

WERKSTOFFMECHANIK
dahinter kommen - vorwärts kommen

Fraunhofer

IWM REPORT

**Weit mehr als Sahnehäubchen:
Innovationsmotor Beschich-
tung** (S.1)

**Bauteilbewertung auf
Knopfdruck** (S.2)
Mit Schichten zum Ziel (S.2)

**Sandwich für die Luftfahrt
berechnet, geprüft – Ziel:
Sicherheit** (S.3)



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

dieser Report nähert sich Werkstoffen und Bauteilen aus zwei Richtungen – zum einen von außen, mit Blick auf die Oberfläche und deren Potenzial, und zum anderen von innen, von der Mikrostruktur her und deren Bedeutung für das Materialverhalten. Das Interview auf Seite 2 zeigt, wie beide Blickrichtungen sich ergänzen.

Im Mittelpunkt stehen neue Beschichtungen – für Gläser, Schiffsrümpfe, Kunststoffprägwerkzeuge und Stähle, die in der Medizin, im Auto, im Baubereich und im Maschinenbau zum Einsatz kommen. Aus dem Bereich Simulation stellen wir Ihnen unter anderem VERB, eine Software zur Bewertung von fehlerbehafteten Bauteilen, und unsere aktuellen Arbeiten zu Sandwichbauteilen für die Luftfahrt vor.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

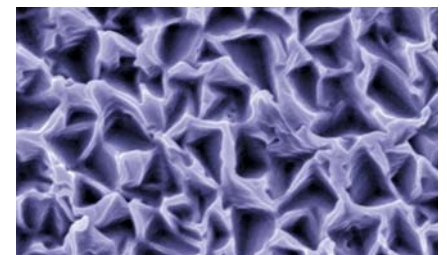
Prof. Dr. Peter Gumbsch
Geschäftsführender Institutsleiter

Weit mehr als Sahnehäubchen: Innovationsmotor Beschichtung

Oberflächlich betrachtet? Das klingt umgangssprachlich nach wenig Tiefgang und eröffnet doch werkstoffmechanische Welten. Oft können Beschichtungen dafür sorgen, dass widersprüchliche Ziele vereinbar werden. Der Bedarf ist groß: Schutzabdeckungen von Displays werden entspiegelt, Wasser abweisende Polymeroberflächen lassen sich bedrucken. Weniger Verschleiß im Motor spart Benzin und verlängert die Lebensdauer. Speziell beschichtete Spiegel lenken einen Metall schneidenden Laser ohne Leistungsverlust um. In der Medizintechnik werden Implantate durch biokompatible Schichtmaterialien verträglich und die Lebensdauer von Zähnen wird durch spezielle Pflegemittel erhöht.

»Das sind nur einige von vielen Aufgaben, die wir mit Beschichtungen und Oberflächentechnologie gut und gezielt lösen können, und mit denen wir uns am Fraunhofer IWM in Halle und in Freiburg auseinandersetzen«, sagt Prof. Dr. Peter Gumbsch. Die Vielfalt der Teams spiegelt aus Sicht des Institutsleiters die breiten Bedürfnisse des Marktes. Ob diamantähnliche Kohlenstoffschichten für den Verschleißschutz oder nanostrukturierte Werkzeugbeschichtungen für die Entspiegelung von Displays oder Speziallacke gegen Bakterienfilme in feuchten Umgebungen – stets sorgt eine Schicht für mehr Wertschöpfung oder »macht ein Produkt überhaupt erst möglich«, betont Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn, Institutsleiter am IWM Standort Halle.

Um eine Beschichtung mit Eigenschaften nach Maß zu entwickeln, ist die Werkstoffmechanik unabdingbar. »Nur, wenn ich Materialien kenne, wenn ich weiß, wie sie sich verhalten, kann ich ihre Eigenschaften gezielt einsetzen und dafür sorgen, dass die Schicht haftet und die Oberfläche ihre Funktion erfüllt«, erläutert Dr. Günter Kleer, Leiter des Geschäftsfelds »Fertigungstechnologien« (mehr im Interview auf Seite 2). Das Fraunhofer IWM stützt sich heute zudem stark auf die Modellierung. Die Simulation am Rechner kann schon früh die



Richtung weisen und »macht unsere Arbeit noch effizienter«, so Kleer. Oft sind die Leistungsgrenzen von Produkten ausgereizt, erst eine Beschichtung oder Oberflächenbehandlung eröffnet neue Steigerungsmöglichkeiten.

»Doch das ist es nicht allein, was der Markt braucht«, ergänzt Prof. Dr. Andreas Heilmann, Leiter des Geschäftsfelds »Biologische und makromolekulare Materialien«. Für mehr Wettbewerbsfähigkeit zählt auch ein wirtschaftlicher Ansatz für die Produktion. Ist der entwickelt, wird die Anlagentechnik zusammen mit der Rezeptur an den Markt gebracht.

Bruchmechanik-Software

Bauteil- bewertung auf Knopfdruck

Risse in Bauteilen sollen möglichst gar nicht erst entstehen. Ist dies dennoch der Fall, muss einerseits die Ursache geklärt werden, andererseits muss abgesichert werden, dass ähnliche Bauteile weiter sicher eingesetzt werden können. Das ermöglicht das Software-Produkt VERB mit umfangreichen Berechnungsmöglichkeiten – per Knopfdruck und in wenigen Minuten.

VERB steht für »Versagensbewertung von Rissbehafteten Bauteilen«. Damit lassen sich Bauteile aus spröden und zähen metallischen Werkstoffen bewerten. Das Programm wird im Fraunhofer IWM seit den 80er Jahren kontinuierlich weiterentwickelt, seit mehr als zehn Jahren werden externe Lizenzen an Unternehmen und Forschungsinstitute vergeben. Die Bewertungsbasis von VERB ist konform mit internationalen Richtlinien und deshalb sowohl für Anwender als auch für Experten geeignet.

»Das Programm bietet eine umfangreiche Bewertung rissartiger Fehler«, erläutert Igor Varfolomeev, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fraunhofer IWM in Freiburg. VERB zeige, ob und wie Risse wachsen, und zwar sowohl unter statischer als auch unter zyklischer Belastung. »Auch Rissfortschrittskurven als Funktion der Zeit oder der Lastzyklen sind darstellbar. Mit Hilfe einer weiteren Funktion lassen sich die Eingangsgrößen variieren und so Parameter- bzw. Sensitivitätsanalysen durchführen«, ergänzt Varfolomeev. Für anspruchsvolle Anwendungen verknüpfe VERB numerische Spannungsberechnungen mit bruchmechanischen Analysen.

Igor Varfolomeev betreut die Weiterentwicklung von VERB und unterstützt die Anwender aus der Industrie. »Das Programm wird ständig an kundenspezifische Anforderungen angepasst. Damit sind eine langfristige Zusammenarbeit und der fachliche Austausch mit Industriepartnern gewährleistet«, betont er.

igor.varfolomeev@iwm.fraunhofer.de

Mit Schichten zum Ziel

Warum und wie Innovationen durch neue Schichten ermöglicht werden, erläutert Dr. Günter Kleer, Leiter des Geschäftsfelds Fertigungstechnologien im Fraunhofer IWM in Freiburg.



■ Ihre Teams entwickeln Beschichtungen – was beschichten Sie denn?

Wir beschichten Glas, Kunststoffe, Keramiken, Stähle, Hartmetalle, Sonderlegierungen, und außerdem verschiedene Halbleitermaterialien. Silizium etwa spielt eine große Rolle, es wird mittlerweile nicht nur in der Halbleitertechnik gebraucht, sondern auch in der Photovoltaik. In der Medizintechnik kommen aufgrund der beschränkten Zulassungen Spezialmaterialien hinzu.

■ Wie starten Sie in ein Beschichtungsprojekt?

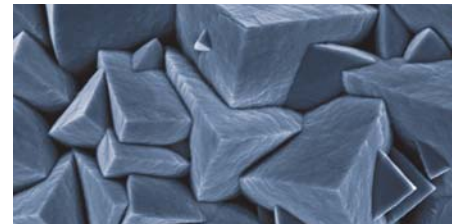
Unser Ausgangspunkt ist in der Regel der Bedarf eines Industriekunden an einer innovativen Lösung. Der Kunde will produzieren, will Funktionalität, und die erste Frage ist: Komme ich mit einer Schicht diesem Ziel näher? Als Fraunhofer-Institut sind wir prädestiniert, einzuschätzen, ob eine Beschichtung das richtige Mittel ist, die Aufgabe zu lösen, und um dann zielgerichtet eine neue Schicht zu entwickeln.

■ Mit welchen Anliegen kommen die Kunden?

Beispielsweise werden immer wieder neue Kunststoffe entwickelt. Sie müssen geprägt oder gespritzt werden, vertragen sich aber nicht mit den Werkzeugmaterialien. Das bringt Verschleißprobleme, und dann werden neue Prägwerkzeuge gebraucht, die länger halten. Automobilzulieferer wollen Display-Scheiben für den Armaturenbereich entspiegeln. Wir entwickeln Prägetechniken, um eine Antireflexoberfläche, eine so genannte Mottenaugenstruktur, auf den Kunststoff aufzubringen.

Ein anderes Beispiel sind Gläser für die Optik. Viele enthalten bisher noch Bleioxid. In Europa sollen aber bald nur noch bleifreie Gläser eingesetzt werden. Die Vorschriften treten in ein paar Jahren in Kraft. Für die Verarbeitung der neuen bleifreien Gläser braucht man aber höhere Temperaturen. Auch das verlangt neue Prägwerkzeuge.

Die Materialverträglichkeit spielt auch in der Fluidik eine Rolle. Aufgrund der transportierten Medien müssen Gefäß- und Kanalwände beschichtet werden, andererseits darf dieses Schichtmaterial nicht in die Flüssigkeit gelangen. Für die Medizintechnik beschichten wir die Oberflächen von Gefäßwandstützen, den so genannten Stents, mit Nanostrukturen. Denn damit kann das Einwachsen von Gewebe verhindert werden und der Blutfluss unbehindert bleiben.



Ein neues Anwendungsgebiet ist Vakuumisolierverglas für die Baubranche. Für ein dauerhaftes Vakuum zwischen den Scheiben brauche ich metallische Glaskompatible Schichten, die mit Löttechniken weiterprozessiert werden können. Hier ist der Weg aber noch weit, um die Herstellung wirtschaftlich zu machen.

■ Was sind Ihre Kernfragen?

Welche Funktion soll die Schicht haben? Wie soll sich die Schicht zusammensetzen? Wie kann ich sie abscheiden? Dann schauen wir: Welche Eigenschaften hat die hergestellte Schicht? Hat sie den gewünschten Effekt? Hält sie auf dem Bauteil? Manchmal sind die Rahmenbedingungen eng – etwa durch Zulassungsbestimmungen für Implantate. Anderswo ist man auf bestimmte Materialkombinationen festgelegt, um die geforderte Funktionalität überhaupt erreichen zu können – vielleicht, weil die Umgebung sehr heiß werden kann. Wissen und Erfahrung spielen da eine große Rolle. Für die Feinabstimmung haben wir heute die Möglichkeit, über die numerische Simulation die Schichten weiter zu optimieren.



Sandwich für die Luftfahrt berechnet, geprüft – Ziel: Sicherheit

In der Luftfahrt hat Sicherheit absolute Priorität. Das macht Innovationen im Flugzeugbau prekär: Leichtbauteile können die Herstellungskosten und den Treibstoffverbrauch senken. Aber sind diese Sandwichbauteile aus stabilen Deckschichten, die ein leichter Hartschaum innen stabilisiert, auch als tragende Teile geeignet? Diese Frage beantwortet das Fraunhofer IWM in Halle – mit Simulationen am Rechner und im Experiment.

Der Schlitten fährt in die Klimakammer. Schock: Minus 55 Grad Celsius treffen auf die hochwertige Sandwichstruktur aus carbonfaserverstärkten Deckschichten (CFK) mit einem geschlossenzelligen Polymethacrylimid-Schaum (PMI) in der Mitte. So kalt ist es auf 10.000 Meter Flughöhe. Und was geschieht, nachdem Hagelkörner oder Vögel auf die Oberfläche des Sandwichbauteils geprallt sind und von außen nicht sichtbare Schäden erzeugt haben? Mitarbeiter im Leistungsbereich »Polymerbasierte Hochleistungsverbundwerkstoffe« unter Leitung von Dr. Ralf Schäuble im Fraunhofer IWM in Halle konzipieren dafür Tests und analysieren genau, wie sich das Bauteil verändert.

Ihre Ergebnisse wandern wiederum in Rechenmodelle, mit denen sie das Verhalten der Sandwichbauteile am Computer simulieren. »Der Temperaturschock kann das Bauteil belasten, jedoch nicht zwangsweise stärker als ein langsames Abkühlen. Entscheidenden Einfluss hat die Geometrie«, das hatte Martin Gutwinski bereits ausgerechnet. Besonders an den Kanten, da, wo die Deckschichten direkt aufeinander treffen, treten die größten Spannungen auf.

>> ■ Spielen auch Nanostrukturen eine Rolle?

Nun, bei Kontaktproblemen kann es ein Erfolg versprechender Ansatz sein, Materialien auf der Nanoskala zu mischen, bevor man sie abscheidet. Da hilft uns die Modellierung heute im Vorfeld. Wir schauen uns – bis auf die atomare Ebene – im Computer die Wechselwirkungen innerhalb der Schicht an und untersuchen das Aufwachsen der Schicht und die Haftung an der Oberfläche. Dazu, wie sich unterschiedliche Strukturen oder auch feinste Zugaben auf die Haftung auswirken, bekommen wir heute am Computer sehr aussagekräftige Ergebnisse.

Auch unsere Anlagentechnik haben wir kontinuierlich weiterentwickelt: Wir können von der Ionenstrahldeposition bis zum Hochfrequenz-Sputtern verschiedene

Verfahren einsetzen, um die Machbarkeit von Beschichtungen zu klären. Sobald diese gesichert ist, kommt die Frage nach der Wirtschaftlichkeit. Dann gehen wir mit den Firmen die nächsten Schritte bis hin zu einer kostengünstigen Anlagentechnik für die industrielle Produktion.

»Die Frage nach Schäden im Verbundmaterial stellt sich also vom ersten Tag«, erläutert Martin Rinker, der sich rechnerisch wie experimentell den bruchmechanischen Anforderungen widmet. Tragende Teile wie Rumpf oder Flügel dürfen während der Lebensdauer eines Flugzeugs keinesfalls versagen. Deshalb wird in Halle die Schadensausbreitung bei langen Belastungszyklen verfolgt – am Rechner ist das kein Problem. Doch um neue Materialien als tragende Teile für Luftfahrzeuge einsetzbar zu machen, sind heute langwierige Untersuchungen notwendig. Dennoch ist das Ziel klar: Mehr virtuelle Tests. martin.rinker@iwmh.fraunhofer.de
martin.gutwinski@iwmh.fraunhofer.de

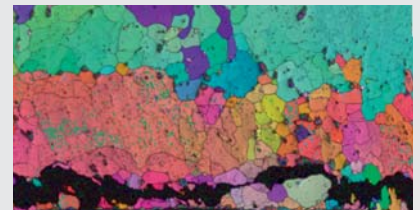
■ **Gibt es Schwerpunktbranchen?**
Wir arbeiten vorwiegend für die Automobilzulieferindustrie, den Maschinenbau und die Optische Industrie. Beschichtungen brauche ich aber auch in der Medizintechnik, im Apparate-, Anlagen und Vorrichtungsbau. Auch aus Umwelt- oder Kostengründen werden Substitutionen erforderlich, die sich durch Beschichtungen realisieren lassen. Wenn am Markt keine Lösung verfügbar ist, kommt man zu uns.



Am besten wäre es, Elektroautos könnten so viel Energie, wie beim Bremsen frei wird, auf einmal speichern. Doch die atomistische Simulation zeigt, »dass beides – schnell und viel – nicht geht«, erklärt

Lars Pastewka. Der 29-Jährige Doktorand macht die widersprüchlichen Anforderungen an Superkondensatoren berechenbar. Nach seiner Diplomarbeit an der Uni Freiburg kam der Mikrosystemtechniker und Physiker Ende 2005 ins Team »Physikalische Modellierung« am IWM in Freiburg. Neben den Kohlenstoffnanoröhren zum Energiespeichern beschäftigen ihn diamantähnliche Kohlenstoffschichten zum Verschleißschutz.

lars.pastewka@iwmh.fraunhofer.de



Als Diplomandin der Elektrotechnik der TU Dresden kam **Sandy Bennemann** 2004 ans Fraunhofer IWM in Halle und blieb.

Seit Januar 2008, nach der Geburt ihrer Tochter, bringt die 29-Jährige als Teil der Teamleitung ihr Organisationstalent und ihre Akquise dafür ein, dass es im Bereich »Bewertung mikroelektronische Systemintegration« mit elf Mitarbeitern rund läuft. An der Forschung zu Aufbau- und Verbindungstechniken der Mikroelektronik bleibt sie dran: Knifflige Industrieaufträge bearbeitet sie an Transmissions- oder Rasterelektronenmikroskop und fokussierenden Ionenstrahl-Anlagen auch selbst.

sandy.bennemann@iwmh.fraunhofer.de



Fraunhofer

60 Jahre im Auftrag der Zukunft.

Schäume berechnen



Wie lautet die ingenieurtechnische Antwort auf gegensätzliche Anforderungen an ein und dasselbe Bauteil? Hier: Hybridschäume für »differenziertes Kompressionsverhalten«. Die Bauteile sollen weich sein (etwa, damit ein Auto einen Fußgänger möglichst wenig verletzt) und dennoch schwere Stöße sicher abfangen, hohe Temperaturen aushalten und Schallwellen dämpfen. Fünf Fraunhofer-Institute wollen dafür Schäume aus Metall, Keramik und Kunststoff kombinieren, Hohlräume des einen mit einem anderen Schaum befüllen oder zu weichem Material feinste Metallschaumkügelchen zugeben. Die Vielzahl der Varianten – Poren- und Partikelgröße, Zellgeometrie, Materialien – soll das Fraunhofer IWM mit Hilfe der Modellierung eingrenzen. Doch Schäume zu berechnen ist nicht einfach, erst recht in Kombination. »Wir reduzieren gezielt und behandeln sie wie Material ohne Leerräume«, erläutert IWM-Wissenschaftler Jörg Hohe. Nur so führt ein verträglicher Aufwand zu einem aussagekräftigen Ergebnis, und die Materialentwickler können sich auf vielversprechende Kombinationen konzentrieren.

joerg.hohe@iwm.fraunhofer.de
ralf.schaeuble@iwmh.fraunhofer.de

Gegen Biofilme (Antifouling)

Überall, wo es feucht ist, in Rohren, auf den Zähnen, gibt es ihn: den Biofilm. Auch Schiffen macht dieses »Biofouling« zu schaffen: Erst setzen sich Zuckermoleküle und Proteine an, von ihnen ernähren sich Einzeller. Das wiederum lockt größere Algen und dann Seepocken. Wird dieses Fouling nicht beseitigt, entsteht eine betonartige Schicht. Ein Zentimeter genügt, und ein Containerschiff verbraucht 50 Prozent mehr Treibstoff. Künftig soll ein elektrisch leitender Antifouling-Lack den Schiffsrumpf schützen. Wird Niederspannung angelegt, vertreibt dies Einzeller und verhindert das Anwachsen von Seepocken. Für die Balance zwischen Leitfähigkeit, Haftfestigkeit und Stabilität der Lacke analysiert das IWM Halle deren Eigenschaften und Struktur. In drei Jahren, so IWM-Koordinator Manfred Füting, wollen die Projektpartner ein marktfähiges Produkt vorweisen.

manfred.fueiting@iwmh.fraunhofer.de

Rückblick

Nachwuchs-Preis in Halle

Die Ingenieurin Yvonne Jahn vom Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ erhielt den mit 1000 € dotierten REHAU-Preis Technik 2008. Ihre Diplomarbeit zu verstärktem Polyethylen bildete die Basis für eine einstufige Technologie zur Direktverarbeitung von Cellulose regeneratfasern mit einem Injection Molding Compounder (IMC). Die Arbeit wurde in Halle gemeinsam von der Martin-Luther-Universität und dem Fraunhofer IWM betreut. REHAU ist internationaler Marktführer für polymerbasierte Lösungen in den Bereichen Bau, Automotive und Industrie.

yvonne.jahn@iwmh.fraunhofer.de

2:1 für SolarValley

Zwei Institute – ein zentraler Dienstleister für die Industrie in Sachsen-Anhalt: Fraunhofer IWM und Fraunhofer ISE betreiben in Halle gemeinsam das Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP. Die Einrichtung wurde jetzt doppelt gewürdigt: vom Landeswirtschaftsminister als »Erfolgsgeschichte – made in Sachsen-Anhalt« und als einer von 365 ausgezeichneten »Orten der Ideen 2009« im Rahmen der Initiative »Deutschland – Land der Ideen« von Bundesregierung und deutscher Wirtschaft.

Ausblick

Keramik für die Walztechnik

Nachdem der Einsatz von Keramik für Drahtführungen, Schweißrollen und Drückwalzen bereits erfolgreich ist, entwickelt das Fraunhofer IWM nun zusammen mit Keramikherstellern und potenziellen Anwendern aus der Walztechnik neue Werkzeuge wie Drahtwalzen und Folienwalzen. Für die neuesten Entwicklungen beginnt jetzt die Erprobungsphase, für die Anwender aus der Drahtherstellung gesucht werden. Über die Ergebnisse der Entwicklungsprojekte informiert das 2. Fachsymposium »Walzen mit Keramik« am 28. und 29. Juli 2009 auf Schloss Engers. Anmeldung bei andreas.kailer@iwm.fraunhofer.de

Fraunhofer IWM

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

Weniger Reibung

Weniger Reibung heißt weniger Energieverbrauch und längere Lebensdauer. Im März lud die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung zum Seminar »Physics of Tribology«. Für die Inhalte war das Fraunhofer IWM verantwortlich. 65 Teilnehmer kamen aus aller Welt: zum einen von USA bis Japan nach Bonn, zum anderen aus der atomaren Grundlagenforschung und Modellierung genauso wie aus der Industrie. Intensiver wissenschaftlicher Austausch zwischen Atomistik und Anwendung war das Ergebnis.

martin.dienwiebel@iwm.fraunhofer.de

Mehr Haftung

Die Oberfläche von Kunststoffbahnen lässt sich durch Atmosphärendruckplasma (Corona-Entladungen) modifizieren. Die Qualitätssicherung im Prozess stand im Fokus eines praxisorientierten Workshops im November 2008 bei der Firma Softal in Hamburg. Unter den 40 Teilnehmern waren Hersteller und Anwender von Anlagen zur Vorbehandlung von Polymeroberflächen sowie Entwickler von Prozessüberwachungstechnik. Sie tauschten neben dem Stand der Technik auch Ideen für neue Entwicklungsthemen aus.

andreas.kiesow@iwmh.fraunhofer.de

Universalwerkzeug Ionenstrahl

Die fokussierende Ionenstrahltechnik steht im Mittelpunkt des 4. FIB-Workshops, der vom 29.–30.06.2009 am Fraunhofer IWM in Halle stattfindet. Das Vortragsprogramm bietet theoretische und gerätetechnische Grundlagen der FIB-Technik und deren Anwendung für Materialuntersuchungen und Querschnittspräparationen bis zur Mikrobearbeitung. Der zweitägige Workshop wird vom Arbeitskreis FIB der DGE, ASEM und SSOM zusammen mit dem DGM-Arbeitskreis »FIB-Anwendungen in der Materialographie« durchgeführt. Detaillierte Informationen erhalten Sie bei frank.altmann@iwmh.fraunhofer.de

Impressum

Text: Doris Banzhaf, Grafik: Erika Hellstab, Fotos: Michael Spiegelhalter, Fraunhofer IWM
 Verantwortlich: Thomas Götz
thomas.goetz@iwm.fraunhofer.de
 © Fraunhofer IWM, www.iwm.fraunhofer.de

Institut Freiburg

Wöhlerstraße 11, 79108 Freiburg
 Telefon 0761 5142-0

Institut Halle

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