 2022: Der EMSA5-FS als erster fehlertoleranter Embedded RISC-V-Prozessorkern nach funktionaler Sicherheit wurde von der Fachzeitschrift Elektronik als Produkt des Jahres 2022 im Bereich Automotive ausgezeichnet.

 [s.fhg.de/Risc-V-edge-KI](https://s.fhg.de/Risc-V-edge-KI)



## Ansprechpartner

Dr. Andreas Weder  
Geschäftsfeldleiter Software  
& System Solutions  
+49 351 8823-255  
[andreas.weder@  
ipms.fraunhofer.de](mailto:andreas.weder@ipms.fraunhofer.de)



# Mehr Sicherheit in elektronischen Fahrzeugsystemen

Moderne Fahrzeuge haben eine Vielzahl von elektronischen Systemen, die miteinander vernetzt sind. Da diese Systeme durch Cyberangriffe gefährdet sind, hat das Fraunhofer IPMS einen CANsec IP-Core entwickelt, der Fahrzeugsysteme sicherer macht. Der IP-Core wird bereits in einer Demonstration durch den Partner Renesas Electronics Corporation evaluiert, einem führenden Halbleiterunternehmen, das eingebettete Prozessoren zusammen mit Analog- und Power-Produkten liefert.

Die Fahrzeugelektronik wird durch die wachsende Zahl von Sensoren und Aktoren, Fahrerassistenzsystemen und zusätzlichen Steuergeräten immer umfangreicher. Dies führt zu einer zunehmenden Komplexität in der Kommunikationssteuerung von Fahrzeugnetzen, die deterministische, geringe Latenzzeiten und höhere Bandbreiten erfordern.

Gleichzeitig steigt auch das Potenzial für Cyberangriffe auf Fahrzeugnetze. Diese können sowohl finanzielle, aber vor allem funktionale Schäden verursachen, die im schlimmsten Fall die Sicherheit der Fahrzeuginsassen beeinträchtigen können. Daher setzt die Automobilindustrie verschiedene Netzwerktechnologien ein, um den unterschiedlichen technischen, aber auch wirtschaftlichen Anforderungen an ein Fahrzeug gerecht zu werden.

Eines der am häufigsten verwendeten Datenübertragungsprotokolle ist das CAN-Protokoll (CAN-Bus). Die neueste Variante CAN XL erlaubt höhere Datenübertragungsraten und auch eine skalierbare Nutzdatenlänge, die es ermöglicht, zusätzliche Sicherheitsinformationen aufzunehmen.

Darauf aufbauend hat das Fraunhofer IPMS den CANsec Controller IP-Core „CAN-SEC“ entwickelt. Dieser kann direkt zwischen dem Host-Prozessor und einem CAN-XL IP-Core eingesetzt werden. Er baut die CANsec-Struktur in den Puffern des CAN-XL Cores direkt vor dem Senden oder direkt nach dem Empfangen des Frames auf. Des Weiteren kann er sowohl zusammen mit dem CAN Controller IP-Core des Fraunhofer IPMS als auch mit IP-Cores anderer Hersteller eingesetzt werden und ist wie alle anderen IP-Cores des Fraunhofer IPMS plattformunabhängig in allen FPGAs und Foundry-Technologien verwendbar.

Der IP-Core des Fraunhofer IPMS befindet sich bereits in der Evaluierung beim Partner Renesas, einem weltweit tätigen Halbleiterunternehmen.

 [s.fhg.de/CANsec](https://s.fhg.de/CANsec)



## Ansprechpartnerin

Monika Beck  
Technology Transfer  
+49 351 8823-274  
monika.beck@  
ipms.fraunhofer.de

# Kompetenzzentrum Green ICT @ FMD

Um mit Forschung und Entwicklung zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks digitaler Technologien beizutragen, bauen die in der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland kooperierenden Fraunhofer- und Leibniz-Institute gemeinsam ein standortübergreifendes Kompetenzzentrum für eine ressourcenbewusste Informations- und Kommunikationstechnik (Green ICT @ FMD) auf. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt das am 1. August 2022 gestartete Vorhaben mit einer Fördersumme von 34 Millionen Euro im Rahmen der Initiative Green ICT, die Bestandteil des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung ist.

Um den Ressourcenverbrauch im Internet der Dinge, in Anwendungen der KI sowie in Rechenzentren zu reduzieren, sind erhebliche Fortschritte in der Mikro- und Leistungselektronik einschließlich deren Herstellungsprozessen nötig. Moderne vernetzte Informations- und Kommunikationstechnik-Systeme besitzen neben den zentralen Datenverarbeitungsinfrastrukturen (Cloud) zunehmend Kapazitäten zur Sammlung und Verarbeitung von Informationen am Rand des Netzwerks (Edge). Damit ergibt sich eine erhöhte Flexibilität bei der Optimierung der Systeme zwischen Ressourcenverbrauch in Cloud und Edge sowie der Datenübertragung zwischen Cloud und Edge. Die Entwicklung von Elektronik für ressourcensparsame Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) kann in Verbindung mit Edge-Cloud-Lösungen eine Hebelwirkung für die Klimaziele der Bundesregierung erzielen.

Aufbauend auf den mit der FMD geschaffenen Angeboten, Strukturen und Kompetenzen lässt sich das geplante Green-ICT-Kompetenzzentrum zielgerichtet und effizient umsetzen. Die anwendungsorientierte Forschung im Bereich der Mikroelektronik soll unter dem Label Green ICT @ FMD in den kommenden 3,5 Jahren schrittweise und bedarfsgerecht in Bezug auf Ressourcenschonung und eine deutliche Reduktion des CO<sub>2</sub>-Footprints in der Weiterentwicklung von IKT-Anwendungen und -Infrastrukturen in Deutschland und Europa ausgebaut werden.

## FMD als One-Stop-Shop für Green-ICT-System- und Modellierungskompetenz

Funktionalität, Zuverlässigkeit und Ökologie müssen für eine über den gesamten Lebenszyklus hinweg umwelt- und ressourcenschonend gestaltete Informations- und Kommunikationstechnik in ihrer Wechselwirkung wahrgenommen, analysiert und

gestaltet werden. Dabei ist stets der gesamte Lebenszyklus der Hardware entlang aller Systemebenen zu berücksichtigen.

In dem entstehenden Kompetenzzentrum Green ICT @ FMD können die Green-ICT-spezifischen Fragestellungen nun abgestimmt und gebündelt bearbeitet und technologieübergreifende IKT-Gesamtlösungen bis zu einem hohen technischen Reifegrad aus einer Hand für Partner in Wirtschaft und Wissenschaft angeboten werden. Als etablierte Struktur für standortübergreifende Zusammenarbeit unterschiedlicher FuE-Institutionen bietet die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland somit die Möglichkeit, einerseits mit ihrem Partnernetzwerk eine umfassende systemische Betrachtung und Weiterentwicklung von Green-ICT-Fragestellungen vorzunehmen und andererseits mit den Technologiekompetenzen ihrer Fraunhofer- und Leibniz-Institute die erforderliche fachliche Tiefe bei der Gesamtsystembetrachtung herzustellen.

## Lösungsansätze für nachhaltige Digitalisierung

Die Angebote der Fraunhofer- und Leibniz-Institute werden im Umfeld von Green ICT anwendungsorientiert und eng an den wirtschaftlichen Erfordernissen ausgerichtet ausgebaut. An den Standorten Erlangen, Dresden und Berlin werden neue anwendungs- und systemorientierte Green-ICT-Hubs als Ergänzung bereits existierender Forschungsaktivitäten der FMD-Institute und als Grundlage für weitere Forschungsarbeiten eröffnet.

In diesen Hubs werden sämtliche Kompetenzen der FMD-Institute zu den zentralen Fragestellungen zukünftiger IKT-Anwendungen konzentriert. Sie sind für Projektpartner aus der Industrie und Wissenschaft die erste Anlaufstelle und stellen so ein besonders niederschwelliges Angebot zur Verfügung. Die Green-ICT-Hubs sind neben dem One-Stop-Shop der Geschäftsstelle die entscheidenden Schnittstellen zu den thematisch gebündelten Technologiekompetenzen und Test- und Prüfungen (Testbeds). Umgesetzt werden die Green-ICT-Hubs zu den thematischen Schwerpunkten Sensor-Edge-Cloud Systeme, Kommunikationsinfrastrukturen sowie Materialien und Prozesse für »Green Production«, die eine besonders hohe Relevanz für industrielle Partner in Deutschland und Europa besitzen.

Neben der Aufgabe die vielfältigen Forschungsaktivitäten und das bereits vorhandene Know-how im Bereich Green ICT in Deutschland zusammenzuführen, bedarfsgerecht weiterzuentwickeln und für die Industrie nutzbar zu machen, umfasst



 greenict

das Gesamtvorhaben Green ICT @ FMD ebenfalls begleitende Maßnahmen für eine nachhaltige Digitalisierung. Diese befassen sich sowohl mit einer frühzeitigen Sensibilisierung der heranwachsenden Generationen an Fachkräften (Akademisches Nachwuchsprogramm – „Digital Green Camp“) als auch eine Weiterbildung bereits im Berufsleben stehender Expert\*innen. Die besonderen Anforderungen in der Zusammenarbeit mit neu gegründeten Unternehmen werden in einem separaten Teilprojekt – Hub für Green-ICT-Start-Ups – adressiert, um entstehenden Unternehmen die Möglichkeit zu geben, ihre Produktideen von Beginn an umwelt- und ressourcenschonend zu entwickeln.

### Fraunhofer IPMS im Projekt

Das Fraunhofer IPMS konzentriert sich innerhalb des Gesamtvorhabens zum einem auf neue Hardwarekonzepte zur Energieoptimierung von intelligenten Sensorsystemen (Sensor-Edge-Cloud-Systeme). Außerdem werden energiesparende Kommunikationsinfrastrukturen, beispielsweise durch den Einsatz der besonders energiesparenden und strahlungsarmen optischen LiFi-Datenübertragungstechnologie erforscht. Ein weiterer Fokus liegt auf der optimierten Nutzung von Ressourcen (sowohl von Materialien als auch Energie) innerhalb der Herstellungsprozesse. Neben der Reduktion des Ressourcenbedarfs sollen auch Prozesse mit alternativen Materialtypen evaluiert und angeboten werden, um einen langfristigen Ersatz für umweltkritische Materialien zu finden.

Da die Reinraum-Infrastruktur ein wesentlicher Faktor hinsichtlich des umwelttechnischen Impacts von elektronischen Systemen darstellt, befasst sich das Fraunhofer IPMS zudem mit einer optimierten Steuerung der Infrastrukturtechnik (z. B. der Umlufttechnik) und der Nutzung von Rückgewinnungselementen (Kälteenergie-Rückgewinnung bzw. Kraft-Wärme-Kopplung). So möchte das Institut auch am eigenen Standort einen Schritt in eine grüne Mikroelektronikzukunft gehen.

 <https://greenict.de/>



### **Ansprechpartner**

Jörg Amelung  
Stellvertretender Institutsleiter  
+49 351 8823-49691  
joerg.amelung@  
ipms.fraunhofer.de





# Highlights

---



## Ausgründung Arioso Systems von Bosch Sensortec übernommen

Bosch erweiterte 2022 seine Kompetenzen im Bereich MEMS-Mikrolautsprecher und stärkte mit einer Übernahme seine Marktposition als führender Anbieter von Sensorlösungen für die Konsumelektronik. Arioso Systems, mit Unternehmenssitz in Dresden, wurde Teil der Bosch Sensortec GmbH. Bosch und Arioso Systems unterschrieben dazu einen Kaufvertrag. Über Projektdetails wie den Kaufpreis wurde Stillschweigen vereinbart.

Arioso Systems ging 2019 aus dem Fraunhofer IPMS und Forschungsarbeiten der BTU Cottbus-Senftenberg hervor und zählte zu den weltweit innovativsten Anbietern der Mikrolautsprecher-Technologie auf MEMS-Basis.

Arioso Systems hat eine neuartige Schallwandler-Technologie entwickelt, die Klang erzeugt, indem sich hauchdünne Lamellen im Inneren eines Siliziumchips durch Anlegen einer elektrischen Spannung bewegen. Anders als herkömmliche Lautsprecher nutzt die Technologie von Arioso Systems keine Membranen. So ist es möglich, einen winzigen MEMS-Mikrolautsprecher zu bauen, der bei einer Größe der schallabstrahlenden Fläche von nur 10 mm<sup>2</sup> einen Schalldruckpegel von bis zu 120 dB erzeugt. Dank des elektrostatischen Aktuators des reinen Silizium-basierten MEMS und der sehr geringen Kapazität, ermöglicht es die Technologie von Arioso Systems, Strom zu sparen. Das ist besonders relevant für neue Sensoranwendungen in anspruchsvollen Hearables wie True Wireless Stereo (TWS) In-Ear-Kopfhörern sowie in anderen tragbaren Konsumelektronik-Geräten.

Das Internet der Zukunft wird mobil und audiobasiert sein. Komponenten für intelligente In-Ear-Kopfhörer müssen besonders klein, leicht, stromsparend und skalierbar sein, um den

Marktanforderungen gerecht zu werden. Immer mehr Funktionen verlangen kleinere Bauformen und längere Akkulaufzeiten. Experten prognostizieren für die kommenden Jahre ein starkes Wachstum im Bereich der Mikrolautsprecher-Anwendungen.

Das einzigartige und innovative Technologiekonzept von Arioso Systems in Verbindung mit der langjährigen Erfahrung von Bosch Sensortec, eine Technologie zum Massenprodukt für den Konsumelektronikmarkt zu entwickeln, soll dem wachsenden globalen MEMS-Mikrolautsprechermarkt eine neue Lösung bieten. Hersteller von TWS In-Ear-Kopfhörern und anderen Hearables werden von der Klangerzeugung mit deutlich geringerem Stromverbrauch und einer kleineren Bauteilgröße profitieren. Das bedeutet eine längere Akkulaufzeit und eine einfachere Systemintegration.

 [s.fhg.de/Arioso-Bosch](https://s.fhg.de/Arioso-Bosch)



### Ansprechpartner

Dr. Bert Kaiser  
Geschäftsfeldleiter  
Monolithisch integrierte  
Aktor- und Sensorsysteme  
+49 351 8823-150  
bert.kaiser@  
ipms.fraunhofer.de



*Staubdicht, multifunktional und sofort einsetzbare Lösung für Apothekenlabore mit integrierter, validierter Substanzdatenbank für sekundenschnelle Identitätsprüfung.*

## Fagron erwirbt Mehrheitsanteil an Spin-off HiperScan

Fagron, ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich der pharmazeutischen Herstellung von Arzneimitteln, hat am 14. April 2022 den Erwerb einer Mehrheitsbeteiligung an HiperScan bekanntgegeben. HiperScan ist ein Spin-off des Fraunhofer IPMS und deutscher Marktführer für die zuverlässige und sichere Identifikation von Ausgangsstoffen in Apotheken.

Das Dresdner Technologieunternehmen HiperScan ist ein Spezialist für Nahinfrarot (NIR)-Spektroskopie und ging 2006 als Ausgründung des Fraunhofer IPMS aus der Entwicklung innovativer Analysesysteme für Apotheken und andere Branchen hervor. Mit dem Analysesystem Apo-Ident, das speziell für die Identifizierung von Ausgangsstoffen konzipiert ist und in über 5.500 Apotheken eingesetzt wird, hat sich HiperScan in diesem Segment zum Marktführer in Deutschland entwickelt.

Die am Fraunhofer IPMS entwickelte, neue Gitterscannertechnologie bildet die Grundlage für die von HiperScan entwickelten Nahinfrarot-Spektrometer. Die Analysesysteme ermöglichen es, die Investitionskosten deutlich zu senken, um die NIR-Analytik auch für kleine Unternehmen erschwinglich zu machen. Bereits 2004 trat Dr. Alexander Wolter, damals Wissenschaftler am Fraunhofer IPMS und heute Geschäftsführer von HiperScan, an Fraunhofer mit seiner Ausgründungsidee heran. Die Ausgründung erfolgte 2006 und 2007 beteiligte sich Fraunhofer an dem Unternehmen. Eine zusätzliche Fraunhofer-Förderung mit dem Ziel des weiteren Management-Ausbaus folgte. Finanziert wurde das Unternehmen u. a. über den High-Tech Gründerfonds (HTGF) sowie den Technologiegründerfonds Sachsen (TGFS). Fagron übernimmt nun neben anderen Anteilen sämtliche Fraunhofer-Anteile.

Das belgische Unternehmen Fagron ist ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich der pharmazeutischen Herstellung von Arzneimitteln, das sich auf die Bereitstellung personalisierter Medizin für Krankenhäuser, Apotheken, Kliniken sowie Patienten und Patientinnen in 35 Ländern der Welt konzentriert. Das 1990 gegründete Unternehmen hat weltweit über 3.000 Mitarbeitende.

Als Teil von Fagron eröffnen sich für die Technologie von HiperScan neue Märkte, um die Sicherheit weiter zu erhöhen und die Zukunft der personalisierten Medizin voranzutreiben.

 [s.fhg.de/HiperScan](https://s.fhg.de/HiperScan)



### **Ansprechpartner**

Dr. Sebastian Meyer  
Institutsteilnehmer Integrated  
Silicon Systems  
+49 351 8823-137  
sebastian.meyer@  
ipms.fraunhofer.de

# Kontaktlos berührt – Halbleiterforschung trifft auf Deutsches Meeresmuseum



*Marco Kircher steuert mit seinen Gesten einen virtuellen Pinguin am Demonstrator im OZEANEUM Stralsund.*

Von den zahlreichen Innovationen aus der angewandten Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft profitierten bisher überwiegend Industrieunternehmen. In Zukunft will das Fraunhofer IPMS seine Forschung verstärkt auch Kultureinrichtungen und damit der öffentlichen Gemeinschaft zur Verfügung stellen. Entsprechend startete 2022 ein Pilotprojekt mit dem Deutschen Meeresmuseum. Besucherinnen und Besucher des OZEANEUM Stralsund können dank einer Entwicklung des Fraunhofer IPMS kontaktlos virtuelle Pinguine füttern.

Wie passen Halbleiterforschung und Kultur zusammen? Normalerweise sind große Industriekunden die Auftraggeber von Forschungsinstituten. Jedoch ist es für das Fraunhofer IPMS ein wichtiges Ziel, die Öffentlichkeit über aktuelle Forschungsergebnisse zu informieren und im besten Fall auch miteinzubeziehen. Die Gelegenheit zum Technologietransfer von Forschung zur Kultur bietet das Projekt „museum4punkt0“.

Seit Anfang 2022 arbeiten das Fraunhofer IPMS in Dresden und das Deutsche Meeresmuseum mit seinem Standort OZEANEUM Stralsund zusammen. Innerhalb des Verbundprojekts „museum4punkt0 – Digitale Strategien für das Museum der Zukunft“ will das Deutsche Meeresmuseum Interaktionsmöglichkeiten mit seinen Besuchern schaffen, um sich sowohl digital als auch kulturell neu zu erfinden. Denn die durch die Pandemie notwendige und permanente Desinfektion aller Bedienelemente im Museum – ob Touchscreen, Hebel oder Knöpfe – machte deutlich, wie viele Oberflächen überhaupt angefasst werden. Auf der Suche nach kontaktlosen Interaktionsmöglichkeiten wurde das OZEANEUM in Stralsund auf die Ultraschallsbauelemente des Fraunhofer IPMS aufmerksam, welche bereits in verschiedensten kommerziellen Systemen zur Gestensteuerung eingesetzt werden.

Tauglich für den breiteren Einsatz im Museum werden sie jedoch erst durch Steuerungstechnologien, die auch bei schwierigen Lichtverhältnissen oder geringem Raumangebot zuverlässig funktionieren und dabei eine intuitive sowie gleichzeitig hygienische Bedienung ermöglichen. Daher entwickelte das Fraunhofer IPMS einen Demonstrator, welcher Museums-gäste mit einer Handbewegung einen Pinguin auf Futtersuche für sein Küken steuern lässt. Die am Institut entwickelte ultraschallbasierte Technologie setzt vertraute Gesten als Steuerungsbefehle ohne Kontakt zu einer Oberfläche um.

 [s.fhg.de/Gestensteuerung](https://s.fhg.de/Gestensteuerung)



## **Ansprechpartner**

Marco Kircher  
Ultrasonic Components  
+49 351 8823-361  
[marco.kircher@ipms.fraunhofer.de](mailto:marco.kircher@ipms.fraunhofer.de)

# Ein Reinraumrundgang in 360 Grad

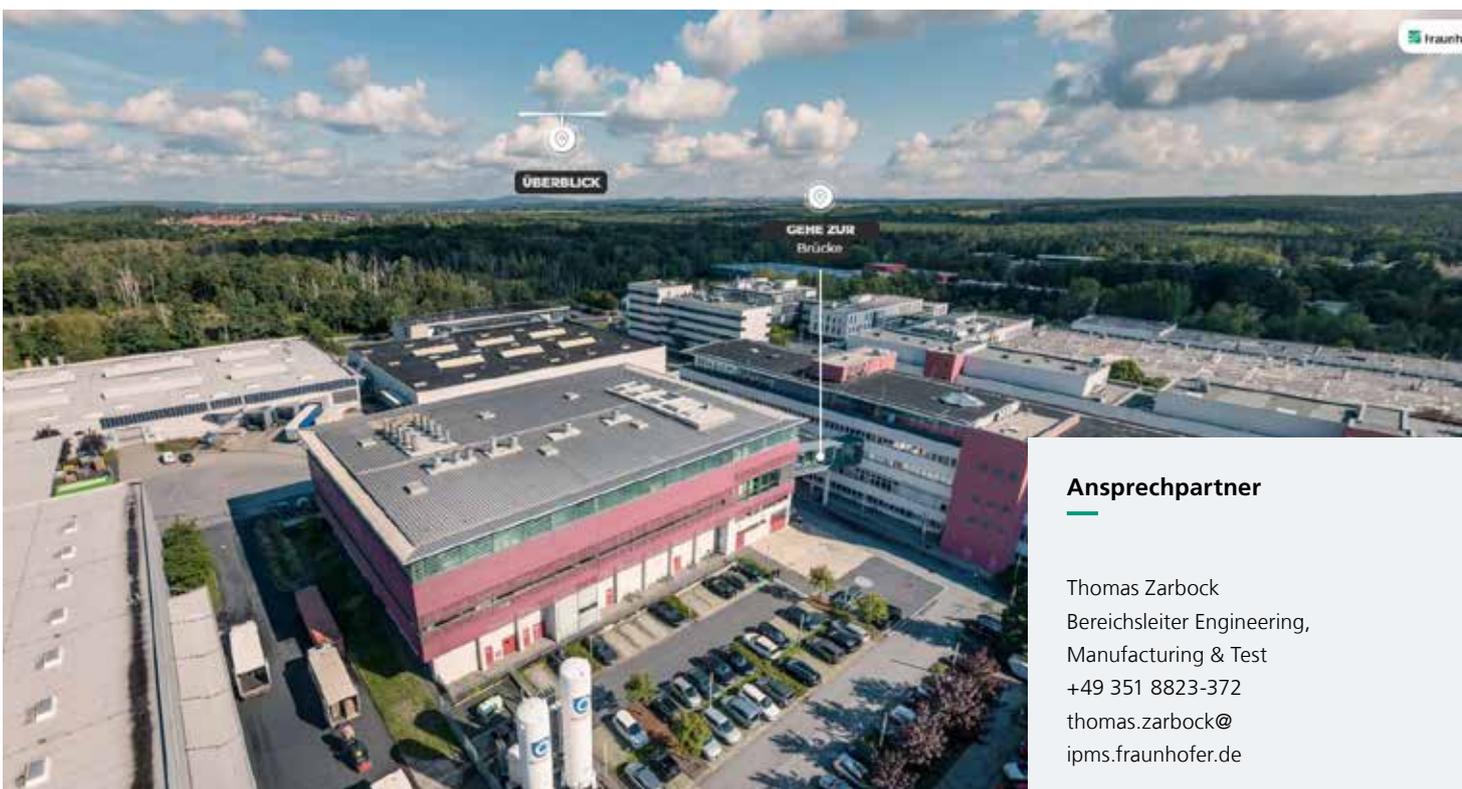
Von einem Reinraum haben schon viele Menschen gehört, einen besichtigt aber weit weniger. Für alle Interessierten kann sich das nun mit dem virtuellen Reinraumrundgang des Fraunhofer IPMS ändern. Per Mausklick gibt es Zutritt zum Foyer, der Umkleidekabine und schließlich dem Reinraum, in dem Anlagen und Prozesse erkundet werden können.

Warum muss man sich vor Betreten des Reinraums umziehen? Wie geht man durch die Schleuse? Was passiert in der Lithografie? Und welche Anlagen für die 200-mm-Technologie besitzt das Fraunhofer IPMS?

Für alle Neugierigen gibt es eine schnelle und einfache Antwort auf diese Fragen: Starten Sie den virtuellen Reinraumrundgang und finden Sie es heraus! In den verschiedenen Bereichen finden Sie viele Informationen zu den Anlagen und den Technologien des Fraunhofer IPMS.

Wer lieber „so richtig“ eintauchen will, hat vielleicht bei einem Besuch am Fraunhofer IPMS innerhalb eines Projekttreffens die Gelegenheit, vor Ort am physischen Reinraumrundgang teilzunehmen. Auch dieser wurde 2022 neu gestaltet.

 [s.fhg.de/IPMS-virtual-cleanroom](https://s.fhg.de/IPMS-virtual-cleanroom)



## Ansprechpartner

Thomas Zarbock  
Bereichsleiter Engineering,  
Manufacturing & Test  
+49 351 8823-372  
thomas.zarbock@  
ipms.fraunhofer.de



## Messen und Veranstaltungen 2022

### Eröffnung des Centers for Advanced CMOS and Heterointegration Saxony

07. Juni 2022

Anfang Juni feierte Dresden einen Leuchtturm der Halbleiterforschung mit internationaler Reichweite. Mit der Etablierung des "Centers for Advanced CMOS & Heterointegration Saxony" bündeln das Fraunhofer IPMS und das Fraunhofer IZM-ASSID ihre Kompetenzen. Sie bieten künftig die komplette Wertschöpfungskette in der 300-mm-Mikroelektronik und damit die Voraussetzung für Hightech-Forschung für Zukunftstechnologien. Rund 120 Gäste aus Industrie, Wissenschaft und Wirtschaft begingen die feierliche Eröffnung, darunter Sachsens Ministerpräsident Michael Kretschmer sowie der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Reimund Neugebauer.

Mit dem Fraunhofer IZM-ASSID und Fraunhofer IPMS, Bereich Center Nanoelectronic Technologies CNT, sind zwei bundesweit einzigartige Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Mikroelektronik in Sachsen angesiedelt. Es sind heute die

beiden einzigen deutschen Forschungszentren für angewandte Mikroelektronikforschung, die auf Basis von 300 mm Wafer-Industriestandard-Equipment forschen.

Mit der Bündelung der Kompetenzen und Gründung des Centers entstehen hervorragende Perspektiven, Halbleiter-Unternehmen, Systemanwender sowie Material- und Anlagenhersteller weltweit anzuziehen und an Silicon Saxony zu binden. Für Industrie- und Forschungsaufträge sind neben hervorragendem Personal und Know-how eine Ausstattung mit einem modernen Geräte- und Anlagenpark entscheidend.

Das gemeinsame Center mit einem Reinraum von 4000 m<sup>2</sup> Größe ermöglicht eine enge Kooperation und Verzahnung der wissenschaftlich-technischen Kompetenzen beider Forschungseinrichtungen. Dadurch entsteht eine herausragende R&D-Technologieplattform sowie eine Effizienzsteigerung und Vervollständigung der Wertschöpfungskette, welche zugleich neue Forschungsfelder eröffnet.

 [s.fhg.de/Center-Eroeffnung](https://s.fhg.de/Center-Eroeffnung)



### Girls' Day

28. April 2022

Zum Girls' Day nutzten vier Schülerinnen ab der fünften Klasse die Gelegenheit, am Fraunhofer IPMS in die Welt der Mikro- und Nanotechnologie einzutauchen und einen Blick hinter die Kulissen des Instituts zu werfen. Nach einem Besuch im Schauraum konnten sie die Technologien in verschiedenen Laboren und dem Grauraum genauer unter die Lupe nehmen. Wir freuen uns schon jetzt sehr auf weitere Besucherinnen im nächsten Jahr!



### LASER World of Photonics

26. – 29. April 2022

Das Fraunhofer IPMS war am Fraunhofer-Gemeinschaftsstand vertreten und präsentierte aktuelle Forschungsergebnisse und Entwicklungen aus den Bereichen der Sensorik, Spektroskopie und Medizintechnik. Auch das Fraunhofer-Zentrum MEOS war mit vor Ort. Hier zu sehen das gemeinsame Projekt LSC-Onco des Fraunhofer IPMS & Fraunhofer IZI (mehr auf S. 26).

 [s.fhg.de/Laser-Messe-2022](https://s.fhg.de/Laser-Messe-2022)



### analytica

21. – 24. Juni 2022

Von Analytik und Qualitätskontrolle über Biotechnologie, Life Sciences, Bioanalytik und Diagnostik bis zur Labortechnik – die „analytica“ ist die Leitmesse für die Bereiche Labortechnik, Analytik & Biotechnologie. Das Fraunhofer IPMS präsentierte die neuesten Technologien zur Nahinfrarot-Spektroskopie (Bild oben). Außerdem wurden Entwicklungen im Bereich Ultraschall, elektrochemische Analytik und Biosensorik vorgestellt.

 [s.fhg.de/analytica-2022](https://s.fhg.de/analytica-2022)



### Lange Nacht der Wissenschaften

08. Juli 2022

Wissenschaft hautnah erleben, selbst ausprobieren und mit Forschenden ins Gespräch kommen – all das erwartete die Öffentlichkeit am 8. Juli 2022 von 17 Uhr bis Mitternacht. Nach zwei Jahren Pandemie freute sich das Fraunhofer IPMS, seine Forschung einem breiten Publikum zu präsentieren. Auch für die Kleinsten war etwas dabei: So konnten beim Kinderquiz spielerisch Mikro- und Nanotechnologien erkundet werden.

 [s.fhg.de/Indw-2022](https://s.fhg.de/Indw-2022)

 [s.fhg.de/Indw-video](https://s.fhg.de/Indw-video)

## Messen und Veranstaltungen 2022



**MEMS & Imaging Sensors Summit**  
06. – 07. September 2022

In Grenoble zeigte das Fraunhofer IPMS seine Bandbreite an 200-mm-Reinraumtechnologien im Bereich der MEMS/MOEMS am Messestand. Gleichzeitig gab es einen spannenden Vortrag zu „Fast Characterisation of Hydrogen-Natural Gas Mixtures With Micromachined Ultrasonic Sensors“.

 [s.fhg.de/MEMS-2022](https://s.fhg.de/MEMS-2022)



**all about automation**  
28. – 29. September 2022

In Chemnitz drehte sich in diesem Jahr alles um die Prozess- & Qualitätsüberwachung für die chemische und pharmazeutische Analytik mittels Infrarot-Spektrometrie sowie eine neue MEMS-basierte Mikropositionierplattform auf Basis eines innovativen Ultraschallaktors.

 [s.fhg.de/aaa-2022](https://s.fhg.de/aaa-2022)



**Medica**  
14. – 17. November 2022

Die Medica verbindet die gesamte Medizinbranche an einem Ort. Das Fraunhofer IPMS präsentiert neueste Ultraschall-Entwicklungen im Bereich der Medizintechnik, beispielsweise ein Spirometer zur Atemluftanalyse und Ultraschall-Bildgebung für die medizinische Diagnostik. Zusätzlich wurde das neuartige Laserscanning-Mikroskop zur schnellen Tumorerkennung vorgestellt, das im Fraunhofer-Zentrum MEOS durch eine Zusammenarbeit des Fraunhofer IPMS mit dem Fraunhofer IZI entstand (mehr dazu auf S. 26).



**HTW Workshops**  
08. Juli 2022 & 11. November 2022

Nach dem erfolgreichen Auftakt 2021 trafen sich die HTW Dresden und das Fraunhofer IPMS 2022 zu zwei vertiefenden Workshops. Dabei ging es um die verstärkte Zusammenarbeit im Rahmen anlass- bzw. projektbezogener, gemeinsamer Forschungsaktivitäten, der Lehre und der Betreuung studentischer (Abschluss-)Arbeiten. Außerdem wurde lebhaft eine Zusammenarbeit bei zukunftssträchtigen Fragestellungen diskutiert, um gemeinsam relevante Kompetenzen aufzubauen (Vorforschung) und im Anschluss gemeinsam die Bedarfe der Wirtschaft adressieren zu können.



### Electronica

15. – 18. November 2022

In München gab es am Stand des Fraunhofer IPMS viel zu sehen: Neben MEMS-Scannertechnologien lag ein Schwerpunkt auf der optischen Kommunikation via LiFi. IP-Core-Module wie CAN und LIN, TSN-Netzwerke und die neuesten Entwicklungen des Instituts rund um den RISC-V-Prozessor rundeten das Portfolio ab.

 [s.fhg.de/electronica-2022](https://s.fhg.de/electronica-2022)



### Semicon Europa

15. – 18. November 2022

Alles rund um die 200- und 300-mm-Technologien stellte das Fraunhofer IPMS auf der Semicon in München vor, der Weltleitmesse für Halbleiter, Sensorik, MEMS und MOEMS. Am Gemeinschaftsstand von Silicon Saxony gab es regen Austausch mit Besucherinnen und Besuchern zu den Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen des Fraunhofer IPMS.

 [s.fhg.de/Semicon-EU-2022](https://s.fhg.de/Semicon-EU-2022)



### Photonix

07. – 09. Dezember 2022

Nach 2 Jahren Abwesenheit aufgrund der Pandemie konnte das Fraunhofer IPMS sich endlich wieder in Tokyo präsentieren. Die Photonix als internationale Laser- und Photonikmesse besteht aus drei verschiedenen Ausstellungen, die sich auf die Bereiche Laserbearbeitung, Optik und optische Messtechnik/Analytik konzentrieren. Das Fraunhofer IPMS zeigte dabei neueste Entwicklungen zur hochpräzisen Lenkung, Steuerung und Formung von Licht mittels Flächenlichtmodulatoren (SLM).

 [s.fhg.de/Photonix-2022](https://s.fhg.de/Photonix-2022)

Alle Messeauftritte finden Sie immer aktuell auf unserer Webseite:  
[s.fhg.de/IPMS-Events](https://s.fhg.de/IPMS-Events)

# Gäste

2022 konnte sich das Fraunhofer IPMS wieder über eine Vielzahl an Besuchen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik freuen. Im gemeinsamen Austausch informierte das Institut über aktuelle Entwicklungen und zukunftsorientierte Forschungsthemen.



Am 14. Januar 2022 war der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Reimund Neugebauer, am Fraunhofer IPMS zu Besuch. Er informierte sich über den neuen Standort des Center Nanoelectronic Technologies und die geplanten weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich Neuromorphic und Quantencomputing. Im April besuchte Prof. Neugebauer dann das Fraunhofer-Zentrum MEOS und informierte sich über das LSC-Onco-Mikroskop (s. S. 26).



„Wege zur klimafreundlichen Transformation der brandenburgischen Wirtschaft“ war das Motto des Brandenburger Energietags am 12. Mai 2022. Dr. Christine Ruffert stellte dem Brandenburgischen Minister für Wirtschaft, Arbeit und Energie, Prof. Jörg Steinbach, aktuelle Entwicklungen des Fraunhofer IPMS im Bereich der mikromechanischen Ultraschallwandler für die Wasserstoffsensoren vor.



Wie Sachsen innovativ weiterentwickelt werden kann, ist die Kernfrage des Innovationsbeirats Sachsen. Zur 5. Sitzung Ende April wurden der Schwerpunkt Mikroelektronik der nächsten Generation und der European Chips Act thematisiert. Am Vortag trafen sich einige Mitglieder zu einer Praxisexkursion am Center Nanoelectronic Technologies.



Vertreter der Staatskanzlei Brandenburg besuchten am 08. August 2022 im Zuge der Sommertour des Digitalbeauftragten Staatssekretärs Dr. Grimm den iCampus an der BTU Cottbus-Senftenberg. Als ein Partner des iCampus zeigte das Fraunhofer IPMS sein Test- und Qualifikationslabor für die Hochfrequenz-Sensorik.



Was Sachsen für Deutschland ist, bedeutet Flandern für Belgien. Es ist *die* Region für die Mikroelektronik. Damit sich beide Regionen besser kennenlernen und austauschen können, besuchte im September 2022 eine flandrische Delegation Dresden, Chemnitz und Leipzig und machte dabei auch beim Fraunhofer IPMS Halt. Hier bekamen sie Einblicke in die Forschungsthemen des Instituts sowie eine Schauräumführung.

Ende September besuchten 19 Schülerinnen und Schüler der „Invent a Chip“-Jahrgänge 2021 und 2022 das Fraunhofer IPMS.

## Invent a chip

ist ein jährlich im Februar startender Wettbewerb, der vom VDE ausgerufen und vom BMBF gefördert wird, um junge Menschen für das Chipdesign zu begeistern. Am Fraunhofer IPMS erlebten die Schülerinnen und Schüler Technologien hautnah im Schauraum sowie bei einem Rundgang um den 200-mm-Reinraum.



Am 6. April besuchte Dr. Peter Dröll, Acting Director Research and Innovation EU, das Fraunhofer IPMS mit einer Delegation seiner Generaldirektion und dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus. Dr. Dröll informierte sich am Center Nanoelectronic Technologies zum Halbleiterstandort Dresden und der Mikroelektronikforschung.



Am 22. November trafen sich die Partner des EU-ECSEL-Projekts MATQu („Materials for Quantum Computing“) am Fraunhofer IPMS. Im Anschluss gab es eine Reinraumbesichtigung im Center Nanoelectronic Technologies des Fraunhofer IPMS mit 10 Partnern von imec, IQM, BESI, smartchem-SMAC, DelftCircuits und dem Fraunhofer IAF.

# Auszeichnungen



**Applied Photonics Award**  
Dr. René Kirrbach

Mit seiner Dissertation „Untersuchungen zu linearen optisch-drahtlosen Frontends und applikationsspezifischen Freiformlinsen für die optisch-drahtlose Kommunikation“ gewann Dr. René Kirrbach den Applied Photonics Award 2022 des Fraunhofer IOF.



**Best Paper Award**  
Hanying Wen

Beim „45th International Spring Seminar on Electronics Technology“ gewann Hanying Wen den Best Paper Award for Young Scientist. Ausgezeichnet wurde ihre Publikation namens „Improved Nearinfrared Photoresponse of Si-based Schottky Diode by Nanophotonic Structures“.



**Produkt des Jahres 2022 im Bereich Automotive**  
Monika Beck für den Bereich DCC

Großen Grund zur Freude gab es am 26. April 2022 bei der Preisverleihung der Produkte des Jahres der Fachzeitschrift „Elektronik“.

Der vom Fraunhofer IPMS entwickelte RISC-V-Core EMSA5-FS ist der erste nach ISO 26262 zertifizierbarer RISC-V-Prozessorkern. Damit überzeugte er die Leserinnen und Leser, die ihn auf den 1. Platz zum Produkt des Jahres 2022 in der Kategorie „Automotive“ wählten. Monika Beck nahm an der Preisverleihung in München teil.

Die Zeitschrift „Elektronik“ gehört zur WEKA Fachmedien GmbH, die mit einer Gesamtauflage von ca. 5,5 Mio. einer der größten Verlage im Bereich ICT, Elektronik und Automation ist.



**Fraunhofer-Kommunikationspreis**  
Dr. Anne-Julie Maurer

Dr. Anne-Julie Maurer erreichte mit dem virtuellen Showroom des Leistungszentrums Mikro/Nano (s. Folgeseite) den 3. Platz beim Fraunhofer-Kommunikationspreis. Der Preis wird jährlich verliehen. Der 1. und 2. Platz wird von einer externen Jury vergeben; über den 3. Platz stimmen die Kommunikationsschaffenden aller Fraunhofer-Institute ab.



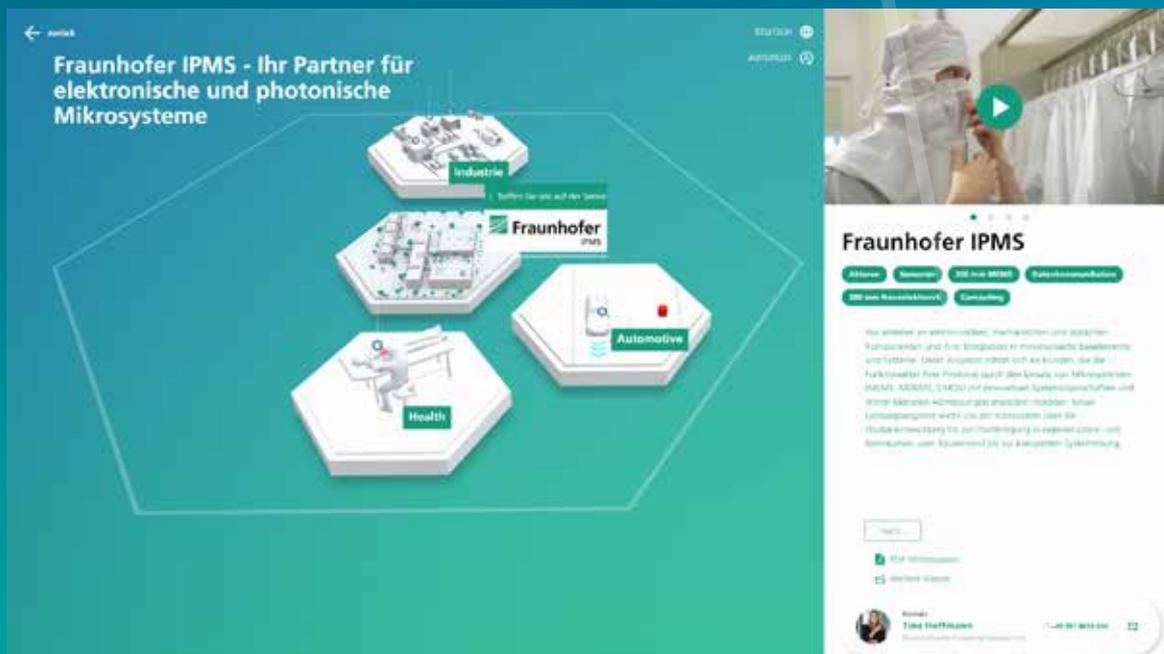
**Excellent Paper Award**  
Sukhrob Abdulazhanov et. al

Einen Excellent Paper Award für den Beitrag „Investigation of BEoL Integrated Ferroelectric Thin-Film  $\text{HfO}_2$  for mm Wave Varactor Applications“ gab es auf dem IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology 2022 in Busan, Korea.

# Virtueller Showroom

Im virtuellen Showroom können Sie unsere Technologien interaktiv und in 3D erleben. Schauen Sie sich um und entdecken Sie unsere Demonstratoren und Anwendungsvideos! Viel Spaß!

 [www.showroom.leistungszentrum-mikronano.de](http://www.showroom.leistungszentrum-mikronano.de)



**Fraunhofer IPMS - Ihr Partner für elektronische und photonische Mikrosysteme**

Industrie  
Fraunhofer IPMS  
Automotive  
Health

**Fraunhofer IPMS**

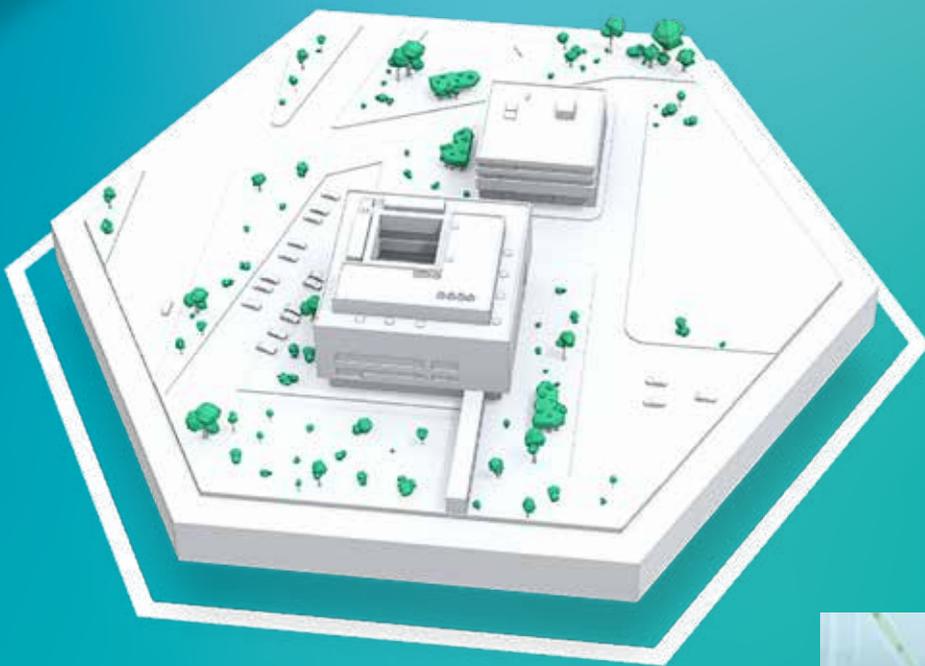
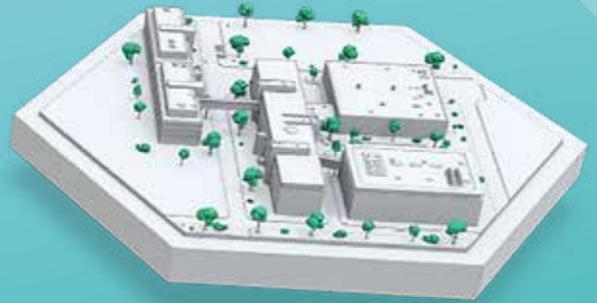
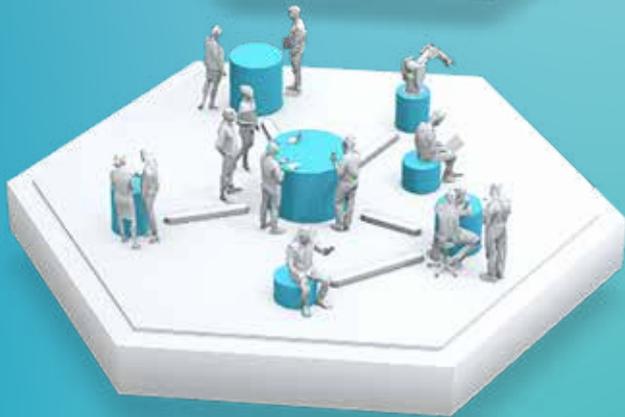
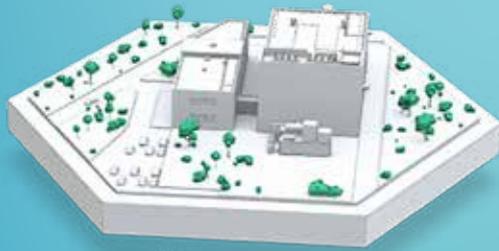
Alleinvertrieb | Neuenmarkt | 0525 100 90000 | [Kontaktanfragen](#)  
3D und VR-Technologie | Consulting

Wir arbeiten an innovativen, photonischen und elektronischen Komponenten und Fertigungsprozessen in industriellen Umgebungen und liefern diese an unsere Kunden, die die nächsten Generationen von Produkten auf dem Gebiet der Mikroelektronik (MEMS, MEMS, CMOS) mit passiver, integrierter Optik und integrierter Photonik entwickeln möchten. Unser Leistungsangebot reicht von der Konzeption über die Prototypenentwicklung bis zur Fertigung in eigener Fabrik- und Montagehalle, unser Equipment ist zur neuesten Systemgeneration.

Titel

100% 0 Kommentare  
0 Likes

Profil  
Tina Hoffmann  
1.149.901.900.000



### **Ansprechpartnerin**

Dr. Anne-Julie Maurer  
Abteilungsleiterin  
Marketing & Communication  
+49 351 8823-2604  
anne-julie.maurer@  
ipms.fraunhofer.de





# Fraunhofer IPMS im Profil

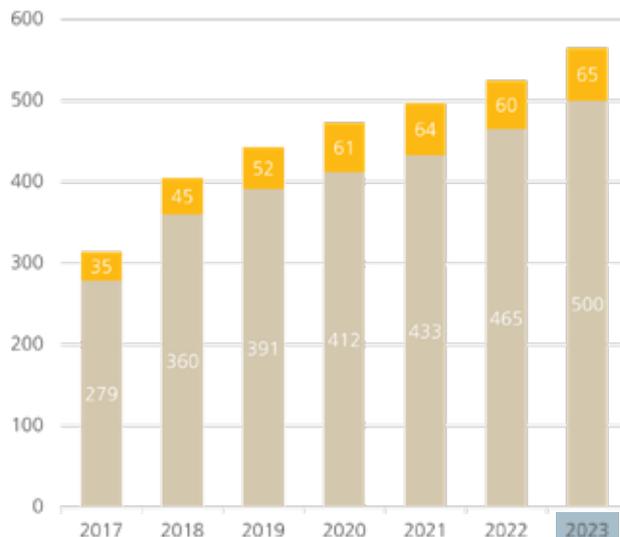
---

# Das Fraunhofer IPMS in Zahlen

## Gesamtbudget (in Millionen Euro)



## Mitarbeitende



- Industriaufträge
- Öffentliche Förderung (national)
- Öffentliche Förderung (EU/andere)
- Fraunhofer-Grundfinanzierung

- Mitarbeitende inkl. Arbeitnehmerüberlassung & Auszubildende
- Studierende

## Auf einen Blick

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Industrie in %	48,6	47,1	43,0	43,5	40,8	48,1	44,0
öff. Förderung (national) in %	15,3	17,3	17,6	22,7	20,9	26,7	24,8
öff. Förderung (EU/andere) in %	6,9	4,9	3,0	2,0	3,1	5,0	8,0
Gesamtbetrag in %	73,5	74,7	70,2	74,6	70,7	84,8	82,7

■ Plan

# Kuratorium 2022

---

## Unsere Kuratorinnen und Kuratoren im Jahr 2022 waren:

### Vertreter/innen der Wirtschaft

**PD Dr. Ingeborg Hochmair-Desoyer**

MED-EL Medical Electronics, Geschäftsführerin

**Dr. Jens Kosch**

X-FAB Semiconductor Foundries GmbH

**Dr. Axel Preuße**

GlobalFoundries Dresden, Module One LLC & Co. KG, GF Fellow

**Björn Sass**

GlobalFoundries Dresden, Module One LLC & Co. KG,  
Principal Member Of Technical Staff

**Dr. Ronald Schnabel**

VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und  
Feinwerktechnik (GMM), Geschäftsführer

**Prof. Dr. Frank Schönefeld**

T-Systems Multimedia Solutions GmbH, Geschäftsleitung

**Dr. Johannes Schumm**

Sensirion AG, Vice President Research & Development

**Rutger Wijburg, PhD**

Infineon Technologies Dresden GmbH & Co. KG,  
Vice President & Managing Director

### Vertreter/innen der Wissenschaft

**Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Bock**

Technische Universität Dresden, Fakultät für Elektrotechnik

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Czarske**

Technische Universität Dresden, Professur für Mess- und Sensor-  
technik, Director of Institute of Circuits and Systems

**Jörg Doblaski**

X-FAB Global Services GmbH, CTO

**Prof. Dr. Gesine Grande**

Brandenburgische Technische Universität (BTU)  
Cottbus-Senftenberg, Präsidentin

**Prof. Dr. Wilfried Mokwa**

RWTH Aachen, Direktor Institut für Werkstoffe der  
Elektrotechnik

**Prof. Dr. Wolfgang Osten**

Universität Stuttgart

**Prof. Dr. Katja Schenke-Layland**

Universität Tübingen, Director Natural and Medical Sciences  
Institute

**Prof. Dr. Ulrike Wallrabe**

Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik IMTEK

### Vertreter/innen der öffentlichen Hand

**Dr. Lutz Bryja**

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst,  
Referatsleiter

**Dirk Hilbert**

Landeshauptstadt Dresden, Oberbürgermeister

**MDgin Barbara Meyer**

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr,  
Staatssekretärin

**Dr. Inge Schlotzhauer**

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes  
Brandenburg, Referatsleiterin

**Dr. Eike-Christian Spitzner**

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Bereichsleiter  
Elektronik- und Mikrosysteme

**Dr. Tina Züchner**

Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referentin



# Netzwerke und Kooperationen

## Leistungszentrum Mikro/Nano – gebündelte Kompetenz in Forschung und Entwicklung für die Mikroelektronik in Sachsen

In den vergangenen zwei Jahren hat sich der Stellenwert der Mikroelektronik für die Industrie in Deutschland und Europa eindrücklich herausgestellt. Um die sichere Versorgung mit Mikroelektronik-Chips sicherzustellen und um für neue Herausforderungen wie z. B. im Bereich der Sicherheit kritischer Infrastruktur gewappnet zu sein, ist, neben dem Ausbau der Produktionskapazitäten in Europa, die Etablierung einer Technologiesouveränität bei der Forschung und Entwicklung zwingend notwendig. Hierbei kommt der Mikroelektronik-Region Sachsen, der größte Mikroelektronik-Standort in Europa mit den Schwerpunkten Dresden und Chemnitz, eine besondere Bedeutung zu.

Genau hier setzt das Leistungszentrum „Funktionsintegration für die Mikro-/ Nanoelektronik“ (LZ Mikro/Nano) als eine lokale Austausch- und Transferplattform mit klar definierten inhaltlichen Schwerpunkten an. Das LZ Mikro/Nano bündelt die Kompetenzen der vier Mikroelektronik-Institute der Fraunhofer-Gesellschaft IPMS, ENAS, IIS/EAS und IZM-ASSID. Diese werden ergänzt durch die einschlägige Expertise von Universitäten und Hochschulen in Dresden und Chemnitz. Dadurch schafft das Leistungszentrum ein breites Angebot für Technologien der Mikroelektronik und Mikromechanik. Dieses richtet sich sowohl an die großen Player der Mikroelektronikindustrie als auch dezidiert an kleine und mittelständische Unternehmen (KMU). Diesen wird durch die Bereitstellung von flexiblen Technologieplattformen ein niederschwelliges Angebot unterbreitet von

Hochtechnologie zu profitieren, ohne selbst die investitionsintensiven Plattformen entwickeln zu müssen.

Mit Beschluss des Vorstands der Fraunhofer-Gesellschaft wird das LZ Mikro/Nano in den Jahren 2022 – 2024 zur Stärkung seiner Transferaktivitäten mit jährlich 1 Mio. € aus Fraunhofer-Mitteln gefördert. Dabei wird es laufend mit der Perspektive einer Anschlussfinanzierung zur Weiterführung für eine nächste Dreijahresperiode evaluiert. 2022 wurden in einem Strategieprozess Ausrichtung und Schwerpunkte des LZ Mikro/Nano für die Jahre 2023 und 2024 definiert. Schwerpunkte sind der weitere Ausbau digitaler Formate wie der virtuelle Showroom, die multimedialen Präsentation des LZ Mikro/Nano auf Tagungen, die Weiterentwicklung der „universellen Sensorplattform“ sowie der Aufbau von Demonstratoren, Evaluation Kits und Applikationslaboren. Ferner soll ein gemeinsames Weiterbildungsprogramm und, mit Fokus auf das Jahr 2024, ein spezielles Kooperationsprogramm mit KMUs erarbeitet werden.

 [www.showroom.leistungszentrum-mikronano.de](http://www.showroom.leistungszentrum-mikronano.de)



### Ansprechpartner

Dr. Frank Benner  
 Koordinator  
 Leistungszentrum  
 +49 351 8823-418  
 frank.benner@  
 ipms.fraunhofer.de



## Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik in Cottbus – iCampus

Der Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik Cottbus – iCampus – ist eine Forschungsk Kooperation zur Entwicklung innovativer Sensoren, anhand derer kleine und mittlere Unternehmen aus der Region an Themen der Hochtechnologie wie Mikrosensorik, KI-gestützte Algorithmen oder 5G-Datenübertragung herangeführt werden können. Als Mitglied des iCampus forscht das Fraunhofer IPMS mit seinem Cottbuser Standort an Technologien im Bereich Umweltsensorik, Industrie 4.0 und Smart Health.

## Schottky-Fotodioden für automatisierte Prozesse

Kostengünstige Sensoren mit einem erweiterten nahinfraroten (NIR-) Spektralbereich stellen einen wichtigen Baustein in der zukünftigen Automatisierung von Prozessen dar. Durch die Überlagerung der Bilder lässt sich der Informationsgehalt vertiefen und die Entscheidungsfindung verbessern. Durch die rasanten Fortschritte in der Silizium-Photonik (Si) besteht ein großes Interesse an Si-basierten Schottky-Fotodioden, da diese erhebliche Vorteile in Bezug auf Kosten, Geschwindigkeit und Kompatibilität mit der CMOS-Technologie bieten.

## Sensoren für das nahe Infrarot (NIR) für Industrie 4.0

Automatisierte und autonome Systeme verlassen sich auf eine breite Anzahl an Sensoren, die ihre Sinnesorgane darstellen. Leistungsfähigere Sensoren bieten zusätzliche Informationen, die zur sicheren Verwendung der Systeme beitragen. Ziel der Entwicklungen am Fraunhofer IPMS ist die Validierung und Optimierung von nahinfraroten Sensoren und eine Weiterentwicklung hin zu einer Kamera. Dabei wird ein ganzheitliches Konzept verfolgt, das sich bis zur Integration von Sensorelementen in Pixel in einer Sensormatrix erstreckt.

## MEMS-HF-Varaktor für 5G-Mobilfunk

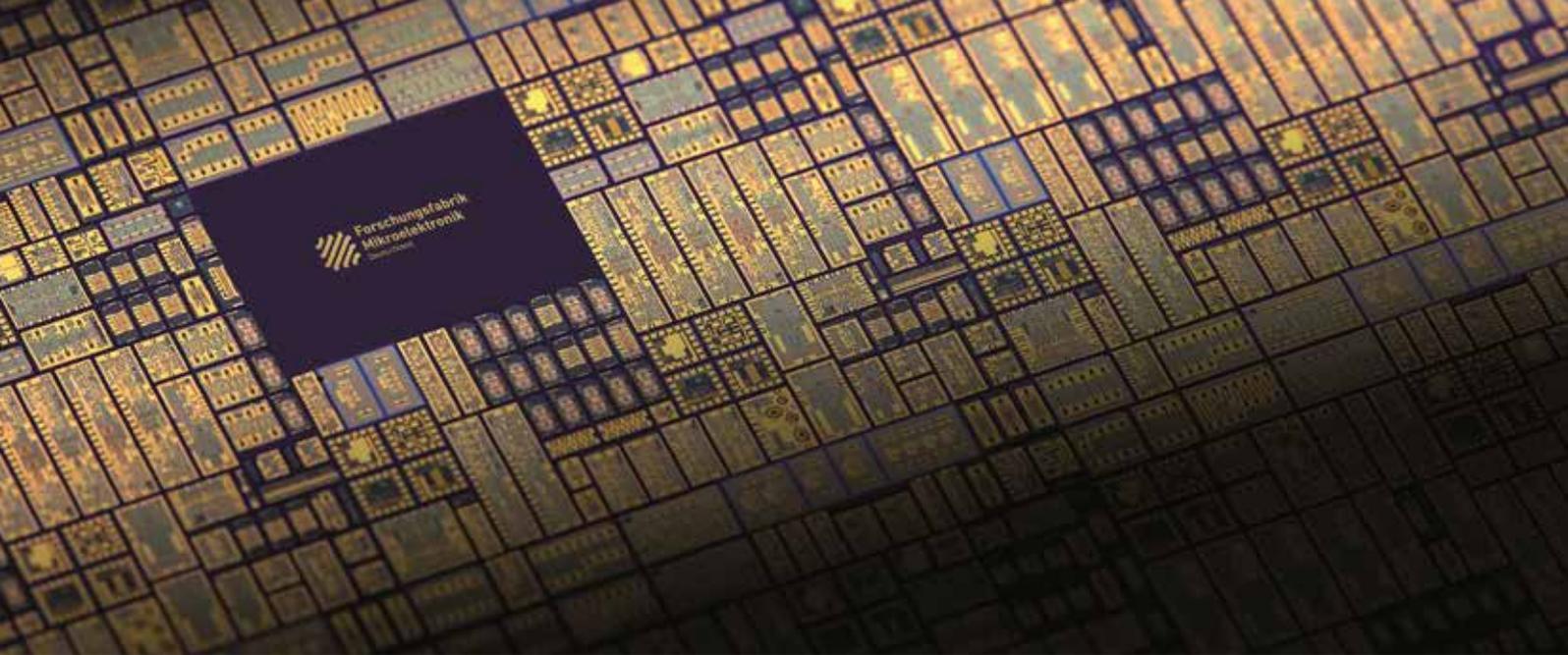
Kapazitive MEMS-Abstimmeelemente, sogenannte Varaktoren, werden in vielen Bereichen eingesetzt, z. B. in der Messtechnik, Telekommunikation, Industrie 4.0, Internet-of-Things (IoT) und HF-Sensorik. Die am Fraunhofer IPMS realisierte nanoscopic electronic drive (NED)-Aktorik ermöglicht es, besonders große Frequenzbereiche abzubilden, wie sie für den 5G-Mobilfunk benötigt werden. Im Projekt wird die Technologie für den Einsatz für Frequenzen  $> 15$  GHz weiterentwickelt. Ziel ist die Herstellung eines universell einsetzbaren mikromechanischen Varaktors, der sich dank seiner breiten Parameter und der CMOS-Kompatibilität leicht integrieren lässt.

 [www.icampus-cottbus.de](http://www.icampus-cottbus.de)



### Ansprechpartner

Dr. Sebastian Meyer  
Institutsteilhaber Integrated  
Silicon Systems  
+49 351 8823-137  
sebastian.meyer@  
ipms.fraunhofer.de



## Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

Das Fraunhofer IPMS ist seit 2017 Teil der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD). Die FMD als Kooperation des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik mit den Leibniz-Instituten FBH und IHP ist der zentrale Ansprechpartner für alle Fragestellungen rund um die Mikro- und Nanoelektronik in Deutschland und Europa. Als Vorreiter für standort- und technologieübergreifende Zusammenarbeit geht die FMD aktuelle und künftige Herausforderungen der Elektronikforschung an und gibt wichtige Impulse zur Entwicklung von elementaren Innovationen für die Welt von morgen.

Im Jahr 2022 ist die FMD weitergewachsen. Mittlerweile bringen mehr als 4500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihr Know-how im Bereich Forschung und Entwicklung von Mikro- und Nanosystemen ein. Damit ist die FMD der weltweit einer der größten Zusammenschlüsse dieser Art auf dem Gebiet der FuE.

### Großprojekte für nachhaltige Elektronik und neuartige Rechentechnologien gestartet

Aufbauend auf den im Rahmen der FMD geschaffenen Kompetenzen, Strukturen und Angeboten wurden im Jahr 2022 zwei neue Großprojekte – „Green ICT @ FMD“ und „FMD-QNC“ auf den Weg gebracht.

Im Projekt Green ICT @ FMD realisieren die in der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland kooperierenden Fraunhofer- und Leibniz-Institute zusammen mit dem Fraunhofer ISI ein standortübergreifendes Kompetenzzentrum für eine ressourcenbewusste Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Hier können die Green-ICT-spezifischen Fragestellungen gebündelt bearbeitet und technologieübergreifende IKT-Gesamtlösungen bis zu einem hohen technischen Reifegrad aus einer Hand für Partner in Wirtschaft und Wissenschaft angeboten werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt das im August 2022 gestartete Vorhaben im Rahmen der Initiative Green ICT, die ein Bestandteil des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung ist.

Um die in Deutschland vorhandene mikroelektronische Forschung und Entwicklung in Bezug auf Quanten- und neuromorphes Computing zu bündeln und auszubauen, startete die FMD zusammen mit vier weiteren Fraunhofer-Instituten, dem Forschungszentrum Jülich und der AMO GmbH im Dezember 2022 ein gemeinsames Vorhaben: Die „Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland – Modul Quanten- und neuromorphes Computing“. Ziel der deutschlandweiten Kooperation „FMD-QNC“ ist, Forschende und Unternehmen bei der Entwicklung von maßgeschneiderter Mikroelektronik und skalierbaren Fertigungs- und Integrationsverfahren für die neuen Rechentechnologien bestmöglich zu unterstützen. Der dafür benötigte geräte-technische und strukturelle Aufbau wird vom BMBF gefördert.

### Steigerung der europäischen Innovationskraft in der Mikroelektronik

Damit Deutschland und Europa in der globalen Wertschöpfungskette weiterhin wichtige Akteure bleiben, wurden im Jahr 2022 innerhalb der FMD essenzielle Vorbereitungen für das technologische Fundament des »European Chips Act« getroffen.

So wird beispielsweise die FMD-QNC auf europäischer Ebene durch das Projekt „PREVAIL“ (Partnership for Realization and Validation of AI hardware Leadership) ergänzt. Im Projekt arbeiten die vier europäischen Forschungsorganisationen CEA-Leti, Fraunhofer, imec und VTT zusammen, um eine vernetzte 300-mm-Technologie-Plattform zur Herstellung von Chip-Prototypen für fortschrittliche Anwendungen der künstlichen Intelligenz und neuromorphen Computings zu schaffen. Der nationale Teil von PREVAIL umfasst die vier Fraunhofer-Institute EMFT, IIS, IPMS und IZM, die als Teil der FMD ihre 300-mm-Fertigungs-, Design- und Testeinrichtungen erweitern und komplementär zu der 300-mm-Technologie ihrer europäischen Forschungspartner einsetzen.

 [www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de](http://www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de)

 [fmd-insight.de/showroom](http://fmd-insight.de/showroom)

## Ausbildung auf höchstem Niveau: FMD startet mit dem Aufbau einer Mikroelektronik-Akademie

Mit dem Start der Mikroelektronik-Akademie legt die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) den Grundstein für moderne Ausbildungsangebote im Bereich Mikro- und Nanoelektronik, um dem Fachkräftemangel in Deutschland entgegenzuwirken. In Kooperation mit Bildungsträgern und Industriepartnern soll die Akademie im Rahmen einer einjährigen Konzeptionsphase praxisbasierte Modulangebote erarbeiten und über die nächsten drei Jahre erproben. Der Aufbau wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb des Rahmenprogramms Mikroelektronik der Bundesregierung gefördert.

Die Mikroelektronik-Akademie soll neue Inhalte und Formate zur Ausbildung von Fachkräften auf dem Gebiet der Mikro- und Nanoelektronik entwickeln und erproben. Ob als Ergänzung zur universitären Ausbildung oder als Zusatzqualifikation für Mitarbeitende: Die Idee verspricht Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Beschäftigte im Bereich Mikroelektronik sowie für den wissenschaftlichen Nachwuchs. Um moderne und vor allem praxisorientierte Lern- und Schulungsangebote zu ermöglichen, strebt die Mikroelektronik-Akademie eine enge Zusammenarbeit mit Bildungseinrichtungen, bestehenden Nachwuchsförderprojekten und der Industrie an.

In drei thematischen Säulen soll der hohe Grad an Spezialisierung, der im Bereich Mikroelektronik notwendig ist, auf exzellentem wissenschaftlichem Niveau ermöglicht und der Bedarf an Fachkräften optimal gedeckt werden. Die aus den Vorhaben „Green ICT @ FMD“ und „FMD-QNC“ abgeleiteten zwei Säulen „Ressourcenbewusste IKT“ und „praxisorientierte Halbleitertechnik und -technologie“ bilden gemeinsam mit der dritten Säule „Design mikroelektronischer Schaltungen und Systeme“ die thematische Basis der Akademie. Ziel ist es, langfristig aktiv auf Bereiche, wie z. B. Klimaschutz und Nachhaltigkeit, neuartige Rechentechnologien und Vertrauenswürdigkeit im Halbleiter- und Chipbereich, Einfluss zu nehmen und diese voranzutreiben.

Das übergeordnete Ziel ist, die Qualität der Fachkräfteausbildung auf dem Gebiet der Mikroelektronik zu verbessern. Neben der engen Zusammenarbeit mit Industrie- und Forschungspartnern werden daher Kooperationen mit Bildungsträgern und bereits bestehenden Aus- und Weiterbildungsinitiativen angestrebt. Dadurch werden sich zahlreiche Synergien ergeben sowie die Chance einer umfangreichen Vermittlung von Theorie und Praxis. Die Zusammenarbeit der in der Akademie involvierten Akteure soll dabei auf ganz Deutschland und perspektivisch auf Europa ausgeweitet werden, sodass sich ein engmaschiges Netz des Wissenstransfers ergibt.



*Mit dem Aufbau der Mikroelektronik-Akademie legt die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) den Grundstein für moderne Ausbildungsangebote im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik.*

Geplant ist, dass die Mikroelektronik-Akademie die Zugänglichkeit zum Thema Mikroelektronik für Interessierte mit unterschiedlichen Graden der Vorbildung durch Zertifizierungs- und Qualifizierungskurse ermöglicht. Daneben wird auch die Nachwuchsförderung durch ein umfangreiches und praktisches Lern- und Trainingsangebot einen zentralen Themenschwerpunkt einnehmen. Des Weiteren ermöglicht die Akademie Zugang zu praxisnahen Designumgebungen sowie zu hochmodernen Fertigungsinfrastrukturen und Testumgebungen.

 [s.fhg.de/Mikroelektronik-Akademie](https://s.fhg.de/Mikroelektronik-Akademie)

## Lausitz Science Network



*V.l.n.r.: Michael Hübner (BTU), Thomas Büsse (IAP), Günther Tränkle (FBH), Karin-Irene Eiermann (FBH), Mario Ragwitz (EIG), Lars Enghardt (DLR), Harald Schenk (Fraunhofer IPMS), Andreas Peter (DLR), Gesine Grande (BTU), Uwe Riedel (DLR), Gerhard Kahmen (IHP), Bernd Wenzel (KEI), Harry Lehmann (PtX), Andreas Otto (BBSR)*

Am 14. Dezember 2022 wurde in Cottbus das Lausitz Science Network gegründet. Im Rahmen dieses von der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg initiierten Vereins kooperieren die in Cottbus und Senftenberg engagierten Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, den Forschungsstandort gemeinsam zu stärken. Das Fraunhofer IPMS ist eines der Gründungsmitglieder mit seinem Institutsteil Integrated Silicon Systems ISS in Cottbus.

Die Beteiligten wollen zukünftig gemeinsame Tagungen durchführen, den wissenschaftlichen Nachwuchs fördern, wissenschaftliche Verbundvorhaben anstoßen und in die Gewinnung von Fachkräften und das Marketing des Wissenschaftsstandortes investieren.

Prof. Dr. Gesine Grande, Präsidentin der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg und gewählte Vorstandsvorsitzende des Lausitz Science Networks: „Mit dem Lausitz Science Network gehen wir den nächsten wichtigen Schritt, um Cottbus und Senftenberg zu einem sichtbaren und starken Wissenschaftsstandort zu machen. Wir lernen von anderen Wissenschaftsregionen, dass starke Netzwerke zu Spitzenforschung, internationaler Attraktivität und regionalem wirtschaftlichem Erfolg führen. Für den Lausitz Science Park, den wir gemeinsam mit der Stadt, dem Land und der WISTA Management GmbH planen, ist dieser Verein das wissenschaftliche Rückgrat.“

Brandenburgs Wissenschafts- und Forschungsministerin Dr. Manja Schüle: „Die Lausitz ist eine erfolgreiche Energie- und Industrieregion, die sich immer wieder neu erfindet. Zum Beispiel mit dem Lausitz Science Park, in dem sich Wissenschaft und Wirtschaft zu einem Innovations- und Technologiebooster zusammenschließen. Der Motor: das Lausitz Science Network, ein dynamisches Netzwerk mit der BTU, außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie starken Partnern aus Wirtschaft und Gesellschaft. Ich bin überzeugt: So gelingt die erfolgreiche Entwicklung des neuen Wissenschafts- und Technologieparks zu einem Kompetenzzentrum mit Strahlkraft: interdisziplinär, international, innovativ. So sieht erfolgreicher Strukturwandel ‚Made by future‘ aus.“

Wichtigstes Projekt im Lausitz Science Network ist der geplante Lausitz Science Park, der im Endausbau 420 Hektar groß sein soll. Er wird auf dem Gelände des ehemaligen Technologie- und Industrieparks, dem so genannten TIP-Gelände, am nordwestlichen Stadtrand von Cottbus in direkter Nachbarschaft zum Hauptcampus der BTU entstehen. Die BTU Cottbus-Senftenberg will Spitzenforschung und Transfer auf internationalem Niveau nachhaltig bündeln und so ein interdisziplinäres Innovationsnetzwerk sowie einen exzellenten Wissenschafts- und Technologiestandort entwickeln.

Schätzungen zufolge birgt der Lausitz Science Park ein Potenzial von mindestens 10.000 Arbeitsplätzen – von Studierenden zu Fachkräften, von Pädagogik bis Management. Er bietet Platz für 200 kleine und mittelständische Unternehmen, die hier zukünftig attraktive Arbeitsbedingungen, ein hochwertiges Forschungsumfeld und beste Rahmenbedingungen für Wissenschaft und Forschung, Innovation und Transfer finden werden. Dies wird exzellent ausgebildete Menschen in die Region bewegen, aber auch dazu beitragen, Fachkräfte in der Lausitz zu halten.

 [www.b-tu.de/lausitz-science-park](http://www.b-tu.de/lausitz-science-park)



### Ansprechpartner

Prof. Dr. Harald Schenk  
Institutsleiter  
+49 351 8823-154  
harald.schenk@  
ipms.fraunhofer.de



Projekttreffen des Projekts  
HybridEcho im Mai 2022

## Else Kröner Fresenius Zentrum für Digitale Gesundheit: Forschung fördern. Menschen helfen.

Das Else Kröner-Fresenius-Zentrum für Digitale Gesundheit (EKFZ) ist eine gemeinsame fakultätsübergreifende Initiative der TU Dresden, des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden, 5 Fraunhofer-Instituten – darunter das Fraunhofer IPMS – sowie des Leibniz-Instituts für Polymerforschung und des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf. Ziel ist es, innovative, digitale Technologien der Medizin vom Labor zu Patientinnen und Patienten zu bringen. Das Fraunhofer IPMS forscht im Projekt HybridEcho daran, die medizinische Bildgebung dank des Einsatzes von hochempfindlichen MEMS-basierten Ultraschallwandlern drastisch zu verbessern.

Als strahlungsfreie, mobile Technologie ist Ultraschall weit verbreitete und hat sich in der Medizin längst etabliert. Ultraschallwandler im medizinischen Bereich basieren derzeit meist auf Piezokeramiken und -kompositen. Diese senden Schallwellen aus und das zurückgesendete Echo wird zu einem Bild aufgezeichnet. Die Empfangsqualität von piezobasierten Ultraschallwandlern ist jedoch so gering, dass die räumliche Auflösung auf 1 – 2 mm in 10 cm Tiefe begrenzt ist. Moderne MEMS-basierte Ultraschallwandler bieten hier eine Lösung: Sie erlauben die Nutzung höherer Frequenzbandbreiten, was eine höhere Bildauflösung ermöglicht, und bieten eine kompaktere Bauweise.

Im Projekt HybridEcho kombiniert das Fraunhofer IPMS zusammen mit der Universitätsklinik Carl Gustav Carus Dresden, der Technischen Universität Dresden, dem Fraunhofer IKTS sowie der Contronix GmbH diese Vorteile mit modernsten Auswertelgorithmen. Hierfür wird der aus der 5G-Mobilfunktechnik bekannte Ansatz „massive MIMO“ (multiple input, multiple output) genutzt. Dabei wird die Sendeleistung gebündelt und die Übertragungseffizienz sowie der Datendurchsatz deutlich gesteigert werden. Daraus ergibt sich eine deutlich gesteigerte Bildqualität des Ultraschalls.

Das Gesamtsystem besteht aus einer mehrkanaligen hybriden Sendeeinheit aus piezoelektrischen und MEMS-basierten Ultraschallwandlern. Das Fraunhofer IPMS steuert seine kapazitiven mikromechanischen Ultraschallwandler (CMUTs) bei und integriert diese erfolgreich mit der Piezo-Sensorik auf einem gemeinsamen Substrat. Von der TU Dresden wurde ein Versuchsstand aufgebaut, um die Bildgebungsalgorithmen an diesem System zu testen.

2022 fand die Erweiterung der bisherigen Sensorik auf mehrkanalige Systeme, höhere Bandbreite und größere Empfangsensitivität mit einem für die Bildgebung geeigneten Packaging statt. Die verbesserte Technologie verspricht durch die höher auflösende Bildgebung bei größerer Eindringtiefe die frühzeitige Diagnose von Krankheiten (bspw. Krebserkrankungen), reduziert die Kosten und verbessert die Genesungsaussichten durch die hiermit mögliche Therapie von Krankheiten in frühen Stadien.

Zusätzlich macht sich das Fraunhofer IPMS dafür stark, die Kooperation mit dem EKFZ noch deutlich zu intensivieren. Ganz im Sinne von Else Kröner-Fresenius: Forschung fördern. Menschen helfen.

 [s.fhg.de/Hybridecho](https://s.fhg.de/Hybridecho)

 [s.fhg.de/Hybridecho-Video](https://s.fhg.de/Hybridecho-Video)



### Ansprechpartner

Marco Kircher  
Ultrasonic Components  
+49 351 8823-361  
marco.kircher@  
ipms.fraunhofer.de

## Patente

---

Ob neuartige MEMS-basierte Biegeaktoren, IP-Cores oder weltweit einzigartige Flächenlichtmodulatoren mit einzeln auslenkbaren Kippspiegeln – das Fraunhofer IPMS steht für Innovationen im Bereich optischer Sensoren und Aktoren, ASICs, Mikrosysteme sowie Nanoelektronik.

Das Fraunhofer IPMS verfügt derzeit über 263 erteilte Patente. 236 Patentanmeldungen befinden sich im Erteilungsverfahren.

 [s.fhg.de/IPMS-Patents](https://www.s.fhg.de/IPMS-Patents)

## Publikationen

---

Am Fraunhofer IPMS wird exzellent geforscht. Das belegen die zahlreichen Publikationen, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS 2022 veröffentlichten.

Ein Highlight im Jahr 2022 war eine Veröffentlichung zu innovativen In-Ear-Lautsprechern im renommierten Nature Journal Microsystems & Engineering. Hier stellte das Fraunhofer IPMS ein neuartiges Push-Pull-Prinzip für Lautsprecherkonzept vor, das in Tests eine hohe Lautstärke und exzellente Klangqualität gepaart mit ausgezeichneter Energieeffizienz bestätigte. Das Paper „The push-pull principle: an electrostatic actuator concept for low distortion acoustic transducers“ kann durch Open Access kostenfrei gelesen werden:

 [www.nature.com/articles/s41378-022-00458-z](https://www.nature.com/articles/s41378-022-00458-z)

Hören Sie auch in den Fraunhofer-Podcast mit Dr. Bert Kaiser zur Lautsprecher-Technologie hinein:

 [s.fhg.de/NGC-Podcast](https://www.s.fhg.de/NGC-Podcast)

Alle unsere Publikationen finden Sie unter:

 [s.fhg.de/IPMS-Paper](https://www.s.fhg.de/IPMS-Paper)



# Wissenschaftskooperationen

## Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Durch die Professur für Mikro- und Nanosysteme von Prof. Dr. Harald Schenk einerseits sowie den Institutsteil „Integrated Silicon Systems“ andererseits ist das Fraunhofer IPMS besonders eng mit der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg verbunden. Die Zusammenarbeit reicht von der gemeinschaftlichen Nutzung von Laboren und Räumlichkeiten über die Bereitstellung attraktiver Studienschwerpunkte bei der Graduiertenausbildung und Weiterbildung auf dem Gebiet der photonischen Mikrosysteme bis hin zur gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Die Labore des Fraunhofer IPMS an der BTU können Sie virtuell begehen:

 [s.fhg.de/ISS-Labore](https://s.fhg.de/ISS-Labore)

Darüber hinaus sind die Forschungsaktivitäten der BTU Cottbus-Senftenberg, des Fraunhofer IPMS sowie weiterer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen im Projekt „iCampus Cottbus“ zusammengeführt (s. S. 69).

Ebenso wie das Fraunhofer IPMS legt auch die BTU Cottbus-Senftenberg einen Schwerpunkt auf den Transfer. So ist die „Science Gallery entstanden“, die eine anschauliche und unterhaltsame Präsentation technologischer Innovationen in einem Showroom bietet. Die Science Gallery ist für die Öffentlichkeit zugänglich und präsentiert auch zwei Exponate des Fraunhofer IPMS, ein Ultraschallsensor- und ein Mikropositioniersystem.

 [innohub13.de/showrooms/sciencegallery](https://innohub13.de/showrooms/sciencegallery)

## Technische Universität Dresden

Seit Gründung des Fraunhofer IPMS besteht eine enge Partnerschaft mit der Technischen Universität Dresden. Dies gilt im Besonderen für die Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, deren Dekane das Fraunhofer IPMS traditionell als Kuratoren beraten. Über die Professur für Optoelektronische Bauelemente und Systeme von Prof. Dr. Hubert Lakner besteht ein intensiver Austausch mit Studierenden. Ausdruck der gemeinsamen Forschungsarbeiten sind regelmäßige gemeinschaftliche öffentliche Projektanträge, Veröffentlichungen, Messeteilnahmen und Patentanmeldungen.



Science Gallery der BTU Cottbus

Mit dem Leistungszentrum Mikro / Nano (S. 90) wurde die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Entwicklung innovativer Komponenten und Fertigungstechnologien weiter intensiviert.

Auch nach außen treten TU Dresden und Fraunhofer IPMS gemeinsam auf. Unter der Marke „DRESDENconcept“ hat sich die TU Dresden mit Partnern aus Wissenschaft und Kultur, darunter dem Fraunhofer IPMS, zusammengeschlossen, um die Exzellenz der Dresdner Forschung sichtbar zu machen und ihre Wissenschaftsstrategie zu koordinieren.

## Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW)

Um die Zusammenarbeit zu verstärken, werden seit 2021 gemeinsame Workshops veranstaltet, um Forschungsthemen und Projektideen auszutauschen (S. 56). Von Sensorik, Mensch-Maschine-Interaktion, Edge KI bis hin zu modernen Fertigungsverfahren finden sich eine Reihe von Themen, die gemeinsam gestaltet werden können.

Zukünftig wird das Fraunhofer IPMS zusätzlich auch Gastvorträge anbieten und Studierenden der HTW Dresden durch Exkursionen Praxiseinblicke am Institut ermöglichen.

Alle unsere Netzwerke  
finden Sie unter:  
[s.fhg.de/Kooperationen](https://s.fhg.de/Kooperationen)

# Abschlussarbeiten

---

## Bachelor

Meisel, Tenia  
**Optimierung der Richtcharakteristik von MEMS-Ultraschallwandlern durch passive Strukturen**  
BTU Cottbus-Senftenberg, Betreuer: Prof. Dr. Harald Schenk

Le, Tung Son  
**Datenerfassung und KI-basierte Datenauswertung von Ultraschallsensoren zur vorausschauenden Wartung**  
HSB Hochschule Bremen, Betreuer: Dr. Marcel Jongmanns

## Diplom

Song, Mingying  
TU Dresden, Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner

## Master

Godkhindi, Sampada Janardhan  
**Layout dependency of dielectric deposition for integration in semiconductor fabrication**  
TU Dresden, Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner

Günther, Marcel  
Hochschule Anhalt, Betreuer: Konrad Seidel

He, Dongzhe  
**Lifetime Measurement for NED-Micropositioning System**  
TU Braunschweig, Betreuerin: Dr. Christine Ruffert

Karakus, Firat  
**Analysis of Novel Diffusion Barriers for Interconnects**  
TU Chemnitz, Betreuer: Prof. Dr. Stefan E. Schulz, Dr. Maik Wagner-Reetz

Kini, Ganesh Rathnakar  
**Design of a multi-purpose CMOS oscillator for next generation automotive radar and aviation telecommunication millimetre wave solutions**  
TU Dresden, Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner

Mangadahalli Siddaramu, Shanmukha  
**Investigation of temperature-dependent behavior of STT-MRAM devices**  
Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Betreuer: Dr. Jyotirmoy Chatterjee, Dr. Maik Wagner-Reetz

Pourjafar, Amir  
**The effect of co-doping on the electrical performance, oxygen vacancy distribution, and crystallographic properties of ferroelectric hafnium oxide**  
TU Dresden, Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner, Konrad Seidel

Prabhu, Aditya  
**Fabrication and Electrical Characterization of Metal-Ferroelectric-Metal based capacitors for Laminated HfO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> and Hybrid Ferroelectric-Antiferroelectric stacks**  
TU Dresden, Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner, Konrad Seidel, Dr. David Lehninger

Valiappan, Manikandan  
**Parametric Study of the Nano E-Drive Mechanism in Clamped-Clamped Beams**  
TU Bergakademie Freiberg, Betreuer: Jorge Mario Monsalve Guaracao



## Promotion

Ali, Tarek  
**Novel Fluorite Structure Ferroelectric and Antiferroelectric Hafnium Oxide-based Nonvolatile Memories**  
TU Dresden; Betreuer: Prof. Lukas Eng, Konrad Seidel

Haruyanyan, Armen  
**Passive und aktive RFID-Tags im 60-GHz-Band**  
TU Dresden; Betreuer: Prof. Wolf-Joachim Fischer

Kirbach, Sven  
**Piezelektrische Eigenschaften Silizium-dotierter Hafniumdioxid Dünnschichten**  
TU Dresden; Betreuende: Prof. Dr. Hubert Lakner, Dr. Wenke Weinreich

Lederer, Maximilian  
**Material development of doped hafnium oxide for non-volatile ferroelectric memory application**  
TU Dresden; Betreuer: Prof. Lukas Eng, Konrad Seidel

Schulze, Tim  
BTU Cottbus-Senftenberg; Betreuer: Prof. Dr. Harald Schenk, Prof. Dr. Georg von Freymann

Schumann, Erik  
**Percolated Si:SiO<sub>2</sub> Nanocomposite: Oven- vs. Laser-Induced Crystallization of SiO<sub>x</sub> Thin Films**  
TU Chemnitz; Betreuerin: Prof. Dr. Sybille Gemming

Uhlig, Sebastian  
**Silizium-basierte Mikropumpen mit dem lateralen nanoskopischen elektrostatischen Antrieb**  
BTU Cottbus-Senftenberg; Betreuer: Prof. Dr. Harald Schenk

## Habilitation

Dr. Kämpfe, Thomas  
**Electron Devices Based On Ferroelectric Hafnium Oxide Thin Films**  
TU Dresden; Betreuer: Prof. Gerald Gerlach

*Arbeiten mit Sperrvermerk werden ohne Titel geführt.*

Unsere Stellenanzeigen für  
Abschlussarbeiten:  
[s.fhg.de/Bachelor-Master](https://www.fhg.de/Bachelor-Master)  
[s.fhg.de/IPMS-Promotion](https://www.fhg.de/IPMS-Promotion)



Sicherheitssysteme sind von **zentraler Bedeutung für Innovationen** im Bereich der Datenverarbeitung und treiben Fortschritte in entscheidenden Anwendungen wie der Luftfahrt, der Automobilindustrie und der Fertigung voran.

Das Fraunhofer IMPS liefert Prozessoren für kritische Anwendungen. Mit dem EMSA5-FS können Systementwickler die höchste Stufe der ISO26262-Zertifizierung ASIL-D problemlos erreichen. RISC-V-basierte Prozessoren wie dieser werden Anwendern auf der ganzen Welt neue, spannende Möglichkeiten eröffnen.«

**Calista Redmond**  
CEO, RISC-V International



Foto v.l.n.r.: Dr. Helmar Rendez (LEAG AG); Martin Landgraf (Fraunhofer IPMS); Hannes Koch (Referent der Sächsischen Staatskanzlei); Prof. Dr. Wolfgang A. Herrmann (Vorsitzender des Innovationsbeirats); Jörg Mühlberg (Geschäftsführer der Sächsischen Agentur für Strukturentwicklung (SAS) GmbH); Dr. Katrin Leonhardt (Vorstandsvorsitzende der Sächsischen Aufbaubank – Förderbank – SAB); Prof. Dr. Harald Schenk (Fraunhofer IPMS), Cornelia Quennet-Thielen (Staatssekretärin a.D. im BMBF), Dr. Wenke Weinreich (Fraunhofer IPMS)



Das Fraunhofer IPMS bietet am neuen Standort des Center for Nanoelectronic Technologies CNT mit seinem industriekompatiblen Reinraum und neuesten Halbleiterprozessanlagen **ideale Voraussetzungen für die anwendungsnahe, praxisorientierte Forschung.**

In direkter Nachbarschaft der Halbleiterwerke von Bosch und GlobalFoundries ist damit eine in Deutschland einzigartige Forschungsinfrastruktur entstanden. Sie verleiht Sachsen in der europäischen Innovationslandschaft im Bereich der Mikroelektronik ein weiteres Alleinstellungsmerkmal.«

**Dr. Katrin Leonhardt,**  
Vorsitzende des Vorstands der  
Sächsischen Aufbaubank – Förderbank – (SAB), hier mittig bei  
einem Besuch des Innovationsbeirats Sachsen im April 2022.

# Unsere Whitepaper

---

Mit unseren kostenfreien Whitepapers sind Sie jederzeit über aktuelle Standards und unsere Technologieentwicklungen informiert. Eine Auswahl sehen Sie hier.

## Time Sensitive Networking – Eine Einführung

Ethernet hat sich in Computer- und Automatisierungszentralen gleichermaßen durchgesetzt. Jedoch wurde Ethernet ursprünglich nicht für die Anforderungen aus der Automatisierungstechnik entwickelt. Das betrifft vor allem Anforderungen an garantierte und echtzeitfähige Kommunikation. Anwendungen der Industrie 4.0 allerdings erfordern in Zukunft immer mehr durchgängige Ethernet-Netzwerke, die mit der traditionellen Struktur nur noch mit hohem Aufwand hergestellt werden können. Das soll nun mit Ethernet TSN geändert werden.

 [s.fhg.de/TSN1-whitepaper](https://s.fhg.de/TSN1-whitepaper)

## RISC-V Prozessor-Core für funktionale Sicherheit

Im Gegensatz zu vielen anderen Befehlssatzarchitekturen ist RISC-V als Open-Source-Lizenz frei verwendbar, womit es jedem möglich ist, RISC-V-Cores und -Prozessoren zu entwickeln, ohne dafür Lizenzgebühren bezahlen zu müssen. Der RISC-V-Prozessor EMSA5-FS für eingebettete funktionale Sicherheit des Fraunhofer IPMS ist ein 32-Bit-Prozessor mit fünfstufiger Pipeline, der die offene Standard-RISC-V-Befehlssatzarchitektur (ISA) unterstützt. Dieser wird in diesem Whitepaper vorgestellt.

 [s.fhg.de/RISC-V-whitepaper](https://s.fhg.de/RISC-V-whitepaper)

Alle Whitepaper können Sie auf unserer Webseite lesen und downloaden:  
[s.fhg.de/IPMS-Whitepaper](https://s.fhg.de/IPMS-Whitepaper)



## MIMUTs – Ultraschallwandler

Ultraschallwandler werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt: von der medizinischen Bildgebung über zerstörungsfreie Prüfungen bis hin zu Parksensoren. Mechanisch verbundene mikromechanische Ultraschallwandler (MIMUTs) sind eine neue Entwicklung, die von den Vorteilen herkömmlicher Ultraschallwandler profitiert und gleichzeitig deren Einschränkungen überwindet. Dieses Whitepaper gibt einen Überblick über diese Entwicklungen.

 [s.fhg.de/MIMUTS-whitepaper](https://s.fhg.de/MIMUTS-whitepaper)

# Unsere Webinare

Unsere kostenlosen Tech-Webinare bieten Ihnen einen spannenden Einblick in aktuelle Forschungsthemen und Technologieanwendungen. Hier eine Auswahl:



## Flächenlichtmodulatoren – Status und Potenzial für die Holografie

Flächenlichtmodulatoren (SLM) spielen eine zentrale Rolle in verschiedenen Anwendungsbereichen wie z. B. Bildprojektion, Wellenfrontkontrolle und Lichtstrahlsteuerung. Es gibt sowohl Flüssigkristall- als auch MEMS-basierte Modulatorarten. Das Webinar präsentiert drei verschiedene Vorträge von SLM-Experten, die sich mit verschiedenen komplementären SLM-Varianten befassen. Besonderes Augenmerk wird auf die Perspektive des Einsatzes von SLMs für computergenerierte Holografieanwendungen gelegt, bis hin zu echten holografischen 3D-Displays ohne negative physiologische Nebenwirkungen. Der Einführungsvortrag wird von einem herausragenden und bekannten Experten für Augmented, Virtual und Mixed Reality Displays gehalten.

 [s.fhg.de/Holografie-webinar](https://s.fhg.de/Holografie-webinar)

## Two-photon polymerization 3D printing for high-resolution rapid microfabrication

Das Zwei-Photonen-Lithographie-System des Fraunhofer IPMS erlaubt die dreidimensionale additive Fertigung von Mikro- und Nanostrukturen in einem photosensitiven Polymer. Im Webinar erfahren Sie mehr über die technischen Möglichkeiten und die Anwendungen.

 [s.fhg.de/two-photon-webinar](https://s.fhg.de/two-photon-webinar)

## Neuromorphic Computing for Edge AI

In diesem Webinar werden Vorteile und Herausforderungen verschiedener technischer Lösungen vorgestellt, um das Ziel einer effizienten neuromorphen Computerhardware für Edge-Intelligence-Systeme zu erreichen. Obwohl die Kommunikationswege im Gehirn und in anderen neuronalen Systemen nicht direkt in elektronische Schaltungen übersetzt werden können, bilden diese mathematischen Modelle die Grundlage für die Umsetzung. Derzeit werden verschiedene Hardware-Realisierungen diskutiert, z. B. analoge/digitale CMOS-Schaltungen mit gemischten Signalen, asynchrone und ereignisbasierte Kommunikations- und Verarbeitungsschemata sowie memristive, Phasenwechsel-, ferroelektrische oder spintronische Bauelemente und andere Nanotechnologien.

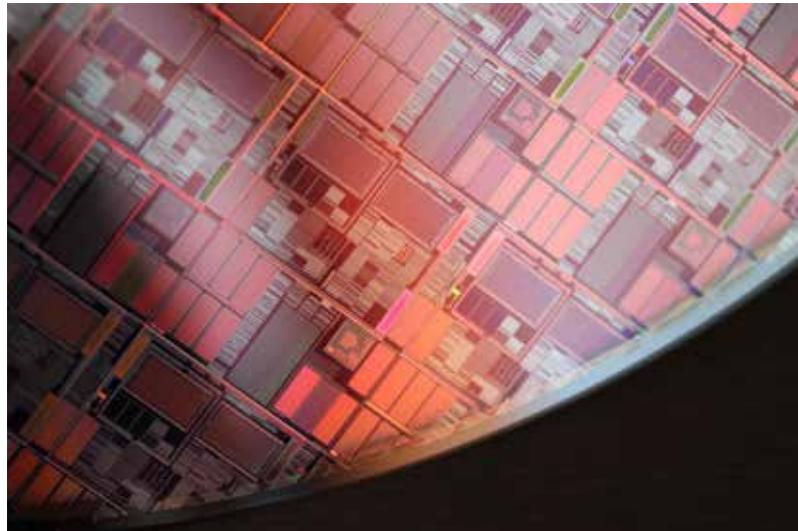
 [s.fhg.de/Neuromorphic-AI-webinar](https://s.fhg.de/Neuromorphic-AI-webinar)

Stöbern Sie gerne in unserer Mediathek unter [s.fhg.de/IPMS-Webinare](https://s.fhg.de/IPMS-Webinare)

# Services

---

Das Fraunhofer IPMS bietet Ihnen eine Auswahl an Service-Dienstleistungen an:



## **MEMS Technologies Dresden**

Das Fraunhofer IPMS bietet seinen Kunden den kompletten Service für die Entwicklung von mikro-elektro-mechanischen Systemen (MEMS) und mikro-opto-elektro-mechanischen Systemen (MOEMS) auf 200-mm-Wafern. Die technologische Entwicklung und Betreuung der MEMS-Technologien – von Einzelprozessen über Technologiemodule bis hin zur kompletten Technologie sowie die prozesstechnische Betreuung der Anlagen im Reinraum – wird durch unser Team von über 90 Ingenieuren, Operatoren und Technikern gewährleistet. Auf Kundenwunsch übernehmen wir nach der erfolgreichen Entwicklung die Pilotfertigung oder unterstützen einen Technologietransfer. Damit decken wir die technologischen Reifegrade (TRL) von 3 bis 8 ab.

 [s.fhg.de/MEMS-Dresden](https://www.s.fhg.de/MEMS-Dresden)

## **300-mm-Halbleiterprozesse & Screening Fab**

Wir bieten im Bereich FEoL und BEoL Technologieentwicklungen und Services an. Für die Serienfertigung von Halbleiterbauelementen wie z. B. Mikroprozessoren, ist jeder einzelne Prozessschritt für die Bewertung und Optimierung von Interesse. Testvehikel und Testwafer sind unerlässlich, um Entwicklungen und neue Materialien unter Produktionsbedingungen zu testen und ermöglichen es, schnell auf Prozessänderungen zu reagieren sowie Chemikalien oder Prozesse von „Lab to Fab“ zu übertragen. In der „Screening Fab“ bieten wir Ihnen daher Screening- und Evaluierungsdienstleistungen für Materialien, Prozesse, Chemikalien und Verbrauchsmaterialien vom Labor bis zum Produktionsmaßstab an – unter industriellen Bedingungen in einem state-of-the-art 300-mm-Reinraum.

 [www.screeningfab.com](http://www.screeningfab.com)



## Analytik und Metrologie

Wir verfügen in unseren Labors für physikalische Fehleranalyse über eine Vielzahl von analytischen Charakterisierungsmethoden. Der Schwerpunkt liegt auf der Wafercharakterisierung mit verschiedenen Röntgenverfahren sowie Raman-Spektroskopie und ToF-SIMS. Darüber hinaus stehen hochauflösende Elektronenmikroskopie und Kornanalyse mit entsprechenden Präparationstechniken zur Verfügung. Atomare und piezoelektrische Kraftmikroskopie sowie chemisches Ätzen von Waferoberflächen runden das Portfolio ab. Darüber hinaus ist hier eine vollständige elektrische Charakterisierung möglich.

Mit unserer Inline-Metrologie können wir physikalische und chemische Eigenschaften von Strukturen auf 300-mm-Wafern bestimmen. All unsere Geräte für die Analyse auf Waferebene sind in einer Reinraumumgebung der Klasse 1000 (Klasse 6 ISO 14644-1) untergebracht, die den Industriestandards entspricht.

 [s.fhg.de/Analytik](https://s.fhg.de/Analytik)

## RF-Charakterisierung

Am Fraunhofer IPMS kann die HF/mm-Wellen-Charakterisierung entweder in Koaxial-/Hohlleitermessumgebung oder auf Waferebene erfolgen. In beiden Fällen sind spezielle Messgeräte sowie anwendungsorientierte Aufbauten erforderlich. Insbesondere ermöglicht eine fortschrittliche halbautomatische Probe-Station die automatisierte On-Wafer-S-Parameter-Charakterisierung von 2-Tor-Bauteilen bis 170 GHz und 4-Tor-Bauteilen bis 67 GHz. Außerdem stehen für die nichtlineare Charakterisierung aktiver Bauelemente der vektorielle Load-Pull-Messaufbau bis 65 GHz und der skalare Load-Pull-Messaufbau bis 110 GHz zur Verfügung. Zudem wird die Extraktion der Rauschparameter bis 170 GHz mit Hilfe der Source-Pull-Technik durchgeführt.

 [s.fhg.de/Charakterisierung](https://s.fhg.de/Charakterisierung)

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[s.fhg.de/IPMS-Services](https://s.fhg.de/IPMS-Services)

# Evaluation Kits

Mit unseren Evaluation Kits erhalten Sie ein voll funktionsfähiges Versuchssetup und können unsere Technologie sofort in Ihrer Anwendung testen.



## **MEMS-Scanner für den quasi-statischen oder resonanten Betrieb**

Die Evaluation-Kits „QSDrive Scan Kit“ (für quasi-statische Scanner) und „Simple MEMS Driver“ (für resonante Scanner) gestatten es insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen, MEMS-Scanner des Fraunhofer IPMS ohne die aufwendige Eigenentwicklung einer Ansteuerelektronik spezifikationsgemäß zu betreiben.

Das Evaluation Kit für quasi-statische Scanner besteht aus einem ResoLin-Bauelement – einem kardanischem MEMS-Scanner mit einer linearen Achse und einer optionalen, orthogonal orientierten resonanten Achse – sowie einer Ansteuerelektronik, die den Betrieb der Bauelemente mit einer mitgelieferten optimierten Trajektorie ermöglicht. Je nach Ausführung des MEMS-Bauelements sind auch der geregelte Betrieb des Bauelements sowie ein synchronisierter Betrieb der resonanten Achse möglich. Die Funktionssteuerung erfolgt durch eine Software, die mit der Elektronik über USB kommuniziert.

Das resonante Scanner-Kit enthält ein 1D- oder 2D-resonantes Bauelement – einen kardanischem MEMS-Scanner mit einer oder optional mit zwei orthogonal orientierten resonanten Achsen – sowie der Simple-MEMS-Ansteuerelektronik, die den Betrieb beider Achsen mit der jeweiligen Resonanzfrequenz ermöglicht. Je nach Ausführung des MEMS-Bauelements ist auch ein synchronisierter Betrieb der resonanten Achsen möglich. Die Funktionssteuerung erfolgt durch eine Software, die mit der Elektronik über USB kommuniziert.

Beide Evaluation Kits liefern einen Scankopf mit, der das Bauelement hält. So kann dank seiner speziellen Konstruktion das Evaluation Kit leicht in gängige optische Versuchsaufbauten integriert werden.

 [s.fhg.de/MEMS-Kit](https://www.s.fhg.de/MEMS-Kit)



## CMUT

Das Evaluation Kit „CEK CMUT“ bietet interessierten Entwicklern von Ultraschall-Sensoren und -Anwendern die Möglichkeit, ein voll funktionsfähiges Versuchssetup zur Evaluation von miniaturisierten, kapazitiven, mikromechanischen Ultraschallwandlern (CMUT) aufzubauen. Es besteht aus wahlweise ein oder zwei CMUT-Sensormodulen, einer angepassten Steuer-elektronik sowie einer Software als Web-Applikation, die über Plug-and-Play den CMUT kontrolliert.

 [s.fhg.de/CMUT-Evaluationkit](https://s.fhg.de/CMUT-Evaluationkit)

## RISC-V Prozessor IP-Core

Unsere EMSA5 Demo-Plattform ist ein ideales Werkzeug für die Evaluierung des RISC-V Prozessor IP-Cores EMSA5. Sie enthält ein Artix®-7 35T FPGA Arty-Evaluationsboard mit implementierten EMSA5 IP-Core. Dank der enthaltenen Peripherien und Erweiterungsschnittstellen ist das Kit ideal für zahlreiche Anwendungen. Es ist über JTAG programmierbar und enthält Quad-SPI-Flash, einen JTAG-Port, 10/100 Mb/s Ethernet und eine USB-UART-Bridge, 4 Pmod-Anschlüsse und einen Arduino Shield-Erweiterungsanschluss.

 [s.fhg.de/RISC-V-Evaluation-Kit](https://s.fhg.de/RISC-V-Evaluation-Kit)

## LiFi Hotspot & Gigadock

Im Bereich LiFi bieten wir Ihnen zwei Evaluation Kits mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Für eine optische, drahtlose, bidirektionale Punkt-zu-Punkt-Datenverbindung im Vollduplexmodus über kurze Distanzen im cm-Bereich eignet sich LiFi GigaDock®. Verschiedene Ausführungen bieten Datenraten von 1 – 5 Gbit/s. Bei mittleren Distanzen im Meterbereich bietet sich unser Evaluation Kit LiFi Hotspot an. Es unterstützt Datenraten bis 1 GB/s bei einer Distanz bis zu 5 Metern.

 [s.fhg.de/Hotspot-Kit](https://s.fhg.de/Hotspot-Kit)

 [s.fhg.de/Gigadock-Kit](https://s.fhg.de/Gigadock-Kit)

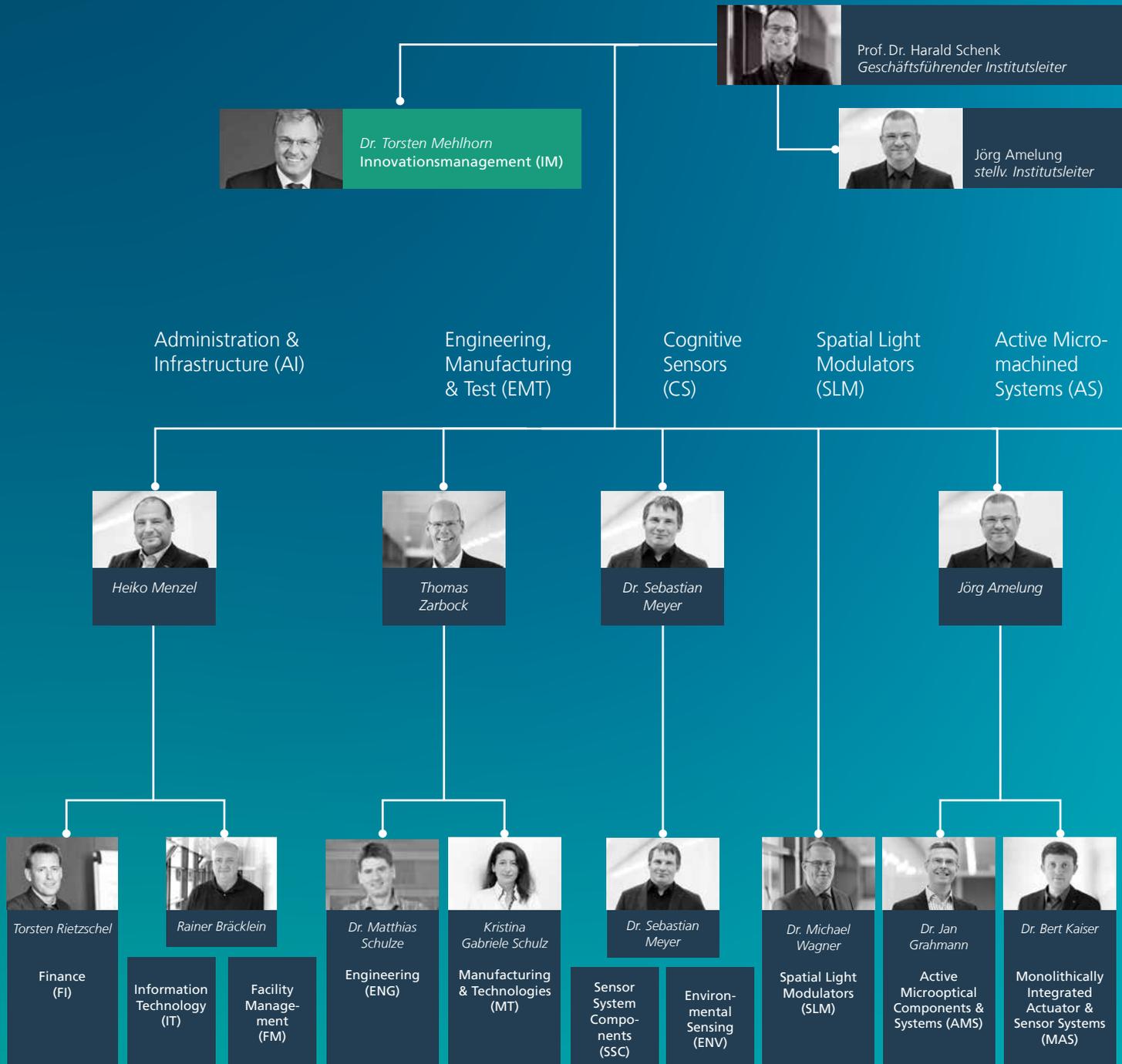
## Ethernet Time Sensitive Networking (TSN)

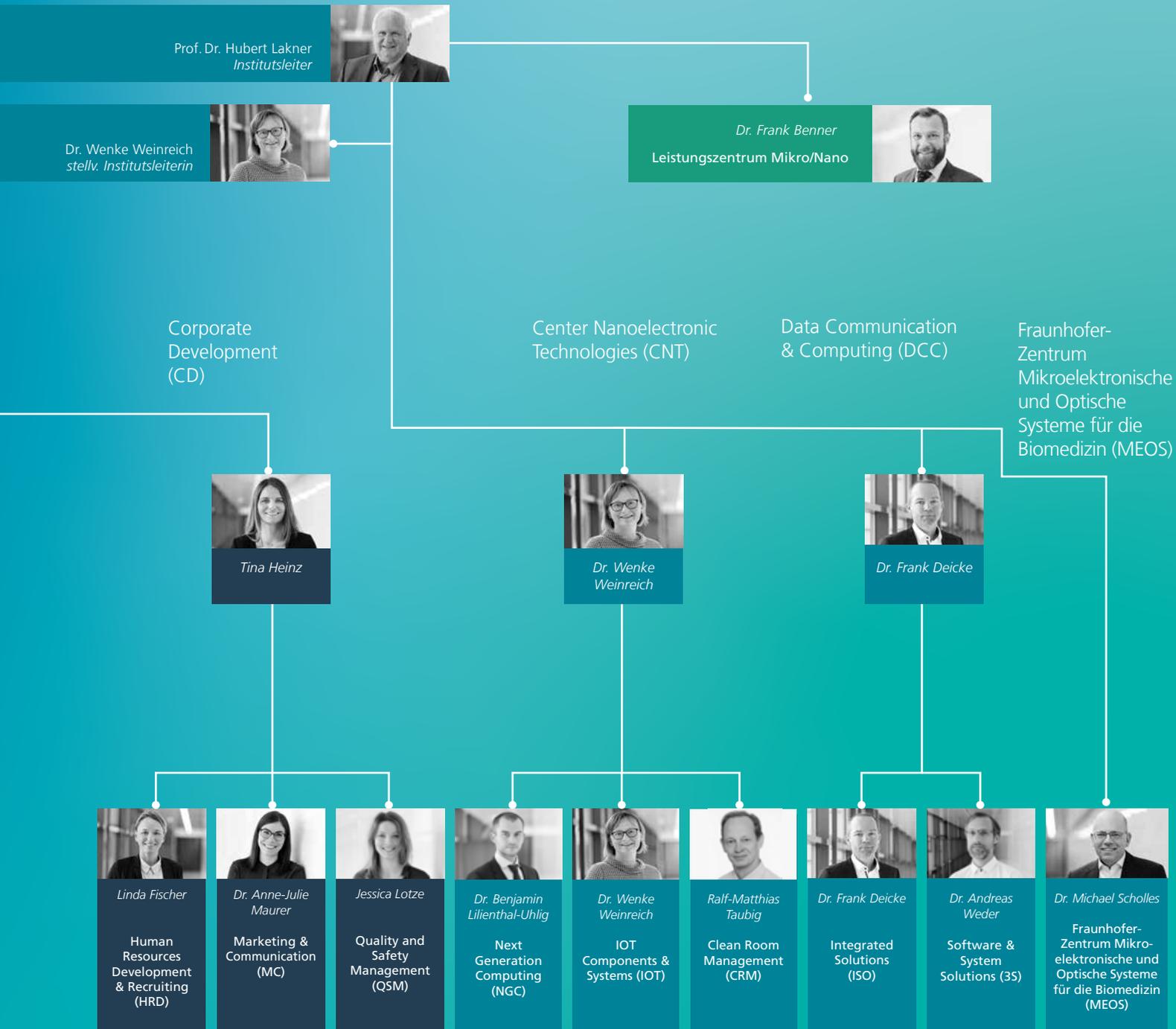
Das Evaluation Kit besteht entweder aus einem Smartzync Board (Xilinx) oder einem Netleap Board (Intel/Altera) mit einem wahlweise implementierten IPMS TSN-IP-Core für Endpunktanwendungen (TSN-EP), Switched Endpunkt-Anwendungen (TSN-SE) oder Switch-Anwendungen (TSN-SW). Linuxtreiber mit Anwendungsbeispielen sowie RTOS-Testapplikationen und TSN-Netzwerk-Konfigurationsbeispiele sind ebenfalls erhältlich.

 [s.fhg.de/TSN-Evaluation-Kit](https://s.fhg.de/TSN-Evaluation-Kit)

Weitere Informationen  
finden Sie unter:  
[s.fhg.de/IPMS-Kits](https://s.fhg.de/IPMS-Kits)

# Organigramm





# Ansprechpersonen

---

**Prof. Dr. Harald Schenk** | +49 351 8823-154 | harald.schenk@ipms.fraunhofer.de

Dr. Torsten Mehlhorn | +49 355 693-336 | torsten.mehlhorn@ipms.fraunhofer.de

Jörg Amelung | +49 351 8823-4691 | joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de

Heiko Menzel | +49 351 8823-244 | heiko.menzel@ipms.fraunhofer.de

Thomas Zarbock | +49 351 8823-372 | thomas.zarbock@ipms.fraunhofer.de

Dr. Sebastian Meyer | +49 351 8823-137 | sebastian.meyer@ipms.fraunhofer.de

Tina Heinz | +49 351 8823-430 | tina.heinz@ipms.fraunhofer.de

Torsten Rietzschel | +49 351 8823-425 | torsten.rietzschel@ipms.fraunhofer.de

Rainer Bräcklein | +49 351 8823-342 | rainer.braecklein@ipms.fraunhofer.de

Dr. Matthias Schulze | +49 351 8823-335 | matthias.schulze@ipms.fraunhofer.de

Kristina Gabriele Schulz | +49 351 8823-436 | kristina.schulz@ipms.fraunhofer.de

Dr. Michael Wagner | +49 351 8823-225 | michael.wagner@ipms.fraunhofer.de

Dr. Jan Grahmann | +49 351 8823-349 | jan.grahmann@ipms.fraunhofer.de

Dr. Bert Kaiser | +49 351 8823-150 | bert.kaiser@ipms.fraunhofer.de

Linda Fischer | +49 351 8823-303 | linda.fischer@ipms.fraunhofer.de

Dr. Anne-Julie Maurer | +49 351 8823-2604 | anne-julie.maurer@ipms.fraunhofer.de

Jessica Lotze | +49 351 8823-1700 | jessica.lotze@ipms.fraunhofer.de

**Prof. Dr. Hubert Lakner** | +49 351 8823-111 | hubert.lakner@ipms.fraunhofer.de

Dr. Wenke Weinreich | +49 351 2607-3053 | wenke.weinreich@ipms.fraunhofer.de

Dr. Frank Benner | +49 351 8823-418 | frank.benner@ipms.fraunhofer.de

Dr. Frank Deicke | +49 351 8823-385 | frank.deicke@ipms.fraunhofer.de

Dr. Benjamin Lilienthal-Uhlig | +49 351 2607-3064 | benjamin.lilienthal-uhlig@ipms.fraunhofer.de

Dr. Andreas Weder | +49 351 8823-255 | andreas.weder@ipms.fraunhofer.de

Dr. Michael Scholles | +49 361 66338-151 | michael.scholles@ipms.fraunhofer.de

# Standorte

## **Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS**

Maria-Reiche-Straße 2  
01109 Dresden  
+49 351 8823 0  
E-Mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)



## **Fraunhofer IPMS – Center Nanoelectronic Technologies CNT**

An der Bartlake 5  
01109 Dresden  
+49 351 2607 0  
E-Mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)



## **Fraunhofer IPMS – Institutsteil Integrated Silicon Systems ISS**

Fraunhofer IPMS an der  
BTU Cottbus-Senftenberg  
Konrad-Zuse-Straße 1  
03046 Cottbus  
+49 355 69 24 83  
E-Mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms-iss.fraunhofer.de](http://www.ipms-iss.fraunhofer.de)

## **Fraunhofer-Zentrum für Mikroelektronische und Optische Systeme für Biomedizin MEOS**

Herman-Hollerith-Straße 3  
99099 Erfurt  
+49 361 66338 150  
E-Mail: [meos@ipms.fraunhofer.de](mailto:meos@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.meos.fraunhofer.de](http://www.meos.fraunhofer.de)





## 30 Jahre Fraunhofer in Dresden – 30 Jahre Fraunhofer IPMS

---

2022 feierte die Fraunhofer-Gesellschaft ihr 30-jähriges Bestehen in Dresden. Das Fraunhofer IPMS startete als Außenstelle des Fraunhofer IMS Duisburg und wurde 2003 ein eigenständiges Institut. Aus 150 Mitarbeitenden und 13 Mio. € Budget sind mittlerweile mehr als 500 Mitarbeitende und ein Budget von über 50 Mio. € geworden. Werfen Sie mit uns einen Blick auf 30 erfolgreiche Jahre!



 [s.fhg.de/30-Jahre-Fraunhofer-IPMS](https://s.fhg.de/30-Jahre-Fraunhofer-IPMS)

# Impressum

---

© Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS,  
Dresden 2023

## Rechte

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung der  
Institutsleitung.

## Redaktion

Fraunhofer IPMS, Dr. Anne-Julie Maurer

## Fotos

Seite 14 v.l.n.r.: © imec, Fraunhofer IOF, FZ Jülich  
Seite 17 SEC-learn © Fraunhofer IDMT  
Seite 17 NeuroSmart © Fraunhofer ISIT  
Seite 21 © Fraunhofer Mikroelektronik  
Seite 23 © Fraunhofer IZM  
Seite 27 © Fraunhofer IZI  
Seite 28 © magicmine  
Seite 40 © iBoss GmbH  
Seite 47 © Fraunhofer Mikroelektronik  
Seite 51 © HiperScan  
Seite 52 © Thomas Trutschel (phototek)  
Seite 54 © Christian Schneider-Bröcker  
Seite 55 LASER © Fraunhofer/Markus Jürgens  
Seite 57 electronica © Fraunhofer/Markus Jürgens  
Seite 58 o.r. und u.r. © BTU Cottbus-Senftenberg/Ralf Schuster  
Seite 59 oben © Anja Rottke  
Seite 60 o.l. © Fraunhofer IOF  
Seite 60 u.l. © WEKA Fachmedien  
Seite 61 u.r. © S. Abdulazhanov  
Seite 70 © Fraunhofer IAF  
Seite 71 © Fraunhofer Mikroelektronik  
Seite 72 © BTU Cottbus-Senftenberg/Ralf Schuster  
Seite 73 © EKfZ  
Seite 75 © Innovation Hub 13, Alexander Retsch  
Seite 77 © HTW Dresden, Peter Sebb  
Seite 89 Foto IPMS-ISS © BTU Cottbus-Senftenberg

# Vernetzen Sie sich

---



## LinkedIn

Unsere Pressemeldungen, Veranstaltungen und  
aktuelle News immer im Blick beim weltweit größten  
Businessnetzwerk.

 [www.linkedin.com/company/fraunhofer-ipms](http://www.linkedin.com/company/fraunhofer-ipms)

## Youtube

Spannende Interviews, Blicke hinter die Kulissen sowie  
Videos und Animationen der Technologien des  
Fraunhofer IPMS.

 [www.youtube.com/user/fraunhoferipms](http://www.youtube.com/user/fraunhoferipms)



Fraunhofer-Institut für  
Photonische Mikrosysteme IPMS  
Maria-Reiche-Straße 2  
01109 Dresden  
+49 351 88 23-0  
[info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
[www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)

Das Fraunhofer IPMS ist international führender Forschungs- und Entwicklungsdienstleister für elektronische und photonische Mikrosysteme in den Anwendungsfeldern Intelligente Industrielösungen, Medizintechnik und Gesundheit sowie Mobilität. In allen großen Märkten – wie IuK, Konsumgüter, Fahrzeugtechnik, Halbleiter, Mess- und Medizintechnik – finden sich innovative Produkte, die auf am Fraunhofer IPMS entwickelten Technologien basieren.