

Jahresbericht 2021

Sensoren und Aktoren für Mensch und Umwelt

#WeKnowHow

Fraunhofer EMFT

Maßgeschneiderte Lösungen

für Kundinnen &
Kooperationspartner



Unser Angebotsportfolio spiegelt die Vielfältigkeit der Münchner Unternehmenslandschaft wider, in der von Großkonzernen bis zu superkreativen Start-ups alles vertreten ist. Statt Lösungen von der Stange haben wir den Anspruch, unseren Kundinnen individuelle, möglichst einfache und gleichzeitig ausgefeilte Lösungen zu bieten. Dabei kommt es nicht auf die Größe des Projekts an, sondern darauf, wie der Kunde mit unserer Hilfe erfolgreich wird. Der Kunde wächst im Markt und wir wachsen als Technologiepartner mit – das verstehe ich unter Win-Win. Die Bilanz sind oft jahrelange, sehr vertrauensvolle Kooperationen mit spannenden Kunden.«

Prof. Christoph Kutter,
Direktor der Fraunhofer EMFT



Grußwort

Liebe Partner, Kundinnen und Förderer der Fraunhofer EMFT,

wir erleben gerade spannende Zeiten. Seit fast zwei Jahren sehen wir uns mit Herausforderungen konfrontiert, die wohl niemand von uns auf dem Radar hatte. Wir müssen schmerzlich erleben, wie unsere Abhängigkeit von internationalen Lieferketten unsere Wirtschaft – und eben auch unsere Forschung und Innovationskraft – ausbremst.

Wir sollten diese Erfahrungen zum Anlass nehmen, um eine längst fällige Weichenstellung vorzunehmen: Deutschland, Europa muss wieder unabhängiger werden. Das bedeutet zum einen, die Produktion von Chips und Halbleiterkomponenten wieder verstärkt in die eigene Hand zu nehmen. Es bedeutet aber auch, uns auf unsere Stärken zu besinnen: Unser Know-how in der Entwicklung von Mikroelektronik-Komponenten und Systemen für Zukunftsanwendungen wie Next Generation Computing, Quantentechnologien, Ressourceneffizienz und Bioökonomie. Im Fokus der Entwicklungen stehen dabei die Aspekte Leistungsfähigkeit und

Energieeffizienz von den Gesamtsystemen und der zugrundeliegenden Chips. Daher stellt der Ausbau der System- und Schaltungstechnik eine wichtige zukünftige Säule für den Erfolg der Fraunhofer EMFT dar. Im Bereich Circuit Design konnten wir sowohl unsere Expertise als auch unser Team im vergangenen Jahr stark aufbauen. Mit Prof. Amelie Hagelauer steht seit September 2021 zudem eine zweite Direktorin an der Spitze der Fraunhofer EMFT, die auf den Themengebieten der integrierten HF und analogen Schaltungstechnik eine beeindruckende Forschungsvita vorweisen kann. —> Mehr Details finden Sie auf Seite 6 dieses Jahresberichts.

Untrennbar damit verbunden ist sowohl der Schutz dieses wertvollen Know-how als auch die Gewissheit, dass diese Komponenten im Einsatz absolut zuverlässig und manipulations-sicher funktionieren. Hardwarebasierte Sicherheit ist seit vielen Jahrzehnten eine wichtige Säule in unserem Angebotsportfolio und wir können zurecht stolz sein auf die langjährigen Kooperationen mit namhaften Kunden und Kundinnen in diesem Bereich.

Umso mehr freut es uns, dass wir 2022 die Früchte ernten können, die wir 2021 intensiv vorbereitet haben: Mit dem Munich Quantum Valley und dem Trusted Electronics Center Bayern entstehen derzeit gleich zwei hochkarätige Forschungszentren, in denen wir gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen anderer bayerischer Fraunhofer-Institute, mehreren bayerischen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen die beiden großen Themen Quantencomputing und Trusted Electronics vorantreiben können – ausgestattet mit einer großzügigen Förderung von insgesamt rund 60 Millionen Euro durch das bayerische Wirtschaftsministerium.

Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler leisten jeden Tag Großartiges – mehr, als wir in diesem Vorwort unterbringen können. Doch zwei weitere Highlights aus

2021 möchten wir Ihnen nicht vorenthalten: Im September haben wir unser ROADAR-System zur Früherkennung von Aquaplaning und Glatteis auf der IAA Mobility mit einer Live-Demonstration präsentiert. —> Impressionen finden Sie auf Seite 59. Zudem durften wir im November dem Team des EU-Projekts Serene IOT zur Auszeichnung mit dem PENTA Innovation Award gratulieren. Im Rahmen des Projekts wurde ein IoT-fähiges, mobiles Analysegerät zum MRSA-Nachweis entwickelt (—> mehr dazu auf Seite 39).

Wir laden Sie jetzt ein, auf den folgenden Seiten auf unser Jahr 2021 zurückzublicken und wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.

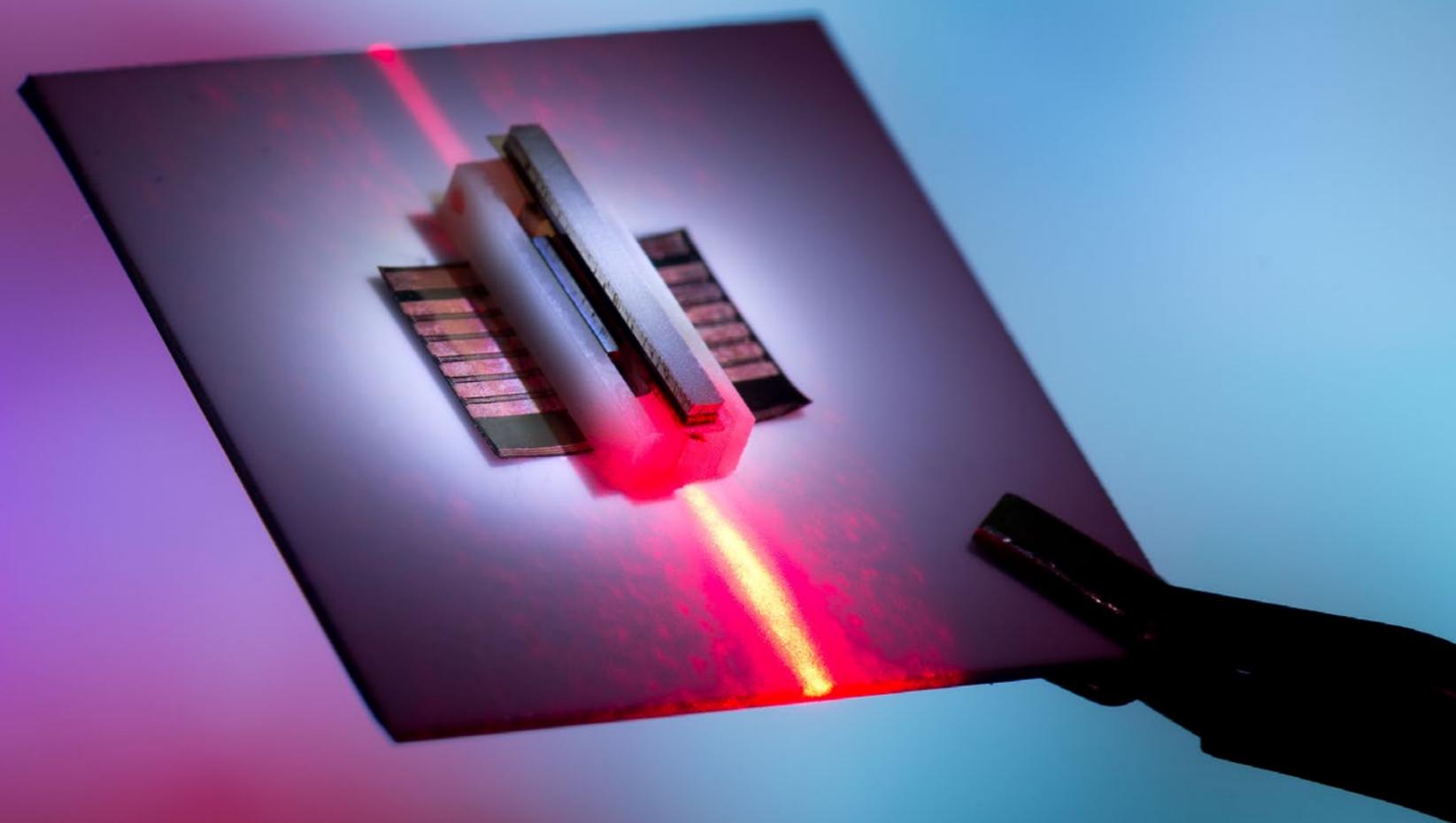
Herzliche Grüße,

Prof. Dr.-Ing. Amelie Hagelauer

Prof. Dr. rer. nat. Christoph Kutter

Inhalt

Innovation durch komplementäre Kompetenz.....	6
Menschen, Zahlen, Fakten	8
Strategische Forschungsthemen	12
Kompetenzen und Referenzprojekte	14
Mikro- und Nanotechnologien	17
Mikropumpen	23
Sichere Elektronik.....	29
Sensorlösungen	35
Wissenschaftliche Aktivitäten.....	40
Auszeichnungen	41
Bachelorarbeiten	42
Masterarbeiten.....	43
Promotionen	44
Vorträge	44
Veröffentlichungen	45
Patente	47
Angebotsspektrum.....	50
Leistungsspektrum der Fraunhofer EMFT.....	50
Technologien und Ausstattung an der Fraunhofer EMFT	50
Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE.....	52
Netzwerk.....	54
Die Fraunhofer-Gesellschaft	55
Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland	56
Leistungszentrum »Sichere intelligente Systeme«	58
Universitäten und Hochschulen	60
Nachwuchsförderung.....	63
Kontakt.....	64
Impressum	67



Elektrooptisches 3D-Subsystem zur optischen Datenübertragung im Tbit/s-Bereich mit hochperformantem, flexiblem 3 Chips-on-Foil-Interposer

Innovation durch komplementäre Kompetenz

Prof. Dr. Amelie Hagelauer

Neue Themen voranbringen und Antworten auf die komplexen Herausforderungen unserer Zeit finden – auch dank ihres ausgeprägten Pioniergeistes kann Amelie Hagelauer auf eine beeindruckende Karriere zurückblicken. Seit September 2021 leitet sie die Fraunhofer EMFT gemeinsam mit Christoph Kutter und wurde auf den Lehrstuhl für Mikro- und Nanosystemtechnik an der TU München berufen. Davor hielt sie die Professur für Kommunikationselektronik an der Universität Bayreuth.



Schaltungs- und Chipdesign hatten Amelie Hagelauer schon während ihres Mechatronik-Studiums an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen (FAU) fasziniert, wo sie auch 2010 zum Thema »Verlustmechanismen in BAW-Komponenten für Mobilfunkkommunikation« promovierte. Sie blieb als akademische Rätin an der FAU, wo sie neben ihrer Forschungs- und Lehrtätigkeit für Projektmanagement und Personalplanung des Lehrstuhls zuständig war.

Ihre Forschungsschwerpunkte umfassen RF Chip-Design für Kommunikations- und Radaranwendungen, integrierte analoge und Mixed-Signal Schaltungen für KI-Anwendungen sowie mikroakustische Komponenten für Mobilfunkanwendungen. In der wissenschaftlichen Community ist Hagelauer bestens vernetzt: Sie sitzt in verschiedenen Gremien der IEEE UFFC-S, MTT-S und der EuMA, wirkt bei der Organisation internationaler Konferenzen mit und ist Associate Editor für die IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques.

Prof. Dr. Christoph Kutter

Forschung und Industrie – Christoph Kutter ist in beiden Welten zuhause. Er startete seine Karriere als Gastwissenschaftler am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung am Hochfeldmagnetlabor in Grenoble, Frankreich und promovierte 1995 im Bereich Halbleiterphysik und Elektronspinresonanz an der Universität Konstanz. Die Entscheidung für ein Physikstudium machte ihn zum Exoten in der eigenen Familie, die seit Generationen im Garten- und Landschaftsbau verankert ist.



Doch neue Wege zu gehen liegt Christoph Kutter im Blut, wie er in den folgenden 17 Jahren in verschiedenen Führungspositionen der Produktentwicklung bei der Infineon Technologies AG und der Siemens AG unter Beweis stellte: Er war unter anderem Entwicklungsleiter für die Kommunikationssparte und die Chipkarte und führte die unternehmensweite Innovationsinitiative.

Sein Wissen und seine Erfahrungen brachte er 2012 als neuer Direktor mit an die Fraunhofer EMFT. Gleichzeitig wurde er auf die Professur im Bereich Festkörpertechnologien an der Universität der Bundeswehr berufen.

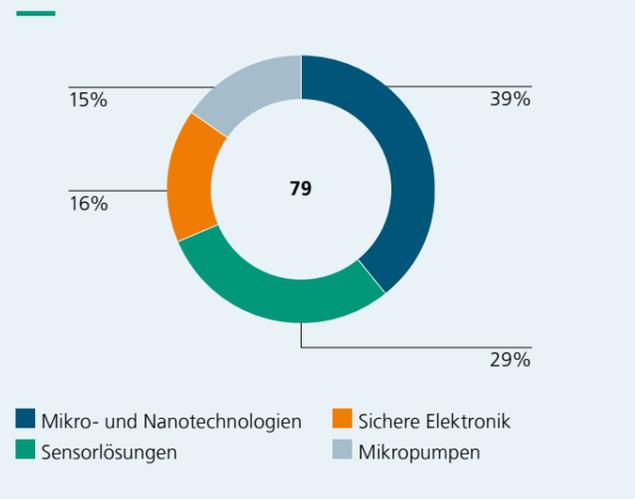
Darüber hinaus ist Christoph Kutter unter anderem Sprecher der Strategischen Partnerschaft Sensorik e.V. sowie Mitglied des VDE-Präsidiums, Mitglied des VDI/VDE IT-Aufsichtsrats, Mitglied des Kuratoriums der Eduard-Rhein-Stiftung und Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Bayerischen Forschungsförderung.

Menschen, Zahlen, Fakten

79 Projekte

Gemeinsam mit diesem Spitzenduo als Leitung (→ Seite 6 f.), konnte das Team der Fraunhofer EMFT im Jahr 2021 in insgesamt 79 Projekten seinen Beitrag zur Bewältigung der aktuellen Herausforderungen unserer Gesellschaft leisten. Mit 39 % kann mehr als ein Drittel der Projekte dem Kompetenzfeld Mikro- und Nanotechnologien zugeordnet werden. Dieses bildet wiederum die Basis für die Fraunhofer EMFT-Kompetenzen Sensorlösungen, Mikropumpen und sichere Elektronik. Gerade das interdisziplinäre Zusammenspiel dieser Bereiche hilft uns, zukunftsweisende Lösungen für Mensch und Umwelt hervorzubringen. (→ mehr Infos zu Kompetenzen und Projekten ab Seite 14)

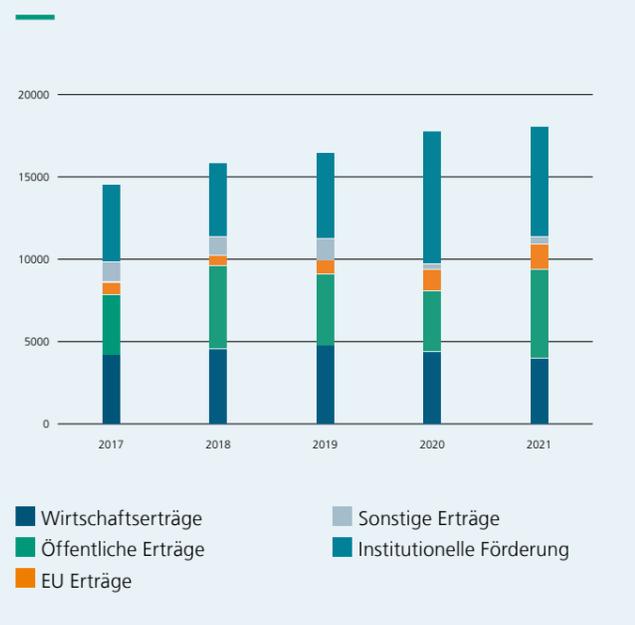
Anteil der Forschungsprojekte nach Kompetenz



16,7 Mio. € Gesamthaushalt

Die Forschungsaktivitäten im Jahr 2021 führten zu einem Gesamthaushalt von rund 16,7 Mio. Euro. Dabei konnte durch Industrienaufträge ein Gesamtvolumen von ca. 3,96 Mio. Euro generiert werden. In Bezug auf den Betriebshaushalt entspricht das einem Anteil von 24,5 %.

Finanzhaushalt



139+ Mitarbeitende

Um das zu erreichen, braucht man ein starkes Team: Im Vergleich zum Vorjahr wuchs die Belegschaft an der Einrichtung um vier Personen und bestand zum Jahresende 2021 aus insgesamt 139 Personen. Davon sind 103 Personen im wissenschaftlichen und 34 weitere Personen in den unterstützenden Bereichen tätig. Letztere setzen sich aus Marketing, IT, Verwaltung, Technik, Qualitätsmanagement, Organisation und Services zusammen. Darüber hinaus wird das Fraunhofer EMFT Team von zwei Auszubildenden ergänzt.

Über das ganze Jahr hinweg waren zusätzlich 66 studentische Hilfskräfte aus den verschiedensten Universitäten und Hochschulen an der Einrichtung tätig. Im Zuge dessen arbeiteten sie im Rahmen der Fraunhofer EMFT-Forschungsaktivitäten und/oder erstellten ihre Abschlussarbeit (→ siehe Seite 42 f.).

Gemeinsam stehen wir, die Fraunhofer EMFT, für großartiges Wissen aus aller Welt: Unser Team stammt aus insgesamt 17 verschiedenen Ländern. Zusammen treiben wir die Forschung und Entwicklung von Sensorsystemen und Aktoren für Mensch und Umwelt voran. Dabei stellt gerade unser multikultureller Hintergrund einen entscheidenden Vorteil dar. Denn er ermöglicht es uns, wissenschaftliche Fragestellungen aus den unterschiedlichsten Perspektiven zu betrachten. Dementsprechend nutzen wir die Chance, uns gegenseitig in unserer Denkweise und unseren Problemlösungsstrategien zu inspirieren.

→ Unsere Ansprechpersonen finden Sie ab Seite 64.

Teamgröße



Wissen aus aller Welt



Als Forschende die Welt gestalten



Die Fraunhofer EMFT steht für angewandte Forschung mit starkem industriellem Bezug. Im Rahmen von nationalen und europäischen Forschungsverbänden treiben wir wichtige Zukunftsthemen voran, um Wohlstand und Lebensqualität auch für die nächsten Generationen sicherzustellen.

Die Position an der Schnittstelle zwischen Vorlauforschung und Industrie bietet ambitionierten Forscherinnen und Forschern ein unglaublich vielseitiges und spannendes Tätigkeitsfeld: Es reicht von ganz neuen Themenstellungen, bei denen Grundlagen erarbeitet und verschiedene Lösungswege im Rahmen von Vorlauftforschungsarbeiten an der Universität untersucht werden müssen, bis hin zu gut erprobten *ready-to-market*-Lösungen, denen wir den letzten Schliff verleihen. Dank dieses breiten Spektrums kann man neue Lösungswege von Anfang bis Ende mitgestalten und sich gleichzeitig ein ideal aufgestelltes Netzwerk aufbauen.«

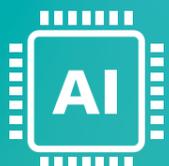
Strategische Forschungsthemen

Die Motivation und das gemeinsame Ziel der Fraunhofer EMFT ist es, etwas zu bewirken! Die Mitarbeitenden setzen ihre langjährige Erfahrung und das umfangreiche Know-how in Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik gezielt ein, um aktiv zur Bewältigung der aktuellen Herausforderungen unserer Gesellschaft beizutragen.

Aber was heißt das konkret? Ausgehend von aktuell und künftig gesellschaftsrelevanten Fragestellungen identifiziert die Fraunhofer EMFT genau die Themen, bei denen sie durch ihre Expertise tatsächlich einen Mehrwert generieren kann. Kurz gesagt: Die strategischen Forschungsthemen der Fraunhofer EMFT, wie auch der Fraunhofer-Gesellschaft im Allgemeinen, ergeben sich aus der **Schnittmenge** von zu bewältigenden **Herausforderungen** und aufzuweisenden **Kompetenzen**. Dem zur Folge sind sie keineswegs statisch, sondern ändern sich perspektivisch in Abhängigkeit der zu lösenden Frage- und Problemstellungen sowie deren Relevanz und Dringlichkeit. Hierzu pflegt Fraunhofer einen stetigen Austausch mit Politik, Fördergeber sowie Industrie.

So standen zuletzt folgende strategischen Forschungsthemen im Fokus der F&E-Aktivitäten:

- Vertrauenswürdige Elektronik
- Mikroelektronik für Quantentechnologien
- Neuromorphes Computing
- Sensorik und Aktorik für Intelligente Medizin
- Ressourceneffizienz in der Mikroelektronik
- Sensorik und Aktorik für Smart Farming
- Künstliche Intelligenz (KI) für Sensorik



Mehr Infos

www.emft.fraunhofer.de/forschungsthemen

Vertrauenswürdige Elektronik

Elektronik ist vertrauenswürdige, wenn sie allen unseren Erwartungen an Funktionalität und Spezifikationen entspricht und gleichzeitig keine Hintertüren oder Schwachstellen für Angreifer offenlässt. Insbesondere in sensiblen Einsatzbereichen wie der Medizintechnik, Automobilindustrie und Luft- und Raumfahrttechnologie ist vertrauenswürdige Elektronik von essentieller Bedeutung. Die Fraunhofer EMFT Kompetenzen im Bereich **Sichere Elektronik** ermöglichen u.a. Forschung an Aufklärung von Ursachen komplexer Fehler und Zuverlässigkeitsprobleme, Monitoring von elektrischen Verbindungen sowie Entwicklung von Konzepten für Hardwaresicherheit und Manipulationsschutz von elektronischen Systemen.

Mikroelektronik für Quantentechnologien

Quantentechnologien haben das Potential zum umfassenden »Game Changer«, u.a. in der Quantensensorik für hochpräzise und leistungsfähige Sensoren, oder im Quantencomputing zur Lösung von Rechenproblemen, an denen die heutigen Supercomputer scheitern. Noch gibt es allerdings einige Herausforderungen für die praktische Umsetzung der Quantentechnologien – und genau hier kommen die Fraunhofer EMFT-Kompetenzen in **Mikro- und Nanoelektronik** und **Sichere Elektronik** als »Enabler« ins Spiel. Im Rahmen des frisch gegründeten Munich Quantum Valleys (MQV) zielen die F&E-Aktivitäten der Fraunhofer EMFT auf zuverlässige und skalierbare Entwicklung und Herstellung von Qubit-Chips, sowie ihre Integration und Miniaturisierung, um möglichst kleine, leistungsfähige, zuverlässige und energieeffiziente Quantensysteme zu realisieren.

Neuromorphes Computing

Bei neuromorphem Computing werden neuronale Netze als Algorithmen für integrierte Schaltungen genutzt, um eine parallele Berechnung der Daten in verteilten Speichern zu ermöglichen. Damit sind neuromorphe Chips wesentlich schneller und effizienter als bisherige Prozessoren. Die Fraunhofer EMFT setzt ihre Kompetenzen in **Mikro- und Nanoelektronik** aktuell ein, um z.B. an neurologisch inspirierten Computerarchitekturen mit Memristoren auf Basis von neuen 2D-Nanomaterialien zu forschen, und um neue Speichertechnologien für die Realisierung analoger und digitaler neuromorpher Schaltungen zu entwickeln.

Sensorik und Aktorik für Intelligente Medizin

Eines der facettenreichsten Innovationsfelder der Zukunft ist die Gesundheitsforschung mit intelligenten Lösungen. Als Forschungsthema bietet Intelligente Medizin enormes Potential für bezahlbare Gesundheit sowie einen Zugewinn für medizinische Versorgung durch neue Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten. Die Fraunhofer EMFT-F&E-Aktivitäten beschäftigen sich u.a. mit Entwicklung von innovativen Therapielösungen auf der Basis von **Mikropumpen**, sowie mit Forschung an neuartigen Methoden und Systemen zur verbesserten Diagnostik mittels intelligenter **Sensordlösungen**.

Ressourceneffizienz in der Mikroelektronik

Ressourcenschonung, Energieeffizienz und eine deutliche Reduktion des CO₂-Footprints bei Mikroelektronikproduktion sind die Hauptmotivationen für das strategische Forschungsthema Ressourceneffizienz in der Mikroelektronik. Die Fraunhofer EMFT forscht an der Nutzung von alternativen, umweltfreundlicheren Materialien in der **Mikro- und Nanoelektronik** sowie deren Transfer in die Industrie. Entwicklung energieeffizienter Chips, Überwachung des Energieverbrauchs der Halbleiterprozesse mittels intelligenter Sensorik sowie innovative Abatementkonzepte und -systeme sind weitere wichtige Forschungsbereiche für nachhaltigere Mikroelektronik.

Sensorik und Aktorik für Smart Farming

Die Sicherstellung einer nachhaltigen Versorgung der Bevölkerung stellt eine fundamentale Herausforderung in globaler, nationaler und regionaler Hinsicht dar. Um eine effizientere und gleichzeitig umweltfreundlichere Lebensmittelproduktion in der Zukunft zu ermöglichen, forscht die Fraunhofer EMFT auf der Basis ihrer Kompetenzen in intelligenten **Sensordlösungen** und **Mikropumpen** u.a. an Phänotypisierung von Pflanzen, Emissionsanalyse in der Tierhaltung und Monitoring von Lieferketten in der Lebensmittelindustrie.

Künstliche Intelligenz (KI) für Sensorik

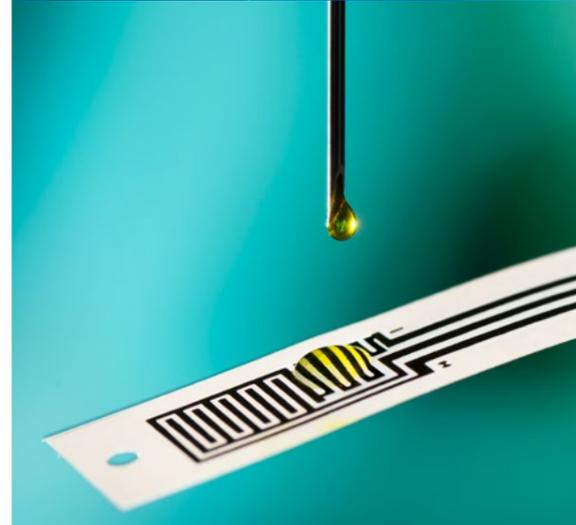
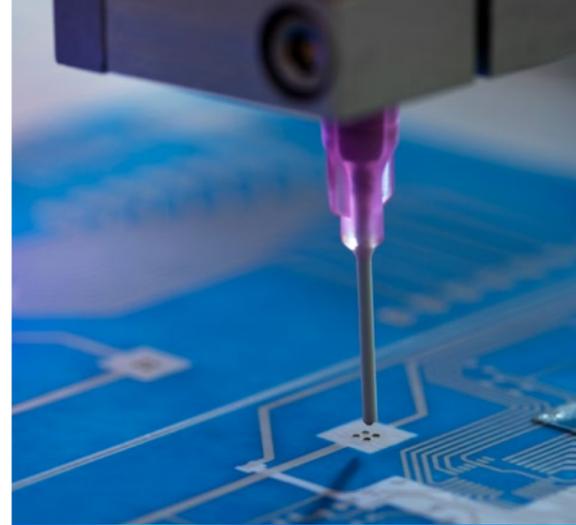
Als Datenlieferanten nehmen Sensoren bereits heute in zahlreichen Anwendungsbereichen die Schlüsselrolle ein. Wenn zusätzlich die gesammelten Rohdaten direkt am Sensorknoten analysiert und verarbeitet werden, statt sie in die Cloud hochzuladen, können Datensicherheit, Energieeffizienz und Reaktionsgeschwindigkeit des Gesamtsystems erhöht werden. Die Fraunhofer EMFT kombiniert ihre Kompetenzen im Bereich **Sensordlösungen** mit KI-Methoden wie Machine Learning, um intelligente Sensorknoten beispielsweise für Umweltmonitoring, medizinische Wearables oder Überwachung von Produktionsprozessen zu entwickeln.

Kompetenzen

Den F&E-Aktivitäten der Fraunhofer EMFT liegen **vier Kernkompetenzen** zugrunde: Nano- und Mikrotechnologien bilden hierbei die Basis für die weiteren drei Kompetenzen – Mikropumpen, Sichere Elektronik und Sensorlösungen. Gerade das interdisziplinäre Zusammenspiel dieser Kompetenzen ermöglicht es zukunftsweisende Lösungen hervorzubringen.

Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen unsere Kompetenzen im Detail vor, verbunden mit ausgewählten **Referenzprojekten**, die den erfolgreichen Transfer unseres Know-hows in die Anwendung widerspiegeln. Dabei wird deutlich, welchen Mehrwert unsere Forschung für Mensch und Umwelt stiftet.

Um einen Überblick darüber zu bekommen, welche **wissenschaftlichen Erkenntnisse im Jahr 2021** durch die Fraunhofer EMFT veröffentlicht wurden, verweisen wir auf Seite 40 »Wissenschaftlichen Aktivitäten«.



Mikro- und Nanotechnologien

Die Fraunhofer EMFT verfügt über einen umfangreichen, hochmodernen Technologiepark sowie umfassende Kompetenzen im Bereich Mikro- und Nanotechnologie: Von der Prozessanalytik über die Entwicklung elektronischer Komponenten, Folienelektronik, Circuit Design bis zur Hetero- und Systemintegration. Dieses Know-how bildet die Basis für die Forschungsaktivitäten der Einrichtung. —> mehr Infos + Projekte ab Seite 17

Mikropumpen

Die nanolitergenaue Dosierung von Gasen und Flüssigkeiten ist ein zentrales Kompetenzfeld der Fraunhofer EMFT. Das Portfolio umfasst hochminiaturisierte Silizium-, Edelstahl- und Titanmikropumpen sowie Dosiersystemlösungen. Das Anwendungsspektrum reicht von der Medizintechnik über Industrieanwendungen bis hin zur Consumerelektronik. —> mehr Infos + Projekte ab Seite 23

Sichere Elektronik

Die Fraunhofer EMFT verfügt über vielseitiges Know-how sowohl im Bereich der Zuverlässigkeit als auch der Manipulationssicherheit elektronischer Komponenten und Systeme. Die F&E-Aktivitäten umfassen Ausfallanalysen, ESD-Test- und Schutzkonzepte, Reverse Engineering sowie hardwarebasierte Manipulationsschutztechnologien. —> mehr Infos + Projekte ab Seite 29

Sensorlösungen

Ein Kompetenzschwerpunkt der Fraunhofer EMFT ist die Konzeption neuartiger, leistungsstarker Sensorlösungen, die ein perfektes Zusammenspiel der Sensorik mit ihrer Umgebung ermöglichen. Dabei werden Eigenentwicklungen auch mit bereits bestehenden Lösungen kombiniert. —> mehr Infos + Projekte ab Seite 35



Mehr Infos

www.emft.fraunhofer.de/kompetenzen

Mikro- und Nanotechnologien

Die Fraunhofer EMFT verfügt über einen umfangreichen, hochmodernen Technologiepark im Bereich Mikroelektronik und Mikro- und Nanotechnologie, der von erfahrenen Forscherinnen sowie Mikrotechnologeinnen betreut und zur Entwicklung von kundenspezifischen Lösungen genutzt wird. Diese Technologien bilden auch die Basis für die weiteren Kompetenzfelder der Fraunhofer EMFT und beinhalten u.a.:

Detailansicht eines Foliensystems zur Temperaturmessung während der Prozessierung

Technologie und Prozessanalytik: Im Bereich Technologie und Prozessanalytik bietet die Fraunhofer EMFT eine industriekompatible Technologieplattform, um neue Prozessmedien zu testen oder ausgewählte Prozessschritte zu optimieren und dadurch beispielsweise Performance oder Ausbeute zu steigern.

Entwicklung elektrischer und optischer Komponenten: Die an der Fraunhofer EMFT entwickelten optischen und elektrischen Komponenten umfassen komplexe Fluoreszenzmodule, klassische PIN-Photodioden, sensitive Silizium-Photomultiplier zum Einzelphotonennachweis sowie extrem rauscharme Transistoren – ein Alleinstellungsmerkmal der Fraunhofer EMFT.

Folienelektronik: Flexible Elektronik bietet neuartige Möglichkeiten für viele leistungsstarke und »smarte« Produkte. Hauseigene Rolle-zu-Rolle Fertigungsanlagen ermöglichen die kostengünstige Bearbeitung von Folien und anderen flexiblen Substraten, um biegbare, flache und großflächige elektronische Systeme zu entwickeln. Eine technologische Schlüsselrolle kommt dabei der Heterointegration von Silizium- und Folientechnologie zu.

Dünnes Silizium: Für heterogene 3D-Integration und Chip-in-Foil Packages werden extrem dünne Siliziumchips benötigt. Das technologische Know-how zur Herstellung dünner Wafer bildet dafür eine wichtige Grundlage. Für die umfangreiche Prozessfolge der Dünntechnik ist der Münchener Standort bestens ausgerüstet, so dass beliebig dünne Devices auf Waferlevel realisiert werden können.

IC Design: Sehr spezifische Anwendungen oder die Erschließung neuartiger Funktionen und Einsatzgebiete, weitere Miniaturisierung, bessere Energieeffizienz, niedrigere Herstellungskosten oder höhere Zuverlässigkeit verlangen oftmals nach neuen IC Designs, die in dieser Form am Markt nicht erhältlich sind. Hier unterstützt die Fraunhofer EMFT ihre Kundinnen und Kunden beim Entwurf komplexer analoger und Mixed-Signal Schaltkreise mit den Schwerpunkten auf neuartigen sensorischen Konzepten und Millimeter-Wellen-Design.

Systemintegration: Mit dem Aufbau von Demonstratoren, Prototypen und Systemen veranschaulichen Fraunhofer EMFT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler mögliche Anwendungsszenarien für die an der Fraunhofer EMFT entwickelten Technologien und Komponenten. Für Kundinnen und Kunden ist diese Entwicklungskompetenz ein wichtiger Teil des Fraunhofer EMFT-Leistungssportfolios.

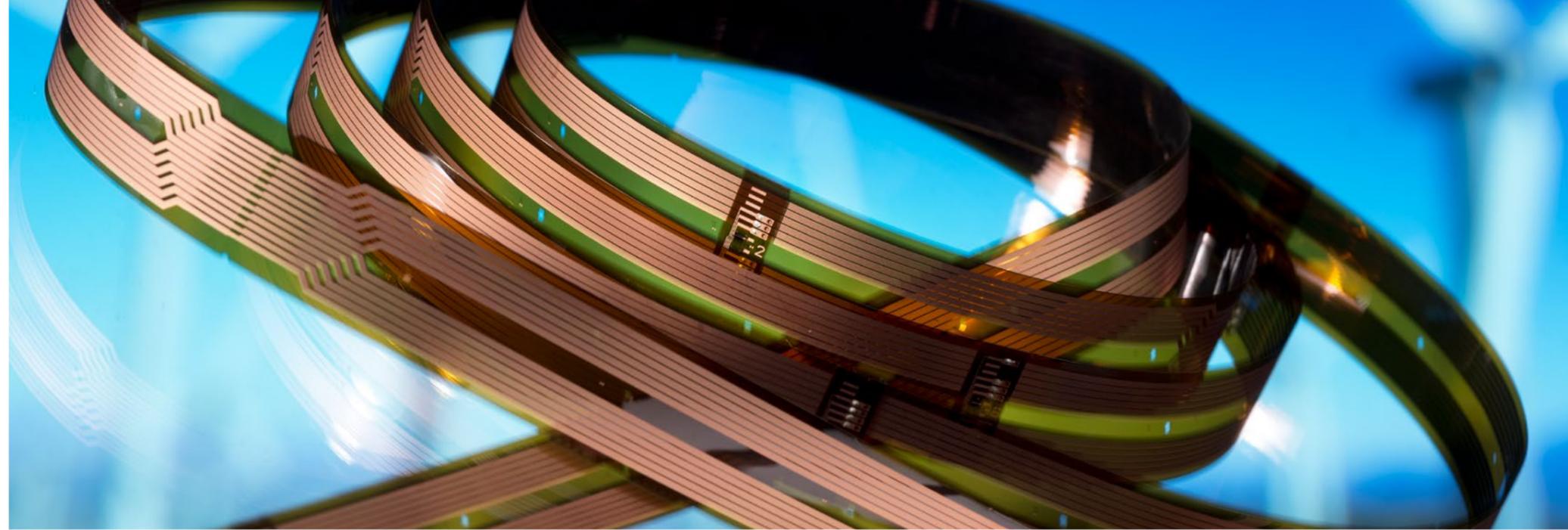
Mehr Infos

[www.emft.fraunhofer.de/
mikro-nano-technologien](http://www.emft.fraunhofer.de/mikro-nano-technologien)



Projekte

Mikro- und Nanotechnologien



UV-Steril – Sterilisation von Luftfilter-Systemen mittels UV-C LED Bestrahlung

Luftfiltersysteme gelten als effektive Maßnahme, um das Infektionsrisiko durch SARS-Cov-2 in geschlossenen Räumen zu senken. Die bislang üblicherweise eingesetzten HEPA-Filter sind jedoch wartungs- und kostenintensiv.

Einen neuen, energieeffizienten Ansatz verfolgen Forschende der Fraunhofer EMFT gemeinsam mit dem Helmholtz Zentrum München, der OSRAM Opto Semiconductors GmbH und der MANN+HUMMEL GmbH im Verbundprojekt UV-Steril: Sie nutzen zur Luftreinigung selbst-sterilisierende Filterelemente durch integrierte LED-Chips. Diese speziellen LEDs der neuesten Generation von OSRAM emittieren hochenergetische UV-C Strahlung, die in der Lage ist, Viren wie SARS-COV2 sehr effizient zu inaktivieren.

Um solche LEDs in Lüftungssysteme zur Desinfektion einsetzen zu können, werden sie im Forschungsvorhaben auf flexible und geometrisch sehr variabel konfigurierbare Folienstreifen bzw. Foliennetze montiert. Die Auslegung und Fertigung solcher Foliennetze sowie ihre spätere Integration in Raumluftfiltersysteme sind ein Schwerpunkt der Projektarbeiten an der Fraunhofer EMFT. Das Team etabliert und charakterisiert dazu verschiedene Montagetechniken für ungehäuste LED-Chips

auf Folienleiterbahnen. Neben einem lokalen Reflow-Bond Prozess werden insbesondere Klebprozesse z.B. mit anisotrop leitfähigen Klebstoffen zur mechanischen und elektrischen Kontaktierung der Chips auf den Folienleiterbahnen untersucht.



Auf einer Folienleiterbahn montierte, ungehäuste UV-C-LED

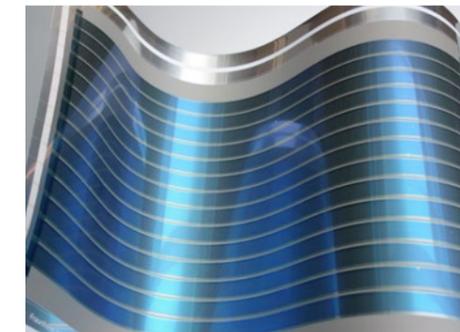
Weitere wissenschaftlich-technische Fragestellungen betreffen z.B. die effektive Abfuhr der von den LEDs erzeugten Wärme über die Folie oder welche Folienmaterialien der energiereichen UV-C-Strahlung ausreichend lange widerstehen.

Das Vorhaben wird durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie unter der Fördernummer DIE-2010-0007// DIE0132/04 gefördert.

Nachhaltige Fertigung von Leiterbahnfolien für die Solarindustrie

Um die Entwicklung von Solarmodulen mit höherer Effizienz und neuen Eigenschaften wie optischer Transparenz oder mechanischer Flexibilität voranzutreiben, arbeiten Forschende der Fraunhofer EMFT und des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE im Projekt LEO (Plattform-Technologie zur ressourcenschonenden Fertigung von Leiterbahnen auf großflächigen mit Elektronik bestückten Oberflächen) an einem Verfahren, das eine ressourcenschonende und kosteneffiziente Herstellung von großflächigen Leiterbahnmustern ermöglicht. Solche Leiterbahnmuster werden auch für Solarzellen als elektrische Kontakte zur Abführung des Fotostroms benötigt.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen eine dünne laserstrukturierte Aluminiumschicht als Maskierung für die galvanische Abscheidung der elektrischen Leiterbahnen. Der Prozess ist nicht nur kosteneffizient, sondern auch umwelt- und ressourcenschonend: Aluminium lässt sich relativ leicht aus dem Abwasser filtern und die geringe Menge, die bei dem Prozess anfällt, kann man vollständig recyceln.



Flexible Anwendungen: Im Rolle-zu-Rolle Verfahren hergestelltes organisches Solarmodul © Fraunhofer ISE

Mit der Technologie lassen sich biegsame und transparente organische Solarzellen im Rolle-zu-Rolle-Verfahren herstellen, die in unterschiedlichste Anwendungen integrierbar sind. So konnte das Team mit der neu entwickelten Prozessfolge bereits 50-100 µm breite, galvanisch verstärkte Leiterbahnen auf Foliensubstraten für flexible organische Solarzellen herstellen. Ein zweites Anwendungsszenario zielt auf die Herstellung neuartiger, hocheffizienter Hetero-Junction-Solarzellen ab: Die im LEO-Verfahren entwickelte kalte Metallisierung könnte deren Herstellung künftig deutlich kostengünstiger machen.

Das Projekt wird über das Fraunhofer-interne Programm WISA gefördert.

Langer Folienstreifen mit mehreren flachen Drucksensoren zur Messung von Druckverhältnissen auf großen Oberflächen

Next Generation Computing: Sensor statt Cloud

Wie kann Computing zukünftig statt in der Cloud nahe am Sensor bewerkstelligt werden? Und wie kann in einem solchen Set-up maschinelles Lernen auf verteilten Systemen stattfinden? Mit diesen hochaktuellen Fragestellungen beschäftigen sich Forschende der Fraunhofer EMFT gemeinsam mit elf weiteren Fraunhofer-Instituten im Innovationsprojekt SecLearn Arrival. Im Zentrum stehen dabei die Aspekte neuromorphe, energieeffiziente Hardwarekomponenten und KI-Algorithmen für dezentrales Lernen sowie der Datenschutz.



Neuromorphes Computing
© Fraunhofer IGD

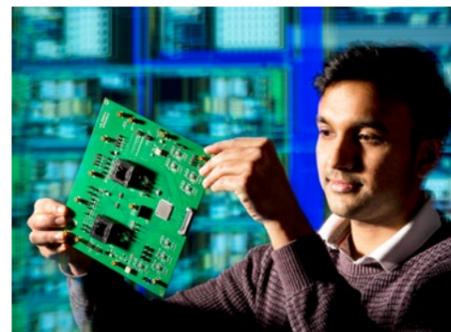
Heutige, auf von-Neumann basierte Computer Architekturen haben einen enorm hohen Energieverbrauch, sodass eine massive Ausweitung des Computings in die Edge nicht sinnvoll wäre.

Ziel der Forschenden ist es nun, im Rahmen des Projekts neuromorphe Beschleuniger mit einer um Größenordnungen geringeren Leistungsaufnahme zu entwickeln und für KI Algorithmen zu optimieren. Zu einem späteren Zeitpunkt sollen auf Basis dieser Hardware zwei Use Cases implementiert werden: (I) Spracherkennung (Keyword-Spotter + Audio-Eventdetektor) und (II) Bilderkennung (automotive bzw. autonomes Fahren). Das maschinelle Lernen soll hierbei in den verteilten Systemen stattfinden, ohne dass die Grunddaten in die zentrale Cloud gegeben werden müssen. Auf diese Weise können sensible Daten in den lokalen Systemen verbleiben und der Datenschutz ist besser gewährleistet.

Die Arbeiten werden intern als Fraunhofer-Leitprojekt gefördert.

Ultraschallbasierte Proximity-Sensoren für die Mensch-Maschine-Interaktion

In vielen Anwendungen in den Bereichen Industrie 4.0, Smart Health, Smart Security und Automotive kommen zunehmend intelligente interaktive Systeme für die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) zum Einsatz. Hierbei sind Sensorsysteme für den nonverbalen Informationsaustausch im Nahdistanz- und Kontaktbereich sowohl für die Funktionalität als auch die Sicherheit essentiell. Als Antwort auf die steigenden Anforderungen in Hinblick auf Leistung, Energieeffizienz und Funktionalität arbeiten Forschende der Fraunhofer EMFT gemeinsam mit drei weiteren Fraunhofer-Instituten am Aufbau einer modularisierten MEMS-Technologie- und Sensorplattform.



Testplatine für einen achtkanaligen Ultraschalltransceiver-Chip

Die bisher verwendeten Ansätze zu Überwachung von Oberflächen und Objekten basieren auf Einzellösungen von Taktile- bzw. Proximity-Sensoren mit unterschiedlichen physikalischen Wirkprinzipien. Hierbei haben sich jeweils kapazitive bzw. ultraschallbasierte Verfahren als am geeignetsten herausgestellt. Derzeitige Treiber der Sensorentwicklung sind die Erfassung einer hohen multimodalen Informationsdichte mittels miniaturisierter Sensoren und die Echtzeit-Reaktion des Gesamtsystems für den Einsatz in der Robotik, der Prothetik und des Verbrauchermarkts. Die technische Abbildung der menschlichen Hand

und die damit möglichen flexiblen Greifprozesse (»reaktives Greifen«) sind hierbei Schlüsselkompetenzen für die Fertigungsindustrie und Medizintechnik. Anforderungen der MMI an eine energieeffiziente dreidimensionale Erfassung mit steigender lateraler (< 700 µm) und axialer (< 1 mm) Auflösung sowie schneller Signalverwertung (> 20 Hz) sind jedoch mit den derzeit verfügbaren Lösungen nicht abbildbar.

Das Projekt »ProtaktiUS« adressiert diese wachsenden Marktanforderungen im Bereich der taktilen Proximity-Sensorik und stellt eine innovative modularisierte MEMS-Technologie- und Sensorplattform für ein neues Geschäftsfeld in der Fraunhofer-Gesellschaft bereit. Forschende der Fraunhofer EMFT arbeiten dabei gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IPMS, IKTS, EMFT und IFF an der erstmaligen Chip-Integration hochauflösender kapazitiver und ultraschall erzeugender Elemente auf der CMOS-kompatiblen Plattform. Im Rahmen des Projekts entsteht dazu ein Demonstrator für den Anwendungsfall des reaktiven Greifens in der Robotik zur Handhabung und zur Identifikation unterschiedlich beschaffener Objekte.

Diese Innovation der entwickelten Modulplattformen MEMS, Elektronik und Signalverarbeitung soll zukünftig den Zugang zu weiteren Applikationsfeldern in industriellen, medizintechnischen, Consumer-orientierten und sicherheitsbezogenen Sektoren eröffnen.

Das Vorhaben wird durch das Fraunhofer-interne MAVO-Programm gefördert.

Elektro-optisches System ermöglicht Datenraten im Terabit-Bereich

Datenraten bis in den TBit/s Bereich – das ist das ehrgeizige Ziel des internen Fraunhofer-Projekts EOS. Um sich solch extrem hohen Datenraten anzunähern, möchte das Forschungsteam aus den Instituten Fraunhofer HHI, Fraunhofer IIS und der Fraunhofer EMFT mehrere 56 Gbit/s schnelle, digital-elektrische Nachrichtensignale direkt und ohne leistungshungrige Signalprozessoren (DSP) in ein mehrstufiges, optisch komplexes Modulationssignal konvertieren.



© Syda Productions - Fotolia

Dazu verheirateten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die bisher unabhängig voneinander entwickelten optischen Modulator- und elektrischen Treiber-Komponenten zu einer eng verzahnten und exakt aufeinander abgestimmten funktionalen Einheit. Mit Indium Phosphid (InP) für den photonischen IC (PIC) und der gegenüber SiGe verlustleistungsräumeren 22 nm FDSOI CMOS Elektronik werden die effizientesten und schnellsten jeweilig verfügbaren Materialsysteme heterogen in einem neuartigen modularen Aufbau zu einem neuen elektro-optischen (e/o)-Subsystem zusammengefügt.

Hauptaufgabe des Fraunhofer EMFT-Teams ist es, feine Metallstrukturen auf sehr dünnen, flexiblen Foliensubstraten herzustellen und die InP- sowie Silizium 22nm FDSOI-ICs zusammen mit mehreren anderen Komponenten in sehr anspruchsvollen Abständen zu integrieren. Außerdem haben die Forschenden die thermische Zuverlässigkeit des modularen Integrationsdesigns mithilfe von FEM-Simulationen (Finite-Elemente-Methode) detailliert analysiert. Hinzu kommen Analysen zur ESD-Belastung und Festigkeit bei der Montage und im Test.

Mehr Projekte

www.emft.fraunhofer.de/projekte



Mikropumpen

Die nanoliter-genaue Dosierung von Gasen und Flüssigkeiten ist ein zentrales und langjähriges Kompetenzfeld der Fraunhofer EMFT und deckt ein breites Anwendungsspektrum ab – von der Medizintechnik über Industrieanwendungen bis hin zur Consumerelektronik.

*Mehrlagenverbindungen der
Edelstahlmikropumpe*

Piezoelektrisch angetriebene Mikropumpen sind das Herzstück von Mikrodosiersystemen. Das Team der Fraunhofer EMFT besitzt umfangreiche Kenntnisse und praktische Erfahrungswerte beim Design von Mikropumpen. Auf dieser Grundlage können die technologischen Parameter in Hinblick auf Dosiergenauigkeit, Gegendrucksteifigkeit, Baugröße, Energieverbrauch, Partikelresistenz, Blasentoleranz und »free flow«-Schutz anwendungsspezifisch auf die Anforderungen angepasst werden.

Die Fraunhofer EMFT verfügt über ein Portfolio an Silizium-, Edelstahl- und Titanmikropumpen, die für unterschiedliche Einsatzgebiete konzipiert sind. Ein Hauptfokus der F&E-Aktivitäten im Bereich der Siliziummikropumpen liegt in deren weiterer Miniaturisierung. Ziel ist es, dadurch die Herstellungskosten erheblich zu senken und damit den Zugang zu Massenmärkten zu erleichtern. Die derzeit mit Abmessungen von 3,5 x 3,5 x 0,6 mm³ kleinste Siliziummikromembranpumpe der Welt wurde an der Fraunhofer EMFT entwickelt. Im Bereich der Metallmikropumpen liegt ein Schwerpunkt derzeit auf dem Design der Pumpen und Ventile. Dabei kooperiert die Fraunhofer EMFT eng mit industriellen Partnerinnen und Partnern, die nach einem Technologietransfer die Komponenten selbst in hohen Stückzahlen herstellen sollen.

Neben den Mikropumpen selbst umfasst das F&E-Portfolio der Fraunhofer EMFT in diesem Kompetenzfeld auch unterschiedlichste Mikrodosierkomponenten, außerdem verfügt das Team über eine umfassende Systemkompetenz. Mikrodosiertechnik als Querschnittstechnologie erfordert vielseitige Kenntnisse, beispielsweise zu Strömungsmechanik, Elastomechanik, Elektrotechnik, Oberflächenphysik, Chemie und Phasenumwandlung. Das Verständnis der Wirkungszusammenhänge zwischen diesen Faktoren ist essentiell, um ein reibungsloses Zusammenspiel aller Komponenten in einem Mikrodosiersystem zu ermöglichen.

Mehr Infos

[www.emft.fraunhofer.de/
mikropumpen](http://www.emft.fraunhofer.de/mikropumpen)



Projekte

Mikropumpen



Technologieplattform für innovative medizinische Geräte

Wie kann es gelingen, den stetig steigenden Kosten im Gesundheitswesen entgegenzuwirken und gleichzeitig eine bestmögliche Versorgung von Patientinnen und Patienten zu gewährleisten? Dieser Herausforderung stellen sich Forschende aus 66 Unternehmen, Universitäten und Instituten aus 12 europäischen Ländern im gemeinsamen Projekt Moore4Medical.

Die Partner wollen mit der Bündelung ihrer Kompetenzen die Entwicklung innovativer medizinischer Geräte beschleunigen. Der Fokus liegt darauf, die Notwendigkeit von Krankenhausaufenthalten zu reduzieren, personalisierte Therapieansätze zu unterstützen und intelligente Point-of-Care-Diagnosetools zu realisieren.

Die Fraunhofer EMFT bringt ihre Expertise im Bereich Mikrodosiersysteme und Pumpendesign in das Vorhaben ein. So soll im Rahmen des Projekts ein Chipkasten zur Züchtung von Zellkulturen realisiert werden. Eine integrierte Mikropumpe sorgt dabei für einen konstanten Fluss im Kulturmedium und damit für eine optimale Nährstoffversorgung der Zellkulturen. Außerdem arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an einem Autoinjektor für monoklonale Antikörper mit, der im Bereich von Autoimmunerkrankungen

eingesetzt werden soll. Die intelligente Mikropumpensteuerung ermöglicht dabei eine exakte, aktive Dosierung des Medikaments.



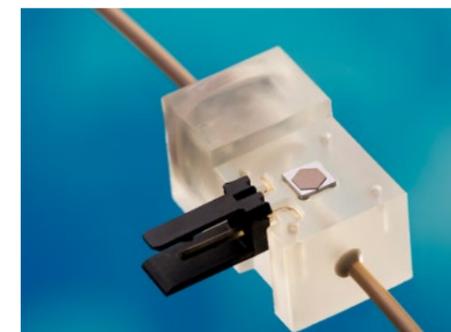
Dosierchip, Si-Mikropumpe und Strömungssensor

Das Projekt wird durch das Programm ECSEL JU in Zusammenarbeit mit dem H2020-Rahmenprogramm der Europäischen Union und nationalen Behörden unter dem Förderkennzeichen H2020-ECSEL-2019-IA-876190 gefördert.

Smarter Katheter zur zellbasierten Herzinfarkttherapie

Etwa 10 % der westlichen Bevölkerung müssen sich irgendwann aufgrund einer Arrhythmie oder für einen Herzklappenersatz einer Angioplastieoperation unterziehen.

Diese minimal-invasiven Eingriffe am Herzen werden mithilfe einer Vielzahl an intelligenten Bildgebungs- und Sensorkathetern unterstützt, die wie »Augen und Ohren« am Eingriffsort wirken. Forschende der Fraunhofer EMFT haben eine an der Einrichtung realisierte Mikropumpe weiterentwickelt, um sie künftig in solche »smarten« Herzkatheter integrieren zu können. Mit Hilfe der Pumpe könnten Stammzellen in geschädigtes Herzgewebe transportiert werden, sodass sich dieses regeneriert.



Siliziummikropumpe mit Abmessungen von 3,5x3 mm

Obwohl die intelligenten Instrumente absolut unverzichtbar und lebensrettend sind, gab es in den letzten zehn Jahren aufgrund der oft geringen Produktionsvolumina wenige bis keine Innovationen. Entsprechend hoch ist die Nachfrage nach Instrumenten mit besserer

Funktionalität seitens der Kliniken. Das EU-Projekt Position-II bietet für dieses Problem eine einzigartige Lösung.

In dem Vorhaben arbeiten 43 europäische Unternehmen und Forschungseinrichtungen unter der Koordination von Philips daran, eine verteilte Pilotlinie für intelligente Katheter und Implantate zu etablieren. Die Partner wollen dabei fünf Demonstratoren realisieren, die das Innovationspotenzial in existierenden Märkten aufzeigen, bzw. den Grundstein für die Erschließung neuer Märkte legen.

Ein Forschungsteam der Fraunhofer EMFT entwickelt im Rahmen des Projekts gemeinsam mit den Partnern alphaSIP, Ciber, Cicautxo, Philips, Johnson Matthey, Universidad Zaragoza, Universidad Complutense de Madrid und Fundación Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón einen Zelltherapiekatheter, der Stammzellen in abgestorbenes Herzmuskelgewebe transportiert.

Herzstück ist eine Dosiereinheit, welche die Zellen durch den Katheter bis ins Herz pumpt, ohne dass der Druck im Herzen und der dazukommende fluidische Gegendruck die Dosiergenauigkeit beeinträchtigt. Diese Aufgabe soll von einer nur 5x5x0.8 mm³ großen piezoelektrischen Mikromembranpumpe übernommen werden, die an der Fraunhofer EMFT entwickelt wurde. Für die Anwendung im Herzkatheter haben die Wissenschaftlerinnen und

Tragbares Miniatur-Infusionssystem mit Fraunhofer EMFT Mikropumpen

Wissenschaftler die Pumpkammer angepasst sowie die Piezomontage optimiert, um den benötigten Druck und Fluss zu erreichen.

Um die Pumpcharakteristik weiter zu optimieren, werden zusätzlich die Grenzen der Ansteuerspannung untersucht. Dabei will das Forschungsteam der Fraunhofer EMFT herausfinden, ab welchen negativen Feldstärken eine Degradation (durch Depolarisation der Piezokeramik) stattfindet. Um die Stabilität der Förderleistung nachzuweisen, werden die Pumpen detailliert charakterisiert (Luft- und Wasserfluss mit und ohne Gegendruck, Einfluss der Temperatur) und die Ergebnisse mit den Abschätzungen und Berechnungen während der Auslegung verglichen.

Die für dieses Projekt optimierte Pumpe bietet als Teil der Technologieplattform Potenzial für viele weitere biomedizinische Anwendungen wie beispielsweise zur Medikamentendosierung oder in Zellkulturanwendungen.

Bevor der smarte Katheter tatsächlich zur Behandlung eingesetzt werden kann, muss er zunächst zur Produktreife weiterentwickelt werden und danach die erforderlichen klinischen Tests zur Zulassung durchlaufen.

Safety Pump – Zuverlässigkeit von Mikrodosiersystemen

Im Projekt Safety Pump arbeiten Forschende der Fraunhofer EMFT an einer Mustererkennung von sensorisch überwachten Störgrößen, um Verbesserungen in der Betriebssicherheit von Mikrodosiersystemen für Anwendungen mit sehr hohen Lebensdauern zu gewährleisten. Dank der Modellierungskompetenzen der TU München sowie der Mikrofluidik- und Aktorik-Kompetenz der Fraunhofer EMFT wird die Funktionssicherheit mittels Predictive Maintenance für eine frühzeitige Ausfallprognose ermöglicht. Die Untersuchungen zur Betriebssicherheit erfolgen in der Kooperation mit dem bayerischen Mittelstands-Unternehmen Rausch & Pausch GmbH als Industriepartner für die Fertigung der Metallmikropumpe.

Als Pilotanwendung kommt unter anderem eine vielversprechende Anwendung im

Bereich der kontinuierlichen Probenzufuhr von Gassensoren in Frage. So soll sichergestellt werden, dass die Hardware frühzeitig und insbesondere ohne Funktionsausfall gewartet oder ausgetauscht werden kann. Hierzu sollen in einem Labortest verschiedene Parameter sensorisch überwacht und insbesondere eine Druckpulsüberwachung im Hinblick auf ihre Eignung zum Einsatz für Predictive Maintenance evaluiert werden. Aus den Sensordaten lassen sich Informationen auf wesentliche Ausfallursachen von Mikropumpen über die Betriebsdauer rückschließen und bei geeigneter Mustererkennung vorzeitig warnen. Fehlerfälle wie Partikelkontamination oder Änderungen der Materialeigenschaften durch Degradation können so frühzeitig erkannt werden.



Mikrodosiersystem mit Edelstahlmikropumpe der Fraunhofer EMFT

Medizinische Drohne leistet Erste Hilfe in Katastrophengebieten

Naturkatastrophen, Kriegshandlungen oder Terroranschläge sind für Rettungskräfte Extremsituationen: Viele Opfer müssen schnellstmöglich medizinisch erstversorgt werden. Doch oft ist es den Einsatzkräften kaum oder gar nicht möglich, die Verletzten zeitnah zu erreichen. In solchen Situationen könnte künftig der »AirDoc« einspringen: Ein junges Forschungsteam der Fraunhofer EMFT hat die Idee des fliegenden, autonomen Arztassistenten konzipiert.

Mittels Infrarot- und Bilderkennung können Hilfebedürftige identifiziert und direkt angefliegen werden. Der AirDoc verfügt über einen medizinischen Roboterarm, in den

hochminiaturisierte und energieeffiziente Sensoren integriert sind. Ein entscheidender Teil ist miniaturisierte Aktorik für die Bewegung der Roboterarme, um selbstständig diagnostische Untersuchungen durchzuführen. So können etwa Sensoren am Patienten angebracht werden, um Informationen über wichtige Vitalparameter zu gewinnen. Dazu zählen beispielsweise Puls, EEG, EKG, Sauerstoffsättigung, Körpertemperatur und Blutdruck. Die Diagnose kann durch Mediziner aus der Ferne kontrolliert werden.

Für die arterielle Blutdruckmessung hat das Entwicklungsteam zusätzlich ein Sensorarmband mit integrierter Mikropumpe konzipiert. Die integrierte piezoelektrische Mikromembranpumpe pumpt dabei Luft in ein Plastikreservoir, welches dann auf die Arterien drückt. Die systolischen und diastolischen Blutdruckwerte werden erfasst und mithilfe spezieller Auswertemethodik auf dem Smartphone / Tablet der ärztlichen Fachkraft diagnostisch interpretiert. Perspektivisch sollen sich aus den Sensordaten auch weitergehende Krankheitsbilder wie etwa Rhythmusstörungen erkennen lassen.



Mobile Blutdruckmessung mittels Mikropumpen

Das AirDoc-Konzept entstand im Rahmen des Ideenwettbewerbs »Ramp up Resilience« des Fraunhofer Netzwerk-Symposiums vom 23.-24. 3. 2021 und wurde dort mit dem zweiten Platz ausgezeichnet (→ siehe Seite 42).

Mehr Projekte

www.emft.fraunhofer.de/projekte



Sichere Elektronik

Internet of Things, Industrie 4.0, Big Data – ohne Frage hat die Digitalisierung in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens Einzug gehalten. Als »Infrastruktur« dieser vernetzten Welt benötigt man sichere elektronische Systeme. Das Wort »sicher« hat dabei verschiedene Facetten.

Zum einen müssen vor allem in sensiblen Einsatzbereichen wie der Medizintechnik, Automobilindustrie und Luft- und Raumfahrttechnologie elektronische Systeme zu hundert Prozent zuverlässig im Sinne von ausfallsicher funktionieren. Die Fraunhofer EMFT verfolgt in ihren F&E-Aktivitäten das Ziel, so genannte »Zero-Defect-Systeme« zu ermöglichen. Schwerpunkte sind dabei Ausfallanalysen und Charakterisierung elektronischer Baugruppen und Systeme, die Entwicklung neuartiger ESD Test- und Schutzkonzepte sowie das Monitoring elektrischer Verbindungen mithilfe »intelligenter« Stecker.

Der zweite Aspekt von »Sicherheit«, der im Zeitalter der Digitalisierung immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist der Schutz elektronischer Systeme vor Manipulation und ungewolltem Zugriff. Nur wenn die Sicherheit von Daten gewährleistet ist, werden Internet of Things (IoT)-Anwendungen auf breite Nutzerakzeptanz stoßen. Doch zum Schutz sensibler Daten in elektronischen Systemen, z.B. im Umfeld von Banking, Smart Grid / Smart Metering, beim Umgang mit Patientendaten oder dem Betrieb kritischer Infrastrukturen, reichen softwarebasierte Lösungen oft nicht mehr aus. Die Fraunhofer EMFT arbeitet mit Partnerinnen und Kunden an neuartigen Schutzkonzepten auf Hardwareebene, z.B. auf Basis so genannter Physical Unclonable Functions (PUF).

Im dritten Aspekt von »Sicherheit« sollen elektronische Systeme auch die Sicherheit von Menschen erhöhen, beispielsweise im Arbeitsschutz, in medizinischen Anwendungen oder im Bereich des Ambient Assisted Living. Die Lösungen der Fraunhofer EMFT leisten in verschiedenen Anwendungsbereichen einen Beitrag zur persönlichen Sicherheit der Anwenderinnen. Im Bereich Medizintechnik etwa sorgen die Mikrodosierkomponenten und -systeme der Fraunhofer EMFT dafür, dass Lösungen zur Medikamentendosierung zuverlässig funktionieren. Im Bereich Arbeitssicherheit können die Sensorlösungen der Fraunhofer EMFT für eine Detektion von gefährlichen Substanzen in der Umgebung eingesetzt werden.

ESD Systemtest mit breitbandiger Messung des Sekundärentladungsstroms

Mehr Infos

www.emft.fraunhofer.de/sichere-elektronik



Projekte

Sichere Elektronik



Hardware-Trojaner zuverlässig detektieren

Vor allem in Bereichen, in denen personenbezogene oder sicherheitskritische Daten verarbeitet werden – etwa in der Medizintechnik, beim autonomen Fahren oder bei kritischen Infrastrukturen – werden im Zuge der Digitalisierung vertrauenswürdige elektronische IKT-Komponenten und -Systeme immer wichtiger.



© MEV-Verlag

Forschende der Fraunhofer EMFT haben bei diesem Thema vor allem die Hardware-Ebene im Blick:

In den durch das BMBF geförderten Projekten SyPASS (Förderkennzeichen: 16KIS0669) und RESEC (Förderkennzeichen: 16KIS1008) entwickeln die Infineon AG, die Raith GmbH,

TU München und die Fraunhofer EMFT zusammen Methoden, um höchstintegrierte Sicherheitsschaltungen zurückzupräparieren und Layoutinformationen zurückzugewinnen. Durch einen Vergleich mit Entwurfsdaten sollen Hardware Trojaner zuverlässig erkannt werden. Strukturen und Schichtdicken von wenigen 10 nm bei der Präparation, die Stabilität der rasterelektronenmikroskopischen Abbildung und schließlich die Synthese und Analyse riesiger Datenmengen sind die besonderen Herausforderungen des Projektes. Hierbei werden zunehmend auch Methoden der KI angewendet.

Technische Voraussetzungen für diese Projekte sind Systeme zur nanoskaligen Präparation und Analyse, welche vor allem durch das vom BMBF geförderte Projekt Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland FMD (Förderkennzeichen: 16FMD01K) beschafft werden konnten, sowie ein im Rahmen von SyPASS aufgebautes nach Common Criteria EAL6 zertifiziertes Sicherheitslabor, um auch nach der höchsten Stufe klassifizierte Sicherheitsbausteine untersuchen zu können. Das von der Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen der COVID InnoPush Initiative 2020 finanzierte Projekt TRAICT hat eine erfolgreiche synergetische Vernetzung mehrerer Fraunhofer-Institute ermöglicht, um am Beispiel eines aktuellen 5G-Routers mit zentralem 7 nm CMOS Baustein verschiedene Analysemethoden zu

demonstrieren. Das Analysethema wurde in TRAICT von Fraunhofer EMFT koordiniert. Verbundübergreifende Anschlussprojekte wurden in Aussicht gestellt, um das komplexe Thema nachhaltig zu adressieren auch in einem internationalen Umfeld bei wachsenden technologischen Herausforderungen »Vertrauenswürdige Elektronik« bereit stellen zu können.

Design- und Testmethodik für robuste und zuverlässige Hochleistungs-ICs

Anwendungen in Zukunftsbereichen wie dem autonomen Fahren, Robotik und Industrie 4.0 verlangen nach leistungsfähigen IC-Komponenten für die Datenverarbeitung und -übertragung. Um die hohen Anforderungen an Zuverlässigkeit und Robustheit zu gewährleisten, werden bislang meist applikationspezifisch entwickelte Microcontroller oder Bausteine älterer Fertigungsgenerationen eingesetzt – was allerdings zu einer verminderten Leistungsfähigkeit dieser Systeme gegenüber Mobilfunk- oder Rechnersystemen führt, die Modems und CPUs der neuesten Fertigungsgeneration verwenden und eine um Größenordnungen höhere Datenrate verarbeiten können.

Hier setzt das Projekt ROBUSTNE an: Forschende der Fraunhofer EMFT arbeiten gemeinsam mit der TU München und Intel

daran, die Robustheit und Zuverlässigkeit leistungsfähiger Hochvolumenbausteine gezielt an kritischen Stellen anzupassen. Am Beispiel eines aktuellen 4G/5G Modemmoduls soll der Ansatz für eine effiziente Entwicklungsmethode erarbeitet werden, die es erlaubt, hochperformante Halbleiterkomponenten aus dem kostensensitiven Consumerbereich für hochzuverlässige Industrieanwendungen der Industrie 4.0 ohne teures, vollständiges Neudesign verwendbar zu machen.



Stresstest zur Evaluation der Robustheit von Systemen

Das Forschungsteam der Fraunhofer EMFT bringt seine Expertise im Bereich Analyse und Test in das Vorhaben ein. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln dazu Testmethoden für Module und IC Bausteine, welche die für die Belastungen in

Röntgenuntersuchung einer bestückten Leiterplatte

der Anwendung relevanten Impulsparameter identifizieren und dazu dienen, elektrische wie thermische Parameter für die Modellierung und Simulation der Funktion und Alterung von Bauelementen durch geeignete Messungen zu extrahieren.

Das Vorhaben wird durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert (Förderkennzeichen ESB-1909-0003// ESB091/002).

Intelligente Diagnoseschnittstellen für vernetzte IoT-Systeme

Ob im Automobil – gerade in Hinblick auf das autonome Fahren – oder in der Produktion von morgen: Steckverbinder und elektrische Anschlussstechnologien spielen eine zentrale Rolle für die digitale Vernetzung: Sie sind die Hauptschnittstelle zwischen Maschinen, Steuerungen und Datenverarbeitungsanlagen und bilden somit die Grundlage für Funktionalität, einfache Handhabung und Zuverlässigkeit der Automatisierungstechnik. Forschende der Fraunhofer EMFT arbeiten im gleichnamigen Projekt an so genannten Cyber Physical Connectors, einer neuen Generation aktiver, »intelligenter« Steckverbinder.



Das kontaktlose elektronische Sensorsystem dient als intelligente Diagnoseschnittstelle für das Internet of Things (IoT) und ermöglicht ein zuverlässiges Condition-Monitoring der Umgebung am Beispiel eines Leiterplatten Steckverbinders (Smart Mechanical Electrical Connector, SmeC)

Ziel ist es, miniaturisierte Sensorsysteme in die Stecker zu integrieren, um unter anderem die Verbindungsqualität überwachen zu können.

Langfristig könnten die eingebauten Sensoren eine Art Condition Monitoring für die angeschlossenen Geräte übernehmen und etwa den Energieverbrauch erfassen.

Im Teilprojekt »Foliensensorik« entwickelte das Team ein allgemeingültiges Verfahren, um (gedünnte) siliziumbasierte Sensorik auf flexible bzw. starr-flex Leiterplatten zu applizieren. Diese Systeme lassen sich dank des hohen Miniaturisierungsgrades in nahezu alle Gehäuse von Steckverbindern bzw. Komponenten der Daten- und Leistungsnetzwerke integrieren. Die Ergebnisse der Zuverlässigkeitsexperimente liegen über den Anforderungen an Industrielektronik. Das Verfahren lässt sich mit geringem Aufwand auf beliebige Stecksysteme übertragen und steht Partnern aus Industrie und Forschung zur Verfügung.

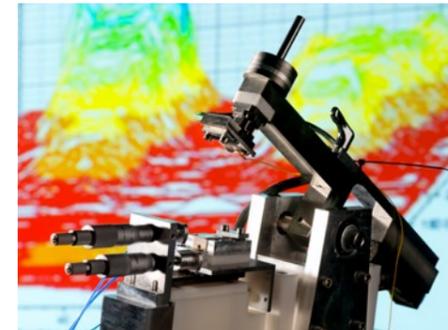
Im Teilprojekt »Konzeptstudie Reibkorrosion« konnten wesentliche Erkenntnisse zur Modellierung von Schadensmechanismen an kommerziellen Stecksystemen gewonnen werden. So zeigen die Versuche mit dem Reibkorrosionsprüfstand der Fraunhofer EMFT, dass der Widerstand von Steckverbindern mit fortschreitendem Reibweg intermittierend ansteigt. Dieses Verhalten ist sowohl im schnellen (1 Hz bis 10 Hz Reibfrequenz) sowie im äußerst langsamen Experiment (0,075 Hz Reibfrequenz) festzustellen. Eine detaillierte Untersuchung der Kontaktwiderstände und der Vergleich mit einer gleichzeitigen Messung der Kontaktnormalkraft in Abhängigkeit der relativen Position der beiden Steckerhälften kann dieses Verhalten erklären. Somit leisten die gewonnenen Erkenntnisse einen elementaren Beitrag für ein künftiges Diagnosemodell für autonome Fahrzeuge.

Das Ende 2021 abgeschlossene Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie unter dem Förderkennzeichen AZ 43-6622/532/4 gefördert.

Verschleißursachen von Steckverbindern besser verstehen

Elektrische Stecksysteme sind die Schnittstelle zwischen den Baugruppen / Modulen mechatronischer bzw. elektrischer Systeme,

etwa im Automobil. Vor dem Einbau werden bislang meist nur die elektrischen Eigenschaften aus dem Datenblatt herangezogen, ohne die zu erwartenden Umwelteinflüsse im späteren Betrieb, etwa Vibrationsbelastungen, zu berücksichtigen. Das kann zu frühzeitigem Verschleiß und im ungünstigsten Fall zu kostenintensiven Rückrufaktionen führen.



Reibkorrosion: Ermittlung der elektrischen Eigenschaften von Kontakten, Steckern und Steckverbindern bei definierter Belastung durch Kontaktkraft, Kontakttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Amplitude und Frequenz der Reib-Bewegung.

Im Projekt StroBA nimmt ein Forschungsteam der Fraunhofer EMFT am Standort Oberpfaffenhofen in Kooperation mit der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe die Auswirkungen von Umweltbelastungen auf Stecksysteme genauer ins Visier: Im Fokus steht einerseits der Einfluss von unterschiedlichen Arten der Mikrobewegung (Rotation und Translation) und zum anderen von konstruktiven Merkmalen und der Leitungsverlegung auf das Schädigungs- und Alterungsverhalten.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen zwei Leitfäden zur konstruktiven Auslegung sowie zur Auswahl und Prüfung von Steckverbindern erstellt werden. Diese sollen es Entwicklungsingenieuren erleichtern, durch konstruktive Maßnahmen eine Minimierung möglicher Schadensbilder bereits beim Design zu berücksichtigen. Für Anwenderinnen von Steckverbindungen ermöglichen die entwickelten Vorschläge eine zielsichere Auswahl des richtigen Steckverbinders für die jeweilige Aufgabe. Dadurch wiederum soll sich nicht nur die Erprobungszeit von neuen Steckverbindungen verkürzen, sondern eine Erhöhung

der Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Produkte erreicht werden.

Das Vorhaben wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi sowie die AiF-Forschungsvereinigung Fördernummer 20139 N gefördert.

Mehr Projekte

www.emft.fraunhofer.de/projekte



Sensordlösungen

Als »Sinnesorgane von Dingen« spielen Sensoren eine Schlüsselrolle für zukünftige Anwendungen im Bereich Internet of Things (IoT). Doch so vielseitig die Einsatzmöglichkeiten, so komplex und gleichzeitig spezifisch sind oft die Anforderungen, die unterschiedliche Anwendungsfälle an die kleinen elektronischen Helfer stellen. Marktübliche Standardlösungen können diese breite Palette an Bedürfnissen in vielen Fällen nicht mehr abdecken.

Ein Forschungsschwerpunkt der Fraunhofer EMFT sind Sensordlösungen, die individuell auf die Bedürfnisse und Anforderungen unserer Kundinnen und Kunden maßgeschneidert werden. Mit ihrem breiten technologischen Know-how entwickeln die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Fraunhofer EMFT neuartige, leistungsstarke Sensoren, konzipieren robuste, sichere und schnelle Sensornetze und schaffen Systemlösungen, die ein perfektes Zusammenspiel der Sensorik mit ihrer Umgebung ermöglichen. Dabei werden Eigenentwicklungen auch mit bereits bestehenden Lösungen kombiniert.

F&E-Schwerpunkte der Fraunhofer EMFT sind:

- Energieeffiziente Sensoren
- Sensorik auf flexiblen Substraten
- Strömungssensorik
- Chemische Sensorik / Gassensorik
- Biosensorik
- Zellbasierte Sensorik
- Charakterisierung und Validierung
- Kombi-Sensorsysteme

Sensormaterialien für kombinierte Inline-Messungen

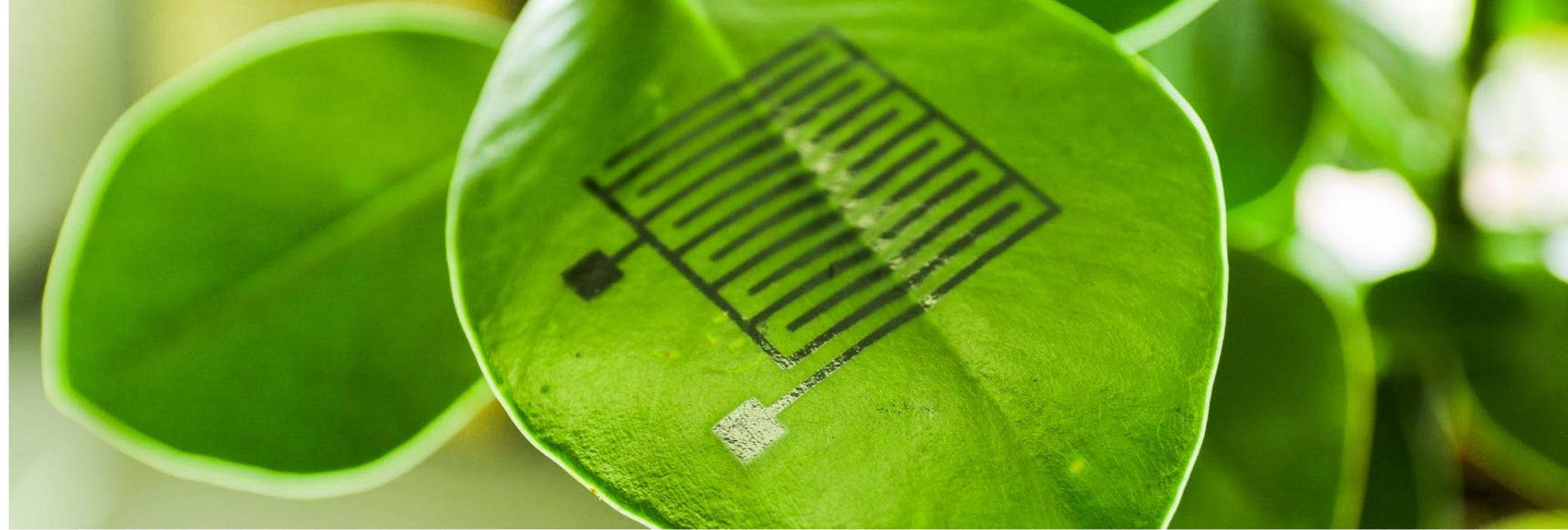
Mehr Infos

[www.emft.fraunhofer.de/
sensordloesungen](http://www.emft.fraunhofer.de/sensordloesungen)



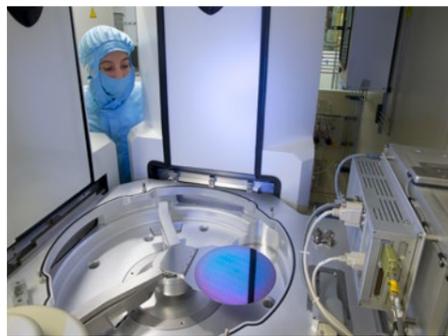
Projekte

Sensorlösungen



Energieeffizientes Brain-like Computing

Die Natur hängt die Messlatte hoch: Unser Gehirn ist in der Lage, riesige Informationsmengen zu verarbeiten und zu speichern, ohne dabei mehr Energie als eine 20-Watt-Glühbirne zu benötigen. Ein guter Grund für Forschende weltweit, sich das menschliche Gehirn als Vorbild für Schaltkreise in sogenannten neuromorphen Chips zu nehmen.



Thermisch unterstützte chemische Gasphasenabscheidung auf 8-Zoll-Wafer

Im EU-Projekt NeurONN entwickelt die Fraunhofer EMFT mit sechs europäischen Partnern eine neurologisch inspirierte Computerarchitektur. Dort werden Informationen von gekoppelten oszillierenden Elementen verschlüsselt, die zu einem neuronalen Netzwerk verschaltet sind. Analog zum Gehirn bilden die beiden Schlüsselkomponenten Neuron und Synapse

die verteilten Rechen- und Speichereinheiten nach. Als Neuronen dienen neue Elemente auf Basis von Vanadiumdioxid, die 250 Mal effizienter als modernste digitale Oszillatoren sein können. Als Synapsen kommen sogenannte Memristoren – aus memory und resistor, Speicher und elektrischer Widerstand – auf Basis von neuen 2D-Nanomaterialien zum Einsatz. Die winzigen Bauelemente sollen bei Schaltungsgeschwindigkeit, Lebensdauer und Energieverbrauch bis zu 330 Mal effizienter sein als aktuelle Technologien.

Zum Einsatz sollen die neuromorphen Chips überall dort kommen, wo Energieeffizienz und niedrige Latenzzeiten besonders wichtig sind, etwa weil Geräte batteriebetrieben werden oder keine Zeit bleibt, Daten in die Cloud zu schicken und auf Antwort zu warten. Dazu zählt beispielsweise die Verarbeitung von Sensordaten beim autonomen Fahren, in Satellitenanwendungen, bei Predictive Maintenance oder Condition Monitoring in der Industrie 4.0. Ein großer Vorteil neuromorpher Hardware ist auch, dass Informationen lokal und nicht in der Cloud gespeichert werden, was sowohl die Sicherheit der Geräte als auch den Datenschutz verbessert. Nicht zuletzt dienen neuromorphe Chips als Basis für Edge-AI-Anwendungen.

Das Projekt wird im Rahmen des EU-Forschungsprogramms Horizon 2020 unter dem Förderkennzeichen 871501 gefördert.

Entwicklung eines analogen Beschleunigers für Inferenz in der Edge

Edge Computing gilt als Schlüssel für neue IoT-Anwendungen. Um grundlegende künstliche Intelligenz für zukünftige Edge-Produkte zu schaffen, arbeiten Fraunhofer EMFT-Forschende gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IIS und IPMS im Rahmen des EU-Projekt ANDANTE an der Entwicklung innovativer Mixed-Signal-Beschleuniger für künstliche neuronale Netze (ANN) mit Computation-in-Memory (CIM) Fähigkeit. Diese sollen den Aufbau solider Hardware- und Softwareplattformen zur Entwicklung von KI-Anwendungen ermöglichen.

Die daraus resultierenden IoT-Geräte sollen Energieeffizienz mit robusten neuromorphen Rechenkapazitäten verbinden. Durch einen engen Austausch zwischen bedeutenden europäischen Fertigungsanlagen, Firmen für Chipdesign, Systemhäusern, Anwendungsentwicklungsunternehmen und Forschungspartnern wird das Projekt das europäische Ökosystem rund um die Definition, Entwicklung, Herstellung und Anwendung neuromorpher integrierter Schaltkreise auf- und ausbauen.

Die Fraunhofer EMFT bringt ihre Studien über KI-Bausteine, Methoden und Werkzeuge für die Schaffung einer flexiblen und dennoch effizienten Mixed-Signal ANN-Schaltungsarchitektur in die Projektarbeiten mit ein. Darüber

hinaus entwickeln die Münchner Forscherinnen und Forscher Werkzeuge, welche eine ressourcenbewusste Planung eines ANN-Modells für die verfügbare Hardware in den Edge-Produkten unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf den Aspekten Rechengenauigkeit, Datendurchsatz und Leistungskompromisse. Weiterhin werden an der Fraunhofer EMFT verschiedene Schaltungsblöcke für neuronale Netzwerke entwickelt, wobei der Schwerpunkt auf der hohen Konfigurierbarkeit und dem geringen Stromverbrauch liegt.

Das Gesamtvorhaben wird im Rahmen der europäischen ECSEL-Initiative unter dem Förderkennzeichen 876925, das Teilvorhaben zusätzlich durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF unter der Fördernummer 16MEE0117 gefördert.

Stromsparende Chips für neuromorphes Computing

Neuromorphes Computing gilt als Schlüsseltechnologie für künftige KI-Anwendungen. Als Vorbild dient das ausgeklügelte Nervennetz unseres menschlichen Gehirns. Eine zentrale Herausforderung für die Forschung ist dabei der sehr hohe Energieverbrauch der Chips für die erforderlichen komplexen Rechenleistungen. Im Rahmen des ECSEL-Projekts TEMPO (Technologie & Hardware für Neuromorphic Computing) arbeitet das deutsche Konsortium mit Beteiligung der

Sensoren auf Basis organischer Halbleiter ermöglichen die Überwachung der Vitalität von Pflanzen und dienen als Indikatoren für parasitären Befall

Fraunhofer EMFT an der Entwicklung und Evaluierung stromsparender Neuromorphic Computing Chips im 22 nm FDSOI-Technologieknoten. Die Forschenden setzen dabei neue integrierte Speichertechnologien in innovativen Konzepten für die Realisierung analoger und digitaler neuromorpher Schaltungen ein. Die Speicher- und Chipentwicklung wird hierbei durch alle Verwertungsebenen von der angewandten Forschung über die IP-Generierung bis hin zu integrierten Systemen getrieben. Die im Projekt entworfenen und gefertigten Chips sollen v.a. für Klassifikationsaufgabenstellungen in Bilderkennungssystemen z.B. für das autonome Fahren als auch für die Verarbeitung weiterer Sensordaten wie von Radarsystemen Einsatz finden.



Verifikation des Deep-Learning-Algorithmus für die Implementierung einer neuromorphen Hardware

Im Rahmen des Projektes werden sich die Beiträge der Fraunhofer EMFT auf die Entwicklung von Schlüssel-IPs für die analoge und Mixed-Signal Signalverarbeitung für neuromorphe Strukturen fokussieren. Ziel ist es, für bestehende mobile und portable Sensorsysteme eine Signalverarbeitung zu entwickeln, die eine Reduzierung der Leistungsaufnahme um einige Größenordnungen ermöglicht.

Das Projekt wird unter dem Förderkennzeichen 826655 im Rahmen des ECSEL-Initiative durch die EU und mit dem Förderkennzeichen 16ESE0407 durch das BMBF gefördert.

Machine Learning zur vorausschauenden Wartung von Getriebeölen

Schmieröle leisten einen wesentlichen Beitrag zur Reibungsminimierung und gewährleisten

damit einen sicheren Betrieb von Produktionsanlagen. Im Projekt Smart Gear entwickeln Forschende der Fraunhofer EMFT Lösungen, um eine abfallende Leistungsfähigkeit der Schmieröle mit Hilfe von Sensorik und Machine Learning-Methoden zu erkennen und den Zeitpunkt für einen Ölwechsel zu prognostizieren.

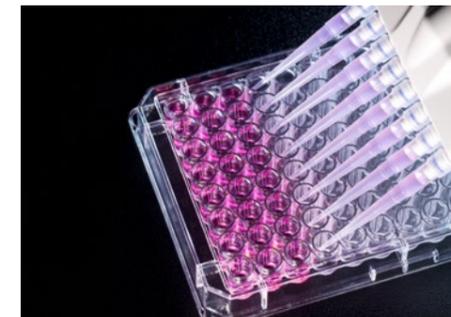
Bei Produktionsanlagen ist regelmäßig ein Schmierstoffwechsel fällig. Denn die eingesetzten Getriebeöle büßen mit der Zeit an Leistungsfähigkeit ein, sei es durch Alterung der Grundöle, dem Abbau der enthaltenen Additive oder durch externe Einflüsse wie dem Eintrag von Fremdstoffen. Wird das Öl nicht rechtzeitig ersetzt, droht der Ausfall der Maschine. Bislang erfolgen in regelmäßigen Zeitintervallen externe Laboranalysen, die eine verlässliche Aussage über den Zustand des Schmieröles geben. Dabei wird eine Vielzahl an verschiedenen Einflussgrößen direkt oder indirekt chemisch-analytisch bestimmt. Das Vorgehen ist allerdings zeit- und kostenintensiv.

Gemeinsam mit dem Schmierstoff-Hersteller Klüber Lubrication verfolgt ein Forschungsteam der Fraunhofer EMFT jetzt einen neuen, effizienten Ansatz: Durch die Kombination von Sensorik und Methoden des Machine Learning soll ein vorausschauendes Zustandsmonitoring – ein so genanntes Predictive Maintenance – etabliert werden. Die Entwicklungspartner greifen dabei bestehende Ansätze des Online Condition Monitoring auf, bei der mittels Sensorik und einer abgesicherten IT-Infrastruktur der aktuelle Zustand einer Anlage, bzw. in diesem Falle des Schmierstoffs, überwacht wird. Bei Überschreitung eines zuvor festgelegten Grenzwerts erhält die Produktionsleitung eine Warnung mit Handlungsempfehlung. Während dieses Vorgehen jedoch nur die aktuellen und vergangenen Werte betrachtet, soll das neue System eine Prognose stellen, wann die nächste Wartung fällig werden wird. Im Sinne einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Wirtschaft soll die Lebensdauer eines Schmieröles dabei optimal ausgenutzt werden. Daneben wird auch die Korrelation zwischen der Leistungsaufnahme der Anlage und der Ölalterung berücksichtigt, um zwischen Weiterverwendung und Tausch des Öles wirtschaftlich abwägen zu können.

Das Projekt wird von der Bayerischen Forschungsförderung unter dem Förderkennzeichen AZ-1523-21 gefördert.

Neues Assay-Konzept für die Impfstoffentwicklung

Bis ein neues Vakzin reif für die Zulassung ist, muss es auf Effektivität und Nebenwirkungsfreiheit geprüft werden. Dies ist mit komplexen und oft langwierigen Prozessen verbunden.



Virologische Neutralisationstests im 96well Format

Forschende der Fraunhofer EMFT und der Universität Regensburg arbeiten im Projekt CoviRep an einem Assay-Konzept, das die Wirksamkeitsprüfung von Impfstoffkandidaten schneller und gleichzeitig aussagekräftiger machen könnte. Ziel des von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Kooperationsprojektes zwischen der Fraunhofer EMFT-Gruppe »Zellbasierte Sensorik« um Prof. Dr. Joachim Wegener und der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Ralf Wagner am Institut für Mikrobiologie und Hygiene der UR ist die Entwicklung eines konzeptionell neuen Assays zum Nachweis neutralisierender Antikörper gegen SARS-CoV2.

Das Konzept macht mit intrinsischen biologischen Verstärkungsmechanismen eine sehr niederschwellige virale Beeinflussung der Zell-Physiologie nachweisbar und ermöglicht einen automatisierten, elektrischen Readout, der auf hohe Durchsätze skalierbar ist. Im Gegensatz zu den bislang eingesetzten Verfahren wird die Reaktion der Wirtszellen auf die Virus-Infektion kontinuierlich in Echtzeit und nicht nur zu einem einzigen Zeitpunkt aufgezeichnet.

Sichere vernetzte Sensorik im Gesundheitsbereich

Für das Gesundheitswesen bietet das Internet of Things (IoT) ein riesiges Potenzial – von der Diagnostik über die Patientensicherheit bis hin zu optimierten logistischen Prozessen. 21 europäische Partner arbeiten im Projekt SERENE-IoT daran, elementare Grundlagen für IoT-Anwendungen im Gesundheitswesen zu schaffen. Das deutsche Konsortium unter Koordination der Fraunhofer EMFT entwickelt im Rahmen des Projekts ein IoT-fähiges, mobiles Analysegerät zum Nachweis von multiresistenten Staphylococcus aureus (MRSA). Das Nachweisverfahren (entwickelt im Projekt »MRE-Test«, gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie im Rahmen des Programms »Mikrosystemtechnik Bayern«, Förderkennzeichen MST-1308-0001//BAY189/001) wird in ein vernetzbares Gesamtsystem transferiert, welches im Batteriebetrieb eingesetzt werden kann. Basis dafür sind neue anwendungsspezifische Speicherchips mit sehr niedrigem Energieverbrauch. Der Fokus des Forschungsvorhabens liegt auf der Entwicklung einer sicheren Software-Architektur für die IoT-Vernetzung medizinischer Geräte sowie auf der Sicherheit des Transfers vertraulicher Daten. Auf nationaler Seite erfolgt die Erprobung des erarbeiteten Konzepts IoT-vernetzter, medizinischer Geräte anhand von verschiedenen Demonstratoren durch das Klinikum der Universität München (mobiler MRSA-Detektor, Gerät zum Nachweis postoperativer Infektionen, Ernährungspumpe, Falldetektor zur Erkennung und Prävention von Stürzen).

Das Projekt SERENE IoT wird durch das EUREKA-Cluster PENTA mit 5,1 Mio. € gefördert, davon 67% durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF.

Mehr Projekte

www.emft.fraunhofer.de/projekte



Wissenschaftliche Aktivitäten

Als anwendungsorientierte Forschungseinrichtung ist wissenschaftliche Exzellenz ein zentrales Qualitätsversprechen für unsere Forschungsaktivitäten und -kooperationen. Auf den nächsten Seiten erhalten Sie einen Überblick der im Jahr 2021 erlangten

- Auszeichnungen
- Bachelor- sowie Masterarbeiten
- Promotionen
- Vorträge
- Veröffentlichungen und
- Patente.

Abgesicherter und vernetzter Vor-Ort-MRSA-Detektor



Auszeichnungen

PENTA Innovation Award für das Projekt Serene-IoT unter der Koordination von Fraunhofer EMFT

Auf der virtuellen EFCS Veranstaltung wurde am 24. November das Serene-IoT Projekt mit **PENTA Innovation Award 2021** ausgezeichnet. Der europäische EUREKA-Cluster PENTA hat als Ziel, Forschung, Entwicklung und Innovation im Bereich Mikro- und Nanoelektronik zu fördern. 21 europäische Partnerinnen und Partner arbeiteten im Projekt SERENE-IoT daran, elementare Grundlagen für IoT-Anwendungen im Gesundheitswesen zu schaffen. Das deutsche Konsortium, unter der Koordination der Fraunhofer EMFT, entwickelte im Rahmen des Projekts ein IoT-fähiges, mobiles Analysegerät zum Nachweis von multiresistenten Staphylococcus aureus (MRSA). Dies gelang sogar in der Hälfte der Zeit, die normalerweise für solche Projekte in der Medizintechnik angesetzt wird. An der Fraunhofer EMFT leisteten Dr. Erkan Isa, Dr. Sabine Trupp, Christian Hochreiter und Jennifer Schmidt einen wesentlichen Beitrag zum Projekterfolg. —> Seite 39

Dieter Hemmetzberger als einer der besten Ausbilder bei Fraunhofer geehrt

Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft hat am 4. November die besten Auszubildenden des Jahres 2021 und ihre Ausbilderinnen und Ausbilder für die besonderen Leistungen ausgezeichnet. Dieter Hemmetzberger von Fraunhofer EMFT wurde für sein Engagement und seinen Einsatz als **Ausbilder eine Ehrenkunde** überreicht. Sein Azubi mit dem Schwerpunkt Mikrosystemtechnik hat die Ausbildung im Jahr 2021 mit der Bestnote »Sehr gut« abgeschlossen.



Stellvertretende Ausbilderung von Dieter Hemmetzberger durch Institutsleitung Prof. Christoph Kutter

IEEE UFFC Early Career Investigator Award an Prof. Amelie Hagelauer

Im Rahmen des IEEE International Ultrasonics Symposiums wurde Prof. Amelie Hagelauer am 21. September mit dem **2021 IEEE UFFC Early Career Investigator Award** ausgezeichnet. Der Preis wird zur Anerkennung von außergewöhnlichen Leistungen an Forscherinnen und Forscher verliehen, die weniger als 10 Jahre Erfahrung im Bereich Ultraschalltechnologien und -applikationen haben.



Virtuelle Ehrung von Prof. Amelie Hagelauers Forschung

Prof. Christoph Kutter mit GMM Award ausgezeichnet

Im Rahmen des Mikrosystemtechnik Kongresses am 10. November wurde Prof. Christoph Kutter der **GMM Award** verliehen. Diese höchste Auszeichnung der Fachgesellschaft GMM (Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik des VDE/VDI) erhielt er für seine zahlreichen Verdienste für die GMM und seiner exponierten Stellung als Experte insbesondere auf dem Gebieten Sensorik, Flexible Elektronik, sowie Mikrofluidik.



Prof. Christoph Kutter bei der Verleihung des GMM Awards

Prof. Dr. Alexander Kurz, Moderatorin Monika Jones, Lorenz Grünerbel und Agnes Bußmann während des Ideenwettbewerbs »Ramp up Resilience« auf dem Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« 2021 in der Fraunhofer Zentrale in München
© Marc Müller



Zweiter Platz im Fraunhofer Netzwerk Ideenwettbewerb »Ramp up Resilience« an Agnes Bußmann und Lorenz Grünerbel

Im Rahmen des **Ideenwettbewerbs »Ramp up Resilience«** des Fraunhofer Netzwerk-Symposiums am 23.-24. 3. 2021 wurde das »AirDoc« Konzept von Lorenz Grünerbel und Agnes Bußmann mit dem **zweiten Platz** ausgezeichnet. Das junge Forschungsteam hat mit seiner Präsentation über einen fliegenden, autonomen Ersthelfer die Teilnehmenden des Symposiums überzeugt. Der medizinische Drohnenroboter soll sehr schnell in gefährliche, verseuchte oder unzugängliche Gebiete vordringen, um dort selbstständig Erste Hilfe leisten und eine Ferndiagnose ermöglichen zu können. Für die Umsetzungsphase ist das Forschungsteam nun auf der Suche nach Kooperationspartnern.



Das Entwicklungsteam mit dem AirDoc

Bachelorarbeiten

James Widjita
Characterization of New Generation of ISFET
Bachelor Thesis, Technische Universität München
Betreuung: Leonhard Sturm-Rogon, Matthias Steinmaßl, Karl Neumeier

Sophia Güntner
Entwicklung eines Dichtdesigns für aktive NO-Ventile und Analyse des Dichtdesigns mit Parylene-C-Beschichtung bei hydraulisch aktuierten SafetyValves
Bachelor Thesis, Oberbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden
Betreuung: Claudia Durasiewicz

Thomas Neuner
Erstellen von Messroutinen mit PyMeasure zur Charakterisierung von Pt/TiO₂/Al Memristoren
Bachelor Thesis, Technische Universität München
Betreuung: Marc Tornow, Daniel Reiser

Sophie Hoffmann
Experimentelle Untersuchung der Partikeltoleranz piezoelektrischer Membranpumpen für den mikrofluidischen Transport von Zellen
Bachelor Thesis, Hochschule München
Betreuung: Agnes Bußmann

Simon Meyer
Integrierte Temperaturregelung für rapide Virusdiagnostik
Bachelor Thesis, Hochschule München
Betreuung: Matthias Steinmaßl

Masterarbeiten

Joscha Erbis
Acquisition Time Reduction in Large-Area, High-Resolution Scanning Electron Microscopy-Analysis of Nanometer Integrated Circuits Through Deep Learning-Based Super Resolution
Master Thesis, Karlsruher Institut für Technologie
Betreuung: Horst Gieser

Barbara Leikam
Characterisation of Passive Check Valves in Microsystems
Diploma Thesis, Technische Universität Wien
Betreuung: Lorenz Grünerbel

Budi Mulyanto
Design of a Time Gain Compensation Amplifier for an Ultrasound Analog Receiver Front End Using 0.18 µm SOI Process
Master Thesis, Technische Universität Chemnitz
Betreuung: Prajith Kumar Poongodan

Anne-Kathrin Mildner
Development of an Impedance-Based Neutralization Assay for SARS-CoV-2 Infection with Inherent Amplification
Master Thesis, Universität Regensburg
Betreuung: Joachim Wegener

Julia Erl
Development of Impedance-Based Technologies to Monitor Photopharmacology Assays in Vitro
Master Thesis, Universität Regensburg
Betreuung: Joachim Wegener

Judith Krauß
Development of Novel Impedance-based Reporter Gene Assays to Monitor G Protein-Coupled Receptor Signaling
Master Thesis, Universität Regensburg
Betreuung: Joachim Wegener

Ferdinand Heinrich
Flow Disturbance Detection in Micro Diaphragm Pumps: Automated Data Acquisition Setup and Time Series Classification with Machine Learning
Master Thesis, Technische Universität München
Betreuung: Thomas Thalhofer

Doris Zhou
Investigation of the Mechanical Loading Capacity of a MEMS Actuator
Master Thesis, Technische Universität München
Betreuung: Martin Wackerle

Samudra Gupta
Low-Power Environment Sensor Platform for Tiny Machine-Learning System
 Master Thesis, Hochschule Ravensburg-Weingarten
 Betreuung: Franz Wenninger, Florens Fraidling, Christian Hochreiter

Philipp Maier
Modelling of Leakage Flows Through Smallest Gaps in Microvalves
 Master Thesis, Technische Universität München
 Betreuung: Claudia Durasiewicz

Konstantin R. B. Hauser
Nachhaltigkeitsorientierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines neuartigen Verfahrens in der Mikroelektronik
 Master Thesis, Technische Universität München
 Betreuung: Karin Bauer, Pirjo Larima-Bellinghoven

Maren Klein
Optimization and Application of an Optical Migration Assay
 Master Thesis, Universität Regensburg
 Betreuung: Joachim Wegener

Dominik Diebold
Prädiktive Analyse von zeitbasierten Gesundheitsdaten zur Früherkennung von Druckgeschwüren
 Master Thesis, Technische Universität München
 Betreuung: Lorenz Grünerbel

Preethi Vigneeshha Govindraj
SAR ADC reference buffer design for next-gen RADAR SoC in 22nm FD-SOI
 Master Thesis, TU Dresden
 Betreuung: Harshitha Basavaraju

Marion Vogl
Subcellular Distribution of Na⁺ in Macrophages
 Master Thesis, Universität Regensburg
 Betreuung: Joachim Wegener

Ellen Jirutková
System Level ESD Testing with Capacitively Coupled Stress Pulses
 Master Thesis, Technische Universität München
 Betreuung: Heinrich Wolf

Mustapha Fahem
Towards a pH measurement system on foil aided with a mixed-signal processor
 Master Thesis, Hochschule München
 Betreuung: Matthias Steinmaßl

Ferdinand Pscheidl
Training Mixed Precision Neural Networks with Energy Constraints for a FeFET-Crossbar-Based Accelerator
 Master Thesis, Technische Universität München
 Betreuung: Lei Zhang

Promotionen

Paric Zlatko
Development of a dual ECIS-SPR sensor platform for cell-based assays: Label-free analysis of g-protein coupled receptor signal transduction
 Kooperation mit Universität Regensburg
 Betreuung: Joachim Wegener

Lisa Pütz
Imaging Microphysiometry of 2D and 3D Tissue Models: Method Development and Application
 Kooperation mit Universität Regensburg
 Betreuung: Joachim Wegener

Maria Zinkl
Impedance-based Analysis of Adherent Cells using Interdigitated Electrodes of Subcellular Dimensions
 Kooperation mit Universität Regensburg
 Betreuung: Joachim Wegener

Pierre Pütz
Impedimetric Monitoring of Three-Dimensional Tissue Models: A Construction Set Approach
 Kooperation mit Universität Regensburg
 Betreuung: Joachim Wegener

Vorträge

Heinrich Wolf
Advanced TLP Applications
 International Electrostatic Discharge Workshop (IEW), May 17-20, 2021.

Johannes Weber, Ellen Jirutková, Heinrich Wolf, Horst Gieser
De-Embedding of VF-TLP/CC-TLP Systems
 International Electrostatic Discharge Workshop (IEW), May 17-20, 2021.

Erwin Yacoub-George
Development of a Chip-Foil-Packaging approach to ease chip integration in flexible hybrid electronics
 LOPEC, March 23-25, 2021, Munich, Germany (online conference).

Erwin Yacoub-George
Development of a Foil based Flexible Interposer for Power Conditioning IC in Energy Autarkic Systems
 Technology Unites Global Summit, February 15-19, 2021.

Joachim Wegener
Disposables mit integrierten Sensoren auf Basis leitfähiger polymerer Dispersionen für das multiparametrische Hochdurchsatzscreening in virologischen Assays
 VDI / BMBF Technologiegespräch »Materialinnovationen für die Medizintechnik«, November 16, 2021, Düsseldorf, Germany.

Lorenz Grünerbel
Early Diagnosis and Prevention of Pressure Induced Wounds (Ulcer) at Vulnerable Patients
 Technology Unites Global Summit, February 15-19, 2021 (online conference).

Kathy Muhonen, Heinrich Wolf
ESD Testing: Different TLP, Different IEC Testing, Surge Test etc.
 EOS/ESD Association, Inc. 1st Annual India ESD Forum, November 15-16, 2021.

Matthias Steinmassl, Jamila Boudaden, Waltraud Hell, Christoph Kutter
Hybride Packaging-Lösung für Elektrochemische Sensoren
 Mikrosystemtechnik Kongress, November 08-10, 2021, Ludwigshafen, Germany.

Lorenz Grünerbel
Medical Wearable as Prophylaxis for Pressure Induced Wounds
 Compamed Suppliers Forum, November 18, 2021, Düsseldorf, Germany.

Stefanie Michaelis
Mit Fotosensibilisatoren dotierte Kultursubstrate zur automatisierten und hochparallelen Durchführung von Wundheilungsassays in vitro
 VDI / BMBF Technologiegespräch »Materialinnovationen für die Medizintechnik«, November 16, 2021, Düsseldorf, Germany.

Mustapha Fahem, Matthias Steinmaßl, Karl Neumeier, Ignaz Eisele, Eva-Maria Korek, Ralf Brederlow
pH Measurement System-on-Foil Aided with a Mixed Signal Processor
 SMSI 2021 - Sensors and Instrumentation, 3.-6.5.2021, Germany (online conference).

Johannes Weber
Stress Current Rise Time Evaluation in the Single-Digit Picosecond-Domain
 International Electrostatic Discharge Workshop (IEW), May 17-20, 2021.

Martin Richter
Theoretische Grundlagen von Mikrodosiersystemen
 Gastvorlesung im Rahmen der Vorlesung »Mikrotechnische Sensoren/Aktoren« an der Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen, Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik, January 18, 2021 and July 15, 2021.

Veröffentlichungen

Nagarajan Palavesam, Jung Han Choi, Waltraud Hell, Gerrit Fiol, Karl-Otto Velthaus, Conrad Zerna, Horst Gieser, Christof Landesberger
Advanced integration technology for fabricating high-speed electro-optical sub-assembly
 23rd European Microelectronics and Packaging Conference & Exhibition EMPC, Online, September 13-16, 2021.

Harshitha Basavaraju, David Borggreve, Enno Boehme, Frank Vanselow, Erkan N. Isa, Linus Maurer
A 0.8-V, 2.88-GHz Double-Tail Latched Comparator in 22-nm FDSOI CMOS Technology
 2021 IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NorCAS), 2021, pp. 1-6, [doi: 10.1109/NorCAS53631.2021.9599873](https://doi.org/10.1109/NorCAS53631.2021.9599873).

Prajith Poongodan, Oleg Sakolski, Frank Vanselow, Linus Maurer
An 8 Channel Transceiver ASIC to Interface a CMUT Array
 2021 19th IEEE International New Circuits and Systems Conference (NEWCAS), 2021, pp. 1-4, [doi: 10.1109/NEWCAS50681.2021.9462791](https://doi.org/10.1109/NEWCAS50681.2021.9462791).

Frank Vanselow, Prajith Poongodan, Oleg Sakolski, Linus Maurer

A New Switching Scheme for High-Voltage Switched Capacitor DC-DC Converter

2021 10th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST), 2021, pp. 1-4, [doi: 10.1109/MOCAST52088.2021.9493344](https://doi.org/10.1109/MOCAST52088.2021.9493344).

Mahmoud N. Almadhoun, Maximilian Speckbacher, Brian C. Olsen, Erik J. Lubber, Sayed Youssef Sayed, Marc Tornow, Jillian M. Buriak

Bipolar Resistive Switching in Junctions of Gallium Oxide and p-type Silicon

Nano Letters, Volume 21, Issue 6, 2021, [doi: 10.1021/acs.nanolett.1c00539](https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.1c00539).

Agnes Bußmann, Thomas Thalhofer, Leopold Daum, Martin Richter, Oliver Hayden

Cell Transport using Piezoelectric Micro Diaphragm Pumps

Mikrosystemtechnik Kongress, November 08-10, 2021, Ludwigsbuurg, Germany.

Lorenz Grünerbel, Barbara Leikam, Gabriele Schrag

Dynamic Behavior of Passive Microvalves in Micropumps for Medical Applications

Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (μ TAS 2021), 10-14 October 2021, Palm Springs, California, USA.

Thomas Thalhofer, Agnes Bußmann, Claudia Patricia Durasiewicz, Oliver Hayden

Effect of Actuation Signal Variation on Single Stroke Volume in Metal Micro Diaphragm Pumps

Actuator 2021, February 19, Frankfurt am Main, Germany (online conference).

Domenikos Chryssikos, Julian M. Dlugosch, Jerry A. Fereiro, Takuya Kamiyama, Mordechai Sheves, David Cahen, Marc Tornow

Electronic Transport Through Organophosphonate-Grafted Bacteriorhodopsin Films on Titanium Nitride

2021 IEEE 21st International Conference on Nanotechnology (NANO), 2021, pp. 389-392, [doi: 10.1109/NANO51122.2021.9514351](https://doi.org/10.1109/NANO51122.2021.9514351).

Lorenz Grünerbel, Gabriele Schrag, Barbara Leikam
Experimental Characterization Method for Passive Microvalves in Diaphragm Pumps for Medical Applications

Mikrosystemtechnik Kongress, November 08-10, 2021, Ludwigsbuurg, Germany.

Peter Ramm, Mustafa Badaroglu, Paul Franzon, Philip Garrou, Pascal Vivet

Fine Pitch 3D Stacking Technologies for High-performance Heterogeneous Integration and Chiplet-based Architectures

3DInCites Yearbook 2021.

Peter Ramm, Paul Franzon, Phil Garrou, Raja Swaminathan, Pascal Vivet, Mustafa Badaroglu

Heterogeneous Integration and Chiplet Assembly – All Between 2D and 3D

IEEE EPS Newsletter Vol. 43 No. 1, IEEE, January 2021.

Birgit Brandstätter, Benedikt Auer, Hannes Klingler, Sabine Scherbaum

High-Accuracy Pick-and-Place of Multiple Dies in Parallel Assisted by Capillary Self-Alignment

IMAPS Oct. 2021, San Diego.

Lei Zhang, David Borggreve, Frank Vanselow, Ralf Brederlow
Impact of Parasitic Wire Resistance on Accuracy and Size of Resistive Crossbars

2021 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 2021, pp. 1-5, [doi: 10.1109/ISCAS51556.2021.9401279](https://doi.org/10.1109/ISCAS51556.2021.9401279).

Agnes Bußmann, Lorenz Grünerbel, Claudia Patricia Durasiewicz, Thomas Thalhofer, Axel Wille, Martin Richter

Microdosing for Drug Delivery – a Review

Sensors and Actuators A: Physical, Volume 330, 112820, [doi: 10.1016/j.sna.2021.112820](https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112820).

Agnes Bußmann, Thomas Thalhofer, Sophie Hoffmann, Nivedha Surendran, Leopold Daum, Martin Richter, Jürgen Hubbuch, Oliver Hayden

Microfluidic Cell Transport with Piezoelectric Micro Diaphragm Pump

MDPI Micromachines; 2021; Volume 12, 1459, [doi: 10.3390/mi12121459](https://doi.org/10.3390/mi12121459).

Henry Leistner, Daniel Anheuer, Martin Richter, Gabriele Bosetti, Gabriele Schrag

Modeling and Manufacturing of an Electrostatic Actuator for Micropumps

Mikrosystemtechnik Kongress, November 08-10, 2021, Ludwigsbuurg, Germany.

Agnes Bußmann, Philipp Korzer, Christian Wald
Optical Evaluation of the Large Signal Behaviour of Piezoelectric Disc Actuators to Increase the Precision of Micro Diaphragm Pumps

Actuator 2021, February 18, Frankfurt am Main, Germany (online conference).

Claudia Patricia Durasiewicz, Sophia Güntner, Sebastian Kibler
Piezoceramic Mounting Process and Adapted Pretension for Improved Microvalve Functionality

Mikrosystemtechnik Kongress, November 08-10, 2021, Ludwigsbuurg, Germany.

Claudia Patricia Durasiewicz, Sophia Thekla Güntner, Philipp Klaus Maier, Wolfgang Hölzl, Gabriele Schrag

Piezoelectric Normally Open Microvalve with Multiple Valve Seat Trenches for Medical Applications

Applied Sciences Vol. 11, 2021, [doi: 10.3390/app11199252](https://doi.org/10.3390/app11199252).

Agnes Bußmann, Henry Leistner, Doris Zhou, Martin Wackerle, Yücel Congar, Martin Richter, Jürgen Hubbuch

Piezoelectric Silicon Micropump for Drug Delivery Applications

MDPI Applied Science, Special Issue Development of Microfluidic Devices for Medical Applications; 2021, 11, 8008, [doi: 10.3390/app11178008](https://doi.org/10.3390/app11178008).

Agnes Beate Bußmann and Claudia Patricia Durasiewicz, Sebastian Heinrich Alexander Kibler, Christian Klaus Wald

Piezoelectric Titanium Based Microfluidic Pump and Valves for Implantable Medical Applications

Sensors and Actuators A: Physical, 2021, [doi: 10.1016/j.sna.2021.112649](https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112649).

Thomas Thalhofer, Ferdinand Heinrich, Oliver Hayden

Pressure Pulse Classification for Flow Disturbance Detection in Micro Diaphragm Pumps

Mikrosystemtechnik Kongress, November 08-10, 2021, Ludwigsbuurg, Germany.

Tim Diederichs, Katya Ahmad, Jonathan R. Burns, Quoc Hung Nguyen, Zuzanna S. Siwy, Marc Tornow, Peter V. Coveney, Robert Tampé, Stefan Howorka

Principles of Small-Molecule Transport through Synthetic Nanopores

ACS Nano 2021 15 (10), 16194-16206, [doi: 10.1021/acsnano.1c05139](https://doi.org/10.1021/acsnano.1c05139).

Henry Leistner, Martin Richter, Yücel Congar, Daniel Anheuer, Martin Wackerle, Siegfried Röhl

Robust Silicon Micropump of Chip Size 5x5x0.6 mm³ with 4 ml/min Air and 0.5 ml/min Water Flow Rate

Actuator 2021, February 19, Frankfurt am Main, Germany (online conference).

Claudia Patricia Durasiewicz, Wolfgang Hölzl, Gabriele Schrag
»Safety Valve«: A Metal Based, Self-Securing Switchable Microvalve for Medical Applications

Mikrosystemtechnik Kongress, November 08-10, 2021, Ludwigsbuurg, Germany.

Matthias Steinmassl, Jamila Boudaden, Waltraud Hell, Christoph Kutter

Simple and Powerful encapsulation through Hybrid Packaging for Electrochemical Transducers

2021 Smart Systems Integration (SSI), 27-29 April 2021, Grenoble, France, [doi: 10.1109/SSI52265.2021.9466968](https://doi.org/10.1109/SSI52265.2021.9466968).

Bassem Badawi, Olfa Sayadi, Ignaz Eisele, Christoph Kutter
Three-state Lithography Model: An Enhanced Mathematical Approach to Predict Resist Characteristics in Grayscale Lithography Processes

J. of Micro/Nanopatterning, Materials, and Metrology, 20(1), 014601 (2021), [doi: 10.1117/1.JMM.20.1.014601](https://doi.org/10.1117/1.JMM.20.1.014601).

Claudia Durasiewicz, Agnes Bußmann, Sebastian Kibler
Titanium Micro Diaphragm Pump for Implantable Medical Applications

Actuator – International Conference and Exhibition on New Actuator Systems and Applications 2021.

Heinrich Wolf

What Are the Advantages of Capacitively Coupled TLP (CC-TLP)?

[InCompliance Magazine, issue Oct. 21.](https://www.compliance-magazine.com/issue/oct-21/)

Patente

Frank Vanselow, Bernadette Kinzel, Erkan Isa
Apparatus and Method for Driving a Load and Device
US 10962997 B2

Dietrich Dumler, Harald Gossner, Wolfgang Gerner
A Device for Detecting Water on a Surface and a Method for Detecting Water on a Surface
US 2021/0285867 A1

Christof Landesberger, Peter Ramm, Nagarajan Palavesam, Josef Weber
Antennenmodul
DE 10 2020 200 974 A1

Armin Klumpp
Halbleiter-Bauelementstruktur mit Verbindungshalbleiter und Verfahren zum Herstellen derselbigen
DE 10 2019 211 465

Peter Ramm
Hochfrequenzanordnung mit einer vorderseitigen und einer rückseitigen Antenne
DE 10 2020 203 970 A1

Peter Ramm, Josef Weber

Hochfrequenzanordnung mit zwei miteinander verbundenen Hochfrequenzkomponenten

DE 10 2020 203 971 A1

Christof Landesberger, Erwin Yacoub-George, Martin König

Mehrlagiges 3D-Folienpackage

DE 10 2019 219 238 A1

Christof Landesberger, Christoph Kutter, Peter Ramm

Mikroelektronische Anordnung und Verfahren zur Herstellung derselben

EP 3916780

Christian Wald, Sebastian Kibler, Martin Wackerle, Yücel

Congar

Microstructured Fluid Flow Control Device

US 2021/0041280 A1

Peter Ramm

Verfahren zur Verbindung von Halbleiter-Bauelementen mittels Umverdrahtungssubstraten mit vergrabenen Kontakten

DE 10 2019 211 371.0

Peter Ramm, Armin Klumpp

Vertikale Verbindungshalbleiterstruktur und Verfahren zum Herstellen derselbigen

DE 10 2019 211 468

Wissenschaftliche
Publikationen

[www.emft.fraunhofer.de/
publikationen](http://www.emft.fraunhofer.de/publikationen)



Publish or Perish ist eine gängige Redewendung in den USA – sie drückt recht prägnant aus, wie wichtig es für Forschungsorganisation ist, beim wissenschaftlichen Publizieren ganz vorne mit dabei zu sein.

Für Partner aus der Industrie stellen unsere veröffentlichten Forschungsergebnisse Keimzellen für neue F&E-Aufträge und Förderprojekte dar. Dies gilt auch für die im Haus generierten *Intellectual Properties (IP)* – also Erfindungen, die zu internationalen Patenten angemeldet und veröffentlicht werden. Dieses *Background IP* führt zu zukünftigen Forschungsaufträgen, Technologietransfer und Lizenzvergaben.

Für die wissenschaftliche Exzellenz der Fraunhofer EMFT ist die Zusammenarbeit mit Universitäten und die Lehrtätigkeit der Kolleginnen und Kollegen essentiell. Auch die hier betreuten Master- und Doktorarbeiten setzen neue, spannende Impulse.«

Dr. Peter Ramm,
Strategic Projects

What Does Fraunhofer EMFT Have to Offer?

Angebotspektrum

Leistungsspektrum der Fraunhofer EMFT

- Sie benötigen eine maßgeschneiderte Sensorlösung für eine knifflige Herausforderung in Ihrem Betrieb?
- Sie möchten wissen, ob Ihr existierendes Produkt flacher, flexibel und besser integrierbar sein kann?
- Sie haben eine bahnbrechende neue Produktidee und möchten einen Prototyp entwickeln?
- Die Elektronik in Ihrem Produkt fällt immer wieder aus und Sie möchten wissen warum?
- Für Ihr Produkt müssen die elektronischen Komponenten besonders rauscharm sein?



Antworten auf diese Fragen und viele weitere Ideen, wie Sie vom Know-how der Fraunhofer EMFT profitieren können, finden Sie auf unserer Website unter www.emft.fraunhofer.de/leistungsspektrum.

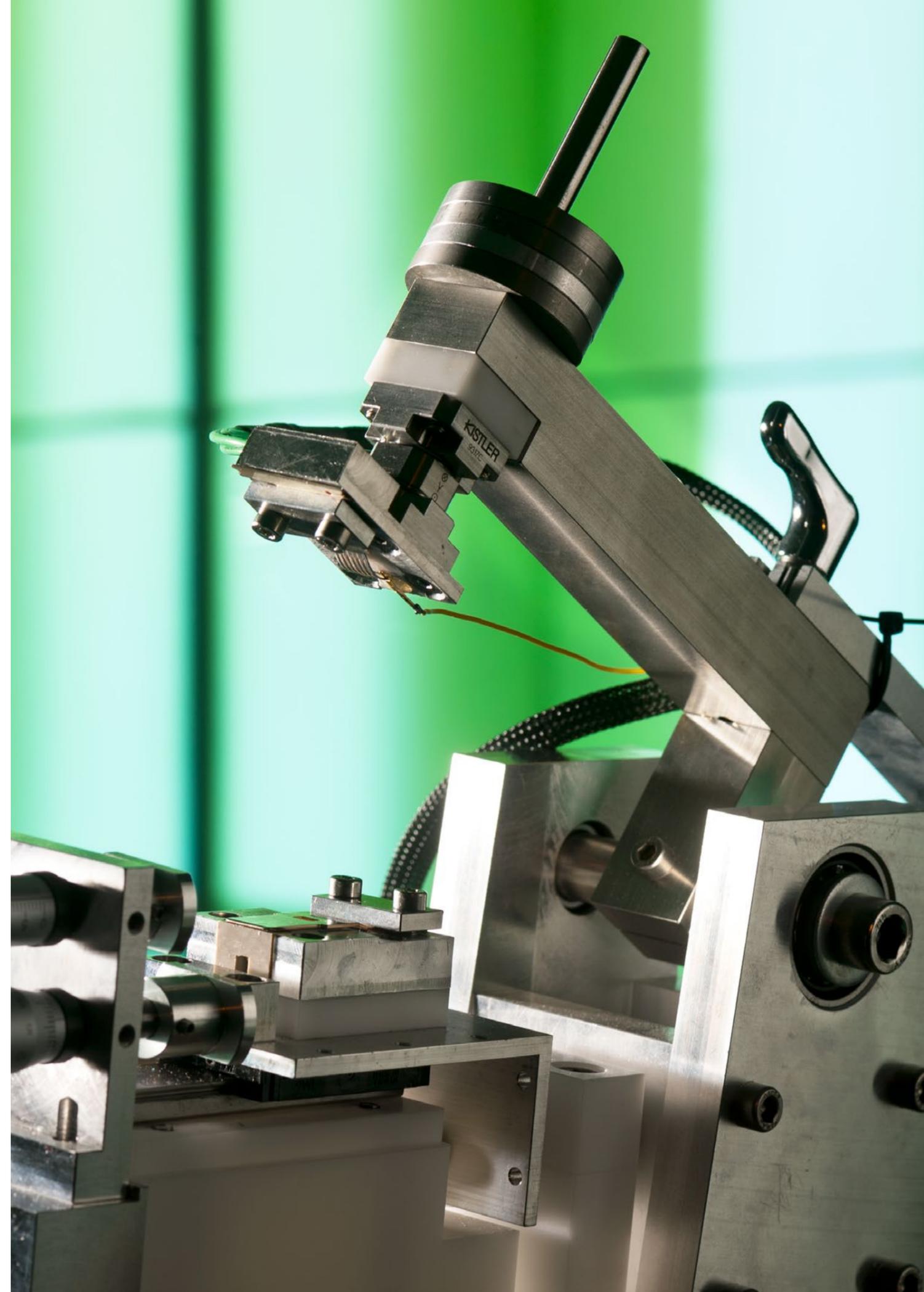
Technologien und Ausstattung an der Fraunhofer EMFT

Die umfangreiche Infrastruktur und das breite Angebot an **Technologien für Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik** machen die Fraunhofer EMFT zu einer attraktiven Partnerin für KMUs und auch größere Industrieunternehmen. Seit 2007 bietet die Einrichtung zusätzlich Hightech-Unternehmen die Möglichkeit, hochwertige Ausstattung (Reinräume, Labore und Equipment) mitzubেনutzen. Besuchen Sie unsere Website, um sich einen Überblick der verfügbaren Technologien und Ausstattung für Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik zu verschaffen: www.emft.fraunhofer.de/technologien

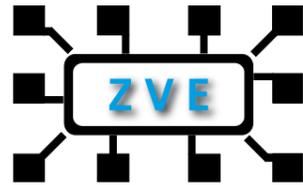


Schulungen für elektrische Verbindungstechnik

Das Fraunhofer EMFT-eigene **Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik (ZVE)** bietet seit 1994 Schulungen sowie Zertifizierungen in den Bereichen Löten, Handlöten, Aufbau- und Verbindungstechnik sowie Crimpen an. Dabei hat sich das ZVE als zentrale Anlaufstelle für Beratung und Weiterbildung im Bereich Aufbau- und Verbindungstechnik im Münchener Raum etabliert: Als Teil des modularen Schulungssystems des Ausbildungsverbundes Löttechnik Elektronik (AVLE) bietet das ZVE beispielsweise die Ausbildung zur Fachkraft für Löttechnik an. Darüber hinaus ist das Schulungszentrum sowohl von der European Space Agency (ESA) als auch von der Association Connecting Electronics Industries (ACEI) als Ausbildungs- und Trainingszentrum für hochzuverlässige Löt- und Crimpverbindungen akkreditiert. —> mehr Infos ab Seite 52



Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik



Am Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE der Fraunhofer EMFT in Oberpfaffenhofen lehren Experten und Expertinnen seit über 40 Jahren wichtiges Know-how rund um die elektrische Verbindungstechnik. Der Schwerpunkt liegt auf der beruflichen Weiterbildung von QS-Verantwortlichen, Facharbeiterinnen und Werkern.

Auch in Zeiten von Industrie 4.0 ist gute Handarbeit gefragt: Löten, Einpresstechnik und Crimpen haben nach wie vor ihren festen Platz in der Verbindungstechnik elektronischer Baugruppen. Diese Verfahren garantieren eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindungen. Das Zentrum für Verbindungstechnik ZVE in Oberpfaffenhofen hat sich mit seiner mehr als 30-jährigen Erfahrung als Anlaufstelle für Schulung und Weiterbildung etabliert.

Das moderne Schulungskonzept des Teams am Standort Oberpfaffenhofen trägt der Tatsache Rechnung, dass Lernen und Arbeiten in

der heutigen Berufswelt kaum mehr voneinander zu trennen sind. Auch in klassischen Produktionsbetrieben haben »Wissensarbeitende« längst Einzug gehalten. Kontinuierliche Weiterbildung ist nötig, um auf dem aktuellen Stand der Technik zu bleiben. Um die Wissensvermittlung effektiv und praxisnah in den Arbeitsalltag zu integrieren, setzt das Schulungskonzept des ZVE ergänzend zu klassischen Seminarformen auf flexible Formate wie Webinare oder Apps, die Informationen bedarfsorientiert abrufbar machen. Zur Vor- oder Nachbereitung der Seminare kommen iAcademy-Lern-Apps der Fraunhofer-Academy zum Einsatz. Das Themenspektrum der Angebote reicht von Herstelltechnologien, Informationen zu Installation und Produktion bis hin zu Nacharbeit- und Reparatur- oder Wartungsvorgängen. Das vermittelte Wissen fließt direkt aus den aktuellen F&E-Aktivitäten zur Fertigung elektronischer Baugruppen und der elektrisch-mechanischen Anschlussstechnik (wie Schrauben, Stecken, Einpressen, Schneidklemm-Verbindungen und viele weitere) in die Schulungsinhalte ein.

Neben Schulungen und Trainings gehören die Prozessqualifizierung, Prozessaudits und die Schadensanalytik zum Dienstleistungsangebot. Dafür stehen eine 2D- und CT-Röntgenanlage, ein Rasterelektronenmikroskop, Temperaturwechsel- und Klimaprüfschränke, Teststände zur Überprüfung von Reibkorrosion, Hochstrom-Belastung für Kabelbäume sowie ein gut ausgestattetes Metallographielabor zur Verfügung. Durch langjährige Kontakte zur Automobil- und der Luft- und Raumfahrtindustrie zählt die Qualifizierung elektronischer Baugruppen unter schwierigen Umgebungsbedingungen mit zu den Kernkompetenzen des Schulungszentrums.

In den Zeiten der COVID-19 Pandemie konnten durch gezielte Hygienekonzepte und Onlineschulungen die Weiterbildungen in allen essentiellen Bereichen erfolgreich fortgesetzt werden. Mit dem neu konzipierten Lötmobil waren sogar aus der Ferne überwachte Praxisschulung möglich: Die voll ausgestattete mobile Lötstation wird beim Kunden über einen 220V-Standardanschluss in Betrieb genommen. Die Live-Präsentation des Trainers kann zeitgleich zur eigenen Übungseinheit verfolgt werden, vier Beobachtungskameras ermöglichen zudem »Blickkontakt« aus unterschiedlichen Positionen. Darüber hinaus wurde, gemeinsam mit externen Partnern, im Rahmen des Leistungszentrums »Sichere intelligente Systeme« ein zukunftsweisendes Verfahren entwickelt, Weiterbildungen unter

Nutzung von Holo-Lenses und augmented reality (AR) noch realistischer zu gestalten. Dadurch konnte der Lernerfolg der Teilnehmenden deutlich verbessert werden.

Die F&E-Aktivitäten des ZVE stehen ganz im Zeichen des Internet of Things (IoT): Denn in vernetzten Umgebungen sind Konnektivität und Zuverlässigkeit der elektronischen Schnittstellen ein absolutes Muss – gerade in sicherheitssensiblen Bereichen wie etwa dem autonomen Fahren.



ZVE-Lötmobil für virtuelle Praxisschulungen

Derating Messungen und Zuverlässigkeitsprüfung elektrischer Verbindungen der Signal- und Leistungsvernetzung mechatronischer Systeme

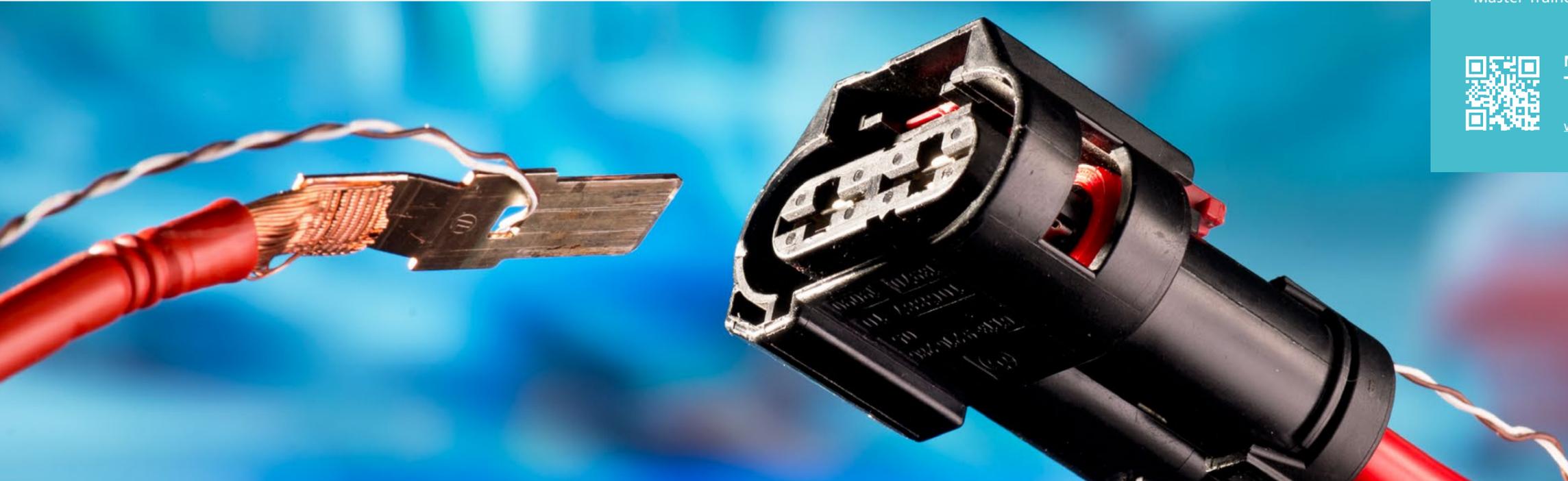
Schulungen und Weiterbildung nach höchstem Standard

- Das ZVE ist sowohl von der European Space Agency ESA (vgl. ESA STR-258 - »ESA-APPROVED SKILLS TRAINING SCHOOLS«), als auch von der Association Connecting Electronics Industries IPC als Ausbildungs- und Trainingszentrum für hochzuverlässige Löt- und Crimpverbindungen akkreditiert.
- 2019 hat das Team des Schulungszentrums das turnusmäßige Audit als ESA-akkreditiertes Schulungszentrum mit Bravour bestanden. Zwei der ZVE-Trainer verfügen über die Zertifizierung als Instructor Cat.I., der höchsten Ausbildungsstufe nach ESA-Kriterien.
- Das ZVE ist Teil des modularen Schulungssystems des Ausbildungsverbundes Löttechnik Elektronik (AVLE) und bietet die Ausbildung zur Fachkraft für Löttechnik an.
- Für alle am ZVE angebotenen Schulungen verfügen die Trainer zudem über die von der IPC anerkannte Qualifikation als Master-Trainer.



Mehr Infos

www.zve-kurse.de



Netzwerk

Alle sprechen davon, wie unglaublich wichtig »Networking« ist – man muss schließlich die richtigen Kontakte haben, um erfolgreich zu sein und sein Projekt voranzubringen.

Egal, ob Sie geborene Netzwerkerin sind oder nicht, die Fraunhofer EMFT ist nicht nur kompetente Partnerin in Sachen Mikrosystemtechnik und Sensorik, sondern gleichzeitig auch **Türöffner zu einem hochrelevanten Netzwerk:**

- Zunächst ist hier die **Fraunhofer-Gesellschaft** selbst zu nennen, die ein eigenes deutschlandweites, aber auch internationales Netzwerk anwendungsbezogener Forschung mit enormer thematischer Bandbreite darstellt.
- Außerdem hat die Fraunhofer EMFT als Mitglied der **Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD)** – dem größten standortübergreifenden F&E-Zusammenschluss für die Mikroelektronik in Europa – Zugang zu einer einzigartigen Kompetenz- und Infrastrukturvielfalt im Bereich Mikro- und Nanoelektronik.
- Das **Leistungszentrum »Sichere intelligente Systeme« (LZSiS)** hingegen bündelt interdisziplinäre Kompetenz und vielseitiges Know-how rund um das Thema »Sicher vom Sensor in die Cloud« und macht dieses speziell für Unternehmen zugänglich.
- Die starke Anbindung der Fraunhofer EMFT an **Universitäten und Hochschulen** sichert die Basis von Forschung und Entwicklung und somit wiederum die Basis von Innovation: Grundlagenforschung und Nachwuchstalente. Diese Kombination bringt häufig Ideen hervor, welche entweder der Grundlagenforschung entspringen oder sich durch diese validieren lassen.

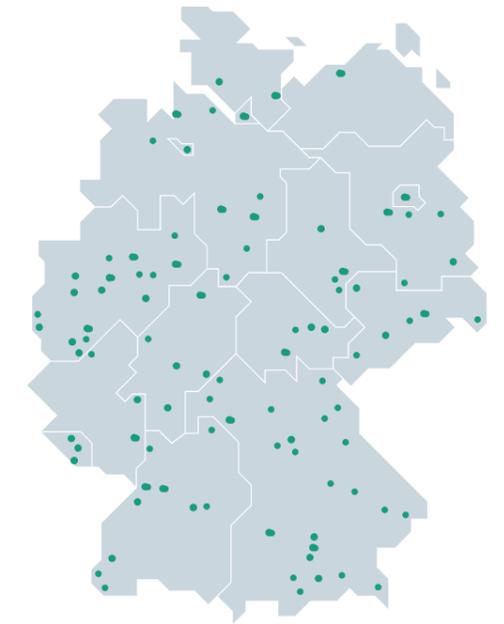


Mehr Infos

www.emft.fraunhofer.de/netzwerk

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 30 000 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,9 Milliarden Euro. Davon fallen 2,5 Milliarden Euro auf den Bereich Vertragsforschung.



Mehr Infos

www.fraunhofer.de/de/institute



Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

Der zentrale Partner für Wirtschaft und Wissenschaft, Politik und Gesellschaft

Die Fraunhofer EMFT bildet seit 2017 zusammen mit weiteren zehn Instituten des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik sowie den beiden Instituten FBH und IHP der Leibniz-Gemeinschaft die standortübergreifende Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland, kurz FMD.

Erstmalig bündeln hier 13 Institute der beiden Forschungseinrichtungen Fraunhofer und Leibniz unter einem virtuellen Dach ihre Expertise und bringen somit eine neue Qualität in die Erforschung und Entwicklung von Mikro- und Nanosystemen. Mit den mehr als 2.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist die FMD der weltweit größte F&E-Zusammenschluss dieser Art. Sie trägt mit ihrer einzigartigen Kompetenz- und Infrastrukturvielfalt an den Instituten dazu bei, dass Deutschland und Europa ihren Spitzenplatz in Forschung und Entwicklung weiter ausbauen.

Übergang in den Regelbetrieb

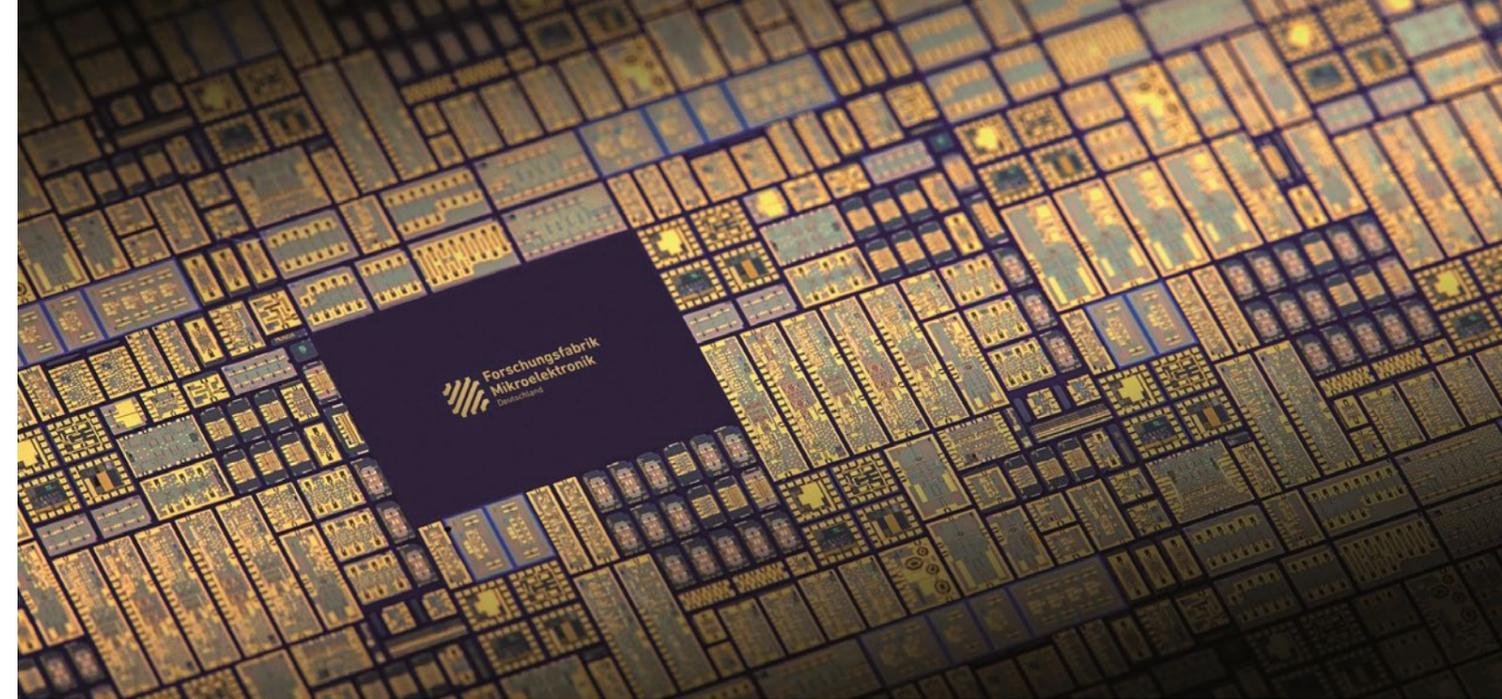
Bis Ende 2020 befand sich die FMD in der Aufbauphase. Die umfangreichen Investitionen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) in die Modernisierung der Institute konnten Ende 2020 / Anfang 2021 bis auf wenige, durch die Covid19-Pandemie bedingte, Verzögerungen abgeschlossen werden.

Anfang 2021 startete die FMD mit der Zusammenlegung der beiden Geschäftsstellen von Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik und Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und dem neuen Leiter der gemeinsamen Geschäftsstelle Dr. Stephan Guttowski in den verstetigten Betrieb. Diesen Übergang markierte die Digitalkonferenz »Impulsgeber FMD: Angebot & Potenzial – Köpfe & Know-how« am 22. April 2021. Das Modell einer interdisziplinären und interorganisationalen Zusammenarbeit der deutschen Forschungslandschaft trägt bereits erste Früchte und soll zukünftig auch europäisch als Vorbild dienen.

Mit Vernetzung und Kooperation zur technologischen Souveränität

Inzwischen gilt die FMD als Vorbild, wenn es darum geht, die Kompetenzen unterschiedlicher F&E-Institutionen mit einer gemeinsamen Strategie und einem gebündelten Angebot an die Industrie aufzustellen. Mit der standort-, technologie- und kompetenzübergreifenden Zusammenarbeit sorgt die FMD für den Erhalt und Ausbau der technologischen Souveränität entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Die Geschäftsstelle in Berlin repräsentiert die FMD-Institute und agiert als zentraler Ansprechpartner für alle Fragestellungen rund um die mikro- und nanoelektronische Forschung und Entwicklung in Deutschland und Europa.



Chipcollage

Vielseitige Kooperationsmöglichkeiten

Neben dem Leistungsangebot für ihre Kunden aus der Wirtschaft, bietet die FMD ebenfalls unterschiedlichste Kooperationsmöglichkeiten für ihre Partner in Wissenschaft und Bildung. Diese zielen direkt auf eine kooperative Bearbeitung von Forschungsfragestellungen, wie die gemeinsame Arbeit in Verbundprojekten und den Betrieb der gemeinsamen Labore, den sogenannten Joint Labs, ab. Eine wesentliche Möglichkeit der Kooperation besteht dabei in der Erprobung spezieller Konzepte und Lösungen aus der Grundlagenforschung auf den Anlagen der Institute der FMD, um so ein besseres Verständnis hinsichtlich ihrer Eignung in stärker anwendungsorientierten Umfeldern zu erlangen.

Vertrauenswürdige und nachhaltige Mikroelektroniksysteme für Innovationskraft

Eine zukunftsorientierte Gesellschaft ist in allen relevanten technischen Anwendungsbereichen – ob in kritischen Infrastrukturen, in der Industrie 4.0, im Automobilbereich oder auch bei medizinischen Geräten – auf elektronische Komponenten angewiesen. Auf diese müssen sich die Menschen verlassen können,

um darauf vertrauenswürdige Produkte, Systeme und Infrastruktur aufbauen zu können.

Die technologieübergreifenden Kompetenzen, die man für die Bewältigung dieser Herausforderungen benötigt, entwickeln die Institute der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland in Großprojekten wie »TRAICT« oder »Velektronik« mit. Im Projekt TRAICT (TrustedResourceAware ICT) beispielsweise arbeiteten bis Ende 2021 acht FMD-Institute mit weiteren zehn Fraunhofer-Instituten gemeinsam an Rahmenbedingungen, damit Informations- und Kommunikationstechnik vertrauenswürdig und datenschutzkonform ist und dabei selbstbestimmt und sicher genutzt werden kann.

Um die komplette Wertschöpfungskette zu beleuchten und durchgehende Konzepte für vertrauenswürdige Elektronik in Deutschland und Europa zu erstellen, startete im März 2021 eine Plattform für die vertrauenswürdige Elektronik – kurz »Velektronik«. Beteiligt sind insgesamt 12 Partner – 11 Institute der FMD sowie das edacentrum. Innerhalb des Projekts sollen entsprechende Standards, Normen und Prozesse auf der Grundlage einer nationalen und europäischen Chipsicherheitsarchitektur entwickelt und in die Anwendung gebracht werden.

Mehr Infos

www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de





Sicheres autonomes Fahren bei jeglichen Wetterbedingungen?
ROADAR: Frühwarnsystem zur Erkennung von Aquaplaning und Glätteis

Leistungszentrum »Sichere intelligente Systeme«

Gebündelte Kompetenzen und vielseitiges Know-how für Sichere intelligente Systeme: dafür steht das LZSiS! Als gemeinsame Initiative von sechs Fraunhofer-Instituten (AISEC, EMFT, IBP, IGCV, IKS, IVV), der Technischen Universität München, der Universität der Bundeswehr sowie der Hochschule München verbindet das LZSiS universitäre und außeruniversitäre Forschung aus den relevanten Fachdomänen, um die Digitalisierung für Kundinnen und Kunden verschiedenster Branchen nutzbar zu machen.

Das LZSiS begleitet Transformationsprozesse in allen Phasen, von der Konzeption bis hin zur Implementierung digitaler Prozessketten oder neuer Geschäftsmodelle. Besonderes Augenmerk liegt auf der umfassenden Sicherheit der Systemlösungen: Sicher vom Sensor in die Cloud. Die übergeordnete Zielsetzung besteht darin, in Interaktion mit Partnern und Kundinnen Digitalisierungspotentiale in den unterschiedlichen Branchen aufzuzeigen und sicher in die Praxis zu übersetzen. Durch die synergetische, fachdomänen- und branchenübergreifende Zusammenarbeit sowie durch ein starkes Netzwerk

werden maßgeschneiderte sichere Systemlösungen bereitgestellt. Die Zusammenarbeit mit dem LZSiS als ebenso neutrale wie herstellerunabhängige Partnerinstitution ermöglicht es Unternehmen – von Start-ups über KMUs bis hin zum Großkonzern – im Rahmen von Förderinitiativen oder Direktaufträgen die Potentiale der Digitalisierung zu identifizieren und gemäß ihren eigenen Anforderungen sicher umzusetzen. Das Leistungsangebot reicht dabei beispielsweise von innovativen, intelligenten Sensorsystemlösungen bis hin zum unternehmensweiten Cyber-Security-Konzept, kundenspezifischen Workshops oder auch Weiterbildungen. Das Leistungszentrum bietet umfangreiches technologisches Know-how u.a. aus den Bereichen Cyber und Hardware Security, innovative Sensorik sowie intelligente Vernetzung und KI. Überdies steht für Projektbeteiligte eine einzigartige Forschungsinfrastruktur zur Verfügung (z.B. Cyber Security Labor und Reinraumumgebung). In Verbindung mit exzellentem Branchenwissen u.a. in den Anwendungsfeldern Lebensmittel und Verpackung, Gießereiwesen sowie Baugewerbe ist das Leistungszentrum ein umsetzungstarker Partner in Digitalisierungsfragen.

Ideen, die unmöglich erscheinen, gemeinsam mit dem LZSiS in die Tat umsetzen – Projektbeispiel:

Haben Sie schon einmal den Boden unter den Rädern verloren? Wer schon einmal Aquaplaning erlebt hat, wird sich sicher noch lebhaft an die durchgemachten Schrecksekunden erinnern.

Eine schnelle und richtige Reaktion ist bei extremen Straßenverhältnissen das A und O. Das gilt selbstverständlich auch für autonome Fahrzeuge, die uns ja selbstständig und vor allem sicher ans Ziel bringen sollen.

Die Idee: Sicheres autonomes Fahren bei jeglichen Wetterbedingungen

Das Problem und gleichzeitig das Tückische an Phänomenen wie Aquaplaning oder Blitzeis: Bisher eingesetzte elektronische Systeme im Fahrzeug können glatte Flächen wie Wasser oder Eis auf der Fahrbahn nicht zuverlässig erkennen – was fatale Folgen haben kann. Insbesondere in Hinblick auf das autonome Fahren sind daher optimierte Lösungen gefragt.

Das Team: Fraunhofer EMFT, LZSiS, Uedelhoven Studios

Die Lösung: ROADAR – ein neuartiges Assistenzsystem, das erstmals auf der IAA 2021 präsentiert wurde. Dort konnten die Besucherinnen und Besucher live mitverfolgen, wie das mit ROADAR geupgradete Fahrzeug auf der mit Wasser präparierten Teststrecke zum Einsatz kam.

Was steckt hinter der Funktionsweise?

- Die eindeutige Erkennung und Lokalisierung von witterungsbedingten Gefahren auf Fahrbahnoberflächen wird durch Daten aus Nahinfrarot- (NIR) und Polarisationsensorik zusammen mit einer KI-unterstützten Auswertung ermöglicht.
- Das System arbeitet bei jeglichen Lichtverhältnissen und Wetterbedingungen.
- Die generierten Daten können dabei sofort für die Reaktion des autonomen Fahrsystems aufbereitet werden.

Das Kompetenzportfolio der Forschungsplattform umfasst:

- Konzeption, Entwicklung und Aufbau von vernetzten Sensorknoten zur Datenerfassung für kundenspezifische Anwendungen
- Vernetzung von eingebetteten Systemen, wie Sensorknoten und Steuergeräten, durch drahtlose und leitungsgebundene Kommunikationssysteme
- Aufbau von sicheren cloudbasierten Daten- und Steuerungslösungen
- Konzept und Aufbau von Echtzeitkommunikationssystemen im industriellen Umfeld
- Konzeption, Evaluierung und Absicherung von neuen Kommunikationsarchitekturen und -technologien für echtzeitfähige, zuverlässige und sichere Fahrzeugumweltvernetzung
- Test von Konformität, Performance und Security in dedizierten Testumgebungen und Kundenszenarien



Mehr Infos über LZSiS

www.lz-sis.de



Dr. Sabine Jarothe, Amtschefin des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, bei ihrem Besuch auf der IAA-Teststrecke



Mehr Infos über ROADAR

www.emft.fraunhofer.de/roadar

Universitäten und Hochschulen



Technische Universität München

- Prof. Amelie Hagelauer ist nicht nur Direktorin der Fraunhofer EMFT, sondern hält auch den TUM-Lehrstuhl für **Mikro- und Nanosystemtechnik**. Ihre Forschung und Lehre beschäftigen sich mit der integrierten wie auch diskreten Schaltungstechnik zur Realisierung mikroelektronischer Systeme in der Kommunikation, der Radartechnik, der Automobiltechnik, der Medizintechnik und der Sensorik.
- Prof. Marc Tornow, Ko-Leitung der Abteilung Siliziumtechnologien und Devices, ist gleichzeitig auch Leiter der Professur für **Molekularelektronik** und forscht an nanoskaligen Bauelementen der biomolekularen, neuromorphen und Quantenelektronik.
- Außerdem besteht eine langjährige Zusammenarbeit mit Prof. Gabriele Schrag, der kommissarischen Leiterin des Lehrstuhls für **Technische Elektrophysik**. Der Forschungsfokus liegt hier auf der physikalisch basierten Modellierung, der numerischen Simulation sowie der Charakterisierung und Diagnostik von Fertigungsprozessen und Betriebsverhalten mikrostrukturierter Bauteile.

Universität der Bundeswehr München

- Zwischen der Fakultät für **Elektro- und Informationstechnik** der Universität der Bundeswehr München und der Fraunhofer EMFT besteht eine intensive Zusammenarbeit – nicht zuletzt aufgrund der personellen Verzahnung: Seit 2012 lehrt neben der Fraunhofer EMFT-Direktor Prof. Christoph Kutter (Professur für Polytronik) auch Prof. Linus Maurer, Abteilungsleiter von Circuits & Systems an der Universität (Professur für Integrierte Schaltungen und Elektronische Bauelemente).
- Darüber hinaus habilitiert Dr. Sabine Trupp, Leiterin des Leistungszentrums »Sichere intelligente Systeme«, an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik im Institut für Physik im Bereich der Gassensorik.
- Aufgrund der komplementären Reinräume ergänzen sich die Fraunhofer EMFT und die Universität der Bundeswehr in idealer Weise.



Hochschule München

- Die Fraunhofer EMFT-Business Developerin Dr. Karin Bauer ist zudem Dozentin und Lehrbeauftragte an der Fakultät für **Angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik**. Dort bietet sie für den Masterstudiengang Micro- und Nano-Technik sowie den internationalen Studiengang Micro- and Nanotechnology die Veranstaltung Microfluidics and Applications an. In der Vorlesung befassen sich die Studierenden mit Applied Micro-Nano-Technology and Systems.



Universität Regensburg

- Die Fraunhofer EMFT hat eine langjährige Kooperation mit dem Institut für **Analytische Chemie, Chemo- und Biosensorik** der Universität Regensburg. Seit 1. Januar 2017 leitet Prof. Joachim Wegener in Regensburg die Fraunhofer EMFT-Gruppe Zellbasierte Sensorik (ZBS). Joachim Wegener ist Professor für Bioanalytik und Biosensorik und arbeitet mit seiner Gruppe schwerpunktmäßig an der Entwicklung physikalischer Sensoren, mit denen es möglich ist, lebende Zellen nichtinvasiv und labelfrei zu untersuchen. Die Kombination mit den mikro- und polymerelektronischen Kompetenzen der Fraunhofer EMFT soll neue Anwendungsfelder in Bioanalytik und Biotechnologie erschließen.



Hochschule Landshut

- Als Lehrbeauftragter an der Fakultät **Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen** ist Dr. Frank Ansoerge, Leiter des Zentrums für Verbindungstechnik in der Elektronik (ZVE) die Schnittstelle für die Kooperation zwischen der Fraunhofer EMFT und der Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut. 2016 startete der Masterstudiengang Bordnetzentwicklung an der HAW. Die zugehörige Lehrveranstaltung Elektrische Verbindungstechnik (Electrical Connection Methods) beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit den Grundlagen der Kontaktphysik, der Kontaktmaterialien und der Kontaktierungsverfahren. Weitere Themen sind die Techniken der Schadensanalyse und Analysemethoden von Bordnetzkomponenten.



Universität Kassel

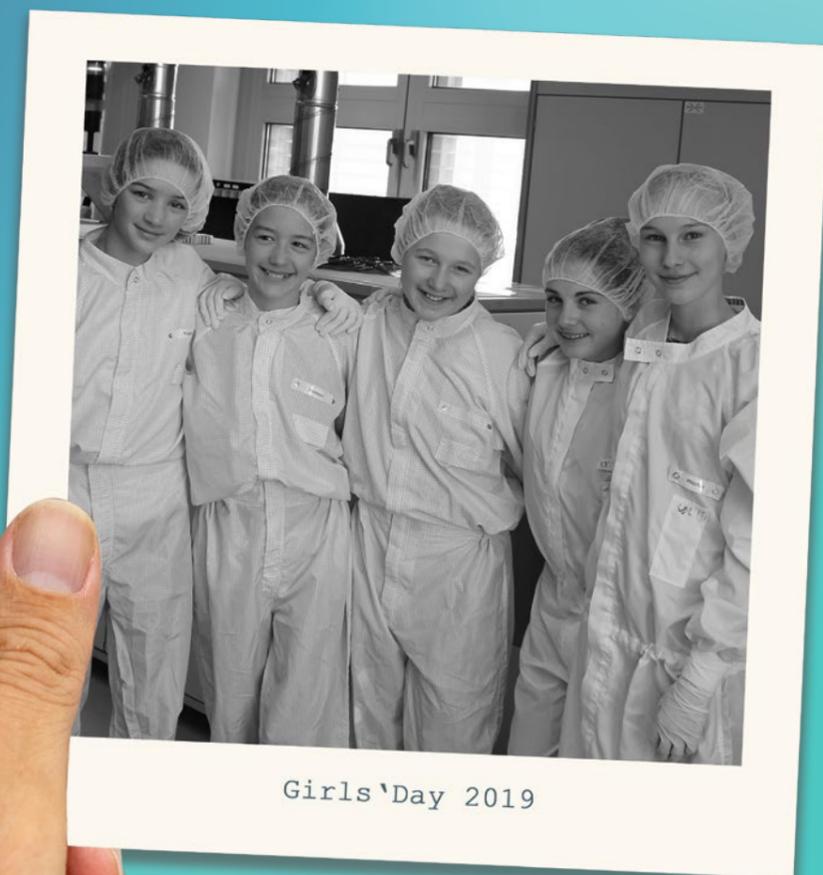
- Der Lehrauftrag von Dr. Erkan Isa am Fachbereich **Elektrotechnik und Informatik** der Universität Kassel bildet die Grundlage für die Kooperation zwischen der Fraunhofer EMFT und der Universität Kassel.

Die Vorlesung des Habilitanden konzentriert sich auf integrierte HF-Sensorsysteme, und beleuchtet die Zusammenhänge zwischen technologischen und wirtschaftlichen Herausforderungen in der Wertschöpfungskette solcher Systeme. Die Inhalte des Kurses werden durch laufende europäische Förderprojekte unterstützt und spiegeln das an der Fraunhofer EMFT erworbene Forschungs-Know-how wider.



Gut qualifizierter wissenschaftlicher Nachwuchs ist eine Voraussetzung, um Forschungskompetenz [und] Innovationsfähigkeit [...] in Deutschland nachhaltig zu sichern.«

BMBF,
Bundesministerium für Bildung und Forschung



New Generations – New Knowledge

Nachwuchsförderung

Um den künftigen wissenschaftlichen Nachwuchs schon frühzeitig für die Forschung zu begeistern, möchten wir bereits Kinder und Jugendliche an die verschiedenen Facetten der Wissenschaft heranführen. Indem wir ihnen unsere Labortüren öffnen, öffnen wir für sie auch gleichzeitig die Tür zu der oft geheimnisvoll und unnahbar wirkenden Welt der Wissenschaft. Schon ein erster Blick hinter die Kulissen macht Forschung viel nahbarer und erweitert den Horizont hinsichtlich der Interessensgebiete und der späteren Berufswahl. Mit unseren verschiedenen Formaten wie beispielsweise dem Girls'Day, Praktika für Schüler und Studentinnen, Ausbildungsberufen und Jobs für Studierende schaffen wir die Möglichkeit für erste, aber auch tiefgreifendere Berührungspunkte.

Virtueller Girls'Day 2021

Im April war bei der Fraunhofer EMFT eine Extraportion Girlpower angesagt! Das Ziel: Neun Mädchen für die Welt der Mikroelektronik zu begeistern. Um auf Nummer sicher zu gehen, dass die Mädels am virtuellen Girls'Day WIRKLICH mit dem Thema in Berührung kommen, haben unsere Wissenschaftlerinnen kleine, individuelle Päckchen zusammengestellt und zu ihnen nach Hause geschickt. Die Mädels durften zwar vorab schon mal reinspitzen... aber was hat es mit diesem seltsamen Inhalt nur auf sich?! Am Girls'Day war es dann endlich soweit: Das Geheimnis um die mysteriösen Gegenstände wurde gelüftet. Wir haben uns gemeinsam Schritt für Schritt rangetastet und so z.B. herausgefunden, was ein Siliziumwafer mit einer Bank- oder Krankenkassenkarte zu tun hat und warum der eine Wafer lila und der andere grünlich schimmert.

Danach hat unsere Azubine Saskia Heinze die Mädchen »mitgenommen« und einen Blick hinter die Kulissen der Ausbildung zur Mikrotechnologin gegeben. Außerdem haben wir uns folgende Fragen gestellt und haben uns zur Beantwortung auf eine interaktive Reise begeben: Woher kommen die Materialien, die in einem Smartphone verbaut sind? Warum kann selbst ein kaputtes Smartphone sehr wertvoll sein und warum ist Reparieren nicht nur deswegen eine sinnvolle Sache?

Ausbildung zur Mikrotechnologin

Saskia Heinze lernt während ihrer Ausbildung zur Mikrotechnologin wie die verschiedenen Prozesse ablaufen, welche Stoffe dabei verwendet werden und was diese für Eigenschaften haben. Außerdem stehen die verschiedenen Maschinen und Geräte auf dem Ausbildungsplan: Neben Einblicken in die Funktionsweise gehört dazu auch, zu wissen, wie man ein Gerät repariert, wenn etwas falsch oder gar nicht mehr läuft. Wenn ein Prozess beendet ist, werden noch die Messdaten ausgewertet.

»Ich finde die Ausbildung sehr abwechslungsreich. Sie beschränkt sich nicht auf ein Fach, sondern es ist von allem etwas dabei. Mein Ausbilder und meine Kolleginnen nehmen sich viel Zeit für mich: Es wird einem immer ausführlich erklärt, warum sich etwas so verhält wie es sich verhält. Toll finde ich außerdem, dass den Auszubildenden großes Vertrauen entgegengebracht wird. Man darf z.B. auch Teures oder Zerbrechliches selbst in die Hand nehmen. Es herrscht eine angenehme und unterstützende Arbeitsatmosphäre.«

Schülerpraktikum

Die nachhaltige Fertigung von großflächigen Leiterplatten für die Solarindustrie setzt sich aus drei elementaren Prozessschritten zusammen. Diese konnte eine Neuntklässlerin vom Staffelsee-Gymnasium, Murnau, im Rahmen eines Praktikums kennenlernen. Zunächst ging es u.a. in den Reinraum und unser Wissenschaftler erklärte ihr die verschiedenen Fertigungstechniken zur Erzeugung von Leiterbahnen auf Folien substraten vor Ort. Im Anschluss führte sie unter Anleitung sowohl die Laserstrukturierung als auch die galvanische Metallabscheidung und das nasschemische Ätzen selbst durch und erzeugte somit ihre ersten eigenen Leiterbahnen. —> mehr Infos zur nachhaltigen Fertigung von großflächigen Leiterplatten für die Solarindustrie auf Seite 19

Kontakt

Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT

Hansastraße 27d
80686 München
www.emft.fraunhofer.de

Tel.: +49 89 54759-0
Fax: +49 89 54759-100

Einrichtungsleitung



Prof. Dr. Amelie Hagelauer
Tel.: +49 89 54759-300
Amelie.Hagelauer@emft.fraunhofer.de



Prof. Dr. Christoph Kutter
Tel.: +49 89 54759-500
Christoph.Kutter@emft.fraunhofer.de

Verwaltungsleitung



Andrea Keill
Tel.: +49 89 54759-507
Andrea.Keill@emft.fraunhofer.de



Katrin Menz
Tel.: +49 89 54759-506
Katrin.Menz@emft.fraunhofer.de

Business Development



Dr. Karin Bauer
Tel.: +49 89 54759-223
Karin.Bauer@emft.fraunhofer.de

Strategic Projects



Dr. Peter Ramm
Tel.: +49 89 54759-539
Peter.Ramm@emft.fraunhofer.de

Analytik & Technologien



Dominik Muß
Argelsrieder Feld 6
82234 Weßling
Tel. +49 89 54759-430
Dominik.Muss@emft.fraunhofer.de

Circuits & Systems



Prof. Dr. Linus Maurer
Tel.: +49 89 54759-330
Linus.Maurer@emft.fraunhofer.de

Flexible Systeme



Christof Landesberger
Tel.: +49 89 54759-295
Christof.Landesberger@emft.fraunhofer.de

Flexible Systeme



Dr. Alexey Yakushenko
Tel.: +49 89 54759-211
Alexey.Yakushenko@emft.fraunhofer.de

Mikropumpen



Dr. Martin Richter
Tel.: +49 89 54759-455
Martin.Richter@emft.fraunhofer.de

Siliziumtechnologien & Devices



Dr. Wilfried Lerch
Tel.: +49 89 54759-190
Wilfried.Lerch@emft.fraunhofer.de

Siliziumtechnologien & Devices



Prof. Dr. Marc Tornow
Tel.: +49 89 54759-551
Marc.Tornow@emft.fraunhofer.de

Zellbasierte Sensorik



Prof. Dr. Joachim Wegener
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
Tel.: +49 941 943-4546
Joachim.Wegener@emft.fraunhofer.de

Leitung Leistungszentrum LZSiS



Dr. Sabine Trupp
Tel.: +49 89 54759-561
Sabine.Trupp@emft.fraunhofer.de

Marketing, Kommunikation & Strategie



Pirjo Larima-Bellinghoven
Tel.: +49 89 54759-542
Pirjo.Larima-Bellinghoven@emft.fraunhofer.de

Kontakt

Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE

Oberpfaﬀenhofen
Argelsrieder Feld 6
82234 Weßling

Tel.: +49 89 54759-444
Fax: +49 89 54759-415

www.zve-kurse.de

Leiter Weiterbildung und Technologietransfer



Dr.-Ing. Frank Ansorge
Tel.: +49 89 54759-456
Frank.Ansorge@
emft.fraunhofer.de

Veranstaltungsmanagement



Monika Schmidt
Tel.: +49 89 54759-400
Anmeldung@
emft.fraunhofer.de

Trainer



Dirk Schröder
Tel.: +49 89 54759-417
Dirk.Schroeder@
emft.fraunhofer.de

Veranstaltungsmanagement



Silke Paul
Tel.: +49 89 54759-440
Anmeldung@
emft.fraunhofer.de

Trainer



Günter Paul
Tel.: +49 89 54759-418
Guenter.Paul@
emft.fraunhofer.de

Impressum

Herausgeberin

Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und
Festkörper-Technologien EMFT
Hansastraße 27d
80686 München

Redaktion

Pirjo Larima-Bellinghoven
Tina Möbius
Johanna Markl

Layout, Satz und Produktion

Johanna Markl

Druck

Grafik + Druck digital K.P. GmbH
www.grafik-druck.de

Kontakt

Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und
Festkörper-Technologien EMFT
Marketing, Kommunikation & Strategie
Hansastraße 27d
80686 München
presse@emft.fraunhofer.de

© Fraunhofer EMFT, 2022

Titelbild

Intelligentes Dosiersystem für die Nuklearmedizin mit berührungsloser, kapazitiver Flusssensorik

Bild bei Patenten (S. 48 f.)

Computertomographie (μ -CT) eines IC

Bildquellen

Falls in der jeweiligen Bildunterschrift nicht anders vermerkt, liegen die Bildrechte zusammen bei der Fraunhofer EMFT und Bernd Müller Fotografie.

www.berndmueller-fotografie.de

Fraunhofer EMFT

Forschungseinrichtung für
Mikrosystemtechnik und Sensorik

www.emft.fraunhofer.de

