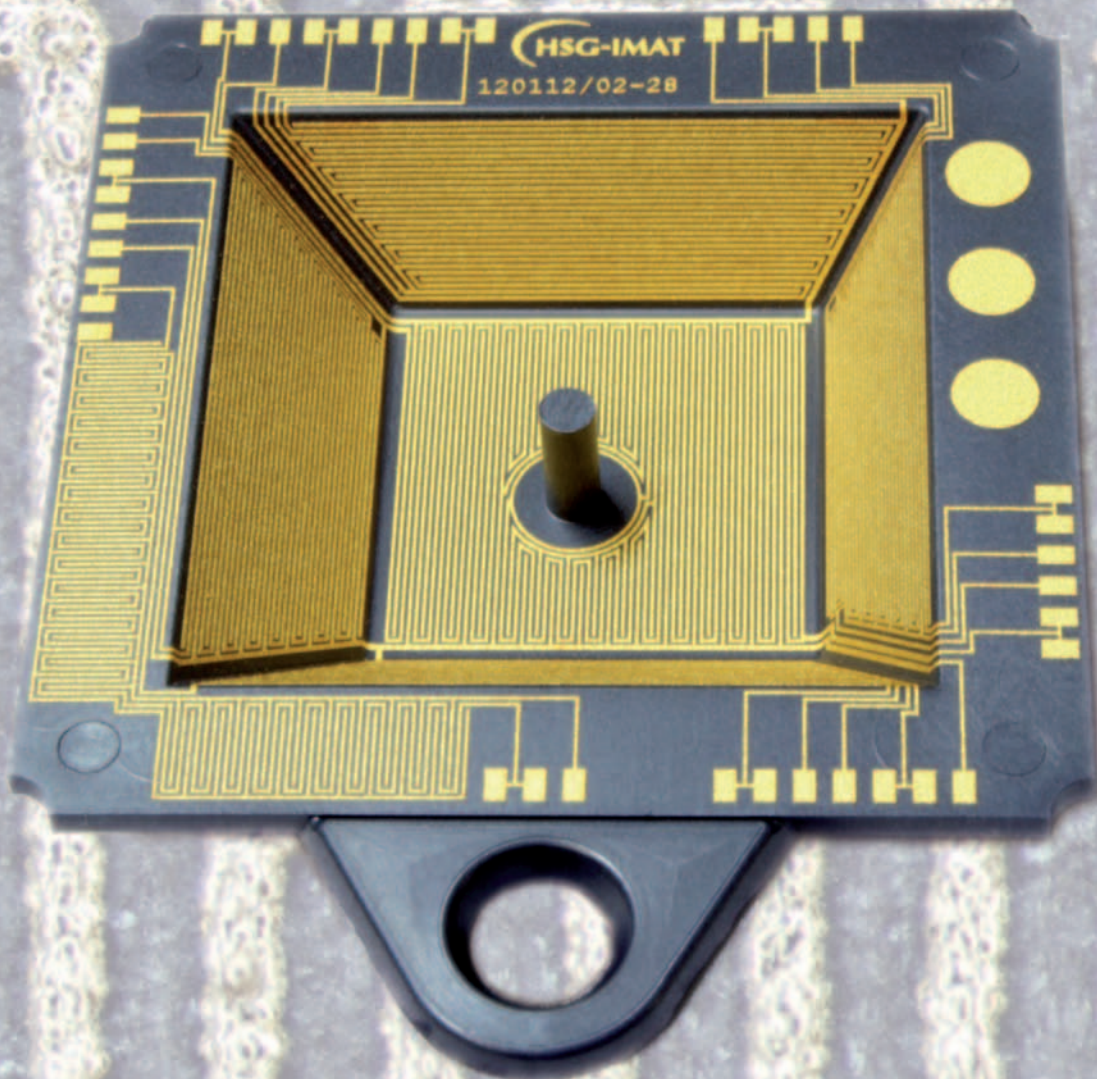


# HSG-IMAT



**JAHRESBERICHT 2012**

MIT IZFM - UNIVERSITÄT STUTTGART

## HSG-IMAT

**Adresse** Hahn-Schickard-Gesellschaft  
Institut für Mikroaufbautechnik  
Allmandring 9 B  
70569 Stuttgart

**Telefon** +49 711 685-83712 oder -83710  
**Fax** +49 711 685-83705

**E-Mail** [info@hsg-imat.de](mailto:info@hsg-imat.de)  
**Internet** [www.hsg-imat.de](http://www.hsg-imat.de)

## IZFM

**Adresse** Universität Stuttgart  
Institut für Zeitmesstechnik,  
Fein- und Mikrotechnik  
Allmandring 9 B  
70569 Stuttgart

**Telefon** +49 711 685-83711 oder -83710  
**Fax** +49 711 685-83705

**E-Mail** [info@izfm.uni-stuttgart.de](mailto:info@izfm.uni-stuttgart.de)  
**Internet** [www.uni-stuttgart.de/izfm](http://www.uni-stuttgart.de/izfm)

Abbildung Titelseite 3D-MID mit feinen Mäander- und Kammstrukturen

**Sehr geehrte Damen und Herren,**

auch das vergangene Jahr 2012 war durch den Know-how-Transfer über Köpfe geprägt. Wir konnten allerdings auch neue tüchtige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gewinnen, so dass wir bis Ende 2012 den Ausgleich erreichen konnten und 2013 wieder wachsen werden. Der Betriebshaushalt konnte gegenüber 2011 um 2% gesteigert werden. Weiterhin konnten wir in 2012 als Koordinator ein EU-Projekt mit insgesamt 12 Partnern zum Aufbau einer Fertigungsplattform für miniaturisierte MID starten.

In unserem diesjährigen Jahresbericht finden Sie wieder viele neue interessante Projektergebnisse. MID können durch Widerstandsschweißen mit Litzen verbunden werden. An dreiachsigen Magnetfeldsensoren zeigen wir, wie mikroelektronische und mikrotechnische Bauelemente mittels MID kompakt aufgebaut und räumlich genau ausgerichtet werden können. Mit kapazitiver Messtechnik sind wir in der Lage, kleine Abstände mit enormer Auflösung zu messen. Gedruckte Leiterbahnen erlauben als Thermowiderstände die Erfassung von Temperaturen mit guter Genauigkeit.

Wir haben unsere Einwegpumpen mit Sensoren kombiniert und gezeigt, dass Flüssigkeiten so mit hoher Genauigkeit dosiert werden können. Duomere Polymerwerkstoffe bieten hervorragende Möglichkeiten zur robusten Umhüllung von MID und mikrosystemtechnischen Baugruppen. Für duomere Bauteile, die mittels Transfermolding hergestellt werden, haben wir ein neues vielversprechendes Verfahren entwickelt, womit wir Fine-Pitch-Leiterbilder für die Systemintegration durch Laserbearbeitung und außenstromlose Metallabscheidung erzeugen können.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen unseres Berichts und lade Sie ganz herzlich ein, uns auf die Lösung Ihrer Aufgaben anzusprechen.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. Kück', written in a cursive style.

Ihr Heinz Kück

Institutsleiter des HSG-IMAT und IZFM

# Inhaltsverzeichnis

Kontakt .....	2
Grusswort.....	3
Inhaltsverzeichnis .....	4
Die Hahn-Schickard-Gesellschaft .....	5
Organe und Organisation der HSG .....	6
Vorstand und Aufsichtsrat .....	7
Mitgliedschaft bei der HSG .....	8
Das HSG-IMAT.....	9
Struktur und Ansprechpartner .....	10
Das Institut in Zahlen .....	11
Stärken bündeln – Synergien nutzen .....	12
Highlights 2012.....	13
Selektive außenstromlose Metallisierung von Duroplasten....	14
Geschweißte MID-Kontakte .....	15
Magnetfelder dreidimensional erfassen .....	16
Dosieren mit mehr Präzision.....	17
Positionen nanometergenau erkennen .....	18
Thermometer aus dem Drucker .....	19
Publikationen .....	20
Lehrveranstaltungen, Bachelorarbeiten, Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promtionen .....	21
Vorträge und Veröffentlichungen.....	23
Messebeteiligungen.....	25
Mitwirkung in Gremien.....	26
Patente .....	26
Impressum .....	27

## Die Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V.

Anwendungsorientierte Forschung in der Mikrosystemtechnik und die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis bilden die Schwerpunkte der Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. (HSG).

Die HSG ist eine gemeinnützige baden-württembergische Vereinigung von Industrieunternehmen und privaten Förderern. Sie besteht seit 1955 und trägt heute zwei renommierte Institute: Das Institut für Mikroaufbautechnik (HSG-IMAT) in Stuttgart und das Institut für Mikro- und Informationstechnik (HSG-IMIT) in Villingen-Schwenningen und Freiburg.

Die HSG ist ihrer Gründungsidee treu geblieben und baut Brücken zwischen Industrie und Spitzenforschung

im Einklang mit der sozialen Verantwortung für Region, Mitarbeiter, Partner und Umwelt. Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen, sowie die öffentliche Hand sind Vertragspartner der HSG-Institute. In deren Auftrag bearbeiten sie zukunftsorientierte Entwicklungs- und Forschungsprojekte.

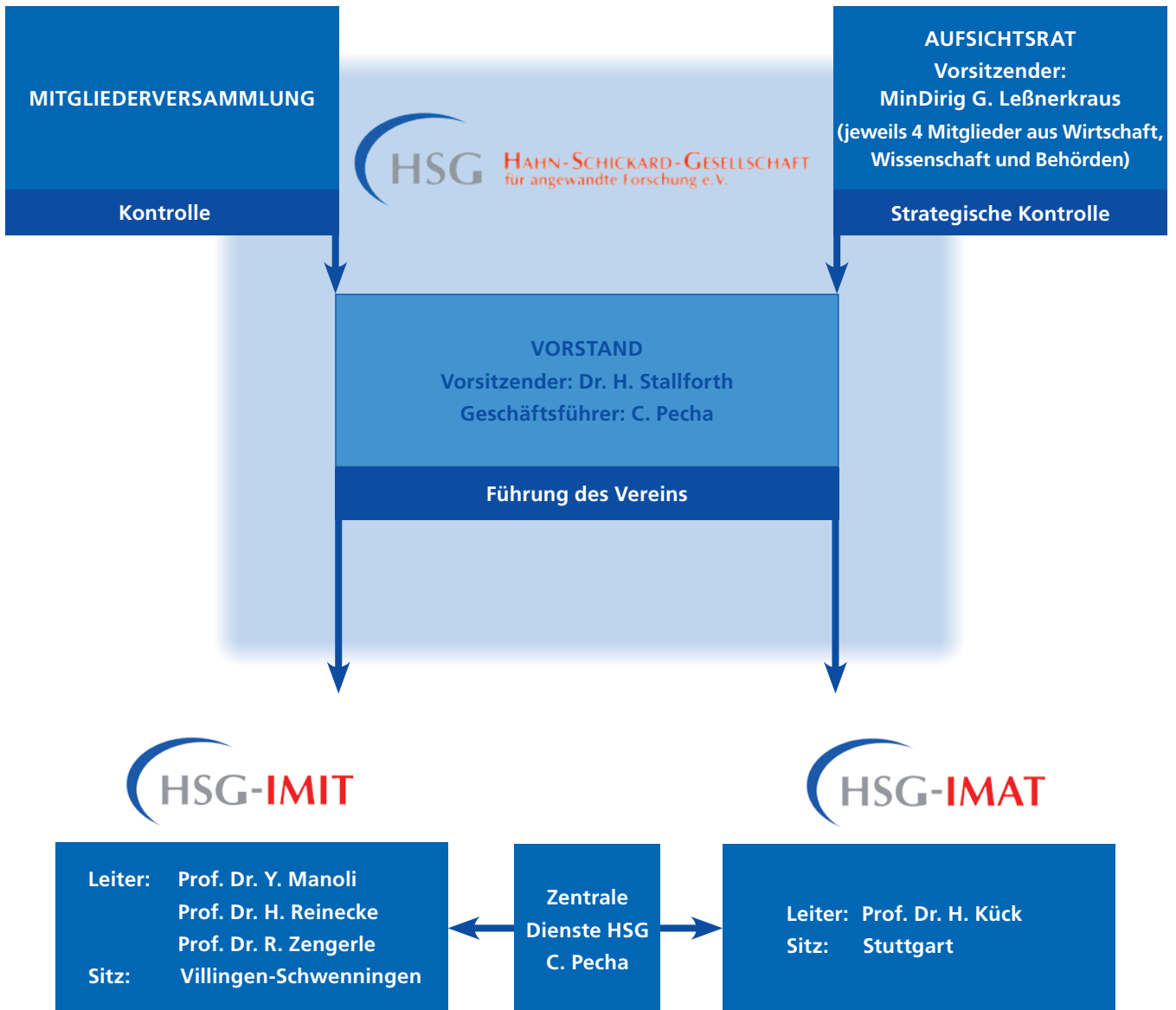
Die Institute der HSG setzen Ideen in realistische Entwicklungen und konkrete Innovationen um und stärken somit die regionale, nationale und internationale Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen. Damit tragen sie zur Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland bei. Die HSG beschäftigte im Berichtsjahr 2012 mehr als 180 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei einem Betriebshaushalt von 14,3 Mio. Euro.



Wilhelm Schickard (1592 bis 1635)

Philipp Matthäus Hahn (1739 bis 1790)

## Organe und Organisation der HSG



Stand: 01/2013

## Vorstand und Aufsichtsrat

### VORSTAND

#### Vorsitzender:

Dr. Harald Stallforth	AESULAP AG
-----------------------	------------

#### Stellv. Vorsitzende:

Ernst Kellermann	Marquardt GmbH
Uwe Remer	2E mechatronic GmbH & Co. KG
Dr. Wolfgang Spreitzer	GRUNER AG

#### Schatzmeister:

Thomas Albiez	IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg
---------------	------------------------------

### AUFSICHTSRAT

#### Vorsitzender:

Ministerialdirigent Günther Leßnerkraus	Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg
Dr. Georg Bischopink	Robert Bosch GmbH
Prof. Dr. Volker Saile	Karlsruher Institut für Technologie
Eckehardt Keip	Northrop Grumman LITEF GmbH
Dr. Rupert Kubon	Oberbürgermeister Große Kreisstadt Villingen-Schwenningen
Dr. Mirko Lehmann	IST AG
Prof. Dr. Ulrich Mescheder	Hochschule Furtwangen, Institut für angewandte Forschung
Prof. Dr. Wolfgang Osten	ITO - Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Peter Post	Festo AG & Co. KG
Prof. Dr. Jürgen Rühle	Institut für Mikrosystemtechnik, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Ministerialrätin Susanne Ahmed	Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

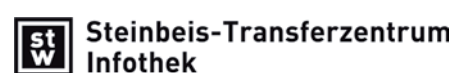
Stand: 01/2013

## Mitgliedschaft bei der HSG

Mehr als 60 Unternehmen sind Mitglied der HSG. Als Mitglied der HSG unterstützen Sie nicht nur die wissenschaftlichen und wirtschaftspolitischen Ziele der Gesellschaft, Sie partizipieren auch an den Leistungen - insbesondere dem Networking beider Institute. Wenn es um Förderprojekte

oder die Vermittlung von Partnern geht, eröffnet sich Ihnen ein weiter Kreis an nationalen und internationalen Projekten und Kontakten für Ihr Geschäft.

**Werden auch Sie Mitglied!**



Auszug aus unseren Mitgliedern



## Das HSG-IMAT

### Institut für Mikroufbautechnik

Das HSG-IMAT steht für industrienahe, anwendungsorientierte Forschung, Entwicklung und Fertigung in der Mikrosystemtechnik. Das Institut ist spezialisiert auf die Gehäuse-, Aufbau- und Verbindungstechniken für Mikro- und miniaturisierte Systeme auf der Basis von Kunststoffbauteilen, insbesondere Moulded Interconnect Devices (MID). Es beschäftigt etwa 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei einem Haushalt von 3,1 Mio. Euro und arbeitet in enger Kooperation mit dem Institut für Zeitmesstechnik, Fein- und Mikrotechnik der Universität Stuttgart.

In vertrauensvoller Zusammenarbeit mit der Industrie realisiert das HSG-IMAT innovative Produkte und Technologien in den Zukunftsfeldern Nachhaltige Mobilität, Umwelt- und Ressourcenschonung, Gesundheit und Pflege sowie Information und Kommunikation. Davon profitieren die Bereiche Maschinenbau, Automobiltechnik, Automatisierungstechnik und Medizintechnik.

Das HSG-IMAT arbeitet entsprechend einem nach DIN ISO 9001:2008 zertifizierten Qualitätsmanagementsystem. Dies ermöglicht die Forschung und Entwicklung mit Partnern in reglementierten Märkten wie dem Automobilbau, dem Luftverkehr, der Sicherheitstechnik oder der Medizintechnik. Zu den herausragenden Stärken zählen die Gesamtbetreuung und Verantwortung von der Idee bis zur Produktion sowie die kurze „Time-to-market“-Spanne. Das Angebot des HSG-IMAT umfasst auch die Herstellung von Prototypen, Erst- und Kleinserien sowie den Transfer der Produktionstechnologie.



#### Kompetenzen:

##### MID-Technologien

- LPKF-LDS®-Technologie
- Semi-additive Laser-MID-Technik
- 2K-MID-Technik
- Heißprägen
- Metallisierung

##### Kunststoffmikrobauteile

- Konstruktion
- Präzisionswerkzeugbau
- Mikrospritzguss
- Ultrapräzisionsbearbeitung

##### Optische und kapazitive Sensoren

- Drehgeber
- Neigungssensoren
- Touch-Sensoren
- Drucksensoren

##### Mikrodosierung

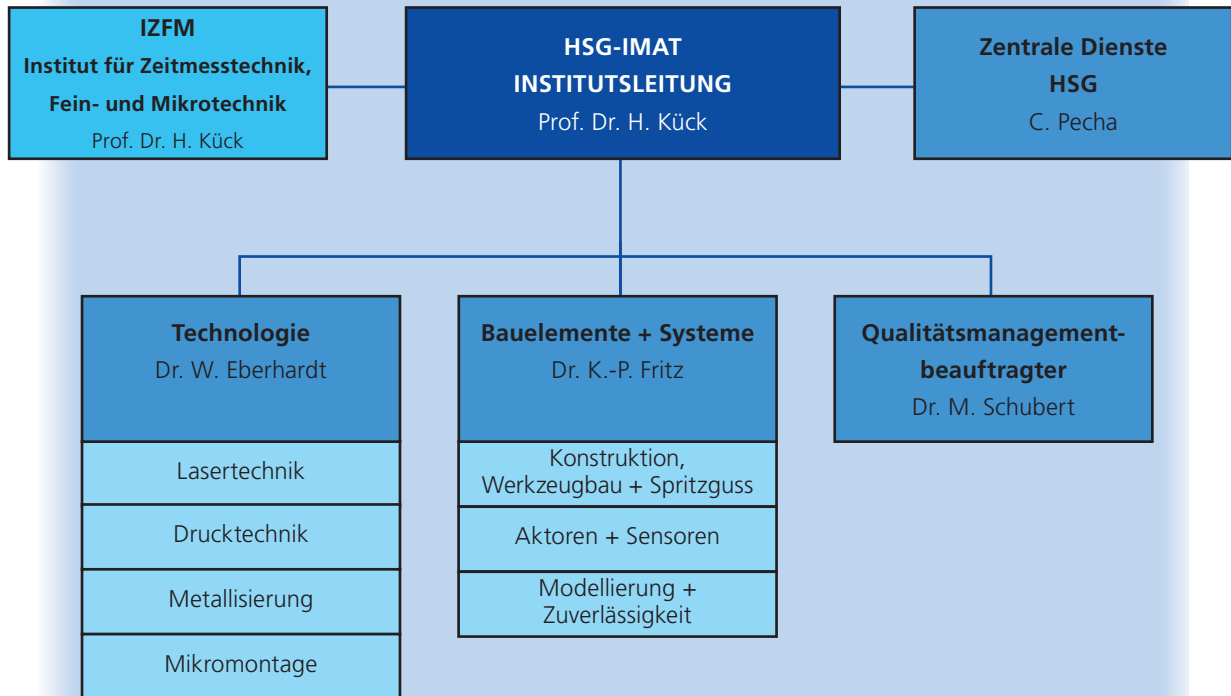
- Mikroventile
- Mikropumpen

##### Gedruckte Mikrostrukturen Chip- und SMD-Montage Modellierung und Zuverlässigkeit



Zertifiziert nach  
DIN ISO 9001:2008

## Struktur und Ansprechpartner



### Institutsleitung:

Prof. Dr. H. Kück  
 Telefon: +49 711 685-83710  
 E-Mail: kueck@hsg-imat.de

### Zentrale Dienste HSG:

C. Pecha (Geschäftsführer HSG)  
 Telefon: +49 7721 943-190  
 E-Mail: clemens.pecha@hsg-imit.de

### Sekretariat:

P. Hoffmann  
 Telefon: +49 711 685-83711  
 E-Mail: hoffmann@izfm.uni-stuttgart.de

### Abteilung Technologie:

Dr. W. Eberhardt  
 Telefon: +49 711 685-83717  
 E-Mail: eberhardt@hsg-imat.de

### Lehre / IZFM:

Dipl.-Ing. R. Mohr  
 Telefon: +49 711 685-83713  
 E-Mail: mohr@izfm.uni-stuttgart.de

### Abteilung Bauelemente + Systeme:

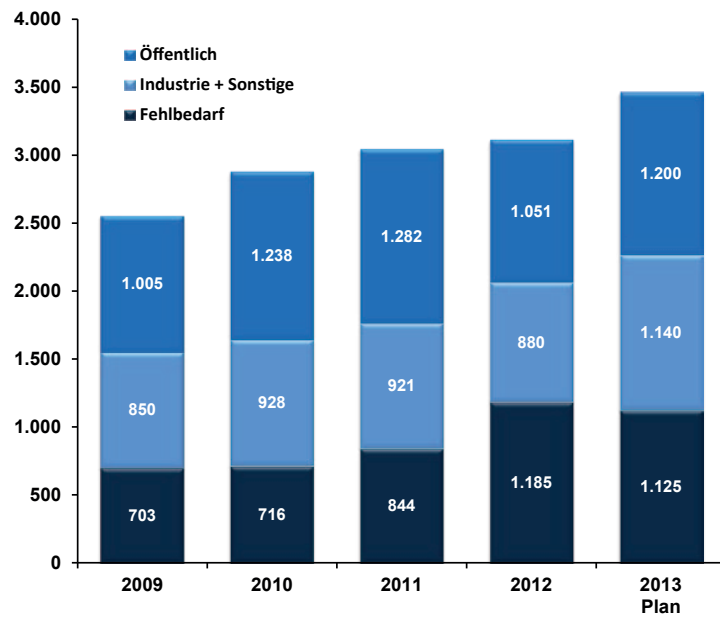
Dr. K.-P. Fritz  
 Telefon: +49 711 685-84792  
 E-Mail: fritz@hsg-imat.de

### Administration HSG-IMAT:

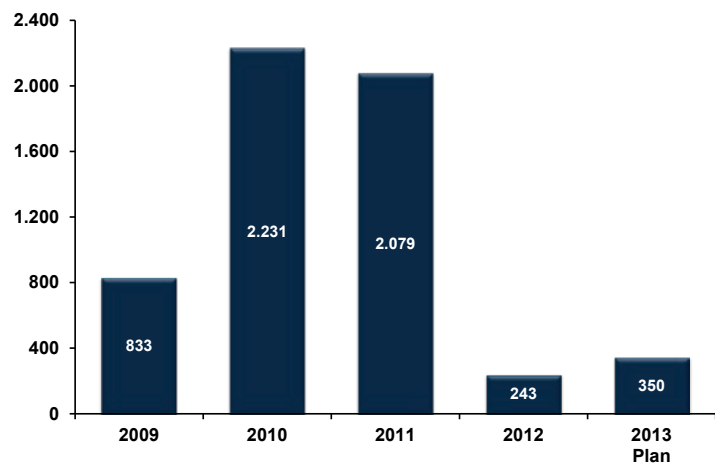
C. Bellezer  
 Telefon: +49 711 685-83712  
 E-Mail: bellezer@hsg-imat.de

## Das Institut in Zahlen

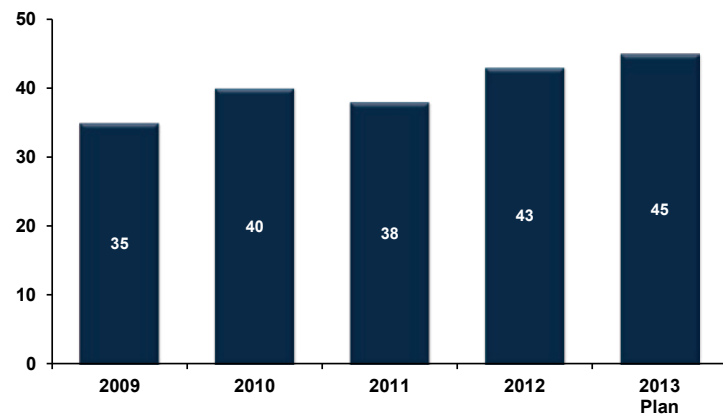
Entwicklung des Haushalts in T Euro



Entwicklung der Investitionen in T Euro



Entwicklung der Personalstärke in FTE



## Stärken bündeln – Synergien nutzen

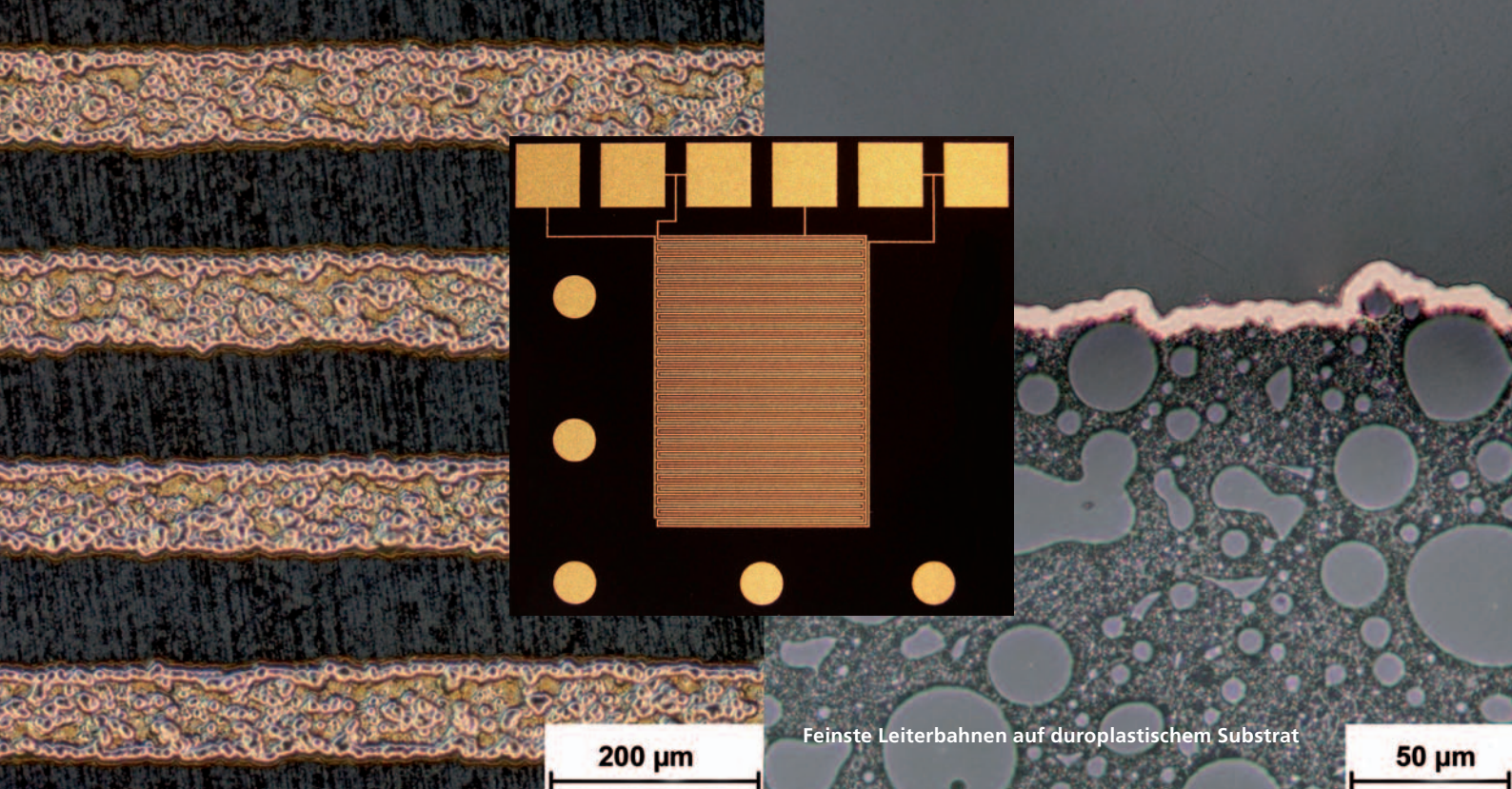
„Networking“ ist unser Erfolgskonzept für den schnellen Aufbau von Know-how. Für die Mikrosystemtechnik und die Miniaturisierung haben wir ein stabiles Netz geknüpft. Es verbindet Ausbildung und Lehre, Forschung und Entwicklung, Produktion und Vermarktung und liefert fruchtbare Synergien. Im weltweiten Verbund mit anderen Forschungseinrichtungen generieren die HSG-Institute

laufend neues Wissen, das sie in eigene Projekte einfließen lassen. Nachwuchskräfte bringen zusätzlich Dynamik, Ideen und Innovationskraft in den Verbund ein. So garantieren wir, jederzeit auf dem aktuellen Stand der Technik zu sein. Diesen Technologievorsprung geben wir unmittelbar an unsere Kunden, Mitglieder und Partner weiter!



# Highlights 2012

- Selektive außenstromlose Metallisierung von Duroplasten
- Geschweißte MID-Kontakte
- Magnetfelder dreidimensional erfassen
- Dosieren mit mehr Präzision
- Positionen nanometergenau erkennen
- Thermometer aus dem Drucker



Feinste Leiterbahnen auf duroplastischem Substrat

## Selektive außenstromlose Metallisierung von Duroplasten

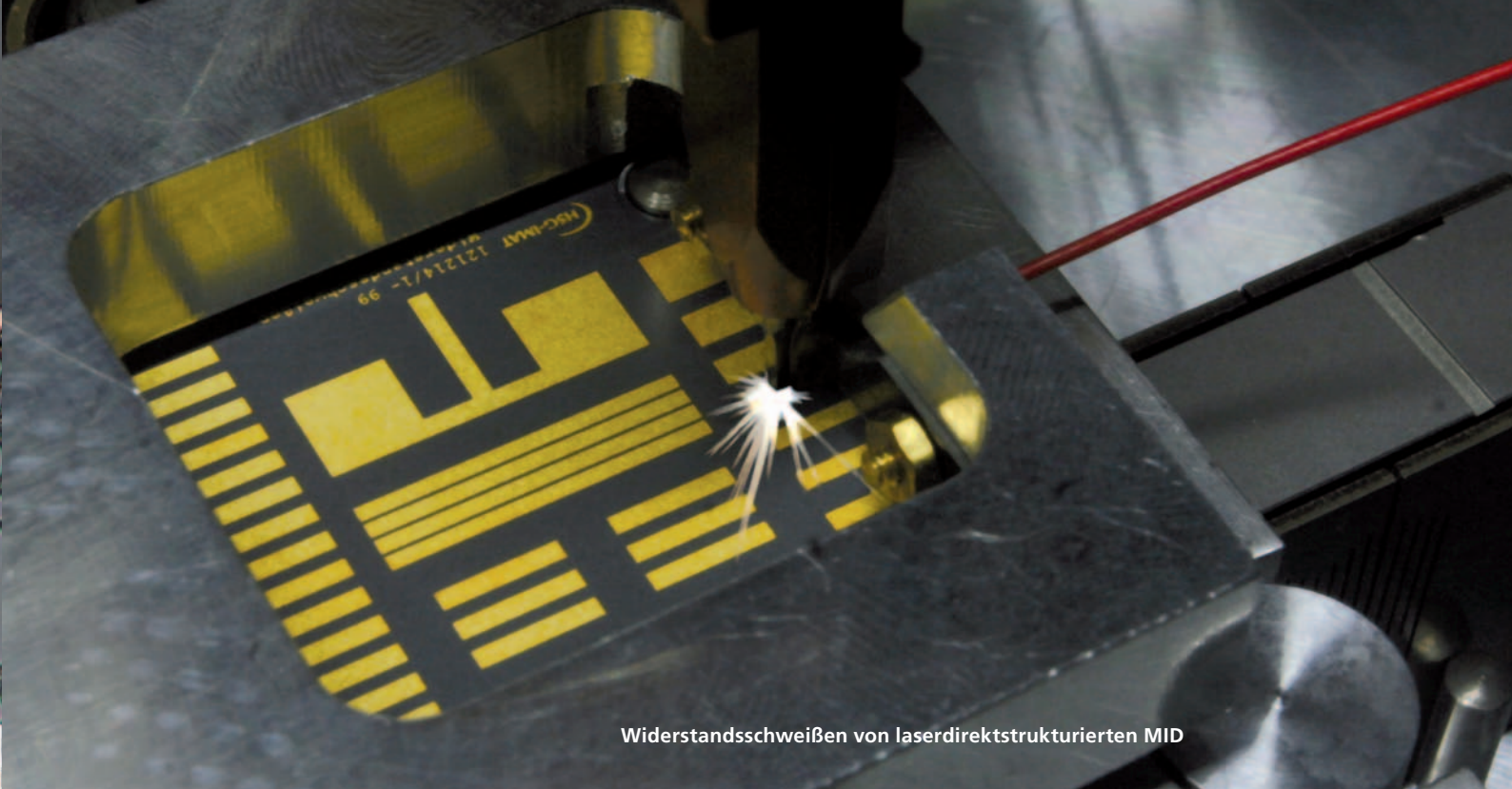
**Ein neuartiges laserbasiertes Verfahren erlaubt die selektive außenstromlose Metallisierung von Duroplasten ähnlich dem für Thermoplaste vielseitig eingesetzten LPKF-LDS®-Verfahren, wobei für das neuartige Verfahren keine Werkstoffe mit speziellen Additiven erforderlich sind.**

Aufgrund der hohen mechanischen, thermischen und chemischen Robustheit kommen für viele Anwendungen immer häufiger Baugruppen aus Duroplasten zum Einsatz. Zudem ist die Verkapselung von elektronischen Bauelementen oder Sensorkomponenten mit Duroplasten zum Schutz vor mechanischen Belastungen sowie Umwelteinflüssen seit vielen Jahren ein standardisiertes Verfahren. Die elektrische Anbindung solcher Baugruppen an periphere Systeme erfolgt meist über Steckkontakte oder über Umverdrahtungsträger wie Leadframes oder Leiterplatten, was einen geringen geometrischen Gestaltungsspielraum zur Folge hat. Die Alternative wäre, Leiterstrukturen direkt auf der duroplastischen Baugruppe, ähnlich wie bei dreidimensionalen spritzgegossenen Schaltungsträgern, zu erzeugen. Entsprechende Verfahren zur selektiven Metallisierung von Duroplasten standen bisher nicht zur Verfügung.

Am HSG-IMAT wurden erste Untersuchungen zur Erzeugung von Leiterstrukturen auf einem kommerziell erhältlichen Duroplast auf Epoxidharzbasis durchgeführt. Die Herstellung der duroplastischen Substrate erfolgte mittels Film-Assisted Transfer Molding. Durch Laserstrukturierung wird die Kunststoffoberfläche selektiv aufgeraut. Anschließend wird die aufgeraute Oberfläche in einem nass-chemischen Prozessschritt selektiv aktiviert und so für die außenstromlose Metallisierung vorbereitet.

Auf Probekörpern konnten Leiterbahnstrukturen aus chemisch Kupfer, chemisch Nickel und Tauchgold abgeschieden werden. Die erzeugten Mäander- und Doppelkamm-Strukturen mit einem Pitch von 200 µm waren unterbrechungs- und kurzschlussfrei. Die Schichtdicke und Haftfestigkeit der abgeschiedenen Metallschichten waren mit den in der MID-Technik erzielten Werten vergleichbar.

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. (FH) Sascha Weser  
Telefon: +49 711 685-83724  
weser@hsg-imat.de



Widerstandsschweißen von laserdirektstrukturierten MID

## Geschweißte MID-Kontakte

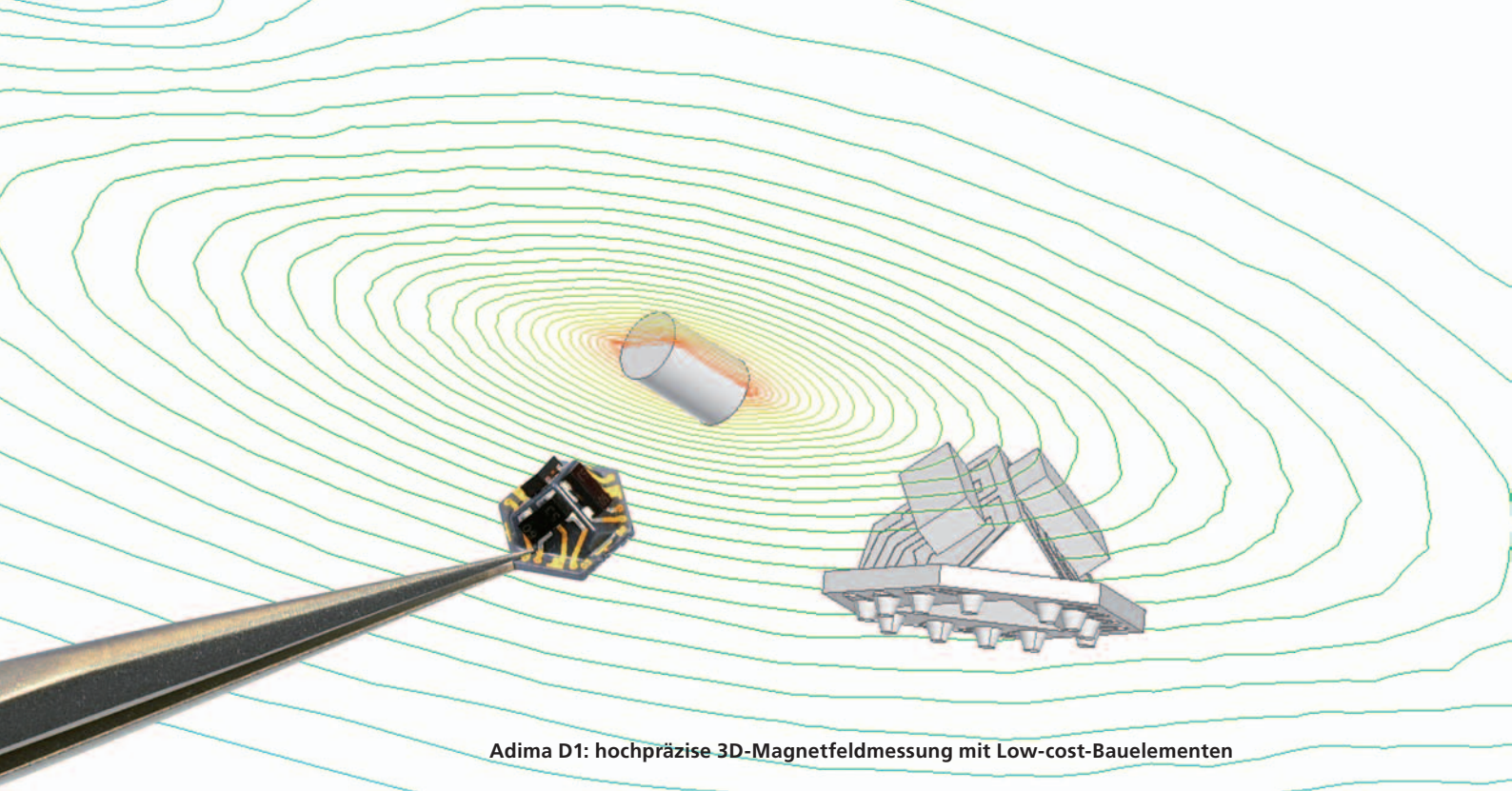
**Wie lassen sich MID-Baugruppen sicher und fest mit Kabeln oder Flachleitern verbinden? Dieser Frage geht das HSG-IMAT nach.**

Widerstandsschweißen wird seit langer Zeit erfolgreich zur Verbindung von Metallen mit verschiedenen Oberflächen eingesetzt. Die Vorteile des Widerstandsschweißens liegen in einem schnellen, selektiven Verbindungsprozess, der hochfeste und hochtemperaturbeständige Verbindungen mit einem geringen elektrischen Widerstand ermöglicht. Das Verfahren erfordert keine Zusatzwerkstoffe wie Lot oder zusätzliche Bauteile wie Kontaktstifte.

MID-Baugruppen mit ihren dreidimensionalen Leiterbahnen finden immer mehr Anwendungsmöglichkeiten in mechatronischen Systemen. Doch ihre Verbindung mit der Außenwelt, d.h. die periphere elektrische Kontaktierung über Kabel oder Flachleiter (FFC) stellt für die Industrie oft noch eine Herausforderung dar. Die Kontaktstellen sollen einen geringen elektrischen Widerstand, hohe Temperaturbelastbarkeit, hohe mechanische Festigkeit und gute Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Diese Eigenschaften müssen über die gesamte Produktlebensdauer erhalten bleiben.

Im Rahmen eines IGF-Vorhabens werden am HSG-IMAT Kabel und FFC mit MID-Substraten verbunden und elektrisch kontaktiert. Im Projekt werden die Prozessparameter für Schweißungen unterschiedlicher Metallschichten von Heißpräge-MID und laserdirektstrukturierten MID optimiert. Die Schweißverbindungen werden mit Verfahren gemäß DVS Merkblatt 2812 charakterisiert. Außerdem wird die Zuverlässigkeit der Verbindungen unter verschiedenen Umweltbedingungen ermittelt.

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Peter Buckmüller  
Telefon: +49 711 685-84265  
buckmueller@hsg-imat.de



Adima D1: hochpräzise 3D-Magnetfeldmessung mit Low-cost-Bauelementen

## Magnetfelder dreidimensional erfassen

**Mehrdimensional messende Sensorsysteme können durch die Vereinigung von Low-cost-Magnetfeldsensoren und frei gestaltbaren räumlichen Schaltungsträgern (MID) auch für anspruchsvolle Messaufgaben bereitgestellt werden.**

Magnetfeldsensoren stellen eine der wichtigsten Sensorfamilien in den unterschiedlichsten Bereichen dar. Im elektronischen Kompass detektieren sie das Erdmagnetfeld. In einem Motor bestimmen sie die Position des Rotors oder die Drehzahl. Will man Magnetresonanztomografen (MRT) regeln und überwachen, werden ebenfalls Magnetfeldsensoren eingesetzt. Die Ansprüche an die Messgenauigkeit variieren dabei ebenso stark wie die Bandbreite der zu messenden Feldstärke.

Doch das magnetische Feld ist keine eindimensionale Größe und in vielen Anwendungen ist es von größtem Interesse, nicht nur die Stärke des Feldes, sondern auch seine Richtung und seinen Gradienten an einem definierten Punkt exakt bestimmen zu können. Im Rahmen des IGF-Vorhabens 17163 N Adima-3D werden am HSG-IMAT zwei unterschiedliche Sensorsysteme aufgebaut, die hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Langzeitstabilität hohen Anforderungen genügen sollen.

Der *Adima D1* besitzt gerade mal eine Kantenlänge von

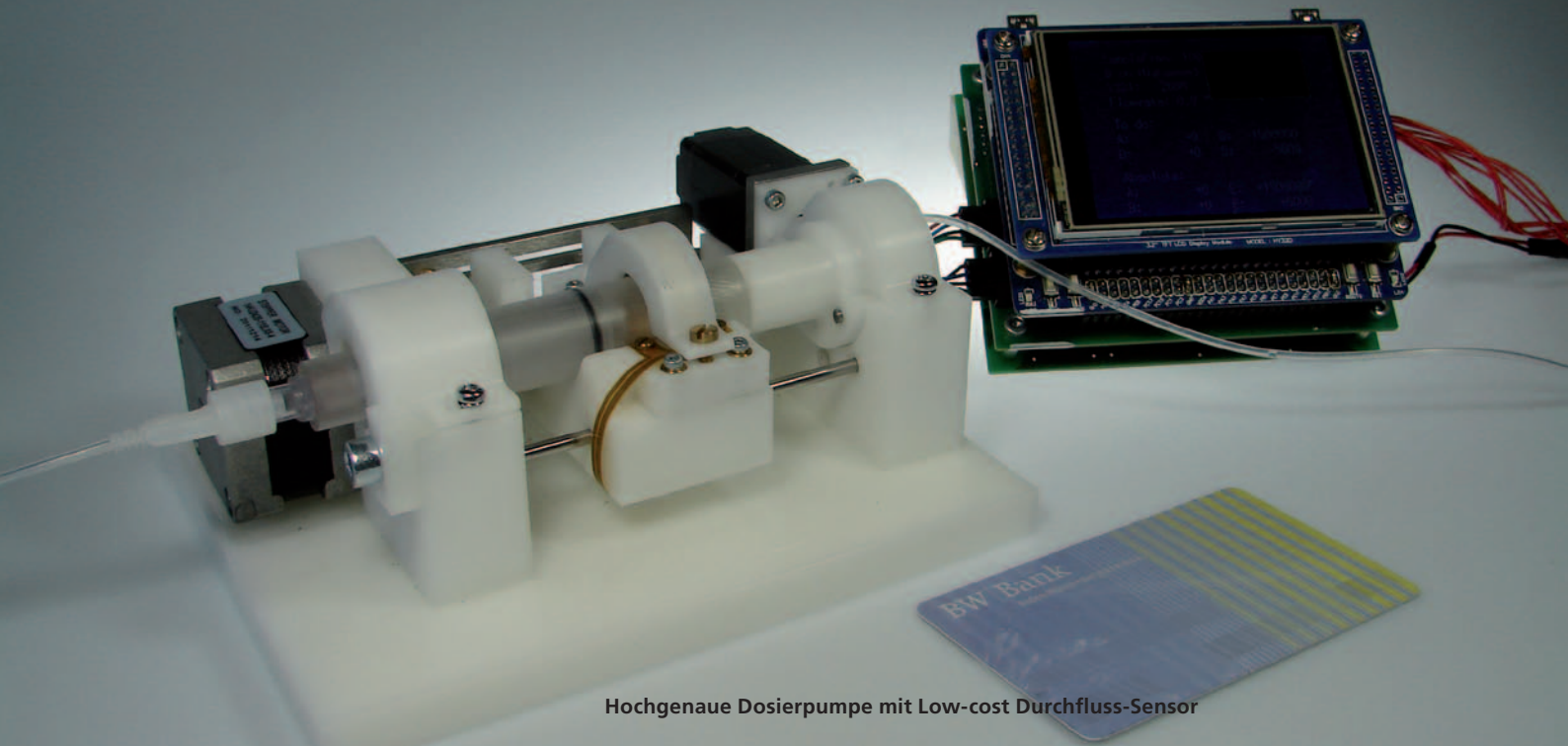
4 mm und kann auf engstem Raum mit Hilfe dreier kostengünstiger, eindimensional messender SMD-Sensoren den Magnetfeldvektor erfassen. Der Träger – das MID – kann dabei ebenfalls wie ein SMD-Bauteil gehandhabt und montiert werden und ist damit sehr flexibel integrierbar.

Auf dem *Adima D2* werden vier dreidimensional messende Sensorchips in Flip-Chip-Technik montiert. Die Chips werden räumlich in konstantem Abstand zueinander angeordnet. So entsteht ein Messsystem, das den Gradienten der Feldlinien am Messort darstellen kann.

Die Schlüsselprozesse für das erfolgreiche Gelingen sind der hochgenaue Mikrospritzguss und die präzise 3D-Montage der Komponenten. Sie stehen in der HSG-IMAT TransferFab zur Realisierung von Kleinserien zur Verfügung.

Ansprechpartner:  
Dr. Ulrich Keßler  
Telefon: +49 711 685-83722  
kessler@hsg-imat.de





Hochgenaue Dosierpumpe mit Low-cost Durchfluss-Sensor

## Dosieren mit mehr Präzision

**Ein einfacher und preisgünstiger Wegsensor eröffnet neue Wege in der Pump- und Dosiertechnik. Das HSG-IMAT entwickelte Grundlagen für eine hochgenaue, durch Mikrocontroller geregelte Dosierpumpe für die Medizin und Biotechnologie.**

Im Rahmen eines IGF-Projekts wurde eine geregelte Dosierpumpe aufgebaut. Sie bietet eine sehr große Förderratenspanne von 0,1 ml/h bis 1000 ml/h und die erreichte Fördergenauigkeit ist in einem großen Ratenbereich besser als +/- 2%. Die Pumpeinheit des Dosiersystems wurde als Einwegteil konzipiert und basiert auf dem vom HSG-IMAT patentierten Kolbenpump-Prinzip.

Die Herausforderung dieses Projekts bestand darin, ein berührungsloses Sensorsystem in die Pumpe zu integrieren. Der Sensor sollte eine Wegauflösung von mindestens 5 µm erreichen, um den Pumpenkolben genau regeln zu können. Zudem durfte der Sensor das Handling des Einwegteils nicht behindern.

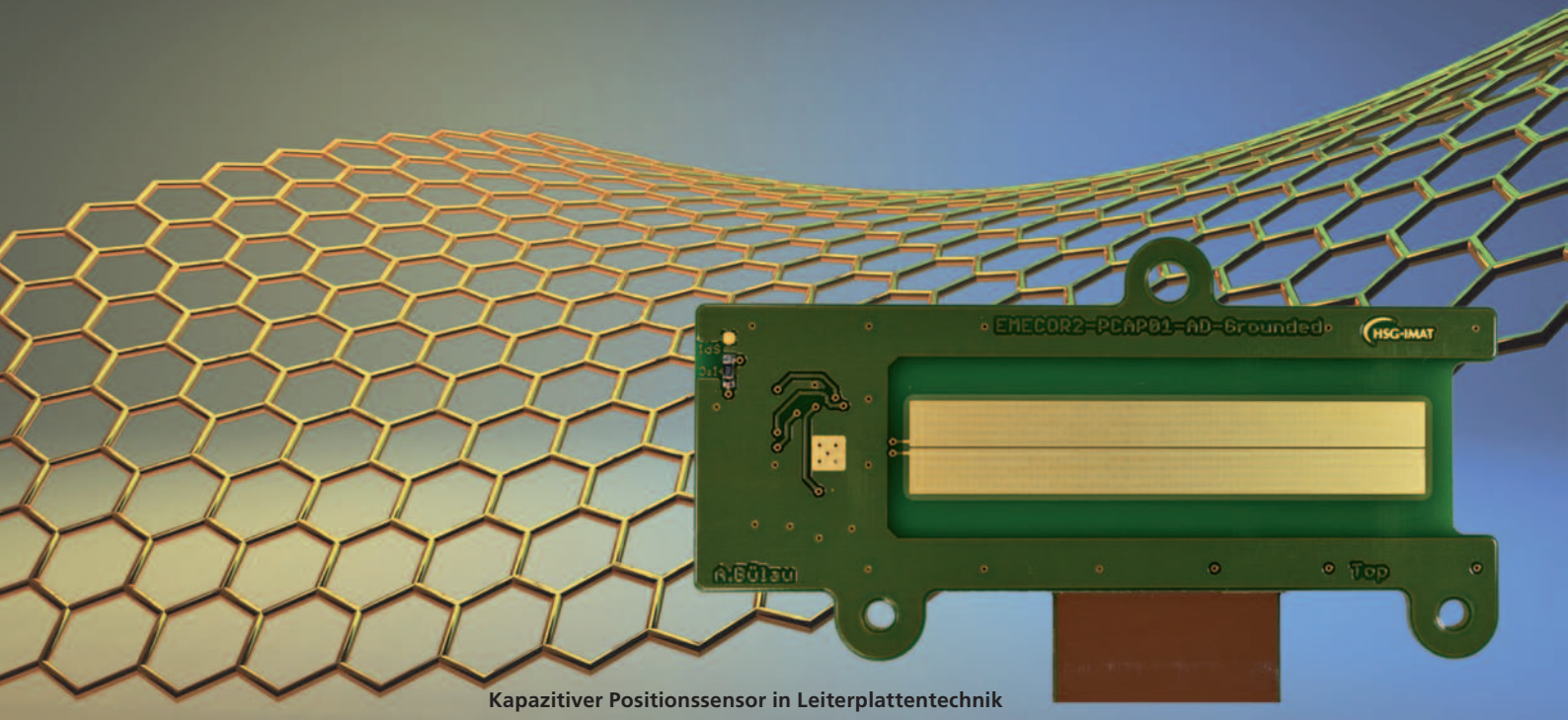
Als optimale Lösung erwies sich der Einsatz eines neuartigen, induktiven Low-cost-Wegsensors. Das induktive Verfahren basiert auf dem LVDT-Prinzip. Es kann Temperaturveränderungen kompensieren und weist einen großen Dynamikbereich auf. Durch die hohe Abtastrate

von mehreren kHz können auch schnelle Kolbenbewegungen erfasst und mit geringer Totzeit an die Steuerung übergeben werden. Das Sensorelement besteht aus einer dünnen Folienleiterplatte, die für weniger als 0,20 Euro herstellbar ist.

Fazit: Mit dieser Lösung sind pulsationsarme Dosierpumpen mit sehr großen Förderratenbereichen bei geringen Sensorkosten realisierbar. Typische Anwendungsfelder sind Infusionspumpen oder Laborpumpen für die Biotechnologie.

Der einfache und flexibel aufgebaute Sensor eignet sich nicht nur für die lineare Wegmessung in Einweg-Pumpensystemen mit metallischem Kolben. Prinzipiell lässt er sich für sämtliche Applikationen adaptieren, bei denen berührungslos eine lineare Bewegung eines metallischen Körpers gemessen werden soll.

Ansprechpartner:  
Dr.-Ing. Karl-Peter Fritz  
Telefon: +49 711 685-84792  
fritz@hsg-imat.de



Kapazitiver Positionssensor in Leiterplattentechnik

## Positionen nanometergenau erkennen

**Ein neu entwickelter Positionssensor für den Nanometerbereich unterstreicht die Kompetenz des HSG-IMAT auf dem Gebiet der kapazitiven Messtechnik. Der Sensor dringt in Dimensionen vor, die bisher der optischen Messtechnik vorbehalten waren.**

Im Rahmen eines Industrieprojekts mit der Festo AG & Co. KG hat das HSG-IMAT einen einachsigen, kapazitiven Sensor entwickelt, der die Position eines metallbeschichteten bzw. metallischen Objekts vor einer differentiellen Elektrodenanordnung erfasst.

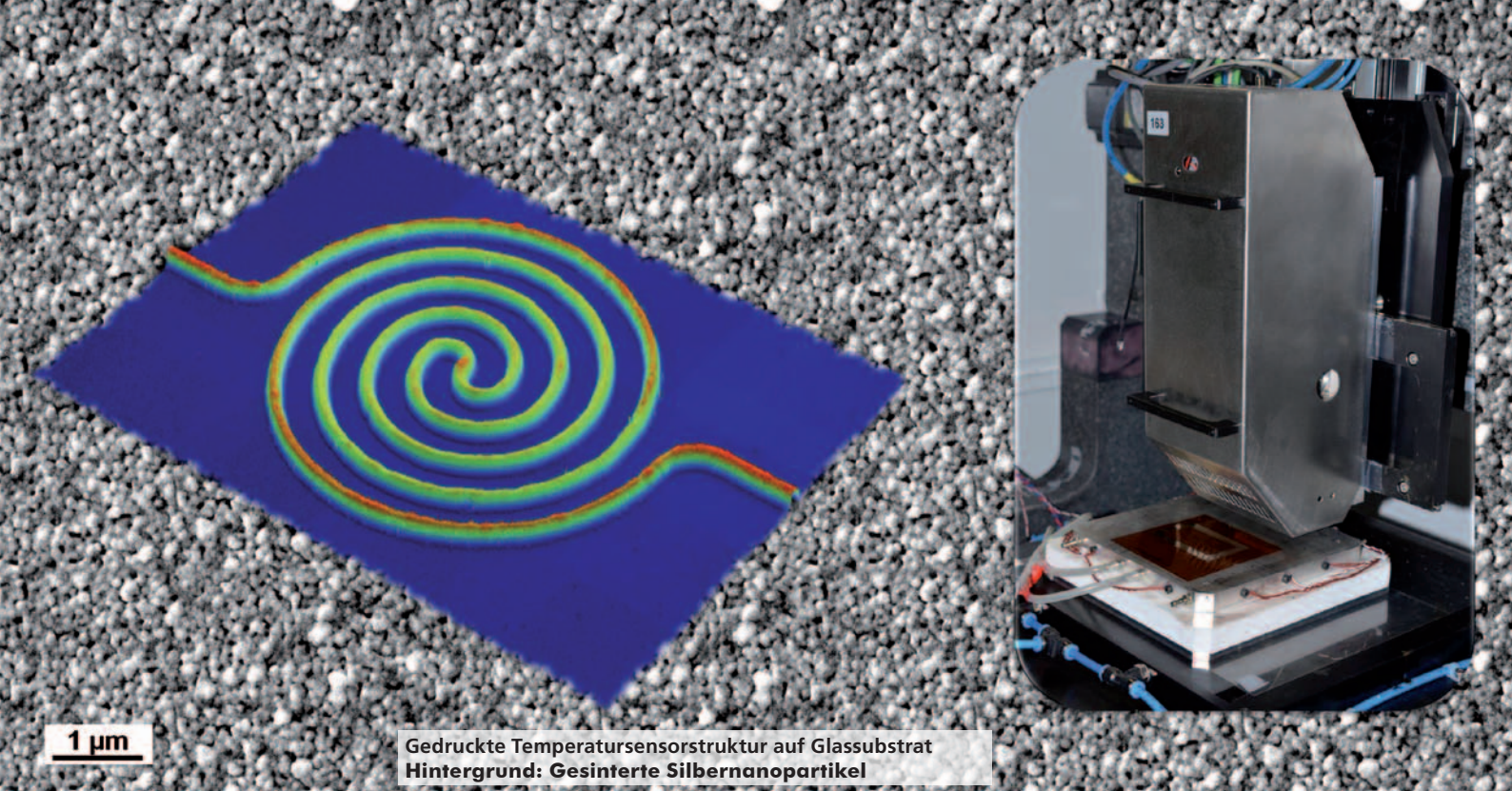
Das zu erfassende Objekt war niedriger als 1 mm, kürzer als 35 mm und bildete die Gegenelektrode zur kapazitiven Messanordnung. Es wurde rund 50  $\mu\text{m}$  vor der Messanordnung platziert. Die Elektroden mit einer Größe von 4 x 45 mm wurden in konventioneller Starrflex-Leiterplattentechnik realisiert und die Auswerteelektronik des Sensors auf deren Rückseite aufgebaut.

Die Charakterisierung des Sensors erfolgte mit Hilfe des am Institut vorhandenen, hochgenauen Winkelprüfstands und hochgenauen Referenzsensoren. Im Test ließen sich ein nahezu linearer Messbereich von  $\pm 1$  mm und eine Auflösung von  $< \pm 10$  nm darstellen, ebenso eine Messwiederholrate von 17 Hz. Mit diesen Parametern dringt der

Positionssensor in Größenordnungen vor, die sonst nur mit optischen Lösungen wie Interferometern erfasst werden können.

Hervorzuheben ist auch die Auswerteelektronik. Sie wurde als SingleChip-Lösung mit nur wenigen externen, passiven Bauteilen realisiert. Sie liefert temperaturkompensierte, Kennlinien korrigierte, digitale Positionswerte.

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. André Bülau  
Telefon: +49 711 685-83708  
buelau@hsg-imat.de



1 µm

Gedruckte Temperatursensorstruktur auf Glassubstrat  
Hintergrund: Gesinterte Silbernanopartikel

## Thermometer aus dem Drucker

**Moderne Drucktechnik kann mehr als nur Farbe auf Papier auftragen. Sie kann auch Metalltinte auf Kunststoff aufbringen und damit Leiterstrukturen erzeugen. Das HSG-IMAT geht noch einen Schritt weiter und druckt jetzt Temperatursensoren.**

Mittels innovativer digitaler Drucktechniken wie Inkjet und Aerosol Jet® lassen sich feinste Leiterstrukturen auf unterschiedlichsten Substraten herstellen. Neben der Funktion als Leiterbahn ermöglichen die Temperatureigenschaften der gedruckten Leiterstrukturen auch den Aufbau von widerstandsbasierten Temperatursensoren. Im Test zeigte sich, dass die gedruckten Sensoren im Temperaturbereich von -20°C bis +80°C eine lineare Kennlinie aufweisen.

Zum Drucken von Leiter- oder Sensorstrukturen setzt man Metalltinten ein, die Partikel im Nanometermaßstab enthalten. Nach dem Drucken werden sie thermisch oder photonisch ausgehärtet und dadurch leitfähig gemacht.

Als Drucklayout verwendet man ein einfaches Digitalbild. Änderungen lassen sich damit rasch und unkompliziert umsetzen. Ein weiterer Vorteil: Das Layout der Sensorstrukturen lässt sich an die Oberfläche unterschiedlichster Bauteile anpassen. Es wird dann direkt darauf gedruckt. Aufwändige Montageschritte sind überflüssig.

Und noch ein Pluspunkt: Will man bestehende Leiterstrukturen auf einem Substrat mit gedruckten Leiter- bzw. Sensorstrukturen verbinden, so können diese einfach mit derselben Metalltinte überdruckt und somit zuverlässig kontaktiert werden. Ebenso lassen sich SMD-Bauelemente oder Stecker mit leitfähigem Klebstoff auf gedruckten Leiterstrukturen zuverlässig aufbauen.

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Bernhard Polzinger  
Telefon: +49 711 685-84785  
polzinger@hsg-imat.de

# Publikationen

- Lehrveranstaltungen, Bachelorarbeiten, Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen
- Vorträge und Veröffentlichungen
- Messebeteiligungen
- Mitwirkung in Gremien
- Patente

# Lehrveranstaltungen, Bachelorarbeiten, Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen

## VORLESUNGEN

### H. Kück, E. Ermantraut

Grundlagen der Mikrotechnik mit Übungen

### H. Kück, T. Grözinger

Aufbau- und Verbindungstechnik I – Sensor- und System-  
aufbau mit Übungen

### H. Kück, B. Polzinger

Aufbau- und Verbindungstechnik II - Technologien mit  
Übungen

### R. Mohr

Elektronik für Mikrosystemtechniker

### R. Mohr

Elektronische Bauelemente in der Mikrosystemtechnik

### H. Kück, R. Mohr, M. Schober

Modellierung und Simulation in der Mikrosystemtechnik

## SEMINAR

Seminar der Mikrosystemtechnik

## KOLLOQUIUM

Kolloquium der Mikrosystem- und Feinwerktechnik

## PRAKTIKA

Praktikum im Spezialisierungsfach Mikrosystemtechnik

APMB Allgemeines Praktikum Maschinenbau

Elektronikpraktikum

## EXKURSIONEN

Ziel: Robert Bosch GmbH, Immenstadt

17.07.2012, 20 Teilnehmer

## IN 2012 ABGESCHLOSSENE BACHELORARBEITEN

### Willers, Oliver

Haftfestigkeit von gesputterten Metallschichten auf Poly-  
mersubstraten

Betreuer: Dipl.-Ing. H. Müller

## IN 2012 ABGESCHLOSSENE STUDIENARBEITEN

### Biegler, Eugen

Untersuchungen zum Geometrieinfluss magnetischer  
Schleifenantennen

Betreuer: Dipl.-Ing. A. Bülau

### Borgiel, Felix

Herstellung und Charakterisierung gedruckter Carbon Na-  
notubes

Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger

### Claassen, Jörg

Herstellung und Charakterisierung von inkjet-gedruckten  
Leiterbahnstrukturen aus neuen nanoskaligen Silbertinten  
auf verschiedenen Substratmaterialien

Betreuer: Dr. rer. nat. J. Keck

### Graap, Arne

Aufbau eines Systems zur drahtlosen Datenübertragung

Betreuer: Dipl.-Ing. R. Mohr

## Lehrveranstaltungen, Bachelorarbeiten, Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen

### **Hertwig, Michael**

Flächenbasierte Messtechnik zur Charakterisierung von Oberflächen für das Drahtbonden auf Molded Interconnect Devices (MID)  
Betreuer: Dipl.-Ing. U. Keßler,  
Dipl.-Ing. M. Barth

### **König, Thomas**

Untersuchung zur Wärmeleitfähigkeit von laserstrukturierten MID mithilfe von Thermographie  
Betreuer: Dipl.-Ing. M. Barth

### **Kratzer, Tim**

Inkjet-Drucken von Hotmelt-Masken für die Strukturierung von Metallschichten  
Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger

### **Krutsch , Andreas**

Herstellung von strukturierten Schutzschichten mittels Inkjet-Drucken  
Betreuer: Dipl.-Ing. V. Matic,  
Dipl.-Ing. B. Polzinger

### **Markisch, Steffen**

Untersuchungen zum Drucken von leitfähigen Polymeren mittels Aerosol Jet® und Inkjet Technologie  
Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger,  
Dr.-Ing. F. Schön

### **Martinez, Felix**

Untersuchungen zur peripheren Kontaktierung von MID mittels Mikrowiderstandsschweißen  
Betreuer: Dipl.-Ing. P. Buckmüller

### **Pfeil, Raphael**

Konzeption und Auslegung eines kapazitiven Drehmomentsensors  
Betreuer: Dipl.-Ing. A. Bülau

### **Weber, Sandra**

Untersuchungen zum Sintern von gedruckten nanopartikulären Silbertinten mittels UV-Strahlung  
Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger

### **IN 2012 ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEITEN**

### **Biegler, Eugen**

Untersuchungen zum Einfluss transienter Temperatureffekte in MEMS-Sensoren  
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück,  
Dr. S. Günther (Robert Bosch GmbH)

### **Kratzer, Tim**

Entwicklung und Umsetzung von automatisierten Applikationseinsätzen für Motorsteuergeräte  
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück,  
C. Lepuschitz (Robert Bosch GmbH)

### **Schwarz, Lisa**

Herstellung und Charakterisierung Inkjet-gedruckter CNT- und PEDOT/PSS-Schichten zur Anwendung als resistiver Feuchtesensor  
Betreuer: Dipl.-Ing. A. Ilchmann

### **Weissert, Michael**

Temperaturkontrolle in gestapelter, auf Zentrifugalkräften basierender mikrofluidischer Anordnung  
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück,  
F. Lärmer (Robert Bosch GmbH)

### **PROMOTIONEN**

### **K.-P. Fritz**

Untersuchungen zu miniaturisierten Schaltventilen mit Medientrennung und Stoßantrieb

### **U. Keßler**

Untersuchungen zur Flip Chip Montage auf spritzgegossenen Schaltungsträgern

## Vorträge und Veröffentlichungen

- P. Bliestle, H. Higgen, U. Bürklin, J. Keck, V. Matic, W. Eberhardt, B. Polzinger, H. Kück, **„Neue Sensorstrukturen und Aufbautechniken auf dreidimensionalen Trägern mittels Inkjet-Druck nanoskaliger Dispersionen (SADINA)“**, Statusseminar „Mikro-Nano-Integration als Schlüsseltechnologie für die nächste Generation von Sensoren und Aktoren“, Berlin, 18-19.06.2012
- P. Buckmüller, **„Formenbau und Spritzgießen von MID- und Mikrokomponenten“**, Workshop „Materialien, Prozesse und Verfahren zur Herstellung, Verarbeitung und Prüfung von Präzisionsbauteilen aus Polymeren“, VIRTUAL DIMENSION CENTER Technologiezentrum St. Georgen, 16.10.2012
- A. Bülau, H. Kück, **„Passive, wireless readable sensors“**, 4. MicroMountains INNOVATION FORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 29.02.2012
- W. Eberhardt, **„Thermoplast-Metallschicht-Verbunde – Leistungsfähige Aufbautechnik für multifunktionale Systeme“**, Innovationsbörse Werkstoffe und Oberflächen, IHK Heilbronn-Franken, 17.09.2012.
- W. Eberhardt, **„Laserstrukturierung von MID“**, TechTalk Lasermikrobearbeitung, MicroMountains Network e.V. und MicroMountains Applications AG, Villingen-Schwenningen, 08.10.2012
- W. Eberhardt, **„Thermoplast-Metallschicht-Verbunde – Leistungsfähige Aufbautechnik für multifunktionale Systeme“**, Innovationsbörse Werkstoffe und Oberflächen, IHK Nordschwarzwald, 22.11.2012
- W. Eberhardt, S. Weser, **„Selektive außenstromlose Metallisierung von Duroplasten“**, PLUS – Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, Eugen G. Leuze Verlag KG, Bad Saulgau, Ausgabe 12/2012, S. 2701
- W. Eberhardt, S. Weser, A. Fischer, H. Kück, **„Cleaning Processes for Laser Based Fine Pitch Molded Interconnect Devices“**, Proceedings 10. International Congress Molded Interconnect Devices 2012, Fürth, 19.-20.09.2012
- T. Fellner, E. Zukowski, J. Wilde, H. Kück, H. Richter, M. Schober, P. Buckmüller, **„Modeling of Thermoplastic Materials for the Process-Simulation of Press-Fit Interconnections on Moulded Interconnected Devices“**, Artikel in J. Electronic Packaging, Volume 134, September 2012
- C. Fischer, K.-P. Fritz, P. Eberhard, H. Kück, **„Investigation and Design of an Impact Actuated Micro Shift Valve“**, zur Veröffentlichung eingereicht, Archive of Applied Mechanics, 23.12.2012
- C. Harendt, J. N. Burghartz, W. Eberhardt, H. Glosch, H. Kück, H. Reinecke, **„Production Platform for Microsystems“**, 4. MicroMountains INNOVATION FORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 29.02.2012
- A. Ilchmann, J. Keck, W. Eberhardt, F. Borgiel, B. Polzinger, H. Kück, **„Thermische und mechanische Eigenschaften von Widerständen aus gedruckten Kohlenstoffnanoröhren“**, 4. GMM-Workshop Mikro-Nano-Integration, Berlin, 12.-13.11.2012
- U. Keßler, **„The HSG-IMAT TransferFab: Small Series Production of Mechatronic Devices“**, 4. MicroMountains INNOVATION FORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 29.02.2012

## Vorträge und Veröffentlichungen

- U. Keßler, **„Serienstart komplexer Mikrosysteme: Pronto Seskom“**, microTEC Südwest Clusterkonferenz, Stuttgart, 14.-15.05.2012
- G. Konstantin, H. Kück, R. Münch, M. Schober, **„Neue Methode zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Kupferschicht von Durchkontaktierungen in mehrlagigen Leiterplatten mittels Zugversuch“**, PLUS – Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, Eugen G. Leuze Verlag KG, Bad Saulgau, Ausgabe 7/2012, S. 1544 – 1552
- H. Kück, **„Aufbau- und Verbindungstechnik für intelligente Lichtlösungen“**, Thementag „Intelligentes Licht“ im IMS Chips, Stuttgart, 28.06.2012
- H. Kück, **„Miniaturisierung – kleiner, schneller, leistungsfähiger“**, GSaME Jahrestagung, Reinach, Schweiz, 11.10.2012
- H. Kück, **„Veredelte Kunststoffbauteile zur Systemintegration und Miniaturisierung von Baugruppen“**, Potenziale angewandter Forschung – Aktuelle Projekte der Innovationsallianz Baden-Württemberg, Schwäbisch Gmünd, 25.10.2012
- H. Kück, **„State of the Art and Trends of 3D MID Technology“**, Innov'Days at PEP – Centre de la Plasturgie, Bellignat, Frankreich, 06.12.2012
- V. Matic, J. Keck, A. Ilchmann, B. Polzinger, W. Eberhardt, H. Kück, **„Printing of Functional Silver Structures on Polymer based 3D-Packages“**, Proceedings of the 9th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Wien, Österreich, 09.-11.10.2012
- B. Polzinger, **„MID by Structuring and Back Injection Molding of Copper Foils“**, 4. MicroMountains iNNOVATION FORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 29.02.2012
- B. Polzinger, **„PRONTO DRUSYM“**, microTEC Südwest Clusterkonferenz, Stuttgart, 14-15.05.2012
- B. Polzinger, **„Zuverlässigkeit von gedruckten leitfähigen Strukturen“**, 46. Treffen des Arbeitskreises „Zuverlässige bleifreie Systeme“, Fraunhofer IZM, Berlin, 31.10.2012
- B. Polzinger, W. Eberhardt, A. Ilchmann, J. Keck, V. Matic, H. Kück, **„Drucken von leitfähigen Strukturen auf spritzgegossenen thermoplastischen Bauteilen“**, PLUS – Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, Eugen G. Leuze Verlag KG, Bad Saulgau, Ausgabe 6/2012, S. 1401-1409
- M. Schober, H. Kück, **„Numerische Zuverlässigkeitsanalyse von MID-Baugruppen“**, 10. International Congress Molded Interconnect Devices, Fürth, 20.09.2012
- M. Schober, H. Kück, C. Goth, A. Reinhardt, J. Franke, S. Majcherek, A. Brose, B. Schmidt, **„Experimental Characterization and Finite Element Analysis of Thermo-Mechanical Stress in Flip-Chip- and Wirebond-Assemblies on Flexible and Injection Molded Thermoplastic Substrates“**, Proceedings der 4. ESTC-Konferenz (Electronic System-Integration Technology Conference), Amsterdam, Niederlande, 17.-20.09.2012
- J. Seybold, **„Serienstart komplexer Mikrosysteme“**, PRONTO-Workshop, Villingen-Schwenningen, 26.09.2012



## Vorträge und Veröffentlichungen

J. Seybold, K.-P. Fritz, V. Mayer, H. Kück, „**Miniature optical encoders with microstructured encoder disks**“, 4. MicroMountains iNNOVATION FORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 29.02.2012

F. Wolter, K.-P. Fritz, H. Kück, K. Körner, W. Lyda, A. Burla, „**Sensor-controlled metering pump with disposable pump unit**“, ACTUATOR 2012, Bremen, 18.-20.06.2012

## Messebeteiligungen

**4. MicroMountains iNNOVATION FORUM MicroTechnology**, Villingen-Schwenningen, 29.02.2012

**SMT**, Nürnberg, 08.-10.05.2012

**Sensor + Test**, Nürnberg, 22.-24.05.2012

**Tag der Wissenschaft**, Stand im Pfaffenwaldring 9, Universität Stuttgart, 30.06.2012

**10. International Congress Molded Interconnect Devices 2012**, Fürth, 19.-20.09.2012

## Mitwirkung in Gremien

### W. Eberhardt

Stellvertretender Vorsitzender Fachausschuss 5.5  
„Aufbau- und Verbindungstechnik“ der GMM

Mitglied im Aufsichtsrat der MicroMountains Applications AG

Mitglied im Fachausschuss 4.8 „Mikrofertigung und Werkstoffe“ der GMM

### H. Kück

Mitglied im Kuratorium der Steinbeis-Stiftung

Mitglied im Fachausschuss 5.5 „Aufbau- und Verbindungstechnik“ der GMM

## Patente

A. Bülau, **„Aufnahmeteile einer Kupplung für eine Fluidleitung“**, Deutsches Patent 10 2011 107 186.9, A. RAYMOND ET CIE, Hahn-Schickard-Gesellschaft, erteilt am 07.08.2012

V. Mayer, K.-P. Fritz, D. Benz, H. Kück, **„Vorrichtung und Verfahren zur kapazitiven Kraftmessung“**, Deutsches Patent 10 2007 054 027 erteilt am 10.05.2012

H. Kück, D. Benz, F. Wolter, **„Pumpelement und Pumpe mit einem solchen Pumpelement“**, US Patent 12/303 979 erteilt am 14.08.2012

J. Seybold, K.-P. Fritz, H. Kück, **„Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung einer Winkelstellung“**, Deutsche Patentanmeldung am 09.07.2012

# IMPRESSUM

**Redaktion** Ulrich Allgeier  
Mitarbeiter der Abteilungen

**Gestaltung** Monika Teichner  
Moritz Faller

**Druck** Müller Offset Druck GmbH  
Villingen-Schwenningen

© Copyright HSG-IMAT 2013  
ISSN 1861-7220

