

Fraunhofer

IWM REPORT

WENN LEISTUNGSDICHTE NICHT MEHR AUSREICHT (S.1)

SEZIEREN IM NANOMASSSTAB (S.2)

TOLLE AUTOS – WENN DIE ELEKTRONIK NICHT VERSAGT (S.2)

SIMULATIONSMODELLE FÜR DIE MIKROELEKTRONIK. HOCHFREQUENZBAUTEILE BERECHNEN (S.3)



Liebe Leserinnen und Leser,

Mikroelektronik ist heute zum unverzichtbaren Bestandteil der meisten technischen Geräte in unserem persönlichen Umfeld geworden. Das reicht bei Elektrogeräten im Haushalt von der Waschmaschine und dem Herd bis zum Satellitenempfänger, beim Auto vom Navigationssystem bis zum Motormanagement. Hierbei kommen mikroelektronische Bauteile in immer anspruchsvollere Umgebungsbedingungen, bei denen klassische Werkstofftugenden wie Bruchfestigkeit und Ermüdungsbeständigkeit in den Vordergrund rücken und damit die Werkstoffmechanik entscheidend wird.

In diesem IWM Report geben wir Ihnen Einblick in die Vielfalt werkstoffmechanischer Fragen, die uns im Auftrag der Halbleiterindustrie fordern. Dazu gehört neben der Analytik auch die Entwicklung von Simulationsmodellen.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Prof. Dr. Peter Gumbsch
Geschäftsführender Institutsleiter

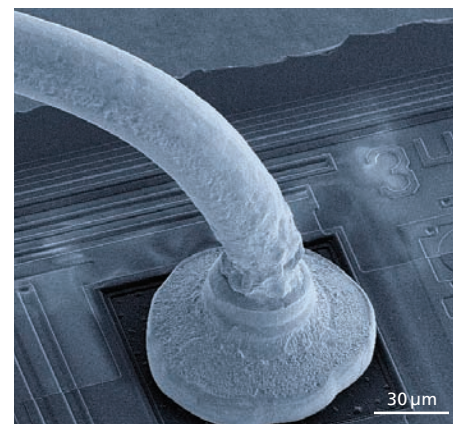
Mikroelektronik: Herausforderung Zuverlässigkeit

WENN LEISTUNGSDICHTE NICHT MEHR AUSREICHT

Der deutsche Markt für Halbleiter-Bauelemente wächst wieder – in diesem Jahr auf ein geschätztes Volumen von rund 11,5 Milliarden Euro. Die Kundensegmente sind vielfältig, der Zuwachs kommt vor allem durch die Kraftfahrzeugindustrie. Außerdem wachsen Daten-elektronik und Industrieelektronik, die Telekommunikation stagniert.

Die Automobilelektronik hat sich in Deutschland zum stärksten Abnehmersegment elektronischer Bauelemente entwickelt. Allein im Zeitraum von 2000 bis 2007 hat sich der Markt für »Automobil-Halbleiter« in Deutschland verdoppelt und liegt jetzt gleichauf mit Japan und Amerika. Während die Automobilproduktion seit 1995 um fast 150 Prozent zunahm, beläuft sich das Wachstum der Kfz-Elektronik auf mehr als 250 Prozent. Daran ist die Halbleiterbranche mit 425 Prozent Wachstum überproportional beteiligt.

Schon 2004 gründete sich die Applikationsgruppe Automotive im Fachverband Electronic Components and Systems. Heute hat sie weit über 100 Mitglieder: meist deutsche Mikroelektronik-Zulieferer. Ihr Ziel sei es, »auf wettbewerblicher Ebene die Optimierung von Prozessen und die Koordination von Qualitätsthemen entlang der gesamten Wertschöpfungskette voranzutreiben«, erläutert Dr. Rainer Kaltenbach, Robert Bosch GmbH, in einer Selbstdarstellung der Gruppe. Das tut auch Not. Peter Gresch, Tyco Electronics und Vorsitzender der Applikationsgruppe, spricht von »schwierigen Randbedingungen wie hoher Temperatur und Vibration« und »erhöhten Anforderungen in allen Bereichen der Entwicklungskette«.



Die Branche will eine ganzheitliche »Zero Defect Strategy«, also entlang der gesamten Wertschöpfungskette Produkte erzeugen, die keine Fehlfunktion, keine Defekte in der Weiterverarbeitung oder in der Anwendung beim Endkunden zulassen. »Fehlerquoten von 1 zu einer Million und darunter, wie die Automobilindustrie sie fordert, sind unmöglich rein statistisch abzusichern«, meint Prof. Dr. Matthias Petzold. Der Leiter des Geschäftsfelds Komponenten der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik am IWM in Halle trägt mit seinem Team dennoch entscheidend dazu bei, dass solche Quoten möglich werden (lesen Sie dazu das Interview auf Seite 2).

Mikro- und Nanoanalytik SEZIEREN IM NANOMASS- STAB

Wer in der Dimension von Millionstel Zentimetern mikroelektronische Bauelemente entwirft und produziert, riskiert Fehler. Bereits minimale Abweichungen im komplexen Herstellungsprozess können die Funktionalität eines Bauteils empfindlich stören. Die Ursachen für das Versagen zu finden, stellt höchste Ansprüche an die Analysetechnik.

Frank Altmann, Leiter des Bereichs Diagnostik Halbleitertechnologien am Fraunhofer IWM in Halle, und sein Team werden auch in mikroelektronischen Bauteilen mit Millionen einzelner Transistoren fündig. Ist der Fehler in den komplexen Schichtstapeln lokalisiert, muss er für die Analyse freigelegt werden. Da die Bedeutung der hochauflösenden Transmissionselektronenmikroskopie in der Analyse wächst, steigt auch der Bedarf an zeiteffizienter Herstellung der dafür geeigneten elektronentransparenten Proben. Dafür nutzt das Fraunhofer IWM die fokussierende Ionenstrahltechnik, auf Englisch »focused ion beam« (kurz FIB): So genannte Zweistrahlanlagen, im Fachjargon CrossBeam-Anlagen, kombinieren heute die Ionenstrahltechnik mit einem Rasterelektronenmikroskop. »In Echtzeit können wir so den Abtragsprozess steuern und Nanometer genau bis an die Fehlerstelle heranpräparieren«, betont Frank Altmann. Für die hochauflösende Analyse mit dem Transmissionselektronenmikroskop (TEM) wird anschließend noch eine Lamelle feinpoliert und herausgetrennt, die nur ein Tausendstel Haaresbreite dick ist.

Um die Zerstörung der extrem dünnen Lamelle zu vermeiden, hat das Fraunhofer IWM neue Verfahren entwickelt, zum Beispiel einen patentierten Clipgreifer. Er nimmt die Lamellen auf und transferiert sie direkt ins Transmissionselektronenmikroskop. Im Fraunhofer IWM in Halle sind FIB-Anlagen seit 1996 im Einsatz. Gemeinsam mit dem Gerätehersteller Zeiss NTS werden Verfahren für die Präparation und Analyse von Halbleiterstrukturen stetig weiterentwickelt, derzeit für Strukturbreiten von wenigen 10 Nanometern. frank.altmann@iwmh.fraunhofer.de

TOLLE AUTOS – WENN DIE ELEKTRONIK NICHT VERSAGT

Elektronische Systeme haben Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Komfort im Auto enorm gesteigert – aber auch neue Ausfallrisiken geschaffen. Die Automobilindustrie fordert fehlerfreie mikroelektronische Bauelemente: ein Wettrennen um Qualität, Sicherheit und Zuverlässigkeit. Wie das Fraunhofer IWM die Industrie unterstützt, erläutert Prof. Dr. Matthias Petzold.

■ **Einen Automotor elektronisch steuern und Benzin sparen: Das klingt gut. Aber was heißt das für die Mikroelektronik?**

Das heißt, dass die Elektronik für Autos unverzichtbar und zum Differenzierungselement geworden ist. Neben der Motoreffizienz, wo Drucksensoren zum Beispiel für eine höhere Kraftstoffausnutzung sorgen, werden ja auch die Sicherheitsfunktionen – wie Airbag oder Fahrstabilität – über die Elektronik gesteuert, ebenso der Komfort, also Klimaanlage, Audio- und Videoübertragungen, Bluetooth, usw.



Bei Prof. Dr. Matthias Petzold laufen die Fäden der mikrosystemtechnischen Forschung des Fraunhofer IWM zusammen. Der Leiter des Geschäftsfelds Komponenten der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik am IWM in Halle ist auch als Honorarprofessor für Mikrosystemtechnik an der Hochschule Merseburg (FH) tätig.

■ **Aber was geschieht, wenn ich mit 100 Stundenkilometern über ein Schlagloch fahre? Dass die Achse das aushält, ist nachvollziehbar, aber die Mikroelektronik?**

Verglichen mit anderen Anwendungen sind die Anforderungen an die Mikroelektronik für den Einsatz im Automobil besonders hoch. Lösungen, die in Handys längst eingesetzt werden, kommen nicht in Frage, weil die Zuverlässigkeit nicht ausreicht. Für eine Lebensdauer von 15 Jahren werden pro Elektronikkomponente extrem kleine Fehlerraten im Bereich von 1 zu einer Million gefordert. Wenn ein Airbagsensor im Crashfall nicht funktioniert, ist das eben unverzeihlich. Also müssen die Konstruktion der Elektronikbauteile und die Auswahl der Materialien für extreme Zuverlässigkeit sorgen.

■ **Kann ich denn Fehler in dieser Dimension überhaupt ausschließen?**

Das ist eine zentrale Frage. Keine Firma kann Zuverlässigkeitstests über 15 Jahre fahren oder durch statistische Messungen eine Fehlerquote von 1 zu einer Million garantieren. Daher geht der Trend dahin, die möglichen Fehlermechanismen bis ins Detail zu analysieren und zu verstehen, um Risiken kontrollieren und vermeiden zu können. Dieses »Physics of failure«-Konzept ergänzt traditionelle Qualifizierungen.

■ **Und dabei unterstützt das Fraunhofer IWM die Industrie?**

Genau. Unsere Arbeit beginnt, wenn eine Firma im Rahmen der Entwicklung potenzielle Schwachstellen identifiziert hat oder sogar der Fall eintritt, dass bestimmte Automobilkomponenten im Einsatz versagen und ersetzt werden müssen. Zunächst lokalisieren wir den Fehler. Das ist insofern schwierig, als die Ursache für eine Fehlfunktion eines Automobilsteuerteils ja überall liegen kann: in Verbindungsdrähten, in Lotkontakten, in integrierten Halbleiter-Schaltkreisen oder zugehörigen Drahtbond-Anschlüssen. Liegt der Fehler in einem Mikroelektronik-Chip selbst, sind da teilweise viele Millionen von Transistoren integriert, die alle die Ursache sein können. Wir nutzen spezielle Verfahren – zunächst, um die Fehlerstelle zu finden, dann, um uns an den Fehler heranzupräparieren, und schließlich, um ihn elektronenmikroskopisch mit Auflösung bis in den Nanometerbereich zu analysieren.

■ **Lassen sich Fehler künftig vermeiden?**

Ja, wenn wir die Fehlerursachen kennen, können wir danach durchaus sagen, wie Technologien zu verbessern sind, um die unerwünschten Reaktionen zu unterdrücken.

■ **Geht es da auch um neue Materialentwicklungen?**

Unbedingt. In der Mikroelektronik wurde die Integrationsdichte, also die Zahl der Komponenten pro Flächeneinheit, bis in Dimensionen getrieben, die eigentlich nicht mehr vorstellbar sind. Hochintegrierte Schaltkreise an der vordersten Front der Entwicklung vereinen heute 1,5 Milliarden Transistoren auf einem Chip. Das bedeutet aber auch, dass Werkstoffe immer bis >>

DÜNN, HART – UND BITTE OHNE SPANNUNG: HOCHFREQUENZBAUTEILE BERECHNEN

Bauelemente werden überall in der Mikroelektronik stetig kleiner. Auch in der Hochfrequenztechnik kommt die Konkurrenz aus Asien. Deutsche Hersteller wollen jetzt die Nase vorn behalten, indem sie die Produktionsprozesse optimieren – mit Hilfe von Simulationsmodellen.

Keramische Bauelemente sind in der Mikroelektronik da gefragt, wo Robustheit und die Verarbeitung hoher Frequenzen besonders wichtig sind – in der Mobilfunktechnik, zum Beispiel. Hier kommt seit einigen Jahren die LTCC-Technologie (LTCC: Low Temperature Cofired Ceramics) zum Einsatz. Auf dünnen Keramiksichten werden elektronische Strukturen – also Leiterbahnen, Widerstände, Kondensatoren – mit Metallpasten aufgedruckt. Mehr als 10 bis 20 Mikrometer groß sind sie nicht. Die Herausforderung: Zum Schluss muss alles in den Ofen. Trotz der für Keramik vergleichsweise niedrigen Sinter Temperatur von 900 °C verziehen sich die Bauelemente. »Die Materialien schrumpfen unterschiedlich stark – das sorgt für Spannungen und dafür, dass sich das Bauteil verzieht«, erläutert der Projektleiter am Fraunhofer IWM in Freiburg, Dr. Torsten Kraft.

Seit zwei Jahren laufen hier gleich mehrere Forschungsprojekte mit einem Gesamtvolumen von über 1 Million Euro. Ihr Ziel sind Simulationsmodelle für den kompletten Herstellungsprozess. Denn Fehlerquellen liegen

nicht nur in der Hochtemperaturbehandlung am Ende: Die Keramiksicht – die so genannte Grünfolie – entsteht, indem eine Flüssigkeit auf ein Transportband gegossen und anschließend getrocknet wird. Im Siebdruckverfahren kommt dann die elektronische Schaltung, zum Beispiel aus Silber, oben drauf. Aus mehreren bedruckten Grünfolien wird ein Stapel, das spätere Bauelement, zusammengepresst und dann gesintert.

»Alle Schritte, alle Parameter wie die Geschwindigkeit des Transportbandes oder die Zähigkeit der Metallpaste haben Einfluss auf das Ergebnis – und darauf, wie stark sich ein Bauteil beim Sintern verzieht,« sagt Torsten Kraft. »Unsere Rechenmodelle zeigen ohne aufwändige Prototypen, was herauskommt – je nach Bedingungen«. Erste Erkenntnisse sind bereits umgesetzt. An der Forschung, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Bundesforschungsministerium gefördert wird, beteiligen sich neben Mikroelektronikproduzenten auch Zulieferer, wie Siebdruckmaschinen- und Pastenhersteller. torsten.kraft@iwm.fraunhofer.de

ans Limit belastet sind – sei es in der elektrischen Stromtragfähigkeit, in der thermischen Leitfähigkeit oder in der mechanischen Beanspruchung. Es müssen also notgedrungen Werkstoffe weiterentwickelt oder neue Werkstoffe für den mikroelektronischen Einsatz evaluiert werden, um die Leistungsgrenzen weiter zu verschieben.

Was ist denn für die F&E die größere Herausforderung: die immer kleineren, komplexeren Strukturen oder das Design völlig neuer Werkstoffe?

Das eine kann man vom anderen nicht trennen. Die kleineren Strukturen lassen sich ja nur dadurch herstellen, dass man neue Werkstoffe entwickelt und dann in die Technologien einbringt. Doch, wie bereits betont, unsere zweite Front ist immer die Zuverlässigkeit – gerade fürs Auto. Wir entwickeln dafür auch neue leistungsfähige Analyseverfahren, modernste Gerätetechnik, neue Simulationsmodelle. Wir forschen also gemeinsam mit den Firmen, um mehr Funktionalität bei möglichst hoher Quali-

tät und Zuverlässigkeit ins Auto zu bringen.

Da bleibt viel Arbeit?

Oh ja. Umfragen von Automobilclubs ergeben, dass Autos oft wegen elektronischer Defekte liegen bleiben – und nicht, weil der Motor mechanisch defekt ist. Das unterstreicht die wachsende Bedeutung der Elektronik. 60 Steuergeräte, jedes mit vielen Einzelkontakten und Einzelchips, in einem neuen Auto sind heute durchaus üblich. Trotzdem will niemand unterwegs liegen bleiben, nur weil plötzlich irgendeine rote Signalleuchte aufleuchtet oder sich die Tür nicht mehr öffnen lässt.

Kann sich die deutsche Mikroelektronikindustrie im internationalen Wettbewerb denn behaupten?

Davon kann man ausgehen. Während wir aktuell bei Telekommunikation, Game Controller oder Prozessorenentwicklung eher nach Fernost oder USA schauen, ist die Mikroelektronik noch einer der Bereiche, wo die traditionellen Lieferketten zwischen Endan-

PERSONEN



Wenn Dr. Christian Hagendorf von »Tiefenprofilen« spricht, dann meint er Schichten von einigen 10 Nanometern Dicke. Was sich in den obersten atomaren Schichten – etwa von Silizium – abspielt, analysiert der 38-jährige Physiker am Fraunhofer IWM in Halle und ergänzt damit die Kompetenz in der Mikroanalytik. Mikrostruktur und Defekte in Dünnschicht-Solarzellen sind derzeit sein Fokus am Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP. Hagendorf kam im April 2007 von der Oberflächen- und Grenzflächenphysik der Universität Halle ans Institut, das er bereits als Diplomand kennen gelernt hatte – nach seinem Studium in Frankfurt a.M. christian.hagendorf@csp.fraunhofer.de



Numerische Simulation ist »genau das, was mein Kopf braucht«, meint Dr. Thomas Seifert. Im Bereich »Hochtemperaturverhalten Metalle« entwickelt er Simulationsmodelle für die Industrie. Ihn reizt das Spektrum vom Experiment bis zur Software. Nach Stationen an der Berufsakademie Ravensburg und in der Industrie zog es ihn an die Uni Stuttgart. Für die Masterarbeit in »Computational Mechanics« kam er 2002 ans IWM in Freiburg und blieb. Im Januar 2008 schloss der 32-Jährige seine Promotion ab und widmet sich jetzt in Elternteilzeit verstärkt seinen beiden Söhnen. thomas.seifert@iwm.fraunhofer.de

wendern, also Automobilherstellern und Zulieferern, in Europa noch gut funktionieren. Es wird sicher auch hier zu einer verstärkten Globalisierung kommen. Aber wir sehen nach wie vor einen Zukunftsmarkt für die europäischen Hersteller von Elektroniksystemen und die Halbleiterindustrie, auch, weil der Anteil mikroelektronischer Komponenten im Auto noch weiter steigen wird.

Investieren die Firmen in Forschung, um so ihren Wettbewerbsvorsprung zu halten?

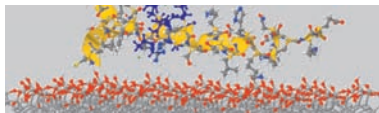
In der »Zukunftsinitiative Auto« haben sich jetzt deutsche Automobilindustrie und Zuliefererfirmen verpflichtet, bis 2012 über 500 Millionen Euro in Fragen der Automobilelektronik zu investieren. Das Bundesforschungsministerium wird weitere 100 Millionen Euro zur Verfügung stellen. Und es gibt das klare Bekenntnis der Branche zum Standort Deutschland. Die Fraunhofer-Gesellschaft bietet der Industrie hier genau das passende Umfeld.



Glaskeramik wandelt Licht

Basis sind optisch aktive Glaskeramiken. Diese transparenten Glasscheiben enthalten nanokristalline Partikel, die leuchten – etwa, wenn Röntgenstrahlen darauf treffen. Ziel hier: die Intensität der Strahlung messen. Doch jetzt will Dr. Stefan Schweizer mit seiner Gruppe am Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle mehr. Die Glaskeramiken sollen auf Sonnenlicht reagieren und es umwandeln. Damit ließe sich die Ausbeute für Solarzellen steigern. Denn die können mit infrarotem (IR) und ultraviolettem Licht (UV) nichts anfangen. Würde jedoch eine Glaskeramik-Schicht auf der Rückseite aus IR-Photonen Lichtteilchen im sichtbaren Bereich erzeugen, und würde sie als Abdeckung UV-Licht ebenfalls in sichtbare Photonen zerlegen, dann entstände viel mehr verwertbares Licht. Projektleiter Schweizer sieht auch »viele weitere Anwendungen, etwa in der Medizin oder in der Laserentwicklung«.

stefan.schweizer@csp.fraunhofer.de



Proteinhftung in Zeitlupe

Was Lucio Colombi Ciacchi mit seiner Gruppe im Rechner modelliert, ist eigentlich unbekannt. Keiner weiß, wie sich Eiweißmoleküle verhalten, wenn sie mit einer Festkörperoberfläche – eines Implantats etwa – in Kontakt kommen. Am Fraunhofer IWM in Freiburg wird die Proteinadsorption im atomaren Maßstab simuliert. »Was wir in Wochen berechnen, passiert in Wirklichkeit Millionen Mal in einer Sekunde«, erklärt Ciacchi. Die Quantenmechanik kommt der Oberflächenchemie auf die Spur. Ganze Proteine lassen sich dann mit Hilfe der klassischen Molekulardynamik betrachten, indem die Skala von 300 auf etwa 100.000 Atome erweitert wird. Möchte man Materialien entwickeln, an denen Proteine gar nicht anhaften, oder Bio-Klebstoffe, die auch in Salzwasser-Lösungen wie Blut nicht nachgeben, kann die Simulation helfen, den richtigen Weg einzuschlagen.

lucio.colombi.ciacchi@iwm.fraunhofer.de

Rückblick

Die Solarindustrie Mitteldeutschlands beschäftigt auch die Politik

Zu einem Parlamentarischen Abend zum Energie-Einspeise-Gesetz und der Vorstellung des Clusters Solarvalley Mitteldeutschlands kamen am 7. April 2008 der Wirtschaftsminister des Landes Sachsen-Anhalt, der Wirtschaftsminister des Landes Thüringen sowie ein Vertreter des Wirtschaftsministeriums aus Sachsen mit Bundestagsabgeordneten sowie Repräsentanten der Unternehmen und der Forschung zusammen.

Zur ersten Exzellenzakademie Materialwissenschaft und Werkstofftechnik,

die das Fraunhofer IWM mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft vom 9. bis 14. März 2008 in St. Märgen ausrichtete, trafen 20 ausgesuchte NachwuchswissenschaftlerInnen auf hochkarätige Referenten. Ein besonderes Highlight war die Diskussion mit leitenden Ärzten der Uniklinik Freiburg zu werkstofftechnischen Herausforderungen in der Medizin.

Endspurt für günstigen Solarstrom

Im Spitzenclusterwettbewerb der Bundesregierung liegt der Forschungsantrag »Solarvalley Mitteldeutschland« gut im Rennen und darf nun als Vollantrag eingereicht werden. Im Herbst wird entschieden, welche fünf Projekte mit rund 200 Millionen Euro gefördert werden. 25 Solarfirmen und zwölf Forschungseinrichtungen aus Sachsen, Sachsen-Anhalt und

Thüringen wollen gemeinsam erreichen, dass Solarstrom bis in sieben Jahren beim Endverbraucher gleich viel kostet wie konventioneller Strom.

Ausblick

Industrie-Workshop zu Naturfasern und Biokunststoffen

Neue Produktionsverfahren für Bioverbünde und armierte Polymerschäume, neue Haftvermittler und Designkonzepte präsentiert das Fraunhofer IWM in Halle am 19. Juni von 10 bis 18 Uhr. Zum Workshop zur Verarbeitungstechnologien für naturfaserverstärkte Kunststoffe gehört auch eine Führung durch das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ. Mehr Infos: [Tel. 0345 5589-214](tel:03455589214) oder www.iwmh.fraunhofer.de/NFK-workshop

Stress-Engineering für Halbleitertechnologien

Um die lokale mechanische Beanspruchung künftiger Halbleiterbasismaterialien zu beherrschen, sind werkstoffmechanische Konzepte und neue Messverfahren nötig. Das Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik und das Fraunhofer IWM in Halle entwickeln das methodische Know-how im Projekt Nano-STRESS. Ein einwöchiges internationales Treffen ab 30. September 2008 in Korsika dient dem Austausch. Mehr Infos: matthias.petzold@iwmh.fraunhofer.de

WILLKOMMEN: FASZINATION WERKSTOFF



Das Fraunhofer IWM in Freiburg und Halle wächst. Werkstoffmechanische Fragen spielen für die Produkte und Technologien von heute und morgen eine große Rolle. Steigen Sie ein: ob als Auszubildender für Werkstoffprüfung, ob als Diplomand/in, Doktorand/in, Techniker/in oder als Wissenschaftler/in mit dem Ziel, eine eigene Arbeitsgruppe aufzubauen und zu leiten: Begegnen Sie einerseits fundierter wissenschaftlicher Arbeit und andererseits hohen industriellen Anforderungen. Sie suchen nach einem breiten, interessanten Umfeld für Ihre Masterthesis oder Ihre Promotion? Sie haben die ersten akademischen Meilensteine erreicht und suchen ein spannendes Arbeitsfeld für Ihre berufliche Zukunft? Schauen Sie sich bei uns im »Stellenmarkt« unter <http://www.iwm.fraunhofer.de> um oder wenden Sie sich an unsere Leiterin des Personalwesens, Frau Kerstin A. Drüsedau, [Tel. 0761 5142-140](tel:07615142140), personal@iwm.fraunhofer.de

Fraunhofer IWM

Werkstoffmechanik ist Katalysator für technologische Entwicklungen in vielen Industriezweigen. Als wissenschaftliches und wirtschaftlich expandierendes Forschungsinstitut entwickelt das Fraunhofer IWM Lösungen, um die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit von technischen Bauteilen und Systemen zu gewährleisten und zu verbessern.

Impressum

Text: Doris Banzhaf, Grafik: Erika Hellstab
Fotos: Margrit Müller, Fraunhofer IWM
Verantwortlich: Thomas Götz
thomas.goetz@iwm.fraunhofer.de
© Fraunhofer IWM, Freiburg

Institut Freiburg: Wöhlerstraße 11, 79108 Freiburg
[Tel. 0761 5142-0](tel:076151420), [Fax 0761 5142-110](tel:07615142110)
Institut Halle: Walter-Hülse-Straße 1, 06120 Halle
[Tel. 0345 5589-0](tel:034555890), [Fax 0345 5589-101](tel:03455589101)