

# Mit Herz und Sand

*Ein Loch in der Herzwand, und der aufgenähte „Flicken“ hält dem Pumpen des Herzens nicht stand: Im IW entwickeln Ingenieure gemeinsam mit Herzchirurgen eine Lösung.*

**A**m Prüfstand pumpt sich eine Membran mit aufgenähtem Metallgeflecht im Sekundentakt auf und ab, auf und ab, Stunde um Stunde. Und denkt man sonst auch selten an sein Herz und dessen unermüdliche Leistung, jetzt tut man es. Es sind keine angenehmen Gedanken, denn was hier im Unterwassertechnikum des IW getestet wird, soll irgendwann Menschen zugutekommen, deren Herzwand nach einem Herzinfarkt nicht mehr ordentlich pumpen kann. Und das Risiko eines Herzinfarkts lässt man sich eben nur ungern vor Augen führen – genauso wie ein Stück Metall, das dann vielleicht aufs Herz genäht würde.

Christian Biskup sorgt sich, wenn er seinen Prüfstand zeigt, nicht um sein Herz. Der 31-jährige Ingenieur aus dem Institut für Werkstoffkunde arbeitet schon seit zehn Jahren in Projekten aus dem Medizintechnikbereich. Angefangen hat er im Jahr 2000 als studentische Hilfskraft im Wasserstrahlabor des IW; ein guter Ausgangsort für solche Projekte, denn „mit dem Wasserstrahl kann man ideal Knochen schneiden, weil die biochemischen Eigenschaften von Knochen erhalten bleiben. Anders als beim Sägen entsteht dabei nämlich keine Hitze.“ Aus Knochen lassen sich zum Beispiel Knochenschrauben wasserstrahlen – ein neues Verfahren aus dem IW – mit denen Orthopäden etwa bei Knieoperationen Kreuzbänder fixieren können. Implantate aus Knochen, erklärt Biskup, hätten insgesamt einen großen Vorteil gegenüber solchen aus Metall: „Zum Einen wird Knochen vom Körper resorbiert und durch körpereigenes Gewebe ersetzt und zum Anderen werden die umgebenden Knochen im Körper nicht von auftretenden Kräften wie bei Metallimplantaten abge-

schirmt und bilden sich deshalb auch nicht so schnell zurück.“ Die Brücke von den Knochen zu den Herzen baut 2007 der Sonderforschungsbereich 599, bei dem es um bioresorbierbare und permanente Implantate aus metallischen und keramischen Werkstoffen geht. Das IW ist an diesem SFB beteiligt. Im Institutsbereich „Biomedizintechnik und Leichtbau“ werden Magnesiumlegierungen für bioresorbierbare Implantate entwickelt. Solche Implantate lösen sich, wenn sie ihre Aufgabe erfüllt haben, im Körper einfach auf.

**Die Herzchirurgen haben eine Dünndarm- oder Magenwand, entsprechend aufbereitet, über das Loch genäht.**

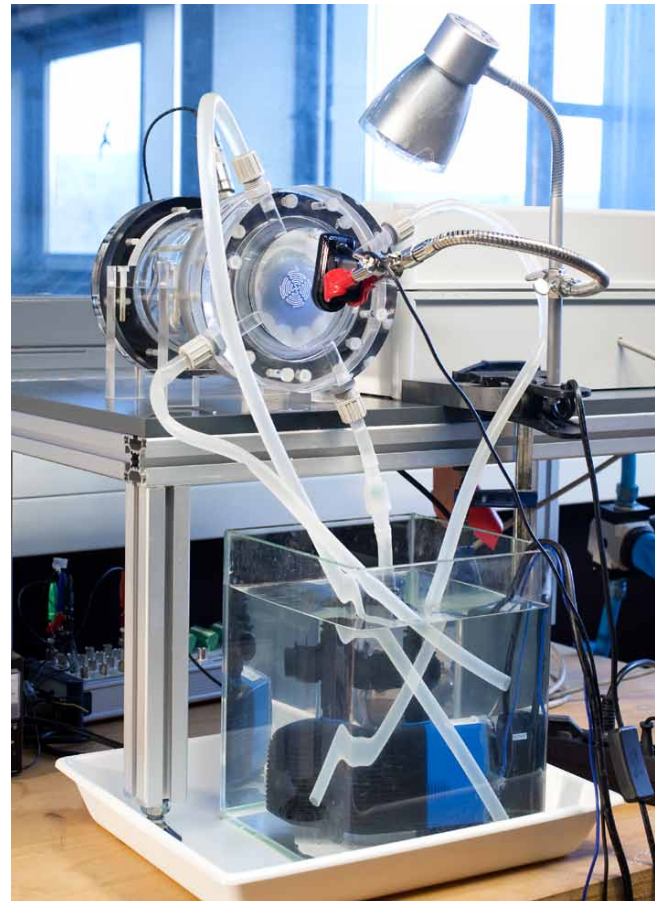
Der SFB 599 selbst ist an der MHH, der Medizinischen Hochschule Hannover, verankert. Mehrere Kliniken dort sind mit Forschungsprojekten beteiligt. Die Herzchirurgen sind es zu diesem Zeitpunkt noch nicht. Doch sie haben eine Methode entwickelt, eine defekte Herzwand nach einem Herzinfarkt zu reparieren: Wenn Herzmuskelzellen abgestorben waren und dadurch die Pumpleistung des Herzens zurückgegangen war, haben die Chirurgen diesen geschädigten Bereich entfernt und stattdessen eine biologische Matrix aufgenäht. Biologische Matrix heißt: Sie haben eine Dünndarm- oder Magenwand entsprechend ▶

► aufbereitet und unter Verwendung der darin enthaltenen Blutgefäße auf das geschädigte Herz genäht. Diese Methode funktionierte überraschend gut. In das biologische „Patchmaterial“ wanderten schon nach kurzer Zeit Herzmuskelzellen hinein, so dass die Aussicht besteht, dass das neue Herzwandstück die Pumpfunktion wieder unterstützt. Zweimal hatten die Chirurgen mit dieser Methode Patienten auf dem OP-Tisch in letzter Sekunde das Leben retten können.

Das große Aber: Unser Herz hat einen linken und einen rechten Bereich, und die Bereiche sind nicht gleich. Links herrscht ein sehr viel größerer Druck als rechts; so viel größer, dass die Dünndarm- oder Magenwand, würde man sie links aufnähen, ausleiern oder sogar reißen könnte, wenn sich der Herzmuskel anspannt.

„Was kann man machen?“, fragte sich das Team um Klinikleiter Professor Axel Haverich. Gesucht wurde etwas, „das man über dem Patchmaterial befestigen kann, und das nach einer Weile nicht mehr da ist“. So formuliert es Tobias Schilling, promovierter Herzchirurg und Geschäftsführer der Herz-, Thorax-, Trans-

plantations- und Gefäßchirurgie der MHH, etwas salopp. Naheliegender also, im SFB 599 nach den richtigen Ansprechpartnern zu suchen – und sie im IW zu finden. Die Fragestellung wurde als eigenes Forschungsprojekt in den Sonderforschungsbereich integriert, und seit 2007 bearbeiten und koordinieren Tobias Schilling auf der Seite der MHH und Christian Biskup für das IW das Projekt, das offiziell „Stabilisierende Magnesiumgeflechte zur Unterstützung von kardiovaskulärem Gewebeersatz im Hochdrucksystem“ heißt. Insgesamt 13 Wissenschaftler erforschen seitdem, wie ein solches Magnesiumgeflecht beschaffen sein und wie es verwendet werden muss, um auch Menschen mit einem Problem in der linken Herzwand irgendwann helfen zu können. IW-Wissenschaftler übernehmen – im Großen und Ganzen – den ersten Teil der Arbeit: Jan Seitz, Bereich „Biomedizintechnik und Leichtbau“, entwickelt unterschiedliche Magnesiumlegierungen. Denn es gibt konkrete Vorstellungen, in welchem Tempo sich das Geflecht später, direkt auf dem Herzen, wieder auflösen soll. Auf der anderen Seite gibt es noch keine Erfahrungswerte



für genau diesen Einsatz. Sein Kollege Norbert Grittner verarbeitet die Legierungen mit der Strangpresse – dabei wird die Legierung wie bei einer überdimensionierten Plätzchenpresse durch einen Aufsatz gedrückt, um die mechanischen Eigenschaften zu verbessern. Theoretisch hätte man auch Magnesiumbleche aus der Legierung walzen können, doch dabei gelangen Verunreinigungen von der Oberfläche ins Blech, die man dort in diesem Fall wirklich nicht gebrauchen kann.

„Wir können hier wie im Zeitraffer auch wirklich nachschauen, wie sich das Geflecht im Laufe der Zeit zersetzt.“

Christian Biskup schließlich sorgt dafür, dass aus den dünnen Blechen Geflechte werden. Sie erhalten selbst entwickelte, radiale Formen, die zum Teil aussehen wie ein

kleines Labyrinth, und die sich leicht in sich hin und her bewegen lassen. Sie müssen auf dem pulsierenden Herzen Stabilität und Elastizität gleichermaßen gewährleisten, denn die Herzkontraktionen dürfen ja nicht verhindert werden, andererseits darf der Patch darunter nicht ausleieren. Da sich die feinen Strukturen des Geflechts schlecht fräsen lassen, weil sich das Material schnell verbiegt, kommt der Wasserstrahl zum Einsatz.

Biskup steht am Becken im Unterwassertechnikum, startet die Pumpe und stellt einen Wasserdruck von 3000 bar ein. Die Düse des Wasserstrahlers ist auf eine Markierung der noch unbearbeiteten Magnesiumscheibe gerichtet. „Das ist das Schöne am Wasserstrahlen: Man kann überall, auch mitten im Material, anfangen zu schneiden“, schwärmt er. Der Druck ist aufgebaut, und mit einem leisen Zischen setzt Biskup das Gerät in Betrieb: Das Wasser wird durch eine kleine Kammer gepresst, in der roter australischer Sand als Schneidmittel mit in den Strahl gesogen wird. Mit dem Wasser schießt er durch das Magnesiumblech und schneidet, dem programmierten Weg folgend, mit einer Schnittfugenbreite von 0,6 Millimetern die feinen Strukturen ein ▶



*Links: Mit 3000 bar schießt die Düse des Wasserstrahlers das Wasser mit rotem australischen Sand als Schneidmittel durch das Geflecht.*

*Mitte: Das Prüfstandherz pumpt die Membran mit dem Magnesiumgeflecht auf und ab. Rechts: Für dieses Projekt muss Christian Biskup hin und wieder zu Nadel und Faden greifen, um das Geflecht auf die Membran, sein Testherz, zu nähen.*

► Schließlich hält er es in Händen – das kleine Labyrinth, das einmal Leben retten soll. Ist die Mission damit erfüllt? Biskup lacht. Davon kann keine Rede sein! Welche Form eignet sich am besten, welche Legierung erfüllt ihre Aufgabe am besten – und dann kommen auch noch die unterschiedlich gekrümmten Herzwandbereiche ins Spiel, auf die das Geflecht passen muss. Bevor ein Einsatz am Menschen die letzten Fragen beantwortet, testet das Team vom IW seine Neuentwicklung natürlich nach allen Regeln der Ingenieurskunst. Dazu hat Biskup den Prüfstand entwickelt, der die grundlegende Belastung am Herzen nachempfinden soll.

Das Geflecht ist dort auf einer Membran aufgenäht, deren Durchmesser variiert werden kann. Diese Membran „schlägt“ wie ein Herz und wird von gepufferter Kochsalzlösung umspült. Neben der Aufzeichnung aller Parameter wird das Geschehen auch von einer Kamera überwacht. „Wir können hier wie im Zeitraffer auch wirklich nachschauen, wie sich das Geflecht im Laufe der Zeit zersetzt“, erklärt Biskup und lässt die letzten 24 Stunden des aktuell aufgenähten, schon etwas zerfressen aussehenden Geflechtes in 24 Bildern Revue passieren. Der Favorit ist zurzeit ein Geflecht aus der Legierung LA63 – das heißt, Magnesium mit einem Anteil von sechs Prozent Lithium und drei Prozent Aluminium – das mit einer Beschichtung aus Magnesiumfluorid umgeben ist. Das Magnesiumfluorid verzögert die Korrosion anfangs. Wenn es aber vom Körper abgebaut wurde, geht es dafür umso schneller. Genau so, wie es sein soll.

## Aufbiegen? Danach wäre das materialwissenschaftliche Wunderding kaum mehr als eine Blechröhre gewesen.

„Eine große Sorge war“, gibt Biskup zu, „was passiert, wenn sich das Geflecht auflöst. Theoretisch könnten sich ja einzelne kleine Teile ablösen und das umliegende Gewebe verletzen.“ Diese Sorge konnten die Mediziner weitgehend zerstreuen. Denn sie hatten parallel bereits in wenigen Tierversuchen Geflechte aufs Herz operiert und festgestellt, dass sich in kürzester Zeit Bindegewebe um das implantierte Geflecht bildet und es so quasi einkapselt. Einmal im Monat etwa treffen sich Tobias Schilling und Christian Biskup, um sich zum Stand der Dinge auszutau-

schen und Ergebnisse zu diskutieren. Eine gute, angenehme Zusammenarbeit – bestätigen sowohl Biskup als auch Schilling. Man kann ja auch eine Menge lernen.

Selbst wenn Christian Biskup schon seit langem den Psyhyrembel im Regal stehen hat: Wenn es um die Feinheiten linker und rechter Herzangelegenheiten geht, ist er natürlich auf die Spezialisten angewiesen. Andererseits lernen auch Herzspezialisten hin und wieder etwas von Ingenieuren, wie Tobias Schilling augenzwinkernd einräumt: Als er zum ersten Mal einen Prototypen der Aortenprothese vom IW gesehen habe, eine Art Korsett für einen kranken Abschnitt der Hauptschlagader, eine weitere gemeinsame Entwicklung des Teams, habe er reagiert wie die meisten Laien. „Und hier biegt man das auf und setzt es auf die Aorta?“, habe er vermutet. Nach einem Aufbiegen allerdings wäre das materialwissenschaftliche Wunderding kaum mehr als eine Blechröhre gewesen.

Ab wann können Patienten nach einem linksseitigen Herzinfarkt denn nun darauf hoffen, dass sich ihnen mit einem Magnesiumstützgeflecht eine Chance auf Heilung eröffnet? „Die technische und biologische Machbarkeit ist erwiesen“, fasst Schilling zusammen, „die nächste Förderperiode des Sonderforschungsbereichs werden wir dazu nutzen, die noch ausstehenden Fragen zu klären und die klinische Studie vorzubereiten, die dann ab 2014 starten soll. Wenn alles gut geht, könnten Patienten ab 2018 mit dieser Versorgung rechnen.“

Ob Christian Biskup dann noch an der Entwicklung teilhat, weiß er – natürlich – noch nicht. Sicher dagegen ist, dass er der Medizintechnik und dem Wasserstrahl noch eine Weile treu bleiben wird: Für seine geplante Promotion untersucht er neben den Schrauben aus Knochenmaterial auch die Möglichkeit, oszillierende Sägen aus dem Operationssaal zu verbannen und sie durch Wasserstrahltechnik zu ersetzen. Hört sich spannend an. Und wie etwas, das man eigentlich gar nicht so genau wissen möchte ...

# Partner für die Antriebs- und Automatisierungstechnik



Als Spezialist für Antriebs- und Automatisierungstechnik entwickeln, fertigen und verkaufen wir innovative Produkte, umfassende Lösungen und komplette Systeme. An weltweit über 40 Standorten stellen sich unsere engagierten Mitarbeiter immer neuen Herausforderungen und erarbeiten kreative Lösungen – der Nutzen für unsere Kunden steht dabei im Fokus.

Lenze SE  
Postfach 10 13 52, D-31763 Hameln  
Telefon: 0 51 54/82-0  
Internet: [www.Lenze.com](http://www.Lenze.com)  
E-Mail: [Lenze@Lenze.de](mailto:Lenze@Lenze.de)

**Lenze**



Professor Friedrich-Wilhelm Bach, Institutsleiter

## Geschichte

An der Technischen Hochschule, dem Vorgänger der heutigen Leibniz Universität Hannover, wurde 1905 mit Prof. Nachtweh der erste etatmäßige Professor für spezielle mechanische Technologie, Maschinenzeichnen und landwirtschaftlichen Maschinenbau ernannt – die „speziellen mechanischen Technologien“ entsprächen heute den Gebieten Werkstofftechnik und Materialwissenschaften. Schon damals beschäftigten sich die Mitarbeiter mit Fragestellungen wie der Materialprüfung und der Metallurgie. Es dauerte allerdings noch einige Jahrzehnte, bis sich das Institut auf heutige Schwerpunkte ausrichtete. Das IW kann somit auf eine gut einhundertjährige Tradition zurückblicken.

## Aktuelle Themen

**BIOMEDIZINTECHNIK UND LEICHTBAU /** Magnesium und Aluminium stehen hier im Mittelpunkt der Forschung. Für diese Werkstoffe werden insbesondere die Verfahren Gießen, Walzen und Strangpressen untersucht. Beim Strangpressen, einem Verfahren, bei dem ein erwärmter metallischer Block mit einem Stempel durch eine Matrize gedrückt wird, entstehen Profile mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten vom Fensterrahmen bis hin zu komplizierten Profilen im Automobilbau. Die „Nachwuchsforschergruppe Strangpressen“ optimiert zurzeit die gesamte Prozesskette des Strangpressens. Auch die Wärmebehandlung will sie direkt in den Prozess integrieren.

Ein weiterer, wesentlicher Schwerpunkt ist die Untersuchung der im Profil nicht sichtbaren sogenannten Pressnähte. Um sie sichtbar zu machen, werden gemeinsam mit der Abteilung „Zerstörungsfreie Prüfverfahren“ Verfahren zur Online-Messung entwickelt. So lässt sich die Sicherheit von Bauteilen erhöhen.

Der Schwerpunkt bei der Erforschung des Werkstoffes Magnesium liegt in der Entwicklung für den Leichtbau, etwa extrem leichter Magnesiumbleche, Strangpressprofile und Druckgegossener Elemente für den Automobilbau und die Luftfahrt. Eine Sonderlinie in der Entwicklung von Magnesiumlegierungen ist die Herstellung von Magnesiumimplantaten, die sich im Körper selbsttätig auflösen.

### FÜGE-, OBERFLÄCHENTECHNIK UND

**MIKROSYSTEME /** Die beiden zentralen Stichworte heißen „Löten“ und „Thermisches Spritzen“. Metall-Keramik-Verbunde sind für die Forscher, die sich mit Lötverfahren beschäftigen, zurzeit eine besondere Herausforderung für die Entwicklung hoch verschleißfester Werkzeuge. Beim thermischen Spritzen werden Metall-, Keramik- oder auch Kunststoffpartikel so in eine Flamme, ein Plasma oder einen Lichtbogen injiziert, dass Sie schlagartig aufschmelzen, beschleunigen und auf diese Weise eine Bauteiloberfläche beschichten. Diese Schichten werden aufgebracht, um etwa gegen Verschleiß, Korrosion oder Wärme zu schützen. Für den SFB 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ arbeiten die Wissenschaftler daran, mit diesem Verfahren Reparaturlot- sowie Heißgaskorrosions- und Wärmeschutzschichten auf extrem wertvolle, aber auch stark belastete Flugzeugturbinenschaufeln aufzubringen, wenn dort durch Verschleiß Schäden in der Beschichtung aufgetreten sind.

**KORROSION UND KERAMIK /** Schädigungen durch Korrosion sind unerwünscht, gefährden die Betriebssicherheit von Bauteilen und Anlagen, verursachen hohe Kosten und erfordern daher korrosionsschützende Maßnahmen. Ziel der Mitarbeiter ist es, Behälter für die langzeitstabile Lagerung von Abfällen korrosionsschutzgerecht auszuliegen. Dazu wenden sie verschiedene Korrosions- und Klimaprüfverfahren an. Den aktuellen Schwerpunkt im Gebiet der Keramik bildet die Entwicklung von dentalen Implantatmaterialien auf Basis von Zirconiumdioxid ( $ZrO_2$ ) unter dem Aspekt einer hydrothermalen Alterungsbeständigkeit.

**MIKROSTRUKTURANALYSE UND MODELLBILDUNG /** Was passiert mikrostrukturell in modernen Werkstoffen, wenn sie mechanisch belastet oder wärmebehandelt werden? Diese Fragen zu beantworten ist außerordentlich wichtig; einmal vor dem Hintergrund, dass rechnerische Festigkeitswerte oft stark von den tatsächlichen Werten abweichen, je nachdem, wie dort Verformungsmechanismen und Fehler das Werkstoffgefüge verändern. Die Mitarbeiter verformen daher Bleche beispielsweise im Elektronenmikroskop. Sie können aus den Ergebnissen Rückschlüsse auf Verformungsmechanismen ziehen, auf sogenanntes Versetzungsgleiten oder auf Zwillingsbildung – eine Häufung von Fehlern um einen ersten Fehler herum. Nur diese genaue Kenntnis der mikrostrukturellen Vorgänge macht andererseits auch die Modellbildung und damit die Simulation möglich. Das wiederum ist eine Voraussetzung, wenn etwa neue Werkstoffe in Automobilen eingesetzt werden sollen. Ein Auto wird, bevor es gebaut wird, heute komplett simuliert. Ein Werkstoff, der nicht im Computer abgebildet werden kann, wird

nicht berücksichtigt. Und anders als noch vor 20 Jahren, als nur eine Handvoll Blechwerkstoffe mit vergleichbaren Eigenschaften erhältlich waren, gibt es heute eine große Vielfalt solcher Werkstoffe mit völlig unterschiedlichen Eigenschaften, die zu erforschen sind. Das geschieht in diesem Bereich.

**TECHNOLOGIE DER WERKSTOFFE /** Wärmebehandlung und ihre Integration in die Bearbeitungsprozesse werden in diesem Bereich erforscht. Und auch hier ist die Simulation von Gefügeänderungen ein Schwerpunkt der Forschung, allerdings im Zusammenhang mit Wärmeänderungsprozessen. Eine der aktuellen Entwicklungen der Wissenschaftler ist die Spray-Kühlung, für die ein Luft-Wasser-Gemisch verwendet wird. Die Spray-Kühlung lässt sich sehr flexibel und vielfältig einsetzen und stellt sicher, dass die Werkstoffe schnell und gleichmäßig abgekühlt werden.

**UNTERWASSERTECHNIKUM /** Elektronenstrahl- und Wasserstrahltechnik, Schweißen und Schneiden sind Stichworte aus dem Unterwassertechnikum. Viele dieser Techniken werden dort insbesondere für Einsätze unter Wasser aber auch unter Atmosphärenbedingungen erforscht. Ein Teil der Verfahren ist ursprünglich für den Rückbau kerntechnischer Anlagen entwickelt worden, heute werden beispielsweise Unterwasserschweißer zunehmend auch für Reparaturen an Off-Shore-Windparks herangezogen. Die Lehrgänge für diese Unterwasserschweißer finden – bundesweit einmalig – am Unterwassertechnikum statt. Auch Wasserstrahltechniken werden von den Mitarbeitern des UWTH erforscht und genutzt – unter anderem für den Einsatz in der Biomedizintechnik, etwa für den Sonderforschungsbereich 599.

**ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFVERFAHREN /** Deutschlandweit einzigartig ist das Röntgengerät des IW, mit dem Stahlbauteile von bis zu 400 Millimetern Wandstärke auf Fehler hin untersucht werden können. Mit der Mikrofokus-Röntgenröhre können wie mit einer Röntgenlupe aber auch einzelne Schweißnähte kontrolliert und feine Bauteilfehler erkannt werden. Ein zweites Prüfverfahren beruht auf Wirbelstrommessungen. Die Mitarbeiter können damit Schlüsse ziehen auf physikalische und mechanisch/technologische Eigenschaften von Bauteilen oder die Korngröße von Werkstoffen. So konnten sie beispielsweise bei einer Materialverwechslung in der industriellen Fertigung weiterhelfen, indem sie Maschinenbauteile, die aus einem Fremdwerkstoff gefertigt waren, vor der Auslieferung identifizierten. In einem anderen Fall konnten die Wissenschaftler mit Hilfe von Wirbelstrommessungen relativ schnell tausende von fehlgehärteten Tellerrädern für ein LKW-Differenzialgetriebe klassifizieren und aussortieren.

**ANALYSENTECHNIK /** In dieser übergeordneten Einrichtung geht es vor allem um industrielle Schadensforschung und Gerichtsgutachten. Die Einsätze der Werkstoff-Kriminalisten sind extrem vielfältig: von der Untersuchung einer klassischen Bruchfläche – unter welcher Belastung brach das Teil, wie lange hat der Vorgang gedauert, wo hat der Bruch angefangen, mit welcher Sicherheit war das Teil ausgelegt – bis hin zur Echtheitsprüfung vermeintlich vorchristlicher Antiquitäten ist den Mitarbeitern fast keine Frage fremd.

64 wissenschaftliche Mitarbeiter
36 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter
114 studentische Mitarbeiter