

# Fraunhofer

# IWM REPORT

**Die Medizin will es wissen** (S.1)  
**Körner und Flüssigkeiten**  
**fließen – wohin und wie?** (S.2)

**»Kleine, aber entscheidende**  
**Rolle« im Wechselspiel der**  
**Disziplinen** (S.2)

**Ein Gerätepark für heiße**  
**Antworten: Das Thermo-**  
**physiklabor** (S.3)



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

während uns die Computersimulation heute immer tiefere Einblicke in die unbelebten Materialien offenbart, beschäftigt uns zunehmend die belebte Materie und die Schnittstelle zwischen belebter und unbelebter Materie.

In dieser Ausgabe des IWM Report finden Sie beides: Das Schwerpunktthema Medizintechnik gibt Ihnen Einblick in die interdisziplinäre Verzahnung von Biologie, Medizin und Werkstoffwissenschaften. Mit dem IWM Produkt »Partikelsimulation« und unseren »Themen von morgen« zeigen wir Ihnen, wie die physikalische Modellierung neue Perspektiven eröffnet. Neu ist auch unser Thermophysiklabor, dessen umfassendes Prüfangebot wir Ihnen vorstellen.

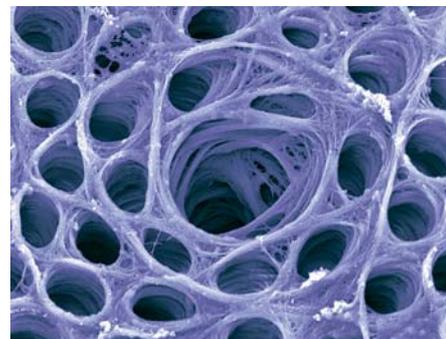
Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre

Prof. Dr. Peter Gumbsch  
Geschäftsführender Institutsleiter

## Die Medizin will es wissen

### Werkstoffwissen ermöglicht Innovationen in Medizintechnik und Biotechnologie

In der Medizin ist tabu, was andere Branchen sich lange leisten konnten: die Produktentwicklung auf der Basis von Versuch

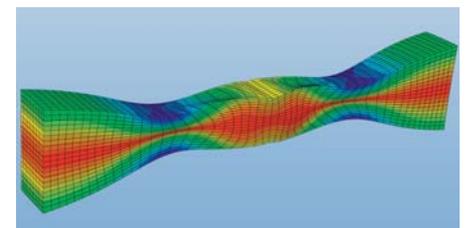


und Irrtum. Ein Irrtum in der Medizin kann schließlich fatale Folgen haben. Und so dient ihr die Werkstoffmechanik schon lange: Wissen über Material und sein Verhalten ist unabdingbare Voraussetzung für den Einsatz im menschlichen Körper oder in einer lebenserhaltenden Maschine.

Werkstoffwissen kann synthetische Hüftgelenke haltbarer machen. Für Stents zur Arterienweiterung haben sich Formgedächtnislegierungen bewährt, die dafür sorgen können, dass ein Bauteil sehr viel biegsamer sein oder seine Form erst am Einsatzort einnehmen kann. Praxisnahe Testmethoden unterstützen die Entwicklung von Zahnprophylaxepasten. Implantatbeschichtungen werden an der Oberfläche gezielt funktionalisiert, so dass sie vom Körper besser angenommen werden. Das Fraunhofer IWM entwickelt, charakterisiert und prüft für die Medizintechnik biologische wie technische Werkstoffe, Beschichtungen und auch Systeme – etwa

eine implantierbare peristaltische Infusionspumpe, die ihren Stofftransport flexibel anpassen kann.

Seit synthetische Biomaterialien, etwa resorbierbare Implantate die sich im Körper auflösen sollen sowie das Zellwachstum auf Werkstoffen mehr Bedeutung erhalten, ist die Werkstoffmechanik auch hier gefragt. Es gilt, unter physiologischen Bedingungen – wie im Körper – mechanische Kennwerte zu erfassen und auszuwerten (lesen Sie dazu auch das Interview auf Seite 2).



Was stets bleibt, sind die strengen Zulassungskriterien und langen Zulassungswege. Medizinische Innovationen haben hohe, teure Hürden zu überwinden. Das muss von vorneherein mitbedacht werden. Die FDA, die amerikanische Food & Drug Administration, kontrolliert den Zugang zum weitaus größten Markt, den USA. Daneben sind Japan und Deutschland (2002: produzierte Waren im Wert von 12,6 Milliarden Euro, hoher Exportanteil) die großen Absatzmärkte und Produzenten der Medizintechnik. Die deutsche Industrie mit einem Weltmarktanteil von rund 15 Prozent braucht Innovationen.

## Partikelsimulation

# Körner und Flüssigkeiten fließen – wohin und wie?

Die dreidimensionale Partikelsimulation gewährt Einblick in das Zusammenspiel der einzelnen Körner eines Pulvers oder das Verhalten komplexer Flüssigkeiten. Ziel ist es, die Prozessführung von Verfahren zu optimieren, in denen Pulver und Flüssigkeiten verarbeitet werden oder eine gewichtige Rolle spielen. Konkret geht es darum, die Genauigkeit von gesinterten Bauteilen zu erhöhen, die Präzision von Siebdruckverfahren für mikroelektronische Schaltungen zu steigern, oder – etwa beim Drahtsägen von Siliziumwafern über eine Suspension mit scharfkantigen Partikeln – den Materialverbrauch zu senken.

IWM-Projektleiter Claas Bierwisch beschreibt rechnerisch, wie Pulverkörnchen in eine Form rieseln. Sein Kollege Andreas Wonisch entwickelt Vorhersagemodelle dafür, wie ein Tropfen – beispielsweise Siebdruckpaste – sich verhält, wenn er sich löst und auf die Oberfläche trifft.

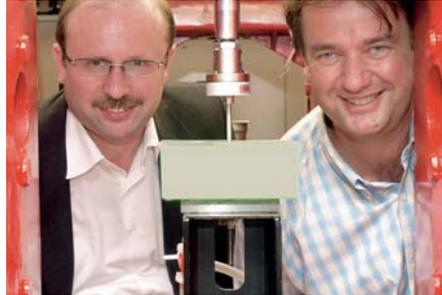
Wie lässt sich gezielt eine bestimmte Pulververteilung erreichen? Was sind die entscheidenden Parameter, die beim Siebdruck Präzision garantieren? Nun, die Gestalt der Körnchen spielt eine Rolle: Mal ist das Material kugelförmig, mal wirkt die Oberfläche unter dem Elektronenmikroskop eher wie eine Kraterlandschaft, so dass sich Körner ineinander verhaken. Die Richtung und das Tempo, mit dem Metallpulver in eine Kavität gefüllt wird, beeinflussen, wie die Körnchen in der Form verteilt sind. Hinzu kommen die Wechselwirkungen von Morphologie, Reibung und Adhäsion und bei fluidischen Systemen die sich verändernde Viskosität oder die Wechselwirkung mit der Oberfläche, die von der Flüssigkeit benetzt wird.

Bei zehn Millionen Teilchen erreicht das Fraunhofer IWM in Freiburg momentan die Kapazitätsgrenze seiner Rechner. Das Potenzial zur Prozessoptimierung scheint unendlich viel größer.

[claas.bierwisch@iwm.fraunhofer.de](mailto:claas.bierwisch@iwm.fraunhofer.de),  
[andreas.wonisch@iwm.fraunhofer.de](mailto:andreas.wonisch@iwm.fraunhofer.de)

## »Kleine, aber entscheidende Rolle« im Wechselspiel der Disziplinen

**Dr. Raimund Jaeger (IWM Freiburg) und Prof. Dr. Andreas Heilmann (IWM Halle) im Gespräch über die Bedeutung der Werkstoffmechanik für die Medizin**



Prof. Dr. Andreas Heilmann (li.) und Dr. Raimund Jaeger (re.) leiten die biomedizinischen Forschungsaktivitäten am Fraunhofer IWM.

### ■ Wie wichtig ist die Werkstoffmechanik für die Medizintechnik?

**Heilmann:** Werkstoffe und deren Eigenschaften spielen in der Medizin eine zentrale Rolle. Implantate, zum Beispiel, müssen biokompatibel, also körperverträglich sein. Das stellt hohe Anforderungen an die Oberfläche eines Werkstoffs oder an seine Abrieb-Struktur. Neben klassischen mechanischen Belastungen, etwa beim künstlichen Hüftgelenk, untersuchen wir heute auch Abriebeigenschaften, die von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig sind. Nebenbei: Auch beim Zähneputzen geht es um Mikrostruktur-Eigenschafts-Beziehungen.

**Jaeger:** Was man im Auge behalten muss: Gerade in der Biomedizin hat man nicht die freie Auswahl. Materialien müssen zugelassen sein. Das engt den Spielraum für neue Materialien ein. Man muss einen sehr langen Atem haben, bis sich ein neuer Werkstoff überhaupt etabliert. Eine Möglichkeit ist, bewährte Werkstoffe zu kombinieren, um so neue Eigenschaften zu erzielen. Langjährige klinische Erfahrungen sind ein entscheidender Vorteil.

### ■ Wer sind denn Ihre Auftraggeber im Bereich Medizin?

**Heilmann:** In Halle kommen die Auftraggeber vorrangig aus der pharmazeutischen Industrie, der Biotechnologie und der Kunststoffverarbeitung. Ein langjähriger Partner ist zum Beispiel GABA International. Hinzu kommen forschungsnahe medizinische Einrichtungen und Institute.

**Jaeger:** In Freiburg spielen Implantathersteller und Dentaltechnik eine große Rolle. Das Spektrum reicht von weltweiten Marktführern bis zu sehr kleinen Firmen. Für sie untersuchen wir die Zuverlässigkeit, etwa von Knochenzementen oder Dentalfüllwerkstoffen, oder das Einsatzverhalten von Bauteilen wie Dentalimplantaten, keramischen Gelenken oder Osteosynthesplatten, die bei Knochenbrüchen eingesetzt werden. Ziel der Firmen ist oft die Zulassung ihrer Produkte, zum Beispiel bei der FDA (der amerikanischen Food & Drug Administration). Amerika ist schließlich der größte Markt.

### ■ Arbeiten Sie dabei denn auch mit den Unikliniken zusammen?

**Jaeger:** Ja, das Interesse in Freiburg wie in Basel ist groß. So wurde am IWM in Zusammenarbeit mit der Zahnklinik der Uni Freiburg an lichterhärtenden Füllwerkstoffen gearbeitet. Aber wir müssen berücksichtigen, dass unsere potenziellen Projektpartner einer doppelten Belastung unterliegen: Die Ärzte können sich den Projekten erst widmen, wenn die Arbeit im OP getan ist. Außerdem benötigen wir häufig weitere Partner, da wir selbst selten Materialien entwickeln oder Implantate fertigen.

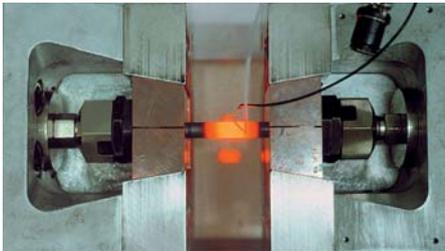
**Heilmann:** In Halle haben wir über die Elektronenmikroskopie in die Zusammenarbeit mit den Unikliniken Halle und Leipzig gefunden. Die Ärzte haben großes Interesse zu erfahren, was genau sie implantieren. Sie lassen auch explantierte Materialien nach deren Einsatz im Körper untersuchen. Wir können inzwischen Zellkulturen wirklichkeitsnah im Rasterelektronenmikroskop abbilden. Das war unser Türöffner zur Medizin. Heute arbeiten wir an klinischen Studien mit. Ein Beispiel ist die Entwicklung resorbierbarer Knorpelimplantate. Sie werden in Schafen erprobt und nach einigen Wochen wieder explantiert, um zu untersuchen, ob und wie die körpereigenen Zellen den synthetischen Knorpelschaum besiedeln. Wir prüfen die mechanischen Eigenschaften unter physiologischen Bedingungen, also in Flüssigkeit, wie im Körper. Das Implantat darf nicht austrocknen, wenn wir



# Ein Gerätepark für heiße Antworten: Das Thermophysiklabor

Wie reagiert ein Werkstoff auf Temperatur in der Verarbeitung oder im Einsatz. Ein komplettes Paket thermophysikalischer Kenndaten und Simulationen kann das Fraunhofer IWM jetzt selbst schnüren. Seit Sommer dieses Jahres verfügt das IWM über ein eigenes Thermophysiklabor. In Deutschland sind diese Labore rar, die Gerätekonstellation am IWM in Freiburg ist einmalig.

»Das IWM macht hervorragende Werkstoff- und Verfahrenssimulationen. Die grundlegenden Kenndaten dafür mussten wir jedoch häufig in ganz Deutschland zusammenkaufen«, erinnert der Leiter des Kompetenzfeldes Schweißverbindungen, Dr. Wulf Pfeiffer. Jetzt geht alles viel schneller, denn die Freiburger messen ihre Kenndaten selbst.



Mit der Thermomechanischen Umformanlage (Gleeble) stellen sie nach, wie Materialien beim Schweißen auf die Kombination unterschiedlicher Temperaturen, Verformungen und Abschreckprozesse reagieren. Mit einer zweiten hochmodernen Gleeble lassen sich ab Anfang 2009 noch schnellere Temperaturverläufe realisieren. Die Versuchsergebnisse werden mit den Messungen der Dilatometer kombiniert. Sie ermitteln die Ausdehnung eines Werkstoffes bei Temperaturen bis zu 1600 °C. »So erhalten wir Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubilder und sehen exakt,

wie sich der Werkstoff unter realistischen Bedingungen verhält«, sagt Pfeiffers Stellvertreter, Dr. Lutz Reissig. Zum Heizen nutzen die Experten nicht nur Öfen, sondern auch Magnetfeld-Induktion und Speziallaser, die wesentlich schnellere Erwärmungen zulassen.

Einen weiteren Schwerpunkt setzt das IWM mit der Differenz-Thermoanalyse (DTA). Sie vergleicht das thermische Verhalten von Metall, Glas oder Kunststoff mit einem Referenzmaterial. Ein Gerät misst zusätzlich den Wärmestrom zwischen Probe und Referenz. Durch diese »dynamische Differenzkalorimetrie« erhalten die Wissenschaftler die spezifische Wärmekapazität jedes Stoffes bei bis zu 1500 °C. »Mit einer Laser-Flash-Apparatur bestimmen wir außerdem die Temperaturleitfähigkeit«, erklärt Lutz Reissig. »Hat die Ermittlung der Kenndaten vorher oft mehrere Wochen gedauert, so benötigen wir jetzt nur noch Tage«, freut sich er. »Dass unsere Experten die Kenndaten projektbezogen und gezielt selbst ermitteln, spart zusätzlich Zeit«, betont Wulf Pfeiffer. Das Thermophysiklabor wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Geräte-Hauptlieferant Netzsch aufgebaut.

[wulf.pfeiffer@iwm.fraunhofer.de](mailto:wulf.pfeiffer@iwm.fraunhofer.de) und [lutz.reissig@iwm.fraunhofer.de](mailto:lutz.reissig@iwm.fraunhofer.de)

## PERSONEN



Was genau geschieht an der Oberfläche von Kunststoffen? Wie lassen sich Polymergrenzflächen verändern? Diese Fragen beschäftigen **Sandra**

**Günther**. Die Doktorandin analysiert und charakterisiert seit Juni 2007 die Modifizierung von Polymeroberflächen – etwa, um diese benetzbar zu machen, oder konkret gesagt: um die Plastiktüte bedrucken zu können. Ziel ist eine optimierte Prozesssteuerung bereits industriell genutzter Verfahren. Am Fraunhofer IWM in Halle arbeitet die 25-Jährige Ingenieurin schon seit 2004 mit. Als wissenschaftliche Hilfskraft während des Studiums der Werkstoffwissenschaften an der Universität Halle untersuchte sie unter anderem die Stabilität von Zahnbürstenfasern. [sandra.guenther@iwmh.fraunhofer.de](mailto:sandra.guenther@iwmh.fraunhofer.de)



Ähnlich einem Linearmotor setzen Proteinaggregate in Pflanzen chemische Energie in Bewegung um. **Dr. Stefan Schwan** hat mikro-

sensorbasierte und optische Lösungen entwickelt, um die dabei wirkenden Kräfte im Nano-Newtonbereich zu messen. Dafür erhielt er den Werkstoffmechanik-Preis 2008 der Plansee Mitsubishi Group Füssen GmbH. Der 29-Jährige kam bereits während seines Verfahrenstechnikstudiums an der Universität Halle zum Fraunhofer IWM. Seit 2006 bewertet er unter anderem für das Zentrum für regenerative Medizin der Uni Leipzig resorbierbare Implantate, ein Spagat zwischen dem ingenieurtechnisch Möglichen und der Vielzahl bewegungsphysiologischer Parameter. [stefan.schwan@iwmh.fraunhofer.de](mailto:stefan.schwan@iwmh.fraunhofer.de)



herausfinden wollen, wie der künstliche Knorpel das Kniegelenk stabilisiert oder blockiert hat. Die resorbierbaren Polymere sollen sich zwar auflösen – aber eben erst, wenn das nachgewachsene körpereigene Gewebe mechanisch stabil ist.

Ein weiteres Beispiel sind Medikamente. Hier untersuchen wir für Pharmaunternehmen mit elektronenmikroskopischen Analysen, wie sich Filmtabletten im Magen auflösen.

### ■ Welche Werkstoff-Fragen stellt die Medizintechnik künftig?

**Heilmann:** Künstlichen Knorpel zu entwickeln ist ein großes Ziel. Noch gibt es keine Bandscheibenimplantate. Muss ein Band-

scheibenvorfall operativ behandelt werden, werden die beiden Wirbel heute fest miteinander verbunden. Unser langfristiges Ziel ist, mit unseren Partnern ein regeneratives Material zu entwickeln, das eine Bandscheibe ersetzen kann.

**Jaeger:** »Klassische« biomedizinische Werkstoffe wie Knochenzemente charakterisieren wir schon seit vielen Jahren. Trotzdem ist der Forschungsbedarf nach wie vor groß. Die Verfestigung, das Kriech- und Ermüdungsverhalten spielen eine Rolle. Wir kombinieren Simulationsmodelle mit Experimenten um abzubilden: Was genau geschieht bei der Aushärtung, was in den zwei Wochen danach, was in der Alterungsphase?

Neue Materialien, neue Funktionalitäten erfordern häufig neue Charakterisierungsmethoden, zum Beispiel um im Labor den Abbauprozess eines resorbierbaren Implantats im Körper zu simulieren. Mit der physikalischen Modellierung versuchen wir zum Beispiel Transportphänomene für das Tissue Engineering, also den synthetischen Gewebeaufbau, besser zu verstehen. Lagern sich körpereigene Zellen an? Braucht man Blutgefäße? Wieviele? Wie bekommt man diese?

Daran merkt man schon: Der Reiz der Medizintechnik ist das Wechselspiel vieler Disziplinen – Chemie, Zellbiologie, Physik, Materialwissenschaften. Das Fraunhofer IWM leistet dazu einen kleinen, aber wichtigen Beitrag.

## Reibung rechnen: neue Minimalmodelle

Das Industrieinteresse ist groß, die Aufgabe ebenso: Reibung verstehen. Das Problem: Da, wo Reibung entsteht, kann man nur begrenzt hinschauen. Im Verborgenen geht Energie verloren, genau dort ermüden Bauteile bis zum Bruch. Weniger Reibung hieße bei Zylinderköpfen im Motor Benzin sparen. Diamantähnliche Kohlenstoffschichten, besondere Legierungen, Keramiken und Schmierstoffe sollen Bauteile gegen Verschleiß schützen. Das Fraunhofer IWM betrachtet dies nun aus der molekularen Perspektive. Man will rechnerisch beschreiben, »was genau auf kleinsten Längen- und Zeitskalen geschieht, wenn sich Materialien gegeneinander bewegen,« erläutert Mark Santer. Sein Kollege Joël Peguiron sucht im komplexen Zusammenspiel von Metallflächen und Grundöl erst mal nach relevanten Parametern. Denn wer genau hinschaut, sieht viel, zunächst zuviel. Ziel: ein Minimalmodell für einen Quadratmikrometer Kontaktfläche und wenige Nanosekunden und damit die Anknüpfung zum Experiment.

[mark.santer@iwm.fraunhofer.de](mailto:mark.santer@iwm.fraunhofer.de),  
[joel.peguiron@iwm.fraunhofer.de](mailto:joel.peguiron@iwm.fraunhofer.de)

## Neuer Stahl – neues Crashverhalten

Ultrahochfester Stahl (UHSS) setzt sich im Automobilbau durch. Kein Wunder: Bleche werden dünner, Autos damit leichter, der Spritverbrauch sinkt. Doch die Sicherheit der Insassen muss gewährleistet sein, auch wenn sich diese Bleche anders verhalten. Bei ultrahochfestem Stahl können in den Zonen um die rund 5000 Schweißpunkte einer Autokarosserie Risse entstehen und sich unter Crashbelastung in die Bauteile ausbreiten. Doch Crashsimulationen, mit denen Autos heute bereits in der Designphase auf Sicherheit geprüft werden, können dies nicht berechnen. In diesen Modellen springt ein Schweißpunkt auf oder eben nicht. Jetzt reißen die Bleche ein und die Bauteile verformen sich hierdurch anders. Dies für jeden Schweißpunkt im Detail zu berechnen, ist unmöglich. Feinere, genaue Submodelle, gekoppelt mit der gesamten Crashsimulation sollen Abhilfe bringen.

[silke.sommer@iwm.fraunhofer.de](mailto:silke.sommer@iwm.fraunhofer.de)

## Rückblick

### Aluminium im Schienenfahrzeugbau

Am 27. und 28. Oktober 2008 trafen sich in Freiburg 70 Entwickler, Hersteller und Betreiber von Schienenfahrzeugen und deren Zulieferer zu einem Workshop. Unter dem Motto »Konstruktion, Fertigung, Einsatz« wurde der aktuelle Stand der Forschung und Weiterentwicklungen diskutiert.

[michael.luke@iwm.fraunhofer.de](mailto:michael.luke@iwm.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Preis für Risse als Werkzeug

Glas für Fenster, Fassaden oder Möbel zuzuschneiden, birgt Risiken. Beim konventionellen Trennen von Flachglas entstehen Mikrorisse. Die Gläser müssen aufwändig geschliffen werden. In einem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt erarbeiteten Dr. Rainer Kübler und sein Team ein neues Verfahren. Mit einem Laser wird das Glas entlang der Trennlinie erhitzt und dann schockartig gekühlt. Die Spannung erzeugt einen Riss und dieser die gewünschte Kontur. Dafür erhielt Kübler den Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2008.

[rainer.kuebler@iwm.fraunhofer.de](mailto:rainer.kuebler@iwm.fraunhofer.de)

## Ausblick

### Verschleißschutz und Reibungsverminderung



### Physics of Tribology: Understanding Friction And Wear Processes In Technical Systems

Das Fraunhofer IWM richtet vom 23. - 25. März 2009 in Bad Honnef das 428. Wilhelm und Else Heraeus Seminar aus. Das Seminar bringt Wissenschaftler zusammen, die mit verschiedenen Methoden auf unterschiedlichen Skalen Reibung und Verschleiß erforschen. Weitere Informationen zum Seminar: [www.iwm.fraunhofer.de/heraeus-seminar](http://www.iwm.fraunhofer.de/heraeus-seminar) oder bei [martin.dienwiebel@iwm.fraunhofer.de](mailto:martin.dienwiebel@iwm.fraunhofer.de)

### Reibung und Verschleiß in der Antriebstechnik beherrschen und verringern

Für Entwickler und Ingenieure, die nach neuen und nachhaltigen Lösungen suchen, veranstaltet das Fraunhofer IWM am 13. Februar 2009 in Freiburg ein Fachseminar. Gemeinsam mit namhaften Referenten aus der Industrie informiert das Fraunhofer IWM über neue Entwicklungen bei Beschichtungen, tribologisch ausgerichtete Bearbeitungsmethoden sowie über schnell umsetzbare Ergebnisse aus der Forschung.

[matthias.scherge@iwm.fraunhofer.de](mailto:matthias.scherge@iwm.fraunhofer.de)

### Fraunhofer IWM

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM charakterisiert, simuliert und bewertet das Verhalten von Werkstoffen, Bauteilen und Systemen unter dem Einfluss äußerer Kräfte in unterschiedlichen Umgebungen. Für Unternehmen und öffentliche Auftraggeber erarbeitet das Fraunhofer IWM Lösungen, die die Sicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Funktionalität von technischen Bauteilen und Systemen verbessern.

### Impressum

Text: Doris Banzhaf, Katharina Hien  
Grafik: Erika Hellstab Fotos: Margrit Müller, Michael Spiegelhalter, Fraunhofer IWM  
Verantwortlich: Thomas Götz  
[thomas.goetz@iwm.fraunhofer.de](mailto:thomas.goetz@iwm.fraunhofer.de)  
© Fraunhofer IWM, [www.iwm.fraunhofer.de](http://www.iwm.fraunhofer.de)

### Institut Freiburg

Wöhlerstraße 11, 79108 Freiburg  
Telefon 0761 5142-0

### Institut Halle

Walter-Hülse-Straße 1, 06120 Halle  
Telefon 0345 5589-0