



**JAHRESBERICHT**  
**2019**



Fraunhofer EMFT  
Jahresbericht 2019



---

## VORWORT

---

Liebe Freunde und Partnerinnen der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT, sehr geehrte Damen und Herren,

Ohne Zweifel ist Künstliche Intelligenz (KI) das Buzzwort des Jahres und das geht auch an der Fraunhofer EMFT nicht spurlos vorüber. Nun höre ich des Öfteren die – ironisch gefärbte – Aussage, heute mache ja wirklich jeder KI. Dahinter steht die Ansicht, KI sei eine in sich geschlossene Fachdomäne. Dem kann ich nicht zustimmen, denn meiner Ansicht nach ist KI eine höchst interdisziplinäre Angelegenheit, die verschiedenste Technologien einschließt.

Als Forschungseinrichtung mit Fokus auf Sensorik und Systemintegration hat die Fraunhofer EMFT fundamentale Berührungspunkte mit KI, denn es ist ganz einfach: Ohne Sensoren gäbe es keine KI. Sensoren nehmen die Informationen aus der analogen Welt auf und speisen sie in die digitale Welt ein. Doch um die richtigen Informationen an die entsprechenden Stellen weitergeben zu können, müssen die Sensoren selbst intelligent werden. Sensorsysteme müssen vor Ort Messdaten analysieren und relevante von irrelevanten unterscheiden können, um die Entstehung unnötiger Kosten und Aufwände bei der Datenweitergabe zu verhindern. In diesem Kontext kommen Methoden zur Auswertung der Daten wie Künstliche Intelligenz (KI) oder Machine Learning ins Spiel. Im Rahmen des Leistungszentrums für »Sichere intelligente Systeme« (LZSiS), welches momentan an der Fraunhofer EMFT koordiniert wird, laufen in diesem Bereich bereits Kooperationen mit namhaften Industriekunden: Beispielsweise wurde zusammen mit dem Vakuumpumpenhersteller Edwards ein Sensor-Setup für eine verbesserte Charakterisierung der Zustandsüberwachung von

Vakuumpumpen aufgebaut. Untersucht wurde besonders der Zusammenhang zwischen Prozess- und Pumpenverhalten. Zur Erkennung von Auffälligkeiten in den erfassten Sensordaten kommt Machine Learning zum Einsatz.

Mit KI ist dieses Jahr also ein spannendes Thema in den Fokus gerückt – und es passt sehr gut in unseren internen Change-Prozess, den wir seit Anfang 2019 angestoßen haben. Ziel ist es unter anderem, unser starkes und breites Kompetenzportfolio noch stärker nach den Anwendung auszurichten. Besonderes Augenmerk legen wir dabei auf die Schnittstellen zwischen unseren Abteilungen – denn gerade in der technologieübergreifenden Zusammenarbeit steckt das größte Potenzial, unseren Kundinnen und Kunden umfassende Lösungen anzubieten. Damit dieser Change-Prozess gelingen kann, sind vor allem die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gefragt – und ich bin beeindruckt, mit welchem großem Engagement und Ideenreichtum viele Kolleginnen und Kollegen dazu beitragen, interne Abläufe effektiver zu gestalten und den Wissenstransfer zu optimieren. An dieser Stelle ein großes Dankeschön an die tolle Belegschaft!

Ich hoffe, Sie sind nun neugierig auf den Inhalt der folgenden Seiten. Wie immer bin ich dankbar für Ihr Feedback und freue mich auf viele spannende Diskussionen mit Ihnen. Eine angenehme Lektüre und herzliche Grüße

*Prof. Dr. Christoph Kutter*  
*Direktor der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT*

# INHALTSVERZEICHNIS

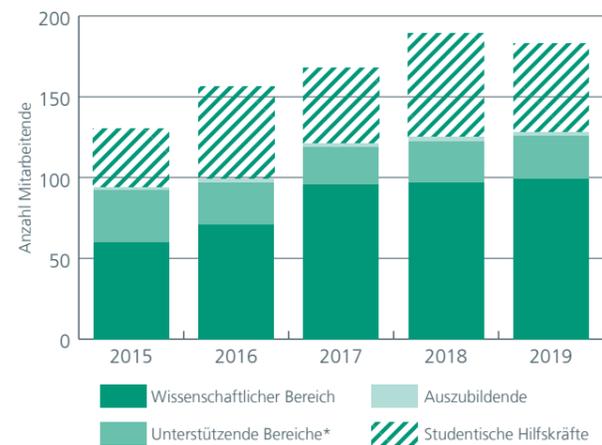
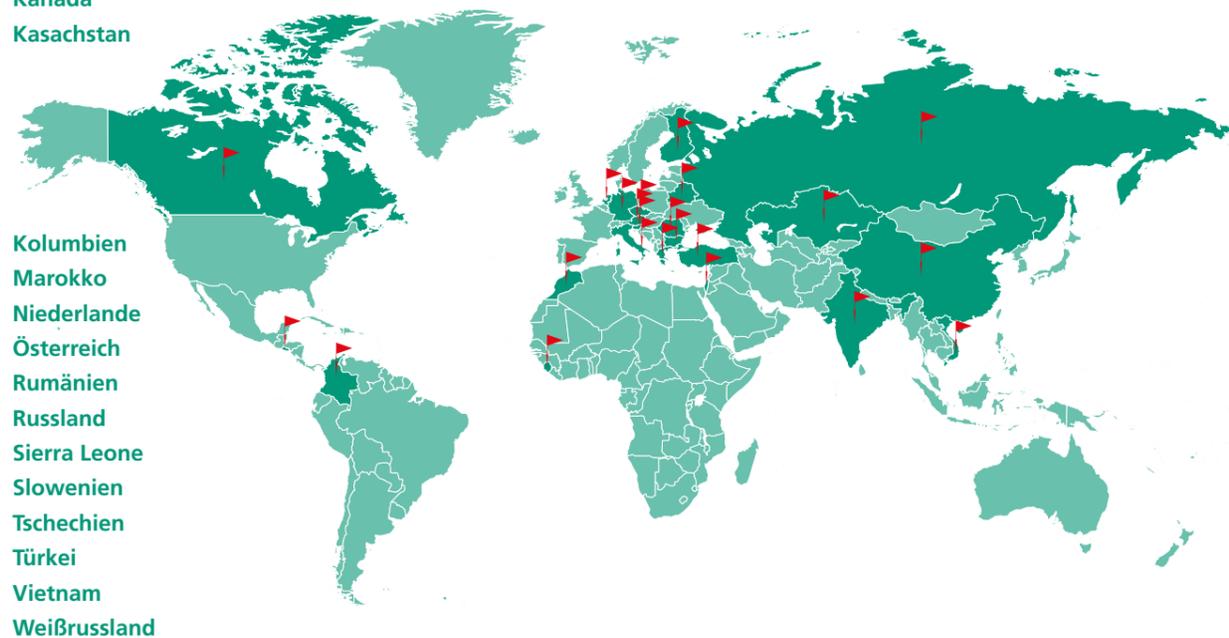
<b>Fraunhofer EMFT</b>	<b>8</b>	<b>Kooperationen</b>	<b>48</b>
Menschen, Zahlen und Fakten	10	Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD)	50
<b>Kompetenzfelder</b>	<b>12</b>	LZSiS – Leistungszentrum »Sichere intelligente Systeme«	52
Innovative Sensorlösungen	14	Interview »Ein neuer Baustein für Kooperationswege«	54
Mikrodosierung	15	Universitäten	56
Sichere Elektronik	16	<b>Highlights</b>	<b>58</b>
Produktionsnahe Mikrotechnologien	17	NEWCAS	61
<b>Projektbeispiele und Anwendungen</b>	<b>18</b>	Eröffnung LZSiS-Showroom	61
Gesundheit und Umwelt	21	70 Jahre Fraunhofer - #WHATSNEXT	62
Schutz und Sicherheit	29	<b>Nachwuchsförderung</b>	<b>64</b>
Mobilität und Transport	31	Karriere an der Fraunhofer EMFT	66
Produktion und Dienstleistung	33	Angebote für Schülerinnen und Schüler	70
Kommunikation und Wissen	36	<b>Wissenschaftliche Aktivitäten</b>	<b>72</b>
<b>Dienstleistungs- und Technologieangebot</b>	<b>38</b>	Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Vorträge	74
Fraunhofer EMFT Dienstleistungsangebot	41	Bachelorarbeiten	79
Fraunhofer EMFT Technologieangebot	42	Masterarbeiten	80
<b>Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE</b>	<b>44</b>	Promotionen	82
		Patente	84
		<b>Kontakt</b>	<b>86</b>
		<b>Impressum</b>	<b>91</b>

FRAUNHOFER EMFT

# MENSCHEN, ZAHLEN UND FAKTEN

- Bulgarien
- China
- Deutschland
- El Salvador
- Finnland
- Griechenland
- Indien
- Israel
- Italien
- Kanada
- Kasachstan

Wir, die Fraunhofer EMFT, stehen für großartiges Wissen aus aller Welt: Unser Team stammt aus insgesamt 23 verschiedenen Ländern – was uns selbstverständlich sehr stolz macht. Gemeinsam 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.



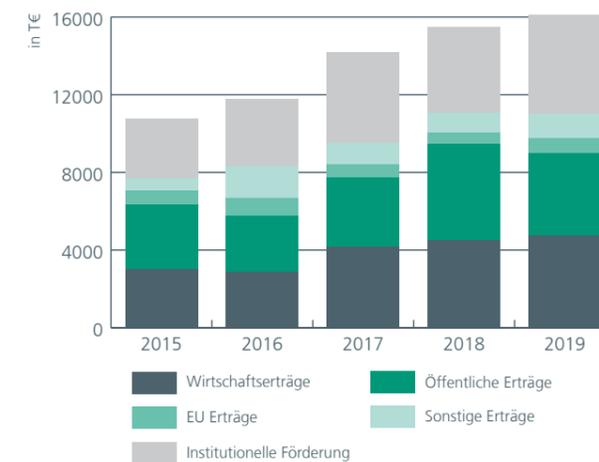
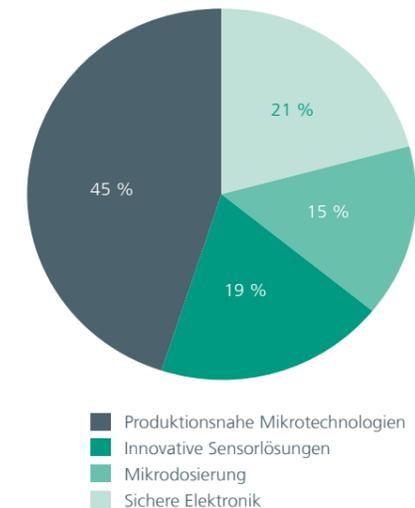
Im Vergleich zum Vorjahr wuchs die feste Besetzung an der Einrichtung im Jahr 2019 um sechs Personen und bestand zum Jahresende aus insgesamt 128 Personen: Davon sind 99 Personen im wissenschaftlichen und 27 weitere Personen in den unterstützenden Bereichen tätig. Letztere setzen sich aus Marketing, 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 55 studentische Hilfskräfte aus den verschiedensten Institutionen an der Einrichtung tätig. Im Zuge dessen erstellten sie ihre Abschlussarbeit und/oder arbeiteten im Rahmen der Fraunhofer-EMFT-Forschungsthemen mit.

\* Marketing, IT, Verwaltung, Technik, Qualitätsmanagement, Organisation und Services

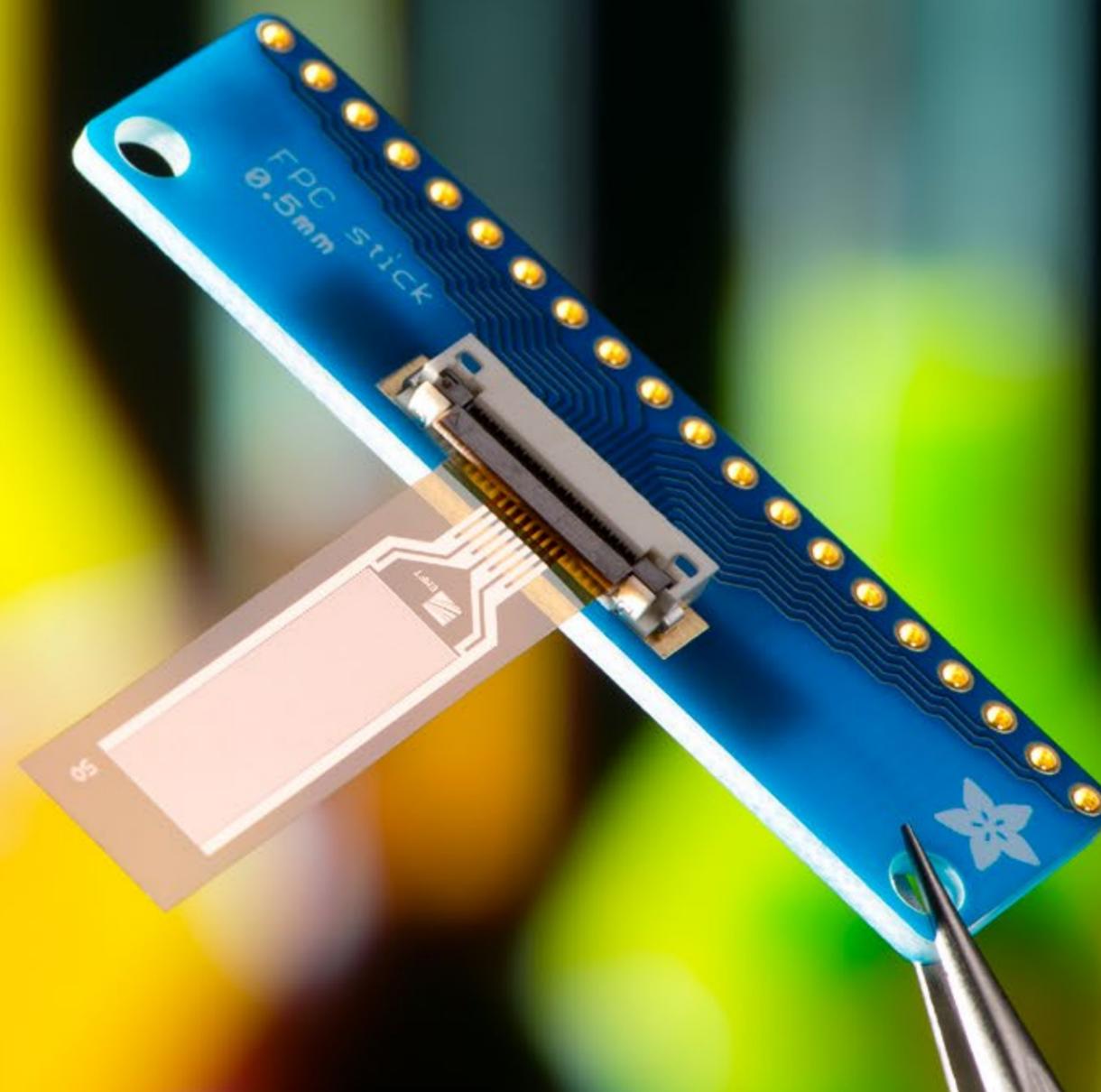


Im Jahr 2019 konnte das Team der Fraunhofer EMFT im Zuge von insgesamt 110 Projekten einen Mehrwert für Gesellschaft und Wirtschaft schaffen. Die meisten Projekte (45%) können dem Kompetenzfeld produktionsnahe Mikrotechnologien zugeordnet werden, welches die Basis für die weiteren Kompetenzfelder der Fraunhofer EMFT bildet. Beispielsweise werden die neuesten Erkenntnisse aus der Halbleiterforschung für innovative Sensorlösungen verwendet, fortschrittliche Mikropumpen für die Mikrodosierlösungen im Siliziumreinraum entwickelt und Systeme für sichere Elektronik in einer Rolle-zu-Rolle Pilotlinie für flexible Elektronik realisiert. Gerade das interdisziplinäre Zusammenspiel der Kompetenzen ermöglicht es der Fraunhofer EMFT zukunftsweisende Lösungen hervorzubringen.



Der Gesamthaushalt der Fraunhofer EMFT betrug 2019 rund 16,1 Mio. Euro. Dabei generierten die Industrieaufträge ein Gesamtvolumen von ca. 4,7 Mio. Euro. In Bezug auf den Betriebshaushalt entspricht das einem Anteil von 30,7%.

## KOMPETENZFELDER



*Kapazitiv arbeitender Sensor für die Integration in Wundauflagen*



## INNOVATIVE SENSORLÖSUNGEN

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.

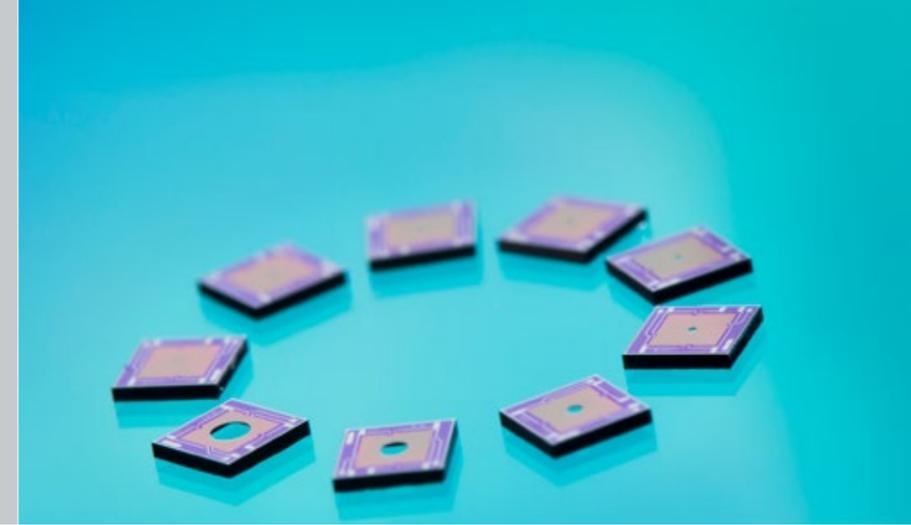
Ein Forschungsschwerpunkt der Fraunhofer EMFT sind innovative Sensorlösungen, die individuell auf die Bedürfnisse und Anforderungen unserer Kundinnen und Kunden maßgeschneidert werden. Mit ihrem breiten technologischen Know-how entwickeln die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Fraunhofer EMFT 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
- Zell-basierte Sensorik
- Charakterisierung und Validierung
- Kombi-Sensorsysteme

Ausführlichere Infos dazu finden Sie auf unserer Website:

<https://www.emft.fraunhofer.de/de/kompetenzen/innovative-sensorloesungen.html>



## MIKRODOSIERUNG

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.

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.

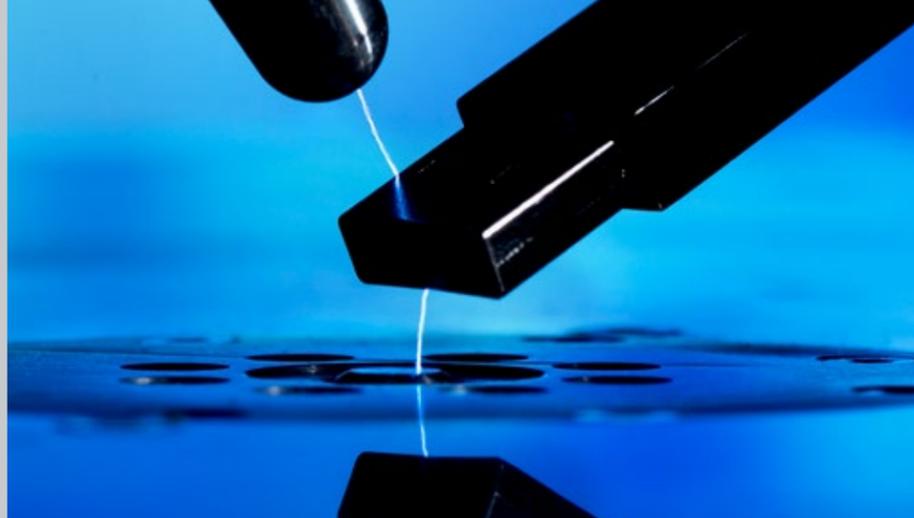
Die Fraunhofer EMFT verfügt über ein Portfolio an Silizium-, Edelstahl- und Titanmikropumpen, die für unterschiedliche Einsatzgebiete konzipiert sind. Ein Hauptfokus der F&E-Aktivitäten im Bereich der Silizium-Mikropumpen liegt in deren weiterer Miniaturisierung. Ziel ist es, dadurch die Herstellungskosten erheblich zu senken und damit den Zugang zu Massenmärkten zu erleichtern. Die derzeit mit Abmessungen von 3,5 x 3,5 x 0,6 mm<sup>3</sup> kleinste Silizium-Mikromembranpumpe 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 Forschungsfeld 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.

Ausführlichere Infos dazu finden Sie auf unserer Website:

<https://www.emft.fraunhofer.de/de/kompetenzen/mikrodosierung.html>

ESD Systemtest mit breitbandiger Messung des Sekundärentladungsstroms



## 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.

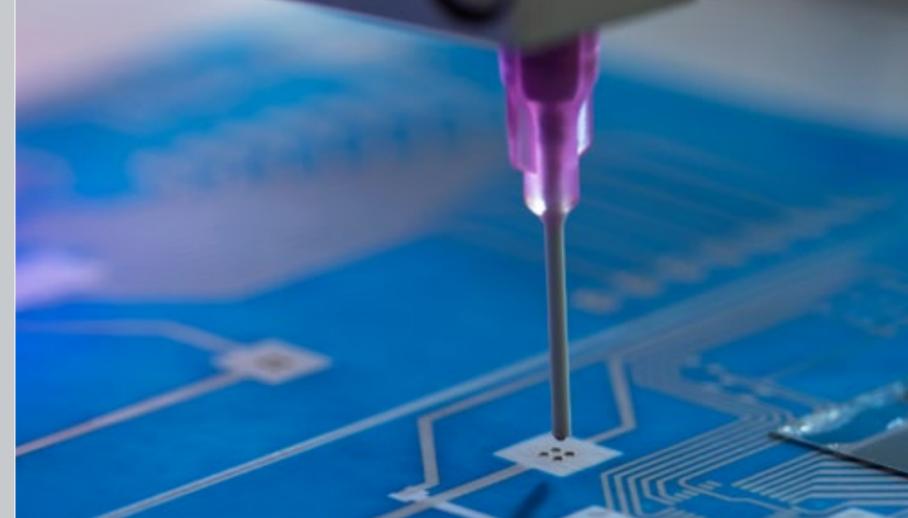
Einerseits müssen vor allem in sensiblen Einsatzbereichen wie der Medizintechnik, Automobilindustrie und Luft- und Raumfahrttechnologie elektronische Systeme zu hundert Prozent zuverlässig im Sinne von ausfallsicher funktionieren. Die Fraunhofer EMFT verfolgt in ihren F&E-Aktivitäten das Ziel, so genannte »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.

Ausführlichere Infos dazu finden Sie auf unserer Website:

<https://www.emft.fraunhofer.de/de/kompetenzen/sichere-elektronik.html>



Detailansicht eines Folien-systems zur Temperaturmessung während der Prozessierung

## PRODUKTIONSNAHE MIKROTECHNOLOGIEN

Die Fraunhofer EMFT verfügt über einen umfangreichen, hochmodernen Technologiepark im Bereich Mikroelektronik und Mikrotechnologie, der von erfahrenen Forscherinnen sowie Mikrotechnologien betreut und zur Entwicklung von kundenspezifischen Lösungen genutzt wird. Diese produktionsnahen Mikrotechnologien bilden die Basis für die weiteren Kompetenzfelder der Fraunhofer EMFT. Die Kompetenzen in diesem Bereich umfassen:

**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.

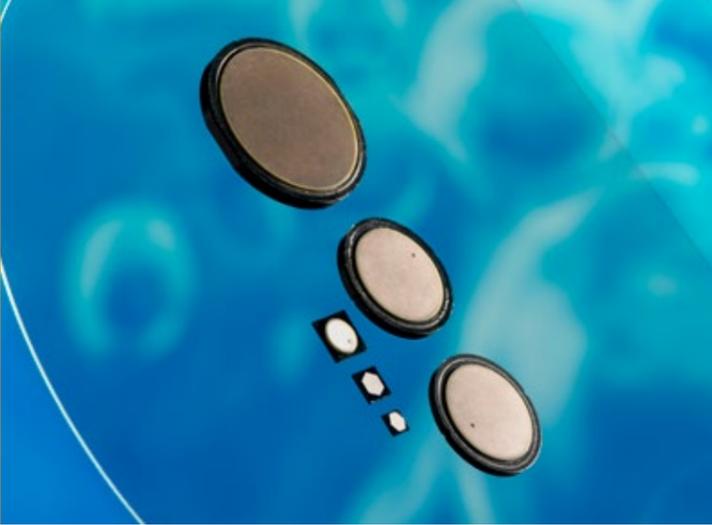
**IC Design:** Sehr spezifische Anwendungen oder die Erschließung neuartiger Funktionen und Einsatzgebiete, weitere Miniaturisierung, bessere Energieeffizienz, niedrigere Herstellungskosten oder höhere Zuverlässigkeit verlangen oftmals nach neuen IC-Designs, die in dieser Form am Markt nicht erhältlich 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-Leistungsportfolios.

Ausführlichere Infos dazu finden Sie auf unserer Website:

<https://www.emft.fraunhofer.de/de/kompetenzen/produktionsnahe-mikrotechnologien.html>

## PROJEKTBEISPIELE UND ANWENDUNGEN



Fraunhofer EMFT Pumpenfamilie (Silizium, Metall und Titan)

## FRAUNHOFER EMFT FORSCHUNGSFELDER



### Gesundheit und Umwelt

Wichtige Faktoren für die Gesundheit der Menschen sind neben der medizinischen Versorgung auch Ernährung und Umwelt. Daraus ergeben sich die wichtigsten Ziele der aktuellen Fraunhofer-Forschung im Bereich von Umwelt- und Lebenswissenschaften.



### Schutz und Sicherheit

Das Ziel der Sicherheitsforscher innen und -forscher ist es, Menschen und Umwelt so weit wie möglich vor Bedrohungen zu schützen. Dabei verfolgen sie einen nachhaltigen Ansatz, um alle Phasen von Katastrophen in den Griff zu bekommen: Im Fokus stehen Früherkennung, Verhinderung sowie direkter Schutz und die schnelle Überwindung der Folgen eines Ereignisses.



### Mobilität und Transport

Mobilität von Personen und Gütern ist für Wirtschaft und Gesellschaft unverzichtbar geworden und stellt die Wissenschaft stets vor neue Herausforderungen: von der Fahrzeugentwicklung bis zum Verkehrsmanagement, von neuen Sicherheitsanforderungen bis zu effizienter Verkehrslogistik. Fraunhofer-Forscherinnen und Forscher arbeiten daran, Mobilität sicherer, effizienter und kostengünstiger zu machen.



### Produktion und Dienstleistung

Rohstoffknappheit, Konkurrenzdruck, Fachkräftemangel sind nur einige der vielen Herausforderungen, denen sich die produzierende Industrie stellen muss. Für die Produktion der Zukunft arbeiten die Forscher und Forscherinnen an energie- und ressourceneffizienten Verfahren.



### Kommunikation und Wissen

Der Querschnittsbereich IuK deckt nahezu alle anderen Forschungsfelder und Branchen ab – von der Medizin über die Medienindustrie hin zum produzierenden Gewerbe. Digitale Technologien eröffnen uns viele neue Möglichkeiten für die Kommunikation. Personalisierte, interaktive und mobile Lernmethoden machen uns fit für die Arbeitswelt der Zukunft.

## GESUNDHEIT UND UMWELT

### Aktive Implantate – zuverlässig und leistungsstark

Von der Medikamentendosierung bis zum künstlichen Sphinkter: Mikropumpen könnten künftig als aktive Implantate für unterschiedlichste medizinische Anwendungen eingesetzt werden. Im Rahmen des Leistungszentrums »Sichere intelligente Systeme« (LZSiS) evaluieren Forschende im Projekt »Active Implants« die Risiken bei der Nutzung von Mikropumpen als medizinisches Implantat. Die verschiedenen Anwendungen verlangen sehr unterschiedliche Spezifikationen der Pumpe; allen gemein sind jedoch die extrem hohen Sicherheitsansprüche.

In »Active Implants« stehen zwei grundlegende sicherheitsrelevante Themen im Fokus: Zum einen wird die Interaktion zwischen der Pumpe und dem geförderten Medium (z.B. Medikamente) untersucht, um langfristige Dosierstabilität ohne einen Ausfall der Mikropumpe sicherzustellen. Zum anderen untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Möglichkeit, die Betriebsspannung der Pumpe zu verringern. Aktuell liegt sie bei mehreren hundert Volt, was sehr hoch ist. Dazu soll getestet werden, ob der Aktor – momentan eine einlagige Piezokeramik – durch einen mehrschichtigen Antrieb ersetzt werden kann. Durch die Nutzung dieser Multilayer Technologie könnte die Spannung, die zum Betrieb der Pumpe notwendig ist, deutlich verringert werden. Dadurch ist eine sichere Isolation einfacher möglich.

### Ein hochpräziser und automatisierter Assay zur Analyse der Wundheilung *in vitro*

In vielen physiologischen aber auch pathologischen Prozessen spielt die koordinierte Zellwanderung (Migration) eine wichtige Rolle. Die Wanderung metastasierender Tumorzellen beschreibt den wohl bedeutsamsten Fall einer pathologischen Zellwanderung. Folgerichtig sind ein Detailverständnis der Zellmigration, der sie regulierenden Mechanismen und mögliche Beeinflussungsstrategien sowohl in der grundlegenden wie auch in der angewandten Forschung von zentraler Bedeutung.

Die Untersuchung der Zellmigration erfolgt überwiegend in einer kontrollierten Laborumgebung an kultivierten Zellmodellen (*in vitro*) auf Basis sogenannter Wundheilungsassays, bei denen die Wanderung einer Zellpopulation entlang ihres Wachstumsstrates zumeist mikroskopisch beobachtet wird. Dazu ist es notwendig, experimentell eine definierte Wunde in einen kontinuierlichen Zellrasen einzuführen, in die die Zellen aus der Peripherie dieser





Zell- und Gewebeproben im 37 °C-Inkubator

Wunde einwandern können. Die dazu bislang bekannten und etablierten Assays sind funktionell aber nur in sehr begrenztem Maße automatisierbar und nicht mit hohem Durchsatz durchführbar. Zudem ist die Reproduzierbarkeit der eingebrachten Wunde – häufig bestimmend für die Reproduzierbarkeit des gesamten Assays – bislang nur unbefriedigend gelöst.

Das Projekt OptoMigration geht mit einem neuen Ansatz an die Untersuchung der Zellmigration heran – im Fokus steht ein Kompositmaterial auf Polymerbasis, das zur hochpräzisen, optischen Verwundung darauf kultivierter Zellen genutzt wird. Auf ein inertes, transparentes Trägermaterial wird dazu eine dünne, lichtsensitive und dennoch biokompatible Beschichtung aufgebracht. Die lichtsensitive Schicht generiert bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht eine toxische, chemische Spezies, die die an der Oberfläche des Substrates wachsenden Zellen lokal abtötet. Die Reichweite der toxischen Spezies ist so eingestellt, dass nur die direkt über dem Ort der Entstehung befindlichen Zellen diffusiv erreicht und getötet werden. Anschließend wachsen die Zellen aus der Peripherie der Wunde in die freigelegte Fläche ein, was mikroskopisch dokumentiert wird. Diese berührungslose Einführung einer definierten Wunde in eine Zellschicht ist die Basis für einen hochgradig automatisierbaren und parallelisierbaren Wundheilungs-Migrations-Assay. Gerade die zu erwartende Präzision der eingebrachten Wunde sowie deren Unabhängigkeit vom Einfluss der experimentierenden Person wird die Reproduzierbarkeit dieser Assays signifikant verbessern und eine Automatisierung erst möglich machen.

Das Projekt wird gemeinsam mit dem Unternehmen ibidi GmbH bearbeitet und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderinitiative KMUinnovativ unter dem Förderkennzeichen 13XP5074B gefördert.

#### Ein Pflaster, das »unter die Haut« geht

»Intelligente Pflaster« können schon heute mehr als nur Wunden abdecken: Mit entsprechender Sensorik ausgestattet, überwachen sie Körperparameter wie Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert, Sauerstoffsättigung und elektrische Potenziale. Doch was sich unter der Hautoberfläche abspielt, bleibt den heute verfügbaren Sensorpflastern verborgen.

Im EU-Projekt »ULIMPIA« arbeitet die Fraunhofer EMFT gemeinsam mit 17 Partnerinnen und Partnern aus sechs Ländern an einem Pflaster, das auch physikalische Prozesse tief im Körper erkennen kann – etwa den Blutdruck messen oder die Blase überwachen. Dazu kombinieren die Forschenden hochmoderne MEMS-Ultra-Sound-Technologie mit Innovationen in der konformen Patch-Technologie. Ziel ist es, eine offene Technologieplattform für diagnostische Ultra-Sound-Patches zu schaffen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Fraunhofer EMFT entwickeln im Rahmen des Projekts eine Packaging-Technologie zur Integration von mehreren Sensoren und auch Ultraschall-Aktoren auf der Basis von Folien und Textilien. Ziel ist unter anderem ein hautfreundliches, flexibles Sensor-Pflaster mit zugehörigen Mikroelektronikkomponenten für Datenerfassung und -übertragung. Die entstehende Plattform wird für unterschiedliche Benutzer und Benutzerinnen zugänglich sein und legt den Fokus auf die Entwicklung von konkreten Anwendungen.

Das Projekt wird im Rahmen des PENTA-Programms der Europäischen Union unter dem Förderkennzeichen 16ES0815 gefördert.

#### Gewebebaukasten mit integrierter Sensorik

Bei der Entwicklung neuer Pharmaka wie auch bei der Beurteilung biologischer, chemischer oder physikalischer Risiken gewinnen im Labor kultivierte 3D Gewebemodelle zunehmend an Bedeutung gegenüber weniger wirklichkeitsnahen, aber bislang üblicherweise eingesetzten 2D Zellschichten. Neben den in der Entwicklung weit fortgeschrittenen biologischen Gewebemodellen sind analytische Mess- und Analysemethoden gefragt, um die Reaktion der Zellen auf externe Stimuli möglichst quantitativ messbar zu machen. Die sensorischen Technologien, um Informationen aus dem Inneren eines Gewebes nicht-invasiv auszulesen, haben jedoch mit der rasanten biologischen Entwicklung nicht Schritt gehalten. Die vorhandenen Untersuchungsmethoden sind invasiv oder bedürfen eines Zerlegens des Gewebemodells (Endpunktanalyse) zur Datengewinnung. Ein kontinuierliches, markierungsfreies Monitoring auch der tiefer im Gewebe liegenden Zellen ist bislang nicht beschrieben.

Das Projekt TissueSense verfolgt ein grundlegend neues Konzept. Anstatt nachträglich sensorische Funktionen (Elektroden, Nanosonden) in die Modellgewebe einzubringen oder sie nach einer vorgegebenen Expositionszeit zur Analyse zu zerlegen, wird das 3D Gewebemodell ähnlich einem Baukastenprinzip aus einzelnen Lagen schichtweise zusammengesetzt. Die Anzucht der einzelnen Gewebelagen erfolgt zunächst in 2D durch Kultur von Zellmonoschichten auf dünnen, porösen Polymerträgern mit integrierten Signalwandlern. Nachträglich werden die Gewebelagen schichtweise aus diesen 2D Konstrukten zusammengesetzt. Die Porosität der Polymerträger stellt sicher, dass die einzelnen Zellschichten nach dem Zusammenbau zu einem 3D Konstrukt miteinander in Kontakt treten und Substanzen austauschen können. Die Ausstattung der Polymerträger mit Signalwandlern erlaubt es, chemische oder physikalische Informationen jeder individuellen Zellschicht des 3D Gewebemodells nicht-invasiv und in Echtzeit nach außen abzuleiten. Vor allem beim Screening von



Gasmessplatz zur Charakterisierung von Sensoren  
(Edelstahlkammer)

Substanzbibliotheken an maßgeschneiderten Organmodellen eröffnen sich dadurch gänzlich neue Perspektiven im Hinblick auf die Qualität der zugänglichen biomedizinischen Information sowie für die Ökonomie und den Durchsatz derartiger Testreihen.

Das Projekt wird im Rahmen des Fraunhofer-internen Programms Discover gefördert.

#### Hygiene-Check

Multiresistente gramnegative Stäbchenbakterien (MRGN) haben in den letzten Jahren als Verursacher nosokomialer Infektionen weltweit zunehmend an Bedeutung gewonnen. Antibiotika, die als Standardtherapeutikum eingesetzt werden, sind bei MRGN-Infektionen weitgehend unwirksam. Deshalb ist es notwendig, Infektionen mit multiresistenten Erregern sehr früh zu identifizieren, um die richtige Therapie mit einem der wenigen noch vorhandenen Reserveantibiotika möglichst früh einleiten zu können. MRGN Bakterien können auch auf unbelebten Oberflächen verweilen und sich über kontaminierte Gegenstände ausbreiten. Eine frühe Erkennung ist wichtig, um besondere hygienische Maßnahmen zu treffen und damit eine Verbreitung dieser Problemkeime zu verhindern.

Ein Forschungsteam der Fraunhofer EMFT arbeitet zusammen mit dem mittelständischen Unternehmen GBN Systems GmbH, dem Institut für Mikrobiologie und Hygiene des Universitätsklinikum Regensburg sowie der Asklepios Kliniken GmbH an der Entwicklung eines kompakten Komplettsystems zum schnellen Vor-Ort-Nachweis von MRGN Bakterien. Der Nachweis soll fluoreszenzbasiert sein und direkt aus dem Probenmaterial ohne aufwändige Probenaufbereitung durchgeführt werden. Als Untersuchungsmaterial werden Abstriche von potentiell kontaminierten Oberflächen und Gegenständen sowie humane Proben eingesetzt. Durch die Verwendung eines hochempfindlichen Messsystems in Kombination mit einer fluoreszenzbasierten Nachweisreaktion soll die Zeit von Probenahme bis zum Vorliegen eines Ergebnisses enorm verkürzt werden. Im Gegensatz zu konventionellen, zeitintensiven mikrobiologisch-kulturellen Verfahren soll der schnelle Vor-Ort-Nachweis in kurzer Zeit über das Vorliegen von MRGN Bakterien im Probematerial informieren. Anders als PCR-basierte Methoden soll dieser phänotypische Nachweis unabhängig von der genetischen Variabilität der MRGN Bakterien sein und erlaubt auch die Erkennung der Erreger, wenn sie durch PCR-basierte Verfahren nicht erfasst werden können. Im Vergleich zu derzeit angewendeten Methoden stellt das einen entscheidenden Fortschritt dar.

Das Forschungsvorhaben wird von der Bayerischen Forschungsstiftung (BFS) gefördert.

#### Integrierte optische Gassensoren für VOCs

Das Verbundprojekt »Integrated-optical detection of volatile organic compounds using functional polymer coatings (COLODOR)« unter der Koordination der Austrian Institute of Technology GmbH AIT adressiert den Bedarf an kompakten Messsystemen für sogenannte »flüchtige organische Verbindungen« (VOCs). Erreicht werden soll dies durch die Erforschung eines neuartigen optischen Multi-Parameter-Gassensorkonzepts unter Verwendung indikatorfarbstoffdotierter Polymere. Der quantitative Nachweis solcher Verbindungen ist für eine breite Anwendungspalette von großer Wichtigkeit.

Eine besonders große Rolle spielen VOCs im Bereich der Lebensmittelindustrie. Eine Detektion von VOCs während der Zubereitung von Nahrung in Verbindung mit einer entsprechenden Optimierung der Koch- und Garprozesse kann dazu beitragen, das Entstehen toxischer organischer Produkte zu vermeiden und generell den Fettgehalt im Essen zu reduzieren. Die im Projekt zu realisierenden VOC-Messsysteme sollen zu diesem Zweck in Geräte zur Nahrungszubereitung für Endverbraucherinnen und -verbraucher integriert werden.

Das vorgeschlagene COLODOR Konzept ermöglicht neben der hoch integrierten Bauform den Betrieb bei Raumtemperatur mit niedrigem Stromverbrauch und stellt damit die Kompatibilität zu kostengünstigen Massenfertigungstechnologien sicher. COLODOR erschließt das Gebiet der VOC-Messung durch die Erforschung farbstoffdotierter Polymere für optische Multi-Parameter-Gassensoren. Hierfür sollen neue Sensormaterialien und deren lokale Abscheidung auf Sensorchips erforscht, kompakte optische Gassensorchips entworfen und die Funktion des neuen optischen VOC-Messprinzips demonstriert werden.

Durch die Beteiligung von drei Industrieunternehmen aus den Sparten photonische Bauelemente, lokale Funktionalisierung und Küchengeräte wird die gesamte Wertschöpfungskette abgebildet und eine spätere Verwertung des Themas ermöglicht. Das Vorhaben wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen der Förderinitiative M-ERA.NET 2015 unter dem Förderkennzeichen 13N14242 gefördert.

#### Intelligente Verpackung für Lebensmittel

Mit bloßem Auge können Verbraucher innen und -verbraucher beim Einkauf nur selten den tatsächlichen Frischegrad eines Lebensmittels feststellen. Besonders Lebensmittel mit einem hohen Frischegrad wie rohe Fleisch- und Fischprodukte sind jedoch sehr anfällig für mikrobielle Verderbprozesse.



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Fraunhofer EMFT-Forscherin bei der Arbeit mit Zellproben

Da Frischemonitoring bei abgepackten Produkten besonders schwerfällt, arbeitet die Fraunhofer EMFT gemeinsam mit dem Fraunhofer IVV sowie Industriepartnern und -partnerinnen im Rahmen des Projekts FRESH an der Entwicklung einer Verpackungsfolie, die anhand ihrer Farbe den Frischegrad von Lebensmitteln anzeigt. Bei der Entwicklung werden farbwechselbasierte chemische Sensormaterialien in Lebensmittelverpackungen integriert, sodass auf den ersten Blick zuverlässig die Qualität des Produkts bestimmt werden kann. Die integrierten Sensoren sprechen nun gezielt auf Gase an, die beim Verderb entstehen und zeigen im Falle einer Grenzwertüberschreitung eine deutliche Farbreaktion.

Die Entwicklung einer intelligenten Verpackung für Lebensmittel wird ausblickend sehr positive Auswirkungen auf den Umgang mit Lebensmitteln haben. Sie kann zu einer Steigerung der Produktsicherheit und auch zu einer Verringerung der Lebensmittelabfälle am Ende der Wertschöpfungskette beitragen. Denn die Sensorverpackung wird zuverlässig eine Echtzeitinformation zur genießbarkeit eines Lebensmittels feststellen.

In Zusammenarbeit mit den Partnerinnen und Partnern EVONIK Resource Efficiency GmbH, Wipak Walsrode GmbH, Siegwirk Druckfarben AG & Co. KGaA, Albis Plastic GmbH und MuWe Fleischhandels GmbH ist das Projekt auf dem besten Weg, zukünftig einen nachhaltigeren Umgang mit Lebensmitteln zu ermöglichen. Das Vorhaben wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft BMEL unter dem Förderkennzeichen 281 A100116 gefördert.

#### MRSA-Schnelltest

Multiresistente Erreger, beispielsweise der MRSA (multiresistenter *Staphylococcus aureus*), können sich schnell ausbreiten und bei ohnehin geschwächten Personen, zum Beispiel in Kliniken und Pflegeheimen, zur ernstesten Gesundheitsgefahr werden. Da die Methoden zum Nachweis von MRSA entweder sehr zeitaufwändig (mikrobiologisch kultureller Nachweis) oder sehr kostenintensiv (molekularbiologischer oder antikörperbasierter Nachweis) sind, wird derzeit in den meisten Ländern kein generelles Eingangsscreening aller Patientinnen und Patienten bei der Aufnahme in die Kliniken durchgeführt.

Ein Forschungsteam der Fraunhofer EMFT hat gemeinsam mit den Asklepios Kliniken GmbH und dem mittelständischen Unternehmen KETEK GmbH einen kostengünstigen MRSA-Schnelltest entwickelt, der in einer möglichen Zielanwendung als routinemäßige Eingangsuntersuchung in Krankenhäusern eingesetzt werden könnte. Durch die frühzeitige Erkennung einer MRSA-Infektion oder Kolonisation und eine entsprechende Behandlung ließe

sich das Übertragungsrisiko der Erreger auf andere Patientinnen und Patienten deutlich reduzieren. Für den Schnelltest ist lediglich ein Nasenabstrich erforderlich. Ob MRSA in der Probe vorliegt, lässt sich unter Verwendung von Fluoreszenzindikatoren mit einem hochempfindlichen Detektionssystem in kurzer Zeit erkennen.

Der innovative Schnelltest zum Nachweis resistenter Bakterien wurde als Gesamtsystem für die Vor-Ort-Analytik im Labor-Maßstab aufgebaut. Im Rahmen einer Studie wurde das Verfahren im Klinik-Umfeld erprobt und kontinuierlich an die realen Bedingungen angepasst.

Das Vorhaben wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie im Rahmen des Programms »Mikrosystemtechnik Bayern« unter dem Förderkennzeichen MST-1308-001/BAY 189/001 gefördert.

#### Neues Verfahren im Kampf gegen Viren

Die Wirksamkeits- und Effizienzprüfung von Impfstoffen ist von großer Bedeutung für den breiten Schutz der Bevölkerung vor viralen Infektionskrankheiten. Die Tests zur Wirksamkeitsprüfung eines Impfstoffes werden typischerweise im Labor an kultivierten Zellen durchgeführt, deren Reaktion auf eine Virusinfektion in Gegenwart des Blutserums von einer im Vorfeld geimpften Person analysiert wird. War die Impfung erfolgreich, sind im Serum neutralisierende Antikörper gegen die Viren enthalten und der Viruskontakt bleibt ohne Konsequenzen. War die Impfung jedoch nicht ausreichend effizient, so sind die Antikörpertiter im Serum der geimpften Person nicht ausreichend, um die Viruslast vollständig abzufangen und die zum Test eingesetzten Zellen werden infiziert. Die Unterdrückung der zellulären Virusinfektion durch die neutralisierenden Antikörper stellt folglich das Maß für die Wirksamkeit eines Impfstoffes dar. Die bisherigen Testungen hierfür sind derzeit arbeits- und kostenintensiv und stellen mit Blick auf die enorme Anzahl der notwendigen Tests einen limitierenden Faktor in der Impfstoffentwicklung dar.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Fraunhofer Institute für Biomedizinische Technik (IBMT) in Sulzbach/Saar und der Fraunhofer EMFT in Regensburg arbeiten im Projekt ViroSens gemeinsam mit den Unternehmen nanoAnalytics GmbH (Münster) und innoMe GmbH (Espelkamp) an einem neuen Messverfahren, das die Messung der antiviralen neutralisierenden Antikörper auf ein völlig neues Verfahren umstellt. Dabei sollen die Testzellen auf Multi-Elektroden-Arrays anwachsen, die es erlauben, ihren Infektionszustand mit Hilfe elektrochemischer Messverfahren vollständig automatisiert zu erfassen. Dadurch entfallen nicht nur die aufwändigen Arbeitsschritte der herkömmlichen Tests, sondern die Zellen werden kontinuierlich



Kontrolle verdeckter Lötverbindungen  
(BGA, PGA, QFN)

überwacht, statt nur zu einem bestimmten Zeitpunkt analysiert zu werden. Neben der kompletten Automatisierung der Analyse werden damit auch weitere zusätzliche Informationen über den Zeitverlauf der Zellreaktion zugänglich. Das Konsortium hat sich zum Ziel gesetzt, ein entsprechendes Komplettsystem einschließlich der notwendigen Hardware, der zugehörigen Analyse-Software und der zur Zellbeobachtung notwendigen Elektroden-Arrays zu erforschen und in Laboraufbauten umzusetzen, die einer späteren Markteinführung den Weg bahnen.

Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Förderrichtlinie KMUinnovativ unter dem Förderkennzeichen 13XP5085C 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. 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 Projekt Position-II bietet für dieses Problem eine einzigartige Lösung.

Das Konsortium aus 45 Partnern und Partnerinnen aus 12 Ländern führt eine offene Technologieplattform für Miniaturisierung, In-Tip-AD-Wandlung, drahtlose Kommunikation, MEMS-Wandler-Technologie und Kapselung ein. Die Plattform hat den Vorteil, dass sie für mehrere Benutzer und Anwenderinnen offen ist. Somit lässt sich die Leistung »smarter« Katheter zu niedrigen Kosten verbessern, sodass ganz neue intelligente, minimal-invasive Instrumente entwickelt werden können. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Fraunhofer EMFT arbeiten im Projekt an einem Katheter, der Stammzellen in abgestorbenes Herzmuskelgewebe transportiert. Dafür muss eine passende Dosiereinheit gefunden werden, die dann die Zellen durch den Katheter bis ins Herz pumpt, ohne dass der Druck im Herzen und der dazukommende fluidische Gegendruck die Dosiergenauigkeit beeinträchtigt.

Das Projekt wird durch ECSEL Joint Undertaking unter der Förderungsnummer Ecsel-783132-Position-II-2017-IA finanziert.

## SCHUTZ UND SICHERHEIT

### Hardware-Trojaner zuverlässig detektieren

In dem durch das BMBF geförderte Projekt SyPASS (Förderkennzeichen 16KIS0669) entwickeln die Infineon AG, die Raith GmbH und die Fraunhofer EMFT zusammen Methoden, um höchstintegrierte Sicherheitsschaltungen bis 40 nm 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.

Im Hinblick auf die mit zunehmender Integrationsdichte steigenden Anforderungen werden im BMBF-Projekt RESEC (Förderkennzeichen 16KIS1008) in demselben Konsortium, ergänzt durch die TU München, unter Einsatz künstlicher Intelligenz auch Methoden und Systeme für die physikalische Analyse von Bausteinen aus Technologien von unter 40 nm und von hetero-integrierten Modulen entwickelt, und die Analyse bis in die Schaltungsebene fortgesetzt. Für die physikalische Analyse von Sicherheitsbausteinen wurde durch das BSI auch ein Labor nach Common Criteria EAL6 zertifiziert. Die Leistungen werden auch im Leistungszentrum Sichere Intelligente Systeme LZSiS angeboten.

### Raffungsmodell für mechanisch bedingte Materialschädigung

Die Einpresstechnik ist in der Antriebstechnik eine wichtige Alternative zu anderen elektrischen Kontaktierungsverfahren wie Löt-, Schraub- oder Klemmverbindungen. Die Vorteile sind ein minimaler Platzbedarf, die Möglichkeit der Reparierbarkeit und eine potenziell zehn- bis hundertfach geringere Ausfallrate. Durch die Krafteinwirkung beim Einpressen bildet sich nach etwa 24 Stunden eine gasdichte und korrosionsbeständige Kontaktzone zwischen Einpresskontakt und Leiterplatte aus. In dieser Zone entstehen durch die freien Elektronen Anziehungskräfte, welche beide Metalloberflächen miteinander verbinden. Innerhalb einiger Stunden entsteht so eine Kaltverschweißungszone.

Bei diesem Prozess kann es jedoch auch zu ungewollten Schädigungen des Bauteils kommen. Beispielsweise führen durch Vibrationen induzierte Mikrorelativbewegungen zwischen Press-Fit-Kontakt und Kupferhülse in der Platine zu einer Ermüdungsschädigung





Abgesicherter und vernetzter Vor-Ort-MRSA-Detektor

bzw. zum Ermüdungsversagen der Kaltverschweißungszone. Das bedeutet, dass sich die Kaltverschweißung durch Rissbildung und Risswachstum löst. Im Rahmen des Projekts »Raffmo II« arbeiten Forschende der Fraunhofer EMFT an einem geeigneten Raffungsmodell, um die Entstehung dieser unerwünschten Effekte besser zu verstehen.

Das Team der Fraunhofer EMFT verfügt über einen Prüfstand für die genannten Mikro-Relativbewegungen auf. Des Weiteren nehmen die Münchner Experten und Expertinnen präzise elektrische Charakterisierungen des Kontaktwiderstands der Kaltverschweißungszone vor.

Das Projekt wird durch das Forschungsnetzwerk Mittelstand der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF unter dem Förderkennzeichen IGF-Vorhaben Nr. 19462 N, FVA-Nr. 618 II gefördert.

#### Sichere vernetzte Sensorik im Gesundheitsbereich

Der medizinische Fortschritt der letzten Jahrzehnte hat die Sterblichkeitsrate deutlich gesenkt und die Gesundheitsversorgung weltweit nachhaltig verbessert. Die Kehrseite der Medaille sind jedoch enorm steigende Kosten in den Gesundheits- und Sozialsystemen. Zur Verdeutlichung: Etwa 30% der Bevölkerung in der Europäischen Union (EU) werden bis 2030 über 65 Jahre alt sein; zwei von drei Menschen im Rentenalter werden mindestens zwei chronische Krankheiten haben.

Um die Sozialsysteme zu entlasten und dennoch eine moderne und hochwertige Gesundheitsversorgung zu ermöglichen, bietet das Internet of Things (IoT) ein riesiges Potenzial – von der Diagnostik über die Patientensicherheit bis hin zu optimierten logistischen Prozessen. Insgesamt 21 europäische Partnerinnen und 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 (mobiler MRSA-Detektor, Gerät zum Nachweis postoperativer Infektionen, Ernährungspumpe, Falldetektor zur Erkennung und Prävention von Stürzen) durch das Klinikum der Universität München.

Das Projekt SERENE IoT wird durch das EUREKA-Cluster PENTA gefördert, 67% trägt das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF.

#### Testentwicklung für ESD-Sicherheit: Der kontrollierte Blitz

Elektrostatische Entladungen stellen eine Bedrohung für höchstintegrierte Schaltungen dar, selbst wenn sie nur Bruchteile von Nanosekunden lang sind. In einem aus den USA geförderten Projekt konnten Forschende der Fraunhofer EMFT an Gbit-Bausteinen von Cisco zeigen, dass Picosekunden darüber entscheiden, ob ein Telekommunikationsbaustein bereits bei kleineren Strömen geschädigt wird. Voraussetzung war ein Testaufbau für besonders schnelle, präzise reproduzierbare Hochstromimpulse in Verbindung mit Methoden zur automatischen Korrektur von Messfehlern.

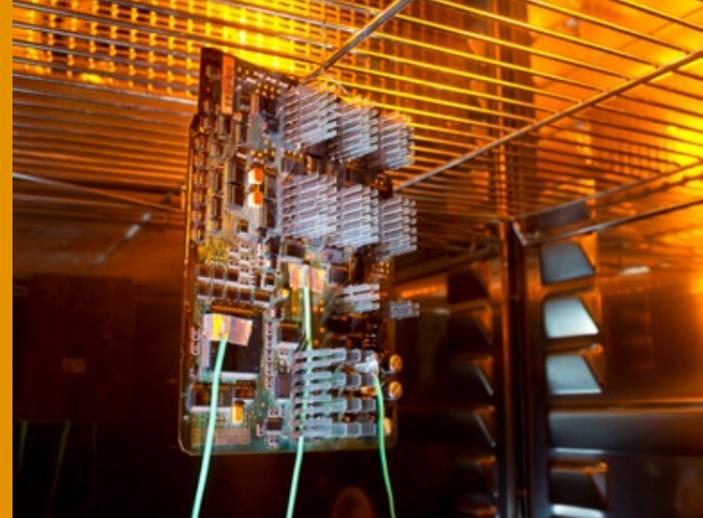
Die Ergebnisse fließen in die internationale Standardisierung der Testmethode »Capacitively Coupled Transmission Line Pulsing CC-TLP« ein.

## MOBILITÄT UND TRANSPORT

#### Ausfallsichere Elektronik für das autonome Fahren

In nahezu allen Konzepten zur Mobilität von morgen hat das autonome Fahren seinen festen Platz. Da beim vollautomatisierten Fahren ein Eingreifen des Menschen nicht mehr vorgesehen ist, müssen die entsprechenden Sensoren und die Elektronik höchste Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllen: Das System muss sowohl auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren können als auch im Falle von Fehlern oder Funktionsbeeinträchtigungen stabil bleiben – beispielsweise bei falschen, verzögerten oder fehlenden Informationen, beim Ausfall einer Komponente oder dem Verlust der elektrischen Energieversorgung.





Klimaprüfung einer elektronischen Baugruppe

Nun könnte man theoretisch alle elektronischen Komponenten in zweifacher Ausführung einbauen. Falls eine Komponente ausfällt, wäre dafür eine baugleiche vorhanden, die »einspringen« könnte. Diese Lösung wäre allerdings weder wirtschaftlich noch technisch so einfach umsetzbar, da der Bauraum im Fahrzeug knapp würde.

Forschende der Fraunhofer EMFT haben gemeinsam mit Industriepartnerinnen und -partnern im Rahmen des Projekts AutoKonf eine clevere Alternative entwickelt: Ein redundantes, generisches Steuergerät. Fällt das für die Lenkungs- oder Bremsfunktion zuständige Steuergerät aus, übernimmt das überzählige generische Steuergerät die jeweilige Aufgabe und kann das Fahrzeug sicher führen. Damit das redundante Steuergerät sowohl die Aufgaben der Lenkung als auch der Bremssteuerung übernehmen kann, werden im Projekt Elektroniksysteme entwickelt, mit denen u.a. die Signalverteilung und Stromversorgung dynamisch geändert werden.

Das Fraunhofer EMFT-Team beschäftigt sich mit der Integration von Schaltfähigkeit in Steckverbindern und Schnittstellenmodulen. Es werden unter anderem klassische Schaltmatrixen untersucht und neuartige Verfahren erforscht, welche unter besonderer Beachtung der Zuverlässigkeit auch in kleinstem Bauraum funktionieren. Dazu wird ein thermisches Design für die notwendige Aufbau- und Verbindungstechnik entwickelt.

Am Ende des Projekts soll sich das Konzept unter den definierten Test- und Fehlerfällen beweisen: Während die Stabilitätskontrolle aktiv ist, wird in das neue System ein Fehler injiziert. Der Projektpartner und Verbundkoordinator Intedis wird dann mithilfe eines Fahrzeugprüfstands überprüfen, ob und inwieweit die Fahrzeugstabilität dennoch erhalten bleibt.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF (Zuwendung aus dem Wirtschaftsplan des Sondervermögens Energie- und Klimafonds (EKF), Förderkennzeichen: 16EMO0187) gefördert.

### Leistungsfähige Komponenten für den autonomen Verkehr

Selbstfahrende Autos sind eines der zentralen Mobilitätskonzepte der Zukunft; doch auch der urbane Luftverkehr hält zahlreiche autonome Anwendungen wie Flugtaxi oder Drohnen für den Versand zeitkritischer Waren und Medikamente bereit. Diese benötigen Umfellsensoren wie z.B. Kamera-, LiDAR- oder Radarsysteme zur Erfassung der Fahrzeugumgebung. Ebenso wichtig sind Mikroprozessoren, die die erfassten Daten in Steuerbefehle wie Lenk- oder Bremsvorgänge umwandeln.

Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts »Ocean12« arbeitet ein Team der Fraunhofer EMFT an zukunftsfähigen Komponenten für autonome Straßen- und Luftfahrzeuge. Damit diese Komponenten möglichst zuverlässig und energieeffizient arbeiten, nutzen die Forschenden den Fertigungsansatz der FD-SOI-Technologie (Fully Depleted Silicon On Insulator). Dabei wird in den Chip eine zusätzliche hauchdünne Isolationsschicht eingebracht, die die sog. Leckströme reduziert. Dies verringert den Stromverbrauch um bis zu 90% und erhöht zudem die Rechengeschwindigkeit. Ferner ermöglicht diese Technologie besonders kompakte Sensorsysteme, da Sensoren mit leistungsstarken integrierten Auswerteschaltungen auf einem sog. SoC (System on Chip) integriert werden können.

In das Projekt bringen insgesamt 27 europäische Partnerinnen und Partner aus Industrie und Forschung ihre Expertise zur Halbleitertechnik, Elektronik, Luftfahrt- und Automobiltechnik ein – darunter die Fraunhofer EMFT, das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS und das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS.

Das Projekt läuft bis 2021 und wird u.a. durch die Europäische Union, das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und den Freistaat Sachsen gefördert.

## PRODUKTION UND DIENSTLEISTUNG

### Europäische Pilotlinie für multifunktionale elektronische Systeme

Europa und vor allem Deutschland besitzen in der Mikroelektronik besondere Stärken in der Automobil-, Energie-, Sicherheits- und Industrieelektronik. Im EU-Projekt EuroPAT-MASIP bündeln Partner und Partnerinnen aus neun Ländern ihr Know-how, um strategische Grundbausteine für die Entwicklung innovativer und komplexer Elektroniksysteme zu legen. Dies soll die Wettbewerbsfähigkeit von Europas Mikroelektronikindustrie im weltweiten Vergleich sichern und deutlich steigern. Die Schwerpunkte des deutschen Konsortiums liegen dabei auf multifunktionalen Elektroniksystemen, energiesparender Leistungselektronik, Design komplexer Systeme sowie innovativen Produktionstechnologien.

Die Fraunhofer EMFT demonstriert im Rahmen des Projekts die Möglichkeit, Pick&Place Prozesse mit Selbstassemblierung durchzuführen. Die Forscherinnen und Forscher passen dazu die Benetzungseigenschaften von Oberflächen mit Hilfe von Niederdruck-Plasma an:





PECVD Reinigungsplasma mit umweltfreundlicher und FCKW-freier Fluorchemie »Solvaclean®N«

Metallflächen werden hydrophil, während die umgebenden Bereiche aus Polyimid hydrophob werden. Im Produktionsprozess werden die Chips dann durch eine Flüssigkeit auf die (metallischen) Zielbereiche justiert.

Das Vorhaben wird unter dem Förderkennzeichen 737497 im Rahmen des ECSEL-Initiative durch die EU und mit dem Förderkennzeichen 16ESE0260S durch das BMBF gefördert.

#### Großflächige Leiterbahnmuster im Rolle-zu-Rolle-Verfahren

Im Projekt LEO (Plattform-Technologie zur ressourcenschonenden Fertigung von Leiterbahnen auf großflächigen mit Elektronik bestückten Oberflächen) bündeln das Fraunhofer ISE und die Fraunhofer EMFT ihre Kompetenzen zur Feinlinienmetallisierung und Rolle-zu-Rolle Prozessierung sowie der Dünn-Chip Integration in Folien. Durch den neuen Prozess soll die Herstellung von sehr großflächigen Leiterbahnmustern möglich gemacht und die Integration von Elektronikbauteilen vereinfacht werden. Das Verfahren, das auf der selektiven Strukturierung einer dünnen Aluminium/Kupfer/Polymer-Schichtfolge durch Druck- oder Laserprozesse und der nachfolgenden galvanischen Kupferabscheidung beruht, hat perspektivisch das Potenzial, auch klassische Prozesse der Leiterplattenherstellung kostengünstiger und gleichzeitig umweltfreundlicher und ressourcenschonender zu machen.

Anhand eines ersten Leiterplatten-Designs konnten mit der neu entwickelten Prozessfolge dünne, galvanisch verstärkte Leiterbahnen auf 50 µm dicken Foliensubstraten hergestellt werden. In Abstimmung mit dem Beraterkreis aus führenden Vertretern und Vertreterinnen der Elektronik- und Galvanikindustrie soll die Prozessfolge stabilisiert und in eine kostengünstigen Rolle zu Rolle-Prozess übergeführt werden. Ferner soll demonstriert werden, dass sich der Prozess zur Herstellung ultradünner Chip-Packages eignet, die ohne klassische Drahtbonds auskommen. Das Projekt wird über das Fraunhofer-interne Programm WISA gefördert.

#### Umweltfreundliches Reinigungsgas für die Halbleiterindustrie

Viele Plasma-Beschichtungsanlagen der Halbleiterindustrie müssen nach jedem Fertigungsschritt gründlich und regelmäßig gereinigt werden. Bisher geschieht dies überwiegend mit perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFCs) und Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) – Gasen, die für die Umwelt und das Klima bis zu 17.000 Mal schädlicher sind als das »Treibhausgas« CO<sub>2</sub>.

Solvay, Texas Instruments, Muegge und die Fraunhofer EMFT arbeiten im Projekt ecoFluor an einer umweltfreundlicheren Alternative, die lediglich das Treibhauspotenzial von CO<sub>2</sub> hat:

Der von den Kooperationspartnern und -partnerinnen eingesetzte Gasmix »Solvaclean®« aus Fluor, Stickstoff und Argon verzichtet vollständig auf die besonders umweltschädlichen Gase PFCs und NF<sub>3</sub>. Das Projekt wird zum Teil mit Mitteln des BMBF-Vorhabens »r+Impuls – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Impulse für die industrielle Ressourceneffizienz« gefördert, das als Teil eines Rahmenprogramms in der »Forschung für nachhaltige Entwicklung« (FONA) eingebettet ist.

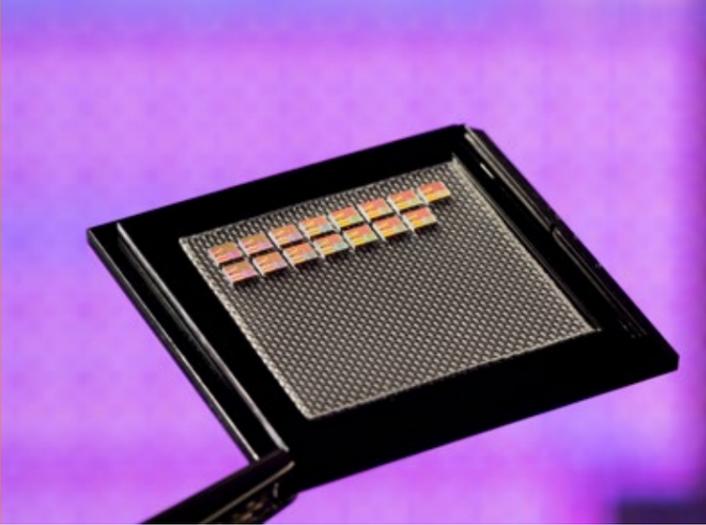
Die Fraunhofer EMFT war im ersten Projektjahr schwerpunktmäßig dafür zuständig, die neue Gasmischung hinsichtlich Ätzrate, Prozessstabilität und Partikelbelastung zu optimieren, im zweiten Jahr erfolgte der Prozesstransfer zu Texas Instruments in Freising. Als »best known method« erwies sich ein Mischverhältnis von 30% Fluor in Stickstoff und Argon. Texas Instruments hat eine entsprechende Gasversorgung aufgebaut und die Solvaclean Fluorgasmischung (»Solvaclean®N«) in Produktionsanlagen getestet. Es ergab sich eine leicht verbesserte Reinigungsleistung und damit eine verkürzte Reinigungsdauer im Vergleich zum Standardprozess mit NF<sub>3</sub>.

Ein Pilot-Fertigungsversuch auf einer Applied Materials Producer Anlage mit über 70.000 prozessierten Wafern und damit auch ca. 70.000 durchgeführten Reinigungszyklen zeigte zudem, dass durch die Reinigungsprozesse mit der »Solvaclean®N« Fluorgasmischung gleiche Partikelwerte erzielt wurden wie mit der standardmäßig eingesetzten Ar/NF<sub>3</sub> Chemie. Erste Bauteile, welche PECVD-basierte SiO<sub>2</sub>-Schichten enthalten, die mit umweltfreundlicher Reinigungschemie gefertigt wurden, wurden von Texas Instruments bereits am Halbleitermarkt ausgeliefert. Somit wurde für Ar/NF<sub>3</sub>-basierte Reinigungsprozesse mit remote plasma system (RPS) ein F<sub>2</sub>-basierter, klimafreundlicher Reinigungsprozess qualifiziert.

Mit einem zweiten Fertigungsversuch wurde auf einer LAM Novellus Sequel PECVD-Anlage (silanbasiertes Oxid/Nitrid) die Standard-Reinigung, basierend auf C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>, durch eine umwelt- und klimafreundliche »Solvaclean®NO« in-situ Plasmareinigung ersetzt. Auch dieser Reinigungsprozess konnte nach über 25.000 prozessierten Wafern qualifiziert werden. Hierbei ergab sich gegenüber dem PFC-basierten Reinigungsprozess eine Fluor-Einsparung von über 80%.

Um zukünftig noch weitere Effizienzsteigerungen ermöglichen zu können, wird bei Texas Instruments eine neuartige mikrowellenbasierte Remote Plasmaquelle des Unternehmens Muegge GmbH getestet werden – die Vorentwicklungen dazu wurden bei der Fraunhofer EMFT im Rahmen des ecoFluor Projektes durchgeführt.

Weitere Halbleiter-Fabrikations-Standorte in Deutschland investieren derzeit in ihre Gasversorgung, um die Solvaclean® Reinigung einsetzen zu können.



Spannungsgesteuerte RF- und mm-Wellen-Oszillatoren und Übertragungsleitungen auf einer 3 x 3 mm<sup>2</sup> großen integrierten Leiterplatte implementiert mit einer 22 nm-FDSOI CMOS Technologie von GLOBALFOUNDRIES

## KOMMUNIKATION UND WISSEN



### Datenraten im Turbo-Modus

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.

Dazu verheiraten 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 verlustleistungsfähigeren 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.

### Rauscharme Dioden für Rundfunkanwendungen

Für Rundfunkanwendungen wie 5G werden Resonatoren hoher Güte benötigt, um die Signale möglichst ohne Störeinflüsse senden und empfangen zu können. Um die Frequenzen der Sender und Empfänger einstellen zu können, werden spannungsgesteuerte Kapazitäten eingesetzt, welche durch sogenannte Varaktordioden (Varicaps) realisiert werden. Kommerziell verfügbare rauscharme Dioden für Oszillatoren sind heute indes kaum mehr verfügbar – eine industrielle Produktion lohnt sich aufgrund der geringen benötigten Stückzahlen nicht. Um diesen wichtigen Nischenmarkt weiter bedienen zu können, entwickelt ein Forschungsteam an der Fraunhofer EMFT derzeit neuartige Varicaps mit ausgezeichneten Rauscheigenschaften.

### Stromsparende Chips für neuromorphes Computing

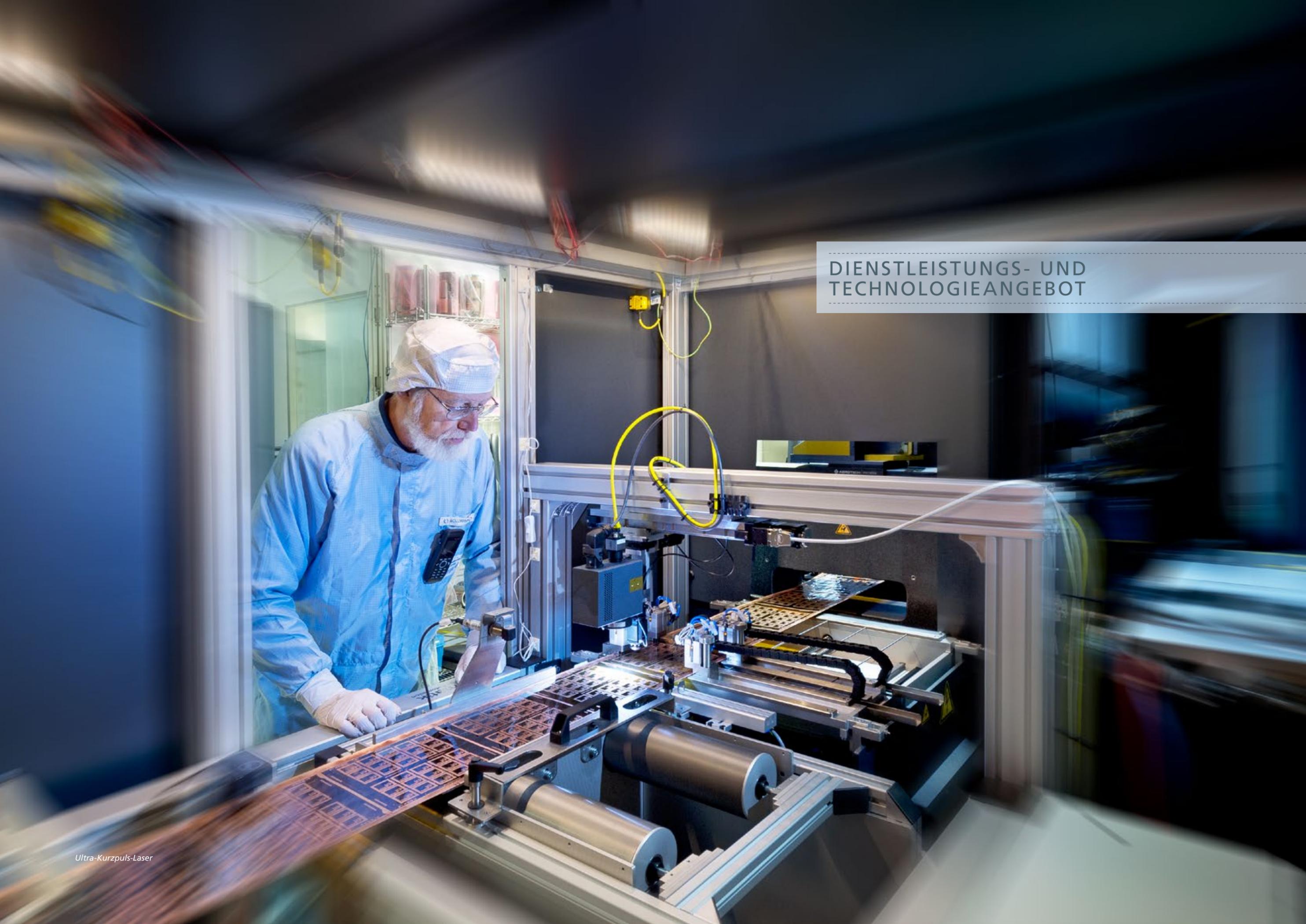
Neuromorphes Computing gilt als Schlüsseltechnologie für künftige KI-Anwendungen. Als Vorbild dient das ausgeklügelte Nervennetz unseres menschlichen Gehirns. Eine zentrale Herausforderung für die Forschung ist dabei der sehr hohe Energieverbrauch der Chips für die erforderlichen komplexen Rechenleistungen. Im Rahmen des ECSEL-Projekts TEMPO (Technologie & Hardware für Neuromorphic Computing) arbeitet das deutsche Konsortium mit Beteiligung der 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 Klassifikationsaufgabestellungen in Bilderkennungssystemen z.B. für das autonome Fahren als auch für die Verarbeitung weiterer Sensordaten z.B. von Radarsystemen Einsatz finden.

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.

Dienstleistungs- und  
Technologieangebot

Ultra-Kurzpuls-Laser





## FRAUNHOFER EMFT DIENSTLEISTUNGSANGEBOT

### Studien

- Technologieanalysen
- Machbarkeitsstudien
- Gutachten im Schadensfall

### Modellierung & Simulation

- Gesamtprozess
- FEM Simulation
- Systemverhalten

### Kundenspezifische Entwicklung

- Vorentwicklung
- Einzelprozessmodule und Gesamtprozess
- ASIC Design
- Komponenten und Systeme

### Prototypen und Kleinserienproduktion

- Systementwurf
- Layout
- Gerätekonstruktion und -bau

### Analyse & Test

- Risiko- und Problemanalyse
- Entwicklung von Testmethoden und -geräten

### Weiterbildung

- Seminare und Schulungen
- Fachtagungen

### F&E im Rahmen öffentlich geförderter Projekte

- Verbundprojekte, finanziert aus öffentlichen und Industriemitteln z.B. durch BMBF, Land oder EU
- Koordination industrieller Projektkonsortien
- Beratung für nationale und EU-Forschungsanträge

### Start-Ups & Joint-Ventures

- Unternehmensausgründungen zur Kommerzialisierung von Produkten und Systemen
- Beteiligung industrieller Partner über Joint-Ventures



## FRAUNHOFER EMFT TECHNOLOGIEANGEBOT

### 200 mm - CMOS Technologie

- Nasschemische Reinigungs- und Ätzprozesse
- Photolithographie
- Epitaxie (Si, SiGe)
- Ionenimplantation und Annealing
- Dielektrische Schichten (thermische Oxidation, LPCVD Abscheidung von SiO<sub>2</sub> und Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, PECVD von SiO<sub>2</sub> und Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)
- Hochleitende Schichten (Al/Si, Ti, W, dotiertes Poly-Si)
- Plasmaätzprozesse (Si, SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Al, W)
- Galvanik (Cu, Sn)

### 200 mm - Lithographiecluster

- Proximitybelichtung
- Beidseitige Belichtung
- Kontaktbelichtung
- Elektronenstrahlbelichtung
- Ionenstrahl schreiben mit FIB
- i-Line Stepper
- Nanoimprint

### Si-MEMS Technologie

- Reinraumtechnik für 150 mm Wafer (Silizium, Keramik, Glas)
- Metallbeschichtung (Cu, Ti, TiW, Pt, Au, Ni)
- Dielektrische Schichten (SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiC, Polyimid)
- Waferbonden, Verbindungstechnik durch Kleben
- Strukturierung mit Maskaligner 2 µm

### Substratbearbeitung

- Wafer-Schleifanlagen (grinding)
- Spin-Ätzprozesse (spin etching)
- Chemomechanisches Polieren (CMP)
- Waferreinigung
- Berührungslose Wafer-Dickenmessung
- Biege- und Bruchtestgeräte für dünne Substrate oder Chips

### Analytik und Materialcharakterisierung

- Rasterkraftmikroskop (AFM): Messungen der Oberflächenrauigkeit und Stufenmessungen bis max. 6 µm
- Rasterelektronenmikroskopie (REM) inkl. Energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX)
- Inline-REM (Schottky Emitter) und Focused Ion Beam (Ga-FIB) mit EDX und Gasinjektionssystem (GIS)
- Spektralellipsometer: Messung dünner Schichten und durchsichtiger Materialien
- Spektrometer: Messung der Schichtdicke von Silizium (dicke Schichten) und infrarotdurchlässiger Schichten
- Zielschleifgerät zur Probenpräparation (Genauigkeit: ±2 µm)
- Röntgendiffraktometrie (XRD): Messungen des Silizium-Germanium-Gehalts
- CVD-Epitaxieanlage: Qualitätskontrolle hochreiner Gase
- Plasmaunterstützte Ätz- und Abscheideanlagen zum Test von Gasgemischen
- Waferprober für elektrische Charakterisierung

### Mikrobiologisches Labor

- Spektralfluorimetrie zur qualitativen und quantitativen Analyse von fluoreszenten Proben, kinetische Messungen
- Absorptionsspektroskopie (UV/VIS) zur qualitativen und quantitativen Analyse
- Durchlicht- und Phasenkontrastmikroskop mit Mikroskopkamera
- Epi-Fluoreszenzmikroskop mit Mikroskopkamera
- Rotations-Vakuum-Konzentrator zur schnellen und schonenden Trocknung wässriger, säurehaltiger und lösungsmittelhaltiger Proben

### Bearbeitung großflächiger Elektronik und flexibler Substrate auf Folienbögen und im Rolle-zu-Rolle-Verfahren

- Heißwalzenlaminiator für beidseitige Laminierung
- Durchlaufbelagungsanlage für Beschichtungen mit Flüssiglacken, z.B. Photolack, Dielektrikum oder Passivierungen
- Sputtersystem für beidseitige Metallisierung von Chrom und Kupfer
- UV Lithographie mit hoher Auflösung (5 - 15 µm Strukturbreite)
- Nasschemische Ätzverfahren zur Strukturierung von Metallen
- Siebdruck auf Folienbögen
- Siebdruck im Rolle-zu-Rolle-Verfahren
- Galvanische Abscheidung von Kupfer auf vormetallisierten Folien
- Laserbearbeitung zum Schneiden, Markieren oder Bohren verschiedener Materialien
- Plasmaprozess zur Oberflächenkonditionierung und zum reaktiven Ätzen von Polymeren mit Stickstoff, Sauerstoff und CF<sub>4</sub>
- Folienmontage und -verbindungstechnik

### Analyse und Test

- Halbautomatische Waferprober bis 300 mm mit Thermochuck (-55 °C bis +300 °C) und Laser
- Halbleiterparameteranalytoren
- Netzwerkanalysatoren im Megahertz-Bereich bis 110 Gigahertz und Simulator Agilent ADS
- Erzeugung und Messung von Piko- und Nanosekunden-Hochstromimpulsen
- 62 Gigahertz-Echtzeitszilloskop
- Electrostatic Discharge Charakterisierung und Belastung (Automatischer 2-Pin Tester, CDM, HBM, TLP, VF-TLP, CC-TLP)
- Robustheitsmessplatz für EOS/ESD
- Elektrochemische Impedanzspektroskopie
- Umweltprüfkammer 100 cm<sup>3</sup> – Feuchte und Gase
- Oszilloskop
- Dauerbiegetester für flexible und starr-flexible Aufbauten
- Physikalische Analyse von integrierten Schaltungen
- 2D Röntgenanalytik für Leiterplatten
- ESA - Accepted Qualification Lab
- Umweltsimulationslabor
- Contaminometer zur Erfassung von ionischen Verunreinigungen
- Reibkorrosionsuntersuchungen an lösbaren Verbindungen
- Zwick-Universalprüfmaschine mit Heiz- und Kühleinrichtung

### Praxisräume zur Weiterbildung

- Lernlabor Crimpen
- Lernlabor Kabelbaum
- Labor Nacharbeit und Reparatur von Baugruppen
- Lötschulungs-Zentrum mit 20 vollausgestatteten Arbeitsplätzen
- ESA STR-258 Skills Training School

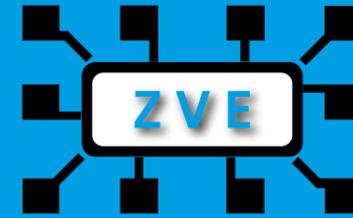
ZENTRUM FÜR VERBINDUNGSTECHNIK  
IN DER ELEKTRONIK ZVE



Fraunhofer EMFT in Oberpfaffenhofen,  
Gebäude des Zentrums für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE

## Ausbildung nach höchstem Standard:

- Das ZVE ist sowohl von der European Space Agency ESA als auch von der Association Connecting Electronics Industries IPC als Ausbildungs- und Trainingszentrum 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.
- Für alle am ZVE angebotenen Schulungen verfügen die Trainer zudem über die von der IPC anerkannte Qualifikation als Master-Trainer.



ZVE-Trainingsboard für die IPC-Kurse  
IPC J-STD 001 und IPC-7711/21



## ZENTRUM FÜR VERBINDUNGSTECHNIK IN DER ELEKTRONIK ZVE

**Am Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE der Fraunhofer EMFT in Oberpfaffenhofen lehren Experten und Expertinnen seit über 30 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 wichtige 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. Die 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 situationsspezifisch und 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 Reparatur- oder Wartungsvorgängen. Das vermittelte Wissen ist dabei nicht nur trockene Theorie, sondern fließt direkt aus den aktuellen F&E-Aktivitäten zur elektronischen Baugruppenfertigung und der elektrisch-mechanischen Anschlussstechnik 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 sowie ein Metallographielabor zur Verfügung. Durch langjährige Kontakte zur Luft- und Raumfahrtindustrie zählt die Qualifizierung elektronischer Baugruppen unter schwierigen Umgebungsbedingungen mit zu den Kernkompetenzen des Schulungszentrums.

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, damit das Gesamtsystem reibungslos funktioniert – gerade in sicherheitssensiblen Bereichen wie etwa dem autonomen Fahren. In diesem Kontext entwickeln die Forschenden etwa so genannte Cyber Physical Connectors: Diese Steckverbinder sind mit Sensoren ausgerüstet und ermöglichen ein kontinuierliches Monitoring des Verbindungszustands. Dadurch lassen sich drohende Systemausfälle durch defekte Kontakte in einem frühen Stadium erkennen.

## KOOPERATIONEN

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



Prof. Christoph Kutter,  
Direktor der Fraunhofer EMFT

## FORSCHUNGSFABRIK MIKROELEKTRONIK DEUTSCHLAND (FMD)

### **One-Stop-Shop: Von den Grundlagen bis zur Pilotfertigung mikroelektronischer Komponenten**

Die Fraunhofer EMFT ist seit April 2017 Teil der bundesweit koordinierten Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD). Dieses Forschungsnetzwerk ist mit 13 Mitgliedern und mit über 2.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der größte FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa.

### **Investitionen in die FMD zahlen sich aus**

In den vergangenen zweieinhalb Jahren konnten in Kombination mit der FMD erfolgreiche Projektbeteiligungen etabliert und Aufträge abgeschlossen werden. Für das Jahr 2019 lassen sich Projekte mit einem Volumen von 66,8 Millionen Euro auf Basis der FMD-Investitionen identifizieren. Der Anteil der reinen Industrieprojekte in 2019 liegt bei über 17 Millionen Euro, was die Bedeutung dieser einzigartigen Kooperation der deutschen Mikroelektronikforschung für die Industrie unterstreicht.

### **FMD – Zukunftsmodell bei Großprojekten**

Im Jahr 2020 geht die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland in die letzte Aufbauphase über. Dass das neuartige Konzept für die standortübergreifende Zusammenarbeit bereits Erfolg hat, zeigt beispielsweise ein Ende 2019 gestartetes und von der FMD-Geschäftsstelle begleitetes Großprojekt »miniLiDAR« in Höhe von 5,65 Millionen Euro. Zusammen mit einem Industriepartner, welcher durch die FMD-Geschäftsstelle aktiv angesprochen wurde, sollen hier Komponenten eines miniaturisierten LiDAR für die Robotik entwickelt werden. Beteiligt sind vier FMD-Institute – das Ferdinand-Braun-Institut FBH in Berlin, das Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Duisburg, das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden und das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin.

### **Mit FMD-Space werden Gründerideen Wirklichkeit**

Das in der ersten Aufbauphase der Forschungsfabrik entwickelte Unterstützungskonzept für Start-ups – der FMD-Space – wurde im Jahr 2019 weiter umgesetzt und in mehreren Pilotprojekten erfolgreich erprobt. Damit ist es gelungen, technologisch orientierten Start-ups die Technologien und Anlagen der Institute in sehr effizienter Weise zugänglich zu machen. Die Start-ups entwickeln gemeinsam mit den Forschenden an den Instituten Demonstratoren ihrer Produktideen.

Das Angebot des FMD-Spaces nutzen beispielsweise die Gründerinnen des Unternehmens »Ghost – feel it«, die »OQmented GmbH« und die »nxtbase technologies GmbH«. Ende 2019 sicherten sich weitere zwei Projektideen einen Platz im FMD-Space: »Quantum Technologies« und »Twenty-One Semiconductors«.

### **Modernisierung der Anlagentechnik auf Hochtouren**

Die Idee, Forschung und Entwicklung über mehrere Standorte hinweg erfolgreich zu betreiben, unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit rund 350 Millionen Euro bis Ende 2020. Diese Investitionen in die FMD sind die Grundlage für die Zukunftsfähigkeit der angewandten Mikroelektronikforschung in Deutschland. Hierbei handelt es sich vor allem um die Modernisierung der Forschungsausstattung der 13 beteiligten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft. Bis Ende 2019 wurden bereits 157 Anlagen geliefert und sind zum großen Teil betriebsbereit – ein großer Erfolg, der die technologischen Möglichkeiten der Institute bereits stark erweitert.



Showroom-Eröffnung LZSiS am 11. Juli 2019

## LZSiS – 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 (z.B. Cyber Security Labor, Reinraumumgebung etc.) zur Verfügung. In Verbindung mit exzellentem Branchenwissen u.a. in den Anwendungsfeldern Lebensmittel und Verpackung, Gießereiwesen sowie Baugewerbe ist das Leistungszentrum ein umsetzungsstarker Partner in Digitalisierungsfragen.

Dr. Sabine Trupp ist die Leiterin der Geschäftsstelle des Leistungszentrums »Sichere intelligente Systeme«. Gefördert und finanziert wird es vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, von der Fraunhofer-Gesellschaft sowie von Industriepartnerinnen und -partnern, die sich in gemeinsamen Projekten engagieren.

### 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



CitizenSensor-Team beim Testen des Nitrat-Messkits

## INTERVIEW »EIN NEUER BAUSTEIN FÜR KOOPERATIONSWEGE«

**Co-Creation mit Bürgerwissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen und Open-Lizenzierung von Projektergebnissen: Mit dem Projekt CitizenSensor ging ein Team an der Fraunhofer EMFT neue Wege.**

**CitizenSensor gilt als ein eher ungewöhnliches Projekt an der Fraunhofer EMFT. Was hat es damit genau auf sich?**

**Tina Möbius:** Technologisches Ziel von CitizenSensor war es, ein elektrochemisches Nitratmessgerät zu entwickeln, das auch von Laien – zum Beispiel Hobbygärtner oder Landwirtinnen – genutzt werden kann. Das »ungewöhnlich« spielt aber mehr auf das Projektteam an: Wir haben das Messkit gemeinsam mit Mitgliedern des FabLab München entwickelt und damit für uns komplett neue Kooperationspfade beschritten. Institutionalisierte Forschung und Maker-Szene, das sind zwei sehr verschiedene Welten! Und viele bei uns eingespielte Vorgehensweisen hinsichtlich Projektabwicklung und Verwertung lassen sich auf so eine Konstellation nicht einfach übertragen. Da braucht es neue Ansätze und den Blick über den Tellerrand.

**Matthias Steinmaß:** Auch aus technischer Sicht war der Ansatz spannend: Als Forschungseinrichtung haben wir ein Interesse daran, dass unsere Komponenten in die Anwendung kommen. Mit diesem Gedanken direkt auf Bürgerwissenschaftler zuzugehen und ihre Impulse und Anregungen wahrzunehmen, führte zu einer spannenden Dynamik. Unser Demonstrator ist nicht nur ein Messgerät, das aus 3D-gedruckten Teilen und einem Einplatinencomputer besteht. Denn in der Art des Bedienkonzeptes zeigt sich, dass er auch aus der Idee heraus geboren ist, wie es gelingen kann, teure und komplexe wissenschaftliche Methoden für Laien zugänglich zu machen.

**Worin liegen denn die Herausforderungen bei so einer außergewöhnlichen Kooperation?**

**Tina Möbius:** Beide Seiten mussten die »Brille« ihrer gewohnten Arbeits- und Vorgehensweise beiseitelegen und sich zudem mit Sichtweisen auseinandersetzen, die teils recht konträr zueinander waren und sind. Nehmen wir das Beispiel IP: Für FabLiber gilt hier ihr Leitspruch Make. Learn. Share. Die Motivation, neue technische Lösungen zu finden und umzusetzen, liegt nicht

darin, damit Geld zu verdienen, sondern die Community mit Wissen zu bereichern. Wissen zu einem »Eigentum« zu erklären, ist aus dieser Perspektive unerwünscht. Das ist bei Fraunhofer naturgemäß anders: Wenn wir kein Geld verdienen würden, könnten wir schlichtweg unsere Forschung nicht refinanzieren! Wenn man sich trotz dieser Gegensätze aufeinander zubewegt, tun sich aber für beide Seiten spannende neue Perspektiven auf. Wir haben dabei als Fraunhofer EMFT einen großen Schritt in die Welt der Open-Lizenzen gemacht. Genauso hat FabLab aber anerkannt, dass wir Möglichkeiten brauchen, unser IP kommerziell zu verwerten. Nach der Erfahrung in diesem Projekt würde ich sagen, CitizenScience-Kooperationen sind nicht nur eine Chance, den eigenen Denkhorizont zu erweitern, sondern auch eine spannende Möglichkeit, nahe an den späteren Anwendenden zu entwickeln. Das lässt sich natürlich nicht 1:1 auf alle Forschungsfelder übertragen und anwenden – dennoch sollte es im Modulbaukasten für Kooperationswege künftig nicht fehlen!

**Wo steht CitizenSensor heute und welchen Beitrag können die Projektergebnisse in Zukunft leisten?**

**Tina Möbius:** Im Laborumfeld funktioniert unser Demonstrator schon sehr gut – insofern ist das Projektziel per definitionem erreicht. Wir wollen die Arbeit von zwei Jahren aber keineswegs in der Schublade verschwinden lassen, weil das Förderprojekt ausgelaufen ist. Das erste Feedback der Anwenderinnen und Anwender auf unseren Demonstrator hat uns dabei genauso ermutigt wie überrumpelt: Im vergangenen Herbst hatten wir einen Workshop mit Green City München. Am Ende fragten die Teilnehmerinnen, ob wir Ihnen in der nächsten Saison genügend Geräte zur Verfügung stellen könnten, um die verschiedenen Gärten in München damit auszustatten. In solchen Dimensionen hatten wir noch nicht gedacht – nun wartet also die nächste Herausforderung auf uns...

**Matthias Steinmaß:** Aus der Forscherperspektive stellen sich damit spannende Fragen: Wie bestehen unsere Ideen und Ansätze in der Praxis? Sind empfindliche elektrochemische Sensoren bereit für den Einsatz in der Agrarindustrie oder im Hobbygarten? Nitrat ist ein brisantes Thema. Überdüngte Felder belasten unser Grundwasser – das betrifft die Landwirtschaft genauso wie den Schrebergarten, in dem es der Hobbygärtnerinnen etwas zu gut mit seinen Pflanzen meint. Einfache, aber aussagekräftige Messmöglichkeiten könnten da einen guten Beitrag zu mehr Aufklärung und Selbstverantwortung – und damit letztendlich zum Umweltschutz leisten. Gerade deshalb ist die Validität der Messdaten extrem wichtig. Da schneiden wir aktuell mit unserem Demonstrator gar nicht schlecht ab, können aber auch nur dann besser werden, wenn unser Gerät nun auch eingesetzt und getestet wird. Also, Mitmachen lohnt sich.

*Das Interview führte Sophia Drimmel.*

## UNIVERSITÄTEN



Prof. Dr. Marc Tornow

### Technische Universität München (TUM)

Im Frühjahr 2016 konnte Prof. Marc Tornow dafür gewonnen werden, die Abteilung Siliziumtechnologien und Devices gemeinsam mit Prof. Ignaz Eisele zu leiten. Marc Tornow hält an der TU München die Professur für Molekularelektronik und forscht an nanoskaligen Bauelementen der molekularen Elektronik und Biosensorik.

Mit dem Lehrstuhl für Technische Elektrophysik gibt es eine enge Zusammenarbeit mit Dr. Gabriele Schrag und Prof. Gerhard Wachutka. Dortige Forschungsschwerpunkte sind die physikalisch basierte Modellierung, die numerische Simulation sowie die Charakterisierung und Diagnostik von Fertigungsprozessen und Betriebsverhalten mikrostrukturierter Bauteile. Durch gemeinsame Forschung soll die Kompetenz der Fraunhofer EMFT auf diesem Gebiet gestärkt werden. Gemeinsame Doktorarbeiten auf verschiedenen Themengebieten in der Vorfeldforschung bereichern weiter die Zusammenarbeit.



Prof. Dr. Joachim Wegener

### 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 Zell-basierte 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. Es ist das Ziel dieser neuen Initiative, die mikro- und polymerelektronischen Kompetenzen der Fraunhofer EMFT für die Zell-basierte Sensorik nutzbar zu machen und damit neue Anwendungsfelder in Bioanalytik und Biotechnologie zu erschließen.

### Technische Universität Dresden

Seit 2013 zählt die TU Dresden zu den elf deutschen Exzellenz-Universitäten. Die Honorarprofessur von Prof. Peter Kücher an der Fakultät Elektrotechnik bildet die Basis für eine Kooperation zwischen der Fraunhofer EMFT und der Elbuniversität.

Prof. Peter Kücher beleuchtet in seinen Lehrveranstaltungen am Institut für Halbleiter und Mikrosystemtechnik (IHM) schwerpunktmäßig den Zusammenhang zwischen technologischen und wirtschaftlichen Herausforderungen, denn der globalisierte Wettbewerb bringt Veränderungen wie etwa eine Spezialisierung und Neusegmentierung der Wertschöpfungskette mit sich. Dies erfordert von Material-, Anlagen- und Chipherstellenden neue strategische Ansätze. Aktuelle Trends in der Mikro-/Nanoelektronik – von »More Moore« bis hin zu »More than Moore« – stehen so immer auch im Fokus der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Auch mit dem Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik (IAVT), besteht eine enge Zusammenarbeit im Rahmen gemeinsamer wissenschaftlicher Themen.

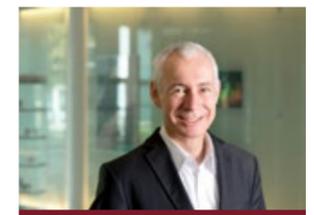
### Universität der Bundeswehr München

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 Prof. Christoph Kutter (Professur für Polytronik) auch Prof. Linus Maurer (Professur für Integrierte Schaltungen und Elektronische Bauelemente) an der Universität. Die Anfänge der Kooperation gehen auf Prof. Ignaz Eisele zurück, der zum ersten Exzellenten Emeritus der Universität der Bundeswehr München ernannt wurde und heute bei der Fraunhofer EMFT das Geschäftsfeld Siliziumtechnologien und Devices leitet.

Aufgrund der komplementären Reindräume ergänzen sich die Fraunhofer EMFT und die Universität der Bundeswehr in idealer Weise. Die enge Verbindung der Universität mit der Fraunhofer EMFT zeigt sich auch durch die Zusammenarbeit im Bereich der modularen Integration innovativer und neuer Funktionalitäten und Komponenten in bestehende Silizium Standardtechnologien. Die Fraunhofer EMFT bringt dabei ihr Know-how im Bereich der Add-on Technologien und deren Kombination mit Standardtechnologien ein. Ziel des Vorhabens ist es, gemeinsam mit Industriepartnern und -partnerinnen neue Entwicklungen voranzutreiben – von der risikoreichen Forschung bis hin zur Produktreife und Umsetzung.



Prof. Dr. Peter Kücher



Prof. Dr. Christoph Kutter



Prof. Dr. Ignaz Eisele



Prof. Dr. Linus Maurer

## HIGHLIGHTS



LZSis



## HIGHLIGHTS

### NEWCAS Konferenz

Vom 23. - 26. Juni war München Schauplatz der 17th IEEE International NEWCAS Conference unter der Leitung von Dr. Erkan Isa (Fraunhofer EMFT) gemeinsam mit Professor Mohamad Sawan (Westlake University, China). Die Fraunhofer EMFT war als Local Organizer für die gesamte Planung und Durchführung zuständig.

Am 23. Juni hatten die Teilnehmenden die Gelegenheit, an der Fraunhofer EMFT in mehreren Tutorial-Sessions mit renommierten internationalen Fachexperten tief in die fachliche Diskussion einzusteigen. Die anschließende Konferenz mit 85 Papers und begleitender Postersession (13 Papers) im Munich Hilton Park vom 24. - 26. Juni besuchten rund 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Das Konferenzprogramm deckte ein weites Spektrum an aktuellen Themen in den Bereichen Schaltkreise, Systeme und Mikrosysteme ab, über die die Forscher und Industriepartnerinnen ihre Ideen und Ergebnisse austauschen konnten. Sessions über neuronale Netzwerke, Zuverlässigkeit, 5G und Video Prozessierung sind nur einige Highlights aus dem hochinteressanten Programm. Hochkarätige Keynote Sprecher aus Wissenschaft und Industrie inspirierten die Teilnehmenden zur Diskussion über Trendthemen wie Quantencomputing, Machine Learning oder AI in der Sensorik.

### Eröffnung LZSiS-Showroom

Unter dem Motto »Digitalisierung zum Anfassen« wurde am 11. Juli 2019 an der Fraunhofer EMFT der Showroom des Leistungszentrums »Sichere intelligente Systeme« von Roland Weigert, Staatssekretär im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, eröffnet. Die Demonstratoren im neu eröffneten Showroom zeigen ein sehr breites Spektrum neuer Technologien in den unterschiedlichsten Anwendungsszenarien. Die Themenbandbreite umfasst neben Industrie 4.0-Projekten z.B. auch Smart Health und Automotive. Begleitet wurde die in Kooperation mit dem Zentrum Digitalisierung.Bayern (ZD.B) organisierte Eröffnung von einem hochkarätigen Vortragsprogramm, in welchem neben Experten der Fraunhofer-Gesellschaft auch Vertreterinnen aus der Industrie (Linde AG, PROCON IT AG) spannende Impulsvorträge zum Thema Digitalisierung hielten.

Im neuen LZSiS-Showroom können Partner und Kundinnen aus Industrie und Wissenschaft live vor Ort Demonstratoren erleben, welche das synergetische Zusammenspiel der im Leistungszentrum engagierten Institutionen veranschaulichen. Innovative, interdisziplinäre Technologieentwicklungen werden hier an konkreten Anwendungsbeispielen demonstriert. »Es ist eine tolle Möglichkeit, zu sehen, was das LZSiS für Unternehmen in Sachen Digitalisierung leisten kann«, sagt Dr. Sabine Trupp, Leiterin der Geschäftsstelle LZSiS.

Fraunhofer Personalvorstand Prof. Alexander Kurz freute sich sichtlich, Joseph von Fraunhofer persönlich auf einer Jubiläumsveranstaltung von Fraunhofer begrüßen zu können

---

### 70 Jahre Fraunhofer – #WHATSNEXT

---

Am 26. März 1949 wurde die Fraunhofer-Gesellschaft in München mit dem Ziel gegründet, die hiesige Wirtschaft neu aufzubauen. Im Jahr 2019 feierte sie – wie die Bundesrepublik Deutschland und das Grundgesetz – ihr 70-jähriges Jubiläum. Die zahlreichen Aktionen im Jubiläumsjahr standen dabei ganz im Zeichen der Frage und zugleich Aussage »What's next«?!

Zum 70. Jahrestag der Gründung erinnerte im Bayerischen Wirtschaftsministerium ein Festakt an die Erfolgsgeschichte der Fraunhofer-Gesellschaft – blickte aber mit dem Thema »Forschung für Europa« auch nach vorn. Unter den Gratulierenden waren hochrangige Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, darunter Bayerns Ministerpräsident Dr. Markus Söder, Staatsminister Hubert Aiwanger, Bundesbildungsministerin Anja Karliczek, Paul de Krom, CEO der Niederländischen TNO, Dr. Reinhard Ploss als Vorstandsvorsitzender der Infineon AG und Prof. Heinz Jörg Fuhrmann als Vorsitzender des Vorstands der Salzgitter AG und Senatsvorsitzender der Fraunhofer-Gesellschaft.

Rund 300 Menschen kamen am Abend des 1. November zur Vernissage »Lichtfelder« ins STATE Studio Berlin. Im Fokus der Ausstellung standen die Arbeiten der im Rahmen des Fraunhofer Residency-Programms »Artist in Lab« geförderten Berliner Künstlerduos Charlotte Dachroth und Ole Jeschonnek.

Namenspatron Joseph von Fraunhofer höchstpersönlich begleitete die Forschungsorganisation durch das gesamte Jubiläumsjahr: Pünktlich zu seinem 232. Geburtstag am 6. März 2019 meldete er sich erstmals über die Messenger-Dienste WhatsApp und Apple Business Chat zu Wort, um dann ab dem 26. März 2019 regelmäßig Nachrichten an seine Messenger-Kontakte zu schicken.

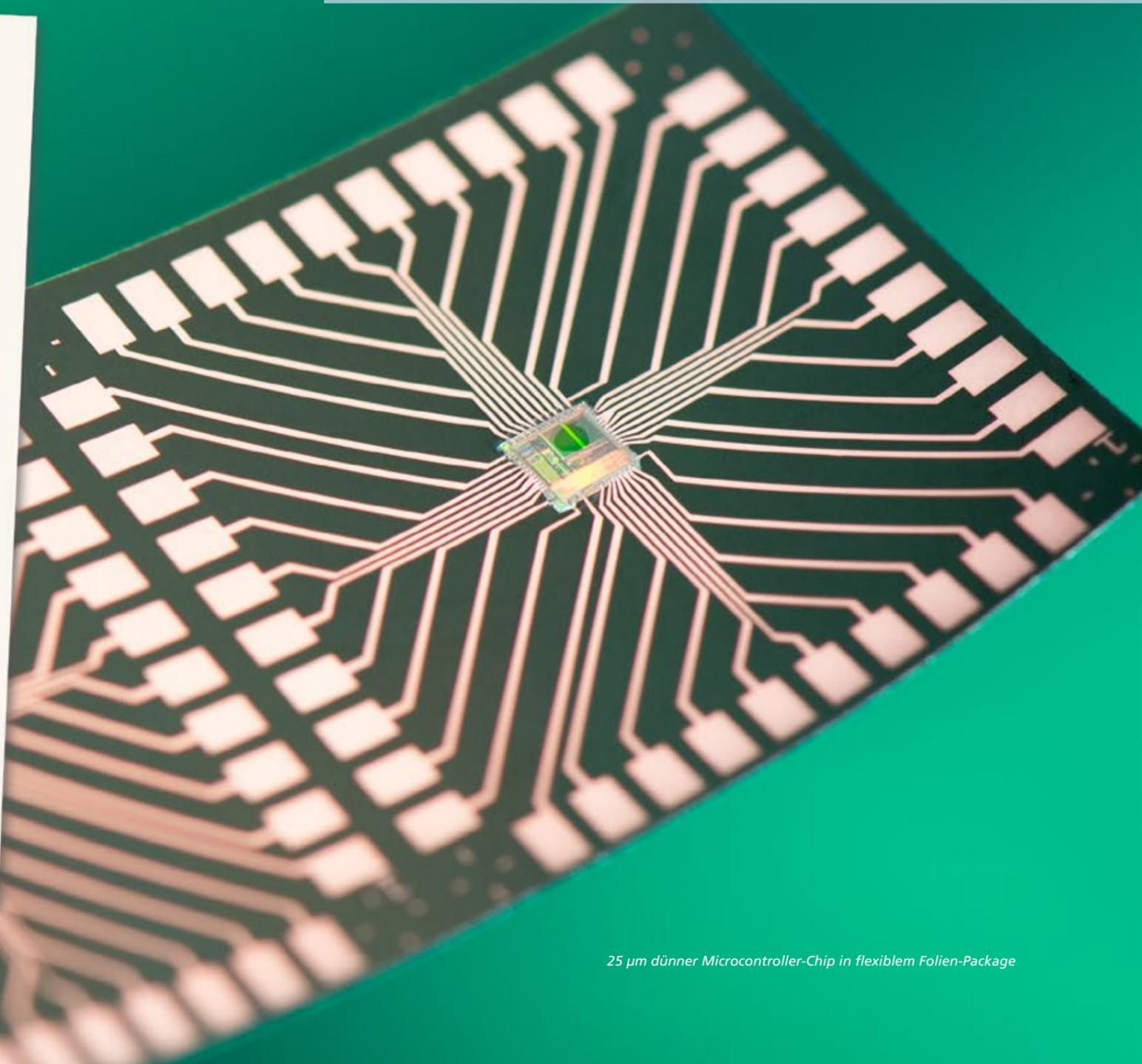
Fraunhofer ist Vielfalt. Fraunhofer ist Zukunft. Fraunhofer ist Exzellenz. Das wurde einmal mehr deutlich im Projekt »70 Jahre. 70 Köpfe«: Es stellte Fraunhofer-Mitarbeitende in den Mittelpunkt – Menschen, die in ihrer Vielfalt und vielfältigen Exzellenz für die Zukunft arbeiten und forschen. In Videos, Interviews und Beiträgen haben die 70 unterschiedlichen Fraunhofer-Köpfe über ihren Forschungsalltag, ihre Motivation und ihre Zukunftsvisionen erzählt – ganz im Sinne des Mottos des Jubiläumsjahres – #WHATSNEXT



NACHWUCHSFÖRDERUNG



Teilnehmerinnen des Girls'Day 2019



25 µm dünner Microcontroller-Chip in flexiblem Folien-Package

## KARRIERE AN DER FRAUNHOFER EMFT



Im Rahmen meines Studiums habe ich Anfang des Jahres, am 01.03.2019, zunächst eine Tätigkeit als Werkstudentin in der Abteilung Mikrodosiersysteme an der Fraunhofer EMFT begonnen. Mittlerweile bin ich Masterandin in der Abteilung Siliziumtechnologien and Devices und beschäftigte mich vor allem mit dem SmartVista Projekt, dessen Ziel es ist, einen elektrochemischen Mikrosensor für die Überwachung von Biomarkern im Schweiß zu entwickeln. Ich habe mich für eine Masterarbeit an der EMFT entschieden, weil man hier sowohl den Forschungsaspekt als auch einen wirtschaftlichen/industriellen Bezug findet. Außerdem finde ich es sehr spannend, Teil eines EU-Projektes mit vielen internationalen Partnern und Partnerinnen zu sein. Natürlich gefällt mir auch die kollegiale Arbeitsatmosphäre, die zentrale Lage und die Möglichkeit, selbst sehr viel ausprobieren zu können. Als weiteren Karriereschritt nach dem Abschluss meines Masters denke ich über eine Promotion nach.

*Eva-Maria Korek*



Seit Mai 2019 arbeite ich in der Abteilung Mikrodosiersysteme an der Fraunhofer EMFT. Dabei startete ich zunächst als Werkstudent und bin jetzt Masterand. Während meiner Zeit als HiWi lag der Schwerpunkt meiner Arbeit auf der Software-Entwicklung für die automatisierte Messung von Pumpenparametern. Zudem habe ich einen Messplatz für die Eingangskontrolle der Piezokeramiken entwickelt, die zum Antrieb der Mikropumpen benötigt werden. In meiner Masterarbeit untersuche ich einen neuen Ansatz, um die Mikropumpe, mithilfe von Machine Learning Algorithmen zu einem intelligenten, selbst-überwachenden Dosiersystem zu machen. Die Aufgaben an der EMFT sind sehr vielseitig und eigenverantwortliches Arbeiten wird hier großgeschrieben. Dennoch haben die Kolleginnen und Kollegen immer ein offenes Ohr und stehen einem mit Rat und Tat zur Seite. Der offene und freundliche Umgang und die gute Mischung aus jungen und erfahrenen Mitarbeitenden zeichnet die Arbeit an der EMFT aus. Mein unmittelbares Karriereziel ist der Abschluss meines Masterstudiums. Im Anschluss suche ich einen spannenden Job im F&E-Bereich der Mikroelektronik.

*Mauriz Trautmann*



Seit dem 01.10.2019 arbeite ich bei der Fraunhofer EMFT als Praktikantin in der Abteilung Mikrodosiersysteme. In meinem Praktikum lerne ich viele verschiedene Arbeitsgebiete meiner Abteilung kennen. Im Labor bin ich beispielsweise für die Wareneingangskontrolle von Mikrodosiersystemkomponenten verantwortlich. Ich führe auch selbst verschiedene Messungen durch, z.B. Array Messungen, Hub- und Durchflussmessungen. Neben der Laborarbeit unterstütze ich und Kollegen aber auch beim Verfassen von Berichten und der Auswertung von Messergebnissen. Kürzlich durfte ich mit dem Team nach Erlangen fahren, um mehr über das Laserschweißen zu lernen. Auch nach kurzer Zeit schon hat mich dieses Praktikum sehr bereichert. Hier finde ich genau die richtige Balance zwischen theoretischer und praktischer Arbeit. Außerdem kann ich selbstständig arbeiten und werde gleichzeitig immer sehr gut betreut, sodass ich viel dazu lerne. Die Arbeit hier an der EMFT ist äußerst vielseitig und meine Kolleginnen und Kollegen sind sehr hilfsbereit und freundlich. Als nächsten Schritt in meiner Karriere möchte ich meinen Bachelorabschluss erlangen.

*Sophia Güntner*



I started working at Fraunhofer EMFT in April. After finishing my master thesis, I'm now working as a PHD candidate in the Circuit Design department. I mainly deal with the development of a new charge pump (CP). It is used to convert the output signal of the phase-frequency detector into the loop filter and to generate a control voltage for a voltage-controlled oscillator in a PLL based frequency synthesizer. Therefore, my main tasks include the evaluation of different design concepts for the PLL charge pump, implementing the preferred concepts and the verification of the design. Additionally, I'm responsible for the documentation and presentation of our results. In the future, I will focus primarily on the Development of Neuromorphic (AI) Hardware. What I like most about working at Fraunhofer EMFT are the friendly and warm-hearted colleagues. I get a lot of support and help from my colleagues and benefit a lot from their experience. I enjoy working on very interesting projects and, on top of this, in a beautiful location – the heart of Munich.

*Lei Zhang*



Anfangen habe ich an der Fraunhofer EMFT im Oktober 2018, zunächst als Masterand in der Abteilung Circuit Design. Mittlerweile bin ich Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand und fokussiere mich vor allem auf die Entwicklung integrierter analoger Schaltungen. Mein Arbeitsgebiet beinhaltet die Entwicklung von Konzepten und Schaltungen sowie die Schaltungssimulation, Schaltungstests und -validierung. Das Beste an meinem Job? Die abwechslungsreichen und spannenden Aufgaben, die jeden Tag auf mich warten. Ich habe viele junge und motivierte Kolleginnen und Kollegen und bin dankbar für ihre uneingeschränkte Kooperations- und Hilfsbereitschaft. Besonders gut hat mir auch die unmittelbare Projektverantwortung gefallen und dass ich gleich die Möglichkeit zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten bekommen habe. Meine nächsten Ziele für die Zukunft sind die Dissertation und dann eine Projekt-/Gruppenleitung zu übernehmen.

*Oleg Sakolski*



Ich arbeite erst seit Mitte November 2019 als wissenschaftliche Hilfskraft in der Abteilung Flexible Systeme und bin daher noch ganz neu hier an der Fraunhofer EMFT. Mein erster Eindruck ist trotzdem schon mal super! Die Arbeitsgebiete sind sehr spannend und ich kann mein theoretisches Wissen aus der Uni mit angewandter Forschung verbinden und dabei in einem modernen, gut ausgestatteten Umfeld arbeiten. Nachdem ich im Jahr 2013 damals noch als Schülerin an einer Fraunhofer-Talent-School teilgenommen hatte, behielt ich Fraunhofer während meines Studiums immer im Kopf und freue mich jetzt sehr, an der EMFT beschäftigt zu sein. Besonders begeistert war ich, als ich feststellte, dass die Forschungsgebiete der EMFT genau in meinen aktuellen Interessensbereich fallen und sogar einige Berührungspunkte mit Themen meiner Bachelorarbeit aufweisen. Ich bin gespannt auf die weitere Zeit hier an der EMFT, denn ich werde sehr viel Neues von den erfahrenen Mitarbeitenden lernen können und vielfältige Aufgaben übernehmen. Bei einem Projekt kann ich sogar fast von Anfang an dabei sein und die verschiedenen Entwicklungsschritte mitverfolgen. Mein nächstes Ziel ist mein Masterabschluss im Fach Physik.

*Zoë Siebers*



Im Rahmen eines Pflichtpraktikums meines Physik Studiums (B.Sc.) an der Uni Tübingen arbeite ich seit dem 19.08.2019 in der Abteilung Siliziumtechnologien und Devices an der Fraunhofer EMFT. Mein Aufgabengebiet umfasst dabei vor allem Softwarewartung und -entwicklung, technische Umsetzung und Tests neuer Geräte sowie Firmwareentwicklung. Dazu kommt das Testen von Sensormaterialien unter Laborbedingungen im Rahmen der Projekte BioPat und CitizenSensor. Dabei werde ich betreut von Matthias Steinmaßl. Ich arbeite sehr gerne bei der Fraunhofer EMFT, denn mir wird hier großes Vertrauen in die von mir neu erworbenen Kompetenzen entgegengebracht und ich verfüge über viel gestalterische Freiheit. Besonders gut gefällt mir auch die ausgezeichnete Betreuung und das motivierende und freundliche Arbeitsumfeld. Meine Aufgaben sind sehr abwechslungsreich und weder zu über- noch unterfordernd, sodass mich dieses Praktikum schon in dieser kurzen Zeit sehr bereichert hat. Als nächsten Schritt möchte ich meinen Bachelor of Science Abschluss im Studienfach Physik erlangen.

*Aaron Stahl*

Anfang 2019, den Master in Marketing-Management in der Tasche, hatte ich eigentlich vor, die Fraunhofer EMFT zu verlassen. Das tat ich auch – zumindest temporär. Zunächst zog es mich ins Ausland. Anschließend sah ich meinen ersten Vollzeitjob in der Agenturbranche verankert, um so in relativ kurzer Zeit vielfältige Projekte hautnah mitzerleben und dabei möglichst viel Erfahrung zu sammeln. Letztendlich kam es anders als geplant. Denn noch während meines Auslandsaufenthalts ergriff ich die Chance, nach meiner Rückkehr fest an der Fraunhofer EMFT anzufangen. Was mich dazu bewegt hat, meinen ursprünglichen Plan über den Haufen zu werfen? Letztendlich war es wohl die Kombi aus dem künftigen Tätigkeitsbereich und dem Team. Mein Bauchgefühl hatte recht – ich hätte mir keinen besseren Start ins Berufsleben wünschen können. Denn da das Team durch meine vorherige Werkstudententätigkeit genau wusste, welche Stärken und Fähigkeiten ich bereits mitbringe und in welchen Punkten ich mich weiterentwickeln möchte, bekam ich durch meine Kolleginnen genau das richtige Maß an Unterstützung. Außerdem habe ich hier viele Möglichkeiten, mich entsprechend meiner Interessen und Bedürfnisse gezielt weiterzubilden. Heute besteht mein Arbeitsalltag sowohl aus strategischen als auch operativen Tätigkeiten und entspricht somit vollkommen meinem Streben nach analytischem und kreativem Arbeiten. Ich beschäftige mich hauptsächlich mit Themen rund um den Online-Auftritt (Website und Social Media), die Erstellung von Printmedien und Content im Allgemeinen (Texten, Fotoshootings und Videodreh). Da der Aufgabenbereich des Teams sehr breit gefächert ist, stehen auf meiner to-do-Liste aber auch mal Pressearbeit, Nachwuchsförderungen, Veranstaltungen oder Messen – langweilig wird es definitiv nie!

*Johanna Markl*



Teilnehmerin der Fraunhofer-EMFT-Talent-School 2019

## ANGEBOTE FÜR SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER

### Berufsorientierungswochen

Wie jedes Jahr fand auch 2019 wieder die Berufsorientierungswoche für Schülerinnen und Schüler an der Fraunhofer EMFT statt – und das sogar zweimal. Ziel der Kooperation mit verschiedenen Gymnasien, Realschulen und Gesamtschulen ist es, den jungen Teilnehmern und Teilnehmerinnen einen Einblick in die Welt der Mikrosysteme zu verschaffen und ihnen den Berufsalltag der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Fraunhofer EMFT näher zu bringen. In diesem Jahr kamen die insgesamt drei Schülerinnen und drei Schüler im Rahmen der Berufsorientierungswochen in Kontakt mit spannenden Themen und Fragestellungen:

- Wozu braucht man Mikroelektronik?
- Klein, kleiner am kleinsten - winzige Pumpen zur Mikrodosierung
- Was hat denn Plastik mit Elektronik zu tun?
- Flexible Systeme brauchen dünne Chips
- Arbeiten im Reinraum – wieso Sauberkeit so wichtig ist
- Wer kontrolliert, ob alles funktioniert, und wie lange lebt ein Mikrochip?
- Crimpen, Löten, wie verbindet man elektronische Systeme miteinander?

Darüber hinaus konnte die EMFT 2019 fünf weiteren einzelnen Schülerinnen beziehungsweise Schülern jeweils die Möglichkeit für ein einwöchiges Praktikum geben.

### Girls'Day – Mädchen-Zukunftstag am 28. März 2019

»Arbeiten im Labor – was macht eine Wissenschaftlerin?« – unter diesem Motto fand auch 2019 wieder der Girls'Day an der Fraunhofer EMFT statt. Dabei durften fünf Schülerinnen des Gymnasiums Kirchheim das erste Mal Laborluft schnuppern. Die Teilnehmerinnen erwartete ein Tag voller neuer Eindrücke. Auf dem Programm standen Workshops im Reinraum und im Elektroniklabor. Mit der Reinraumkleidung verwandelten sich die Mädchen im Handumdrehen in »echte« Forscherinnen. Am Ende des Tages waren sich alle einig: Neben spannenden Einblicken in den Berufsalltag an einer Forschungseinrichtung, kam auch der Spaß nicht zu kurz!

Auch sonst gab es reichlich positives Feedback:

- »Ich finde es voll cool, dass es so etwas wie einen Girls'Day gibt, weil man schon mal schauen kann, was man später ungefähr werden will.«
- »Ich fand den Tag von Anfang bis Ende sehr interessant und bin positiv überrascht was an diesem Institut erforscht wird.«
- »Ich danke allen die uns am Girls'Day etwas gezeigt haben. Es war wunderschön!«



### Fraunhofer-Talent-School

Ein besonders beliebtes Programm der Fraunhofer Nachwuchsförderung ist die Fraunhofer-Talent-School. Jugendliche ab ca. 15 Jahren bekommen hierbei die Möglichkeit, einen spannenden Einblick in die aktuelle Welt der Forschung zu gewinnen.

Auch die Fraunhofer EMFT bietet dieses Programm regelmäßig an, sodass auch dieses Jahr zwei Schülerinnen und neun Schüler die Fraunhofer EMFT vom 25. bis zum 27. Oktober 2019 besuchen durften. So konnten sie in interessanten Workshops die Technologie hinter der »Flexiblen Elektronik für die Elektronik von morgen« hautnah miterleben. Gemeinsam mit den erfahrenen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen der Fraunhofer EMFT durften die Jugendlichen bei spannenden Forschungsprojekten mitarbeiten. Dabei war in den Workshops nicht nur »dabei sein« angesagt – alle konnten selbstständig an Anlagen arbeiten. Die Jugendlichen bekamen einen vertieften Einblick zu den Themen Siebdruck, Lithographie, elektrische Messtechnik und Rasterelektronenmikroskopie. So lernten sie z.B. wie Schichten von wenigen Mikrometern gemessen werden können und wo diese Schichten bei Sensoren eingesetzt werden. Natürlich spielte auch die Elektronik dahinter eine wichtige Rolle. So wurde an einem Mikrocomputer dargestellt, wie Messwerte digitalisiert und somit die elektrischen Signale der Sensoren in Messdaten gewandelt werden.

Voll bei der Sache und hochmotiviert zeigten die Schülerinnen und Schüler ihr Interesse an der Technologie. Durch aktive Mitarbeit und Fragen zu den einzelnen Themen konnte viel Wissensdurst gestillt werden, sodass die Jugendlichen neue Eindrücke aus der Welt der Forschung mitnehmen konnten.

WISSENSCHAFTLICHE AKTIVITÄTEN



Testplatine für einen achtkanaligen Ultraschalltransceiver-Chip



## WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN UND VORTRÄGE

### Veröffentlichungen

G. Acri, F. Podevin, E. Pistono, L. Boccia, N. Corrao, T. Lim, E. N. Isa, and P. Ferrari

#### **A Millimeter-Wave Miniature Branch-Line Coupler in 22-nm CMOS Technology**

IEEE Solid-State Circuits Letters, Vol. 2, no. 6, Juni 2019; DOI 10.1109/LSSC.2019.2930197

G. Acri, L. Boccia, N. Corrao, F. Podevin, E. Pistono, T. Lim, E. N. Isa, P. Ferrari

#### **Compact and performing transmission lines for mm-wave circuits design in advanced CMOS technology**

In Proc. European Microwave Week 2019, 29. September - 4. Oktober 2019, Paris, France

M. Ammer, Y. Cao, A. Rupp, M. Sauter, L. Maurer

#### **Bringing the SEED Approach to the Next Level: Generating IC Models for System ESD and Electrical Stress Simulation out of Design Data**

IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Pages: 1 - 11, 2019

M. Ammer, S. Miropolskiy, A. Rupp, F. zur Nieden, M. Sauter, L. Maurer

#### **Characterizing and Modelling Common Mode Inductors at high Current Levels for System ESD Simulations**

41st Annual EOS/ESD Symposium (EOS/ESD), 2019

M. Ammer, A. Rupp, U. Glaser, Y. Cao, M. Sauter, L. Maurer

#### **Application Example of a Novel Methodology to Generate IC Models for System ESD and Electrical Stress Simulation out of the Design Data**

41st Annual EOS/ESD Symposium (EOS/ESD), 2019

J.D. Bartl, P. Scarbolo, D. Brandalise, M. Stutzmann, M. Tornow, L. Selmi, A. Cattani-Scholz

#### **Role of Different Receptor-Surface Binding Modes in the Morphological and Electrochemical Properties of Peptide-Nucleic-Acid-Based Sensing Platforms**

Langmuir 35, 3272, 2019

P. P. Bora, D. Borggreve, F. Vanselow, E. Isa, L. Maurer

#### **A 0.8 V Low-Power 3rd order Sigma-Delta Modulator in 22 nm FDSOI CMOS Process for Sensor Interfaces**

In Proc. 17th IEEE NEWCAS Conference, 23. - 26. Juni 2019, Munich, Germany

P. Bora, D. Borggreve, F. Vanselow, E. Isa, L. Maurer

#### **A low power Sigma-Delta Modulator in an advanced 22 nm FD SOI CMOS Process for sensor applications**

13th International Conference and Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems, Pages: 1 - 7, 2019

J. Boudaden, A. Klumpp, H.-E. Endres, I. Eisele

#### **Towards Low Cost and Low Temperature Capacitive CO<sub>2</sub> Sensors Based on Amine Functionalized Silica Nanoparticles**

Nanomaterials 2019, 9, 1097; 31. Juli 2019, Basel, Schweiz; DOI 10.3390/nano9081097

C. Bscheid, C. R. Engst, I. Eisele, C. Kutter

#### **Minority Carrier Lifetime Measurements for Contactless Oxidation Process Characterization and Furnace Profiling**

Materials 2019, 12, 190

T. Diederichs, G. Pugh, A. Dorey, Y. Xing, J.R. Burns, Q.H. Nguyen, M. Tornow, R. Tampé, S. Howorka

#### **Synthetic protein-conductive membrane nanopores built with DNA**

Nature Communications 10, 5018 2019

P. D. Franzon, E. J. Marinissen, M. S. Bakir, P. Garrou, M. Koyanagi, P. Ramm

#### **Handbook of 3D Integration: Vol. 4 - Design, Test and Thermal Management of 3D Integrated Circuits**

ISBN 978-3-527-33855-9, Wiley, März 2019, Weinheim, New York

P. Garrou, M. Koyanagi, P. Ramm

#### **Introduction to Design, Test and Thermal Management of 3D Integrated Circuits**

Handbook of 3D Integration. Design, Test, and Thermal Management. Vol.4: Design, Test and Thermal Management of 3D Integrated Circuits, Weinheim: WILEY VCH, 2019, S.XV-XVII

H. Hoffmeister, A. Fuchs, L. Strobl, F. Sprenger,

R. Gröbner-Ferreira, S. Michaelis, P. Hoffmann, J. Nazet, R. Merkl, G. Längst

#### **Elucidation of the functional role of the Q- and I-motif in the human chromatin remodeling enzyme BRG1**

Journal of Biological Chemistry, The American Society for Biochemistry and Molecular Biology, Inc., 15. Januar 2019, Rockville, Maryland, USA, DOI 10.1074/jbc.RA118.005685

S. Koch, B. Orr, H. Gossner, H. Gieser, L. Maurer

#### **Identification of Soft Failure Mechanisms Triggered by ESD Stress on a Powered USB 3.0 Interface**

IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Pages: 20 - 28, 2019

P. Kumar, J. Al-Eryani, B. Taş Ulaşlı, E. Böhme, F. Vanselow, E. N. Isa, L. Maurer

#### **A 400 mV, widest-tuning-band-VCO with a central Frequency of 10.5 GHz and FTR of 2.5 GHz, designed in 22 nm FDSOI CMOS technology**

In Proc. EUROSOL – ULIS 2019 Conference, 1. - 3. April 2019, Grenoble, France

P. Kumar, J. Al-Eryani, D. Borggreve, E. Böhme, P. P. Bora, E. N. Isa, L. Maurer

#### **A 23 GHz VCO with 13% FTR in 22 nm FDSOI**

S3S CONFERENCE 2019, 14. - 17. Oktober 2019, San Jose, California, USA

P. Kumar, E. Böhme, J. Al-Eryani, P. P. Bora, D. Borggreve, L. Maurer

#### **A 300mV, low power VCO with the central Frequency of 4.89 GHz in 22nm FDSOI**

2019 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC) 10. - 13. Dezember 2019, Marina Bay Sands, Singapore

S. Michaelis, J. Wegener

#### **Zellen als Sensoren, Effekt- statt Konzentrationsanalytik**

Biologische Transformation, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, Deutschland, 2019

DOI 10.1007/978-3-662-58243-5\_7



Jahresveranstaltung der Fraunhofer EMFT

N. Palavesam, W. Hell, A. Drost, C. Landesberger, C. Kutter, K. Bock

**A novel low cost roll-to-roll manufacturing compatible ultra-thin chip integration and direct metal interconnection process for flexible hybrid electronics**

NordPac 2019, The Nordic Conference on Microelectronics Packaging, 11. - 13. Juni 2019, Lyngby, Denmark  
DOI 10.23919/NORDPAC.2019.8760350

S. Pfaehler, A. Angi, D. Chryssikos, A. Cattani-Scholz, B. Rieger, M. Tornow

**Space charge-limited current transport in thin films of alkyl-functionalized silicon nanocrystals**

Nanotechnology 30, 395201, 2019

S. Ruckdäschel, C. Kade, J. Wegener

**Quartz Crystal Microbalance: Basics and Applications in Biology**

eLS, John Wiley & Sons, Ltd., 16. Januar 2019, Chichester, UK,  
DOI 10.1002/9780470015902.a0028178

K.B. Saller, H. Riedl, P. Lugli, G. Koblmüller, M. Tornow

**One-step transfer printing of patterned nanogap electrodes**

Journal of Vacuum Science and Technology B 37, 040602, 2019

C. Schmittlein, R. J. Meier, L. Sauer, G. Liebsch, J. Wegener

**Image-Based Monitoring of Oxygenation in Microfluidic Cell Culture**

Genetic Engineering & Biotechnology News, Mary Ann Liebert, Inc., 25. Januar 2019, New Rochelle, New York, USA,  
DOI 10.1089/gen.39.01.18

M. Speckbacher, M. Rinderle, W. Kaiser, E.A. Osman, D. Chryssikos, A. Cattani-Scholz, J.M. Gibbs, A. Gagliardi, M. Tornow

**Directed Assembly of Nanoparticle Threshold-Selector Arrays**

Advanced Electronic Materials 5, 1900098, 2019

J. A. Stolwijk, M. Skiba, C. Kade, G. Bernhardt, A. Buschauer, H. Hübner, P. Gmeiner, J. Wegener

**Increasing the throughput of label-free cell assays to study the activation of G-protein-coupled receptors by using a serial agonist exposure protocol**

Integrative Biology, Volume 11, Pages 99 - 108, 2019, Oxford University Press, Oxford, UK, DOI 10.1093/intbio/zyz010

J. A. Stolwijk, J. Wegener

**Impedance-based assays along the life span of adherent mammalian cells in vitro: from initial adhesion to cell death**

Label-free monitoring of cells in vitro, Bioanalytical Reviews 2, S. 1 - 76, 2019, Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland, ISBN 978-3-030-32432-2  
DOI 10.1007/11663\_2019\_7

J. Weber, R. Fung, R. Wong, H. Wolf, H. A. Gieser, L. Maurer

**Stress current slew rate sensitivity of an ultra-high-speed interface IC**

IEEE Transactions on Device and Materials Reliability, Vol. 19, Issue: 4, November 2019

J. Wegener

**Measuring the Permeability of Endothelial Cell Monolayers: Teaching New Tricks to an Old Dog**

Biophysical Journal, Elsevier B.V., 23. April 2019, Amsterdam, the Netherlands, DOI 10.1016/j.bpj.2019.03.018

J. Wegener

**Label-free Monitoring of Cells in Vitro**

Bioanalytical Reviews, vol. 2, 2019, Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland, ISBN 978-3-030-32432-2

H. Wolf, J. Weber, H. Gieser

**Secondary Discharge during System Level ESD Tests**

16. ESD-Forum 2019, Tagungsband, 21. - 23. Oktober, Dresden Nördlingen, Deutschland, 2019; ISBN 978-3-9813357-3-5, S.147-153

M. Zinkl, J. Wegener

**Using animal cells as sensors for xenobiotics: Monitoring phenotypic changes by multimodal impedance assays**

Current Opinion in Environmental Science & Health, Elsevier B.V., Amsterdam, the Netherlands, August 2019  
DOI 10.1016/j.coesh.2019.08.007

**Vorträge**

F. Ansorge, T. Kiesling, C. Landesberger, C. Kutter

**Intelligenz im Steckverbinder für Anwendungen im Automobil und der Automatisierungstechnik – aus Sicht der Aufbau- und Verbindungstechnik für hochintegrierte Elektroniksysteme**

Bordnetz Kongress Landshut 2019, 26. September 2019, Landshut, Deutschland

R. Arntzen, F. Ansorge, O. Grünberg, M. Herrmann, I. É. E.Ilosvay, J.S. Michels, S. Nolte

**Intelligente Steckverbinder als zentraler Baustein der Infrastruktur für die Industrie 4.0**

7. Symposium Connectors, 19. - 20. März 2019, Lemgo, Deutschland

J. Boudaden, A. Klumpp

**A Novel Photoelectrochemical Biosensor to detect Catechol**

Sensor+Test 2019, 25. - 27. Juni 2019, Nürnberg, Deutschland

A. Bußmann, L. Grünerbel

**Increasing piezo micro diaphragm pump performance by optimizing piezo actuation**

Smart Systems Integration, 10. - 11. April 2019, Barcelona, Spain

A. Dahiya, B. Charlot, M. Dhifallah, T. Gil, N. Azémard, A.

Todri-Sanial, J. Thireau, A. Phymedexp, J. Boudaden, P. Ramm, T. Kießling, A. Klumpp, S. Lal, C. O'Murchu, K. Razeeb, U. Gulzar, Y. Zhang, C. O'Dwyer

**SmartVista: Smart Autonomous Multi Modal Sensors for Vital Signs Monitoring**

Smart Bioelectronic and Wearable Systems, 22. Oktober 2019, Brüssel, Belgien

C. Durasiewicz, T. Thalhofer

**Hochdynamische Druckpulsanalyse einer Mikromembranpumpe mittels in-line MEMS-Sensor**

MikroSystemTechnik Kongress, 28. - 30. Oktober 2019, Berlin, Deutschland

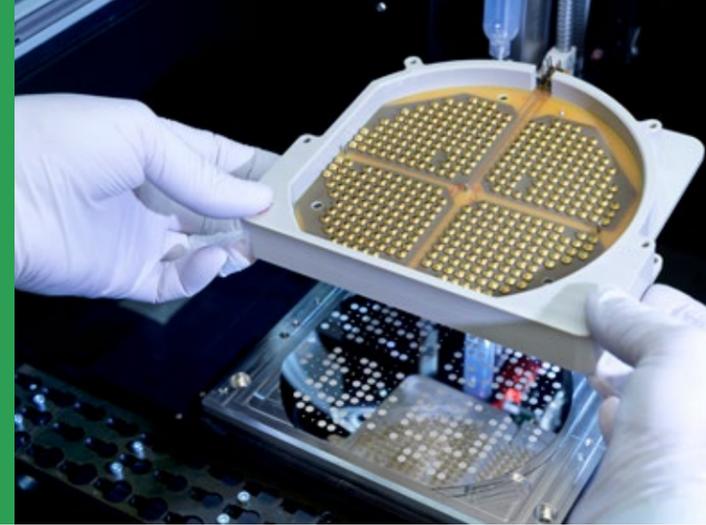
L. Govoni, T. Perekhodko, Piyush.k, L. Maurer, D. Schupke,

T. Meyerhoff, E. Böhme, M. Kreissig, F. Protze, S. Damjanovic  
**REFERENCE (ECSEL JU) Project, Aeronautic WAIC hotspot: wireless video transmission using an SOI RF front-end**  
In Proc. 17th IEEE NEWCAS Conference, 23. - 26. Juni 2019, Munich, Germany

L. Grünerbel, A. Bußmann, O. Zett

**Hochflussoptimierung von Mikromembranpumpen durch phasengesteuerte Kopplung**

MikroSystemTechnik Kongress, 28. - 30. Oktober 2019, Berlin, Deutschland



Spezielles Kontaktierungstool für Piezomontage auf Waferlevel

J. Häfner, C. Durasiewicz, T. Thalhofer, S. Kibler, C. Kutter  
**Smart Sensor System for Constant Dosing with Micro Diaphragm Pumps**

Smart Systems Integration, 10. - 11. April 2019, Barcelona, Spain

L. Meixner, F. Ansorge, C. Kutter

**Raffungsmodelle II (FVA 618 II), Teilprojekt EMFT**

FVA-Informationstagung 04. - 05. Dezember 2019, Würzburg, Deutschland

L. Nebrich

**Sensors & Aktuators**

BITCOM IoT – Auf der Suche nach Mehrwerten zwischen Milliarden von Sensoren, Technologie, Security und Business Cases im Internet der Dinge werden ausgetestet – ist die Umsetzung einer großen Vision nur noch Routine? Experten-Roundtable, 30. Januar 2019, Köln, Deutschland

P. Ramm, A. Klumpp, C. Landesberger, J. Weber, A. Heinig, P. Schneider, G. Elst, M. Engelhardt

**Fraunhofer's Initial and Ongoing Contributions in 3D IC Integration**

Invited Talk, IEEE 3DIC, 8. - 10. Oktober 2019, Sendai, Japan

S. Scherbaum, C. Landesberger, B. Auer, H. Klingler, B. Brandstätter, E. Brandl, J. Bravin

**Toward improved FOWLP manufacturing by using self-alignment process**

Smart Systems Integration, 10. - 11. April 2019, Barcelona, Spain

R. Schönmann

**Simulation of time-dependent molecular transport in vacuum systems**

Third European Contamination Modelling Workshop 10. - 11. September 2019, Friedrichshafen, Deutschland

M. Steinmaßl, J. Boudaden, H.-E. Endres, D. Reiser, M. Heigl, K. Neumeier, I. Eisele, C. Kutter

**Mikroanalysesystem auf Basis eines ladungs-empfindlichen Fluidsensors mit Rückseitenkontakten**

20. GMA/ITG Fachtagung, Sensoren und Messsysteme 2019, 25. und 26. Juni 2019, Nürnberg, Deutschland

J. Weber

**Technologies for 3D Heterogeneous System Integration**

Sinano Workshop "Heterogeneous Integration of Nanomaterials and Innovative Devices", ESSDERC/ESSCIRC 2019, 23. September 2019, Krakau, Polen

J. Wegener

**Analytical Microtechniques to monitor cell and tissue phenotypes**

SEMICON 2019, 12. - 15. November 2019, München, Deutschland

J. Wegener

**Profiling the pharmacology of G-Protein coupled receptors using label-free physical sensors**

Indian Analytical Conference 12. - 14. Dezember 2019, Delhi, Indien

J. Wegener

**Things you always wanted to know about the bioelectricity of living cells and their marriage with electronics – but never dared to study**

In Proc. 17th IEEE NEWCAS Conference, 23. - 26. Juni 2019, Munich, Germany

E. Yacoub-George, N. Palavesam, W. Hell, M. König, R. Faul, C. Landesberger, C. Kutter

**Ultra-thin flexible interposer – a flexible hybrid integration approach to replace wire bonds**

Smart Systems Integration, 10. - 11. April 2019, Barcelona, Spain

## BACHELORARBEITEN

Maximilian Baringer

**Untersuchungen zum Einfluss von Histaminika auf die Proliferation von Zelllinien mit endogener Histamin-Rezeptorausstattung**

Bachelor Thesis, Universität Regensburg  
 Betreuer: Prof. Joachim Wegener

Sophia Baumann

**Entwicklung eines mikrogravimetrischen Wassertransportassays**

Bachelor Thesis, Universität Regensburg  
 Betreuerin: Dr. Stefanie Michaelis

William Bittner

**Untersuchung der Flussparameter von Membranpumpen für den Einsatz in der Zellkultur**

Bachelor Thesis, Technische Universität München  
 Betreuerin: Agnes Bußmann

Eduard Frank

**Impedimetrische Untersuchungen zur GPCR-Aktivierung am Beispiel der humanen Histamin-1 und -2 Rezeptoren**

Bachelor Thesis, Universität Regensburg  
 Betreuer: Prof. Joachim Wegener

Linda Frank

**Optimierung und Bewertung eines Impedanz-basierten Assays zur Untersuchung des transepithelialen Wasserflusses**

Bachelor Thesis, Universität Regensburg  
 Betreuer: Prof. Joachim Wegener

Richard Ganser

**Entwicklung eines Messaufbaus zur Charakterisierung piezoelektrischer Keramiken**

Bachelor Thesis, Hochschule München  
 Betreuerin: Agnes Bußmann

Judith Kraus

**Impedimetric Analysis of Tissue Models**

Bachelor Thesis, Universität Regensburg  
 Betreuer: Pierre Pütz

Azer Ben Mahmoud

**Evaluation of a Human Body Model (HBM) Two-Pin Tester**

Bachelor Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Dr. Johannes Weber

Shawn Tian U Qi

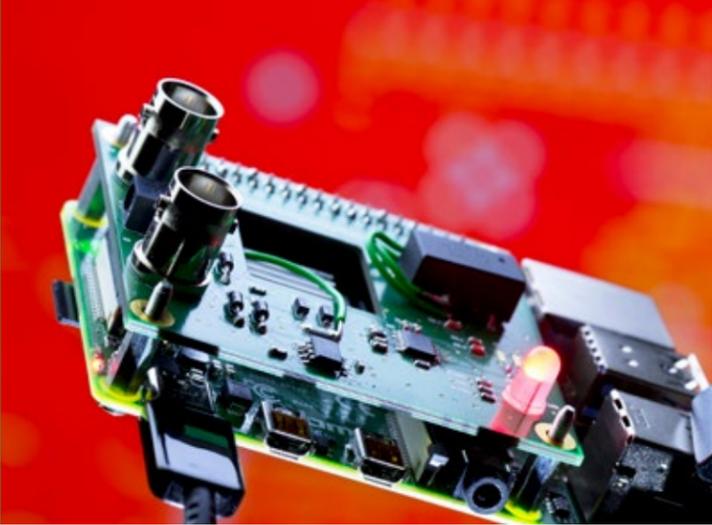
**Detection Methods of Nitrate**

Bachelor Thesis, Technische Universität München  
 Betreuerin: Dr. Jamila Boudaden

Oliver Zett

**Hochfluss- und Hochdruckoptimierung von Mikromembranpumpen**

Bachelor Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Lorenz Grünerbel



Messschaltung für Mikromembranpumpen

# MASTERARBEITEN

Saphia Azzam  
**Entwicklung und Anwendung eines photochemischen Wundheilungassays**  
 Master Thesis, Universität Regensburg  
 Betreuerin: Dr. Stefanie Michaelis

Stephan Böck  
**Design and Realization of a Measuring Circuit for Self-Sensing Micropumps**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Johannes Häfner

Jakob Eppinger  
**Entwicklung und Test einer Messschaltung zur Extraktion fluidischer Parameter in piezoelektrischen Mikromembranpumpen**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Johannes Häfner

Florens Welf Fraidling  
**Anomaly Detection in Time Series Data with Neural Networks**  
 Master Thesis, Hochschule München  
 Betreuer: Franz Wenninger

Shivananda Halladamath  
**Design methodology of a low power MEMS- Particulate Matter capacitive sensor for real-time sensing platform**  
 Master Thesis, Universität Siegen  
 Betreuer: Prof. Linus Maurer, David Borggreve, Frank Vanselow

Xinrui Ji  
**Memristive Phenomena in Nanoparticle-based Devices**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Prof. Marc Tornow

Yitao Jin  
**Classification of Water and Materials Using Short Near-Infrared Image Based on Support Vector Machine**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Dietrich Dumler

Mohamed Lamin Kanu  
**An Empirical Study on Project Control: Applying Earned Value Management and Risk Monitoring at Fraunhofer EMFT**  
 Master Thesis, Hochschule für Oekonomie & Management  
 Betreuerin: Andrea Keill

Johanna Markl  
**Old but Gold? Who Cares? Wie können Pflegekräfte in ihrer Arbeit unterstützt werden?**  
 Master Thesis, Hochschule Hof  
 Betreuerinnen: Pirjo Larima-Bellinghoven, Dr. Sabine Trupp

Gagandeep Singh Matharoo  
**Dip-coating versus spin-coating: Different methods for forming organophosphonate self-assembled monolayers on titanium nitride**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Prof. Marc Tornow

Florian Pommerening  
**Entwicklung und Evaluierung eines Dosiersystems zur indirekten Förderung von partikelbeladenen Flüssigkeiten mit integrierter Volumenkontrolle und Partikelzählung**  
 Master Thesis, Universität Stuttgart  
 Betreuerin: Agnes Bußmann

Kiran Vani Himaja Sarma Ravada  
**Investigation of Shear Forces using Coupled ANSYS Simulation of Micro Diaphragm Pump Dynamics**  
 Master Thesis, Universität Rostock  
 Betreuerin: Claudia Durasiewicz

Catherine-Christiane Scholtes  
**In vitro quantification of epithelial barrier function: sensitivity enhancement of impedance-based transfilter measurements**  
 Master Thesis, Universität Regensburg  
 Betreuer: Prof. Joachim Wegener

Oleg Sakolski  
**Design of a High Voltage Linear Regulator with Current Sinking Capability for Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer Driver Circuit**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Frank Vanselow, Prajith Kumar Poongodan

Olfa Sayadi  
**Simulation assisted development of photomasks for grayscale lithography**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Bassem Badawi

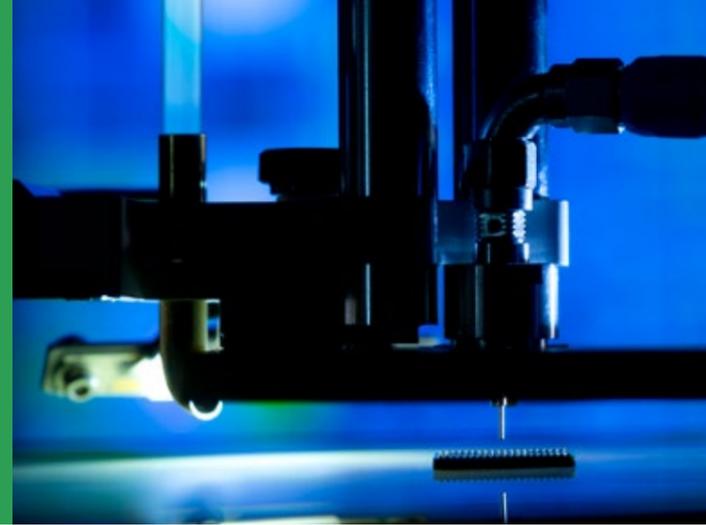
Simone Schaffhauser  
**Wet-chemical process for delayering Microchips**  
 Master Thesis, Hochschule Regensburg  
 Betreuer: Nicola Kovač, Dr. Horst Gieser

Andrej Seb  
**DNA Fokussierung in folienbasierter Mikrofluidik**  
 Master Thesis, Hochschule München  
 Betreuerin: Dr. Anna Ohlander, Betreuer: Dr. Indranil Ronnie Bose

Kiran Krishna Tunuguntla  
**Detection and Classification of Semiconductor Processes using Deep Learning Neural Networks**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuer: Bassem Badawi

Akshay Wankhade  
**Investigation of Transient Micro Diaphragm Pump Dynamics**  
 Master Thesis, Technische Universität Chemnitz  
 Betreuerin: Claudia Durasiewicz

Lei Zhang  
**Design of a Charge Pump for a 4.3GHz Frequency Synthesizer in 22nm FD-SOI CMOS Technology**  
 Master Thesis, Technische Universität München  
 Betreuerin: Büşra Taş Ulaşlı, Betreuer: Enno Böhme



CDM Bausteintest mit dem ATIS MCDM3

---

## PROMOTIONEN

---

Florian Urban

**Impedance-based Analysis of Epithelial Barrier Function: New Assays and Devices**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) der Fakultät für Chemie und Pharmazie der Universität Regensburg.

Die Doktorarbeit entstand im Zeitraum von 2016 bis 2019 in einer Kooperation zwischen der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT (Zell-basierte Sensorik) und der Universität Regensburg. Die Dissertation wurde am 12. September 2019 bei der Universität Regensburg eingereicht und am 8. November 2019 erfolgreich verteidigt.

Die Arbeit wurde durchgeführt bei Prof. Joachim Wegener.

Johannes Weber

**Pulsed High Current Characterization of Highly Integrated Circuits and Systems**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik (EIT) der Universität der Bundeswehr München.

Die Doktorarbeit entstand im Zeitraum von 2016 bis 2019 an der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT in München. Die Dissertation wurde am 8. April 2019 bei der Universität der Bundeswehr München eingereicht und am 25. Juli 2019 erfolgreich verteidigt.

Die Arbeit wurde durchgeführt bei Prof. Linus Maurer.

Darüber hinaus wurden 2019 folgende Promotionen durch Fraunhofer EMFT-Professoren betreut:

Vincent Immler

**Higher-Order Alphabet Physical Unclonable Functions**

Technische Universität München, Prof. Christoph Kutter

Zlatko Paric

**Development of a Dual ECIS-SPR Sensor Platform for Cell-Based Assays: Label-Free Analysis of G-Protein Coupled Receptor Signal Transduction**

Universität Regensburg, Prof. Joachim Wegener

Simon Pfähler

**Electronic Transport Studies on Hybrid Organic-Inorganic Semiconductor Devices on the Nanoscale**

Technische Universität München, Prof. Marc Tornow

Kai Saller

**Direct Printing of Large Area Metal Thin Film Electrode Pairs with Nanometer Spacing onto Organic Thin Films Using Molecular Beam Epitaxy Based Stamps**

Technische Universität München, Prof. Marc Tornow



---

## PATENTE

---

### **Ein Verfahren zur Ermöglichung planarer dünner Packaging für MEMS Sensoren**

Ronnie Bose, Christof Landesberger  
EP 3 480 164 A1

### **Verstärkung der Empfindlichkeit und Erhöhung der Selektivität für Fluid Sensoren durch Sensorgeometrie**

Ignaz Eisele, Karl Neumeier, Martin Heigl, Daniel Reiser  
WO 2019 063 650

### **PUF-Film and Method for Producing the same**

Martin König  
EP 3550623 A1

### **Wafer-Kassette mit elektrischen Kontaktflächen für die beladenen Wafersubstrate**

Christof Landesberger  
DE 10 2009 025 681.4

### **Mobilgerät zum Bestimmen eines Bestandteils in Umgebungsluft**

Martin Richter, Christof Jenke, Siegfried Röhl, Christoph Kutter  
US 10/386,350

### **Verfahren und Haltevorrichtung zum Herstellen einer Mikropumpe mit mechanisch vorgespanntem Membranaktor**

Martin Richter, Christoph Kutter, Siegfried Röhl, Yücel Congar, Martin Wackerle  
WO 2019/219600 A1

### **Vorrichtung und Verfahren zur Detektion von Gasen**

Sabine Trupp, Michael Henfling, Dieter Hemmetzberger  
DE 10 2018 206 917.4

### **Halbleitervorrichtung und Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung**

Sabine Trupp, Michael Henfling, Karl Neumeier  
DE 102017 200 952

### **Semiconductor device and method of producing a semiconductor device**

Sabine Trupp, Michael Henfling, Karl Neumeier  
US 10/519,034

### **Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zur sensorbasierten Untersuchung biologischer Zellen, hergestellte Vorrichtung und Verwendungen hiervon**

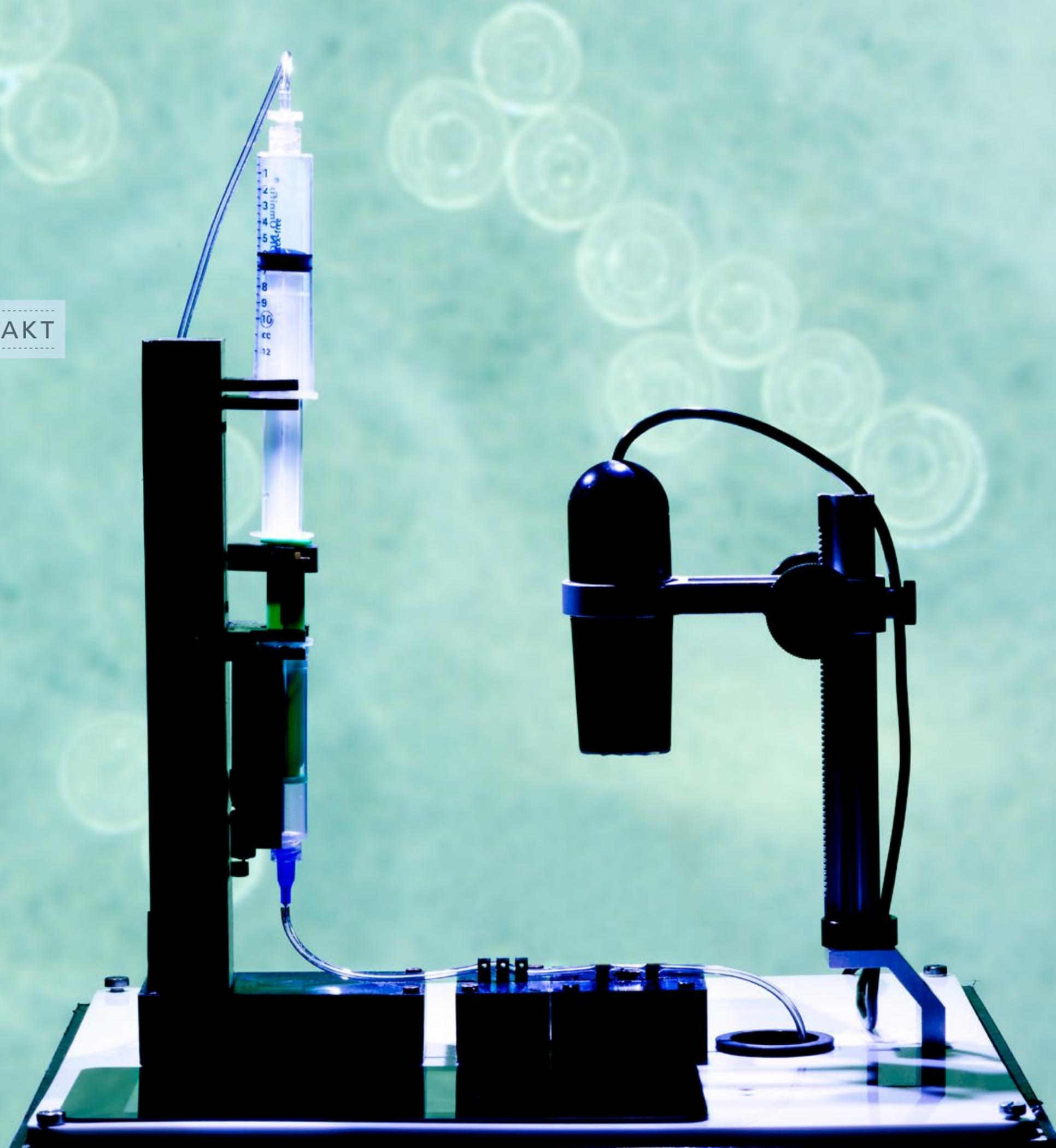
Joachim Wegener, Stefanie Michaelis  
WO 2019/072588 A1

### **Vorrichtung zur Kultivierung und strahlungsinduzierten Abtötung von Zellen und Verfahren zur Untersuchung einer Migration und/oder Wundheilung**

Joachim Wegener, Carina Schmittlein, Michael Skiba  
WO 2019/091939 A1

## KONTAKT

*Messsystem zur automatisierten Untersuchung der  
indirekten Förderung partikelbeladener Flüssigkeiten*



## KONTAKT

Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT

Hansastraße 27 d  
80686 München  
Phone: +49 89 54 75 90  
Fax: +49 89 54 75 95 50

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

### Direktor



Prof. Dr. Christoph Kutter  
Tel.: +49 89 54 75 95 00  
Christoph.Kutter@  
emft.fraunhofer.de

### Business Development



Prof. Dr. Peter Kücher  
Tel.: +49 89 54 75 92 41  
Peter.Kuecher@  
emft.fraunhofer.de

### Marketing, Kommunikation und Strategie



Pirjo Larima-Bellinghoven  
Tel.: +49 89 54 75 95 42  
Pirjo.Larima-Bellinghoven@  
emft.fraunhofer.de

### Strategic Projects



Dr. Peter Ramm  
Tel.: +49 89 54 75 95 39  
Peter.Ramm@  
emft.fraunhofer.de

### Analytik und Technologien



Karl Ring  
Argelsrieder Feld 6  
82234 Weßling  
Telefon +49 8153 4 03 20  
Karl.Ring@  
emft.fraunhofer.de

### Flexible Systeme



Christof Landesberger  
Tel.: +49 89 54 75 92 95  
Christof.Landesberger@  
emft.fraunhofer.de

### Circuits & Systems



Prof. Dr. Linus Maurer  
Tel.: +49 89 54 75 93 30  
Linus.Maurer@  
emft.fraunhofer.de



Dr. Alexey Yakushenko  
Tel.: +49 89 54 75 92 11  
Alexey.Yakushenko@  
emft.fraunhofer.de

### Mikrodosiersysteme



Dr. Martin Richter  
Tel.: +49 89 54 75 94 55  
Martin.Richter@  
emft.fraunhofer.de

### Siliziumtechnologien und Devices



bis 31. Januar 2020:  
Prof. Dr. Ignaz Eisele  
Tel.: +49 89 54 75 91 89  
Ignaz.Eisele@  
emft.fraunhofer.de

### Sensormaterialien



Dr. Sabine Trupp  
Tel.: +49 89 54 75 95 61  
Sabine.Trupp@  
emft.fraunhofer.de



ab 1. Februar 2020:  
Dr. Wilfried Lerch  
Tel.: +49 89 54 75 91 90  
Wilfried.Lerch@  
emft.fraunhofer.de

### Zell-basierte Sensorik



Prof. Dr. Joachim Wegener  
Universitätsstr. 31  
93053 Regensburg  
Telefon +49 941 9 43 45 46  
Joachim.Wegener@  
emft.fraunhofer.de



Prof. Dr. Marc Tornow  
Tel.: +49 89 54 75 95 51  
Marc.Tornow@  
emft.fraunhofer.de

## KONTAKT

Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE

Oberpfaffenhofen  
Argelsrieder Feld 6  
82234 Weßling

Telefon: +49 89 54759-440  
Telefax: +49 89 54759-515

[www.zve-kurse.de](http://www.zve-kurse.de)



Dr. -Ing. Frank Ansorge  
Tel.: +49 89 54 75 94 56  
Frank.Ansorge@emft.fraunhofer.de



Günter Paul  
Tel.: +49 89 54 75 94 18  
Guenter.Paul@emft.fraunhofer.de



Silke Paul  
Tel.: +49 89 54 75 94 40  
Anmeldung@emft.fraunhofer.de



Dirk Schröder  
Tel.: +49 89 54 75 94 17  
Dirk.Schroeder@emft.fraunhofer.de



Monika Schmidt  
Tel.: +49 89 54 75 94 00  
Anmeldung@emft.fraunhofer.de



Jürgen Weise  
Tel.: +49 89 54 75 94 10  
Juergen.Weise@emft.fraunhofer.de

## IMPRESSUM

Fraunhofer EMFT Jahresbericht 2019

### Herausgeberin:

Fraunhofer EMFT  
Hansastraße 27d  
80686 München  
Tel.: +49 89 54 75 90  
Fax.: +49 89 54 75 95 50

### Direktor der Einrichtung:

Prof. Dr. Christoph Kutter  
Tel.: +49 89 54 75 95 00

### Redaktion:

Pirjo Larima-Bellinghoven  
Tina Möbius  
Sophia Drimmel  
Regina Böckler  
Johanna Markl

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

### Layout/Satz:

Regina Böckler  
Johanna Markl

### Druck:

Förster & Borries GmbH & Co. KG  
Industrierandstraße 23  
08060 Zwickau  
[www.foebo.de](http://www.foebo.de)

@ Fraunhofer EMFT, München, März 2020

### Titelbild:

4.3 GHz Fractional-N Frequenz Synthesizer IC in 22nm FDSOI  
Technologie auf der Evaluierungs-Leiterplatte

### Bild Zwischenseite (S. 2/3):

Kapazitiv arbeitender Sensor für die Integration in  
Wundauflagen

### Bildnachweis:

S. 55, 64, 71, 75, 77: Fraunhofer EMFT  
S. 63: Marc Müller  
S. 66 - 69: privat  
S. 75: Hannibal Hanschke

Alle übrigen Bildrechte bei der  
Fraunhofer EMFT zusammen mit  
Bernd Müller Fotografie  
Maximilianstraße 56  
86150 Augsburg  
[www.berndmueller-fotografie.de](http://www.berndmueller-fotografie.de)