



**Fraunhofer**

**EMFT**

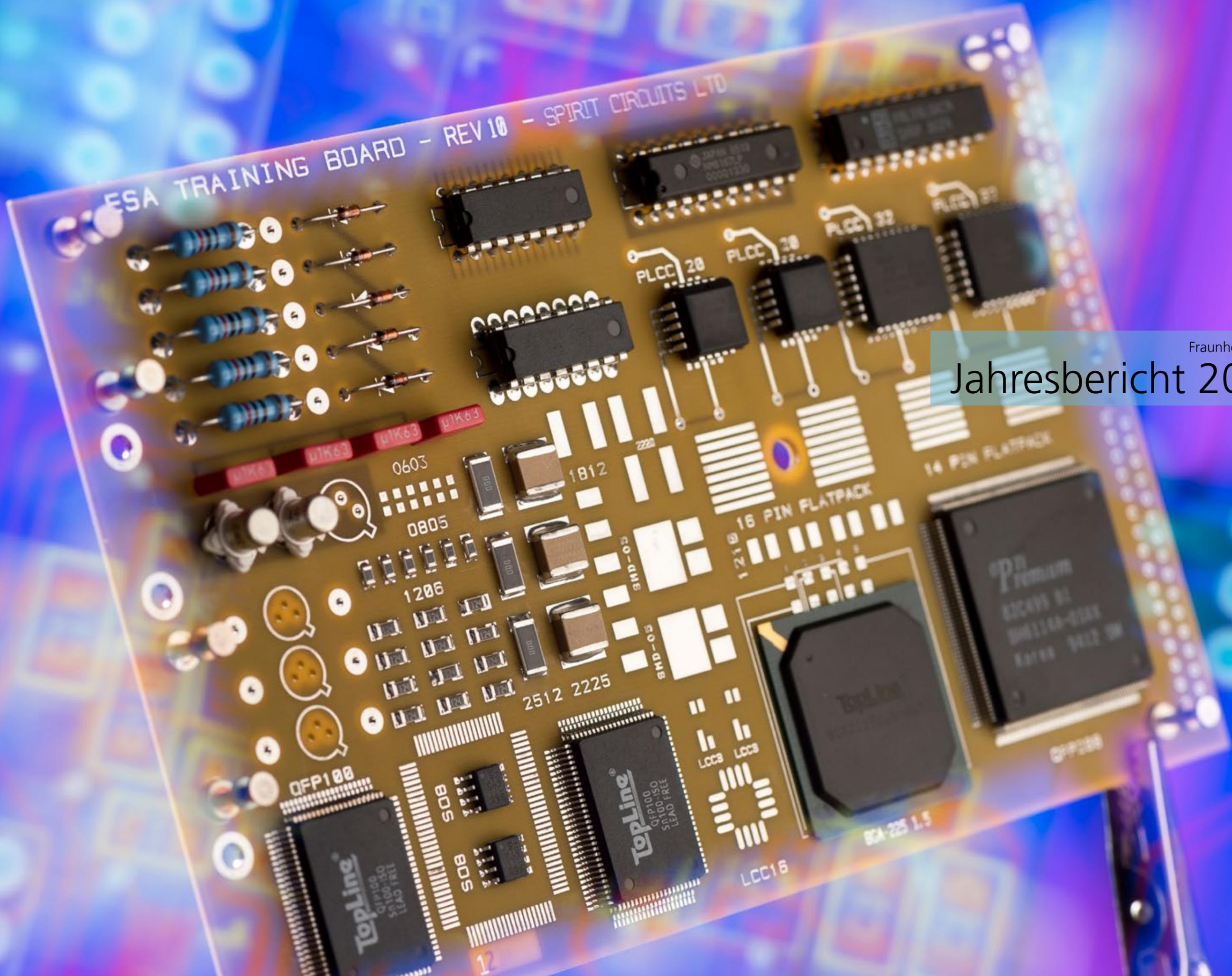
FRAUNHOFER-EINRICHTUNG FÜR MIKROSYSTEME UND FESTKÖRPER-TECHNOLOGIEN EMFT

**JAHRESBERICHT**

**2018**



ESA TRAINING BOARD - REV 10 - SPIRIT CIRCUITS LTD



Fraunhofer EMFT  
Jahresbericht 2018



---

## VORWORT

---

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

wenn ich das vergangene Jahr in zwei Worten zusammenfassen müsste, würde ich sagen:  
»Vielfalt gewinnt«.

Wir konnten mit unserem durchaus sehr breiten F&E-Portfolio bei unseren Kundinnen und Kunden punkten: Fünf unserer sieben Abteilungen haben in 2018 bei den Wirtschaftserträgen die 500.000 €-Marke geknackt. Diese Zahlen zeigen, dass unsere Themen »ankommen« und geben der Fraunhofer EMFT eine grundlegende Stabilität.

Für unsere Strategie, die Fraunhofer EMFT stärker auf Gesamtlösungen als auf Einzeltechnologien auszurichten, sind interdisziplinäre Zusammenarbeit und ein vielseitiges Partnernetzwerk essentielle Faktoren. Der Blick über den eigenen Tellerrand und die Integration verschiedener Perspektiven sorgen immer wieder dafür, dass wir zu innovativen und gleichzeitig praktikablen Lösungen kommen.

Getragen wird dieser Erfolg von einer bunten, internationalen Belegschaft. Ich bin überzeugt, dass gerade diese soziale und kulturelle Vielfalt die Forschungsarbeit der Fraunhofer EMFT extrem bereichert. Besonders freut es mich in diesem Zusammenhang, dass wir im vergangenen Jahr – vor allem im Bereich der Mikrosystems – überdurchschnittlich viele neue wissenschaftliche Nachwuchskräfte mit an Bord holen konnten: Wir sind gespannt auf eure Ideen!

Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, wünsche ich nun eine spannende Lektüre unseres Jahresberichts – und wie immer freue ich mich über Ihr Feedback oder Ihre Anregungen.

Herzlich,

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

# INHALTSVERZEICHNIS

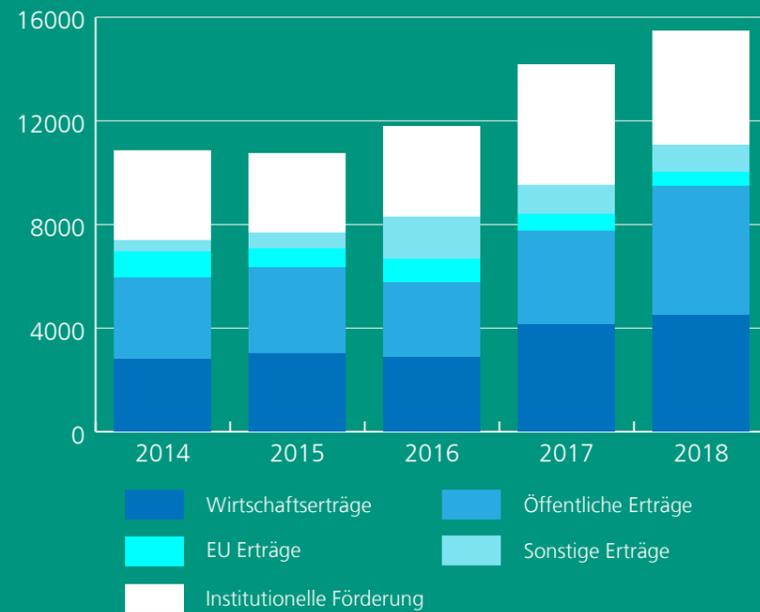
<b>Fraunhofer EMFT</b>	<b>8</b>
Zahlen und Fakten	10
<b>Kompetenzfelder</b>	<b>12</b>
Innovative Sensorlösungen	14
Mikrodosierung	15
Sichere Elektronik	16
Produktionsnahe Mikrotechnologien	17
<b>Projektbeispiele und Anwendungen</b>	<b>18</b>
<b>Dienstleistungs- und Technologieangebot</b>	<b>38</b>
Fraunhofer EMFT Dienstleistungsangebot	41
Fraunhofer EMFT Technologieangebot	42
<b>Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE</b>	<b>44</b>
<b>Kunden und Kooperationen</b>	<b>48</b>
Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD)	50
Leistungszentrum »Sichere Vernetzte Systeme«	52
Im Gespräch mit Prof. Dr. Peter Kücher	54
Universitäten	56
<b>Besondere Ereignisse</b>	<b>58</b>
Highlights	61
Veranstaltungen	62
<b>Nachwuchsförderung</b>	<b>64</b>
Karriere an der Fraunhofer EMFT	66
Angebote für Schülerinnen und Schüler	70
<b>Wissenschaftliche Aktivitäten</b>	<b>72</b>
Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Vorträge	74
Bachelorarbeiten	78
Masterarbeiten	79
Promotionen	80
Patente	82
<b>Kontakt</b>	<b>84</b>
<b>Impressum</b>	<b>89</b>

A wide-angle photograph of a modern, multi-story office building with a white facade and a grid of windows. The building is surrounded by a courtyard with several young trees and a paved walkway. The sky is blue with scattered white clouds. A teal banner is overlaid on the top left of the image.

FRAUNHOFER EMFT

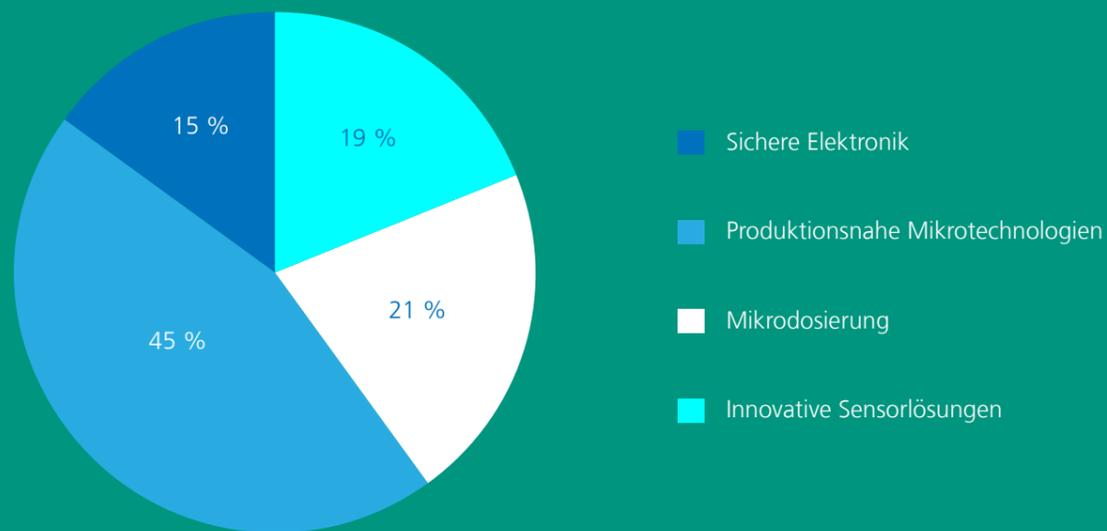
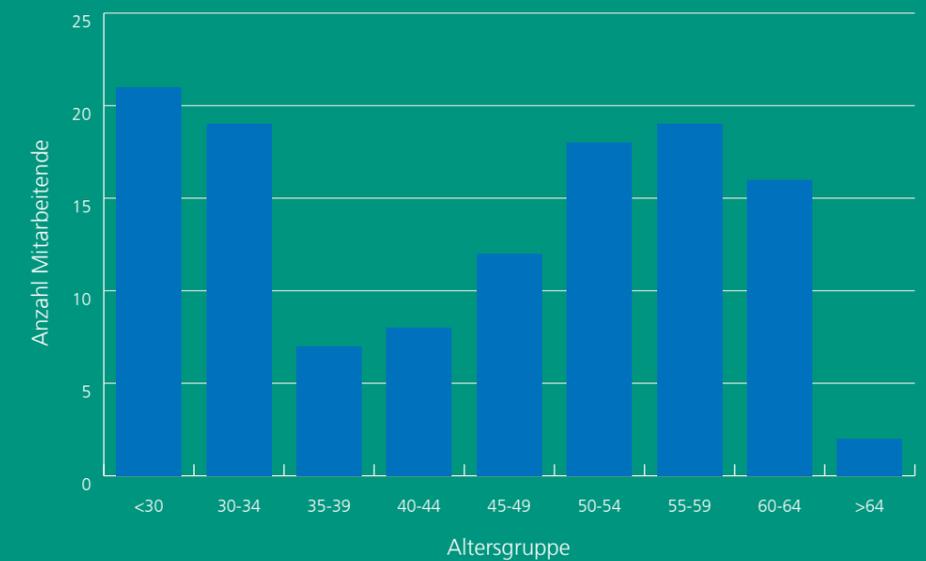
# ZAHLEN UND FAKTEN

Der Gesamthaushalt der Fraunhofer EMFT betrug in 2018 15,5 Mio. Euro. Dabei generierten die Industrienaufträge ein Gesamtvolumen von ca. 4,5 Mio. Euro, was einem Anteil am Gesamthaushalt von 30,7 % entspricht.

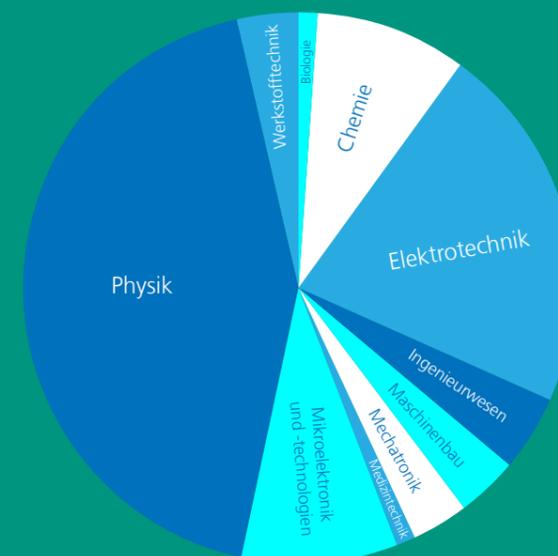


In 2018 beschäftigte die Fraunhofer EMFT 122 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Davon arbeiteten 97 Personen im wissenschaftlichen Bereich und 25 Angestellte im Bereich Verwaltung, Marketing, EDV und Technik. Zusätzlich waren 64 studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte aus den verschiedensten Institutionen an der Einrichtung tätig, um ihre Diplom- oder Masterarbeit zu erstellen und im Rahmen der Forschungsthemen der Fraunhofer EMFT mitzuarbeiten. Die Fraunhofer EMFT beschäftigte zudem noch drei Auszubildende.

Die nebenstehende Grafik zeigt die Alterstruktur an der Fraunhofer EMFT. Das Durchschnittsalter über alle Mitarbeitenden liegt bei 44,86 Jahren.

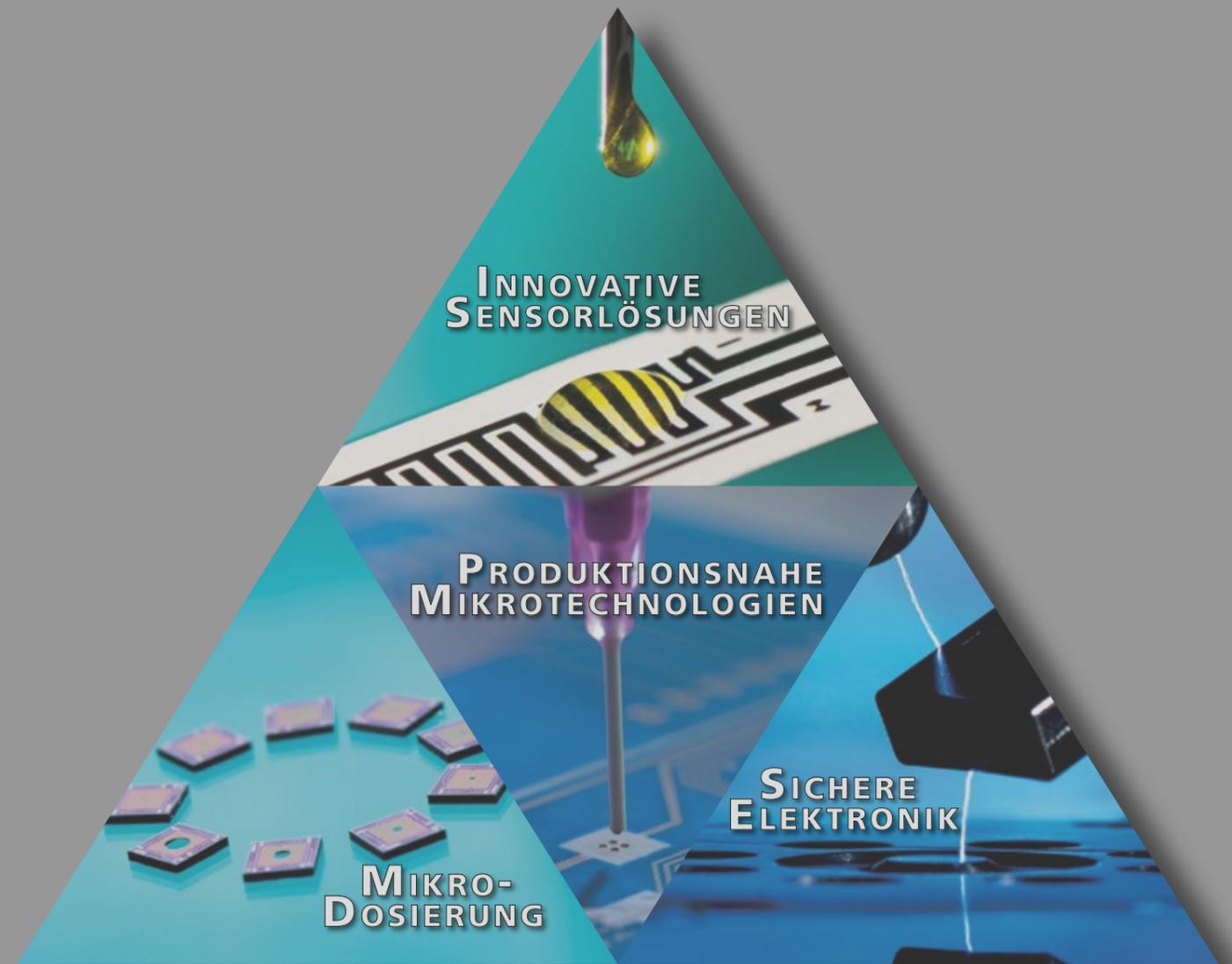


In 2018 wurden an der Fraunhofer EMFT insgesamt 105 Projekte bearbeitet. Die Grafik zeigt die prozentuale Verteilung der Projekte auf die Kompetenzfelder der Fraunhofer EMFT.



Verteilung der Fachrichtungen an der Fraunhofer EMFT: Es wurden die Studienabschlüsse der Mitarbeitenden im wissenschaftlichen Bereich gezählt (ähnliche Studiengänge sind zusammengefasst). Ein Schwerpunkt liegt in den Fachbereichen Physik und Elektrotechnik.

KOMPETENZFELDER





## 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.

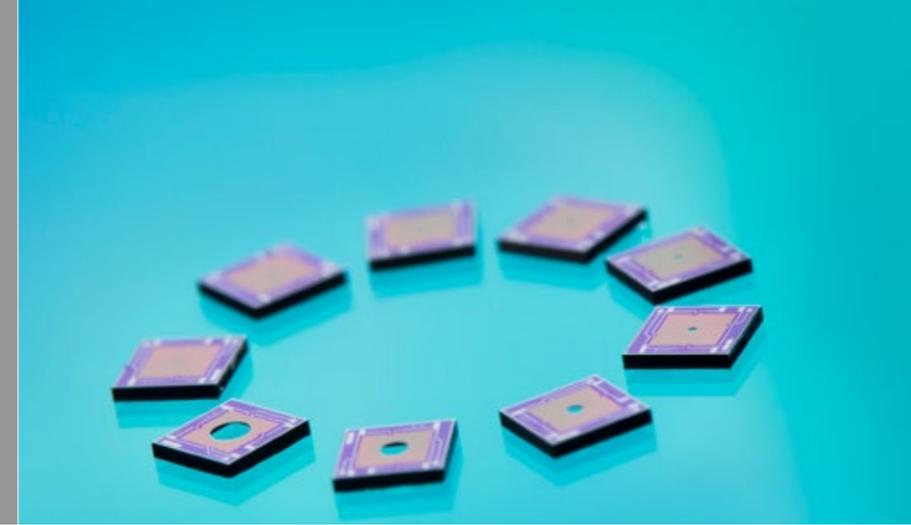
Ein Forschungsschwerpunkt der Fraunhofer EMFT sind innovative Sensorlösungen, die individuell auf die Bedürfnisse und Anforderungen unserer Kundinnen und Kunden maßgeschneidert werden. Mit ihrem breiten technologischen Know-how entwickeln die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Fraunhofer EMFT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

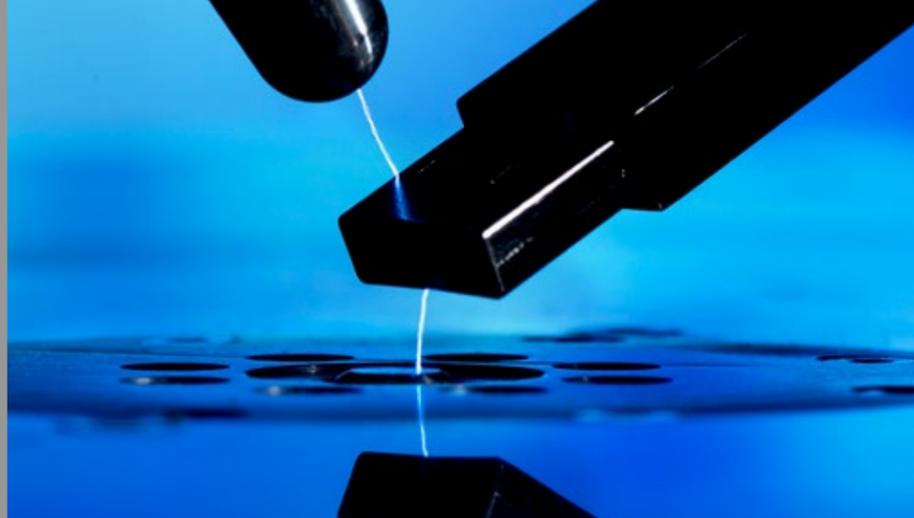
Die Fraunhofer EMFT verfügt über ein Portfolio an Silizium- und Edelstahl- und Titanmikropumpen, die für unterschiedliche Einsatzgebiete konzipiert sind. Ein Hauptfokus der F&E-Aktivitäten im Bereich der Silizium-Mikropumpen liegt in deren weiterer Miniaturisierung. Ziel ist es, dadurch die Herstellungskosten 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



Detailansicht eines Folien-systems zur Temperaturmessung während der Prozessierung

## 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 100 % 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>

## 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 flexible, 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.

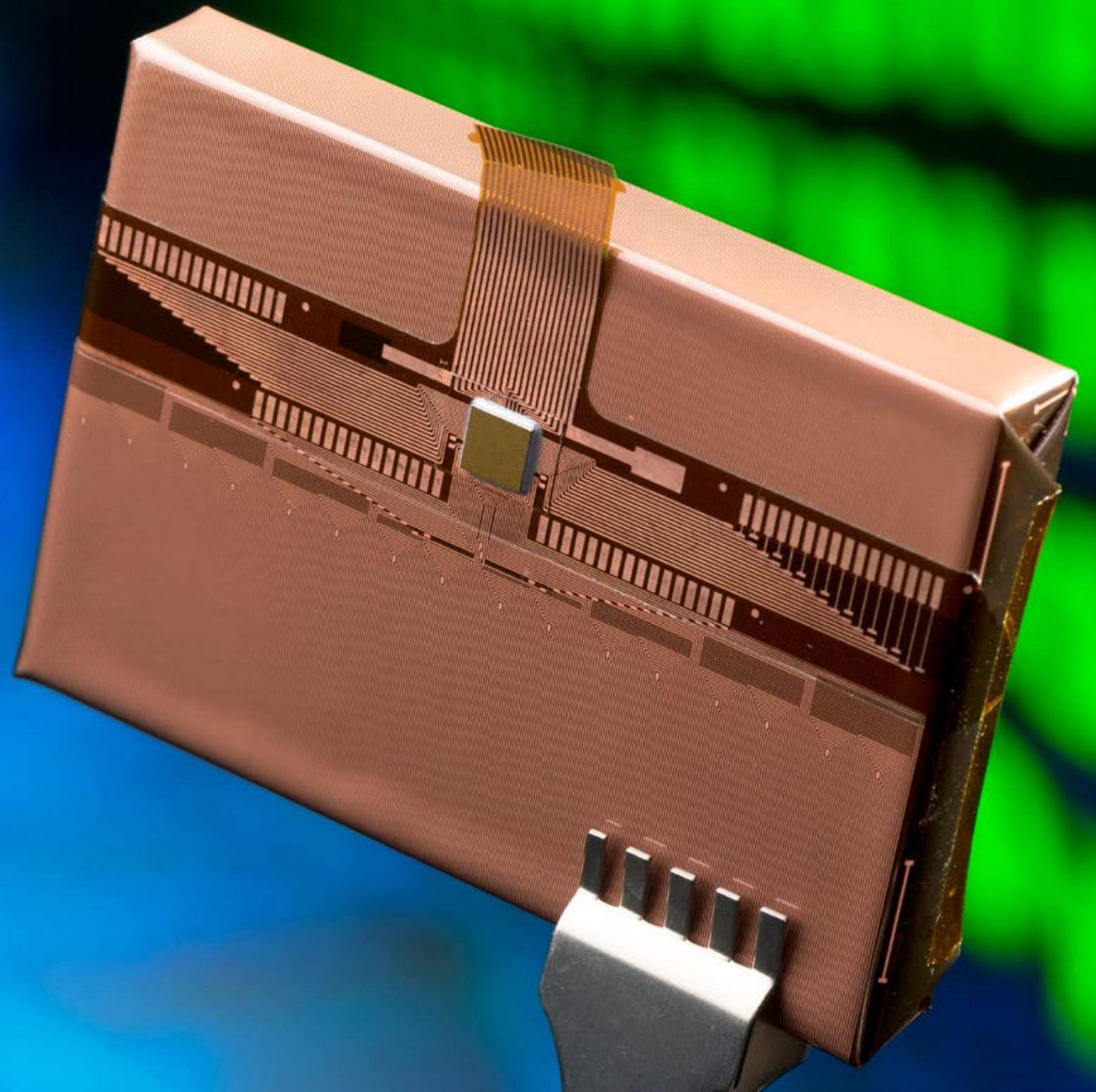
**IC Design:** Sehr spezifische Anwendungen oder die Erschließung neuartiger Funktionen und Einsatzgebiete, weitere Miniaturisierung, bessere Energieeffizienz, niedrigere Herstellungskosten oder höhere Zuverlässigkeit verlangen oftmals nach neuen IC-Designs, die in dieser Form am Markt nicht erhältlich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



*Manipulationsschutzfolie, die um ein Elektronikgehäuse gewickelt wurde*



Sichere  
Elektronik

### Ausfallsichere Elektronik für's 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.

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.



Drahtloser intelligenter Leiterplatten-Steckverbinder zur kontinuierlichen Messung von Kontakttemperatur und Strombelastung des einzelnen Kontaktes als Basisdaten für vorbeugende Wartung

### Elektrische Anschlussstechnik als intelligente Diagnoseschnittstelle

Ob im Automobil – gerade in Hinblick auf das autonome Fahren – oder in der Produktion von morgen: Steckverbinder und elektrische Anschlussstechnologien spielen eine zentrale Rolle für die digitale Vernetzung: Sie sind die Hauptschnittstelle zwischen Maschinen, Steuerungen und Datenverarbeitungsanlagen und bilden somit die Grundlage für Funktionalität, einfache Handhabung und Zuverlässigkeit der Automatisierungstechnik. Forschende der Fraunhofer EMFT in Oberpfaffenhofen arbeiten an einer völlig neuen Generation aktiver, »intelligenter« Steckverbinder, so genannter *Cyber Physical Connector* (s. Bild oben). Ziel ist es, miniaturisierte Sensorsysteme in die Stecker zu integrieren, um unter anderem die Verbindungsqualität überwachen zu können. Noch weiter geht die Idee, dass die eingebauten Sensoren eine Art Condition Monitoring für die angeschlossenen Geräte übernehmen und etwa den Energieverbrauch erfassen.

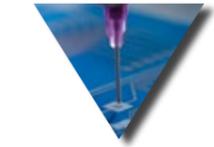
Damit die Sensoren effizient eingesetzt werden können, müssen ihre Daten direkt im Steckverbinder umgewandelt und ausgewertet werden. Die damit einhergehende Anforderung an die Miniaturisierung und Integration von Sensoren ist der Schwerpunkt der F&E-Aktivitäten. So darf die Miniaturisierung nicht zu Einbußen bei der Qualität oder Lebensdauer führen. Zudem müssen die teils heterogenen Komponenten zu einem zuverlässig funktionierenden Gesamtsystem zusammengefügt werden. Sowohl bei der Miniaturisierung als auch bei der Integration setzen die Forscherinnen und Forscher auf innovative Lösungen aus dem breiten Technologie-Portfolio der Fraunhofer EMFT: Dazu gehört z.B. die Folientechnologie, die das Einbetten von Halbleitern und Sensoren in extrem enge Spalten bzw. kleine Volumina erlaubt. Damit kann die angestrebte Integration von Sensorik in Schnittstellen, wie Stecker oder Einpresskontakte, effizient unterstützt werden.

Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie unter dem Förderkennzeichen AZ 43-6622/532/4 gefördert.

### Biosensoren detektieren Pflanzenviren

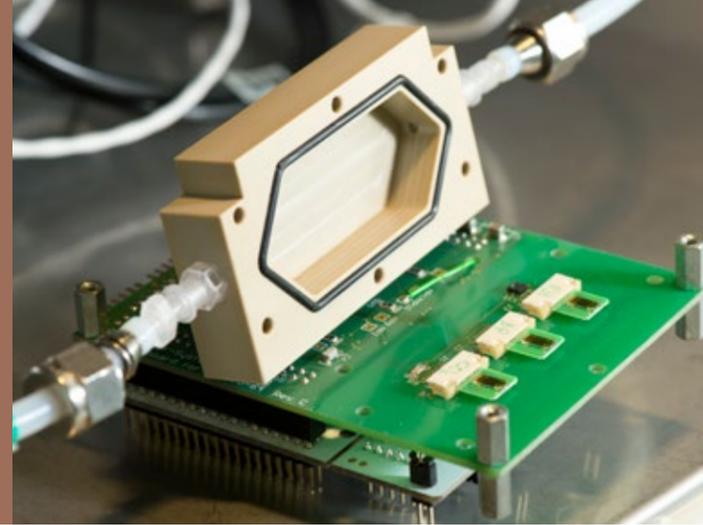
Pflanzenviren verursachen jährlich wirtschaftliche Verluste von mehreren Milliarden US-Dollar. Die oftmals unspezifischen Symptome einer Virusinfektion und die große Variabilität der Genome von Pflanzenviren machen zuverlässige Diagnosen zu einer Herausforderung. Im Falle einer Infektion ist zudem schnelles Handeln gefragt, um eine Ausbreitung zu verhindern. Entsprechende Analysen, etwa ein einstufiger gleichzeitiger Nachweis verschiedener Viren in einer infizierten Pflanze, sind jedoch mit handelsüblichen Diagnosekits immer noch schwierig, wenn nicht gar unmöglich.

### Produktionsnahe Mikrotechnologien



Innovative  
Sensorlösungen





Kapazitäts- und Widerstandsmessungen  
mit dem Evaluation Kit

Im Fraunhofer-internen Projekt *BioPat* arbeiten Forschende der Fraunhofer EMFT gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME sowie dem Fraunhofer Center for Systems Biotechnology CSB an der Entwicklung von hochspezifischen und robusten In-field-Sensorbauelementen zur Erkennung von Pflanzenkrankheiten. Mit Hilfe der neuartigen Biosensoren will das Team eine einfache, schnelle und gleichzeitige Detektion sowie Differenzierung eines breiten Spektrums viraler Genome in einem frühen Stadium der Infektion ermöglichen. Im Rahmen von BioPat werden sich die Arbeiten auf die Analyse von Viren konzentrieren, die für die wichtigsten Nutzpflanzen in Chile und Deutschland – Weinrebe und Kartoffel – am relevantesten sind.

Sobald die neuartige Generation von Biosensoren etabliert ist, kann sie auch schnell an andere analytische Anforderungen angepasst werden. Dadurch eröffnet sich ein breites Anwendungsspektrum, von der Humanpathogendetektion über die Lebensmittelanalyse bis hin zur markergestützten Züchtung. Das Vorhaben wird direkt vom Fraunhofer-Vorstand unterstützt und gefördert.



Innovative  
Sensorlösungen

#### Entwicklung und Charakterisierung von High Performance-Gassensoren

Die Nachfrage nach sensitiven, stabilen und langlebigen Gassensoren steigt kontinuierlich – doch bisher am Markt verfügbare Sensoren können in der Regel nicht alle drei Anforderungen gleichermaßen erfüllen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Fraunhofer EMFT arbeiten an optimierten Lösungen für chemische Gassensoren, beispielsweise für CO<sub>2</sub>. Ein Ziel ist ein besseres Verständnis der Sensoreigenschaften, um für spezifische Anwendungen die am besten geeigneten Sensoren auswählen zu können. Darüber hinaus arbeitet das Team an der Entwicklung neuartiger Gassensoren, die über den derzeitigen Stand der Technik hinausgehen. Durch die enge Kooperation mit zwei Industriepartnern sollen die neuen Erkenntnisse schneller an den Markt transferiert werden.

In ihren F&E-Aktivitäten setzen die Forschenden verschiedene Schwerpunkte: Zum einen synthetisieren sie neuartige Materialien, sogenannte hybride organisch-anorganische Nanomaterialien, die eine hohe Sensitivität gegenüber spezifischen Gasen aufweisen, beispielsweise CO<sub>2</sub>. Um die Leistung kommerzieller und eigenentwickelter Sensoren umfassend zu testen, hat das Team außerdem einen Gasmessplatz an der Fraunhofer EMFT eingerichtet. Bei der Messanordnung werden die Sensoren unter dem Einfluss verschiedener Gase (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Aceton, Ethanol, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) charakterisiert. In der Klimagaskammer lassen sich eine Luftfeuchtigkeit zwischen 5% und 90% und Temperaturen von 0°C bis 100°C einstellen, dazu kann ein Gemisch aus bis zu drei Gasen ausgewählt werden. Mittels Impedanzspektroskopie

messen die Forschenden die elektrischen Eigenschaften der Sensoren in-situ unter verschiedenen Feuchtigkeitsniveaus.

Des Weiteren hat das Forschungsteam ein miniaturisiertes Evaluationskit entwickelt, welches die Gasmessanlage sinnvoll ergänzt (s. Bild oben). Mit dem kleinen, etwa handtellergroßen Gerät lassen sich die Ansprech- und Erholungszeiten der Sensoren exakt messen. Eine konventionelle Gasmessanlage ist dafür ungeeignet, da ein vollständiger Gasaustausch in der Prüfkammer in der Regel mehrere Minuten dauert. Die Vorrichtung besteht aus einem PEEK-Deckel, der mit einem Dichtring auf eine Leiterplatte geschraubt ist. Auf dieser sind drei Sensorbuchsen positioniert, um eine Gaswechselzeit und ein Messintervall von ca. 350 ms zu erreichen.

#### 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 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.

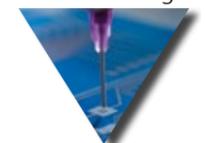
#### Hochleistungsmodule für das Internet of Things

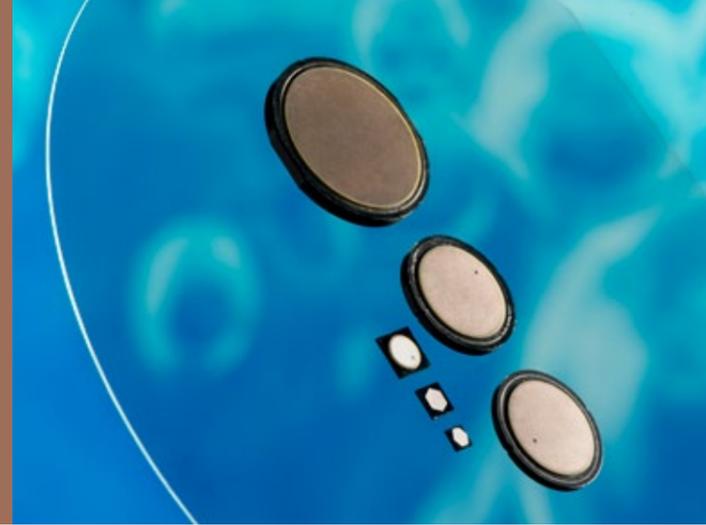
Wie lässt sich die Vision einer hochvernetzten Gesellschaft mit minimalen Auswirkungen auf zukünftige Energiressourcen realisieren? Eine mögliche Antwort liefert das Fraunhofer-Leitprojekt *Towards Zero Power Electronics*. Neun Fraunhofer-Institute bauen in dem Vorhaben eine Technologie- und Methodikplattform zur Realisierung von hochintegrierten, extrem energieeffizienten Modulen für das Internet of Things auf. Das ehrgeizige Ziel der Partnerinnen und Partner ist es, den Energie- und Ressourcenbedarf von Elektroniksystemen äußerst nachhaltig zu minimieren. Erreicht werden soll dies durch disruptive, international wegweisende Innovationen auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette: Von den Komponenten (z.B. Funk-Transceiver, Sensoren und Energiespeicher) über die Zusammenführung zu einem System (Modularisierung, Integrationsverfahren) bis hin zu den verwendeten Netzwerktechnologien. Im Rahmen dieses Projektes wird an der Fraunhofer EMFT ein mikrosystemtechnisch realisierbares gravimetrisches Messprinzip zur Partikelmassenmessung in einem hochintegrierten CMOS Sensorsystem mit einer extrem rauscharmen Auswertelektronik umgesetzt. Eine



Sichere  
Elektronik

Produktionsnahe  
Mikrotechnologien





Pumpenfamilie (Silizium, Metall und Titan)

bedarfsgesteuerte Medienzufuhr durch eine Mikroaktorik wird die Ansprechzeit und somit den Leistungsverbrauch des Partikelsensors deutlich reduzieren. Dieser Sensor wird somit mobile und autonome Anwendungen für die Luftgüteüberwachung unterstützen. Die beteiligten Partnerinnen und Partner bringen ein großes interdisziplinäres Kompetenzspektrum ein, das von Halbleitertechnologien über Designmethoden und Integrationstechniken bis hin zur umfassenden systemischen Effizienzbeurteilung reicht.

Die im Rahmen des Projekts entwickelten Lösungen sollen mithilfe der Technologieplattform auch Industriekunden und -kundinnen auf schnellem Wege zugänglich gemacht werden.

#### Industrialisierung von Edelstahl-Mikropumpen für die Medizintechnik

Hohe Förderraten oder extreme Miniaturisierung – mit ihrem umfangreichen Pumpenportfolio (s. Bild S. 25 oben) kann die Fraunhofer EMFT unterschiedlichste Anforderungen im Bereich Medizintechnik erfüllen. An der Einrichtung entwickelte, piezoelektrisch angetriebene Mikromembranpumpen aus Edelstahl etwa ermöglichen exakte Dosieraten bis zu 200 ml/min mit Luft und bis zu 80 ml/min mit Wasser. Das vielfältige Einsatzgebiet erstreckt sich dabei von Infusions- und Medikamentendosiersystemen bis hin zu lokalen Unterdrucktherapien zur Behandlung chronischer Wunden.

Zur Industrialisierung der Pumpen und zur technischen Weiterentwicklung hat die Fraunhofer EMFT im Oktober 2017 einen langfristigen Kooperationsvertrag mit der Rausch & Pausch GmbH geschlossen. Der weltweit führende Entwickler von hydraulischen und pneumatischen Ventilsystemen wird seine Erfahrungen aus dem Automobilsektor in Bezug auf Großserienfertigung und Qualitätsstandard einbringen und die Produktion der Pumpen übernehmen. Für RaPa ist die Partnerschaft ein entscheidender Schritt in den neuen Geschäftsbereich Medizintechnik.

#### Künstliches Sphinktersystem mit Mikrofluidaktoren

Inkontinenz zählt mittlerweile zu den Volkskrankheiten – allein in Deutschland leiden etwa 8 Millionen Menschen darunter. Gemeinsam mit der DUALIS MedTech GmbH arbeitet die Fraunhofer EMFT an einer neuen künstlichen Schließmuskelschließmuskeltechnologie, die eine Kombination aus Diagnostik und Therapie (Theranostik) erlaubt. Die Schließmuskelfunktion wird wie bei passiven Systemen durch das Öffnen und Abdrücken der Harnröhre mittels einer fluidgefüllten Manschette realisiert. Die Menge des Hydraulikfluids in der Manschette und damit die Verschlussfunktion wird im Gegensatz zu herkömmlichen Lösungen jedoch nicht manuell, sondern durch das Zusammenspiel aktiver mikroelektronischer Komponenten gesteuert: Eine

Mikropumpe ist für das Leeren, ein Mikroventil für das Füllen der Manschette zuständig. Beide Komponenten werden derzeit an der Fraunhofer EMFT entwickelt. Die Aktoren erfüllen für die Anwendung essentielle Anforderungen wie hohe Durchflussraten, bzw. eine schnelle Reaktionsfähigkeit, geringe Größe sowie einen geringen Energieverbrauch. Die Neuentwicklungen müssen sowohl korrosionsstabil als auch MRT-fähig sein.

Durch die Integration zweier Drucksensoren wird zudem sichergestellt, dass bei einer Überschreitung der Schwellwerte in Manschette und/oder Reservoir – etwa unvorhergesehenen Belastungen wie Husten oder Lachen – der Druck automatisch nachjustiert, so dass die Kontinenz jederzeit sichergestellt ist. Über eine Fernbedienung kann der behandelnde Arzt den gewebeschonenden Normaldruck jederzeit ohne Operation justieren. Auch der Patient kann so ganz einfach eine manuelle Anpassung des Manschettendrucks (z.B. durch vorgegebene Modi wie Sport-, Nachtmodus) vornehmen.

Die Entwicklung wird von der Bayerischen Forschungsförderung gefördert.

#### Mobile Spürnase für mehr als 60 umweltschädliche Gase

Viele Gase, die zur globalen Luftverschmutzung beitragen, sind durch Infrarotabsorption nachweisbar. Doch kommerzielle IR-Spektrometer sind meist unhandlich und teuer und können somit nur stationär im Labor betrieben werden. Ein Forschungsteam an der Fraunhofer EMFT entwickelt derzeit einen portablen IR-Multi-Gasanalysator für den mobilen Einsatz. Das kompakte System arbeitet bei Bedarf batteriebetrieben, die Messergebnisse lassen sich direkt auf Tablet oder Notebook übertragen und anzeigen. Auf diese Weise wird es möglich, Analysen direkt vor Ort durchzuführen, um beispielsweise Bodenkontaminationen oder Altlasten wie Lösemittel- oder Mineralölkohlenwasserstoff (MKW)-Schäden aufzuspüren.

Das Gerät arbeitet in den Wellenlängenbereichen von 3,1  $\mu\text{m}$  - 4,4  $\mu\text{m}$  sowie 5,5  $\mu\text{m}$  - 8,0  $\mu\text{m}$  und erfasst damit die Absorptionen von mehr als 60 schädlichen und umweltrelevanten Gasarten wie Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff oder Methan. Mit einer 200 mm langen Absorptionsstrecke, die durch  $\text{CaF}_2$ -Fenster gasdicht abgeschlossen ist, konnte das Entwicklungsteam einen guten Kompromiss zwischen Baugröße und Sensitivität des Gasanalysators erreichen. Dank einer internen Referenzgaserzeugung durch Filterung der Umgebungsluft benötigt das System keine synthetische Luft für den Betrieb. Durch zwei automatisch angesteuerte Membranpumpen werden nacheinander Referenz und Proben gas in die Absorptionsstrecke gefördert und spektral analysiert. Aus beiden Messungen wird anschließend das resultierende Absorptionsspektrum berechnet.



Mikro-dosierung



Mikro-dosierung



Innovative Sensorlösungen



Kontrolle verdeckter Lötverbindungen (BGA, PGA, QFN)



Innovative  
Sensorlösungen

Zur Steuerung des Gesamtsystems und der Datenanalyse haben die Forschenden eine eigene Software entwickelt. Über eine grafische Benutzeroberfläche können Anwenderinnen und Anwender Gasart, Wellenlänge der Absorptionsbande und dazugehörigen Extinktionskoeffizienten in eine Datenbank einpflegen, um Gaskonzentrationen quantitativ zu ermitteln. Die Funktionsfähigkeit des Systems wurde bereits für Kohlenstoffdioxid erfolgreich getestet.

#### Neues Sensorkonzept für FET-Transistoren

Feldeffekttransistoren werden als chemische oder biologische Sensoren für eine Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, denn sie haben einige entscheidende Vorteile: sie sind klein, lassen sich kostengünstig herstellen und brauchen nur wenig Energie. Forschende der Fraunhofer EMFT arbeiten an einem neuen FET-Sensorkonzept für Messungen sowohl in flüssigen als auch gasförmigen Medien. Der neuartige Aufbau soll das Packaging vereinfachen und flexiblere Messungen ermöglichen.

Konventionelle FET-basierte Gassensoren messen die elektrische Kontaktpotentialdifferenz zwischen dem Substrat und einer gegenüber angebrachten Sensorschicht. Dieser Aufbau ist bei Gasgemischen mit hoher Feuchtigkeit jedoch anfällig für Drifteffekte und hat aufgrund der endlichen Luftspaltdicke eine geringere Empfindlichkeit.

Anstelle dieser kapazitiven Struktur verwenden die Forschenden in ihrem neuen Konzept als Sensorelement einen miniaturisierten Faraday-Cup ( $600 \times 100 \mu\text{m}^2$ ,  $450 \mu\text{m}$  tief) mit einer eingebetteten, elektrisch vollkommen isolierten Floating-Elektrode. Das elektrische Potential des Cups ist genau definiert. Das Potential des inneren Volumens, bzw. auf der Innenfläche, kann sich hingegen aufgrund von Umwelteinflüssen ändern – beispielsweise durch die Ladung einer Flüssigkeit oder durch physikalische oder chemisch bedingte Ladungsänderungen in einer gassensitiven Schicht. Diese Ladungsänderungen können von der Floating-Elektrode detektiert werden, die wiederum mit dem Gate eines Auslesetransistors verbunden ist.

Mit den an der Fraunhofer EMFT entworfenen und hergestellten Bauelementen konnte das Entwicklungsteam bereits zeigen, dass sich dieses Bauteil sowohl als pH-Sensor in Flüssigkeiten als auch als Gassensor für die  $\text{CO}_2$ -Detektion einsetzen lässt. Das Projekt wurde durch das Discovery-Programm der Fraunhofer-Gesellschaft (Fördernummer Discover 827100) gefördert und im Rahmen eines Forschungsauftrages für den Industriepartner LFoundry S.r.L. realisiert.

#### Raffungsmodell für mechanisch bedingte Materialschädigung

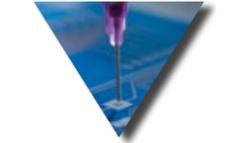
Die Einpresstechnik ist in der Antriebstechnik eine interessante Alternative zu anderen elektrischen Kontaktierungsverfahren wie Löt-, Schraub- oder Klemmverbindungen. Die Vorteile sind ein minimaler Platzbedarf, die Möglichkeit der Reparierbarkeit und eine potenziell zehn- bis hundertfach geringere Ausfallrate. Während des Einpressvorganges entsteht eine Berührungszone zwischen dem Press-Fit-Kontakt und der Kupferhülse in der Leiterplatte. Diese Berührungszone bildet durch den Druck, der durch die Verformung des Press-Fit-Kontakts beim Einpressen entsteht, nach etwa 24 Stunden eine gasdichte und korrosionsbeständige Kontaktzone 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 bzw. zum Ermüdungsversagen der Kaltverschweißungszone. Das bedeutet, dass sich die Kaltverschweißung durch Rissbildung und Risswachstum löst. Gemeinsam mit dem Institut für Werkstofftechnik und dem Institut für Antriebs- und Fahrzeugtechnik, beide an der Universität Kassel, arbeiten Forschende der Fraunhofer EMFT an einem geeigneten Raffungsmodell, um die Entstehung dieser unerwünschten Effekte besser zu verstehen.

Das Team der Fraunhofer EMFT baut im Rahmen des Vorhabens 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 Team der Universität Kassel beschäftigt sich nach einer eingehenden mechanischen Analyse und Simulation mit der Entwicklung eines Raffungsmodells. Dieses Modell soll anschließend an einer praxisnahen, aus Sicht der Industrie interessanten Oberflächenmaterialkombination von Press-Fit-Kontakt und Kupferhülse in den Laboren der Fraunhofer EMFT validiert werden.

Das Forschungsvorhaben wird von der AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e.V. gefördert (IGF-Antrags-Nr.: N 09826/16, FVA-Nr. 618 II »Raffungsmodelle II«).

#### Produktionsnahe Mikrotechnologien





Innovative  
Sensorlösungen

### Sichere vernetzte Sensorik im Gesundheitsbereich

Für das Gesundheitswesen bietet das Internet of Things (IoT) ein riesiges Potenzial – von der Diagnostik über die Patientensicherheit bis hin zu optimierten logistischen Prozessen. 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 Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 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 wird durch das EUREKA-Cluster PENTA mit 5,1 Mio. € gefördert, davon 67% durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF.



Mikro-  
dosierung

### 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 Partnerinnen und Partnern aus zwölf Ländern führte offene Technologieplattformen für Miniaturisierung, In-Tip-AD-Wandlung, drahtlose Kommunikation, MEMS-Wandler-Technologie und Kapselung ein. Die Plattformen haben den Vorteil, dass sie für mehrere Benutzer und Anwenderinnen offen sind. Somit lässt sich die Leistung »smarter«



Justiertes Laminieren von Folienkomponenten  
auf Trägersubstrat

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 die ECSEL-Initiative (Electronic Components and Systems for European Leadership) unter der Nummer 783132 gefördert.

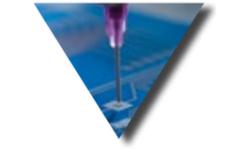
### Systemintegrationstechnologien für multifunktionale, folienbasierte Elektroniksysteme

Elektroniksysteme im Internet of Things (IoT)-Zeitalter müssen gesteigerte Funktionalität sowie hohe Vernetzungs-fähigkeit, Energieeffizienz und Zuverlässigkeit aufweisen. Daher müssen die meist heterogenen Bauteile auf möglichst immer kleinerem Raum integriert werden. Um die Innovationsdynamik in der Mikroelektronik durch diese Multifunktionalität weiter zu steigern, müssen grundlegende Technologien der Systemintegration fortentwickelt und für die industrielle Herstellung künftiger Elektroniksysteme nutzbar gemacht werden.

Im Rahmen des Verbundprojektes *ADAMOS* arbeiten Forschende der Fraunhofer EMFT gemeinsam mit Partnerinnen und Partnern aus Wissenschaft und Industrie an neuen Systemintegrationstechnologien für multifunktionale folienbasierte Elektroniksysteme (s. Bild oben). Dazu muss ein adaptives Laser-Strukturierungsverfahren für die Chip-Kontaktierung und die Anpassung der Rolle-zu-Rolle-Lithographie an mehrere Meter lange Sensorstreifen erforscht und entwickelt werden. Der Projekterfolg soll über die Integration von Sensormodulen auf Folienstreifen für autonome Sensorknoten und Strömungsmessungen an Windrädern sowie funktionale Chip-Folien-Systeme für fluidische Anwendungen in der Medizintechnik demonstriert werden. Die Fraunhofer EMFT stellt für die gemeinsamen Arbeiten ihre Rolle-zu-Rolle Folientechnologie zur Verfügung und realisiert mithilfe der neuen adaptiven Laserlithographie die Chipintegration für die drei Technologie-Demonstratoren.

Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF (Förderkennzeichen: 16ES0727).

Produktionsnahe  
Mikrotechnologien





Innovative  
Sensorlösungen

### Umweltanalytik für alle – Co-Creation mit der Maker-Szene

Die Bestimmung von Umweltparametern ist von großem öffentlichem Interesse. Beispiele sind die Wasserqualität, Lebensmittelinhaltsstoffe, der Nitrat- und Phosphatgehalt im heimischen Garten oder auch die Luftqualität vor der Haustür. Derartige Messungen sind in der Regel aufwendig oder/und benötigen aufwendiges Equipment, wie es nur in Fachlaboren zur Verfügung steht. Die ebenfalls zur Verfügung stehenden Messstreifen sind tendenziell ungenauer und nicht einfach mit webbasierten Methoden zu verbinden. Im Projekt *CitizenSensor – Umweltanalytik für alle* arbeitet ein Team der Fraunhofer EMFT zusammen mit Bürgerwissenschaftlern und –wissenschaftlerinnen daran, innovative und einfach anwendbare Messmöglichkeiten für Umweltparameter zu entwickeln. Als Einstieg für bürgerwissenschaftliche Aktivitäten auf diesem Hightech-Gebiet wird das Projekt eine Kernentwicklung für die chemische Sensorik verfolgen, die jedoch bewusst so offen gestaltet ist, dass sie während der gemeinsamen Arbeiten um neue Anwendungen oder Aufgabenstellungen erweitert werden kann.

Ein weiteres elementares Projektziel ist es, die Zusammenarbeit von Bürgerwissenschaftlern mit Forschungsorganisationen zu untersuchen und darauf basierend ein neues Kooperationsmodell zu schaffen. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 01BF1711B gefördert.

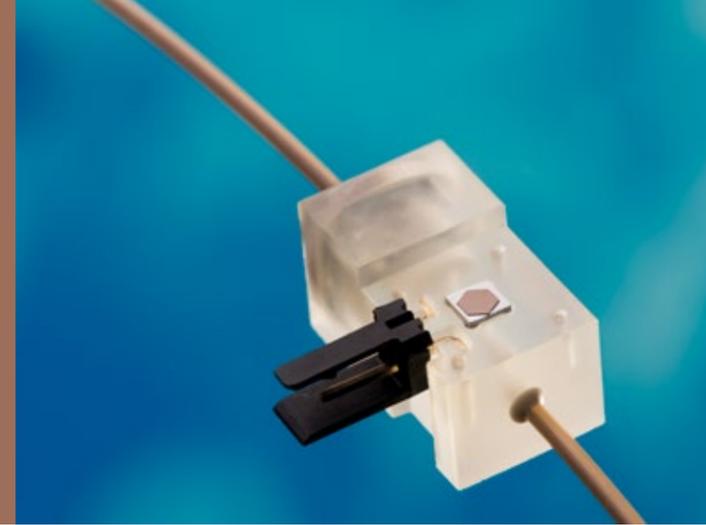


Sichere  
Elektronik

### Zustandsüberwachung von High-End Produktionsequipment

Die Zustandsüberwachung von High-End Produktionsequipment ist ein zentraler Aspekt von Industrie 4.0. Im Rahmen des Münchner Leistungszentrums »Sichere Vernetzte Systeme« arbeitet die Fraunhofer EMFT im Projekt *PAMP (Predictive Advanced Maintenance for Pumps)* gemeinsam mit der Edwards GmbH, dem Fraunhofer ESK und dem Fraunhofer AISEC daran, eine verbesserte Charakterisierung für die Zustandsüberwachung von Vakuumpumpen aufzubauen. Konkret geht es um hochwertige Vakuumpumpen, die in der Halbleiterproduktion im Verbund mit Prozessanlagen zum Einsatz kommen.

Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt darauf, den Zusammenhang zwischen Prozess- und Pumpenverhalten zu untersuchen. Die Implementierungsschritte umfassen beispielsweise ein Sensor-Setup für ausgewählte Pumpen im Fraunhofer EMFT Reinraum, um Daten aus verschiedenen Stellen an den Pumpen erfassen zu können sowie die Einrichtung eines angeschlossenen Sensorknoten-Netzwerks inklusive einer sicheren Internet of Things (IoT)-Infrastruktur. Um Auffälligkeiten in den Sensordaten zu erkennen, soll Machine Learning zum Einsatz kommen.



Kleinste Silizium-Mikromembranpumpe der Welt  
mit Abmessungen von  $3,5 \times 3,5 \times 0,6 \text{ mm}^3$

Dazu sind eine Datenfusion mehrerer Sensordaten zur Kombinations- und Mustererkennung sowie Softwarealgorithmen zur Erkennung spezifischer Instabilitätszustände erforderlich.

Ein weiterer Aspekt ist die verschlüsselte drahtlose Kommunikation zwischen den Geräten. Eine Remoteverbindung soll den Bedienenden in der Fabrik die Zustandskontrolle erleichtern. Dabei werden Informationen über den Istzustand einer Maschine auf Abruf zur Verfügung gestellt werden. Um bei der Datenübertragung einen unbefugten Zugriff zu verhindern, soll die Fraunhofer-Lösung »Industrial Data Space« eingesetzt werden. Sie gilt als die neue Referenzarchitektur für die Datenspeicherung im Bereich der vernetzten Industrieautomation (Industrie 4.0). Sensordaten verschiedener Einheiten innerhalb der Fabrik können in einer zentralen Datenbank gespeichert werden, der Zugriff auf diese Daten wird durch die Anwendung unterschiedlicher Richtlinien und Zugriffsrechte eingeschränkt.

### Die vierte Dimension: Duftstoffe halten Einzug in die virtuelle Realität

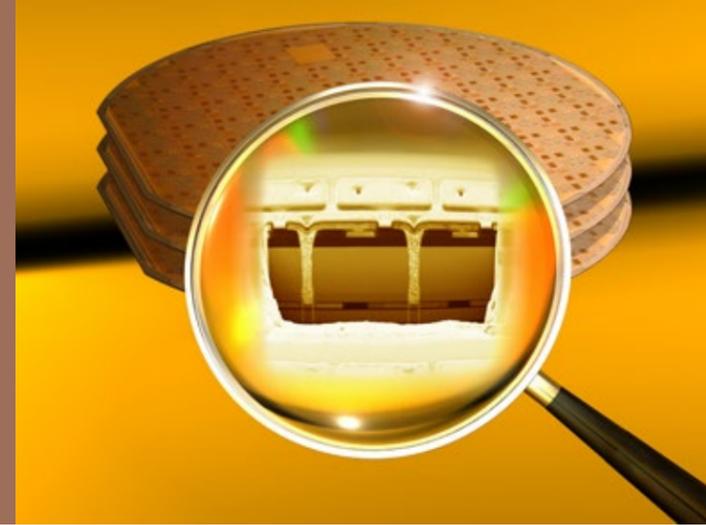
Mit den Augen eines Vogels die Welt zu sehen oder den tiefsten Punkt der Erde bereisen – dank Virtual-Reality (VR) geht das heutzutage auch ganz bequem vom Wohnzimmersofa aus. In diesen virtuellen Realitäten sind die Technologien für die Sinneswahrnehmung des Hörens und Sehens bereits nahezu perfektioniert. Jedoch fehlt dabei ein wesentlicher Sinn – die olfaktorische Wahrnehmung.

Im Projekt *Scent – Die vierte Dimension für Virtuelle Realität* entwickeln Forscherinnen und Forscher der Fraunhofer EMFT und des Fraunhofer IVV ein innovatives nasennahes Geruchsdosiersystem, welches mit jedem Atemzug neue Gerüche bereitstellen kann. Grundlage der gemeinsamen Arbeiten ist ein Designtool, welches neben den chemischen Eigenschaften der Geruchsstoffe auch die pumpenspezifischen Kenngrößen und die Dimensionen der Fluidikkomponenten beinhaltet. Bei definierten Eingabeparametern gibt das Tool für jeden einzelnen Geruchsstoff das benötigte Dosiervolumen aus, das aus dem Reservoir zur Nase gepumpt werden muss. Die Geruchsmoleküle liegen in einer Gasphase im Reservoir, für jeden Geruchsstoff wird dabei eine separate Einheit benötigt. Eine zentrale Voraussetzung, um dieses komplexe Dosiersystem zu realisieren, sind die extrem miniaturisierten Pumpen der Fraunhofer EMFT mit einer Größe von nur  $3,5 \times 3,5 \text{ mm}^2$  (s. Bild oben).

Neben den bereits erwähnten Fluidikkomponenten haben Forschende der Fraunhofer EMFT auch einen neuen Hochspannungstreiber für Mikropumpen entwickelt, welcher einkanalig bis zu vier Mikropumpen betreiben kann. Um Störgerüche zu vermeiden und wechselnde Gerüche in jedem Atemzug zu gewährleisten, wurde in dem Fraunhofer-internen Discover-Projekt



Mikro-  
dosierung



Innovative  
Sensorlösungen

(Fördernummer 835196) eine Atemzykluserkennung auf Grundlage eines Umweltsensors entwickelt. Dieses System detektiert mit ausreichend Vorlauf den nächsten Zeitpunkt des Einatmens. Damit kann die benötigte Menge an Geruchsmolekülen zu jedem Atemzug dosiert werden.

#### 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. Bislang muss man dazu in der Regel das Gewebe zerlegen, um auch an die tiefer liegenden Zellen heranzukommen.

Im Projekt *TissueSense* verfolgen Forscherinnen und Forscher der Fraunhofer EMFT 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. Da die Polymerträger eine poröse Struktur haben, treten die einzelnen Zellschichten nach dem Zusammenbau zu einem 3D Konstrukt miteinander in Kontakt und können Substanzen austauschen. 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 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 seit dem 01.07.2018 im Rahmen des Fraunhofer-internen Programms Discover gefördert, Fördernummer 027600628.

#### 3D-Integrationstechnologien für IoT-Anwendungen

Der Trend zum Internet of Things (IoT) macht die heterogene 3D-Integration (s. Bild oben) zu einer Schlüsseltechnologie, bringt aber auch Herausforderungen für die entsprechenden Prozesstechnologien, wie z.B. Wafer-Bonden, mit sich: Der immense Wettbewerbsdruck in IoT-Anwendungen verlangt nach immer kleineren, aber gleichzeitig leistungsfähigeren und robusten Systemen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, unterzeichnete die Fraunhofer EMFT im September 2016 eine Lizenzvereinbarung mit der XPERI Corp. und nahm mit ZiBond® und DBI® (Direct Bond Interconnect) zwei der modernsten 3D-Integrationstechnologien in ihr Leistungsportfolio mit auf.

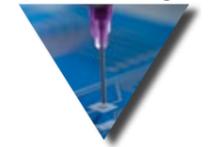
Beide Prozesse können bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen von ca. 200 °C durchgeführt werden, was sich positiv auf Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Bauteile auswirkt. Bei der DBI®-Technologie werden die Bauteile nach einer speziellen Vorbehandlung der verwendeten Kupfer- und Oxidoberflächen sowohl mechanisch als auch elektrisch verbunden. Da somit der aufwändige Prozess des Durchkontaktierens von Chips entfällt, können die Systeme kostengünstiger gefertigt werden – eine Grundvoraussetzung für den Zugang zu Massenmärkten wie der Consumer-Elektronik. Ein weiterer Vorteil: Die »Pitches« (Strukturbreite und Abstand) zwischen den Verbindungen betragen im günstigsten Fall nur noch 2 µm. Dies ermöglicht höchstintegrierte Systems-on-Chips mit enormer Leistungsfähigkeit. Von großem Interesse ist das für High-Performance-Anwendungen wie beispielsweise Prozessoren. Ein Trend in diesem Bereich sind so genannte Hybrid Memory Cubes – also Memory und Prozessor in einem 3D-Stapel integriert.

#### 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.

Produktionsnahe  
Mikrotechnologien



Innovative  
Sensorlösungen



Farbwechselbasiertes Frischemonitoring von Lebensmittel

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 Mikroelektronik-Komponenten für Datenerfassung und -übertragung. Die entstehende Plattform wird für unterschiedliche Benutzer zugänglich sein und legt den Fokus auf die Entwicklung von konkreten Anwendungen. Das Projekt wird im Rahmen des PENTA-Programms gefördert, Förderkennzeichen 16ES0815.

Da Frischemonitoring bei abgepackten Produkten besonders schwerfällt, arbeitet die Fraunhofer EMFT gemeinsam mit dem Fraunhofer IVV und Industriepartnerinnen und -partnern im Rahmen des Projekts *FRESH* an der Entwicklung einer Verpackungsfolie, die anhand ihrer Farbe den Frischegrad von Lebensmitteln anzeigt (s. Bild oben). Bei der Entwicklung werden 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 könnte ausblickend sehr positive Auswirkungen auf den Umgang mit Lebensmitteln haben. Nicht nur käme es zu einer Steigerung der Produktsicherheit, sondern auch zu einer Verringerung der Lebensmittelabfälle am Ende der Wertschöpfungskette. Denn die Sensorverpackung würde zuverlässig die genießbarkeit eines Lebensmittels feststellen, unabhängig von dem eventuell schon abgelaufenem Mindesthaltbarkeitsdatum.



Innovative Sensorlösungen

#### Assistenzsystem zur Glatteiserkennung

Glatteis und Aquaplaning verwandeln Straßen in gefährliche Rutschbahnen und können zu schweren Unfällen führen. Assistenzsysteme, die solche Straßenzustände erkennen und darauf reagieren – indem sie etwa automatisch die Geschwindigkeit reduzieren – könnten die Fahrzeugsicherheit deutlich erhöhen. Im Auftrag von Intel (gefördert im Rahmen des Leistungszentrums »Sichere Vernetzte Systeme«) arbeiten Forscher und Forscherinnen der Fraunhofer EMFT an einem visuellen Echtzeitsystem, das den Aggregatzustand von Wasser auf der Fahrbahn erkennt.

In Zusammenarbeit mit den Partnern EVONIK Resource Efficiency GmbH, Wipak Walsrode GmbH, Siegwerk Druckfarben AG & Co. KGaA, Albis Plastic GmbH und MuWe Fleischhandels GmbH und einer Förderung durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Förderkennzeichen 281 A100116) ist das Projekt auf dem besten Weg, zukünftig einen nachhaltigeren Umgang mit Lebensmitteln zu ermöglichen.

Der Haken an der Sache: Im sichtbaren Spektrum ist es – je nach Menge und Lichtverhältnissen – oft schwierig, Wasser von anderen Materialien zu unterscheiden. Um dieses Problem zu umgehen, nutzt das Entwicklungsteam den infraroten Spektralbereich für die visuelle Detektion. Anhand des Verhältnisses der Wassermolekül-Schwingungen zueinander können die Forschenden den Aggregatzustand von Wasser auf unterschiedlichen Oberflächen ableiten. Die Absorption von Licht spiegelt die Emission von Eigenschwingung des Moleküls wider und ist von Material zu Material unterschiedlich. Diese Emission kann aber nicht direkt gemessen werden, sondern wird aus den messbaren Größen (Reflexion oder Transmission) ermittelt. Um der Automobilindustrie eine wirtschaftlich attraktive Lösung anzubieten, testen die Forschenden, ob sich auch kostengünstige CMOS-Bildsensoren für die Detektion eignen, wie sie heute schon in Smartphone-Kameras zum Einsatz kommen. Zwar werden diese Sensoren hauptsächlich für sichtbares Licht eingesetzt, sind aber auch im Nah-Infrarot Bereich sensibel.

#### Innovatives Belastungsverfahren für verbesserten ESD-Schutz

Elektrostatische Entladungen begegnen uns im Alltag oft häufiger als uns lieb ist – manchmal reicht eine scheinbar harmlose Berührung eines Türgriffs, um die unangenehmen Entladungen zu spüren. Verglichen mit elektronischen Systemen und Technologien reagiert der Mensch noch unempfindlich, denn schon eine geringe Spannung kann vor allem bei High Speed Technologien schnell kleinere bis gravierende Schäden auslösen. Verstärkt wird diese Problematik noch durch den anhaltenden Trend der Miniaturisierung in der Mikroelektronik, was gleichzeitig zur Reduzierung der maximal zulässigen Entladungsspannung führt. Vor allem in der Umgebung einer automatisierten Produktion ist also ein verbesserter ESD-Schutz unbedingt erforderlich. Belastungsmodelle sollen dabei einzelne Bauteile auf ihre ESD-Festigkeit testen.



Sichere Elektronik

#### Intelligente Verpackung für Lebensmittel

Mit bloßem Auge können Verbraucher beim Einkauf nur selten die tatsächliche Frische eines Lebensmittels feststellen. Besonders leicht verderbliche Lebensmittel wie rohe Fleisch- und Fischprodukte sind jedoch sehr anfällig für mikrobielle Zersetzungsprozesse.

Jedoch stoßen gebräuchliche Testmethoden im Hinblick auf ihre Genauigkeit und Reproduzierbarkeit schon jetzt an ihre Grenzen, so dass genauere Messmethoden notwendig werden. Auf diese Herausforderung ließ sich nun die Fraunhofer EMFT in Zusammenarbeit mit Cisco im Rahmen eines Industrieprojekts ein, indem die standardisierte Methode Charged Device Model (CDM) mit einem innovativen Belastungsverfahren verglichen wurde. Mit dem sogenannten Capacitive Coupled Transmission Line Pulsing (CC-TLP) wurde an der Fraunhofer EMFT eine



Innovative Sensorlösungen



Zell- und Gewebeproben im 37 °C-Inkubator zur Untersuchung der Zellmigration

Methode entwickelt, welche eine genauere und zuverlässigere Messung erlaubt. Der große Vorteil dieses Messverfahren ist, dass man im Gegensatz zur CDM-Methode nicht mit unkontrollierbaren Luftentladungen konfrontiert wird, die eine realitätsgetreue Messung verhindern können. Somit ist beim CC-TLP Modell eine höhere Reproduzierbarkeit und Genauigkeit gegeben. Die Anwendung auf verschiedene Produktschaltungen zeigte sowohl im Hinblick auf die Ausfallschwelle als auch auf die Fehlersignatur eine sehr gute Korrelation mit dem CDM. Besonders nützlich ist auch die Möglichkeit, Schaltungen direkt auf einem Wafer testen zu können, so dass Schwächen im ESD-Schutz frühzeitig erkannt werden. Das CC-TLP Modell stellt also eine wertvolle Ergänzung zu standardisierten Messverfahren dar und kann in Zukunft sogar eine Alternative werden.

Das Projekt wurde von der Silicon Valley Foundation gefördert.



Mikro-dosierung

#### Autonomes Implantat für Krebsbehandlung

Wenn bei einer Krebserkrankung der Tumor metastasiert, verschlechtern sich die Heilungschancen des Patienten bzw. der Patientin erheblich. Besonders bedrohlich sind diese Absiedlungen bei bösartigen Tumoren, da trotz zahlreicher Versuche bis jetzt noch keine wirksame Behandlung gegen Metastasierung gefunden werden konnte. Einen neuen innovativen Ansatz verfolgte die Fraunhofer EMFT mit ihrem Partner im Rahmen des Industrieprojekts *µP Brain Test*. Die Zielsetzung des Projekts war es, die von der Fraunhofer EMFT entwickelte blasentolerante MEMS-Mikropumpe (TUDOS - Tumor Dosing) aus Silizium gegen die meningale Metastasierung als Herzstück eines autonomen Implantats bereitzustellen. Durch die metronomische Dosierung auf den Mikroliter wird so das therapeutische Niveau nicht verlassen, welches die Grundlage für eine ganz neu modernisierte und patientenschonendere Krebsbehandlung legt. Neben der exakten Untersuchung der Dosierstabilität im Langzeittest des gepumpten Zytostatikums wurde auch die Mikropumpen-Wirkstoff-Wechselwirkung erforscht und Mikropumpen für medizinische Untersuchungen vorbereitet. Dieser Fortschritt könnte in Zukunft ein entscheidender Ansatz sein, denn noch immer sind Metastasen im Überlebenskampf gegen Krebs der größte Gegner.

#### Degradationsprozesse frühzeitig erkennen

Ausfallsichere und zuverlässige Elektronik ist eine zwingende Voraussetzung für die Zukunftsvision vom autonomen Fahren. Forschende des Schulungs- und Analytikzentrums Oberpfaffenhofen entwickeln in einem Grundlagenprojekt einen bis dato unbekanntem Fail-Operational Ansatz für autonom fahrende Fahrzeuge. Mittels einer Online-Diagnose sollen sich anbahnende Fehler (Degradationsprozesse) eines elektronischen/elektrischen Systems dabei



Sichere Elektronik

frühzeitig (bereits vor Eintreten des Fehlers) erkannt werden. Um diese neuartige, vorausschauende Fehlererkennung zu realisieren, arbeitet das Forschungsteam an einer physikalischen Modellierung der Fehlerursachen und -auswirkungen von elektronischen Systemen. Im konkreten Vorhaben stehen dabei Energiebordnetz-Systeme - d.h. Versorgungsleitungen und Stromverteiler - im Fokus.

#### OptoMigration – ein hochpräziser und automatisierter Wundheilungsassay *in vitro*

In vielen physiologischen aber auch pathologischen Prozessen spielt die koordinierte Zellwanderung (Migration) eine wichtige Rolle. Die Wanderung metastasierender Tumorzellen beschreibt den wohl bedrohlichsten Fall einer pathologischen Migration. Folgerichtig ist ein Detailverständnis der Zellmigration von zentraler Bedeutung, um in der angewandten Forschung wirksame Gegenmaßnahmen gegen eine pathologische Zellwanderung zu entwickeln.

Die Untersuchung der Zellmigration erfolgt überwiegend in einer kontrollierten Laborumgebung (s. Bild oben) an kultivierten Zellmodellen (*in vitro*) auf Basis sogenannter Wundheilungsassays, bei denen die Wanderung einer Zellpopulation entlang ihres Wachstumssubstrates 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 Wunde einwandern können. Die dazu bislang bekannten und etablierten Assays sind funktionell, aber nur in sehr begrenztem Maße automatisierbar und nicht mit befriedigender Reproduzierbarkeit und hohem Durchsatz durchführbar. Das Projekt *OptoMigration* geht nun 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. Den Kern des Kompositmaterials bildet eine lichtempfindliche Schicht, die bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht eine toxische, chemische Spezies generiert, die an der Oberfläche des Substrates wachsenden Zellen lokal abtötet. 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 des Experimentators wird die Reproduzierbarkeit dieses Assays signifikant verbessern und eine Automatisierung erst möglich machen.

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



Innovative Sensorlösungen

Dienstleistungs- und  
Technologieangebot

Drug Delivery: Active  
Target Flow: 125.5 ml/h  
Measured Flow: 125.5 ml/h

*Geregeltes System aus Mikropumpe und Flusssensor zum  
hochgenauen Dosieren von Infusionslösungen und Medikamenten*



## 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



Zuverlässigkeitsprüfung von dünnen Chip-Folienpackages

## 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
- Halbleiterparameteranalysatoren
- 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

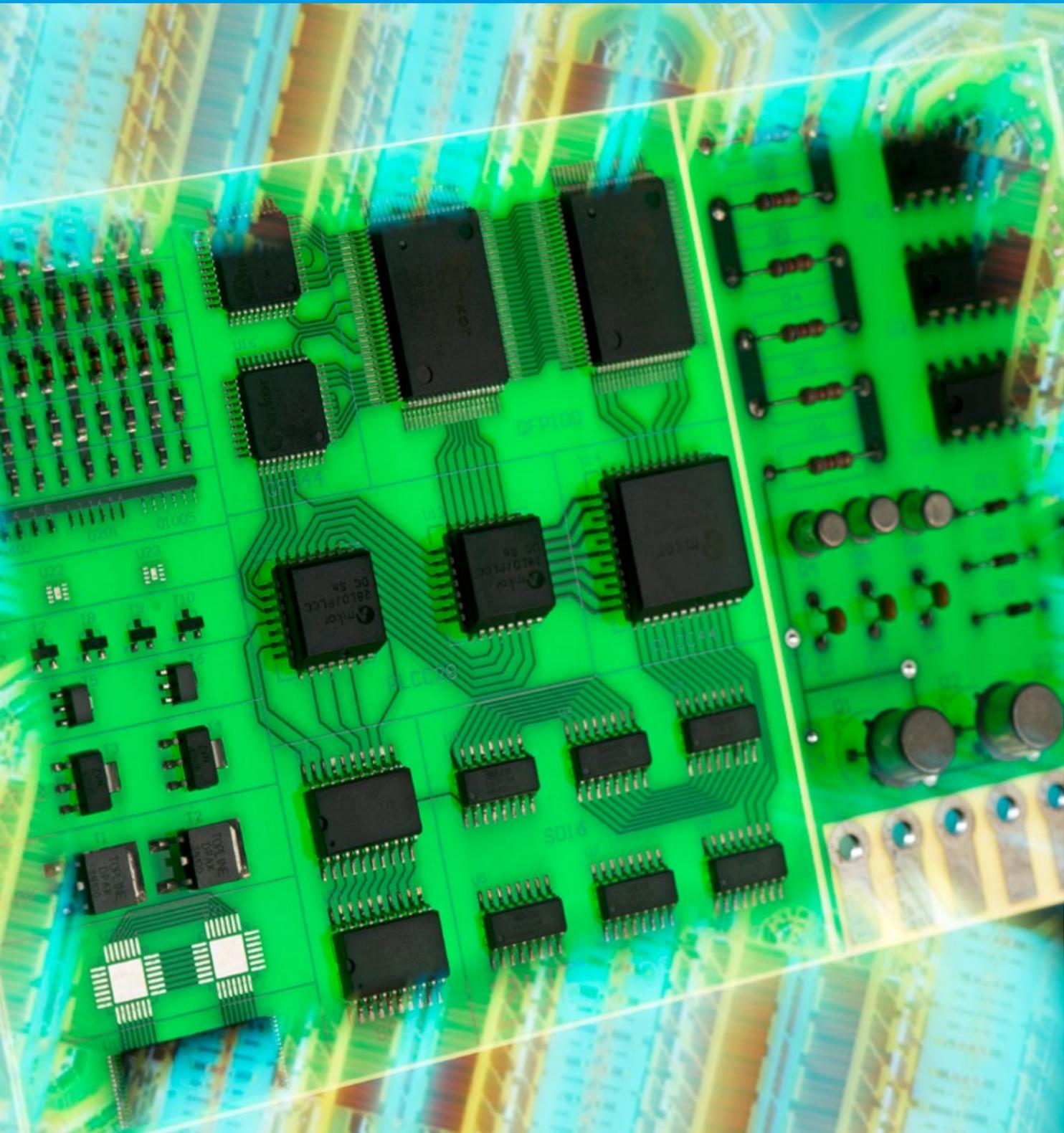
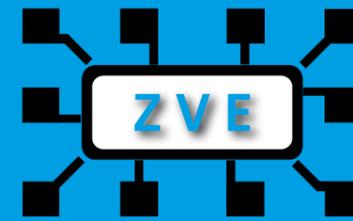
### Praxisräume zur Weiterbildung

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

GADE  
GO .171

ZENTRUM FÜR VERBINDUNGSTECHNIK  
IN DER ELEKTRONIK ZVE

NO GO .178  
M22520/23-03



## 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 und Crimpen haben nach wie vor ihren festen Platz in der Verbindungstechnik elektronischer Baugruppen. Beide Verfahren garantieren eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindungen. Das Zentrum für Verbindungstechnik ZVE in Oberpfaffenhofen hat sich in der Region mit seiner mehr als 30jährigen Erfahrung als wichtige Anlaufstelle für Schulung und Weiterbildung etabliert. Das ZVE ist sowohl von der European Space Agency ESA als auch von der Association Connecting Electronics Industries IPC als Ausbildungs- und Trainingszentrum akkreditiert und führt Lehrgänge mit anschließender Zertifizierung durch.

Das moderne Schulungskonzept der Oberpfaffenhofener trägt der Tatsache Rechnung, dass Lernen und Arbeiten in der heutigen Berufswelt kaum mehr voneinander zu trennen sind. Auch in klassischen Produktionsbetrieben hat der »Wissensarbeitende« längst Einzug gehalten. Eine 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 situationspezifisch und bedarfsorientiert abrufbar machen. Auch zur Vor- oder

Nachbereitung der Seminare kommen die Lern-Apps zum Einsatz. Das Themenspektrum der Angebote reicht von Herstellungstechnologien, 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 rauen 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 z.B. 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 Systemausfälle durch defekte Kontakte vermeiden.

KUNDEN UND KOOPERATIONEN





Prof. Christoph Kutter,  
Direktor der Fraunhofer EMFT

## FORSCHUNGSFABRIK MIKROELEKTRONIK DEUTSCHLAND (FMD)

### Bundesweit koordiniertes Technologie-Know-how aus einer Hand

Die Fraunhofer ist eines der 13 Mitglieder der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) – der mit über 2.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern größte standortübergreifende FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa. In dieser neuartigen Kooperation werden die Vorteile zweier starker dezentraler Forschungsorganisationen – der Fraunhofer-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft – mit den Synergien einer zentralen Organisation verknüpft zu der weltweit leistungsfähigsten Anbieterin für angewandte Forschung, Entwicklung und Innovation im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik. Durch die enge Verzahnung und das kohärente Auftreten kann die FMD somit nicht nur Kundinnen und Kunden aus der Großindustrie, sondern gerade den KMUs und Start-Ups einen umfassenderen und einfacheren Zugang zur nächsten Technologiegeneration bieten.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert den Aufbau der FMD mit insgesamt 350 Millionen Euro, hierbei hauptsächlich die Modernisierung der Forschungsausstattung der Institute. Mit dieser Förderung möchte das BMBF die Innovationsfähigkeit der Halbleiter- und Elektronikindustrie in Deutschland und Europa im globalen Wettbewerb stärken und unterstützt das Vorhaben mit der größten Investition in Forschungsgeräte seit der Wiedervereinigung Deutschlands.

Eineinhalb Jahre nach dem Projektstart am 6. April 2017 konnten bereits viele Anschaffungen für die Modernisierung der Laboranlagen an den deutschlandweit verteilten FMD-Standorten in Betrieb genommen werden. Die feierliche Inbetriebnahme einer ersten Integrationslinie erfolgte am 28. September 2018 im Rahmen des 1. FMD Innovation Day stellvertretend am Berliner Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM.

Etwa zur Halbzeit des Projekts sind die für die FMD geplanten Investitionen zu 45 Prozent erfolgreich erfüllt.

Der Aufbau der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland wird in einer zentralen Geschäftsstelle in Berlin koordiniert, wobei entsprechend der Intention einer virtuellen Organisation, weitere Standorte in Dresden und München etabliert wurden. Die FMD-Geschäftsstelle ist die zentrale Kontaktstelle für potentielle und bestehende Kundinnen und Kunden und ist somit eine wesentliche Treiberin der Geschäftsentwicklung im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik.

Um bundesweit koordinierte Technologie- und Systementwicklungen aus einer Hand anbieten zu können, hat man die technologischen Kompetenzen der Institute während der ersten Aufbauphase in sechs übergreifende Bereiche zusammengefasst und weiterentwickelt – die sogenannten Technologieplattformen »Microwave und Terahertz«/»Power Electronics«/»Extended CMOS«/»Optoelectronic Systems«/»Sensor Systems«/»MEMS Actuators«. In diesen Technologieplattformen bietet die FMD technologische Entwicklungen entlang der kompletten Wertschöpfungskette, von Systemdesign bis zu Test und Zuverlässigkeit, am Markt an.

Neben diesen technologisch orientierten Angeboten bietet die FMD auch institutsübergreifende Anwendungslösungen aus einer Hand an. Dies ermöglicht Kundinnen und Kunden kombinierte und optimierte Systemlösungen mit der FMD und ihren Instituten realisieren zu können. Hierbei wird in der Forschungsfabrik synergetisch mit den Geschäftsfeldern der Institute übergreifend zusammengearbeitet. So können wir als FMD unseren Kunden und Kundinnen eine größere Bandbreite an Anwendungslösungen anbieten.

Im letzten Jahr konnten in Kombination mit der FMD erfolgreiche Projektbeteiligungen etabliert und Aufträge abgeschlossen werden. Für das Jahr 2018 lassen sich bereits Projekte mit einem Volumen von 41,1 Millionen Euro auf Basis der FMD-Investitionen identifizieren, was einen großen Erfolg in dieser frühen Phase darstellt. Der Industrieanteil bei diesem Projektvolumen lag bei bereits 30 Prozent, was die Bedeutung dieser einzigartigen Kooperation der deutschen Mikroelektronikforschung für die Industrie unterstreicht.

Im Jahr 2019 geht die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland in eine nächste Phase über – nach dem Aufbau und der Strukturierung der Organisation wird nun der größte standortübergreifende FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa in Partnerschaft mit seinen Instituten seine Leistungsfähigkeit am Markt beweisen.



## LEISTUNGSZENTRUM »SICHERE VERNETZTE SYSTEME«

Das Leistungszentrum »Sichere Vernetzte Systeme« (LZ SVS) bündelt die fachliche Exzellenz der TU München, der Universität der Bundeswehr sowie der Fraunhofer-Institute AISEC, EMFT und ESK. Seit Juli 2017 bietet das Leistungszentrum am Standort München eine anwendungsorientierte und interdisziplinär ausgerichtete Plattform für branchen- und themenübergreifende, systematische Forschung und Zusammenarbeit mit einem Schwerpunkt auf den Internet of Things (IoT)-relevanten Bereichen Vernetzte Mobilität, Industrie 4.0 sowie Gesundheit an. Die Aspekte Hardwaresicherheit, Betriebssicherheit und Datensicherheit sind jedoch auch für viele weitere Branchen hochrelevant, weshalb das Leistungszentrum sein Angebot künftig sukzessive um weitere Anwendungsfelder erweitern möchte.

Der Anspruch der Leistungszentrums-Partnerinnen: Ihren Kunden umfassende und gleichzeitig benutzerfreundliche Gesamtlösungen zum Thema Cybersicherheit anbieten. Gerade für mittelständische Unternehmen besteht hier ein hoher Bedarf. Viele kleinere Betriebe haben selbst keine Kapazitäten, um das komplexe Thema allein zu stemmen. Andererseits sind sie aufgrund der rasanten technologischen Entwicklungen gezwungen, sich für die Bereiche Digitalisierung, Industrie 4.0 oder IoT zu öffnen, um im internationalen Wettbewerb mithalten zu können. Das Leistungszentrum bietet hier nicht nur professionelle Unterstützung, sondern kann dank seiner großen Kompetenzbreite auch individuell auf die Bedürfnisse von Kundinnen und Kunden eingehen. Dies schafft ein attraktives Angebot insbesondere für KMUs in der Region und stärkt damit den Wirtschaftsstandort Bayern.

Gleichzeitig setzt das Leistungszentrum aber auch überregional, bzw. international wichtige Akzente: Die Anwendungsprojekte des LZ SVS decken Gebiete wie Industrieautomatisierung und Automobil ab, in denen deutsche Firmen eine weltweite Spitzenstellung einnehmen. Diese Bereiche bedürfen jedoch dringend einer Digitalisierung. Das LZ SVS leistet dazu einen wichtigen Beitrag und stärkt durch Verbindung klassischer Industrien mit digitalen Technologien den Standort München – etwa in der Automobilbranche.

Gefördert und finanziert wird das Leistungszentrum vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, von der Fraunhofer-Gesellschaft und 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



Prof. Peter Kücher,  
Leiter Business Development

## »KÜNSTLICHE INTELLIGENZ BEGINNT AUF DER SENSOREBENE«

**Künstliche Intelligenz (KI), Big Data und Internet of Things (IoT) sind Buzzwords der Stunde – alles sehr softwarelastige Themen. Sind die goldenen Zeiten der Mikroelektronik vorbei?**

**Prof. Kücher:** Nein, sicherlich nicht, denn KI, Big Data und IoT beginnen auf der Sensorebene: Ohne Sensoren, die die Daten aufnehmen, die man verarbeiten will, ist die Intelligenz nicht vorhanden. Udo Martin Gomez hat es in seiner Keynote auf dem MST-Kongress 2017 schön auf den Punkt gebracht: Sensoren sind bereits heute die »hidden champions« des IoT.

**Welche Herausforderungen bringt das mit sich und was ist die Antwort der Fraunhofer EMFT darauf?**

**Prof. Kücher:** Sensoren für IoT sollen einerseits möglichst unsichtbar sein, aber gleichzeitig möglichst viel Nutzen für die Anwendung bringen: Man möchte heute besonders intelligente, kompakte Sensoren, die nicht mehr nur Daten aufnehmen, sondern diese am besten auch gleich verarbeiten. Dazu kommt, dass es für diese Sensoren auch keine wirkliche Basistechnologie mehr gibt, sondern – bedingt durch die immense Bandbreite an Anwendungen und individuellen Bedürfnisse der Kundinnen und Kunden – immer spezifischere und fragmentiertere Technologien. Auf diesen anwendungsspezifischen Bedarf müssen wir flexibel und schnell reagieren können. Wir brauchen – neben hohen Produktionsvolumina an Standardsensoren – zunehmend eine intelligente Fertigung nach dem Motto »sensors on demand«. Ein wichtiges Entwicklungsthema ist für mich die Sensordatenfusion: Durch die Verknüpfung der Ausgangsdaten verschiedener Sensoren können Informationen besserer Qualität gesammelt werden, was die Relevanz der generierten Daten enorm steigert.

Ein großes Potenzial für die Fraunhofer EMFT liegt meiner Ansicht nach in einer stärkeren Verbindung unserer Silizium- und Folientechnologie, womit wir künftig sehr innovative Lösungen für individuelle Wünsche der Kundinnen und Kunden entwickeln können – und zwar für unterschiedlichste Anwendungsbereiche. Wir haben ein gutes Netzwerk zu den wichtigsten Sensorherstellern und in gemeinsamen Entwicklungsprojekten können wir für unsere Kundinnen den jeweils am besten geeigneten Sensor finden. Dabei müssen wir auf eine sinn-

volle Balance zwischen eigener Fertigung und Entwicklungslizenzvereinbarungen mit anderen Firmen achten. Grundsätzlich muss uns aber auch klar sein, dass ein einzelnes Fraunhofer-Institut künftig nur selten die Antworten für die komplexen Anfragen der Industrie finden können wird. Von diesem Grundgedanken sind viele aktuelle Aktivitäten von Fraunhofer geprägt.

**Nennen Sie uns ein paar Beispiele?**

**Prof. Kücher:** Zunächst sind da unsere 17 Leistungszentren in ganz Deutschland. Dort arbeiten mehrere Institute gemeinsam an Projekten zu einem Thema und bündeln dazu ihre Kompetenzen. Hier in München haben wir das Leistungszentrum »Sichere Vernetzte Systeme«. Wir von der Fraunhofer EMFT bringen unser Schwerpunktthema Sensorik ein, während die Themen Kommunikationstechnik und Sicherheit durch die Institute ESK und AISEC repräsentiert werden. Viele Kunden erkennen schnell die immensen Vorteile in diesem Zusammenschluss, sodass Partnerinnen schnell von dem Konzept dieser Transferplattform überzeugt werden konnten. Ein weiteres Beispiel ist die Zusammenarbeit in der »Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD)« – auch ein Beispiel für eine effiziente Kooperation von Fraunhofer-Instituten zusätzlich mit zwei Instituten der Leibniz-Gesellschaft. Vernetzt sind wir auch durch Cluster, wie in Sensorik Bayern, eine strategische Partnerschaft, um auf regionaler Ebene vielversprechende Geschäftsbeziehungen pflegen zu können. Industrie-Kooperationen, wie beispielsweise beim Thema Mikropumpen, können in Zukunft ganz neue Ansätze für die Weiterentwicklung der Sensorik mit sich bringen.

*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.



Prof. Dr. Peter Kücher

### 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. Dr. 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. Dr. Sabine Trupp, Leiterin der Gruppe Sensormaterialien an der Fraunhofer EMFT, wurde 2015 als Habilitandin im Bereich Gassensorik an der Universität der Bundeswehr aufgenommen. Dr. Ronnie Bose, Leiter der Gruppe Polytronische Technologien an der Fraunhofer EMFT, habilitiert seit 2016 am Institut für Physik an der Universität der Bundeswehr München. Sein Forschungsgebiet umfasst die flexible Hybridintegration und Mikrosystemtechnologien.

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. Christoph Kutter



Prof. Dr. Ignaz Eisele



Prof. Dr. Linus Maurer



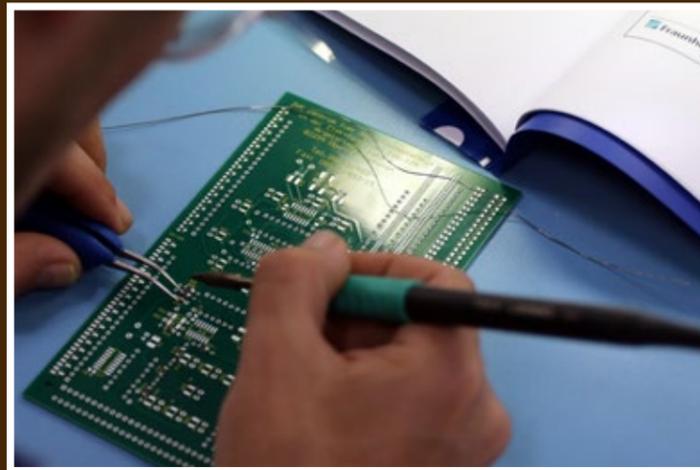
Dr. Sabine Trupp



Dr. Indranil Ronnie Bose

## BESONDERE EREIGNISSE





## HIGHLIGHTS

### 20 Jahre Handlöturse für Behindertenwerkstätte

Eine ganz besondere Schulung des Zentrums für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE feierte diesen Sommer ihr 20-jähriges Jubiläum: 1998 gab ZVE-Trainer Günter Paul den ersten Kurs zum Thema »Einführung in die THT Handlöttechnik« in der Behindertenwerkstätte des Heilpädagogischen Centrums Augustinum (HPCA) in München.

Seitdem unterweist der erfahrene Trainer Mitarbeitende des Werkstattbereichs Leiterplattenbestückung einmal jährlich in der Kunst des Handlötens – einer Aufgabe, die eine ruhige Hand, höchste Konzentration und absolute Präzision erfordert. »Für Menschen mit einer körperlichen oder geistigen Behinderung ist das noch einmal eine ganz andere Herausforderung als für einen vollständig gesunden Menschen«, sagt Paul. Bei der ersten Schulung war ihm schon nach wenigen Minuten klar, dass er sein Schulungskonzept etwas abwandeln muss: »Ich benötige für die einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer viel mehr Zeit, um ihnen zum Beispiel zu erklären, wie sie den Lötcolben richtig halten und wie sie beide Hände gleichzeitig an die Lötstelle bekommen«, so Paul.

Geduld und Engagement haben sich über die Jahre ausgezahlt: Nach und nach konnte Paul die Schulungsinhalte anspruchsvoller und umfangreicher gestalten. Im Jahr 2010 entwickelte das ZVE eine eigene Leiterplatte für die Praxiskurse, die HPCA Werkstätten übernahmen deren Herstellung in Eigenregie. Einige von Pauls langjährigen Schützlingen sind heute in der Lage, selbstständig Lötstellen herzustellen und weisen ihren Trainer auch schon einmal freundlich darauf hin, wenn er selbst einen Fehler macht.

»Die Kooperation mit dem HPCA hat für die Fraunhofer EMFT einen ganz besonderen Stellenwert und mir liegt es sehr am Herzen, dass wir Schulungen auch in Zukunft in guter Tradition weiterführen können«, sagt Prof. Christoph Kutter, Direktor der Fraunhofer EMFT. Als »Jubiläumsgeschenk« übernahm die Forschungseinrichtung diesmal die gesamten Kurskosten. Auf dem Programm standen das Handlöten elektronischer Baugruppen in den verschiedenen Technologien. Am Ende des Tages konnten die Kursteilnehmenden einen selbst gelöteten Smiley mit nach Hause nehmen.

### Bernadette Kinzel gewinnt den Best Presenter Award

IEEE APEC ist die weltweit bedeutendste Veranstaltung im Bereich der angewandten Leistungselektronik. Die Konferenz mit begleitender Ausstellung fand 2018 in San Antonio, Texas, USA, statt und zog Besucherinnen und Besucher aus der ganzen Welt an. APEC konzentriert sich auf die praktischen und angewandten Aspekte des Leistungselektronikgeschäfts. Daher ist sie nicht nur eine Designerkonferenz, sondern adressiert ein breites Publikum.

Besonders stolz ist die Fraunhofer EMFT somit, dass eine ihrer Wissenschaftlerinnen dort den Best Presenter Award gewonnen hat. Bernadette Kinzel wurde in der Session »T40: Industrial Applications« mit dem Vortragstitel »A Non-Isolated Asynchronous Low Power High Voltage Boost Converter for Discontinuous Conduction Mode and Portable Applications« mit dem Best Presenter Award ausgezeichnet. Die Fraunhofer EMFT gratuliert ganz herzlich zu dieser großartigen Leistung.

Das Paper zum Vortrag wurde von Frank Vanselow eingereicht.



## VERANSTALTUNGEN

### Panasonic ME Tech-Days

Gleich zweimal fanden im Jahr 2018 die Panasonic ME Tech Days in den Räumlichkeiten der Fraunhofer EMFT statt. Sowohl am 4. und 5. April als auch am 26. und 27. September konnten die Kundinnen und Kunden von Panasonic an den jeweils eintägigen Workshops teilnehmen und die Panasonic-Labore am Standort besichtigen. Neben Vorstellungen neuester Technologien und Produkte von Panasonic gab die Fraunhofer EMFT spannende Einblicke in ihre Forschung.

### Fraunhofer EMFT Jahresveranstaltung

Einmal jährlich lädt die Fraunhofer EMFT Interessierte zu einer Jahresveranstaltung in die eigenen Räumlichkeiten ein, um Einblicke in ihre Forschung zu geben.

Dieses Jahr lautete das Motto »Zelle trifft Chip«. Obwohl die Themen Mikroelektronik und Biologie auf den ersten Blick wie zwei wissenschaftliche Paralleluniversen scheinen, gibt es doch eine grundlegende Gemeinsamkeit: Sowohl mikroelektronische als auch biologische Systeme nutzen elektrische Impulse zur Informationsverarbeitung. Daraus sind in den vergangenen Jahren spannende interdisziplinäre Forschungsfelder entstanden.

### »Sicher vom Sensor in die Cloud«

Am 19. Juni 2018 luden das Leistungszentrum »Sichere Vernetzte Systeme« sowie der Veranstaltungspartner »ZD.B-Zentrum Digitalisierung.Bayern« zu einem Kundenevent an der Fraunhofer EMFT ein. Das Programm stand unter dem Motto »Sicher vom Sensor in die Cloud« und beinhaltete zahlreiche spannende Vorträge zu dieser Thematik. Des Weiteren fand eine Tour im Basement des Reinraums der Fraunhofer EMFT für die Gäste statt.

Die Besucherinnen und Besucher erhielten einen Einblick in aktuelle Projekte sowie künftig geplante Aktivitäten des Leistungszentrums. Zusätzlich wurden unterschiedliche Demonstratoren aus verschiedenen Anwendungsfeldern präsentiert, um zu möglichen gemeinsamen Projektideen zu inspirieren. Das anschließende Get-together bot Raum zur weiteren fachlichen Diskussionen und zum Networking.

### FUTURAS IN RES

Die Fraunhofer Gesellschaft lud am 28. und 29. Juni 2018 zu der internationalen Konferenz »FUTURAS IN RES« in Berlin ein. Die Veranstaltung fand unter dem Motto »Biologische Transformation in der Produktion« statt. Die Idee dahinter: Prozesse und Prinzipien der lebenden Natur in technische Systeme einbinden. Zahlreiche internationale Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik nutzten das Forum, um sich über dieses spannende Zukunftsthema zu informieren und über Lösungsansätze auszutauschen.

Die Wissenschaftskonferenz stellt eine einzigartige Zusammenkunft verschiedenster Expertinnen und Experten aus unterschiedlichen Fachdisziplinen und Branchen dar, die durch interdisziplinäre Ansätze und Diskussionen ganz neue Innovationsideen entwickeln. Künftige Produktionen können so durch Verbesserung der Nachhaltigkeit, Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit optimiert werden.

### FMD Innovation Day 2018 – Smart Microsystems

Am 27. und 28. September 2018 lud die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD), als größte Forschungs-kooperation im Bereich Mikroelektronik in Europa, zum 1. FMD Innovation Day 2018 mit dem Motto »Smart Microsystems« nach Berlin ein. Die FMD besteht aus dem Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik in Kooperation mit den Leibniz-Instituten FBH und IHP. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erwartete ein Vortragskongress mit einer begleitenden thematischen Ausstellung. Insgesamt standen drei unterschiedlichen Sessions mit vielzähligen Vorträgen auf dem Programm zu den Themen: »Autarke Mikrosysteme«, »Umweltsensorik mit LiDAR« und »Smarte Sensorik in der Industrie«. So konnten die Besucherinnen und Besucher vor Ort bei den einzelnen Vortragssessions und Ausstellungen mit Technologieexpertinnen und Anwendern ins Gespräch kommen, sich austauschen und diskutieren sowie gleichzeitig die hohe Leistungsfähigkeit der FMD kennenlernen.

### Fachtagung des Forums MedTech Pharma

Am 11. Oktober 2018 diente die Fraunhofer EMFT als Tagungsort für die Fachtagung des Forums MedTech Pharma mit dem Thema »Künstliche Intelligenz in der Medizintechnik«. Aktuell wird Künstliche Intelligenz als präsent Thema immerfort diskutiert, wobei sowohl Sorgen als auch Hoffnungen berücksichtigt werden, die diese Thematik mit sich bringt. Im Alltag begegnet uns Künstliche Intelligenz bereits im Smartphone mit der persön-

lichen Assistentin »Siri« oder mit Amazons »Alexa« sowie selbstfahrenden Autos. Jedoch wird auch im Bereich der Medizintechnik der Einfluss Künstlicher Intelligenz immer größer und kann vor allem positive Effekte auf verschiedenste Anwendungsbereiche haben. Die Fachtagung bot dazu zahlreiche Vorträge sowie begleitende Fachausstellungen, die die Besucherinnen und Besucher über aktuelle Entwicklungen, mögliche Nutzen aber auch Risiken und Herausforderungen informierte. Somit bot sich die Gelegenheit für Unternehmen, Marktchancen individuell zu identifizieren und sich mit möglichen Kooperationspartnerinnen und -partnern zu vernetzen.

### Forum be-flexible

Vom 13. - 14. November 2018 lud SEMI Europe gemeinsam mit der Fraunhofer EMFT zum etablierten Workshop »be-flexible« rund um Materialien, Herstellung, neue Technologien und Anwendungen für flexible Hybrid-Elektronik (FHE) und gedruckte Elektronik (PE) ein. Wie schon im Jahr 2017 fand die Veranstaltung nicht in den eigenen Räumlichkeiten der Fraunhofer EMFT statt, sondern auf der Messe München – dieses Mal im Rahmen der SEMICON Europa und der electronica. Die räumliche und zeitliche Bündelung könnte ein Wegbereiter dafür sein, eine neue europäische Plattform für flexible Elektronik, Fertigungstechnologien und Anwendungsszenarien zu etablieren.



NACHWUCHSFÖRDERUNG



## KARRIERE AN DER FRAUNHOFER EMFT



Ich arbeite seit Oktober 2017 als Doktorandin und Entwicklungsingenieurin im Bereich Design & Simulation in der Abteilung Mikrodosiersysteme. Schwerpunktmäßig beschäftige ich mich mit der Finite-Elemente-Simulation in der Strömungsmechanik und Strukturmechanik für Mikrodosiersystemkomponenten. Ein weiterer Fokus meiner Arbeit liegt in F&E-Projekten in der Medizintechnik. Besonders gut an der Arbeit an der Fraunhofer EMFT gefällt mir die interdisziplinäre Arbeit sowie der hohe Grad an eigenen Gestaltungsmöglichkeiten. Es herrscht ein sehr angenehmes Arbeitsklima im jungen Team und außerdem viel Offenheit und Unterstützung unter den Kolleginnen und Kollegen. Als nächsten Schritt möchte ich gerne meine Promotion erlangen.

*Claudia Durasiewicz*



Seit Mitte April 2018 bin ich als Werkstudentin in der Gruppe Marketing, Kommunikation und Strategie tätig. Der Aufgabenbereich des Teams ist extrem breit gefächert und so konnte ich bereits facettenreiche Eindrücke sammeln: Von der Mitgestaltung des Onlineauftritts über Pressearbeit bis hin zu meinem ersten Messebesuch aus Ausstellerperspektive war alles dabei. Vor meiner Zeit bei der Fraunhofer EMFT bin ich eher mit klassischen B2C- oder B2B-Unternehmen in Berührung gekommen. Deshalb ist für mich vor allem auch die strategische Herangehensweise einer Forschungseinrichtung eine spannende Erfahrung. Das Wichtigste an einem Job? Neben den Tätigkeiten definitiv das Team. Denn meiner Meinung nach bildet es die Basis für ein erfolgreiches und erfüllendes Arbeiten. Nach eingehender Prüfung komme ich zu dem Fazit: Jackpot! :) Mein unmittelbares Ziel ist natürlich die Fertigstellung meiner Masterarbeit. Danach sehe ich mich in der Markenstrategie, welche für mich die optimale Verbindung von analytischem und kreativem Arbeiten darstellt. Um in relativ kurzer Zeit vielfältige Projekte mitzuerleben und möglichst viel Erfahrung sammeln zu können, wird es mich wahrscheinlich erst einmal in die Agenturbranche verschlagen.

*Johanna Markl*



Ich arbeite seit dem 01.12.2017 im Bereich Interconnected Systems als Wissenschaftliche Mitarbeiterin. Schwerpunktmäßig untersuche ich materialwissenschaftliche Vorgänge in elektrischen Kontakten. Außerdem umfasst mein Aufgabengebiet die Unterstützung bei der Entwicklung intelligenter Steckverbinder sowie die Erstellung einer e-Learning Plattform mit dem Thema »Automatisierungstechnik«. Zusätzlich bin ich Teil einer Entwicklungsarbeit zur Entstehung eines Diagnosesystems (Predictive Maintenance). Besonders gut an der Arbeit an der Fraunhofer EMFT gefällt mir, dass sehr viel Platz für Kreativität und Eigenverantwortung gelassen wird. Dadurch gewinnt man große inhaltliche und zeitliche Freiheiten. Außerdem schätze ich die Zusammenarbeit mit vielen engagierten und hoch kompetenten Kolleginnen und Kollegen. Es gibt viele Möglichkeiten zur Weiterbildung und jeden Tag warten abwechslungsreiche Aufgabenstellungen auf mich. Zudem bietet mir meine Arbeit hier eine gute Work-Life-Balance, was mir auch sehr gut gefällt. Für die Zukunft strebe ich meine Promotion an. Das Thema dafür möchte ich an der Fraunhofer EMFT erarbeiten.

*Ixchen Édua Elías Ilosvay*



Seit dem 01.07.2017 arbeite ich als HiWi mit anschließender Masterarbeit in der Abteilung Mikrodosiersysteme an der Fraunhofer EMFT. Mein Aufgabengebiet dort umfasst vor allem das Entwickeln und Designen von analogen Schaltungen, das Testen von elektrischen Pumpparametern sowie die Auswertung der Messungen. Außerdem beschäftige ich mich mit dem Löten von Platinen, übernehme kleine Programmieraufgaben und erstelle Simulationen. Was mir an der Arbeit besonders gefällt, ist vor allem das freundliche Arbeitsumfeld sowie die Zusammenarbeit mit hoch qualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Außerdem erlebe ich Forschung aus nächster Nähe und komme stets mit spannenden Themen in Kontakt. Besonders freut mich, dass selbstständiges Arbeiten an der Fraunhofer EMFT so gefördert wird und ich sehr eigenverantwortlich arbeiten kann. Mein nächstes Ziel ist es, zu promovieren.

*Jakob Eppinger*



Ich arbeite seit dem 01.11.2018 als Praktikantin im Bereich Marketing, Kommunikation und Strategie an der Fraunhofer EMFT. Ich habe im Sommer 2018 mein Abitur absolviert und möchte nun im Rahmen eines Praktikums erstmal Arbeitserfahrung sammeln, bevor ich mein Studium beginne. Ich unterstütze meine Kolleginnen in den Bereichen Pressearbeit, Eventmanagement und beim Erstellen verschiedenster Printmedien. Außerdem helfe ich bei der Organisation unterschiedlicher Veranstaltungen und begleite meine Kolleginnen und Kollegen auch gelegentlich dorthin, um vor Ort zu unterstützen. Mein Aufgabengebiet umfasst zudem unterschiedliche Recherchearbeiten für die wissenschaftlichen Mitarbeitenden sowie Marktforschung, Kontaktpflege und die Verwaltung der Datenbanken. Durch meine Mitarbeit an all diesen unterschiedlichen und vielseitigen Bereichen habe ich schon in dieser kurzen Zeit unglaublich viel Neues gelernt und sehr viel praktische Erfahrung gewonnen. Besonders gut gefällt mir die positive Arbeitsatmosphäre. Alle sind sehr hilfsbereit und freundlich, sodass mir der Einstieg an der Fraunhofer EMFT sehr leicht gefallen ist und mich dieses Praktikum jetzt schon sehr bereichert hat. Außerdem bekomme ich durch meine Tätigkeit hier einen kleinen Einblick in spannende Forschungsprojekte, was mir auch sehr gut gefällt. Mein nächstes Ziel für die Zukunft ist es, mein Studium zu beginnen.

*Sophia Drimmel*



Ich arbeite seit März 2018 als Entwicklungsingenieurin an der Fraunhofer EMFT in der Abteilung Mikrodosiersysteme, genauer gesagt in der Gruppe Metallkomponenten. Der Schwerpunkt meiner Arbeit liegt in der Projektbearbeitung und -leitung. Als Materialwissenschaftlerin bearbeite ich Themen wie beispielsweise die Untersuchung von Piezokeramiken, die zum Pumpenantrieb benötigt werden. In meiner Promotion beschäftige ich mich mit dem Pumpen komplexer Medien (Proteinlösungen, Körperflüssigkeiten, Medikamente, etc.), um grundlegende Erkenntnisse zum Einsatz der Mikropumpe in der Medizintechnik zu gewinnen. Die Arbeit ist sehr vielseitig und man hat als wissenschaftliche Mitarbeiterin viel Freiraum, eigene Ideen einzubringen. Durch den engen Kundenkontakt steht die Anwendung im Vordergrund, wodurch man an aktuell benötigten Themen forscht und nicht zu weit weg von der industriellen Verwertung ist. Dadurch, dass in unserer Abteilung auch schon Doktoranden Projektleitungen übernehmen, bekommt man einen guten Einblick in Projekt Management Methoden und Planungsaufgaben. Trotzdem hat man im wissenschaftlichen Bereich die Möglichkeit, Kontakte zu knüpfen und durch Veröffentlichungen an verschiedenen Konferenzen teilzunehmen. Zudem erhält man in der eigenen Gruppe, der Abteilung und dem gesamten Institut für jegliche Probleme sehr viel Unterstützung. Dabei sind auch die Möglichkeiten zu Weiterbildung nicht außer Acht zu lassen. Mein nächstes Karriereziel ist das Anfertigen der Doktorarbeit.

*Agnes Bußmann*



Als Werkstudent bin ich seit dem 01.07.2018 an der Fraunhofer EMFT im Bereich Mikrodosiersysteme beschäftigt. Dabei liegt mein Fokus vor allem in der Softwareentwicklung mit MATLAB. Außerdem umfasst mein Arbeitsgebiet die Charakterisierung der Mikropumpen mittels Fluss- und Hubmessungen und die Auswertung der Messergebnisse mit Origin. Des Weiteren kümmere ich mich um die Messplatzanpassung und die Entwicklung von Pumpgehäusen mit Inventor. Die Arbeit an der Fraunhofer EMFT ist sehr vielseitig und dadurch kann man hier extrem viel lernen. Auch das Arbeitsklima ist super, denn alle sind sehr nett und hilfsbereit, sodass ich mich an der Fraunhofer EMFT richtig wohl fühle. Mein nächstes Karriereziel für die Zukunft ist der Bachelorabschluss – die Abschlussarbeit schreibe ich zurzeit an der Fraunhofer EMFT.

*Oliver Zett*



I'm employed as a work student at Fraunhofer EMFT since 01.03.2018 in the sector of Sensor and Microsystem integration (SiD SMI). Additionally, I'm currently working on my Master Thesis. My work mainly focuses on sensor network integration: I'm developing a software stack for multiple sensor integration. This includes firmware development for NFC readers, tags and bluetooth modules and a java application to visualize and monitor real time sensor data. Currently, I'm working on process control and optimization using machine learning algorithms. Being involved in multiple projects has given me freedom to explore a broad range of topics from embedded systems to developing machine learning algorithms. I also got the chance to collaborate with very friendly people who have deep expertise in their fields. My career goal is to be part of a passionate and enthusiastic team working on neural processing units to deliver AI solutions.

*Kiran Krishna*



Teilnehmerinnen des Girls'Day 2018

## ANGEBOTE FÜR SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER

### Berufsorientierungswochen

Mindestens einmal im Jahr findet an der Fraunhofer EMFT die Berufsorientierungswoche für Schülerinnen und Schüler statt. 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. Auch in diesem Jahr kamen Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Berufsorientierungswochen in Kontakt mit spannenden Themen und Fragestellungen:

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

### Girls'Day – Mädchen-Zukunftstag am 26. April 2018

»Arbeiten im Labor – was macht eine Wissenschaftlerin?« – unter diesem Motto fand in 2018 der Girls'Day an der Fraunhofer EMFT statt. Dabei durften fünf Schülerinnen des Gymnasiums Oberhaching das erste Mal Laborluft schnuppern. Die Teilnehmerinnen erwartete ein Tag voller neuer Eindrücke. Interessante Workshops im Reinraum und Chemielabor und erste Einblicke in den Berufsalltag an einer Forschungseinrichtung bereiteten den Schülerinnen einen spannenden Tag, an dem sie viel Neues über die Welt der Wissenschaft lernten. Aber natürlich durfte auch der Spaß nicht zu kurz kommen – so gab es z.B. eine Modenschau der besonderen Art: Mit Reinraumkleidung verwandelten sich die Mädchen im Handumdrehen in »echte« Forscherinnen.



### 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 zehn Schüler die Einrichtung der Fraunhofer EMFT vom 25. bis zum 28. Oktober 2018 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





Labor zur Charakterisierung von Gassensorikverfahren und Gassensoren

## WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN UND VORTRÄGE

### Veröffentlichungen

Stephan Altmannshofer, Bastian Miller, Alexander W. Holleitner, Jamila Boudaden, Ignaz Eisele, Christoph Kutter

**Deposition of micro crystalline silicon films using micro-wave plasma enhanced chemical vapor deposition**

Thin Solid Films, Volume 645, 1. Januar 2018, Pages 180-186; <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2017.10.031>

Nagarajan Palavesam, Sonia Marin, Dieter Hemmetzberger, Christof Landesberger, Karlheinz Bock, Christoph Kutter

**Roll-to-roll processing of film substrates for hybrid integrated flexible electronics**

Flexible and Printed Electronics, Februar 2018, Pages 1-18; <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-8585/aaaa04>

Frank Vanselow, Bernadette Kinzel, Linus Maurer, Erkan Isa  
**A non-isolated asynchronous low power high voltage boost converter for discontinuous conduction mode and portable applications**

2018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 4. - 8. März 2018, Pages: 1940 - 1943, San Antonio, USA; DOI: 10.1109/APEC.2018.8341283

Bernadette Kinzel, Frank Vanselow, Erkan Isa, Linus Maurer  
**A novel current-mode actuator driver for enhanced piezoelectric reliability**

2018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 4. - 8. März 2018, Pages: 234 - 237, San Antonio, USA; DOI: 10.1109/APEC.2018.8341015

C. Landesberger, A. Drost, R. Faul, W. Hell, S. Scherbaum, D. Bonfert, A. Ott, R. Hotopan, R. Böhnke

**Novel chip embedding and interconnection technology for mm-wave System-in-Package (SiP) applications**

SSI Smart System Integration Conference, Dresden, Germany, 11. -12. April 2018

Jamila Boudaden, Armin Klumpp, Christine Hecker, Ignaz Eisele and Yvonne Joseph

**Functionalized nanoparticles for CO2 sensor**

Functional Nanostructures Proceedings, 1. Mai 2018; [www.onecentralpress.com/functional-nanostructures-proceedings](http://www.onecentralpress.com/functional-nanostructures-proceedings)

Prajith Kumar Poongodan, Pragoti Pran Bora, David Borggreve, Frank Vanselow, Linus Maurer

**A Low Power, Offset Compensated, CMOS Only Bandgap Reference in 22 nm FD-SOI Technology**

IEEE International conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), 7. - 9. Mai 2018, Thessaloniki, Greece; <https://ieeexplore.ieee.org/document/8376639/>

T. Diederichs, Q. H. Nguyen, M. Urban, R. Tampé, M. Tornow

**Transparent Nanopore Cavity Arrays Enable Highly Parallelized Optical Studies of Single Membrane Proteins on Chip**

Nano Letters 18, 3901 (2018), 9. Mai 2018  
DOI: 10.1021/acs.nanolett.8b01252

Jamila Boudaden, Matthias Steinmaßl, Hanns-Erik Endres, Andreas Drost, Ignaz Eisele, Christoph Kutter and Peter Müller-Buschbaum

**Polyimide-Based Capacitive Humidity Sensor**

Sensors 2018, 18(5), 1516; 11. Mai 2018; <https://doi.org/10.3390/s18051516>

Jamila Boudaden, Stephan Altmannshofer, Robert Wieland, Michael Pittroff and Ignaz Eisele

**An Approach to Reduce Greenhouse Gases in the Semiconductor Industry Using F2 Dissociated in Plasma for CVD Chamber Cleaning**

Appl. Sci. 2018, 8(6), 846; 23. Mai 2018; <https://doi.org/10.3390/app8060846>

M. Zinkl, L. Sauer, S. Azzam and J. Wegener

**Monitoring the Toxicity of Bisphenol A using Multiple Impedance-Based Cellular Assays**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/zinkl/Abstract-IBCA2018\\_Zinkl.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/zinkl/Abstract-IBCA2018_Zinkl.pdf)

F. Urban, K. Hajek, G. Bernhardt, J. Wegener

**Transepithelial permeation of bioactive molecules determined online by impedance-based monitoring in a co-culture setup**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/urban/Abstract-IBCA2018\\_Urban.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/urban/Abstract-IBCA2018_Urban.pdf)

J.A. Stolwijk, C. Kade, M. Skiba and J. Wegener

**Increased Throughput in GPCR Screening using Impedance Assays: Inspiration from Organ Studies**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/stolwijk/Abstract-IBCA2018\\_Stolwijk.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/stolwijk/Abstract-IBCA2018_Stolwijk.pdf)

M. Skiba and J. Wegener

**Impedance Analysis of Heterogeneous Cell Populations: Impact on Data Analysis and Modeling**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/skiba/Abstract-IBCA2018\\_Skiba.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/skiba/Abstract-IBCA2018_Skiba.pdf)

L. Sauer, R. Meier and J. Wegener

**Impedance-based Characterization of pH-dependent Cell Behavior**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/sauer/Abstract-IBCA2018\\_Sauer.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/sauer/Abstract-IBCA2018_Sauer.pdf)

S. Ruckdäschel and J. Wegener

**Expanding the information depth of impedance based assays by using piezoelectric growth substrates**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/ruckdaeschel/Abstract-IBCA2018\\_Ruckdaeschel.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/ruckdaeschel/Abstract-IBCA2018_Ruckdaeschel.pdf)



P. Pütz, M. Lemberger and J. Wegener

**Cells in Contact to Carbon Dots: A label-free, impedance-based and multidimensional approach**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/puetz/Abstract-IBCA2018\\_Puetz.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/puetz/Abstract-IBCA2018_Puetz.pdf)

Frank Ansorge, Christian Baar, Ixchen Elias Ilosvay, Christof Landesberger, Christoph Kutter

**Sensorik für intelligente Steckverbinder im Automobil**

Automobil-Sensorik 2, Verlag: Springer Berlin Heidelberg, 2018

S. Michaelis and J. Wegener

**„Instant ECIS“: A concept for storing frozen cells on electrode surfaces for instant use**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/michaelis/Abstract-IBCA2018\\_Michaelis.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/michaelis/Abstract-IBCA2018_Michaelis.pdf)

C. Kade, J. Stolwijk, S. Michaelis and J. Wegener

**Time-resolved Response Profiles of GPCR Activation: Combining Two Independent Impedance-Based Approaches**

4th International Conference on Impedance-Based Cellular Assays, IBCA 2018, 6. - 8. Juni 2018, Edinburgh, Schottland; [http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/kade/Abstract-IBCA2018\\_Kade.pdf](http://fhgonline.fhg.de/bibliotheken/emft/kade/Abstract-IBCA2018_Kade.pdf)

P. Ramm, J. Weber, M. Fernandez-Bolanos, A. Muller  
**Advanced Sensor Systems by Low-Temperature 3D Integration Processes**

Int. Conference on Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS - DTIP, 25. Juni 2018, Roma, Italia  
DOI: 10.1109/DTIP.2018.8394203

Matthias Steinmaßl, J. Boudaden, H.-E. Endres, I. Eisele, C. Kutter, P. Müller-Buschbaum

**Smart Monitoring System for Air Quality Control with Capacitive Sensors**

17th International Meeting on Chemical Sensors - IMCS 2018, Proceedings, page 298-299, 15. - 19 Juli 2018, DOI: 10.5162/IMCS2018/GS8.2

Indranil Bose, Nagarajan Palavesam, Christian Hochreiter, Christof Landesberger, Christoph Kutter

**Low Profile Open MEMS and ASIC Packages manufactured by Flexible Hybrid Integration in a Roll-to-Roll compatible process**

2018 48th European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC), 3. - 6. September 2018, Dresden  
DOI: 10.1109/ESSDERC.2018.8486868

Armin Klumpp, Asmir Adrovic, Jamila Boudaden

**Enzymatic Sensor Based on Dye Sensitized TiO<sub>2</sub> Electrode for Detection of Catechol in Water**

Eurosensors 2018 Conference, 9. - 12. September 2018 Graz, Austria; DOI: 10.3390/proceedings2130737

J. Weber, M. Fernandez-Bolanos, A.M. Ionescu, and P. Ramm  
**3D Integration Processes for Advanced Sensor Systems and High-Performance RF Components**

Symposium »Materials, Formulation, and Processes for Semiconductor, 2.5 and 3D Chip Packaging, and High Density Interconnection PCB«, 2018, Cancun, Mexico; <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-515397.html>

Johannes Weber, Rita Fung, Richard Wong, Heinrich Wolf, Horst A. Gieser, Linus Maurer

**Comparison of CDM and CC-TLP robustness for an ultra-high speed interface IC**

2018 40th Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium (EOS/ESD);  
DOI: 10.23919/EOS/ESD.2018.8509761

N. Palavesam, E. Yacoub-George, W. Hell, C. Landesberger, C. Kutter and K. Bock

**Dynamic Bending Reliability Analysis of Flexible Hybrid Integrated Chip-Foil Packages**

20th IEEE Electronics Packaging Technology Conference, 4. - 7. Dezember 2018, Singapore

-----  
**Vorträge**

Joachim Wegener

**Using Label-Free Approaches to Profile the Function of Membrane Proteins in Living Cells.**

Drug Discovery Chemistry, 5. April 2018, San Diego

Dr. Hanns-Erik Endres

**(Bio-)chemische Mikrosensorik für Gase und Flüssigkeiten**

Kolloquienreihe im Sommersemester 2018, Technische Hochschule Deggendorf, 9. April 2018, Deggendorf

Jamila Boudaden, M. Steinmaßl, H-E. Endres, A. Drost, H. Gieser, I. Eisele, C. Kutter, P. Müller-Buschbaum

**Polyimide Capacitive Humidity Sensor for Implementation in Various Applications**

Smart System Integration, 12. April 2018, Dresden

Heinrich Wolf

**ESD robustness of IoT devices: Are we going to face new challenges?**

Invited Talk, EOS/ESD Symposium, Workshop on Robustness of IoT Devices, 26. -27. September, 2018, Reno, NV, USA

Peter Ramm, Indranil Bose und Christoph Kutter

**Vision 2030 – Flagship Proposal Health-EU**

Fachtagung Künstliche Intelligenz in der Medizintechnik, 11. Oktober 2018, München

C. Landesberger, I. Bose, C. Kutter

**Towards R2R Manufacture of Flexible Hybrid Electronics – Technology Roadmap at Fraunhofer EMFT**

FlexEurope Conference, organized by Semicon Europa, 13. - 14. November 2018, Munich, Germany

Jamila Boudaden, Hanns-Erik Endres

**Miniaturized System for Sensing RH/CO<sub>2</sub>**

5. Fachsymposium 2018, »Intelligente Sensorik/Analytik und sichere Sensornetze: Innovative Technologien und neue Anwendungsfelder«, 14. - 15. November 2018, Karlsruhe



Labor zur In Vitro Kultur tierischer Zellen

## BACHELORARBEITEN

Ellen Jirutková

### **Design and Characterization of Mercury Wetted Reed Relay for High Speed Transmission Line Pulsing Applications**

Bachelor Thesis, Technische Universität München

Betreuer: Johannes Weber

Raisa Romanov Geleta

### **Entwicklung eines Montageverfahrens von Mikrochips mit Selbstassemblierung**

Bachelor Thesis, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

Betreuerin: Sabine Scherbaum

Syrine Soussi

### **A Graphical User Interface for Applicationspecific Guidance through Cyclic Voltammetric Measurement**

Bachelor Thesis, Technische Universität München

Betreuerin: Dr. Jamila Boudaden

Chiu Jia Hui

### **Programming of Impedance Analyser E4990 in CVI Language to Characterize Interdigitated Sensors**

Bachelor Thesis, Technische Universität München

Betreuerin: Dr. Jamila Boudaden

Faiz Basir

### **Characterisation and Reliability of Capacitive Relative Humidity Sensors**

Bachelor Thesis, Technische Universität München

Betreuerin: Dr. Jamila Boudaden

Johannes Schwarz

### **Transiente Simulation einer Mehrphasenströmung durch Fluidkanal eines MicroBellow-Aktors**

Bachelor Thesis, Hochschule München

Betreuerin: Claudia Durasiewicz

## MASTERARBEITEN

Prajith Kumar Poongodan

### **Design of a Sub 1V Bandgap Voltage Reference in FD-SOI CMOS Technology**

Master Thesis, Technische Universität Hamburg-Harburg

Betreuer: Pragoti Pran Bora

Daniel Reiser

### **Untersuchung eines ladungsempfindlichen Sensors für chemische und biologische Anwendungen**

Master Thesis, Technische Universität München

Betreuer: Martin Heigl und Karl Neumeier

Philipp Frischauf

### **Nachweis mikrobiologischer Kontaminationen in biostoffhaltigen Lösungen**

Master Thesis, Hochschule München

Betreuerin: Dr. Jennifer Schmidt

Marc Huppmann

### **Design of a $\Sigma\Delta$ Modulator for a Wireless In-Cabin Communication System's 4.3GHz Fractional-N PLL in 22 nm FDSOI Technology**

Master Thesis, Technische Universität München

Betreuer: David Borggreve

Qinyu Zhuang

### **Numerical Simulation of Electrostatic Microactuator**

Master Thesis, Universität Stuttgart

Betreuer: Henry Leistner

Asmir Adrovic

### **Enzymatic Biosensor Based on Dye Sensitized TiO<sub>2</sub> Electrode for Detection of Catechol in Water**

Master Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität München

Betreuer: Dr. Armin Klumpp

Roxana Künzel

### **Modellierung und Optimierung der fluidischen Eigenschaften von passiven Membranventilen einer Titan-Mikropumpe**

Master Thesis, Technische Universität München

Betreuer: Christian Wald und Dr. Sebastian Kibler

Sabrina Brahm

### **Development of Impedance- and Fluorescence-based Cell-Assays for Bitter Taste Detection**

Master Thesis, Universität Regensburg

Betreuer: Prof. Dr. Joachim Wegener

---

## PROMOTIONEN

---

Christoph Jenke

**Performance and reliability of micropump based liquid dosing systems**

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

Die Doktorarbeit entstand im Zeitraum von 2013 bis 2017 an der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT in München. Die Dissertation wurde am 8. Mai 2018 bei der Universität der Bundeswehr München eingereicht und durch die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik am 13. Juni 2018 angenommen. Die mündliche Prüfung fand am 23. November 2018 statt.

Die Arbeit wurde durchgeführt bei Prof. Dr. Christoph Kutter.

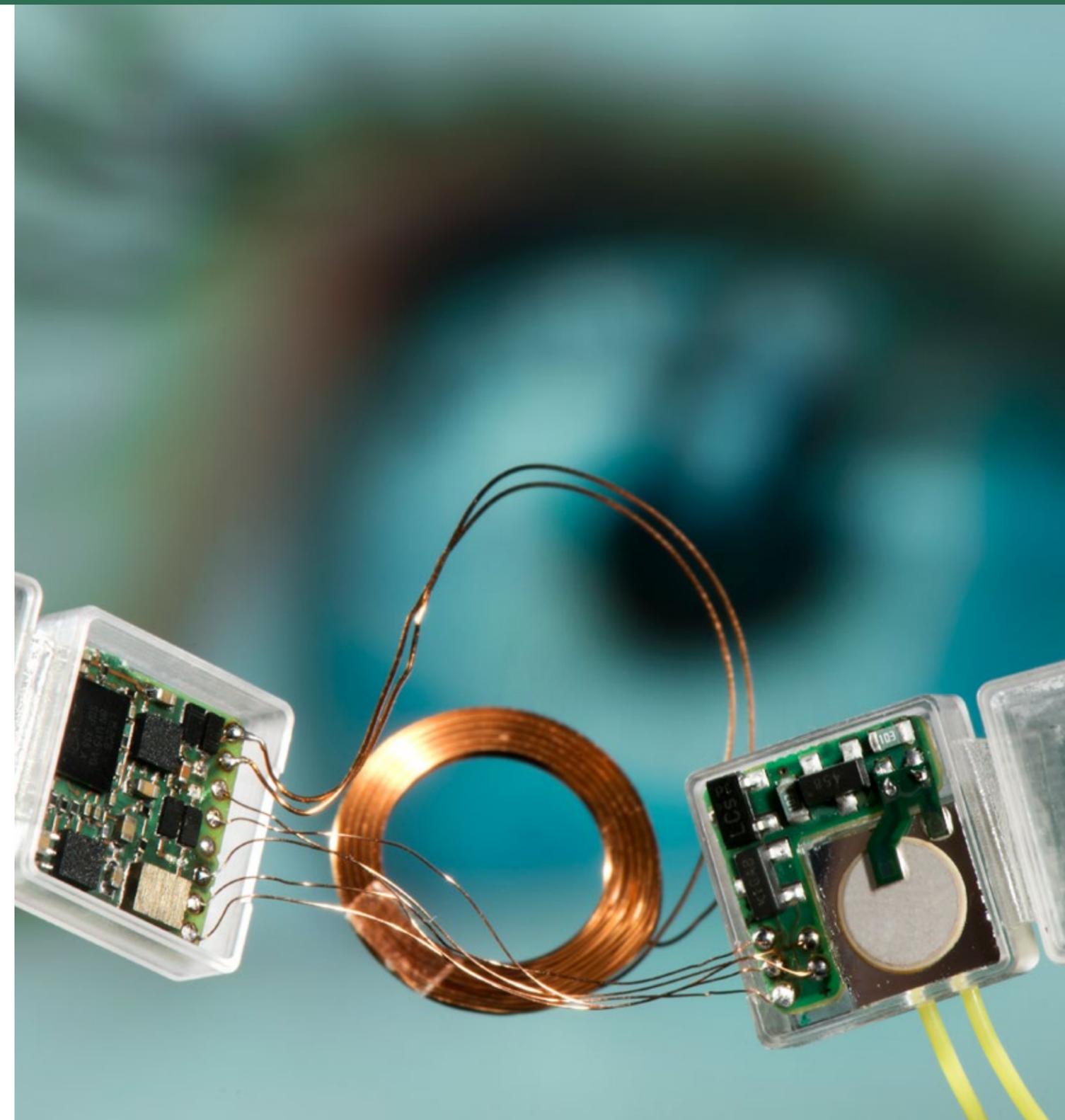
Stephan Altmannshofer

**Mikrowellenplasmaunterstützte Prozesse für Anwendungen in der Siliziumtechnologie**

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

Die Doktorarbeit entstand im Zeitraum von 2013 bis 2018 an der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT in München. Die Dissertation wurde am 12. Juni 2018 an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Universität der Bundeswehr München eingereicht und am 18. Dezember 2018 erfolgreich verteidigt.

Die Arbeit wurde durchgeführt bei Prof. Dr. Christoph Kutter.





Entgaser basierend auf Mikropumpe

---

## PATENTE

---

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

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

### **A method of sensing analytes using hybrid organic-inorganic sensing material**

Jamila Boudaden, Ignaz Eisele  
WO 2018/215069 A1

### **Entgasungsvorrichtung**

Martin Richter, Axel Wille, Simone Strohmair, Christian Wald  
DE 10 2016 220 107.7

### **Vorrichtung und Verfahren zum anisotropen Drie-Ätzen mit Fluorgasmischung**

Robert Wieland  
DE 10 2016 220 248

### **Analysesystem und Verfahren zum Durchführen einer Analyse**

Anna Ohlander, Ronnie Bose, Aman Russom  
DE 10 2016 211 357

### **Gerät mit Mikrofluidaktor**

Martin Richter, Christian Wald, Yücel Congar  
WO 2018 006 932 A1

### **Sicherheitsetikett für einen Behälterverschluss und Behälterverschluss mit Sicherheitsetikett**

Gerhard Mohr, Anna Hezinger, Sabine Trupp, Jennifer Schmidt, Matthias Stich  
DE 10 2012 211 067 A1

### **Sonnenkollektor und Verfahren zum Herstellen desselben**

Dieter Hemmetzberger, Karin Potje-Kamloth, Sabine Brunklaus, Jens Wüsten  
DE 10 2012 209 322 A1

### **Trägerwafer, Verfahren zur Halterung eines flexiblen Substrates und Verfahren zur Herstellung eines Trägerwafers**

Christoph Kutter, Christof Landesberger, Dieter Bollmann  
US 2016/0035611 A1

### **Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung der Resistenz von Bakterien gegenüber einem zu analysierenden Wirkstoff unter Verwendung eines Mikrofluidikchips**

Jennifer Schmidt, Anna Ohlander  
EP 3053646

### **Verfahren und Vorrichtung zum phänotypischen Nachweis von Carbapenemase und Carbapenemase-Bildnern**

Jennifer Schmidt, Sabine Trupp  
DE 10 2017 004 606

### **Strukturierter Schichtverbund**

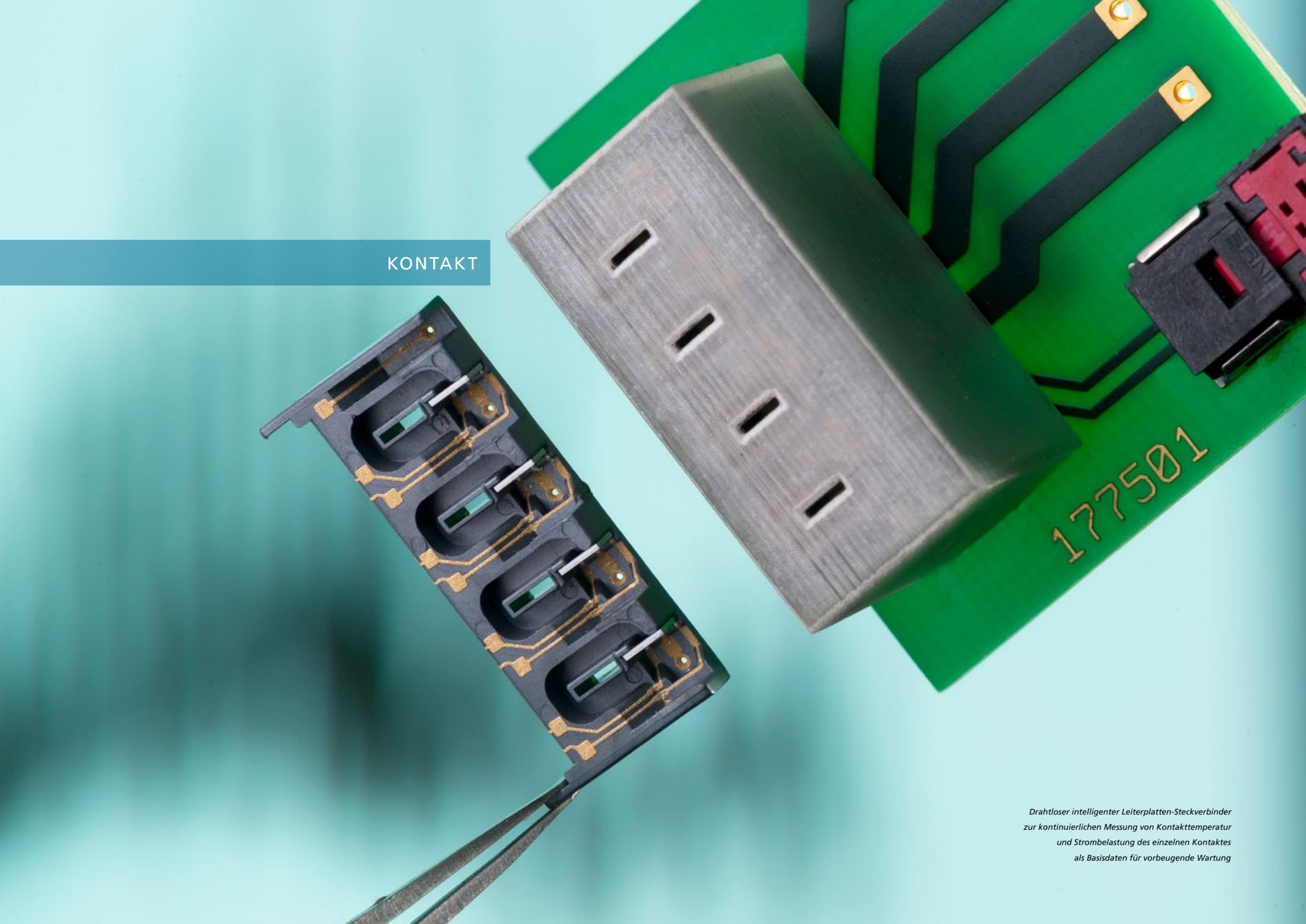
Christof Landesberger, Dieter Bollmann, Waltraud Hell, Gerhard Klink  
DE 10 2016 213 878

### **Verfahren zur Erkennung resistenter Keime und Vorrichtung zum Durchführen desselben**

Jennifer Schmidt, Ignaz Eisele, Sabine Trupp, Karl Haberger, Wolfgang Sittel  
US 10,031,080

### **Bipolare Elektrode zur Impedimetrischen Untersuchung und Manipulation lebender Zellen in vitro**

Christian Götz, Joachim Wegener  
DE 10 2016 224 865



KONTAKT

*Drahtloser intelligenter Leiterplatten-Steckverbinder  
zur kontinuierlichen Messung von Kontakttemperatur  
und Strombelastung des einzelnen Kontaktes  
als Basisdaten für vorbeugende Wartung*

## 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

### Marketing, Kommunikation und Strategie



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

### Business Development



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

### Strategic Projects



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

### Sensormaterialien



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

### Siliziumtechnologien und Devices



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



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

### Flexible Systeme



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



Dr. Indranil Ronnie Bose  
Tel.: +49 89 54 75 91 90  
Indranil.Bose@  
emft.fraunhofer.de

### Mikrosystems



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

### Circuits & Systems



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

### Analytik und Technologien



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

---

## KONTAKT

---

Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik ZVE

Oberpfaffenhofen  
Argelsrieder Feld 6  
82234 Weßling

Telefon: +49 8153 403-0  
Telefax: +49 8153 403-15

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



Dr. -Ing. Frank Ansorge  
Tel.: +49 8153 9 09 75 00  
Frank.Ansorge@  
emft.fraunhofer.de



Günter Paul  
Tel.: +49 8153 4 03 18  
Guenter.Paul@  
emft.fraunhofer.de



Silke Paul  
Tel.: +49 8153 4 03 11  
Anmeldung@  
emft.fraunhofer.de



Dirk Schröder  
Tel.: +49 8153 4 03 17  
Dirk.Schroeder@  
emft.fraunhofer.de



Monika Schmidt  
Tel.: +49 8153 9 09 75 00  
Anmeldung@  
emft.fraunhofer.de



Jürgen Weise  
Tel.: +49 8153 4 03 10  
Juergen.Weise@  
emft.fraunhofer.de

---

## IMPRESSUM

---

Fraunhofer EMFT Jahresbericht 2018

**Herausgeberin:**

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

**Titelbild:**

Einwegplastikflasche zur sterilen Kultur tierischer Zellen

**Bild Zwischenseite (S. 2/3 und S. 88/89):**

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

**Direktor der Einrichtung:**

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

**Bildnachweis:**

S. 66 - 69: privat  
S. 33, 53, 57, 63, 64, 65, 71: Fraunhofer EMFT  
S. 60: Heilpädagogisches Centrum Augustinum  
Hintergrundbild S. 38/39: Mike Witschel  
Hintergrundbild S. 81: Friedrich (Fred) Boehringer

**Redaktion:**

Pirjo Larima-Bellinghoven  
Tina Möbius  
Sophia Drimmel  
Regina Böckler

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)

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

**Layout/Satz:**

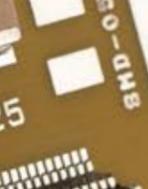
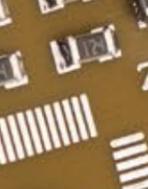
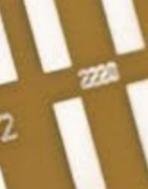
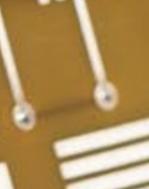
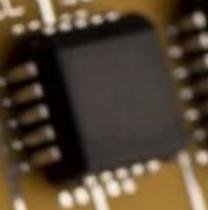
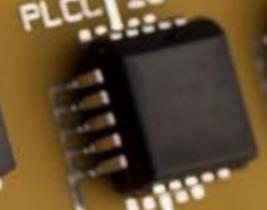
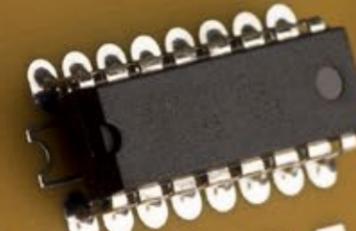
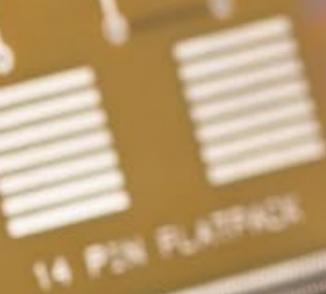
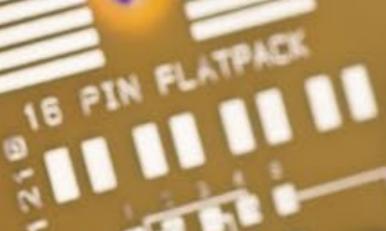
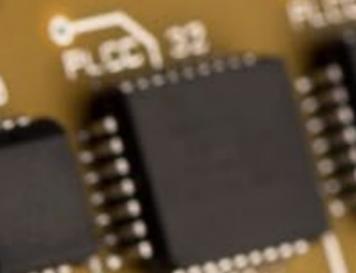
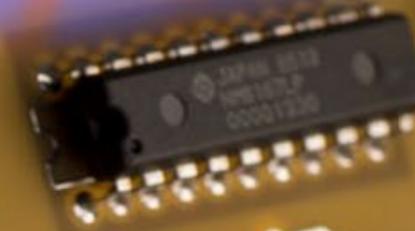
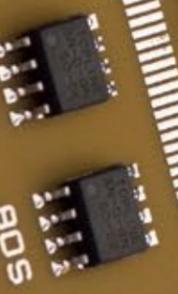
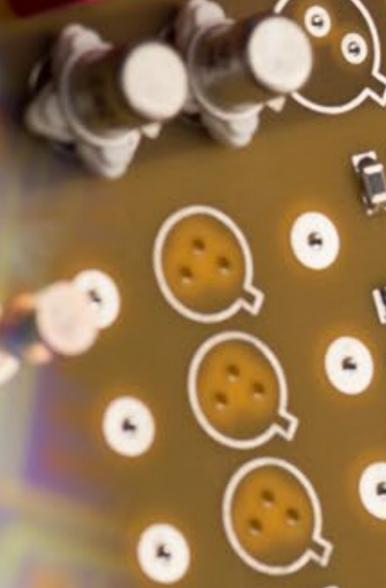
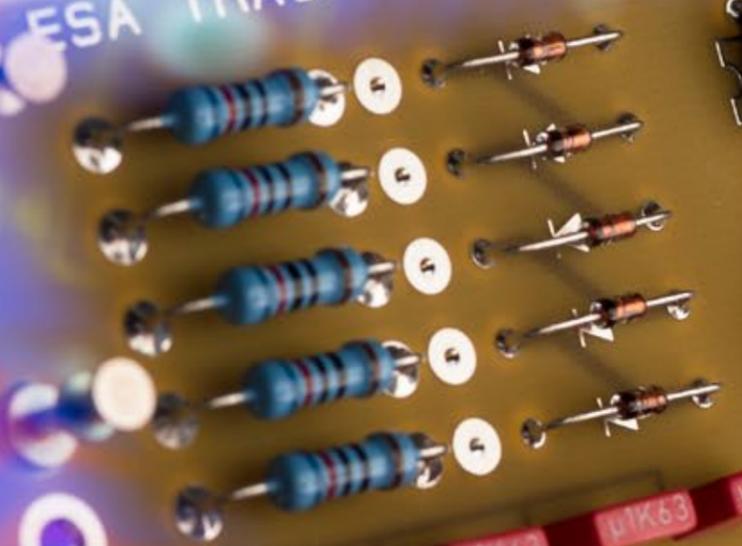
Regina Böckler  
Sophia Drimmel

**Druck:**

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

@ Fraunhofer EMFT, München, März 2019

ESA TRAINING BOARD - REV 10 - SPIRIT CIRCUITS LTD



12