

wissen
schafft
nutzen



FÜR DEN MENSCHEN
UND SEINEN LEBENSRAUM
VON MORGEN

 **Helmholtz-Zentrum
Geesthacht**
Zentrum für Material- und Küstenforschung



Michael Ganß und Prof. Dr. Wolfgang Kaysser

VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

wir stehen heute vor großen, lokalen, regionalen und globalen Veränderungen. Das wirft Fragen auf, die es zu beantworten gilt, wenn ein breites Spektrum der Lebensgestaltung erhalten bleiben soll.

Bis 2050 wird die Erdbevölkerung voraussichtlich auf neun Milliarden Menschen anwachsen. Die Zahl der über 60-Jährigen wird sich weltweit auf über zwei Milliarden verdoppeln. Wie können wir es trotzdem längerfristig schaffen, für alle eine hohe Lebensqualität zu erreichen?

Wie erhalten wir unsere Lebensräume von morgen? Knapp die Hälfte der Weltbevölkerung lebt weniger als 100 Kilometer von der Küste entfernt. Die weltweiten Küsten stehen daher bereits heute unter einem enormen Nutzungsdruck. Was hat sich schon verändert und wie wirken sich unsere Entscheidungen von heute auf die zukünftigen Küstensysteme aus?

Ein großer Schritt und ein ermutigendes Zeichen der Pariser Vereinbarung zum Klimaschutz ist die vertragliche Verankerung, den globalen Temperaturanstieg deutlich unter zwei Grad Celsius zu halten. Konkret bedeutet das, den Ausstoß klimaschädlicher Gase bestmöglich zu reduzieren. Zum Beispiel durch konsequenten Leichtbau der Mobilitätsträger sowie den Austausch fossiler Energieträger mit erneuerbaren Energiequellen wie regenerativ erzeugtem Wasserstoff.

Wir erforschen Materialien für die Zukunft und entwickeln Verfahren, um die neuen Materialien herzustellen. Neben Leichtbau und Energiesystemen tun sich viele andere Anwendungsfelder auf. Wird es gelingen, mit unseren neuartigen Polymer-Membranen die Versorgung mit Trinkwasser zu verbessern? Können unsere metallischen und polymeren Biomaterialien der Regenerativen Medizin zum Durchbruch verhelfen?

Ob Küstenräume oder neue Materialien, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Helmholtz-Zentrums Geesthacht sehen ihren gesellschaftlichen Beitrag und ihre Verantwortung darin, Antworten auf drängende Fragen zu finden und Lösungen für die Politik und die Wirtschaft zu entwickeln.

03

WISSEN SCHAFFT NUTZEN – FÜR DEN MENSCHEN UND SEINEN LEBENSRAUM VON MORGEN.

Von der ersten Idee bis zur Anwendung vergehen allerdings oft viele Jahre oder gar Jahrzehnte. Forscherinnen und Forscher brauchen neben hohen Zielen daher auch ein außergewöhnliches Durchhaltevermögen. Über das gesellschaftliche Anliegen hinaus ist es die Faszination der Wissenschaft selbst, die unsere Forscherinnen und Forscher im Helmholtz-Zentrum jeden Tag aufs Neue begeistert, antreibt und motiviert.

Lassen auch Sie sich von dieser Broschüre in die faszinierende Welt der Wissenschaft und Forschung entführen und lernen Sie mit uns Forschungsthemen kennen, die Nutzen schaffen für den Menschen und seinen Lebensraum von morgen.

Viel Vergnügen beim Lesen,



Prof. Dr. Wolfgang Kaysser
Wissenschaftlicher Geschäftsführer



Michael Ganß
Kaufmännischer Geschäftsführer

| | |
|-------------|---|
| HERAUSGEBER | Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH Abteilung Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Max-Planck-Straße 1 21502 Geesthacht Telefon 04152 87-0 Telefax 04152 87-1403 www.hzg.de |
| REDAKTION | Heidrun Hillen, Dr. Torsten Fischer (V.i.S.d.P.) Telefon 04152 87-1648 Telefax 04152 87-1640 |
| AUTOR | Frank Grotelüschen |
| GESTALTUNG | rickert, MARKENAGENTUR www.rickert-markenagentur.de |
| DRUCKEREI | Druckerei Siepmann, Hamburg |
| FOTOGRAFIE | Christian Schmid, Hamburg Kerstin Petermann, Hamburg Dr. Torsten Fischer Julia Knop getty istockphoto fotolia |
| AUFLAGE | 1. Auflage 2017 |

Zusätzliches Informationsmaterial schicken wir Ihnen auf Anfrage gerne kostenlos zu.

INHALTSVERZEICHNIS

- 03 Vorwort
- 04 Impressum



06 Funktionale Werkstoffsysteme

- 08 Überblick
- 12 Magnesium
- 14 Fügetechnologien
- 16 Funktionale Materialien
- 18 Polymerforschung
- 22 Wasserstoffspeicherung
- 24 Werkstoffcharakterisierung GEMS



26 Küsten, Klima und Gesellschaft

- 28 Überblick
- 30 Modellierungen
- 34 Umweltchemie
- 36 Küsten-Messsysteme
- 38 Climate Service Center Germany GERICS



42 Biomaterialien

- 44 Überblick
- 46 Polymerbasierte Biomaterialien
- 50 Metallische Biomaterialien



56 Forschen und Arbeiten im HZG

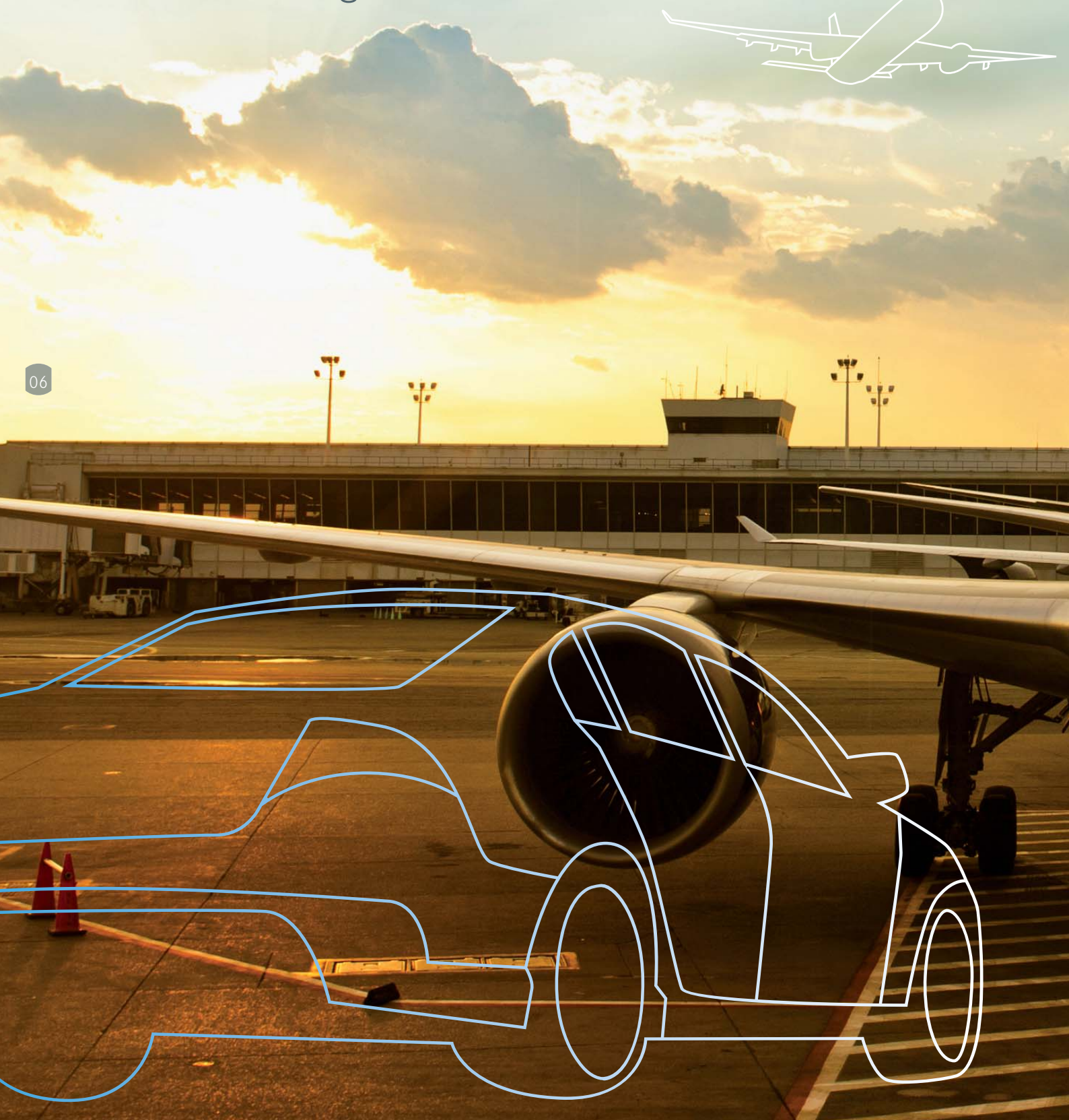
- 57 Struktur
- 58 HZG im Dialog
- 60 Technologietransfer, Chancengleichheit
- 62 Personal, Ausbildung, Technikum

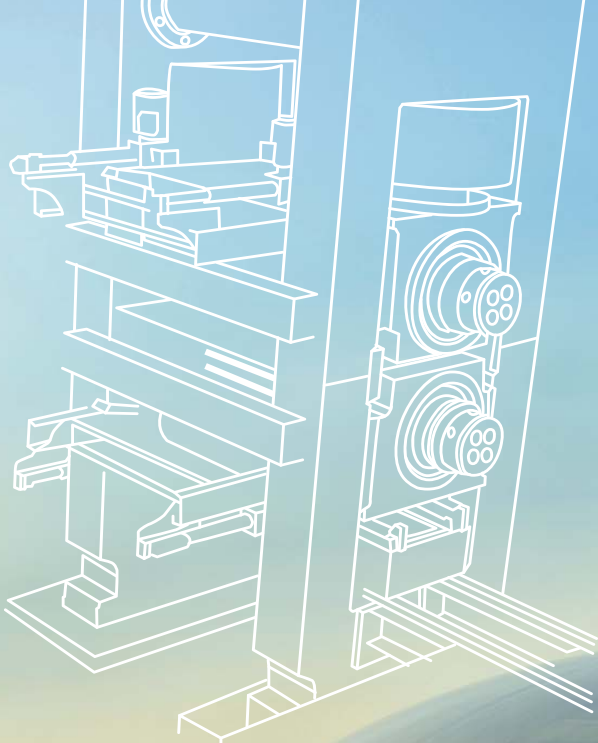
Mobil bleiben und gleichzeitig den CO₂-Ausstoß verringern

Neue Materialien und Verfahren für
Leichtbau, Energie und Umweltschutz



06





FUNKTIONALE WERKSTOFFSYSTEME

FÜR DEN MENSCHEN
UND SEINEN LEBENSRAUM
VON MORGEN

NEUE WERKSTOFFE

Werkstoffe bilden die Grundlage praktisch jeder Technologie – angefangen mit Produkten von der simplen Kaffeetasse aus Keramik bis hin zu hochkomplexen Hightech-Geräten wie Computern, Autos oder Flugzeugen. Um künftige Technologien weiter oder neu zu entwickeln, braucht es immer raffiniertere und bessere Materialien. Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht arbeitet an solchen innovativen Werkstoffen: Seine Wissenschaftler forschen an einer neuen Generation von Leichtbaumaterialien für den Automobil- und Flugverkehr, an optimierten Membranen für die Trennung von Flüssigkeiten oder Gasen sowie an hocheffizienten Konzepten zur Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff, einem vielversprechenden Energieträger der Zukunft.

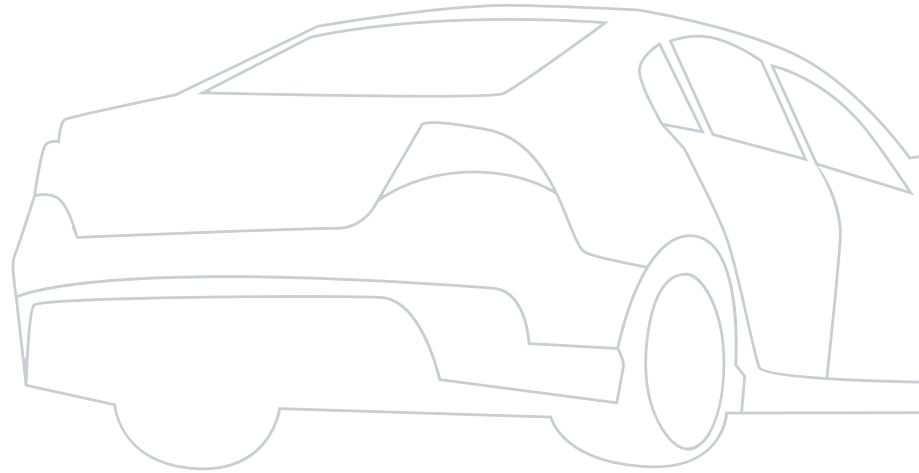
08



300 kg weniger Gewicht im Fahrzeug senken den Spritverbrauch auf 100 km um rund 1 l und den CO₂-Ausstoß um 2 kg.

Neue Materialien können zu Ressourcenschonung und Klimaschutz beitragen. Denn je leichter ein Auto oder ein Flugzeug ist, desto weniger Treibstoff verbraucht es – eine der wichtigen Maßnahmen, um das auf dem Pariser Klimagipfel beschlossene Zwei-Grad-Ziel erreichen zu können.

DAS HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT FORSCHT AN MATERIALIEN, DIE ENERGIE UND RESSOURCEN SPAREN



Leicht, stabil und kostengünstig

Die Karosserien von Pkws bestehen derzeit vorwiegend aus Stahl, die Rumpfe und Flügel der Passagierjets aus Aluminium. Die HZG-Fachleute forschen daran, einen Teil dieser Materialien durch einen deutlich leichteren metallischen Werkstoff zu ersetzen – Magnesium. Um das Leichtmetall zur Einsatzreife zu bringen, entwickeln und testen sie neue Legierungen und optimierte Herstellungsverfahren. Wichtig dabei sind auch neue Fügeverfahren, mit denen sich die verschiedensten Werkstoffe zu größeren Bauteilen verbinden lassen, etwa zu einer Karosserie. Das Ziel: ultraleichte Strukturmaterialien, die zugleich fest, langlebig und wirtschaftlich sind.

09

Raffinierte Funktionen

Daneben stehen Werkstoffe im Fokus, die bestimmte, zum Teil intelligente der Situation angepasste Funktionen ausführen können: Membranen aus Polymeren, die als Molekülsiebe fungieren und zum Beispiel verkeimtes Trinkwasser reinigen oder CO₂ aus Biogas herausfiltern. Raffinierte Nanomaterialien, die mechanische Spannungen in einem Flugzeugrumpf überwachen oder sich bei Rissbildung selbst heilen. Oder Tanks für klimaneutrale Autos, die regenerativ erzeugten Wasserstoff sicher und effizient speichern.



VON DER THEORIE ÜBER DAS EXPERIMENT BIS ZUR INNOVATION

Wenn aus Grundlagenforschungen Innovationen werden und aus Ideen verwertbare Patente, dann ist das hohe Ziel der Forscher des Helmholtz-Zentrums Geesthacht erreicht: ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse für praxisnahe Lösungen nutzbar zu machen. Deshalb arbeiten sie regelmäßig mit Unternehmen aus der Wirtschaft zusammen, zum Beispiel mit Flugzeugherstellern. So ging nach zehn Jahren wissenschaftlicher Forschung das Patent einer Geesthachter Titanlegierung hoch hinaus, die aufgrund des ultraleichten Gewichts in Flugzeugtriebwerken eingesetzt wird.

Die Wissenschaftler simulieren zunächst theoretisch neue Verfahren und Materialien.

Zum Beispiel Titan-Aluminide

10 Moderne Düsentriebwerke besitzen die Leistung von bis zu 100 Supersportwagen. Durch immer bessere Materialien werden diese Triebwerke leistungsfähiger und gleichzeitig umweltschonender. Die Geesthachter Forscher benutzen geschickt die innige Verbindung zwischen bestimmten Atomsorten, um leichtere und hitzebeständigere Werkstoffe zu erschaffen. Für die erfolgreiche Forschung beobachteten sie sowohl die Anordnung einzelner Atome als auch Vorgänge in der großen Schmiedepresse und Gussanlage. Die Atome werden mit hochintensiver Röntgenstrahlung beleuchtet und mit hochauflösenden Mikroskopen charakterisiert. In Schmiedepresse und Gussanlage werden dann die Hightech-Bauteile zuverlässig mit höchster Präzision hergestellt.

Im nächsten Schritt geht es um Modellexperimente und Testreihen. Hier verfügen die Helmholtz-Experten über moderne Geräte zum Anfertigen von Proben für ihre Experimente bis hin zu Fertigungsanlagen, auf denen innovative Materialien und Bauteile als Prototypen hergestellt werden können – auch schon mal im industriennahen Maßstab eins zu eins. Zum Beispiel großflächige Bleche aus leichtem Magnesium, die später im Autobau eingesetzt werden können, um Gewicht zu sparen.

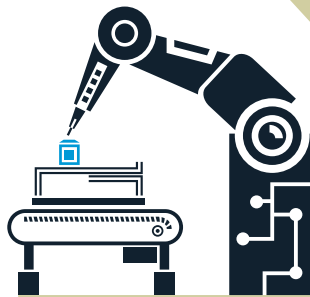
Um ein möglichst tiefes Verständnis zu gewinnen, untersuchen die Wissenschaftler die neuen Materialien und Bauteile mit den derzeit sensitivsten Analysemethoden – unter anderem mit der Strahlung von PETRA III, einer der stärksten Röntgenquellen der Welt, sowie den Neutronen des FRM II, einem der leistungsfähigsten Forschungsreaktoren Europas. Es handelt sich dabei um einmalige Verfahren, die von den Geesthachter Forschern auch externen Nutzern aus der Wissenschaft und der Wirtschaft zur Verfügung gestellt werden.

Entscheidende Prozesse bei der Herstellung der neuen Materialien und ihren Veränderungen während ihrer Anwendung lassen sich so bis ins mikroskopische Detail verfolgen, zum Teil bis hinunter zur Größenordnung von Atomen und Molekülen. Diese genaue Charakterisierung der neuen Materialien dient den Wissenschaftlern und der Industrie, weil Vorgänge sichtbar werden, die sonst verborgen bleiben.



THEORIE

Im 1. Schritt werden neue Verfahren mit neuen wissenschaftlichen Modellen simuliert.



EXPERIMENT & INNOVATION

Danach werden mit eigenen Fertigungs- und Prüfanlagen neue Materialien und Bauteile hergestellt und geprüft.



CHARAKTERISIERUNG

Von der Theorie bis zur Innovation ist es mithilfe von Synchrotron- und Neutronenstrahlung möglich, die neuen Werkstoffe und Bauteile zu charakterisieren.



12



FILM ANSCHAUEN

Im Kurzfilm „Leichtgewichte aus Magnesium“ lernen Sie einen Studenten-Rennwagen kennen.

www.hzg.de/leichtgewicht

Wissenschaftler erweitern das Einsatzspektrum von Magnesium, indem sie das Leichtmetall zu Blech walzen.

METALLISCHES LEICHTGEWICHT

Es ist das Leichtgewicht unter den metallischen Konstruktionswerkstoffen: Magnesium besitzt eine deutlich geringere Dichte als Stahl oder sogar Aluminium – verglichen mit Letzterem ist es um ein Drittel leichter. Zwar kommt Magnesium schon heute zum Einsatz, etwa in Laptopgehäusen und im Fahrzeugbau. Bislang lässt sich Magnesium jedoch noch nicht im großen Maßstab zu Blechen verarbeiten. Um aber das Leichtbaupotenzial von Magnesium in der praktischen Anwendung ausnutzen zu können, ist die Herstellung großflächiger Strukturen erforderlich. Solche Bleche aus Magnesiumlegierungen, lassen sich zu fertigen Bauteilen, zum Beispiel einer Autotür, formen. Am Helmholtz-Zentrum Geesthacht

werden die dazu notwendigen Legierungen und Prozesse entwickelt.

Gesucht sind Legierungen, die sich leicht zu Bauteilen formen lassen, korrosionsbeständig sind und eine geeignete Festigkeit aufweisen. Zusätzlich werden Prozesse entwickelt, mit denen die Bleche effizient, und damit wirtschaftlich, hergestellt und bearbeitet werden können. Die geringe Formbarkeit des Magnesiums muss dabei berücksichtigt werden. Um die Umformbarkeit des Materials zu verbessern, verfolgen die Wissenschaftler verschiedene Strategien.

Neue Legierungen und Verfahren

Die Fachleute versetzen ihre Legierungen mit Stoffen wie Gadolinium, Yttrium oder Neodym. Diese Elemente der Seltenen Erden verfeinern die Mikrostruktur und sorgen für verbesserte Materialeigenschaften. Allerdings sollen diese Elemente aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen möglichst ersetzt werden. Deshalb suchen die Forscher nach Alternativen und probieren es zum Beispiel mit Kalzium. Dies scheint nicht nur die Umformbarkeit zu verbessern, sondern auch die Entflammbarkeit zu reduzieren.

Gleichzeitig entwickeln die Forscher Prozesse, die die Herstellung der Bleche deutlich vereinfachen und zugleich die Qualität verbessern. Im sogenannten Gießwalzverfahren gehen das Gießen der Magnesiumlegierung und ein Walzprozess direkt ineinander über. Hierbei entsteht ein dünnes Metallband, das in wenigen Walzschritten zu Blech umgeformt wird. Dadurch werden viele Schritte der klassischen Herstellungsrouten eingespart. Das Material sollte zudem gut recycelbar sein. Die Rückführung von Schrotten lohnt sich ökologisch und ökonomisch und führt zu einer Ressourcenschonung.

Schutzschicht für Metall

Magnesium besitzt unter bestimmten Bedingungen die Tendenz, allzu schnell zu korrodieren. Dies zeigt sich besonders, wenn das Leichtmetall mit anderen Werkstoffen zu Bauteilen verbunden wird. An den Verbindungsstellen kommt es leicht zu Kontaktkorrosion. Hier setzen die Materialforscher auf neuartige Schutzbeschichtungen, zum Beispiel aus keramischen Schichten.

Mit Leichtigkeit in die Anwendung

Bislang wird Magnesium hauptsächlich in Form von Getriebegehäusen, Motorteilen, Abdeckungen, Sitzelementen oder Armaturen eingesetzt. Für die Zukunft liegen die Einsatzgebiete im gesamten Fahrzeug- und Flugzeugbau sowie im Bereich der Elektronik, als Bauteile in der Computer-, Kamera- und Mobiltelefonindustrie. Mit den neuen gewalzten Legierungen wird die Palette der Bauteile deutlich erweitert.

Die Wissenschaftler im „Magnesium Innovation Centre“ des HZG verfügen über umfangreiche Möglichkeiten für ihre Forschung: Neben Laboren zur Herstellung kleinster Probenmengen betreiben sie eine Gießwalzanlage im semi-industriellen Maßstab. Zusätzlich stehen ihnen verschiedenste Analysemethoden zur Verfügung, wie zum Beispiel Mikroskopie und Prüfstände für Belastungstests.

WIE ES SICH FÜGT

Was hält einen großen Passagierjet zusammen? Die Antwort: rund eine Million Nieten. Zwar ist das Zusammennieten von Flugzeugbauteilen eine bewährte und sichere Technologie. Aber es sorgt für zusätzliches Gewicht: Die Nieten selber haben eine gewisse Masse, außerdem müssen sich die Bleche überlappen, um genietet zu werden. Könnte man stattdessen schweißen, ließen sich je nach Flugzeugtyp bis zu 20 Prozent Gewicht einsparen – und damit Treibstoffverbrauch und CO₂-Ausstoß mindern.

NEUE SCHWEISSTECHNIKEN FÜR NEUE MATERIALIEN

14



MEHR HÖREN

Im Interview erfahren Sie mehr über
die Werkstoffforschung im Zentrum.

www.hzg.de/werkstoffe

Eine der Alternativen ist das Laserschweißen. Manche Hersteller wie Airbus setzen es schon heute ein, allerdings nur für bestimmte Bauteile wie den Bodenbereich des Rumpfes. Die HZG-Forscher arbeiten daran, die neue Technik auch auf das Fügen von anderen Bauteilen zu erweitern. Ihre Vision: das nietenfreie Flugzeug.

Die Herausforderung liegt darin, dass die in der Luftfahrtindustrie verwendeten Bleche nur wenige Millimeter dick sind. Beim Schweißen sollen sie sich anders als beim Nieten nicht überlappen, sondern Kante an Kante gefügt werden. Um das zu schaffen, muss man extrem präzise arbeiten und ausschließen, dass durch den Schweißprozess störende Defekte ins Material geraten. Unter anderem können sich durch das Erhitzen Gasblasen bilden. Diese Blasen hinterlassen dann Poren in der Schweißnaht – und damit mögliche Ausgangspunkte für schädliche Risse.

Um diese Porenbildung zu unterbinden, experimentieren die HZG-Experten mit speziellen Lichtquellen: In sogenannten Faserlasern entsteht das Licht im Inneren einer Glasfaser. Der Vorteil dieser Geräte: Sie können Laserstrahlen mit großem Durchmesser und von hoher Qualität erzeugen. In diesen Laserstrahlen kann die Schmelze von außen nach innen erstarren. Dabei hat das sich bildende Gas genügend Zeit, um aus der Schmelze zu entweichen, es hinterlässt also keine Poren.

Eine weitere Aufgabe besteht darin, Legierungen zu fügen, die mit klassischen Methoden als unschweißbar gelten. Das gilt zum Beispiel für hochfeste Aluminiumlegierungen mit hohem Zinkgehalt. Dieses Zink verflüchtigt sich beim Schweißen leicht. Zurück bleibt eine zinkarme Schweißnaht von mangelnder Festigkeit – das Material ist regelrecht kaputtgeschweißt. Auch hier kann der Einsatz des Faserlasers helfen: Laserstrahlgröße und Anwendungsdauer können so fein eingestellt werden, dass beim Schweißen kaum noch Zink entweicht. Mittlerweile hat sich das Helmholtz-Zentrum Geesthacht das Verfahren patentieren lassen.

Eine andere am HZG weiterentwickelte Methode ist das Rührreißschweißen. Im Gegensatz zum Laserschweißen wird das Material nicht aufgeschmolzen, sondern nur soweit erwärmt, dass es knet- und formbar ist. Das geschieht durch Reibung. Ein rotierendes Spezialwerkzeug drückt mit einiger Kraft auf die zu fügenden Werkstücke. Die Materialien werden warm und teigig und können miteinander „verrührt“ werden.

Der Vorteil der Methode: Sie kann gänzlich unterschiedliche Stoffe miteinander verbinden, zum Beispiel Aluminium mit Titan, oder sogar mit Kunststoff. Diffizil ist vor allem die Steuerung des Schweißvorgangs. So darf die Fügestelle nicht zu weich und zu heiß werden, sonst droht das Werkzeug durch das Material zu stechen. Der brasilianische Flugzeughersteller Embraer, mit dem das HZG seit Jahren kooperiert, setzt das Rührreißschweißen bereits für Bauteile in den Cockpits seiner Kurzstreckenjets ein. Künftig möchte das Unternehmen auch mechanische Versteifungen sowie Fensterrahmen mit dem innovativen Verfahren fertigen – und sich dadurch manche Niete sparen.



Werden in Geesthacht entwickelt – Spezialschweißverfahren für die Leichtbau-Industrie



FLUGZEUGHAUT MIT ELEKTROSINN

Der Rumpf eines Flugzeugs, die Karosserie eines Pkw, das Gehäuse eines Computers – in all diesen Fällen dienen Werkstoffe vor allem dazu, für Form, Stabilität und Festigkeit zu sorgen. Doch es gibt auch Materialien, die bestimmte Funktionen übernehmen können, die zum Beispiel leuchten, messen oder sich selber reparieren. An diesen funktionalen Materialien arbeitet das Helmholtz-Zentrum Geesthacht im Rahmen unterschiedlicher Projekte.

So sind HZG-Fachleute am Sonderforschungsbereich (SFB) „Maßgeschneiderte multiskalige Materialsysteme“ beteiligt, gemeinsam mit Experten der Technischen Universität Hamburg sowie der Universität Hamburg. Im Fokus stehen Werkstoffe, die eine grundsätzlich andere Struktur als herkömmliche Materialien zeigen.



Nanoporöses Gold könnte als Sensor dienen.

FORSCHUNG AN FUNKTIONALEN MATERIALIEN

Ein Metall beispielsweise setzt sich in der Regel aus Mikrometergroßen Kristalliten zusammen. Die neuen Werkstoffe hingegen besitzen zumeist eine winzige Nanostruktur – Grundelemente in der Größenordnung von Millionstel Millimetern. Diese NanoBausteine sind zu größeren Einheiten zusammengesetzt. Diese Einheiten wiederum bilden noch größere Konglomerate, aus denen dann das eigentliche Material besteht. Da sich die inneren Strukturen über mehrere Größenskalen erstrecken, spricht man von multiskaligen Systemen, meist gekennzeichnet durch einen hierarchischen Aufbau.

Metalle wie ein Schwamm

In einem der Projekte dienen harte KeramikKügelchen als Grundelemente. Umgeben sind sie von mikroskopisch kleinen, weichen Kunststoffhüllen. Die Idee: Gelingt es, beide Substanzen geschickt in einem hierarchischen Aufbau zu verknüpfen, käme ein Material mit bemerkenswerten Eigenschaften heraus: Es wäre hart und kratzfest wie eine Keramik, doch gleichzeitig verformbar und stoßfest wie ein Metall. HZG-Forscher erkunden solche Materialsysteme mithilfe theoretischer Modelle und ausgefeilter Computersimulationen.

Interessant sind auch schwammähnliche Metallstrukturen. Sie besitzen zahllose nanometerkleine Poren und könnten als Sensor dienen. Das Prinzip: Lastet eine mechanische Spannung auf dem Material, erfolgt eine elektrische Veränderung der Oberflächenspannung, was sich präzise erfassen und auswerten lässt. Die HZG-Forscher stellen diese Metallschäume mittels der elektrochemischen Korrosion her. Zunächst tauchen sie ein Metallstück zum Beispiel aus einer Gold-Silber-Legierung in eine Säure. Dann schicken sie elektrischen Strom durch das Metall, sodass das Silber aus der Legierung herauskorrodiert. Das verbleibende Gold formt ein poröses Metallstück mit komplexen Nanostrukturen. Für den Signaltransport braucht es dann größere Kanäle. Um sie in den Schaum zu bringen, folgt ein zweiter Korrosionsprozess.

Selbstheilung bei Werkstoffen

Interessant sein könnte das neue Sensormaterial für den Flugzeugbau. Als dünne Schicht auf die Flugzeughaut aufgetragen könnte es überwachen, wie stark der Jet während des Betriebs mechanisch belastet wird. Da in Bereichen mit hohen Belastungen Ermüdungsrisse auftreten können, würde man sie bei den regelmäßigen Inspektionen besonders sorgfältig unter die Lupe nehmen.

Außerdem forschen die Wissenschaftler an einer weiteren Innovation – Materialien, die sich bei geringfügigen Defekten selbst heilen können. Ein Beispiel sind spezielle Polymerbeschichtungen für Magnesiumbauteile. Sie enthalten Moleküle, die als Nanocontainer fungieren und eine kleine Menge an Korrosionsschutzmittel enthalten. Sollte es irgendwann zu einer Schädigung kommen, etwa zu einem Riss an der Oberfläche, würden die Container aufplatzen und das Korrosionsschutzmittel freigeben – etwa eine Substanz, die Eisenionen einfängt und dadurch das Rosten unterbindet.





FILM ANSCHAUEN

Der Kurzfilm „Geesthachter Trennsetter“ gibt Ihnen Einblicke in die Membranforschung.
www.hzg.de/trennsetter

In Geesthacht werden Flachmembranen hergestellt.

WIE MEMBRANEN FÜR EINE EFFEKTIVE STOFFTRENNUNG SORGEN

SCHLUPFLÖCHER FÜR MOLEKÜLE

Ob in der chemischen Industrie, der Trinkwasserreinigung oder der Abtrennung von CO_2 – überall in der industriellen Trenntechnik müssen Stoffe voneinander getrennt werden. Bislang geschieht das oft mit energiefressenden thermischen Methoden: Stoffgemische werden zum Beispiel erhitzt und verdampft. Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht arbeitet an effizienteren, ressourcenschonenden Trennverfahren – etwa an Membranen, die energiesparend Methan im Biogas anreichern oder Arzneimittelrückstände aus dem Wasser filtern.

Um verschiedene Flüssigkeiten voneinander zu trennen, setzen die Fachleute auf überaus feine Membranen. Die teils nanometerkleinen Poren dieser molekularen Siebe sind so dimensioniert, dass im Wesentlichen nur die abzutrennenden Moleküle durch sie hindurchschlüpfen – größere Moleküle oder Teilchen können nicht passieren.

Das aber kann nur funktionieren, wenn die Poren eine möglichst einheitliche, definierte Größe aufweisen. Das schaffen die Wissenschaftler durch raffinierte Herstellungsverfahren: Unter anderem verwenden sie maßgeschneiderte Makromoleküle, sogenannte Blockcopolymere. Diese besitzen ein wasserabweisendes und ein fettabweisendes Ende. Unter geeigneten Bedingungen können sich diese Moleküle in einem Wasserbad so ausrichten, dass sie lauter Ringe von definierter Größe bilden – die Poren der Membran. In der Forschung geht es darum, diese Systeme thermisch, mechanisch und chemisch stabil sowie dauerhaft haltbar zu machen. Verwendung finden sollen sie unter anderem in kleinen, dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlagen und für Trennaufgaben in der Biotechnologie.

Mal klein, mal groß

Ist eine Membran über längere Zeit in Betrieb, droht sie durch „Schmutzmoleküle“ zu verstopfen. Hier setzen die Experten auf eine clevere Gegenstrategie: Sie machen die Membran schaltbar. Das Prinzip: Ein Impuls von außen – zum Beispiel Änderungen der Temperatur oder des pH-Wertes – dehnt und weitet die Poren, sodass sich der Schmutz einfach herauspülen lässt. Anschließend verengen sich die Poren wieder und können ihre Siebwirkung erneut aufnehmen. Nach demselben Prinzip lassen sich auch doppelschaltbare Membranen bauen, die mehrere, verschieden große Arzneimittelrückstände aus dem Wasser filtern könnten.

Zur Trennung von Gasen braucht es andere Membranen. Statt winzige Poren zu besitzen, sind sie dicht. Hier funktioniert der Trennvorgang so, dass das gewünschte Gas gut in der Membran gelöst wird und dann zur anderen Seite diffundiert, sozusagen hindurchsickert. Die unerwünschten Gase dagegen werden schlecht gelöst, können also auch nur bedingt durch die Membran hindurchtreten.

Reinheitsgebot für Biogas

Besonders bei der Abtrennung von CO_2 oder bei der Anreicherung von Stickstoff sind die in Geesthacht entwickelten Membrantechniken führend. Sie könnten zum Beispiel den Stickoxidausstoß in Schiffsmotoren mindern. Praktisch erprobt wird ihr Einsatz in der Aufbereitung von Biogas. Eine Biogasanlage erzeugt stets ein Gemisch aus Methan und CO_2 . Für eine Einspeisung ins Erdgasnetz müsste man einen Großteil des CO_2 abtrennen, was durch die Membranen effektiv erfolgt. Dies wird bislang in einer Pilotanlage gezeigt.

Auch aus Abgasen von Kohle- oder Gaskraftwerken lässt sich CO_2 per Membran abscheiden. Auf dem HZG-Gelände gibt es eine Pilotanlage, die gespeist wird von Abgasen eines Blockheizkraftwerks. Hier untersuchen die Forscher über mehrere Monate hinweg die Langzeitstabilität und die Trennleistung ihres Systems. Eine originelle Anwendung ist der Hamburger „Algenhaus“-Prototyp, der 2013 im Stadtteil Wilhelmsburg in Betrieb ging. Hier reichern Membranen das Kohlendioxid aus den Heizungsabgasen an, um die in der Hausfassade integrierten Algen zu „füttern“. Sind die Algen „reif“, lassen sie sich unter anderem zur Produktion von Biogas verwenden.



Sind besonders vielversprechend für Membrananwendungen zur Filtration: Blockcopolymere [REM-Aufnahme]



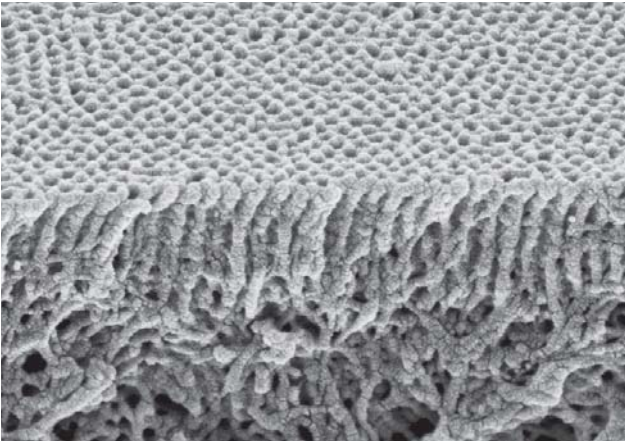
Flüssiges Polymer wird in die Membranziehmaschine gefüllt



Die Wissenschaftler analysieren systematisch die Eigenschaften von Polymermaterialien

POLYMER-
FORSCHUNG

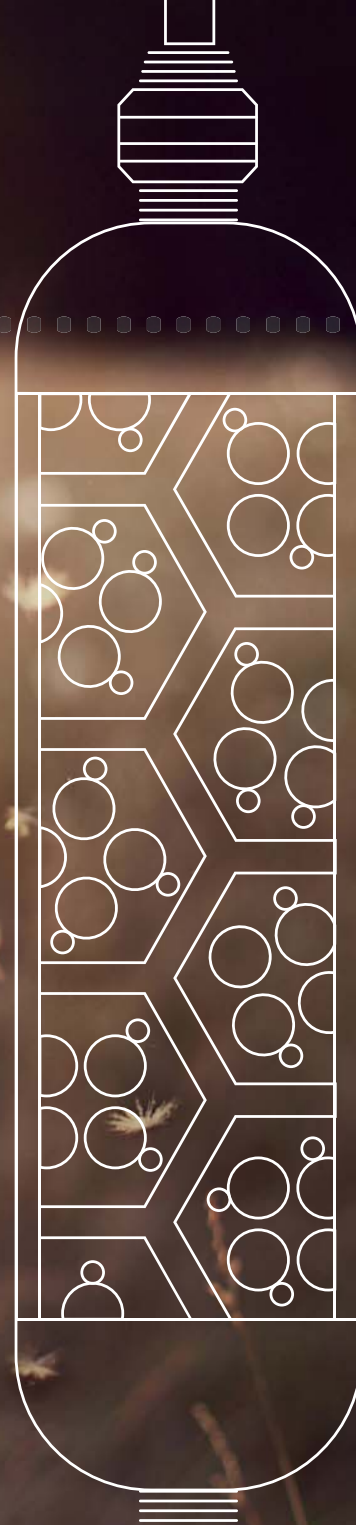
FÜR DEN MENSCHEN
UND SEINEN LEBENSRAUM
VON MORGEN





FILM ANSCHAUEN

Der Kurzfilm „Wasserstoff als Energiespeicher“
zeigt mehr über die neuen Tankkonzepte.
www.hzg.de/hydrogen



NEUE LÖSUNGEN FÜR EINEN KLIMAFREUNDLICHEN TREIBSTOFF

WASSERSTOFF IM TANK

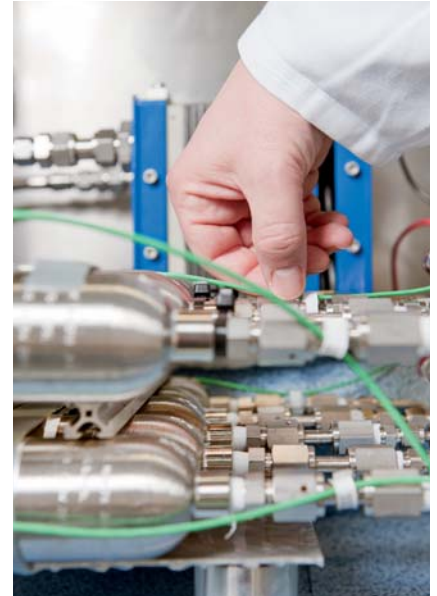
Wasserstoff gilt als aussichtsreicher Energieträger für die Zukunft. Er lässt sich im Prinzip regenerativ und klimaneutral herstellen und in einer Brennstoffzelle oder einem Verbrennungsmotor schadstofffrei in Strom umwandeln – aus dem Auspuff kommt nichts als purer Wasserdampf. Für den Straßenverkehr ist zudem interessant, dass Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb eine deutlich größere Reichweite als Elektroautos mit Batterien haben und sich schneller betanken lassen. HZG-Forscher arbeiten an neuen Konzepten sowohl für effiziente Wasserstofftanks als auch die klimaneutrale Herstellung des energiereichen Gases. Bisherige Brennstoffzellenautos speichern den Wasserstoff vorerst in massiven Tanks, die einen Druck von bis zu 700 bar aushalten müssen. Zwar lassen sie sich schnell betanken, aber der technologische Aufwand zur Komprimierung und Betankung ist beträchtlich. Deshalb geht das Helmholtz-Zentrum Geesthacht einen anderen Weg – die Speicherung des Gases in chemischen Verbindungen, sogenannten Metallhydriden. Konkret kommen Leichtmetalle wie Magnesium und Lithium zum Einsatz, versetzt mit dem Halbmetall Bor. In die Kristallgitter dieser Verbindungen kann Wasserstoff platzsparend und effizient eingebaut werden – ein guter Speicher mit prinzipiellen Sicherheitsvorteilen, der unter geringem Druck beladen werden kann. In Geesthacht gelang es, zwei dieser Hydride zu einem neuen, vielversprechenden Material zu kombinieren. Es ist in der Lage mehr Wasserstoff pro Volumen und Gewicht zu speichern, als mit Druckgastanks oder in flüssiger Form.

Metallpartikel als Gasspeicher

Doch es gibt noch manche Herausforderungen: Um den Wasserstoff wieder aus dem Tank herauszubekommen, muss dieser geheizt werden. Derzeit sind die dafür nötigen Temperaturen noch zu hoch. Ideal wäre es, man könnte den Speicher mit der Abwärme der Brennstoffzelle versorgen, ohne ihn zusätzlich heizen zu müssen. Ein weiteres Problem: Die Partikel der verwendeten Metallpulver drohen mit der Zeit zu entmischen und zu zerfallen. Um das zu verhindern, wollen die Forscher die nanometerkleinen Pulverteilchen in hauchdünnen Polymerhüllen einschließen. Im Prinzip dauert das Betanken der neuen Speicher recht lange. Die HZG-Wissenschaftler konnten dieses Problem bereits hervorragend lösen. Gemeinsam mit europäischen Partnern aus Forschung und Industrie haben sie Europas größten Tank basierend auf komplexen Metallhydriden entwickelt. Er lässt sich in nur zehn Minuten bis auf 80 Prozent seiner Kapazität aufladen.

Hausdach als Treibstoffproduzent

Bei der klimafreundlichen Produktion von Wasserstoff gehen die HZG-Experten neue Wege. Statt das Gas wie üblich per Elektrolyse herzustellen, wobei Wassermoleküle durch elektrischen Strom gespalten werden, versuchen sie ihn mithilfe des Sonnenlichts direkt zu erzeugen. Das Prinzip: Das Licht trifft auf Elektroden unter einem Wasserfilm und setzt dort den Wasserstoff als kleine Bläschen frei. Damit das funktioniert, müssen die Elektroden mit einem Katalysator beschichtet sein – z. B. Eisen- oder Titanoxid. Entscheidend ist die reaktive Oberfläche dieses Katalysators. Besonders geeignet scheint eine komplexe, schaumartige Struktur mit Poren verschiedener Größen. Das langfristige Potenzial klingt vielversprechend: Würde man sein Hausdach flächendeckend mit Modulen zur Wasserstofferzeugung bestücken, könnte man genug Treibstoff für das Familienfahrzeug gewinnen.



Der in Geesthacht entwickelte Speichertank



Testfahrzeug des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

DER BLICK INS INNERE

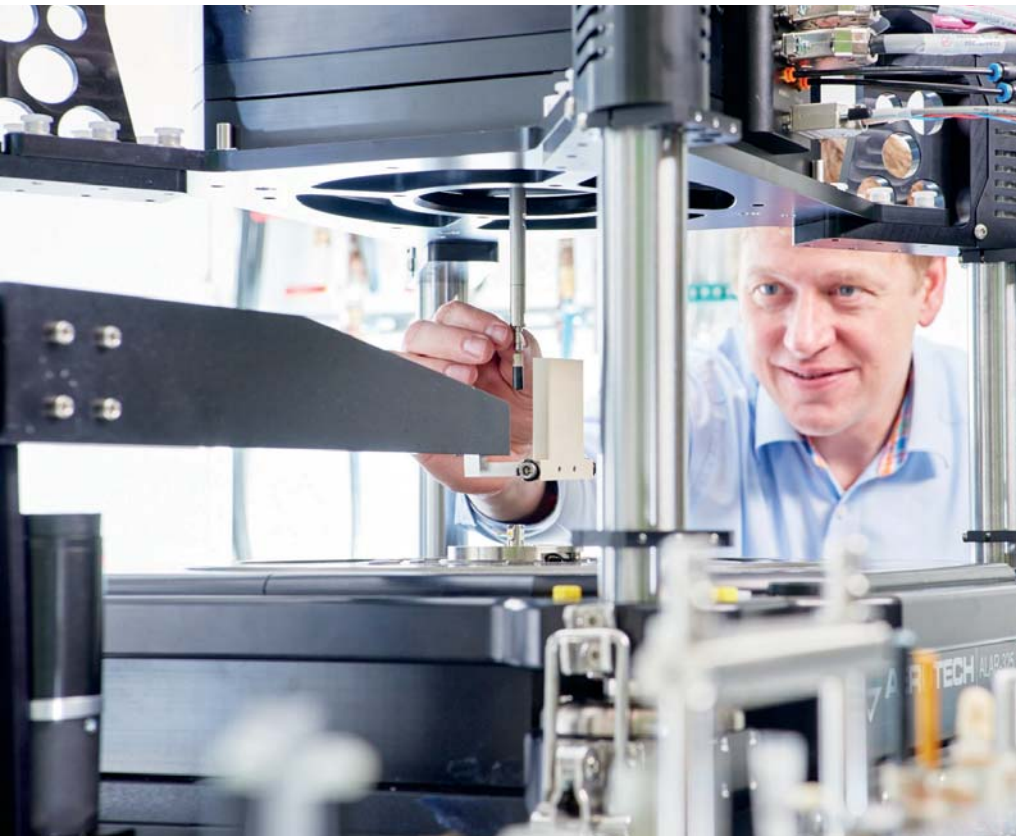
Um einen neuen Werkstoff zielgerichtet entwickeln zu können, müssen die Wissenschaftler möglichst viel über seinen inneren Aufbau in Erfahrung bringen: Wie sind die Atome und Kristallite im Material angeordnet, und finden sich störende Risse oder Poren? Aufschlüsse geben moderne Analyseverfahren, bei denen die Materialien mit starkem Röntgenlicht oder mit Neutronen bestrahlt werden. Zu diesem Zweck betreibt das Helmholtz-Zentrum Geesthacht Außenstellen an zwei renommierten Großgeräten – der Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III am Forschungszentrum DESY in Hamburg sowie dem Forschungsreaktor FRM II in Garching bei München, einer der leistungsfähigsten Neutronenquellen Europas.

Um die Arbeit dort möglichst effektiv zu gestalten, hat das HZG ein Kompetenzzentrum eingerichtet – das „German Engineering Materials Science Center“ (GEMS). Es bietet nicht nur den Forschern aus Geesthacht, sondern Wissenschaftlern aus der ganzen Welt einen einfachen Zugang zu den Forschungsinstrumenten. Sowohl am FRM II als auch bei PETRA III hat das HZG mehrere Messplätze aufgebaut, die spezialisiert sind auf ingenieurwissenschaftliche Materialforschung.

Am Speicherring PETRA III können die Experten beispielsweise live verfolgen, wie eine Schweißnaht entsteht. Möglich macht das eine eigens entwickelte Apparatur, bei der ein ferngesteuerter Roboter Metallplatten zusammenschweißt, während der Röntgenstrahl aus dem Beschleuniger den Prozess durchleuchtet und sichtbar macht, was im mikroskopischen Detail geschieht. Auch mit Neutronen lassen sich Werkstücke und Materialien detailliert unter die Lupe nehmen. Anders als mit Röntgenstrahlung machen die Neutronen vor allem die leichten Atomsorten sichtbar, insbesondere Wasserstoff. Damit bilden Neutronen ein hocheffektives Werkzeug, um neue Wasserstoffspeicher auf Basis von Metallhydriden zu entwickeln.

Das Kompetenzzentrum GEMS macht seine Messplätze externen Fachleuten zugänglich: Mehr als die Hälfte der Nutzer kommen von Universitäten, anderen Forschungsinstituten sowie der Industrie. Die Nachfrage ist hoch, die Anlagen sind regelmäßig ausgebucht. Nun will GEMS seine Aktivitäten weiter ausbauen: Auf dem DESY-Gelände in Hamburg soll ein neues Gebäude mit Vorbereitungslabors und Büroarbeitsplätzen entstehen. An der „Europäischen Spallationsquelle“ (ESS), die derzeit in Lund in Schweden gebaut wird und ab dem Jahr 2020 hochintensive Neutronenpulse erzeugen soll, wird sich das HZG an den Messinstrumenten beteiligen.

RAFFINIERTER DURCHLEUCHTUNGS-
VERFAHREN LIEFERN HOCHGENAUE
ANALYSEN






Extrem helles Röntgenlicht – Synchrotronstrahlung

Synchrotronstrahlung entsteht, wenn schnelle Elektronen in Magnetfeldern abgelenkt werden. Dabei verlieren die Teilchen Energie in Form eines starken, gebündelten Röntgenstrahls. Mit dessen Hilfe lassen sich nanometerfeine Strukturen in einer Materialprobe erkennen – zum Teil sogar jene Atome, aus denen sich der Werkstoff zusammensetzt. Mit Synchrotronstrahlung können die Fachleute die unterschiedlichsten Materialien unter die Lupe nehmen: Metalle ebenso wie Halbleiter, Kunststoffe und Biomoleküle. Eine der weltweit stärksten Röntgenquellen steht am Forschungszentrum DESY in Hamburg – der Speicherring PETRA III.

Spione für den Mikrokosmos – Neutronen

Neutronen sind winzige Kernteilchen, gemeinsam mit den Protonen bauen sie die Atomkerne auf. Neutronen lassen sich aber auch als Sonden für Werkstoffe nutzen: Da sie elektrisch neutral sind, können sie tief in ein Material eindringen. Aus den Messdaten lässt sich schließen, wie der Werkstoff aufgebaut ist und welche Prozesse sich in ihm abspielen. Neutronen können auch größere Werkstücke durchdringen, z. B. Turbinenschaufeln. Zudem können sie effizient Wasserstoff sichtbar machen – wichtig für die Entwicklung neuer Wasserstoffspeicher. Erzeugt werden Neutronen an Forschungsreaktoren. Einer der leistungsfähigsten der Welt ist der FRM II in Garching bei München.



-  Die Probe wird in den Messplatz an der Röntgenquelle PETRA III eingesetzt
-  Die Proben können auch automatisiert geprüft werden
-  Die aufwendigen Untersuchungen erfordern Teamarbeit



FILM ANSCHAUEN

Im Kurzfilm „Brillanter Blick in neue Materialien“
erklären Wissenschaftler ihre Experimente.

www.hzg.de/durchleuchten

Den Lebensraum erforschen, um ihn lebenswert zu erhalten

Messungen, Modellierungen und Analysen für
entscheidungssträchtige Zukunftsprognosen





KÜSTEN, KLIMA UND GESELLSCHAFT

FÜR DEN MENSCHEN
UND SEINEN LEBENSRAUM
VON MORGEN



KÜSTEN, KLIMA UND GESELLSCHAFT



28

DAS INSTITUT FÜR KÜSTENFORSCHUNG
ERKUNDET DAS KOMPLEXE WECHSELSPIEL VON
MEER, LAND, ATMOSPHERE UND MENSCH

Die Weltmeere bestimmen unser Klima, bergen gewaltige Nahrungs- und Rohstoffressourcen und dienen als Energiequelle und Transportwege. Besonders wichtig sind die Schnittstellen, an denen sich Ozean und Land treffen – die Küsten. Hier lebt nahezu die Hälfte der Weltbevölkerung, hier konzentriert sich ein Großteil der marinen Biomasse und gedeiht eine Vielfalt an Tieren und Pflanzen. Zwar gibt es höchst unterschiedliche Küsten – vom flachen Wattenmeer bis zur zerklüfteten Steilküste. Doch eines ist allen gemein: Sie sind geprägt durch ein hochkomplexes Wechselspiel zwischen Wasser, Land und Atmosphäre, von Fauna, Flora und den Eingriffen des Menschen.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen diese vielschichtigen Wechselbeziehungen im Detail. Mit einem dichten Beobachtungsnetz messen sie in den Küstenmeeren, zum Beispiel Temperatur, Planktongehalt und Schadstoffkonzentrationen. Die Daten fließen in aufwendige Computermodelle ein, mit denen die Experten unterschiedliche Prozesse und Phänomene nachbilden – vom Gang der Gezeiten über die Ausbreitung von Schiffsabgasen bis hin zum Wachsen des Planktons im Meer.

Breiter Blickwinkel

Die Ergebnisse verbessern das grundlegende Verständnis des Systems Küste und unterstützen auf diese Weise Wirtschaft und Behörden, etwa bei der Vorhersage von Strömungen und Wellenhöhen. Besonderes Augenmerk gilt Modellen, die einen Blick in die Zukunft gestatten: Wie wirken sich Klimawandel und Meeresspiegelanstieg auf die Küstenregionen aus, wie können wir uns darauf einstellen?

Um Küsten in all ihrer Komplexität zu verstehen, muss man sie aus möglichst vielen Blickwinkeln betrachten. Dazu braucht es Wissenschaftler aus mehreren Bereichen. Am Institut für Küstenforschung analysieren Physiker und Klimaforscher das Zusammenwirken von Wellen, Meeresströmungen und Atmosphäre. Chemiker fahnden nach Schadstoffen, Biologen studieren Meereslebewesen, Geoforscher nehmen Bodenbeschaffenheiten ins Visier.

Engmaschiges Messnetz

Grundlage für die Forschungsarbeiten ist ein umfangreiches Beobachtungsnetz. Gemeinsam mit neun Partnern betreibt das Helmholtz-Zentrum Geesthacht mit COSYNA (Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas) eines der dichtesten Küsten-Messnetze der Welt. Radarsatelliten erfassen die Oberflächenströmungen in der Deutschen Bucht. Forschungsschiffe hieven Wasserproben an Deck und setzen sogenannte Lander am Meeresgrund ab. Diese mit Sensoren gespickten Gestelle nehmen zum Beispiel Wasserproben und erfassen die Strömungsverhältnisse. Auch auf Fähr- und Frachtschiffen ist HZG-Technik an Bord: „Ferry-Boxen“ saugen während der Fahrt Meerwasser ein und sammeln wichtige Messgrößen wie Temperatur, Salzgehalt und Algenkonzentration – und zwar kontinuierlich über längere Zeiträume. Mit dem institutseigenen Forschungsschiff „Ludwig Prandtl“ sind die Forscher in den Küstengewässern der Nord- und Ostsee unterwegs, denn durch den geringen Tiefgang von nur 1,70 Metern ist das Schiff für diesen Einsatz prädestiniert.



Die Proben werden im Labor untersucht.





30

MEHR ERFAHREN

Hören Sie im Interview mehr Informationen
über Küsten-Messsysteme und
Modellierungen.

www.hzg.de/kuestenforschung

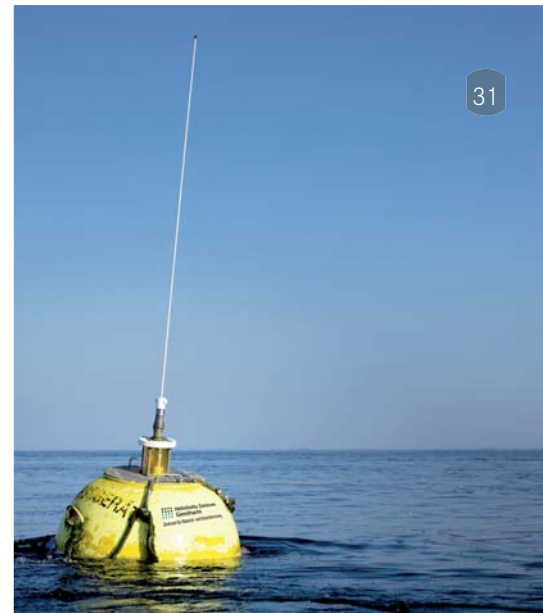
Das Forschungsschiff Ludwig Prandtl ist für die Küstenforscher im Einsatz.

AUSGEFEILTE RECHNERSIMULATIONEN SCHAUEN IN DIE ZUKUNFT

DAS GESAMTSYSTEM IM BLICK

Um die vielfältigen Wechselbeziehungen zu verstehen, bilden sie die HZG-Forscher auf Großrechnern mit Computersimulationen nach. Das Ziel: ein möglichst detailliertes und aussagekräftiges Modell des Gesamtsystems Küste.

Basis für diese virtuellen Modelle sind grundlegende physikalische Prinzipien und daraus abgeleitete Bewegungsgleichungen. Sie beschreiben unter anderem die Dynamik von Ozeanzirkulation oder von Luftströmungen in der Atmosphäre. Die Modellierung hat das Gesamtsystem im Blick, das von den Flusseinzugsgebieten über die Randmeere bis zu den Ozeanrändern reicht und sowohl die Meere als auch die Atmosphäre einschließt. Beobachtungsdaten, gewonnen etwa durch das Küsten-Messnetz COSYNA, tragen zur Verbesserung der Modellergebnisse bei und können mithilfe von mathematischen Methoden in die Berechnung eingehen. Auch der Mensch hat einen stetig wachsenden Einfluss auf das Geschehen: Er betreibt Fischerei, baut Windparks in die See und belastet die Küsten mit Schadstoffen.



Wellenmessbojen in Nord- und Ostsee sind fest im

Realitätsnahe Szenarien

Manche der Modelle erlauben fundierte Prognosen. Ein Beispiel sind Voraussagen darüber, wie sich die Meeresströmungen in der Deutschen Bucht kurzfristig entwickeln werden. Für die Schifffahrt liefern sie wichtige Informationen: Sollte zum Beispiel eine Person über Bord gehen, kann man mithilfe der Simulationen abschätzen, wohin die Strömungen den Verunglückten treiben. Bei einer Ölhavarie lässt sich angeben, in welche Richtung sich der Ölteppich bewegt und ob Wattgebiete oder Inseln bedroht sind.

Mit anderen Modellen lassen sich längerfristige Szenarien erstellen, insbesondere im Zusammenhang mit dem Klimawandel: Könnten in den nächsten Jahrzehnten Stürme in unseren Breiten durch den menschengemachten Klimawandel heftiger und stärker werden? Wie sehr könnte der Meeresspiegel in bestimmten Regionen steigen, welche Küstenregionen dürften am stärksten gefährdet sein? Bereits heute erteilt das Norddeutsche Klimabüro über seine Produkte Informationen zu möglichen Klimaänderungen und deren Auswirkungen im Norden Deutschlands.

Ebenfalls mithilfe von Rechnersimulationen versuchen die Experten abzuschätzen, inwieweit die Türme von Offshore-Windparks das Wasser in ihrer Umgebung so stark vermischen, dass sich die Strömungsverhältnisse in der Nordsee ändern. Zwar sind Aussagen wie diese stets mit einigen Unsicherheiten behaftet. Doch die HZG-Forscher bemühen sich, diese Unwägbarkeiten immer weiter zu minimieren – zum einen durch verbesserte Rechenmodelle, zum anderen durch ein tieferes Verständnis der komplexen, miteinander gekoppelten Prozesse.

Eng verzahnt

Ferner dienen die Simulationen dazu, in die Vergangenheit zu schauen, um für die Zukunft zu lernen. Über die Nordsee liegen Messdaten aus mehr als 150 Jahren vor. Daraus lassen sich Statistiken ermitteln, wie sich bestimmte Wetter- oder Strömungsbedingungen ausbilden. Entsprechende Modelle sind in einem Datensatz namens „coastDat“ zusammengefasst und dienen als wichtige Grundlage etwa für die Planung von neuen Offshore-Windparks: In welchen Monaten ist das Wetter am günstigsten, um die Windräder zu warten?

Um das System Küste möglichst umfassend zu verstehen, ist das Institut für Küstenforschung vielfältige Kooperationen mit nationalen und internationalen Forschungspartnern eingegangen. Unter anderem ist es am Klima-Exzellenzcluster beteiligt und arbeitet im Rahmen des Netzwerks „KlimaCampus Hamburg“ eng mit Behörden, Hochschulen und Forschungseinrichtungen zusammen, beispielsweise dem Max-Planck-Institut für Meteorologie sowie der Universität Hamburg. Auch hinter dem vom HZG koordinierten Küsten-Messnetz COSYNA steckt eine breit angelegte Kooperation: Beteiligt sind unter anderem das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), das Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) sowie mehrere Landesämter und Institute der Universitäten Bremen, Oldenburg und Kiel. Alles in allem arbeiten mehr als 100 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen für COSYNA.

MODELLIERUNG

FÜR DEN MENSCHEN
UND SEINEN LEBENSRAUM
VON MORGEN





MEHR LESEN

Im Weblog der Küstenforscher
lesen Sie aktuelle Berichte.
www.hzg.de/blog

WIE SICH UMWELTGIFTE AN DEN KÜSTEN VERTEILEN

SCHADSTOFF-DETEKTIVE DES OZEANS

Welche biochemischen Prozesse spielen sich im Küstenbereich ab, und wie groß ist die Gefährdung durch Schadstoffe? Um diese Fragen zu beantworten, nehmen die Forscher des Helmholtz-Zentrums Geesthacht Wasser-, Boden- und Luftproben, analysieren sie mit modernsten Nachweistechiken und kombinieren sie mit detaillierten Computerberechnungen.

Manche Schadstoffe etwa aus Imprägnier- oder Flammschutzmitteln sind überaus langlebig und reichern sich in den marinen Nahrungsketten an. Offen ist, über welche Wege sie in die Umwelt gelangen und wie giftig sie für Lebewesen sind. Ähnliches gilt für die Ersatzstoffe von verbotenen Substanzen. Die HZG-Forscher nutzen die „Coastal Chemistry Platform“, um nach solchen Schadstoffen zu fahnden, mögliche Quellen und Ausbreitungswege zu rekonstruieren und potenzielle Problemzonen zu definieren.

Mysteriöser Meeresboden

Eine besondere Rolle spielt der Meeresboden. Er bildet das „Gedächtnis des Meeres“ und fungiert als Archiv längst vergangener Umweltbedingungen. Gleichzeitig bietet der Meeresboden Lebensraum für zahllose Pflanzen und Tiere, kann aber auch Schadstoffe anreichern und speichern. Für manche Substanzen wirken die Sedimente dabei als eine Art Klärwerk.

Um diese Prozesse besser zu verstehen, untersuchen die HZG-Küstenforscher den detaillierten Aufbau der Meeressedimente. Dazu nehmen sie Bodenproben oder setzen „Lander“ am Meeresgrund ab – schrankgroße Metallgestelle voller Messtechnik, die eine Zeit lang am Grund bleiben.

Die Proben werden in den gut ausgestatteten Labors des HZG analysiert, die externen Forschern offenstehen, insbesondere Experten aus den Universitäten. Gebündelt werden die wissenschaftlichen Ergebnisse im marinen Datenportal „coastMap“. Es bietet einen stets aktuellen Überblick über den physikalischen, biogeochemischen und biologischen Zustand des Meeresbodens.

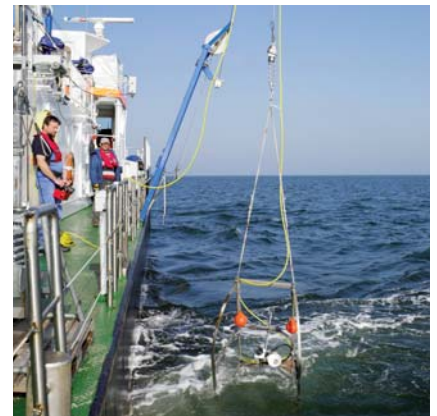
Sedimente als Klärwerke

Relevant sind auch jene Nährstoffe, die aus der landwirtschaftlichen Düngung freigesetzt und über die Flüsse ins Meer geschwemmt werden. Hier untersuchen die Experten, welche Mengen an Nährstoffen der Meeresboden aufnehmen und dank seiner Klärwirkung entschärfen kann. Sie schätzen ab, ob ein überreiches Nährstoffangebot Algenblüten verursacht und inwieweit die Schleppnetzfischerei die Klärwirkung des Meeresgrunds beeinträchtigt.

Ferner untersuchen die Wissenschaftler, inwieweit extreme Ereignisse den Grund aufwühlen und dadurch jene Nähr- und Schadstoffe freisetzen, die im Sediment gespeichert waren. Und sie studieren mögliche Folgen einer weiteren Vertiefung der Elbe: Droht unter Umständen eine Verschlickung der Flussmündung, und könnten in manchen Gebieten sauerstofffreie Zonen auftreten, zum Beispiel im Hamburger Hafen?



35



Ein Videoschlitten liefert Bilder zur Typografie des Meeresbodens.



FILM ANSCHAUEN

Erleben Sie den Film „Uhrwerk Ozean“ auf
Ihrem PC, Smartphone oder Tablet in 360 Grad
www.uhrwerk-ozean.de

IN AUFWÄNDIGEN MESSKAMPAGNEN
NEHMEN HZG-FORSCHER WIRBEL
INS VISIER

UHRWERK OZEAN

Seit kurzem erst hat sie die Forschung auf der Agenda – kleine Ozeanwirbel, die einige hundert Meter bis ein paar Kilometer groß sind und die ebenso unvermittelt auf den Weltmeeren auftauchen wie sie wieder verschwinden. Für Meeresströmungen, Nährstoffkreisläufe, Klima und Algenwachstum könnten diese Wirbel eine entscheidende Rolle spielen. Deshalb nehmen sie Fachleute vom Institut für Küstenforschung jetzt genauer unter die Lupe.

Bekannt sind die großen Ozeanzirkulationen wie der mehrere tausend Kilometer lange Golfstrom. Wo seine Strömung besonders stark ist, wird die Zirkulation instabil – es lösen sich kleinere Wirbel ab, von denen sich dann wieder kleinere Wirbel ablösen. Diese besitzen einen Durchmesser von höchstens zehn Kilometern und sind ausgesprochen kurzlebig: Meist haben sie sich nach einem halben Tag wieder aufgelöst.

Auf ihre Umgebung scheinen sie einen beträchtlichen Einfluss zu haben: Diese „submesoskaligen“ Wirbel rühren das Gebiet kräftig durch und schaufeln beträchtliche Mengen an Nährstoffen und Mikroorganismen an die Oberfläche. Erste, noch vorläufige Studien lassen vermuten, dass diese kleinen, aber offenbar sehr häufigen Wirbel durch ihren Rühreffekt zur Hälfte der jährlichen Planktonproduktion beitragen – und damit zu rund einem Viertel der globalen Sauerstoffproduktion!

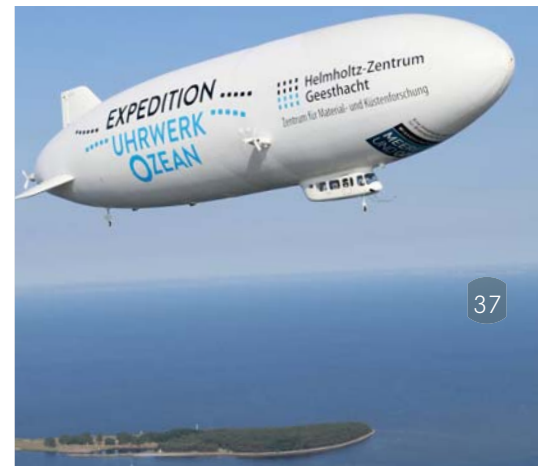
Über allem wacht der Zeppelin

Um das Phänomen genauer zu erforschen, haben HZG-Wissenschaftler zahlreiche Mess- und Beobachtungsgeräte im Einsatz. Da die Wirbel nur für einige Stunden existieren, kommt es auf Geschwindigkeit an – und auf die geschickte Verknüpfung verschiedener Messvehikel. Zunächst fliegen ein Flugzeug und ein Zeppelin eine bestimmte Meeresregion ab und suchen mit Wärmebildkameras, im Untersuchungsgebiet nach den Wirbeln.

Ist ein Ozeanwirbel gefunden, schwärmt eine Flotte von Schiffen und Schnellbooten aus. Die Boote ziehen Schleppketten durch den Wirbel, die mit Sensoren gespickt sind und zum Beispiel Wassertemperaturen und Salzgehalt erfassen. Die Schiffe setzen Tauchroboter aus, die das Geschehen unter der Oberfläche inspizieren. Über allem schwebt ein Zeppelin, der Luftaufnahmen macht und die Messkampagne von oben koordiniert.

Ein Mikroskop für den Ozean

Mit diesen konzertierten Aktionen können die Forscher einen Wirbel mit einer Genauigkeit von einem Meter untersuchen – quasi ein ozeanografisches Mikroskop. Damit ist das Helmholtz-Zentrum Geesthacht das weltweit führende Institut, was die Beobachtung dieser kleinen Ozeanwirbel angeht.



37



Oben: Der Forschungszeppelin auf dem Weg in Richtung freie Ostsee, um Meereswirbel zu untersuchen.

Unten: Die Wissenschaftler in der Passagiergondel des Zeppelins kontrollieren die Daten der Spezialkamera.



MEHR ERFAHREN

Lesen Sie mehr auf der Webseite
des Climate Service Center Germany
www.gerics.de

DAS CLIMATE SERVICE CENTER GERMANY
UNTERSTÜTZT BEI DER ANPASSUNG AN
DEN KLIMAWANDEL

IDEENSCHMIEDE FÜR KLIMADIENSTLEISTUNGEN

Seit Beginn der Industrialisierung stieg die globale Temperatur um circa ein Grad an, der Klimawandel ist in vollem Gange. Wie stark er sich in Zukunft auswirkt, hängt vor allem davon ab, inwieweit die Menschheit die Treibhausgasemissionen senken wird und ob die vereinbarte Zwei-Grad-Obergrenze eingehalten werden kann. Doch fest steht: Aufzuhalten ist der Klimawandel nicht. Wir werden uns auf die Folgen einstellen und an diese anpassen müssen.

Für Politik, Verwaltungen und Unternehmen stehen dabei konkrete Fragestellungen an: Inwieweit muss sich eine Stadt mit ihrem Regenwassermanagement auf künftige Starkregen-Ereignisse einstellen? Wie kann eine klimaangepasste Stadtentwicklung aussehen? Wie können Unternehmen die Auswirkungen des Klimawandels zukünftig im Rahmen ihrer Planungsprozesse mit berücksichtigen? Wie wirken sich diese Auswirkungen auf zunehmend global vernetzte Lieferketten aus?

Diese Fragen spiegeln exemplarisch den aktuellen Informationsbedarf von Entscheidern zum Klimawandel sowie zu dessen Auswirkungen wider.

Das Climate Service Center Germany, kurz GERICS, fungiert als Ideenschmiede, um diesem Bedarf zu begegnen. Es schafft neue Prototypen für Klimadienstleistungen und arbeitet in enger Kooperation mit der Wissenschaft und mit Praxispartnern aus Politik, Wirtschaft und Verwaltungen. GERICS fördert aktiv die Vernetzung dieser Akteure untereinander.

GERICS entwickelt wissenschaftlich fundiert prototypische Produkte und Dienstleistungen, um Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bei der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Zurzeit liegt der Schwerpunkt der unterstützenden Aktivitäten auf den Bereichen Wasser, Energie, Ökosysteme sowie Städte.

Für Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel werden hochaufgelöste Informationen zum Klimawandel benötigt. GERICS ist an der Entwicklung von Modellen und Methoden beteiligt, um lokale Klimawandelinformationen bereitstellen zu können.

Nutzerbedarf berücksichtigen

Anpassungsmaßnahmen müssen sich stets an den spezifischen Gegebenheiten vor Ort orientieren: Eine Gemeinde an der Küste steht vor anderen Problemen als eine Kommune in den Bergen. Um passgenaue Lösungen für den individuellen Bedarf an Klimainformationen zu entwickeln, arbeiten die GERICS-Fachleute eng mit den jeweiligen Nutzern zusammen.

Unter anderem entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Climate-Fact-Sheets. Diese stellen in kompakter Form wesentliche Informationen zu Klima und Klimawandel für Länder, Regionen, Klimazonen und Produktionsstandorte bereit.

Integration des Themas Klimawandel in Entwicklungsstrategien

Außerdem arbeiten die GERICS-Fachleute an modularen Beratungsbaukästen. Die Beratungsmodule zur Integration des Themas Klimawandel in Entwicklungsstrategien für Städte und Unternehmen sind praxisorientiert und können nach dem Baukastenprinzip individuell und nutzerspezifisch zusammengestellt werden.

Der „Stadtbakasten“ unterstützt Städte und Gemeinden bei der Entwicklung und Umsetzung von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Dabei werden auch Aspekte des Klimaschutzes gleichermaßen mit einbezogen.

Es existiert eine Schnittstelle zum „Unternehmensbakasten“. Dieser richtet sich gezielt an Entscheidungsträger in Unternehmen, um in den mittel- und langfristigen Unternehmensstrategien die Chancen und Risiken des Klimawandels berücksichtigen zu können.

GERICS

FÜR DEN MENSCHEN
UND SEINEN LEBENSRAUM
VON MORGEN



Gesund bleiben und Lebensqualität sichern

Neue Materialien und Verfahren für
die Medizintechnik

42



BIOMATERIALIEN

FÜR DEN MENSCHEN
UND SEINEN LEBENSRAUM
VON MORGEN

NEUE BIOMATERIALIEN FÜR DIE MEDIZIN

Unser Gesundheitswesen steht vor einigen Herausforderungen. So mehrt sich die Zahl der Hochbetagten, die eine intensivere medizinische Versorgung und Pflege benötigen. Auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden häufiger, die Gründe liegen meist in mangelnder Bewegung und einer ungesunden, fettreichen Ernährung. Gleichzeitig verzeichnen Ärzte immer mehr Knorpel- und Knochenschäden, unter anderem verursacht durch Unfälle oder übertrieben oder falsch ausgeübten Sport. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, arbeitet das Helmholtz-Zentrum Geesthacht an einer neuen Generation von Biomaterialien – an Implantaten, die aktiv den Wiederaufbau von Geweben unterstützen, gezielt Medikamente freisetzen und sich nach getaner Arbeit im Körper auflösen.

Als Biomaterialien bezeichnet man Werkstoffe, die in den Körper eingesetzt werden, um dort die körpereigene Regeneration zu unterstützen oder wichtige Funktionen zu übernehmen. Prominente Beispiele sind Herzklappen oder Gefäßstützen für Blutgefäße, sogenannte Stents. Doch nicht alle diese Implantate müssen dauerhaft im Körper verbleiben. Es gibt Fälle, bei denen Schrauben, Nägel oder Platten, die einen Knochen nach einem Bruch fixierten, operativ wieder entfernt werden. Ähnlich liegt die Situation bei Biomaterialsystemen zur Wirkstofffreisetzung zum Beispiel von Hormonen. Ist die Stelle verheilt oder der Wirkstoff ist aus dem Depot freigesetzt, sind die Implantate oft obsolet und verursachen womöglich Komplikationen.



DAS HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT ENTWICKELT IMPLANTATE, DIE THERAPIEN VERBESSERN UND OPERATIONEN ÜBERFLÜSSIG MACHEN

Im Fokus: Kunststoffe und Metalle

Um Abhilfe zu schaffen, setzen die HZG-Forscher auf eine innovative Strategie: Sie arbeiten an Implantaten aus abbaubaren Materialien, die sich nach erfüllter Funktion von selbst auflösen. Der Institutsteil „Metallische Biomaterialien“ in Geesthacht widmet sich dem Metall Magnesium – dem wohl aussichtsreichsten Kandidaten für Schrauben und Nägel, die einen Knochen nach einem Bruch stützen und sich nach der Heilung langsam abbauen.

Das Institut für Biomaterialforschung in Teltow bei Berlin befasst sich mit innovativen Kunststoffen, sogenannten Polymeren. Hier geht es unter anderem um Gele, die defekte Gewebe regenerieren. Entwickelt werden auch Polymere, die ein Medikament gezielt an seinem Wirkungsort freisetzen, und zwar stetig über Wochen und Monate hinweg.

Die Arbeiten sind ebenso vielseitig wie anspruchsvoll – und benötigen interdisziplinär agierende Teams aus Physikern, Biologen, Chemikern, Medizinerinnen und Ingenieuren. Oft müssen die Experten ganz neue Produktionsverfahren für ihre Materialien und Formkörper entwickeln. Diese neuen Materialien werden anschließend genauestens getestet. Nur so lässt sich deren Verhalten fundiert verstehen und realitätsnah modellieren.

Parallel entwerfen die Fachleute innovative Designs für neuartige Implantate. Diese werden in ausgiebigen Messreihen getestet – zunächst unter Bedingungen, die den Verhältnissen im Körper entsprechen, dann mit lebenden Zellkulturen. Nur bei den besonders aussichtsreichen Systemen kann eine präklinische Studie im Tiermodell folgen – ein notwendiger Probelauf, bevor man ein neues Implantat im Menschen einsetzen kann.

Die Entwicklung innovativer Biomaterialien benötigt komplexe Prozessketten, die das Helmholtz-Zentrum Geesthacht weitgehend abdeckt: Von der Materialherstellung über ausgiebige Prüf- und Messmethoden bis teilweise hin zum Implantatdesign findet sich in Geesthacht und Teltow alles unter einem Dach. Hinzu kommen Kooperationen mit etablierten Partnern insbesondere aus der Medizin: Um die Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung in die Praxis zu überführen, arbeiten die HZG-Forscher im Rahmen von virtuellen Instituten und Gemeinschaftseinrichtungen eng mit Universitätskliniken zusammen.



FILM ANSCHAUEN

Der Film „Biomaterialien für die Medizin“ zeigt die neuen Materialien für die Medizintechnik.
www.hzg.de/biomaterialscience

EINE NEUE GENERATION VON
KUNSTSTOFFEN BILDET DIE BASIS
FÜR SCHONENDE IMPLANTATE

POLYMERBASIERTE BIOMATERIALIEN

Kunststoffe werden in der Medizin seit langem verwendet – zum Beispiel als engmaschige Netze, die das Gewebe nach einem Leistenbruch stabilisieren. Doch nur selten sind sie gezielt für den Einsatz im Körper entwickelt worden – in der Regel werden Polymere benutzt, die man einst für ganz andere Zwecke entworfen hatte. Eine prominente Ausnahme sind Nähte, die man nach Verheilen einer Wunde nicht mehr ziehen muss, weil sie sich von selbst auflösen. Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht entwickelt in seinem Institut für Biomaterialforschung in Teltow neuartige Polymere für die Medizin, insbesondere für Implantate. Sie sollen künftig dabei helfen, Gewebe gezielt zu regenerieren, verengte Herzgefäße zu weiten und Medikamente wohldosiert über längere Zeiträume freizusetzen.

Gelschwamm als Anschub

Ein Beispiel ist die Entwicklung eines künstlichen Gelschwamms, der die Bildung von Knochengewebe begünstigen kann. Ausgangspunkt ist das Biopolymer Gelatine, ein natürlicher Bestandteil des Körpers. Zum einen enthält dieses Nanostrukturen, die es knochenbildenden Zellen ermöglichen, gezielt an der Gelatine anzudocken. Zum anderen kann sie problemlos vom Körper abgebaut werden, wobei die Abbauprodukte sogar den Regenerationsprozess zu stimulieren scheinen.

Allerdings ist das Biopolymer ein schwieriger Werkstoff. Gummibärchen, die zum großen Teil aus Gelatine bestehen, können im Wasser auf ein Vielfaches ihrer Größe aufquellen – eine höchst unerwünschte Eigenschaft für ein Implantat. Deshalb mussten die Wissenschaftler spezielle Aufschäumverfahren entwickeln, welche die Gelatine in eine stabile Form bringen. Dabei sollte sich zugleich eine innere Struktur bilden, die erste Zellen, sogenannte Vorläuferzellen, anlockt und diese dazu bringt, den gewünschten Gewebetyp aufzubauen.

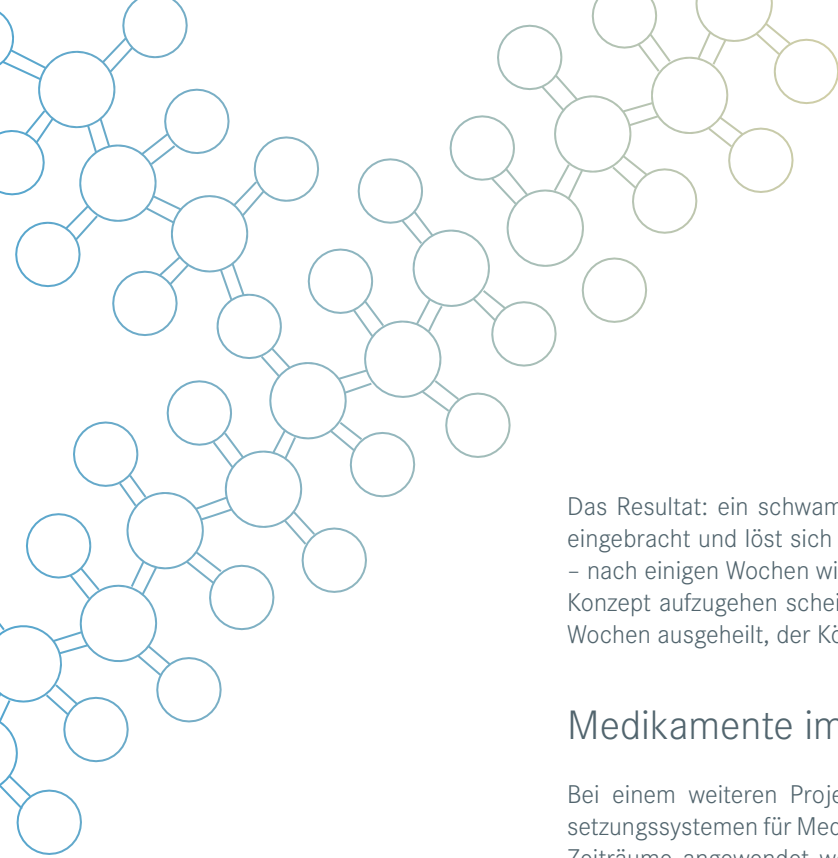
Mikroskopische Aufnahme eines durch Aufschäumen aus Gelatine hergestellten Gelschwamms: ArcGel



47



Auch am Lichtmikroskop werden die Proben überprüft.



Das Resultat: ein schwammartiges, offenporiges Gel. Es wird in defektes Gewebe eingebracht und löst sich – nachdem es seine Funktion als Anschubhilfe erfüllt hat – nach einigen Wochen wieder auf. Versuche im Tiermodell haben gezeigt, dass das Konzept aufzugehen scheint: In einer Ratte war ein Knochendefekt binnen weniger Wochen ausgeheilt, der Körper hatte das Material gut vertragen.

Medikamente im Körper freisetzen

Bei einem weiteren Projekt forschen die Teltower Experten an neuartigen Freisetzungssystemen für Medikamente. Viele Arzneien müssen regelmäßig über längere Zeiträume angewendet werden. Doch das Schlucken von Tabletten hilft zuweilen wenig – es kommt schlicht zu wenig Dosis am eigentlichen Wirkungsort an. Für diese Fälle setzen die Forscher auf eine andere Strategie: Sie verpacken größere Mengen eines Wirkstoffs in kleine Polymerkügelchen. Diese werden in unmittelbarer Nähe des Wirkungsortes deponiert, um dort das Medikament nach und nach freizugeben: Entweder zersetzt sich das Polymer im Laufe der Zeit, oder der Wirkstoff kann allmählich durch das Polymer diffundieren, quasi hindurchsickern.

Konkret arbeiten die HZG-Forscher im Rahmen eines Sonderforschungsbereichs daran, Wirkstoffe in Haarfollikel einzubringen. Haarfollikel sind kleine Hautkanäle, in denen Haare wachsen und die sich entzünden können. Konventionelle Heilsalben erzielen nicht immer den gewünschten Erfolg, manchmal hält ihre Wirkung nicht lange genug an. Deshalb entwickeln die Fachleute in Teltow neuartige Polymerpartikel, die sich für längere Zeit in den Haarfollikeln festsetzen und dabei langsam, aber stetig einen entzündungshemmenden Wirkstoff abgeben – was die Heilung deutlich beschleunigen dürfte.

Kardiovaskuläre Implantate aus Kunststoff

Die Beschaffenheit des Materials ist auch für andere Forschungsfelder wichtig – wie zum Beispiel für die Entwicklung kardiovaskulärer Implantate: Muss eine Herzklappe ersetzt werden, war dafür bis vor einiger Zeit ein aufwendiger Eingriff nötig: Der Chirurg musste den Brustkorb öffnen und die neue Herzklappe einnähen. Seit einigen Jahren gibt es eine schonendere, weil minimalinvasive Alternative: Bei dieser schieben die Ärzte ein zusammengefaltetes Implantat mit einem Katheter über die Blutgefäße zum Herzen. Am Ziel wird das Implantat entfaltet und verankert, sodass es seine Funktion ausüben kann.

Für diese Implantate arbeiten die HZG-Experten an Formgedächtnismaterialien aus Kunststoff, die als Gefäßstützen (Stents) künftig Einsatz finden sollen, um zum Beispiel Blutgefäße offen zu halten. Derzeit untersuchen Wissenschaftler, wie verträglich die Polymere für diesen Einsatzzweck sind und wie das Design aussehen sollte. Erste Prototypen haben sie bereits entwickelt.

Biomaterialien in klinischer Praxis

Biomaterialien anzuwenden setzt deren Reinheit und Verträglichkeit voraus. Eine Herausforderung besteht darin, größere Mengen eines neuen Polymers in hochreiner, steriler Form herzustellen. In Teltow kann dank Technologien wie Upscaling-Verfahren und zertifizierten Reinräumen nach den Richtlinien der Qualitätssicherung synthetisiert und verarbeitet werden.

Ferner müssen die Materialien auf Biokompatibilität getestet werden, um rechtzeitig zu erkennen, ob eine neue Substanz schädlich oder sogar giftig ist. Die HZG-Wissenschaftler untersuchen hierzu die biologischen Umgebungen auf Wechselwirkungen zwischen Zellen und Material mit dem Ziel, die Natur ein Stück weit nachzubilden. Um die Grundlagenforschung so schnell wie möglich in die klinische Anwendung zu bringen, müssen die Kompetenzen aus den Bereichen Materialwissenschaften, Chemie, Biologie, Physik, Ingenieurwesen und Medizin gebündelt werden.

Eine wichtige Partnereinrichtung ist das Berlin-Brandenburgische Centrum für Regenerative Therapien (BCRT). Ein gemeinsames Translationszentrum der Charité-Universitätsmedizin Berlin und des Helmholtz-Zentrums Geesthacht. Hier beraten BCRT-

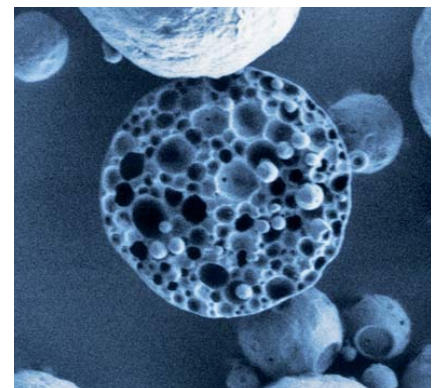
Mitarbeiter die Forschungsgruppen frühzeitig und begleiten sie kontinuierlich von der Geschäftsentwicklung über regulatorische Fragen bis hin zur Gesundheitsökonomie. Somit können Ergebnisse aus der Grundlagenforschung schnell in die Praxis zu überführt werden.

Verschließen durch Handauflegen

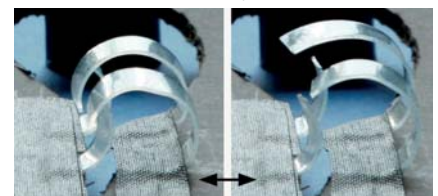
Doch die Formgedächtniskunststoffe eignen sich auch für den Einsatz außerhalb des Körpers. So haben die Fachleute ein Polymer entwickelt, das seine Form ändert, wenn zwischen Zimmer- und Körpertemperatur gewechselt wird. Der neue Werkstoff könnte durch seine Fähigkeit des Hin- und Herschaltens für eine originelle Anwendung taugen – einen Mechanismus, mit dem sich Schuhverschlüsse derart einfach auf- und zumachen ließen, dass sie auch von älteren Menschen leicht zu bedienen wären: Statt eines Klettverschlusses würde der Schuh eine Art Kunststoffschnalle besitzen, die sich bei 20 Grad Celsius zusammenkrümmt und bei 37 Grad Celsius entspannt. Durch Handauflegen ließe sich der Schuh öffnen, beim Wegnehmen der Hand würde er sich elegant schließen. Dass dieses Prinzip zuverlässig funktioniert, konnten die Forscher bereits an einem Demonstrator zeigen.



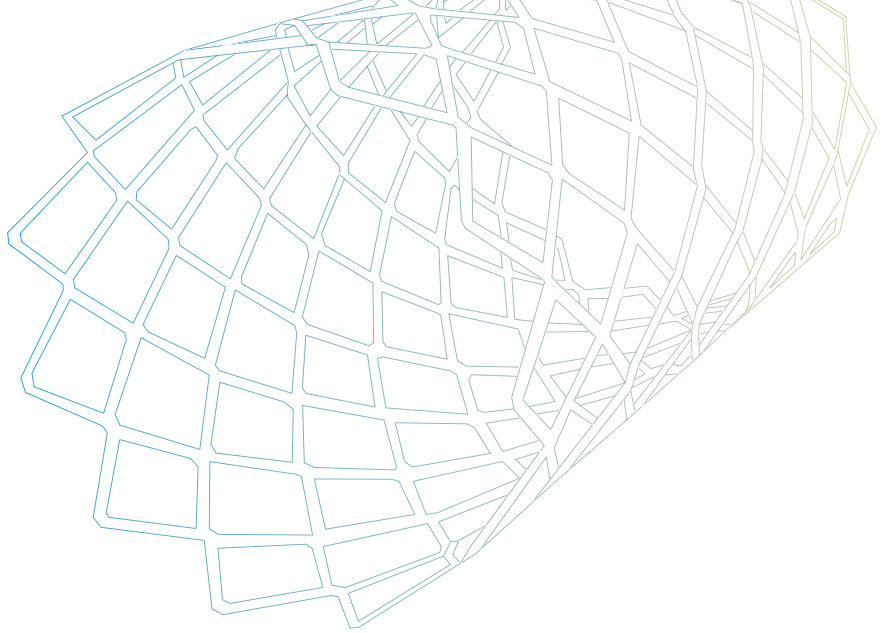
Eine In-vitro-Testung im Labor



Mikropartikeläre Trägersysteme mit poröser innerer Struktur können bioaktive Substanzen einkapseln.



Der Kunststoff-Verschluss bei 20°C und 37°C



METALLISCHE BIOMATERIALIEN

Knochenbrüche heilen nicht immer so, wie man es sich wünscht. Dann müssen die Ärzte nachhelfen: Sie fixieren den lädierten Knochen mit Schrauben, Nägeln oder Platten, damit er richtig zusammenwachsen kann. Bislang bestehen diese Implantate aus Edelstahl oder Titan. Doch ist der Knochen verheilt, können sie stören, etwa als potenzieller Infektionsherd. Deshalb werden die Implantate manchmal wieder entfernt. Für den Patienten bedeutet das eine zusätzliche Operation – inklusive Krankenhausaufenthalt, potenziellen Schmerzen und Arbeitsausfall.

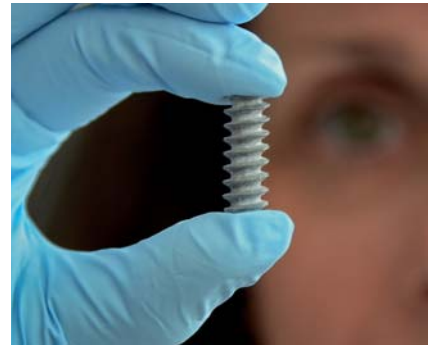
50

Aus diesem Grund arbeiten Forscher am Institutsteil „Metallische Biomaterialien“ in Geesthacht an Implantaten, die sich von selbst im Körper auflösen, sobald die Knochen wieder zusammengewachsen sind. Das erspart den Patienten einen neuerlichen belastenden Eingriff. Und sollte derselbe Knochen zu einem späteren Zeitpunkt ein zweites Mal brechen, könnten ihn Ärzte ganz normal behandeln – die Stelle hat sich in der Zwischenzeit komplett regeneriert.

Ein vielversprechender Kandidat für sich auflösende Implantate ist das Leichtmetall Magnesium. Zum einen ist es fest genug, um als Schraube einen beschädigten Knochen zu fixieren. Zum anderen wird es durch Körperflüssigkeiten und das Immunsystem im Laufe der Zeit zersetzt und löst sich allmählich auf. Für den Körper ist Magnesium kein Fremdstoff: Jeder Mensch hat natürlicherweise rund 25 Gramm davon in sich, den Großteil davon als wichtigen Mineralstoff in den Knochen. Gleichzeitig besitzt der Organismus die Fähigkeit, ein Zuviel an Magnesium effizient abzubauen. Und: Bereits seit vielen Jahren ist das Leichtmetall als Nahrungsergänzungsmittel zugelassen – wie man in jedem Drogeriemarkt sehen kann.



Stent und Schraube werden aus dem abbaubaren Biomaterial Magnesium entwickelt.



NEUARTIGE KNOCHENSCHRAUBEN
AUS MAGNESIUM SOLLEN SICH IM
KÖRPER AUFLÖSEN, NACHDEM DER
BRUCH VERHEILT IST



MEHR ERFAHREN

Hören Sie im Interview mehr zu den
Magnesium-Implantaten
www.hzg.de/metallische_biomaterialien

BESONDERS FÜR KINDER WÄHREND
DES WACHSTUMS EIN VORTEIL:
SELBSTAUFLÖSENDE IMPLANTATE

DIE (BEI-)MISCHUNG MACHT'S

Seit 2013 bietet die Medizinische Hochschule Hannover eine Methode zur Behandlung des Hammer- oder Ballenzehs (Hallux valgus) an, einer oft schmerzhaften Verformung eines Zehenknochens. Bei dem Eingriff wird der Knochen neu geformt und mit einer Magnesiumschraube in seiner Position fixiert. Allerdings eignen sich diese Schrauben nur für leichte bis mittelschwere Verformungen und scheinen sich relativ langsam abzubauen. Wünschenswert wären Systeme, die auch für schwerwiegendere Knochenerkrankungen einsetzbar sind und sich nach der Heilung schnell auflösen.

Um solch stabile, aber abbaubare Implantate zu entwickeln, hat das Helmholtz-Zentrum Geesthacht eine umfassende Prozess- und Prüfkette aufgebaut. Reines Magnesium eignet sich kaum für die Implantate. Deshalb mischen ihm die Forscher andere Stoffe bei, wie geringe Anteile der Elemente Gadolinium oder Yttrium. Durch diese Legierungszusätze lassen sich die Materialeigenschaften gezielt einstellen: Wie stabil ist das Implantat, und wie lange dauert es, bis es sich im Körper zersetzt hat? Andere Beimengungen könnten einen Effekt auf den Organismus haben: Silber wirkt antibakteriell, Kalzium unterstützt den Knochenaufbau.



Im Labor lassen sich Testreihen mit Magnesium durchführen.

Magnesium im Dauertest

Um die Werkstücke herzustellen, werden die Prototypen aus Magnesiumstangen oder -blechen herausgefräst. Alternativ dazu vermengen die Experten feine Pulverteilchen mit einem Kunststoff zu einer Art Knetmasse, die sie dann in eine Form spritzen und anschließend in Spezialöfen „sintern“. Dabei backen die Pulverteilchen fest zusammen und bilden das gewünschte Bauteil, etwa eine Schraube. Mit diesen neuen, pulvermetallurgischen Verfahren lassen sich die Prototypen ressourcenschonend produzieren – es gibt kaum Produktionsabfall.

Ist das Bauteil fertig, werden die Eigenschaften der Legierungen auf Herz und Nieren gecheckt. Prüfmaschinen belasten die Prototypen und messen Größen wie Härte und Festigkeit. Eigens entwickelte Spezialverfahren stellen fest, wie sich das Material in Umgebungen ähnlich denen zersetzt, wie sie im Körper herrschen – in Nährlösungen mit Salzen, Vitaminen und Proteinen und bei Temperaturen von 37 Grad Celsius.

Materialsysteme, die sich in den Versuchsreihen bewähren, werden weiter erforscht. Es folgen ausgiebige Tests mit lebenden Zellkulturen. Hierbei erkunden die Experten, wie wohl sich die Zellen im Kontakt mit der Legierung fühlen, wie gut sie gedeihen und inwieweit das sich zersetzende Magnesium den Stoffwechsel verändert. Die überraschende Erkenntnis: Während die Zellen in den Einzeltests relativ sensibel auf hohe Magnesiumkonzentrationen reagieren, sind sie in Gemeinschaft deutlich unempfindlicher. Die Zellen scheinen sich untereinander abzustimmen und eine gemeinsame Reaktion auf das Material zu entwickeln.

Dichtes Mediziner Netzwerk

Einige wenige Legierungen, die in den Augen der Forscher am interessantesten sind, werden schließlich auch im Tiermodell studiert, in Versuchen mit Ratten und Mäusen. Um möglichst viele Daten aus möglichst wenigen Tierversuchen zu gewinnen, setzten die Wissenschaftler eine Vielzahl an modernen Analyseverfahren ein – von Computertomografen und MRT-Scannern bis hin zur detaillierten Untersuchung von Gewebeschnitten und Knochenproben. Dazu arbeiten sie eng zusammen mit verschiedenen Universitätskrankenhäusern – etwa im Rahmen des „Molecular Imaging North Competence Center“ (MOIN CC) in Kiel oder des virtuellen Instituts „MetBio-Mat“, an dem die Unikliniken Hamburg, Hannover und Graz beteiligt sind.

Die bisherigen Resultate sind vielversprechend. Doch bevor sie die neuen Materialien zum Einsatz bringen, müssen die Wissenschaftler die hochkomplexen Prozesse und Mechanismen fundiert verstehen: Wie im Detail reagiert das Immunsystem auf bestimmte Legierungen? Inwieweit kann das freigesetzte Magnesium die Knochenbildung sogar fördern? Je genauer sich diese Fragen beantworten lassen, umso besser die Chance, das Idealziel zu erreichen: Implantate, die sich zügig auflösen – aber erst, wenn der Knochen komplett geheilt ist.



Das Material wird im Labor zahlreichen Prüfreihen unterzogen.



Der Prototyp einer Knochenschraube
aus Magnesium

FORSCHEN UND ARBEITEN IM HZG



Der Hauptsitz des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung (HZG), liegt im Süden von Schleswig-Holstein in Geesthacht direkt an der Elbe. Auf rund sechs Quadratkilometern verteilen sich mehr als 50 kleinere und größere Gebäude für die zahlreichen Labore, Werkhallen und Büros. In Geesthacht und an dem Standort in Teltow, nahe Potsdam, sowie an den Außenstellen in Hamburg und München bietet das Zentrum seinen rund 950 Beschäftigten aus etwa 50 Nationen ein modernes und internationales Arbeitsumfeld.

Das Forschungszentrum wurde bereits 1956 gegründet und ist heute in Schleswig-Holstein die größte außeruniversitäre Forschungseinrichtung. Es verfügt über einen Etat in Höhe von mehr als 90 Mio. € im Jahr, etwa 65 Mio. davon finanzieren der Bund und die vier Bundesländer. Das Land Schleswig-Holstein übernimmt davon rund 5 Prozent, die Freie und Hansestadt Hamburg etwa 2 Prozent sowie die Länder Niedersachsen und Brandenburg jeweils 1 Prozent. Der größte Anteil in Höhe von 90 Prozent stammt aus Bundesmitteln, die über die Helmholtz-Gemeinschaft in einem evaluierten Verfahren eingeworben werden.

Die Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

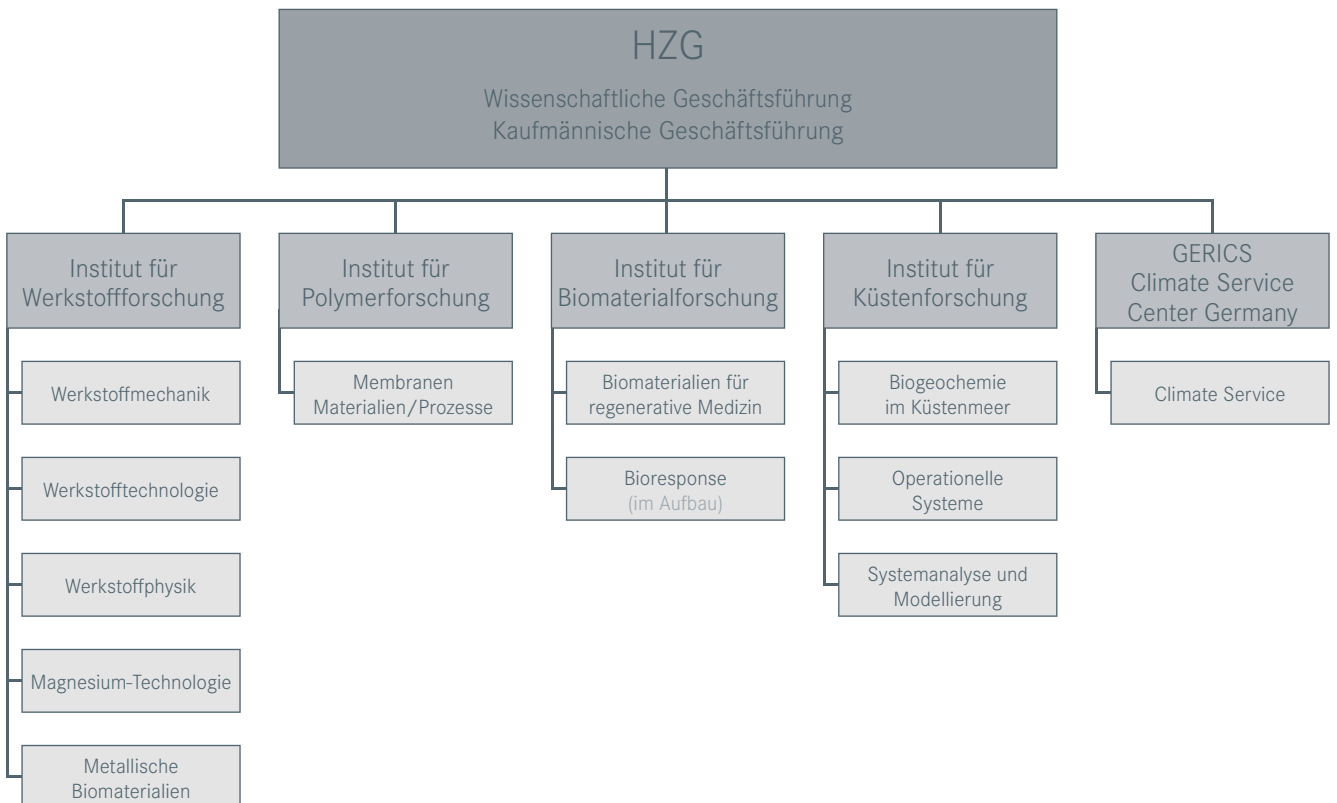
Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht ist eines von derzeit 18 Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft. Mit mehr als 38.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem Jahresbudget von über vier Milliarden Euro ist die Helmholtz-Gemeinschaft die größte Wissenschaftsorganisation Deutschlands. Die Helmholtz-Gemeinschaft verfolgt langfristige Forschungsziele des Staates und der Gesellschaft, um die Lebensgrundlagen des Menschen zu erhalten und zu verbessern. Benannt ist sie nach dem Universalgelehrten Hermann von Helmholtz.



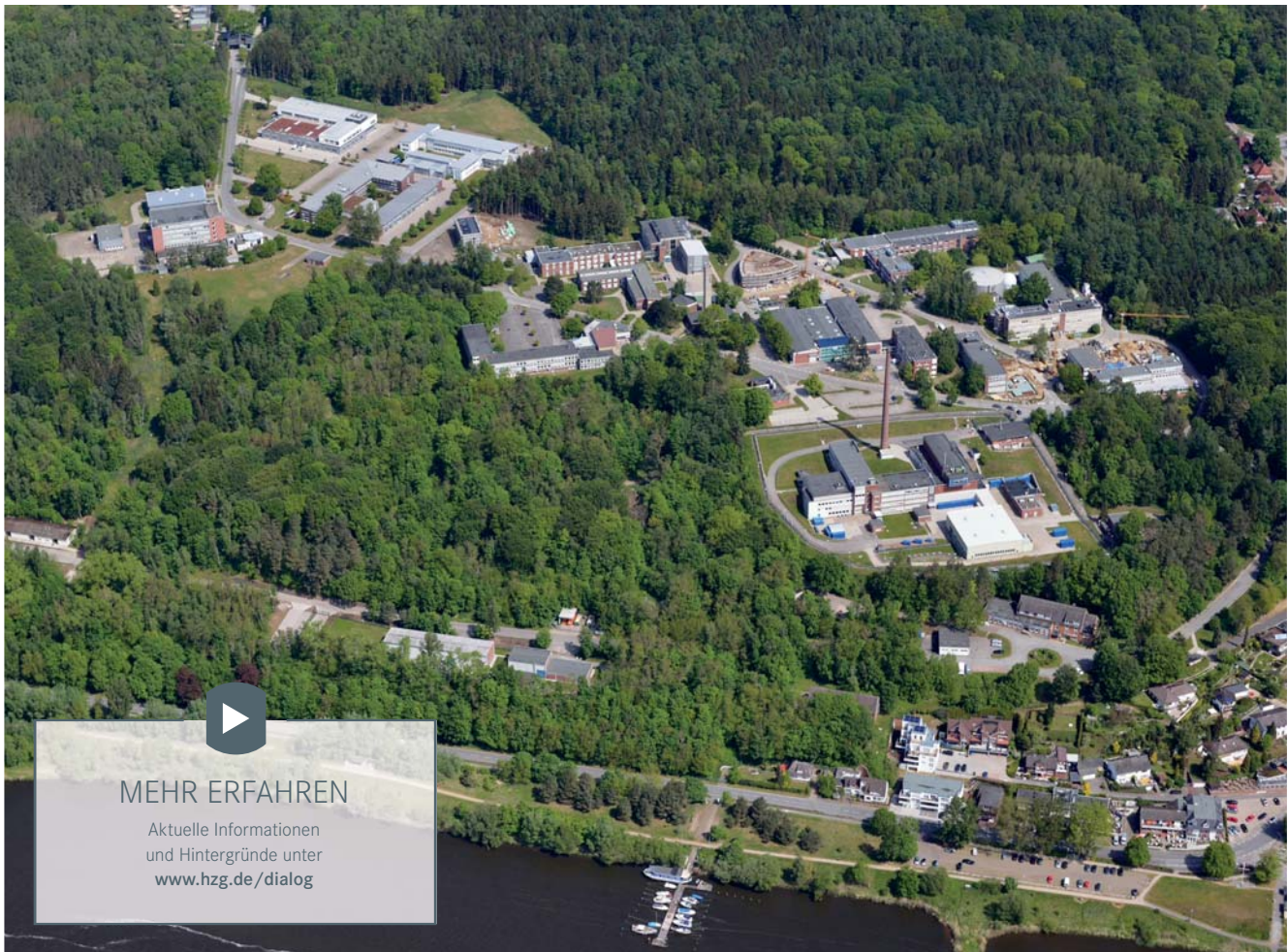
Hermann von Helmholtz (1821 - 1894)

Die Struktur im Überblick

Die Forschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht wird in vier Instituten und einer Beratungsplattform zum Klimawandel durchgeführt. Die Institute bestehen aus einem bis fünf Teilinstituten mit jeweils einer eigenen Institutsleiterin bzw. einem eigenen Institutsleiter.



IM DIALOG DIE ZUKUNFT GESTALTEN



Geesthachter Forschungsreaktor endgültig abgeschaltet

Nach über 50 Jahren wurde der Forschungsreaktor FRG-1 des ehemaligen GKSS-Forschungszentrums Geesthacht im Juni 2010 endgültig abgeschaltet und ist seit 2012 frei von Brennelementen. Die Forschung mit Neutronen in Deutschland wurde neu strukturiert und an wenigen Standorten gebündelt. So wird der Austausch von wissenschaftlichem und technischem Know-how durch die Konzentration auf weniger Neutronenquellen intensiviert.

Neutronen machen das Innere sichtbar

Ursprünglich wurde der Forschungsreaktor in Geesthacht im Zeitraum von 1957 bis 1958 gebaut, um Alternativen zu herkömmlichen Energieressourcen für die zivile Schifffahrt zu erschließen. Das Forschungsschiff OTTO HAHN fuhr von 1968 bis 1979 störungsfrei mit einem vom ehemaligen GKSS-Forschungszentrum Geesthacht entwickelten nuklearen Antrieb. Als diese Arbeiten Ende der 70er-Jahre abgeschlossen wurden, war der FRG-1 für die Geesthachter Materialwissenschaftler als Neutronenquelle

ein wichtiges Werkzeug.

Hochfestes Aluminium für den Rumpf eines Passagierflugzeuges, neue Implantatmaterialien für die Medizin oder moderne Metalllegierungen für die Wasserstoffspeicherung – all diesen Hightech-Werkstoffen ist eines gemeinsam: Um sie für ihren Einsatzzweck maßschneidern zu können, müssen Ingenieure und Materialforscher möglichst viel über ihr „Innenleben“ wissen: Aus welchen Atomen bestehen die Werkstoffe, und enthalten sie feine Risse, Poren oder Fremdkörper? Antworten geben moderne Analyseverfahren, bei denen die Materialien mit intensivem Röntgenlicht (Synchrotronstrahlung) oder mit Neutronen bestrahlt werden und ähnlich zum Beispiel wie in der medizinischen Tomografie das Innere sichtbar gemacht wird. Bereits seit einigen Jahren nutzen die Materialforscher aus Geesthacht auch den Forschungsreaktor FRM II in Garching bei München, der hohe Produktionsraten von Neutronen liefert. Und seit 2010 steht den Wissenschaftlern am Forschungszentrum DESY in Hamburg PETRA III zur Verfügung – eine der weltweit „hellsten“ Quellen für Synchrotronstrahlung.

Stilllegung und Abbau im Dialog

Das HZG spielt in vielerlei Hinsicht eine Rolle: In der Region als bedeutender Arbeitgeber, als internationale Forschungsstätte, als technische Anlage mit zahlreichen Gebäuden und Einrichtungen und nicht zuletzt als Nachbar. Die Zukunft des Forschungszentrums ist bedeutend für die Region und ihre Menschen und wird im Dialog mit den Bürgerinnen und Bürgern offen gestaltet.

Hierzu startete im Oktober 2012 die Veranstaltungsreihe „HZG im Dialog“.

Unter dem Begriff Dialog versteht das HZG dabei deutlich mehr als eine einseitige Informationsveranstaltung: Gemeinsam mit der Bevölkerung identifiziert das HZG den Informationsbedarf, die Sorgen der interessierten Bürgerinnen und Bürger sowie mögliche Konflikte auf dem Weg von der Stilllegung der kerntechnischen Anlagen bis zum Abbau. Ziel ist es, unter Beachtung der gesetzlichen Rahmenbedingungen einvernehmliche Lösungen zu diesen Belangen zu erzielen.

Mittels öffentlicher Veranstaltungen und einem Dialogforum zwischen einer kontinuierlichen Begleitgruppe (bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern der regionalen Bürgerinitiativen, der Kommunalpolitik und weiterer relevanter kommunaler Akteure) einerseits sowie Vertreterinnen und Vertretern des HZG andererseits wird eine transparente Kommunikation ermöglicht.

Die Dialoggruppe, bestehend aus Begleitgruppe und Vertretern von HZG, zieht unabhängige Experten hinzu, organisiert Informationsveranstaltungen und gestaltet die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit gemeinsam.

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht hat im März 2013 beim schleswig-holsteinischen Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume in Kiel im Konsens mit der Begleitgruppe den Antrag zur Stilllegung der Forschungsreaktoranlage des ehemaligen GKSS-Forschungszentrums offiziell eingereicht. Damit hört der Dialog jedoch nicht auf, sondern wird in den kommenden Jahren fortgesetzt.

A close-up photograph of a person's hand holding a blue pen, drawing a diagram on a piece of paper. A clear ruler is placed over the drawing. The pen has "GRIP 1345 05" and "FABER-CASTELL" printed on it. The background is blurred, showing a blue folder or book.

FILM ANSCHAUEN

Der Film „Promotion am HZG“ begleitet
einen Doktoranden.
www.hzg.de/phd

AUS GEESTHACHTER TECHNOLOGIEN
WERDEN PRODUKTE UND
DIENSTLEISTUNGEN

Technologietransfer am HZG

Immer stärker wird Forschung auch daran gemessen, dass ihre Ergebnisse in Produkten oder Dienstleistungen angewendet werden können. Im Helmholtz-Zentrum Geesthacht existieren schon lange Kooperationen mit der Industrie oder mit Behörden.

Das Zentrum unterstützt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Patentierung ihrer Ideen: Die Instrumente des Technologietransfers helfen proaktiv und gezielt bei der Validierung und Verwertung der HZG-Technologien. Dabei geht es darum, die angemeldeten beziehungsweise patentierten Technologien in Richtung Anwendbarkeit weiterzuentwickeln, bevor sie lizenziert werden können.

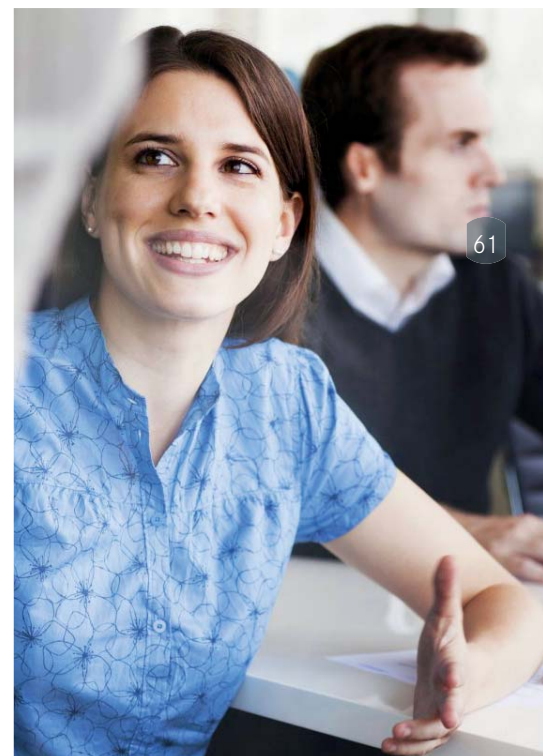
Für Wissenschaftler, die sich mit ihrer Idee selbstständig machen wollen, steht auf dem Forschungsgelände das Geesthachter Innovations- und Technologiezentrum GITZ bereit. Das GITZ bietet Existenzgründungen und technologieorientierten jungen Unternehmen neben Platz und Raum auch umfangreiche Beratung.

Die Chancen sind gleich für alle Beschäftigten

Chancengerechtigkeit sowie ein strategisches Talentmanagement zählen zu den wichtigen Hauptaufgaben des Helmholtz-Zentrums. Ob für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, für Studierende von natur- und lebenswissenschaftlichen Fächern, für Schülerinnen und Schüler oder für Kinder im Vorschulalter – das Helmholtz-Zentrum Geesthacht setzt mit innovativen Maßnahmen an allen Etappen an, die die Entwicklung einer Karriere in der Wissenschaft prägen.

Das Helmholtz-Zentrum fördert das berufliche Potenzial von Frauen und Männern gleichermaßen für die Erfüllung ihrer ambitionierten wissenschaftlichen und beruflichen Ziele. Dies gelingt insbesondere durch drei Punkte:

1. Rahmenbedingungen, die eine berufliche Karriere und ein Familienleben erlauben. Zum Beispiel durch flexible Arbeitszeiten, die Möglichkeit des mobilen Arbeitens sowie Teilzeitbeschäftigung.
2. Junge Menschen für eine Laufbahn in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Forschungsgebieten des Zentrums zu begeistern. Zum Beispiel mit wissenschaftlichem Speed-Dating zwischen Schülern/-innen und Wissenschaftlern/-innen.
3. Gleichstellung und Chancengerechtigkeit als Managementprinzip zu leben. Zum Beispiel durch Beteiligungen am HGF-Mentoring-Programm und der Führungskräfte-Akademie der Helmholtz-Gemeinschaft.



Das Zertifikat „audit berufundfamilie“

Bereits seit 2008 ist das HZG mit dem Zertifikat „audit berufundfamilie“ ausgezeichnet. Seitdem wurden die familienfreundlichen Maßnahmen stets bewertet und wiederum ausgezeichnet, zuletzt 2014.

Forschen mit Familie wird den Beschäftigten erleichtert. So bietet die betriebsnahe Kindertagesstätte „Einsteinchen Company Kids“ direkt am Forschungscampus eine Krippe für unter Dreijährige und Plätze für Kinder bis zum Schuleintritt.

Den Nachwuchs fördern

Hochschulabsolventen werden in allen Forschungsthemen attraktive Promotionsstellen angeboten. Durchschnittlich 60 Doktoranden forschen im HZG. Studierende können ihre Abschlussarbeit am Helmholtz-Zentrum schreiben oder Praktika während des Studiums absolvieren.

Seit mehr als 40 Jahren engagiert sich das HZG als gewerblicher Ausbildungsbetrieb und besitzt dadurch langjährige Erfahrung. Allein in den vergangenen zehn Jahren haben rund 150 junge Menschen eine Ausbildung abgeschlossen. In insgesamt elf Berufen bildet das HZG aus: zum Beispiel Biolaboranten, Industriemechaniker, Bauzeichner, Kaufleute oder Fachkräfte für Logistik.

Quantensprung – ein Labor für Schulklassen




Seit seiner Eröffnung 2002 weckt und stärkt das Schülerlabor „Quantensprung“ das Interesse für naturwissenschaftliche Fächer wie Chemie und Physik. Dazu experimentieren Schülerinnen und Schüler einen Tag lang selbstständig im Labor auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums Geesthacht zu den Themen „Brennstoffzelle“ oder „Wasseranalytik“. Alle Versuche erfolgen unter qualifizierter Anleitung des Schülerlabors. Mit dem Angebot werden sowohl Schüler von allgemein- als auch von berufsbildenden Schulen angesprochen. Dabei wird Wert auf Arbeit in kleinen Gruppen gelegt: Die Jugendlichen führen jeweils in Zweiergruppen ihre Experimente durch.

Technikum – Partner der Wissenschaft

Für ihre Experimente benötigen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Laboratorien, spezielle Apparaturen und Instrumente. Häufig lässt sich das Instrument oder die Apparatur nicht einfach aus dem Katalog bestellen. In diesem Fall sorgt das Technikum für die benötigten Geräte oder programmiert die Software.

Von der Unterwasser-Messboje, über Röntgendetektoren bis zur Tomografiekamera entwickeln qualifizierte Designer und Techniker gemeinsam mit den Wissenschaftlern Lösungen für anspruchsvollste Aufgaben und setzen diese um.



-  Hochschulabsolventen bietet das Zentrum attraktive Doktorandenstellen
-  Schülerlabor „Quantensprung“
-  Die Kita „Einsteinchen“ liegt direkt am Eingang zum Forschungscampus



Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Telefon 04152 87-0
Telefax 04152 87-1403
www.hzg.de

 **Helmholtz-Zentrum
Geesthacht**

Zentrum für Material- und Küstenforschung