

Jahresbericht
Annual Report

'13

Sicherheit in Technik und Chemie

Unser Auftrag

Wir gewährleisten als material-technische und chemisch-technische Bundesanstalt Sicherheit in Technik und Chemie durch

- Forschung und Entwicklung
- Prüfung, Analyse, Zulassung
- Beratung und Information

mit dem Ziel, die Entwicklung der deutschen Wirtschaft zu fördern.

Unsere Leitlinie

Sicherheit in Technik und Chemie

Unsere Fachaufgaben

- ▶ Hoheitliche Funktionen zur öffentlichen technischen Sicherheit, insbesondere im Gefahrstoff- und Gefahrgutrechtsbereich;
- ▶ Mitarbeit bei der Entwicklung entsprechender gesetzlicher Regelungen, z. B. bei der Festlegung von Sicherheitsstandards und Grenzwerten;
- ▶ Beratung der Bundesregierung, der Wirtschaft sowie der nationalen und internationalen Organisationen im Bereich der Materialtechnik und Chemie;
- ▶ Entwicklung und Bereitstellung von Referenzmaterialien und -verfahren, insbesondere der analytischen Chemie und der Prüftechnik;
- ▶ Unterstützung der Normung und anderer technischer Regeln für die Beurteilung von Stoffen, Materialien, Konstruktionen und Verfahren im Hinblick auf die Schadensfrüherkennung bzw. -vermeidung, den Umweltschutz und den Erhalt volkswirtschaftlicher Werte.
- ▶ Weiterentwicklung von Sicherheit und Zuverlässigkeit in Chemie- und Materialtechnik

Unsere nationale und internationale Zusammenarbeit

Die Aufgaben der BAM für Technik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft erfordern eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Insofern arbeitet die Bundesanstalt mit Technologieinstitutionen des In- und Auslandes, insbesondere den nationalen Schwesterinstitutionen eng zusammen. Sie berät Bundesministerien, Wirtschaftsverbände, Industrieunternehmen sowie Verbraucherorganisationen und unterstützt mit Fachgutachten Verwaltungsbehörden sowie Gerichte. Daneben ist sie in die internationale technische Zusammenarbeit eingebunden und im Bereich „Messwesen – Normung – Prüftechnik – Qualitätssicherung“ (MNPQ) als nationale Institution für die Prüftechnik zuständig. Die Mitarbeiter der Bundesanstalt wirken in zahlreichen Fachgremien, gesetzlichen Körperschaften und normensetzenden Institutionen an der Aufstellung von technischen Regeln und Sicherheitsbestimmungen mit und vertreten die Bundesrepublik in nationalen und supranationalen Einrichtungen.

Unser Status

Die BAM ist als wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Nachfolgeinstitution des 1871 gegründeten Staatlichen Materialprüfungsamtes sowie der 1920 gebildeten Chemisch-Technischen Reichsanstalt (CTR). Sie hat dementsprechend die Funktion einer materialtechnischen und chemisch-technischen Bundesanstalt. In ihr sind etwa 1800 Mitarbeiter, darunter mehr als 1000 Wissenschaftler und Ingenieure, auf dem Stammgelände in Berlin-Lichterfelde sowie auf den Zweiggeländen in Berlin-Steglitz und Berlin-Adlershof tätig.

Jahresbericht
Annual Report
2013

Impressum/Editorial Information

Jahresbericht 2013/*Annual Report 2013*

Herausgeber/Publisher:

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
Postanschrift: 12200 Berlin
Telefon: +49 30 8104-0
Telefax: +49 30 8112029
E-Mail: info@bam.de
Internet: www.bam.de

Redaktion/Editing:

Dr. Ulrike Rockland (verantwortl.), BAM-PST.2
Daniel Ristow, BAM-Z.8

Autoren/Authors:

Gideon Heimann, Ulf Hoffmann, Dr. Ulrike Rockland
unter Mitarbeit zahlreicher Damen und Herren in den Abteilungen
with the help of numerous colleagues from the departments

Übersetzung/English by

Nigel Pye, NP Services
Foley View, Farleigh Lane,
Maidstone, Kent, ME16 9LX, England
npservices4u@gmail.com

Schlussbearbeitung/*Final Editing:* BAM

Layout:

BAM-PST.2, BAM-Z.8

Bilder und Grafiken/Illustrations:

Wenn nicht anders vermerkt:
BAM-Fachabteilungen, PST.2 und Referat Z.8

Druck und Verarbeitung/Print:

Druckerei besscom AG
www.besscom.de

ISSN 0934-9456

Die BAM ist eine wissenschaftlich-technische
Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

*BAM is a senior scientific and technical Federal
institute with responsibility to the Federal Ministry
for Economic Affairs and Energy.*



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie**

Die Mitglieder des Kuratoriums der BAM

Detlef Dauke (Vorsitzender)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Leiter der Abteilung Innovations-, IT- und Kommunikationspolitik, Berlin

Dr.-Ing. Torsten Bahke

Vorsitzender des Vorstands des DIN, Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

Professorin Dr.-Ing. Christina Berger

ehemals Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde, Staatliche Materialprüfungsanstalt, Technische Universität Darmstadt

Professor Dr. sc. nat. ETH Gian-Luca Bona

Direktor der EMPA, EMPA Materials Science & Technology, Dübendorf, Schweiz

Professor Dr. rer. nat. Ulrich Buller

Leiter des Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie, IZI Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse, Potsdam

Dr.-Ing. Matthias Fankhänel

BASF SE, Senior Vice President, Ludwigshafen

Dr.-Ing. E. h. Bernhard Fischer

Vorsitzender des Aufsichtsrates, CEO der E.ON Generation GmbH, Hannover

Dr. rer. nat. Thomas Grandke

ehemals Siemens AG, Corporate Technology, Berlin

Professor Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult. Jörg Hinrich Hacker

Präsident der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V., Halle

Dr. rer. nat. Friedrich Heinemeyer

ehemals Geschäftsführer der DynITEC GmbH, Troisdorf

Professor Dr. rer. nat. habil. Dr. h. c. Reinhard F. Hüttl

Wissenschaftlicher Vorstand des GeoForschungsZentrums Potsdam

Dr.-Ing. Stefan Kienzle

Daimler AG, Centerleiter „Leichtbau, Material- und Produktionstechnologien“, Sindelfingen

Dr.-Ing. Jutta Klöwer

ThyssenKrupp VDM GmbH, Leiterin Forschung und Entwicklung, Altena

Alexandra Knauer

Geschäftsführerin der KNAUER Wissenschaftliche Gerätebau Dr.-Ing. Herbert Knauer GmbH, Berlin

Dr.-Ing. Sebastian Muschelknautz

Linde AG, Linde Engineering Division, Pullach

Professor Dr. sc. nat. Dr. h. c. Joachim Sauer

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Chemie, Arbeitsgruppe Quantenchemie, Berlin

Professor Dr. rer. nat. habil. Ferdi Schüth

Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim

Professorin Dr. rer. nat. habil. Brigitte Voit

Wissenschaftliche Direktorin und Vorstand, Teilinstitutsleiterin Makromolekulare Chemie, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.

Professor Dr.-Ing. Hans-Werner Zoch

Geschäftsführender Direktor des IWT, IWT Stiftung Institut für Werkstofftechnik, Leiter der Hauptabteilung Werkstofftechnik, Bremen



6 **BAM 2013**

Gespräch mit dem Präsidenten der BAM Prof. Dr. Ulrich Panne	8
Die BAM im Kurzportrait	14
Alumni	16
Eine Röntgenaufnahme beim Arzt aus Sicht der Zertifizierer	18
Ein Weg zum Dokortitel: Promotionsprogramm der BAM	22
Mit Kind und Kegel in der BAM Karriere machen	24



28 **Infrastruktur**

Fahr'n auf der Autobahn	30
Eine Schutzcreme für Beton mit Tiefenwirkung	34
Brücken mit Sensoren drahtlos überwachen	38



42 **Energie**

Das Auto als Batterie	44
-----------------------	----

6 **BAM 2013**

<i>Interview with BAM's President Prof. Dr. Ulrich Panne</i>	8
<i>BAM's portrait</i>	14
<i>A doctor's X-ray from a certifier's point of view</i>	18
<i>The path to a Ph.D.: BAM's doctoral degree programme</i>	22
<i>Career and family at BAM</i>	24

28 **infrastructure**

<i>Hit the road, Jack, ...</i>	30
<i>A protective cream for concrete with deep effect</i>	34
<i>Wireless monitoring of bridges by sensors</i>	38





48 Material

Schweißnähte mit tonnenschwerer Prüfkraft erforschen	50
Reaktive Brandschutzsysteme auf Stahlzuggliedern	54
Neue Glasfassaden an Hochhäusern: technisch sicher und makellos schön	58
Temperaturen, bei denen Elastomerdichtungen versagen	62
Risse, die leuchten	66

48 material

<i>Testing welds under heavy test loads</i>	50
<i>Reactive fire protection systems applied to solid steel rods in tension</i>	54
<i>New glass façades on tall buildings: technically safe and absolutely beautiful</i>	58
<i>Temperatures where elastomeric seals fail</i>	62
<i>Cracks that shine</i>	66



70 Umwelt

Zuverlässig, kostengünstig und „grün“: Nachweisverfahren für Schadstoffe im Wasser	72
Ein Schleier, der lebt	76
Dr. Dino Peter McMahon als Juniorprofessor an der BAM	80
Die anderen Eigenschaften von modernen Materialien	84

70 environment

<i>Reliable, cost-efficient and “green”: method for pollutant detection in water</i>	72
<i>Living veils</i>	76
<i>Dr. Dino Peter McMahon looks forward to a junior professorship at BAM</i>	80
<i>Other properties of modern materials</i>	84



88 Analytical Sciences

In 15 Minuten der Korrosion auf der Spur	90
Nanomaterialien unter die Lupe genommen	94
Kunst im Blick – aber bitte zerstörungsfrei	98
Die Effizienz des Lichtes messen	102
SALSA – Forschen ohne Grenzen	106

88 analytical sciences

<i>Tracing down corrosion in 15 minutes</i>	90
<i>Nanomaterials scrutinised by the microscope</i>	94
<i>A non-destructive look at art</i>	98
<i>Measuring light's efficiency</i>	102
<i>SALSA – Research without borders</i>	106

110 Anhang

Was und wieviel	110
Lagepläne	112
Organigramm	116

110 appendix

<i>What and how much</i>	110
<i>Site maps</i>	112
<i>Organigram</i>	118



BAM 2013





Gespräch mit dem Präsidenten der BAM Prof. Dr. Ulrich Panne

Interview with BAM's President Prof. Dr. Ulrich Panne

An important event in BAM's 2013 reporting year took place in September: the change in the office of the President. After 11 years in office, Prof. Hennecke retired. His successor is Prof. Ulrich Panne, who has been Head of Department 1 "Analytical Chemistry; Reference Materials" at BAM and a W3(S) Professor for Instrumental Analytical Chemistry at the Humboldt Universität zu Berlin since 2004. He is an expert in the field of developing spectrochemical methods and, as part of the Excellence Initiative of the Federal and State (Länder) governments, co-founded the Graduate School of Analytical Sciences Adlershof (SALSA) in 2012. He still serves as one of the spokespersons of SALSA. BAM is the only departmental research institution with such successful participation in an institution of the Excellence Initiative.

We interviewed Prof. Panne in January 2014.

Prof. Panne, you know the BAM inside out from your ten years in your previous role as a department head – what are your goals for your presidency?

As a departmental research institute of the newly restructured Federal Ministry of Economic Affairs and Energy, BAM is positioned well in the German science landscape as a mediator at the ever so important interface between policy and administration, economics, science and technology. However, the interplay between these parties will not work without the citizens' confidence in technical safety – we make an important contribution to establishing this confidence. Our primary task is to identify scientific and technical developments that are relevant for BAM's mission as early as possible. Important questions in this context are: What do we have to do today to secure our future? What are we going to consider as key elements, i.e. structures and actions, for the success of BAM in 2020? My predecessors have always been extraordinarily successful in practicing this advance control, which is why the BAM has always fared well and is strong today. This process is fluid, almost evolutionary, since conditions change continuously, as do the subject areas which determine what we work on.

Can you give us an example?

Let's take the important issue of producing energy from renewable sources – it will remain important for a long time, with ever changing perspectives and challenges. But we have been working on it long before the issue became known in society and politics, whether it was dealing with the materials and structures for the foundations of offshore wind turbines or with systems for in-situ measurement of the stability of rotor blades. After all, these components have to survive long term in aqueous saline environments and operate without any defects. Sure, their foundations consist of well-known materials such as steel and concrete, which of course had to be upgraded for their application in the North Sea – a question of materials and structure in a new, mechanically and chemically rather aggressive system context. We also research corrosion resistance of components for use in geothermal energy production. Yes, it's a renewable energy source, the experimental use of which currently poses many challenges, but we must also recognise the opportunities which it has to offer in the future. In yet another project, we worked on resource-efficient recycling of photovoltaic components – and the list goes on.

Energy is certainly an important issue, but what about maintaining our infrastructure in light of tight budgets and aging engineering structures such as railway and motorway bridges?

The safety of a multitude of different structures, recognising and guarding against threats from corrosion, static and dynamic loads, taking into account the parameter time, is a topic where we have been conducting research continuously and intensively since the very early years – a tradition which dates back to Adolf Martens.

Much time has passed since then...

... but the job of looking at and developing new methods for the safety-related behaviour of materials under extreme conditions remains the core of our research and the task we are commissioned by the state to perform. However, circumstances change: As recently as 30 years ago,



Ein wichtiges Ereignis im Berichtsjahr 2013 der BAM fand im September statt: Der Wechsel im Amt des Präsidenten. Prof. Dr. Hennecke, der es elf Jahre lang bekleidete, trat in den Ruhestand. Zu seinem Nachfolger wurde Prof. Dr. Ulrich Panne berufen, von 2004 an W3(S)-Professor für Instrumentelle Analytische Chemie an der Humboldt-Universität zu Berlin und Leiter der Abteilung 1 „Analytische Chemie; Referenzmaterialien“ an der BAM. Der Fachmann auf dem Gebiet der spektrochemischen Methodenentwicklung war 2012 überdies Mitbegründer der Graduiertenschule für Analytical Sciences Adlershof (SALSA) innerhalb der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder, er ist weiterhin einer der Sprecher von SALSA. Die BAM ist die einzige Ressortforschungseinrichtung mit einer solchen erfolgreichen Beteiligung an einer Einrichtung der Exzellenzinitiative.

Wir interviewten Prof. Panne im Januar 2014.

Herr Prof. Panne, Sie kennen die BAM bereits seit zehn Jahren aus Ihrer bisherigen Funktion als Abteilungsleiter sehr gut – welche Ziele möchten Sie nun während Ihrer Präsidenschaft anstreben?

Die BAM steht als Ressortforschungseinrichtung des neu aufgestellten Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gut in der deutschen Wissenschaftslandschaft, als Vermittler an der so wichtigen Schnittstelle zwischen Politik und Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Technik. Das Zusammenspiel dieser Beteiligten funktioniert jedoch nicht ohne das Vertrauen der Bürger in die technische Sicherheit – wir leisten einen wichtigen Beitrag dazu, eben dieses Vertrauen zu rechtfertigen. Unsere vorrangige Aufgabe ist es, wissenschaftliche und technische Entwicklungen mit Relevanz für den Auftrag der BAM möglichst früh zu erkennen. Wichtige Fragen dazu sind: Was müssen wir heute leisten, damit die Zukunft gelingt? Und was werden wir aus einer erfolgreichen BAM im Jahre

2020 als wesentliche Elemente, also Strukturen und Handlungen, für unseren Erfolg ansehen? Diese „Vorsteuerung“ ist meinen Vorgängern stets außerordentlich gelungen, deshalb stand und steht die BAM ja auch so gut da. Dies geschieht fließend, gleichsam evolutionär, so, wie sich ja auch die Rahmenbedingungen beständig verändern, ebenso wie die Themenfelder, die unsere Arbeit bestimmen.

Können Sie ein Beispiel nennen?

Nehmen wir nur mal das wichtige Thema der Energiegewinnung aus regenerativen Quellen, es wird uns noch lange erhalten bleiben – halt unter sich wandelnden Gesichtspunkten und Aufgabenstellungen. Doch schon weit bevor das Thema in der Gesellschaft und in der Politik angekommen war, haben wir daran gearbeitet; sei es, dass wir uns mit den Materialien und Strukturen für die Fundamente von Offshore-Windkraftanlagen befassten oder mit Systemen zur in-situ-Messung der Stabilität von Rotorblättern. Schließlich sollen diese Bauteile lange Zeit in wässriger, salzhaltiger Umgebung überstehen und defektfrei funktionieren. Sicher, ihre Fundamente bestehen aus altbekannten Werkstoffen wie Stahl und Beton, freilich mussten sie für ihre Anwendung in der Nordsee ertüchtigt werden – eine Frage von Material und Struktur im neuen, mechanisch sowie chemisch durchaus aggressiven Systemzusammenhang. Aber auch an der Korrosionsbeständigkeit von Komponenten für den Einsatz in der Geothermie arbeiten wir. Eine regenerative Energiequelle, deren versuchsweise Nutzung zurzeit viele Probleme bereitet, aber wir müssen auch die Chancen erkennen, die sie künftig bieten könnte. In einem anderen Projekt ging es um das Ressourcen schonende Recycling von Photovoltaik, mehr möchte ich hier gar nicht aufzählen.

Energie ist sicher ein bedeutendes Thema, aber wie steht es um die Erhaltung unserer Infrastruktur, angesichts knapper Kassen und zunehmenden



we had many sovereign tasks which, in the course of a unifying Europe and the new approach, were passed on to the Notified Bodies. So, in some areas we have thus lost classic official duties although we never have been a classic enforcement authority. Today, we are in some ways just one research institution among many others.

Competition is good for business...

Agreed, but it is not enough to know what level of performance you can provide. We have to be seen and perceived as competent from the outside by our customers and partners. You can't just proclaim yourself as such; you will only ever be truly recognised if you are among the three best institutions. We must see it as an opportunity to position ourselves even more clearly than before to become more visible. And that applies to both science, and industry and politics.

We are going to talk about the visibility of the BAM in Germany's general public later on in a different context. But you certainly can't complain about a lack of coverage in a European or even global context – consider, for example, the issue of hazardous goods safety.

Right, that is also a traditional area of responsibility of the BAM, albeit one with a limited number of "players". After all, it is an area where an extensive need for regulation intersects with a high level of technological advancement which is driven by our constant research. In that context I expect a still growing importance of our participation in standard-setting institutions because there is a growing trend in the EU towards not casting everything into rules and regulations. Instead, there are agreements and standards coming from the scientific community which are replacing them. Networks and internationalisation remain BAM's important strategic objectives in this context in the next few years.

But doesn't each new focus mean that you have to reduce capacity elsewhere?

Of course we always have to ask whether we are addressing the correct and really important issues. Given limited resources, you have to set priorities. Not all current topics are equally important to BAM's mission in the future. It is for good reason that we write in our mission statement that we support the technological transformation of our country according to our mission of safety in technology and chemistry. This change logically requires us to continuously transform and renew ourselves and update our knowledge. This knowledge and competence will make us visible. This knowledge was in the past and is today all the more a special feature: it was not a disciplinary knowledge since safety can only be achieved through the cooperation of different disciplines. This interdisciplinary work always manifests itself in the object under study, and it is the dealing with the common object that creates a common language, which is the key feature of interdisciplinarity and BAM's most important asset.

It is also what harbours our future success because it does not emerge from one discipline's well-known sectors, but at the interfaces between disciplines.



Vorbereiten eines für die Zulassung erforderlichen Fallversuchs mit einem für den Schacht Konrad bestimmten Behälter

Preparing a drop test required for the approval of a container for the Konrad mine

Can one recognise the thematic challenges of the next years? What is emerging?

The first in-depth discussions within the Board of Directors suggest that our success stems from a strategic alignment to the environment's needs and from our own strengths. Three fields of application, i.e. energy, environment and infrastructure and two key technologies, i.e. materials

Alters etwa von Ingenieurbauwerken wie zum Beispiel Bahn- und Autobahnbrücken?

Die Sicherheit von ganz unterschiedlichen Bauwerken sowie das Erkennen und die Abwehr von Bedrohungen durch Korrosion, durch statische und dynamische Lasten unter Berücksichtigung des Parameters Zeit, das ist ein Thema, an dem wir doch seit den Gründerjahren kontinuierlich und intensiv forschen – eine Tradition, die auf Adolf Martens zurückgeht.



Wie lang ist die Restlebensdauer einer Brücke? Experten der BAM forschen daran. Abbruch der Spandauer Damm Brücke in Berlin

How long is the residual service life of a bridge? BAM experts are researching it. Demolition of the Spandauer Damm bridge

Seither ist viel Zeit vergangen ...

... aber die Aufgabe, das sicherheitsrelevante Verhalten von Materialien in Grenzbereichen zu betrachten und neue Methoden dafür zu entwickeln, ist der Kern unserer Forschung geblieben und unserer Aufgabe, die der Staat uns übertragen hat. Allerdings ändern sich die Rahmenbedingungen: Noch vor 30 Jahren erfüllten wir viele hoheitliche Aufgaben, die im Zuge des Zusammens in Europa und des new approach mittlerweile an die benannten Stellen übertragen wurden. Auf etlichen Gebieten haben wir also klassische behördliche Aufgaben verloren, obwohl wir nie eine klassische Vollzugsbehörde waren. Heute sind wir als Forschungseinrichtung teilweise nur noch eine unter zahlreichen anderen.

Konkurrenz belebt das Geschäft ...

Einverstanden, doch da reicht es nicht, zu wissen, was wir leisten können. Wir müssen von draußen, von unseren Kunden und Partnern auch als kompetent erkannt und anerkannt werden. Dazu kann man sich nicht selber erklären; wirklich wahrgenommen wird man erst dann, wenn man sich unter den drei besten Einrichtungen befindet. Wir müssen es als Chance sehen, uns noch deutlicher als bisher zu

positionieren, sichtbar zu werden. Und das betrifft sowohl die Wissenschaft, als auch die Industrie und die Politik.

Über die Sichtbarkeit der BAM in der breiten deutschen Öffentlichkeit sprechen wir ja später noch in einem anderen Zusammenhang. Aber im europäischen oder gar globalen Rahmen kann sie sich doch nicht über einen Mangel an Reichweite beschweren? Man denke nur an das Thema Gefahrgutsicherheit.

Richtig, ebenfalls ein traditionelles Aufgabengebiet der BAM, allerdings eines mit einer begrenzten Zahl von „Mitspielern“. Schließlich trifft hierbei ein umfangreicher Regelungsbedarf auf einen gerade durch unsere stete Forschung vorangetriebenen hohen Stand der Technik. Demgegenüber erwarte ich eine noch wachsende Bedeutung in unserer Mitarbeit an Normen gebenden Institutionen. Denn in der EU nimmt der Trend spürbar zu, nicht alles in Regelungen und Vorschriften zu gießen. An ihre Stelle treten Übereinkünfte wie Normen, die aus der scientific community kommen. Netzwerke und Internationalisierung bleiben in diesem Zusammenhang wichtige strategische Ziele für die BAM in den nächsten Jahren.

Jeder neue Schwerpunkt bedeutet aber doch, dass an anderer Stelle Kapazitäten schwinden?

Natürlich müssen wir uns stets fragen, ob wir die wirklich richtigen und wichtigen Themen angehen. Angesichts begrenzter Mittel muss man Prioritäten setzen. Es sind nicht alle heutigen Themen auch in der Zukunft gleich bedeutend für den Auftrag der BAM. Wir schreiben nicht zu Unrecht in unserem Leitbild, dass wir den technologischen Wandel unseres Landes mit dem Auftrag Sicherheit in Technik und Chemie begleiten. Dieser Wandel heißt auch folgerichtig, dass wir uns selber wandeln müssen, uns und unser Wissen kontinuierlich erneuern müssen. Mit diesem Wissen und unseren Kompetenzen werden wir sichtbar. Dieses Wissen hatte schon damals und heute umso mehr eine Besonderheit: Es war kein disziplinäres Wissen, sondern Sicherheit gelingt nur durch das gemeinsame Wirken von unterschiedlichen Disziplinen. Dieses interdisziplinäre Arbeiten manifestiert sich immer am gemeinsamen Gegenstand und erst die Befassung mit dem gemeinsamen Gegenstand erzeugt auch eine gemeinsame Sprache, ein wesentliches Merkmal von Interdisziplinarität und das wichtigste Gut der BAM. Hier schlummern auch unsere Erfolge der Zukunft, denn die entstehen nicht in der Meisterschaft des Bekannten einer Disziplin, sondern in den Randgebieten, der Begegnung mit Fragehorizonten anderer Disziplinen.

and analytical sciences emerge from this. However, these terms must be interpreted within BAM's context as we can only then properly access these subject areas. Terms like energy and environment only take on form when we consider them in the light of our mission: safety in technology and chemistry. The combination of these themes is the most important unique characteristic of these facilities.

If, for example, we want to analyse damage in one of the fields of application and research how to avoid it in the future, we have to examine the defective product in terms of the interactions between the material, its manufacture, its processing and its function. In addition, we always require knowledge about its internal structure and surface texture. This knowledge often has a multi-scale character at atomic and molecular level and is combined with microscopic and macroscopic perspectives.



Strategiegespräche zur wissenschaftlichen Weiterentwicklung der BAM

Strategy talks for BAM's scientific development

How can you convey these results to policy makers?

Our job involves not only research and development, testing, analysis, certification and technology transfer, but also advisory services for policy makers and society – tasks which we will have to integrate even more than before. Consulting and information – that means to us that we must translate our findings at the interfaces for our customers as necessary.

But can we really do that without bias?

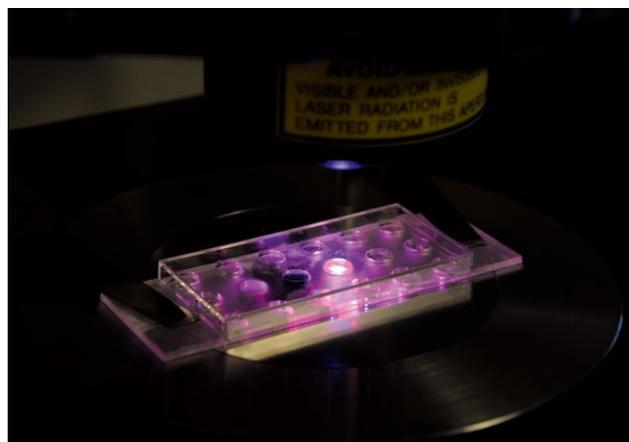
We must not confuse “independence” and “neutrality”: Although we do independent research, we are not neutral at the end of this process because we have definitely formed an opinion on the matter based on the facts from



Forscher der BAM und der Firmen C.En & INCOM entwickeln einen innovativen Wasserstoffspeicher basierend auf Glaskapillaren. Durch das Bündeln tausender Glaskapillaren ist die Herstellung leichter Hochdruck-Wasserstoffspeicher bis 700 bar Betriebsdruck möglich.

Researchers at the BAM and the C.En & INCOM companies develop an innovative hydrogen storage based on glass capillaries. Production of lightweight, high-pressure hydrogen storage up to 700 bar operating pressure is possible by bundling thousands of glass capillaries.

the intensive research we have conducted. Given our mandate, we must actively communicate this opinion. In that context, one problem is the rapidly growing pace at which the scientifically possible is implemented into technologies and products. We need only consider the promises of current bio and nanotechnologies – political decisions about this and other complex applications can simply no longer readily be made solely on the basis of currently available expert knowledge because the public discusses some of these issues quite controversially. But in order for this discussion about the benefits and risks of a new technology to take place on an adequately factual basis, our contribution must be of high scientific quality.



Fluorophordotierte Nanopartikel unter einem Fluoreszenzmikroskop für orts- und spektralaufgelöste Messungen

Fluorophore-spiked nanoparticles under a fluorescence microscope for measurements with spatial and spectral resolution



Politikberatung: Diskussion über Windkraftanlagen im Fachbereich 5.1 Materialographie, Fraktographie und Alterung technischer Werkstoffe

Policy advice: Discussion about wind turbines in the Division 5.1 Materialography, Fractography and Ageing of Engineering Materials

Lassen sich die thematischen Herausforderungen der nächsten Jahre erkennen, was zeichnet sich hier ab?

Nach ersten eingehenden Diskussionen im Direktorium gilt zunächst die Einsicht, dass unser Erfolg aus der strategischen Ausrichtung am Bedarf der Umwelt und den eigenen Stärken entspringt. Daraus kristallisieren sich die drei Applikationsfelder Energie, Umwelt und Infrastruktur und die zwei Schlüsseltechnologien Material und Analytical Sciences heraus. Es gilt allerdings diese Begriffe im Kontext der BAM zu interpretieren. Erst so lassen sich die Themenfelder wirklich für uns erschließen. Begriffe wie Energie oder Umwelt gewinnen erst Gestalt für uns, wenn wir sie im Licht unseres Auftrages Sicherheit in Technik und Chemie betrachten. Diese Themen sind in ihrer Kombination das wichtigste Alleinstellungsmerkmal dieser Einrichtung. Denn, wenn wir zum Beispiel einen Schaden in einem der Applikationsfelder analysieren und an seiner künftigen Vermeidung forschen wollen, müssen wir das schadhafte Produkt auf Wechselwirkungen zwischen dem Material, seiner Herstellung, der Verarbeitung und der Funktion hin untersuchen. Zudem benötigen wir immer auch Erkenntnisse über seine innere Struktur und seine Oberflächenbeschaffenheit. Diese Einsichten sind häufig skalenübergreifend auf atomarer und molekularer Ebene mit mikro- und makroskopischen Einsichten verknüpft.

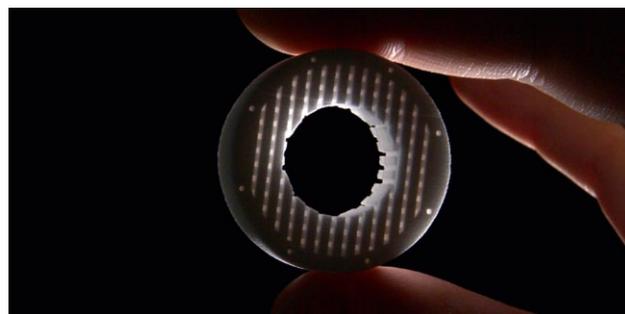
Wie lassen sich solche Ergebnisse in den gesellschaftspolitischen Raum vermitteln?

Zu unseren Tätigkeitsfeldern gehören ja nicht nur Forschung und Entwicklung sowie Prüfung, Analyse, Zulassung und Technologietransfer, sondern eben auch die Beratung und Information von Politik und Gesellschaft – Aufgaben, die ebenfalls stärker als bisher zusammenwachsen müssen. Beratung und Information, das bedeutet für

uns, dass wir unsere Erkenntnisse an den Schnittstellen für die Kunden entsprechend übersetzen müssen.

Aber können wir das wirklich neutral vermitteln?

Wir dürfen nicht die Begriffe „Unabhängigkeit“ und „Neutralität“ verwechseln: Wir forschen zwar unabhängig, am Ende dieses Prozesses sind wir aber keineswegs neutral, denn wir haben uns gerade aufgrund der intensiven Forschung durchaus eine Meinung zu dem betreffenden Sachverhalt gebildet. Angesichts unseres Auftrages gilt es diesen Standpunkt auch aktiv zu kommunizieren. Ein Problem dabei stellt das rasant wachsende Tempo dar, mit dem das naturwissenschaftlich Mögliche in Technologien und Produkte umgesetzt wird. Betrachten wir nur die Versprechen der aktuellen Bio- und Nanotechnologien – politische Entscheidungen darüber und über andere



Biomaterial

Biomaterial

komplexe Anwendungen lassen sich eben nicht mehr ohne weiteres allein auf Basis des heute vorhandenen bestmöglichen Fachwissens treffen, denn die Gesellschaft diskutiert etliche dieser Themen durchaus kontrovers. Doch damit diese Diskussion über Nutzen und Risiken einer neuartigen Technologie angemessen sachlich verlaufen kann, muss unser Beitrag wissenschaftlich hochwertig sein.



Vertreter des Bundeswirtschaftsministeriums informieren sich über Fallversuche mit Behältern für radioaktive Abfälle

Representatives of the Federal Ministry for Economic Affairs learning about drop tests on containers for radioactive waste

Die BAM im Kurzportrait

BAM's portrait



The Federal Institute for Materials Research and Testing – a name that hardly reveals the wide range of activities. A Senior Federal Institute with a staff of approximately 1 650, among them 1 000 scientists and engineers whose activity is summarised in the strap line: safety in technology and chemistry.

BAM does research in chemical-technical relationships whether it is infrastructure, energy, material, environment and analytical sciences – and more specifically, the use of preventive tests in the laboratory.

These are BAM's five subject areas in which ten specialist departments work together. The prime objectives have a wide range:

Standards, limiting values and approvals

We develop the basis for legal provisions and obligatory regulations, in particular for dangerous materials, their containment and safe transportation and storage. We carry out tests and analyses in our own laboratories. Some of these investigations are performed at BAM Test-side Technical Safety in Horstwalde, about 50 km south of Berlin where there is a wide range of possibilities for testing chemical safety engineering and containment systems for dangerous goods, make this facility unique in Europe. As an authority accountable to the Federal Ministry for Economics and Energy we also fulfil statutory functions. Commissioned by the legislators, our staff members establish safety standards and enforce the observance of limiting values. The array of tested and certified articles ranges from New Year's Eve rockets to transport containers for radioactive waste.

Research and development

Those who develop standards must know how to improve the handling of dangerous substances or better still, how to avoid handling them at all. Our scientists therefore develop reference procedures and manufacture reference materials which industry and trade can use for their product testing and modification. Among the reference materials there is both special steel and mycotoxins as produced by mould in wheat, for example, which are of great importance currently for food safety under European limiting value regulations.

In addition, our experts are involved with safety of buildings and structures from more than 100-year-old railway bridges to timber structures threatened by termite attack.

The questions behind material research are akin to:

- *Which material can fulfil what tasks?*
- *How does it behave as a component and in the environment?*
- *How can its surfaces be protected from corrosion and abrasion?*
- *How can the current condition of a material or a composite be tested using non-destructive methods, i.e. in such a way that the structure suffers as little damage as possible?*

Joint arrangements for lead personnel with universities generate and promote a new scientific impetus in our subject areas. We therefore cooperate with many German universities, numerous non-university research establishments and other national research institutes and relevant institutions abroad.

Advice and information

We supplement our knowledge in cooperation with comparable institutions in Germany and abroad, in particular with our national sister institute (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) or the National Institute of Standards and Technology, NIST (USA). We advise Federal Ministries, trade associations, business enterprises as well as consumer associations. In addition, we provide expert opinions for public administrative bodies and courts.

The international technical cooperation in the field of "measurement – standardisation – testing – quality assurance" (MSTQ) is just as important for us. As staff members of a national institute our experts contribute to the work of specialist committees, legislative bodies and standard-setting institutes both in Germany and abroad.



Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, ein Name, der die Vielzahl der Aktivitäten kaum erahnen lässt. Eine Bundesressortforschungseinrichtung mit rund 1 650 Beschäftigten, darunter 1 000 Naturwissenschaftler und Ingenieure, deren Tätigkeiten in der Leitlinie zusammenfließen: Sicherheit in Technik und Chemie.

Die BAM forscht an chemisch-technischen Zusammenhängen in den Themenfeldern Infrastruktur, Energie, Material, Umwelt und Analytical Sciences – auch und gerade durch vorbeugende Untersuchungen im Labor.

Damit sind die fünf inhaltlichen Themenfelder genannt, unter denen die zehn Fachabteilungen der BAM zusammenwirken. Die übergeordneten Aufgaben sind weit gesteckt:

Standards, Grenzwerte und Zulassungen

Wir entwickeln die Grundlagen für rechtliche Vorgaben und verbindliche Regelwerke, insbesondere für Gefahrstoffe, ihre Umschließungen und ihren sicheren Transport und sichere Lagerung. Wir prüfen und analysieren in eigenen Laboratorien. Einige dieser Untersuchungen führen wir auf dem BAM Testgelände Technische Sicherheit in Horstwalde durch, das ca. 50 km südlich von Berlin entfernt ist. Aufgrund der vielfältigen Untersuchungsmöglichkeiten für den Bereich chemische Sicherheitstechnik und Gefahrgutumschließungen ist dieses Gelände einmalig in Europa. Damit erfüllen wir als eine dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie zugeordnete Behörde auch hoheitliche Funktionen. Hierfür sorgen unsere Mitarbeiter im Auftrag des Gesetzgebers für Sicherheitsstandards und die Einhaltung von Grenzwerten. Die Palette der untersuchten und zugelassenen Gegenstände reicht von der Silvesterrakete bis zum Transportbehälter für Atommüll.

Forschung und Entwicklung

Wer Standards entwickelt, muss wissen, wie man den Umgang mit gefährlichen Substanzen oder technischen Systemen sicher machen kann. Unsere Wissenschaftler erarbeiten daher Referenzverfahren und stellen Referenzmaterialien her, an denen Industrie und Gewerbe ihre aktuelle Produktion ausrichten und prüfen können. Unter den Materialien finden sich Spezialstähle ebenso wie die von Schimmelpilzen gebildeten Mykotoxine beispielsweise in Weizen, die

im Rahmen europäischer Grenzwertregelungen eine hohe aktuelle Bedeutung für die Lebensmittelsicherheit besitzen.

Darüber hinaus befassen sich unsere Mitarbeiter auch mit Themen rund um die Sicherheit von Bauwerken und Konstruktionen – von der mehr als 100 Jahre alten Bahnbrücke bis hin zu Holzkonstruktionen, die durch Termitenfraß bedroht sind.

Im Hintergrund der Materialforschung stehen Fragen wie:

- Welcher Werkstoff kann welche Aufgaben erfüllen?
- Wie verhält er sich im Bauteil und in der Umwelt?
- Wie kann man ihn und seine Oberflächen vor Korrosion und Abrieb schützen?
- Wie lässt sich die aktuelle Beschaffenheit eines Werkstoffs oder eines Materialverbundes zerstörungsfrei prüfen?

Gemeinsame Berufungen mit Universitäten fördern neue wissenschaftliche Impulse in unseren Themenfeldern. Wir kooperieren daher mit vielen deutschen Hochschulen, zahlreichen außeruniversitären Forschungseinrichtungen und anderen staatlichen Forschungsinstitutionen und entsprechenden Einrichtungen im Ausland.

Beratung und Information

Unser Wissen ergänzen wir in Zusammenarbeit mit vergleichbaren Einrichtungen im In- und Ausland, insbesondere mit unserer nationalen Schwesterinstitution (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) oder dem National Institute of Standards and Technology, NIST (USA). Damit beraten wir die Bundesministerien, Wirtschaftsverbände, Unternehmen sowie Verbraucherorganisationen. Überdies erstellen wir Fachgutachten für öffentliche Verwaltungen und Gerichte.

Ebenso wichtig ist uns die nationale und internationale technische Zusammenarbeit im Bereich „Messwesen – Normung – Prüftechnik – Qualitätssicherung“ (MN PQ). Als nationale Institution für die Prüftechnik wirken unsere Mitarbeiter in Fachgremien, gesetzlichen Körperschaften und Normen setzenden Institutionen im In- und Ausland mit.

Prof. Dr.-Ing. Johannes Vielhaber

Department of Civil Engineering at the
University of Applied Sciences Potsdam

Fachbereich Bauingenieurwesen an
der Fachhochschule Potsdam



In 1987, a year before completing my Ph.D. at the Department of Reinforced Concrete Structures of the Technische Universität Berlin, I joined BAM as a research assistant, in what was then called Department 2 "Building Engineering" on a one-year temporary contract. Not too long a period of time to get the 25-MN testing machine up and running and to investigate the load-carrying capacity of composite columns – in addition to completing my Ph.D. That one year became quite a few more, and the temporary contract was changed into a permanent employment with the responsibility of heading the Laboratory of Solid and Composite Construction. Prof. Plank and Prof. Struck gently introduced me to the ins and outs of German civil service. Upon being appointed to provisionally head additional laboratories and then the Division "Buildings and Structures", I had the opportunity to gain insight into issues of structural safety of wood, glass and plastics building structures, structural dynamics, fire engineering and geotechnical engineering. Knowledge gained from research and testing complemented each other.

The universal large-scale test rig for static-dynamic loads which is still being used at BAM was developed by our laboratory: it is a flexible machine that can quickly be adjusted to new research topics with a well-trained team. BAM's staff can expertly and very responsibly handle measuring and testing equipment. Unlike Prognos AG in 1995, I am convinced that BAM's "innocent relationship to time and money" (obviously within reasonable limits) creates excellent opportunities to maintain high quality and standards. Work in an establishment whose staff has fully assumed

this attitude has inspired and influenced me as well. I have maintained my contacts to and professional and personal cooperation with BAM. Especially now, after my time as President of the University of Applied Sciences Potsdam, I am pleased to be able to intensify that cooperation again.

Ein Jahr vor Abschluss meiner Promotion am Fachbereich Stahlbetonbau der Technische Universität Berlin kam ich 1987 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die BAM, in die damalige Abteilung 2 „Bauwesen“ mit einem auf ein Jahr befristeten Arbeitsvertrag. Nicht viel Zeit, um die 25-MN-Prüfmaschine zum Laufen zu bringen, um damit die Tragfähigkeit von Verbundstützen zu untersuchen, und um nebenbei meine Promotion abzuschließen. Aus einem Jahr wurden mehrere, aus meiner Einstellung auf Zeit eine auf Dauer mit Leitung des Labors Massiv- und Verbundbau. Prof. Plank und Prof. Struck führten mich behutsam in die Geheimnisse des deutschen Beamten-tums ein. Die temporäre, kommissarische Übernahme weiterer Laborleitungen und der Fachgruppe „Ingenieur-bau“ gaben mir Gelegenheit, Einblicke in Fragen der Tragsicherheit von Baukonstruktionen aus Holz, Glas und Kunststoffen, der Tragwerksdynamik, des Brandingenieurwesens oder der Geotechnik zu gewinnen. Das Wissen aus Forschung und Prüfung ergänzte sich gegenseitig.

Den Großbauteilprüfstand für statisch-dynamische Beanspruchungen, der auch heute noch in der BAM im Einsatz ist, entwickelten wir mit unserem Labor: Eine flexible Maschine, die schnell mit einem gut ausgebildeten Team an neue Untersuchungsfragen angepasst werden kann. Und die BAM-Mitarbeiter können exzellent und äußerst verantwortungsvoll mit Mess- und Prüfeinrichtungen umgehen. Anders als die Prognos AG im Jahr 1995 finde ich es nach wie vor – eher noch zunehmend – gut, dass sich die BAM mit einem (nicht ganz uneingeschränkten) „unschuldigen Verhältnis zu Zeit und Geld“, dafür aber der Qualität verpflichtet, höchste Ansprüche stellt. In einer Einrichtung tätig zu sein, deren Belegschaft dieses verinnerlicht hat, hat auch mich begeistert und geprägt. Daher habe ich auch meine Kontakte zur BAM, die fachliche und persönliche Zusammenarbeit stets aufrecht erhalten. Besonders jetzt, nach meiner Präsidentschaft an der Fachhochschule Potsdam, freue ich mich, die Kooperation wieder intensivieren zu können.

Prof. Dr. rer. nat. Janina Kneipp

Institute for Chemistry, Institut für Chemie
Humboldt-Universität zu Berlin



After returning from my postdoctoral research at Princeton University, I joined the Department 1 "Analytical Chemistry; Reference Materials" at BAM as a researcher in late 2005. At Princeton and as a graduate student prior to that, I had worked in the fields of biomedical Raman spectroscopy and biophysical structure elucidation. BAM provided me with excellent opportunities to develop my scientific career: I was able to establish my own research topics and I became junior S professor of Analytical Chemistry jointly appointed by BAM and Humboldt Universität zu Berlin in 2008. The proximity offered particularly great advantages for my research because, figuratively speaking, a different "method" lives behind BAM's each laboratory door. Based on my interest in various aspects of nanotechnology, I worked at BAM for example on the "Nanotox" projects sponsored by the "BAM Innovation Campaign" and cooperated with several other BAM research groups. We investigated nanoparticles that are toxic to living cells. To understand the nano-bio interactions, we designed and synthesised entirely new nanomaterials in the past years. The success of this work was mainly due to BAM's excellent measurement equipment and the very collegial, enduring collaboration with colleagues in the department. It would not have been possible to establish, for example, the SALSA Graduate School at Adlershof without this cooperation.

In 2012, I was appointed professor at the Department of Physical Chemistry of Humboldt Universität zu Berlin. My group and I continue to work closely together with BAM on all things "nano". My special commitment to BAM earned me a Wilhelm Ostwald fellowship. Not only do I consider this status an award, I am very happy about my close cooperation with BAM – my scientific "home" in Adlershof – from an organisational perspective as well. I appreciate this advantage all the more because, currently, as a group leader I am increasingly concerned with the organisational issues of our Institute. The Adlershof Campus, in my opinion, offers the best environment for my group and me

to do research at the interface of physical chemistry and analytics. Both my colleagues and I would like to continue contributing to the success of this site in the future.

Nach Rückkehr von meinem Postdoc-Aufenthalt an der Princeton University kam ich Ende 2005 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an die BAM an die dortige Abteilung 1 „Analytische Chemie; Referenzmaterialien“. In Princeton und vorher als Doktorandin hatte ich auf dem Gebiet der biomedizinischen Raman-Spektroskopie und der biophysikalischen Strukturaufklärung gearbeitet. An der BAM konnte ich mich wissenschaftlich hervorragend weiterentwickeln: eigene Forschungsthemen etablieren, ab 2008 auf der Junior-S-Proessur für Analytische Chemie, auf die ich von der BAM und der Humboldt Universität zu Berlin gemeinsam berufen wurde. Insbesondere die räumliche Nähe bot viele Vorteile für meine Forschung, denn bildlich gesprochen wohnt ja hinter jeder BAM-Labortür tatsächlich eine andere „Methode“. Mein Interesse für verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit Nanopartikeln bearbeitete ich in der BAM beispielsweise in den Projekten „Nanotox“, die durch die „Innovationsoffensive BAM“ gefördert wurden, in Zusammenarbeit mit mehreren anderen Arbeitsgruppen in der BAM. Dabei untersuchten wir Nanopartikel, die toxisch auf lebende Zellen wirken. Um die Nano-Bio-Wechselwirkungen zu verstehen, haben wir in den vergangenen Jahren völlig neue Nanomaterialien entworfen und synthetisiert. Basis für den Erfolg dieser Arbeit waren die herausragenden Messmöglichkeiten an der BAM und die sehr kollegiale, noch immer andauernde Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen in der Abteilung. Ohne diese wäre beispielsweise auch die Graduiertenschule SALSA am Standort Adlershof nicht entstanden.

2012 wurde ich dann an die Humboldt-Universität zu Berlin auf den Lehrstuhl für Physikalische Chemie berufen. Mit meiner Gruppe arbeite ich zum Thema Nano weiterhin eng mit der BAM zusammen. Für mein besonderes Engagement für die BAM wurde ich zum Wilhelm-Ostwald-Fellow ernannt. Diesen Status betrachte ich nicht nur als Auszeichnung, ich bin insbesondere glücklich darüber weiterhin eng mit der BAM – meinem wissenschaftlichen „Zuhause“ in Adlershof – zusammenarbeiten zu können, auch unter organisatorischem Blickwinkel. Diese Vorzüge weiß ich sehr zu schätzen, auch weil ich mich derzeit als geschäftsführende Direktorin an unserem Institut verstärkt mit organisatorischen Fragen beschäftige. Für meine Gruppe und mich gibt es keine bessere Umgebung, Forschung im Grenzgebiet zwischen physikalischer Chemie und Analytik zu betreiben als den Campus Adlershof. Und gemeinsam mit vielen Kolleginnen und Kollegen dort möchte ich weiterhin dazu beitragen, dass der Standort auch in Zukunft so erfolgreich bleibt.

Eine Röntgenaufnahme beim Arzt aus Sicht der Zertifizierer

A doctor's X-ray from a certifier's point of view



Conformity assessment, accreditation and certification – complicated relationships easily explained: with an X-ray at the doctor's.

If you get an X-ray at the doctor's office, you want to be confident that the apparatus used works properly and the results are correct. However, X-rays are not only used to look at bones, but also at bridges, pipes, tyres or airbag igniters. The principle is similar: using a radiation source, for example an X-ray tube, the test specimen is penetrated. Different degrees of blackening are then seen on a film. The denser or thicker the material, the less radiation can get through. That means that these areas appear brighter on the film. Anyone who has ever seen an X-ray at the doctor's office remembers that the bones appear brighter than the tissue surrounding them.

But there are differences between the X-ray at the doctor's and industrial radiographic testing: In medicine, the goal is to use the lowest possible dose to get the best image possible. After all, the patient must not be unnecessarily exposed to radiation. But in industrial applications it is necessary to work with higher doses of radiation in order to detect even the smallest differences in materials. But whether it is a doctor or an engineer, the same applies to both: they must be able to rely on the material and the equipment. So there are different requirements – and this is where the BAM and its experts come into play. This is because the film properties have a direct influence on the image quality and the visibility of defects. More specifically: the coarser the granularity of the radiation-sensitive film layer, the more difficult it is to detect cracks and the very smallest of defects, and overlooking a crack can literally have fatal consequences. Therefore, the technology used must work 100 percent and deliver the highest quality images.

Our institution has been performing industrial radiography since 1933; for more than 50 years the BAM has published guidelines and standards on the classification of X-ray film for non-destructive materials testing.

Since 2000, the BAM has been creating a globally recognised certification programme for a variety of film and digital film replacement systems from different manufacturers. It is based on the relevant international standards of DIN, CEN, ISO and ASTM (USA). Today, the BAM is the only institution in the world which performs tests of industrial X-ray film systems for manufacturer-independent classification. The tests are performed for both conventional (analogue) films as a data medium as well as the modern film replacement: the digital imaging plate. Certification at the BAM is performed in two steps. After laboratory tests, the product certification body evaluates the test results. If the X-ray films or digital media meet the requirements, the product certification body issues a confirmation, i.e. a certificate. And this is where we slowly approach the concepts of conformity assessment, accreditation and certification. This is because the confirmation of compliance with agreed requirements constitutes a certificate which is issued to the manufacturer for a specific period of validity.

Certificates are attestations of conformity and thus the result of a target-performance comparison. It is determined whether the product has the promised properties – meaning properties which, for example, were promoted in advertising, or which must be met by law, to bring a product to market. The product properties are usually laid down in standards, guidelines or laws. They can apply nationally, Europe- or world-wide. Thus, if a certification body performs a conformity assessment competently, this is to ensure that the results are widely recognised and accepted. This not only simpli-



Konformitätsbewertung, Akkreditierung und Zertifizierung – komplizierte Zusammenhänge einfach erklärt: Mit einer Röntgenaufnahme beim Arzt.

Wer beim Arzt geröntgt wird, vertraut darauf, dass die eingesetzte Apparatur schon richtig funktionieren wird und die Ergebnisse auch richtig sind. Mittels Röntgenstrahlung werden aber nicht nur Knochen untersucht, sondern auch Brücken, Rohre, Reifen oder Zünder von Airbags. Das Prinzip ist ähnlich: Mit Hilfe einer Strahlenquelle, zum Beispiel einer Röntgenröhre, wird das zu prüfende Bauteil durchstrahlt. Auf einem Film ist dann eine unterschiedliche Schwärzung zu sehen. Je dichter oder dicker das Material ist, desto weniger Strahlung kann durchkommen. Das heißt, diese Stellen erscheinen auf dem Film heller. Jeder, der schon einmal ein Röntgenbild beim Arzt gesehen hat, erinnert sich daran, dass die Knochen heller erscheinen als das sie umgebende Gewebe.

Zwischen dem Röntgen beim Arzt und der industriellen Durchstrahlungsprüfung gibt es aber Unterschiede: In der Medizin strebt man an, mit einer möglichst geringen Dosis noch ein möglichst aussagekräftiges Bild zu bekommen. Schließlich soll der Patient nicht unnötig mit Strahlung belastet werden. In der Industrie jedoch kann und muss man mit höheren Strahlendosen arbeiten, um auch kleinste Materialunterschiede erkennen zu können. Aber für beide Bereiche gilt, ob Arzt oder Ingenieur: beide müssen sich auf Material und Gerätschaft verlassen können. Es gibt also unterschiedliche Anforderungen – und da

kommt die BAM mit ihren Experten ins Spiel. Die Filmeigenschaften haben nämlich einen unmittelbaren Einfluss auf die Bildqualität und auf die Erkennbarkeit von Fehlern. Konkret ausgedrückt: mit größerer Körnung der strahlungsempfindlichen Filmschicht können Risse und kleinste Schadstellen schlechter erkannt werden. Und einen Riss zu übersehen kann fatale Folgen haben. Also muss die eingesetzte Technik zu 100 Prozent funktionieren und Bilder mit höchster Qualität liefern.

Seit 1933 wird in unserem Haus die industrielle Durchstrahlungsprüfung durchgeführt; seit mehr als 50 Jahren veröffentlicht die BAM Richtlinien und Normen über die Klassifizierung von Röntgenfilmen für die zerstörungsfreie Materialprüfung.

Seit 2000 hat die BAM ein weltweit anerkanntes Zertifizierungsprogramm für vielfältige Filmsysteme und digitale Filmersatzsysteme verschiedener Hersteller aufgebaut. Dieses basiert auf den gültigen internationalen Normen von DIN, CEN, ISO und ASTM (USA). Heute ist die BAM die einzige Institution weltweit, die Messungen von Industrieröntgenfilmsystemen zur Klassifizierung herstellerunabhängig durchführt. Die Messungen erfolgen sowohl für den klassischen (analogen) Film als Informationsträger als auch für die moderne Filmersatz-Variante: die digitale Speicherfolie. Die Zertifizierung in der BAM erfolgt in zwei Schritten. Nach Laboruntersuchungen bewertet die Produktzertifizierungsstelle die Untersuchungsergebnisse. Entsprechen die Röntgenfilme oder die digitalen Informationsträger den Anforderungen, stellt die Produktzertifizierungsstelle eine Bestätigung,

Dr. Uwe Zscherpel beim Einrichten einer Schweißnahtprüfung mit Bildgütemachweis. Ein Röntgenfilm wird an einer Testschweißnaht (in der Mitte, 100 mm Stahldicke) befestigt und anschließend mit einer 600-kV-Röhre (rechts) belichtet. Nach der Filmentwicklung muss auf dem Film der „EN-Draht“ mit der Nummer 8 sichtbar sein, der zur Bildqualitätssicherung strahlerseitig (im Bild nicht sichtbar) auf die Schweißnaht aufgelegt wurde.

Dr. Uwe Zscherpel sets up a weld inspection with image quality verification. An X-ray film is attached to a test weld (in the middle, 100 mm steel thickness), and then exposed using a 600 kV tube (on the right). After film development, the "EN-wire" labelled the number 8, which was placed on the weld next to the radiation source (not visible in picture) for image quality assurance, must be visible.

Uwe.Zscherpel@bam.de



Foto: Gideon Heimann

ifies the comparability of products, but also has the advantage for product manufacturers that they can save certification costs in individual distribution countries, and that the exchange of goods is facilitated because the certificate is trusted in other countries and regions.

But who monitors the auditors, the certification and inspection bodies? There are rules for this in Germany, Europe and throughout the world. In Germany, the supreme guardian of these rules and their application is the national accreditation body called Deutsche Akkreditierungsstelle (German Accreditation Body, DAkkS). After a successfully completed accreditation process the DAkkS issues a certificate, an "attestation" to the BAM, which confirms that the BAM tests, evaluates and certifies compliantly and competently. The accreditation includes regular assessments of the BAM by the DAkkS.

Above and beyond that, in areas in which EC directives apply, a government designation as a so-called "Notified Body" can be pursued subsequent to an accreditation. The BAM is registered with the European Commission as a Notified Body under code number 0589. The European Commission's "NANDO" database specifies what services the BAM offers as a Notified Body for which EC directives.

If an EC Directive requires the participation of a Notified Body, as a rule, a so-called initial EC design type test is performed at the beginning

of such a process. If the results of such an examination are positive, an EC design type test certificate is issued. This is then followed by various monitoring measures, for example in the form of quality assurance reviews – which can include the total production process or just release testing of the final products. This is to ensure that mass-produced products are equivalent to the previously examined prototype. If the manufacturer's quality assurance system was successfully tested and certified, the manufacturer may affix the CE mark on his products. The number 0589 next to the CE marking indicates that the BAM also monitors the production.

In addition, the BAM Certification Body is also active in the voluntary sector (also called not legally regulated sector) and issues certifications tailored (e.g. with or without monitoring) for products and a BAM certification mark ("BAM Design-type tested" or "BAM Certified and under surveillance").

Staying with the example of the X-ray film system, after successful certification, the product or its packaging will therefore bear a corresponding mark – either, under current EU law, the CE mark with the number 0589 indicating BAM as the Notified Body, or, according to the voluntary contractually agreed certification rules, the BAM certification mark, depending on whether it is a certification in the mandatory or the voluntary sector.

das heißt, ein Zertifikat, aus. Und damit nähern wir uns langsam den Begriffen Konformitätsbewertung, Akkreditierung und Zertifizierung. Denn die Bestätigung der Übereinstimmung mit vereinbarten Anforderungen stellt ein Zertifikat dar, welches dem Hersteller für einen bestimmten Gültigkeitszeitraum übergeben wird.

Zertifikate sind Konformitätsbescheinigungen und somit das Ergebnis eines Soll-Ist-Vergleichs. Dabei wird festgestellt, ob das Produkt die versprochenen Eigenschaften besitzt, also Eigenschaften, die zum Beispiel in der Werbung versprochen wurden oder die aufgrund von Gesetzen eingehalten werden müssen, um ein Produkt auf den Markt zu bringen. Die Produkteigenschaften sind üblicherweise in Normen, Richtlinien oder Gesetzen festgeschrieben. Sie können national, europa- oder weltweit gelten. Wenn also eine Zertifizierungsstelle eine Konformitätsbewertung kompetent ausführt, soll damit sichergestellt werden, dass die Ergebnisse allgemein anerkannt und akzeptiert werden. Das vereinfacht nicht nur die Vergleichbarkeit der Produkte, sondern hat für die Produkthersteller den Vorteil, dass sie Zulassungskosten in den einzelnen Vertriebsländern sparen und der Warenaustausch erleichtert wird, da in anderen Ländern und Regionen dem Zertifikat vertraut wird.

Doch wer überprüft die Prüfer, die Zertifizierungs- und Überwachungsstellen? Dafür gibt es in Deutschland – so wie in Europa und der Welt – Regeln. Oberster Hüter dieser Regeln und ihrer Anwendung in Deutschland ist die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkKS). Sie stellt der BAM nach erfolgreichem Akkreditierungsverfahren eine Bescheinigung, ein „Testat“ aus, mit dem bestätigt wird, dass die BAM regelkonform und kompetent prüft, bewertet und zertifiziert. Die Akkreditierung schließt regelmäßige Begutachtungen der BAM durch die DAkKS ein.

Im Geltungsbereich von EG-Richtlinien kann im Anschluss an eine Akkreditierung eine darüber hinausgehende staatliche Benennung als sogenannte „Notifizierte Stelle“ erfolgen. Die BAM ist als Notifizierte Stelle bei der Europäischen Kommission unter der Kennnummer 0589 registriert. Welche Leistungen die BAM als Notifizierte Stelle für welche EG-Richtlinien anbietet, ist in der Datenbank der Europäischen Kommission „NANDO“ angegeben.

Wird aufgrund einer EG-Richtlinie die Einbeziehung einer Notifizierten Stelle gefordert, so wird am Anfang eines solchen Verfahrens in der Regel eine sogenannte erstmalige EG-Baumusterprüfung durchgeführt. Führt diese Prüfung zu positiven Ergebnissen, wird eine EG-Baumusterprüfbescheinigung erteilt. Daran schließen sich dann verschiedene Überwachungsmaßnahmen an, beispielsweise in Form der Überprüfung der Qualitätssicherung – bezogen auf die gesamte Fertigung oder nur für die Freigabeprüfungen der Endprodukte. Damit soll sichergestellt werden, dass die in Serie gefertigten Produkte auch musterkonform zum vorher geprüften Baumuster sind. Wurde das Qualitätssicherungssystem des Herstellers erfolgreich überprüft und zertifiziert, darf dieser das CE-Kennzeichen auf seinen Produkten anbringen. Die Nummer 0589 neben der CE-Kennzeichnung steht dafür, dass die BAM auch die Fertigung überwacht.



Die Kennzeichnung CE 0589 besagt, dass die BAM die Qualitäts-sicherungsmaßnahmen des Herstellers überprüft hat

The CE 0589 marking certifies that BAM has checked the manufacturer's quality assurance measures

Die BAM-Zertifizierungsstelle ist ferner im freiwilligen Bereich (auch gesetzlich nicht geregelter Bereich genannt) tätig und vergibt hier eine für das betreffende Produkt zugeschnittene Zertifizierung (z. B. ohne oder mit Überwachung) und ein BAM-Zertifizierungszeichen („BAM Baumustergeprüft“ oder „BAM geprüft und überwacht“).

Auf dem Produkt oder dessen Verpackung, um bei dem Beispiel des Röntgenfilmsystems zu bleiben, wird man deshalb nach erfolgreicher Zertifizierung eine entsprechende Kennzeichnung finden – entweder nach geltendem EU-Recht das CE-Kennzeichen mit der Nummer 0589 für die BAM als Notifizierte Stelle oder entsprechend den vertraglich freiwillig vereinbarten Zertifizierungsregeln das BAM-Zertifizierungszeichen, je nachdem, ob es sich um eine Zertifizierung im gesetzlich geregelten oder im freiwilligen Bereich handelt.

Ein Weg zum Dokortitel: Promotionsprogramm der BAM

The path to a Ph.D.: BAM's doctoral degree programme



University, and then what? Sure, many university graduates join the workforce right after graduation. The alternative is further qualification by completing a doctorate. This is where BAM or more precisely, BAM's doctoral degree programme, comes into play.

BAM – a place where about 1650 people work on safety in technology and chemistry. The huge diversity of BAM's tasks and how deeply they reach into the fundamentals of chemical and physical contexts will become very much apparent to readers of this Annual Report. But the high level of current research must not lead to complacency – it carries a big responsibility for the future. To prevail in the coming decades means attracting young scientists, training them, getting them excited about the challenges ahead and to ensure rapid knowledge transfer.

These are indeed good reasons to set up a doctoral programme. BAM supports students financially for up to three years. In 2013, approximately 140 scientists and engineers from Germany and abroad pursued their doctorate at BAM – awarding the degree is up to the universities alone. Each doctoral student has at least two supervisors: one at university and one at BAM. In addition to the outstanding experimental equipment, the interesting and often unique research topics of BAM, this is a very attractive proposition for students.

Especially in the fields of chemical safety engineering and dangerous goods containment, BAM provides research topics that can be pursued at a few universities only. These topics include experimental and computational studies on the use of wood for shock absorbers which protect the containers used to transport radioactive materials, including those for spent nuclear fuel, or the safe performance of chemical reactions in micro reactor explosions. These topics are highly relevant for society in

general, and students learn early on how important and relevant their research can become. Furthermore, other research institutions and businesses know it too, which is why BAM Ph.D. students are experts with high market value once they have gained their doctorate degree.

But BAM also supports young scientists in other areas. It launched the Ph.D. network working group several years ago, which is managed by the doctoral students themselves. In discussions, doctoral students learn more about their topics and the various tasks of BAM, and in the process create synergies – but not only on a purely technical level: the agenda includes courses such as effective writing for scientific publications and presentations in English or the value of social competence in professional life. On Ph.D. Day for example, young scientists learn to refine their social skills. At these meetings, external speakers from academia and industry, colleagues or even the President of BAM share their professional experience with BAM's Ph.D. students. English is the language that connects the world – not only on Ph.D. Day. Information about daily operations which involve Ph.D. students is also available in English.

In the end, everyone is served well by this: In teaching, theory is applied to practice, Ph.D. students are in close contact with applied research, BAM strengthens its academic community network, and businesses can bring products to market faster through the transfer of technology. It is an ideal foundation for a country whose most valuable commodity is the minds of its scientists.



Studium und was dann? Sicher, viele Hochschulabsolventen steigen nach dem Studium direkt ins Berufsleben ein. Die Alternative ist die Weiterqualifikation durch die Promotion. Und hier kommt nun die BAM oder genauer gesagt das Promotionsprogramm der BAM ins Spiel.

Die BAM – hier arbeiten rund 1650 Menschen an der Sicherheit in Technik und Chemie. Wie vielfältig die Aufgaben sind und wie tief sie in die Grundlagen chemischer und physikalischer Zusammenhänge hineinreichen, davon kann sich der Leser dieses Jahresberichts sein eigenes Bild machen. Aber der hohe Stand der gegenwärtigen Forschung ist kein Ruhepolster, er trägt die Verantwortung für die Zukunft in sich. Wer in den folgenden Jahrzehnten noch bestehen will, ist verpflichtet, den wissenschaftlichen Nachwuchs für die kommenden Herausforderungen zu interessieren und auszubilden sowie für den schnellen Wissenstransfer zu sorgen.

Gute Gründe ein Promotionsprogramm einzurichten. Damit werden Studierende bei ihrer Promotion für maximal drei Jahre finanziell unterstützt. Im Jahr 2013 sind es rund 140 Natur- und Ingenieurwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus dem In- und Ausland, die an der BAM promovieren, wobei das Promotionsrecht allein den Universitäten obliegt. So hat jeder Promovend mindestens zwei Betreuer: einen an der Universität und einen in der BAM. Dies ist, neben der hervorragenden experimentellen Ausstattung, den interessanten und oft einmaligen Forschungsthemen der BAM, ein attraktives Angebot für die Studierenden.

Besonders auf dem Gebiet der chemischen Sicherheitstechnik und der Gefahrgutumschließung bietet die BAM Forschungsthemen an, die nur an wenigen Hochschulen möglich sind. Beispielsweise experimentelle und rechnerische Untersuchungen des Materials Holz für Stoßdämpfer, die Transportbehälter für radioaktive Stoffe schützen, darunter jene für abgebrannte Brennelemente und die sichere Führung chemischer Reaktionen im Explosionsbereich

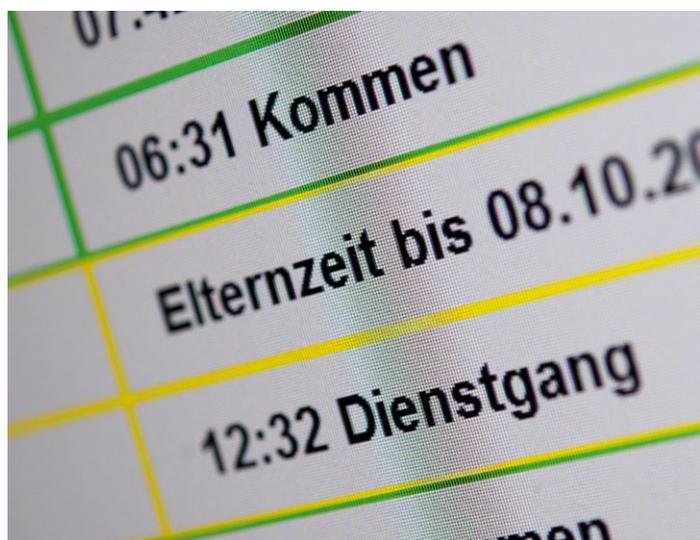
in Mikroreaktoren – Themen mit hoher gesellschaftlicher Relevanz, wodurch die Doktorandinnen und Doktoranden frühzeitig erfahren, welche Tragweite ihre Forschungsergebnisse haben können. Und: andere Forschungseinrichtungen und Betriebe wissen das auch, weswegen Promovenden der BAM nach Abschluss ihrer Promotion Expertinnen und Experten mit hohem Marktwert sind.

Aber auch in anderen Bereichen fördert die BAM ihren wissenschaftlichen Nachwuchs. Dazu wurde bereits vor einigen Jahren der Arbeitskreis Doktorandennetzwerk ins Leben gerufen, den die Doktorandinnen und Doktoranden in Eigenregie organisieren. In Diskussionen informieren sich Doktorandinnen und Doktoranden über ihre Themen und damit über die vielfältigen Aufgaben der BAM. Das schafft Synergien. Aber nicht nur auf dem rein fachlichen Gebiet: So stehen auch Kurse auf der Agenda wie beispielsweise zum stilicheren Verfassen wissenschaftlicher Publikationen und Vorträge in Englisch oder über den Wert sozialer Kompetenz im Berufsleben. Ihre soziale Kompetenz verfeinert der wissenschaftliche Nachwuchs beispielsweise mit dem Doktorandentag. Bei diesen Treffen teilen externe Redner aus Wissenschaft und Wirtschaft, Kolleginnen und Kollegen oder auch der Präsident der BAM die beruflichen Erfahrungen mit den BAM-Promovenden. Die verbindende Sprache ist Englisch. Nicht nur zum Doktorandentag. Auch Informationen für die täglichen Arbeitsabläufe, die die Doktorandinnen und Doktoranden betreffen, gibt es in Englisch.

Am Ende ist allen gedient: In der Lehre wird die Theorie um die Praxis ergänzt, Promovenden stehen im engen Kontakt zur angewandten Forschung, die BAM verstärkt ihre Vernetzung mit der Wissenschaftsgemeinde und die Industrie kann durch den Technologietransfer Produkte schneller zur Marktreife bringen. Eine ideale Ausgangsbasis für ein Land, dessen wertvollster Rohstoff sich in den Köpfen seiner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler befindet.

Mit Kind und Kegel in der BAM Karriere machen

Career and family at BAM



It seems that the work world is spinning faster and faster: Multi-channel communication flood, increasing demands, appointments all day long, and less and less time for the family. This is reality in many organisations and businesses. At BAM however, the leadership has found a way to reconcile family, work, leisure and career.

Flexible working hours, part-time and teleworking have been policy for years at BAM. Flexible working hours are particularly popular. Between the hours of 6:00 and 20:00, staff can freely choose their working hours, and work stoppages for several hours are possible. Work hours are recorded and managed in a personal time account. Overtime can be cleared using a maximum of 12 days off per calendar year. All this makes collecting the kids from nursery school or making time to escort family members to the doctor's is stress-free. Scientific discussions or experimental designs can then be continued later in the afternoon. Of course, the prerequisite is that the work gets done and that communication with customers and colleagues is not disrupted. Because: During normal business hours, departments must still be able to provide information, even if individual experts are not always at their desks. However, this is mostly a matter of organisation.



Anyone who has ever started a day with exciting issues, experiments and discussions with colleagues, interrupted by building sandcastles with the kids, and concluded by undisturbed paper writing, correcting, and revisiting ideas in the evening, knows what a privilege this is. BAM's flex hours and my colleagues' understanding and dedication allow me to be there for both my family and my work 100%.

Dr. Franziska Emmerling, Head of "Structure Analysis" Division 1.3



Besides the joy of having young children, there are always little worries and challenges. If both parents work full-time, the parents' professional appointments often conflict with the mostly health-related ad hoc appointments for the kids. Since the introduction of the "two-hour minimum-a-day" rule at BAM I've been able to manage most of the paediatrician appointments in a much more relaxed fashion, especially in the winter time. In addition, I can split an alternating "emergency" workday with my wife so that the children are adequately cared for at home and I can still do my work at BAM. The key to the success of this model is timely consultation with colleagues and good organisation at every level. The research projects continue, even though life at home does not always go exactly as planned.

Dr. Vasile-Dan Hodoroba, "Surface Analysis and Interfacial Chemistry" Division 6.8



Man könnte meinen, die Arbeitswelt dreht sich immer schneller: Kommunikationsflut auf allen Kanälen, steigende Anforderungen, den gesamten Tag Termine und immer weniger Zeit für die Familie. So ist das vielleicht in vielen Organisationen. In der BAM dagegen hat sich die Leitung des Hauses für die Vereinbarkeit von Familie, Beruf, Freizeit und Karriere entschieden.

Flexible Arbeitszeiten, Teilzeit und Telearbeit sind in der BAM schon seit einigen Jahren Bestandteil der Personalpolitik. Besonders gut angenommen wird die flexible Arbeitszeit. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können im Zeitrahmen von 6 bis 20 Uhr ihre Arbeitszeit selber bestimmen. Arbeitsbeginn und Dienstschluss sind frei wählbar und auch Arbeitsunterbrechungen über mehrere Stunden sind

möglich. Auf dem persönlichen Zeitkonto wird die Arbeitszeit dann verbucht. Vorrübergehende Mehrarbeit kann durch Gleittage, von denen es maximal 12 im Kalenderjahr gibt, ausgeglichen werden. So können die Kleinen mittags vom Kindergarten stressfrei abgeholt oder hilfebedürftige Familienangehörige zum Arzt begleitet werden. Und am späten Nachmittag können wissenschaftliche Diskussionen oder Versuchsplanungen fortgesetzt werden. Voraussetzung natürlich ist, dass die Aufgaben erfüllt werden und Kunden und Kollegen trotzdem die angefragte Information erhalten. Denn: Während der üblichen Geschäftszeiten müssen die Bereiche auskunftsfähig bleiben, auch wenn die Expertin oder der Experte mal gerade nicht am Platz ist. Aber das lässt sich ja organisatorisch regeln.



Wer einmal einen Tag mit spannenden Fragestellungen, Messungen und Diskussionen mit den Kollegen gestartet hat, der von Sandburgenbauten unterbrochen wird und schließlich mit ungestörtem Paper-Schreiben, Korrigieren, Aufgreifen der Ideen am Abend beendet wird, der weiß in welcher bevorzugten Lage ich mich befinde. Die Möglichkeiten der flexiblen Arbeitszeit an der BAM und das Verständnis und insbesondere die Einsatzbereitschaft meiner Kolleginnen und Kollegen ermöglichen es mir, mich sowohl für die Familie als auch im Beruf 100% einzusetzen.

Dr. Franziska Emmerling, Leiterin des Fachbereiches 1.3 „Strukturanalytik“



Part-time work and teleworking also help our staff to better combine work and private life. We offer a variety of part-time models in order to customise weekly work schedules to the individual.

Direct contact with colleagues is important and test stands cannot be set up in the living room, which is why we offer alternating telework: working from home for one or two days a week and the remaining days in BAM. When assigning remote workstations we give priority to employees with family responsibilities and severely disabled people.

We also support returning to work after taking a leave of absence for family reasons. Even after just a few weeks of absence a lot may have changed in the workplace. Obviously colleagues will help get back on track. If desired, we will also keep female employees informed about important changes in the workplace during their maternity leave. A part-time job as a “slow” return to work after maternity leave is also an option.

Our personnel policies support our employees in striking a balance between different areas of life and contribute to gender equality.



After the birth of my third child in October 2011, I went on parental leave for one year with very mixed feelings. I was concerned about losing touch with our ongoing projects. However, this proved to be unfounded, as my colleagues always kept me up to date during my absence.

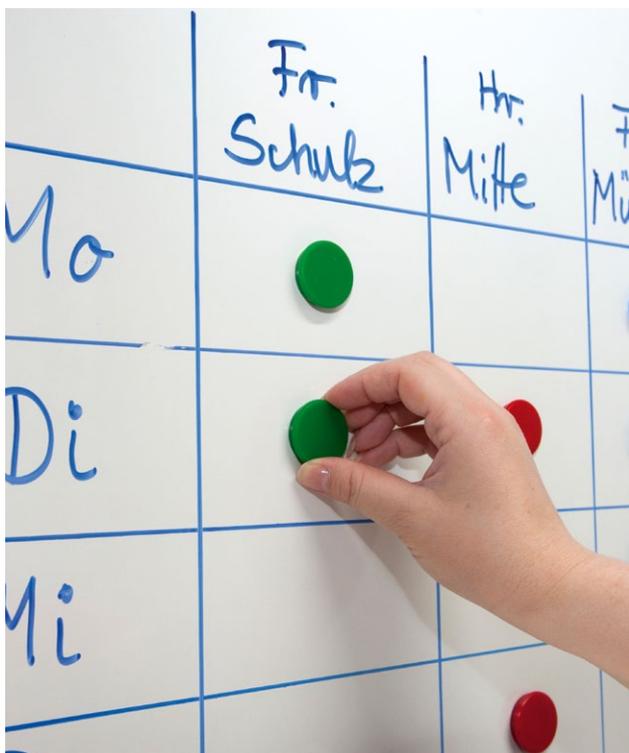
At this point, I work full time, partly doing teleworking. It allows me to be there for my children in the afternoon. Looking back I am very glad that I took the time off. I also never had the impression that it was detrimental to my development at BAM. It is not only I who considers BAM an attractive employer, my three boys like BAM as well – especially when it comes to fireworks or our spectacular experiments.

Dr. Anita Schmidt, “Dangerous Goods Packaging” Division 3.1



Neben der Freude mit kleinen Kindern kommen bekanntlich auch die kleinen Sorgen dazu. Wenn beide Elternteile voll berufstätig sind, kommen oft die beruflichen Termine der Eltern mit den meist gesundheitsbezogenen, und damit kurzfristigen Terminen in Konflikt. Seit der Einführung der „Zwei-Stunden-Minimum-am-Tag“-Regelung bei der BAM konnte ich, insbesondere in der Winterzeit, die meisten Termine beim Kinderarzt etwas entspannter wahrnehmen. Darüber hinaus kann ich einen „Not“-Arbeitstag im Wechsel mit meiner Frau so aufteilen, dass die Kinder zu Hause ausreichend versorgt sind und ich trotzdem meine Aufgaben bei der BAM erledigen kann. Voraussetzung für den Erfolg dieses Zeitmodells ist die rechtzeitige Absprache mit den Kollegen und eine gute Organisation des Arbeitsplatzes. Die Forschungsprojekte laufen weiter, auch wenn zu Hause mal nicht alles so läuft, wie es sein sollte.

Dr. Vasile-Dan Hodoroaba, Fachbereich 6.8 „Oberflächenanalytik und Grenzflächenchemie“



Auch das Angebot zu Teilzeit oder Telearbeit hilft unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Beruf und Privates besser zu verbinden. So bieten wir verschiedene Teilzeitmodelle an, um die wöchentliche Arbeitszeit individuell vereinbaren zu können.

Das direkte Gespräch mit den Kolleginnen und Kollegen ist wichtig und auch der Versuchsstand kann nicht im Wohnzimmer aufgebaut werden. Grund genug die alternierende Telearbeit anzubieten: Ein oder zwei Tage in der Woche von zu Hause aus am Computer arbeiten, die restlichen Tage dann in der BAM. Bei der Vergabe von Telearbeitsplätzen bevorzugen wir Beschäftigte mit Familienpflichten und schwerbehinderte Menschen.

Und auch den Wiedereinstieg nach einer Familienpause unterstützen wir. In nur wenigen Wochen Abwesenheit kann sich so manches am Arbeitsplatz geändert haben. Klar, dass die Kolleginnen und Kollegen bei der Einarbeitung helfen. Wenn gewünscht, informieren wir Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auch während ihrer Familienpause über das, was für den Arbeitsplatz wichtig ist. Und: auch eine Teilzeitbeschäftigung als „langsamen“ Einstieg nach der Familienpause ist möglich.

Durch diese Personalpolitik unterstützen wir unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine Balance zwischen verschiedenen Lebensbereichen zu finden und tragen zur Chancengleichheit von Frauen und Männern bei.



Nach der Geburt meines dritten Kindes im Oktober 2011 bin ich mit gemischten Gefühlen ein Jahr in Elternzeit gegangen. Meine Bedenken waren, den Anschluss zu unseren laufenden Projekten zu verlieren. Dies erwies sich jedoch als unbegründet, da meine Kollegen mich auch während meiner Abwesenheit immer auf dem Laufenden hielten.

Mittlerweile arbeite ich ganztags, zum Teil in Telearbeit. So kann ich nachmittags auch für meine Kinder da sein. Rückblickend bin ich sehr froh, dass ich die Auszeit genommen habe. Auch hatte ich nie den Eindruck, dass dies meine Entwicklung an der BAM beeinträchtigen würde. Nicht nur ich finde, dass die BAM ein attraktiver Arbeitgeber ist, auch meinen drei Jungs gefällt die BAM – vor allem wenn es um Feuerwerk oder unsere spektakulären Versuche geht.

Dr. Anita Schmidt, Fachbereich 3.1 „Gefahrgutverpackungen“



Infrastruktur

Eine gut ausgebaute, sichere und jederzeit verfügbare technische Infrastruktur ist ein wichtiger wirtschaftlicher Standortfaktor. Baustoffe spielen dabei eine große Rolle. Forschung über Schädigungen und Schadensmechanismen in Beton ist nur ein Thema der BAM zu Infrastruktur.

infrastructure

A well-developed, safe and readily available technical infrastructure is an important factor which determines business location. Building materials play a major role here. Research on damage and damage mechanisms in concrete is only one of BAM's topics about infrastructure.



Fahr'n auf der Autobahn

Hit the road, Jack, ...

"We are driving, driving, driving on the motorway," sang Ralf Hütter of the Kraftwerk band in 1974. By its monotony, the song suggested endless driving on the motorway – without road works and congestion. Today it is different: road works are often interspersed at a distance of a few kilometres. The reason for the disruption is an alkali-silica reaction (ASR) in the road paving concrete.

The damage process of alkali-silica reaction proceeds in a complex way and is influenced by many parameters. Alkali-sensitive aggregates, alkali available inside or supplied by de-icing salt from the outside and sufficient moisture content in the hardened concrete are the conditions for damage to concrete due to ASR. However, it usually takes years after the completion of the concrete pavement until damage by ASR emerges.

Concrete is a mixture of cement, water and aggregate. Cement with an increased sodium oxide equivalent content (above 0.8 mole percent alkali) and the use of alkali-sensitive aggregates must be avoided in motorway construction. Rocks that contain amorphous silicates or microcrystalline or disturbed (stressed) quartz are considered alkali-sensitive.

Thus, concrete is a mixture which may be difficult to handle because complex and multiple harmful chemical reactions can occur in hardened concrete. The causes are known to a large extent, but the damage mechanisms less so. In ASR, alkali ions (sodium and potassium) introduced into the concrete by the cement during production or via alkaline de-icing agents during the service life react with sensitive silica components of the aggregates used. Under certain circumstances, a swellable silica gel (ASR gel) is then formed as a reaction product whose swelling pressure may crack the concrete when there is suf-

ficient calcium supply. As a result, the service life of the motorway is significantly reduced.

To contain the extent of damage, water-repellent substances, so-called hydrophobising agents, started to be used in 2008 to protect concrete pavements, although no sufficient systematic knowledge about their mode of action, durability and potential subsequent damage was available. The idea is to minimise the access of moisture and salt to concrete and thus to reduce the amount of reactants water and alkalis essential for ASR. These were reasons for Dr. Frank Weise from the BAM Division 7.1 "Building Materials" to establish ASR in concrete pavements as a research topic at BAM.

Experts recognise the beginning of damage by a darkening of the concrete near the road-surface joints. Later on, network-like and longitudinal cracks develop, and finally, pieces of concrete break out. Although the mechanism of the deterioration process can be classified into three categories of damage, it is still not fully understood. This also applies to the deterioration process in the general preventive test of the aggregates' alkali sensitivity. According to the test methods laid down in guidelines – fog chamber storage at 40 °C and concrete test at 60 °C without external alkali supply – the specimens are stored for a certain period of time under specified climatic conditions to provoke ASR. However, the determined values, especially those of concrete expansion, are only intermittently recorded. To better understand the deterioration mechanism, Dr. Weise and his colleagues have developed a new non-destructive testing method for which a patent has already been submitted. This new method enables the textural changes inside the concrete test specimen to be continuously monitored during the ASR-provoking phase with the help of simultaneous strain, acoustic emission



„Wir fahr'n, fahr'n fahr'n auf der Autobahn“, so sang Ralf Hütter von der Gruppe Kraftwerk im Jahr 1974. Der Song suggeriert durch seine Monotonie endloses Fahren auf der Autobahn – ohne Baustellen und ohne Staus. Das ist heute anders. Heute folgen die Baustellen oft im Abstand von nur wenigen Kilometern aufeinander. Mitunter steht die Ursache hierfür im Zusammenhang mit einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) im Fahrbahndeckenbeton.

Der Schädigungsprozess der Alkali-Kieselsäure-Reaktion läuft vielschichtig ab und wird von zahlreichen Parametern beeinflusst. Damit es zu Betonschäden infolge AKR kommen kann, müssen eine alkaliempfindliche Gesteinskörnung, intern vorhandene oder extern über Tausalz zugeführte Alkalien und ausreichend Feuchtigkeit im Festbeton vorliegen. In der Regel kommt es jedoch erst Jahre nach der Fertigstellung der Betonfahrbahn zu Schäden durch die AKR.

Beton ist ein Gemisch aus Zement, Wasser und Gesteinskörnung. Für den Autobahnbau gilt es, Zement mit einem erhöhten Natriumoxid-Äquivalent (über 0,8 Mol-Prozent Alkalien) sowie den Einsatz von alkaliempfindlicher Gesteinskörnung zu vermeiden. Als alkaliempfindliche Gesteinskörnungen gelten Gesteine, die amorphe Silikate oder mikrokristalline oder auch gestörte (gestresste) Quarze beinhalten.

Somit ist Beton eine Mischung, die es durchaus in-sich-haben kann. Denn es können im Festbeton komplexe und vielschichtige schädigende chemische Reaktionen ablaufen. Die Ursachen sind weitestgehend bekannt, die

Schadensmechanismen allerdings weniger. Bei der AKR reagieren Alkali-Ionen (Natrium und Kalium), die bereits bei der Betonherstellung über den Zement oder im Laufe der Nutzungsdauer über alkalihaltige Taumittel in den Beton eingetragen werden, mit reaktionsfähigen Kieselsäure-Bestandteilen der verwendeten Gesteinskörnungen. Als Reaktionsprodukt bildet sich dann unter bestimmten Umständen ein quellfähiges Kieselsäure-Gel (AKR-Gel), dessen Quelldruck bei einem hinreichenden Calciumangebot den Beton reißen lassen kann. Die Folge: eine erheblich reduzierte Nutzungsdauer der Autobahn.

Um dem Schadenausmaß etwas entgegenzusetzen, wurde bereits 2008 damit begonnen, Betonfahrbahndecken mit wasserabweisenden Substanzen, sogenannten Hydrophobierungsmitteln zu schützen, obwohl systematische Erkenntnisse über deren Wirkungsweise, Dauerhaftigkeit oder mögliche Folgeschäden noch nicht hinreichend bekannt waren. Die Idee dabei ist, den Zugang von Feuchte und Salz in den Beton zu vermindern, um so die für eine AKR notwendigen Reaktionspartner Wasser und Alkalien zu reduzieren. Viele Gründe also für Dr. Frank Weise aus dem BAM-Fachbereich 7.1 „Baustoffe“, die AKR in Fahrbahndeckenbetonen als Forschungsthema in der BAM zu etablieren.

Die Experten erkennen den Beginn eines Schadens mit der Dunkelfärbung des Betons im Bereich der Fahrbahn-Fugenkreuze. Im weiteren Verlauf bilden sich Netz- und Längsrisse aus bis schließlich Betonstücke herausbrechen. Zwar einordbar in drei Schadenskategorien ist der

Dr. Frank Weise

Division/Fachbereich 7.1

Building Materials

Baustoffe

Frank.Weise@bam.de

Verfolgung des zeitlichen Verlaufs der örtlichen Feuchte- Salz- und Temperaturverteilung in ausgelagerten Ausbausegmenten eines BAB-Abschnitts ohne und mit hydrophobierter Oberfläche

Local moisture, salt and temperature distribution as functions of time in stored building segments of a motorway section with and without hydrophobic surface

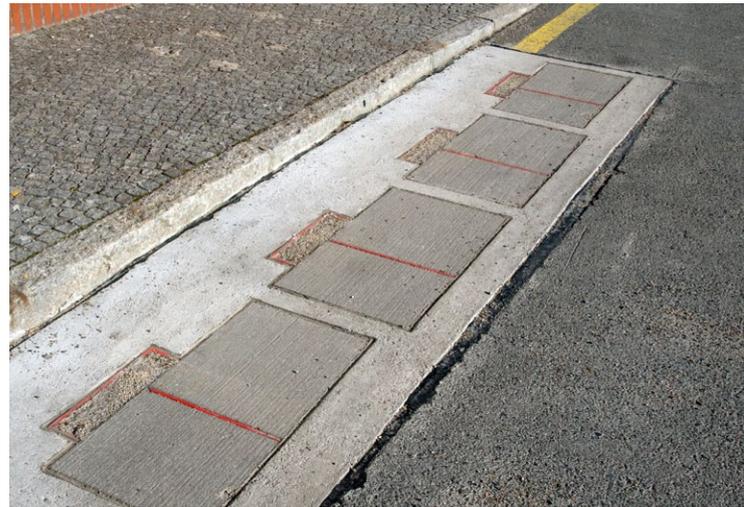
and ultrasonic measurements. "According to the findings, the textural changes can be divided into three consecutive temporal phases," says Dr. Weise. "In phase 1, the hydration process predominates in the fresh concrete prepared for testing. In phase 2, cracking due to ASR dominates and in phase 3, the cracks are probably filled with ASR gel and/or other reaction products," continues the scientist.

And what about the traffic? Only dynamic mechanical loads due to steadily increasing traffic can damage concrete pavements. How does this pre-damage affect the penetration of water and de-icing salts into concrete, and does it encourage the damaging reaction? The DFG Research Group FOR 1498 with the collaboration of BAM experts is examining these questions.

The real nationwide extent of the ASR damage is not fully known. A central data recording unit still does not exist. Remedy is now expected from a database-based ASR information portal to be established within the research project FUTURUM that is financed by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure and supervised by the Federal Highway Research Institute (BAST). The bundling of all information will contribute to a better understanding of the damage mechanisms and help to develop prevention strategies. In addition, in this integrated research project, scientists of the Bauhaus Universität Weimar, the Ruhr Universität Bochum and BAM are investigating the influence of numerous parameters on ASR in the laboratory. These parameters include cyclic load from

Bohrkernentnahme aus Betonfahrbahnplatte einer Autobahn

Core samples taken from a concrete pavement of a motorway



climate and traffic and the effect of installation conditions of concrete on the pavement.

In the run-up, a pilot project carried out by BAM scientists optimised a test methodology for the study of drilling cores from concrete pavements damaged by ASR to different extents. "For example, a suitable imaging technique for the analysis of external alkali input into the concrete pavement was needed," says Dr. Weise. "Also, an appropriate test methodology to detect the effect of ASR on the mechanical properties of concrete had to be developed."

The experts are confident that the results of the numerous research activities will make it possible to avoid ASR damage in the federal motorway network in the future.

With the introduction of the General Circular for Road Construction No. 04/2013, the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development made a major step in this direction. The verifications of suitability of building materials and construction methods required by recognised ASR experts for new construction and renovation projects will prevent the damaging ASR from occurring in the concrete pavement.

Mechanismus des Schädigungsprozesses aber nicht ausreichend verstanden. Dies gilt auch für den Schädigungsprozess bei der allgemeinen präventiven Prüfung der Alkaliempfindlichkeit der Gesteinskörnung. Nach den in Richtlinien geregelten Prüfverfahren – Nebelkammerlagerung bei 40 °C und 60 °C-Betonversuch ohne externe Alkalizufuhr – wird der Prüfkörper über eine bestimmte Zeit unter definierten klimatischen Bedingungen AKR-provozierend gelagert. Die ermittelten Messgrößen, insbesondere die der Betondehnung, werden hierbei allerdings nur diskontinuierlich erfasst. Um den Schädigungsmechanismus besser zu verstehen, hat Weise zusammen mit seinen Kollegen eine neue zerstörungsfreie Prüfmethodik entwickelt, die bereits zum Patent angemeldet wurde. Mit diesem neuen Verfahren wird durch simultane Dehnungs-, Schallemissions- und Ultraschallmessungen die Gefügeveränderung im Inneren der Betonprüfkörper während der AKR-provozierenden Lagerung kontinuierlich verfolgt. „Danach lassen sich die Gefügeveränderungen in drei zeitlich hintereinander ablaufende Phasen einteilen“, erläutert Weise. „In Phase 1 überwiegt der Hydratationsprozess im jungen, für die Prüfung hergestellten Beton. In Phase 2 dominiert die Rissbildung infolge AKR und in Phase 3 füllen sich die Risse vermutlich mit AKR-Gel und/oder anderen Reaktionsprodukten“, so der Wissenschaftler weiter.

Und der Verkehr? Allein durch die dynamisch mechanischen Belastungen des immer stärker werdenden Verkehrs können Betonfahrbahndecken geschädigt werden. Doch wie beeinflusst diese Vorschädigung das Eindringen von Wasser und Tausalzen in den Beton und begünstigt sie auch die Schadreaktion? Fragen, die die DFG-Forschergruppe FOR 1498 unter Mitarbeit der BAM-Experten derzeit untersuchen.

Das tatsächliche Ausmaß der bundesweiten AKR-Schäden ist nicht vollständig bekannt. Hier fehlt bislang eine zentrale Erfassung. Abhilfe soll nun das vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur finanzierte und von der Bundesanstalt für Straßenwesen betreute Forschungsvorhaben FUTURUM mit dem Aufbau eines datenbankbasierten AKR-Informationsportals schaffen. Die Bündelung aller Informationen soll zum besseren Verständnis der Schädigungsmechanismen beitragen und helfen, Vermeidungsstrategien zu entwickeln. Zusätzlich untersuchen in diesem Verbundprojekt die Wissenschaftler der Bau-

haus Universität Weimar, der Ruhruniversität Bochum und der BAM den Einfluss zahlreicher Parameter auf eine AKR im Labor, wie beispielsweise die zyklische Beanspruchung aus Klima und Verkehr und die Einbaubedingungen des Betons für die Fahrbahn.

Im Vorfeld optimierten die Wissenschaftler der BAM in einem Pilotprojekt eine Prüfmethodik für die Untersuchung von Bohrkernen aus verschiedenen stark AKR-geschädigten Betonfahrbahndecken. „Es galt beispielsweise ein geeignetes bildgebendes Verfahren für die Analyse des externen Alkali-Eintrags in die Betonfahrbahn zu finden“, so Weise. „Aber auch zum Nachweis der Auswirkungen der AKR auf die mechanischen Eigenschaften des Betons musste noch eine geeignete Prüfmethodologie entwickelt werden.“

Die Experten sind zuversichtlich: Mit den Ergebnissen aus den zahlreichen Forschungsaktivitäten können AKR-Schäden im Bundesautobahnnetz zukünftig vermieden werden.

Mit der Einführung des Allgemeinen Rundschreibens Straßenbau Nr. 04/2013 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung ist bereits ein großer Schritt auf diesem Weg getan. So wird durch die hier geforderten Eignungsnachweise für Baustoffe und Bauweisen durch anerkannte AKR-Gutachter bei Neubau- und Erneuerungsmaßnahmen eine schädigende AKR in der Betonfahrbahn verhindert.

Vorschädigung eines großformatigen Balkens aus Fahrbahndeckenbeton mittels zyklischem Biegezugversuch bei gleichzeitig aufstehender 5 %iger NaCl-Lösung mit begleitendem Zustands- und Schadensmonitoring

Pre-damaging a large-size beam from road surface concrete by a cyclic flexural test and simultaneous standing 5% NaCl solution with accompanying condition and damage monitoring





Eine Schutzcreme für Beton mit Tiefenwirkung

A protective cream for concrete with deep effect

Pantheon in Rom
Pantheon in Rome

Do you think that concrete is a new building material? Far from it! Even the Romans used concrete in building the Pantheon, for example, which, with its huge dome, was completed around 119-125 AD.

It was the Englishman John Smeaton who further developed concrete in modern times, around 1755. He was looking for a water-resistant mortar and found out that self-hardening lime requires a certain amount of clay to be added. Joseph Monier invented reinforced concrete nearly 100 years later (patent: 1867), and the reinforcing steel is still called Monier iron today.

Concrete is a mixture of water, cement and aggregate. Water and cement are used as binders and the aggregate usually consists of gravel and sand. Modern concrete often contains special additives which serve to tailor their properties. Currently, approximately 2.2 billion tonnes of cement are produced world-wide every year, from which about 14 billion tonnes of concrete can be produced. Concrete is a building material used globally and characterises the look of many modern cities. Engineers design the buildings for a specified service life: concrete structures are expected to be used for 70 to 80 years. Nevertheless, it is quite often the case that these buildings must be renovated after 20 or fewer years, incurring considerable cost.

Waters containing de-icing salt play a major role in winter – in particular in bridges and tunnels. These waters are absorbed by porous concrete through capillary and diffusion processes. Chlorides dissolved in water can lead to long-term corrosion of the reinforcement. The resulting damage is only visible later on the concrete surface. How fast and how deep the salts penetrate into the concrete depends on

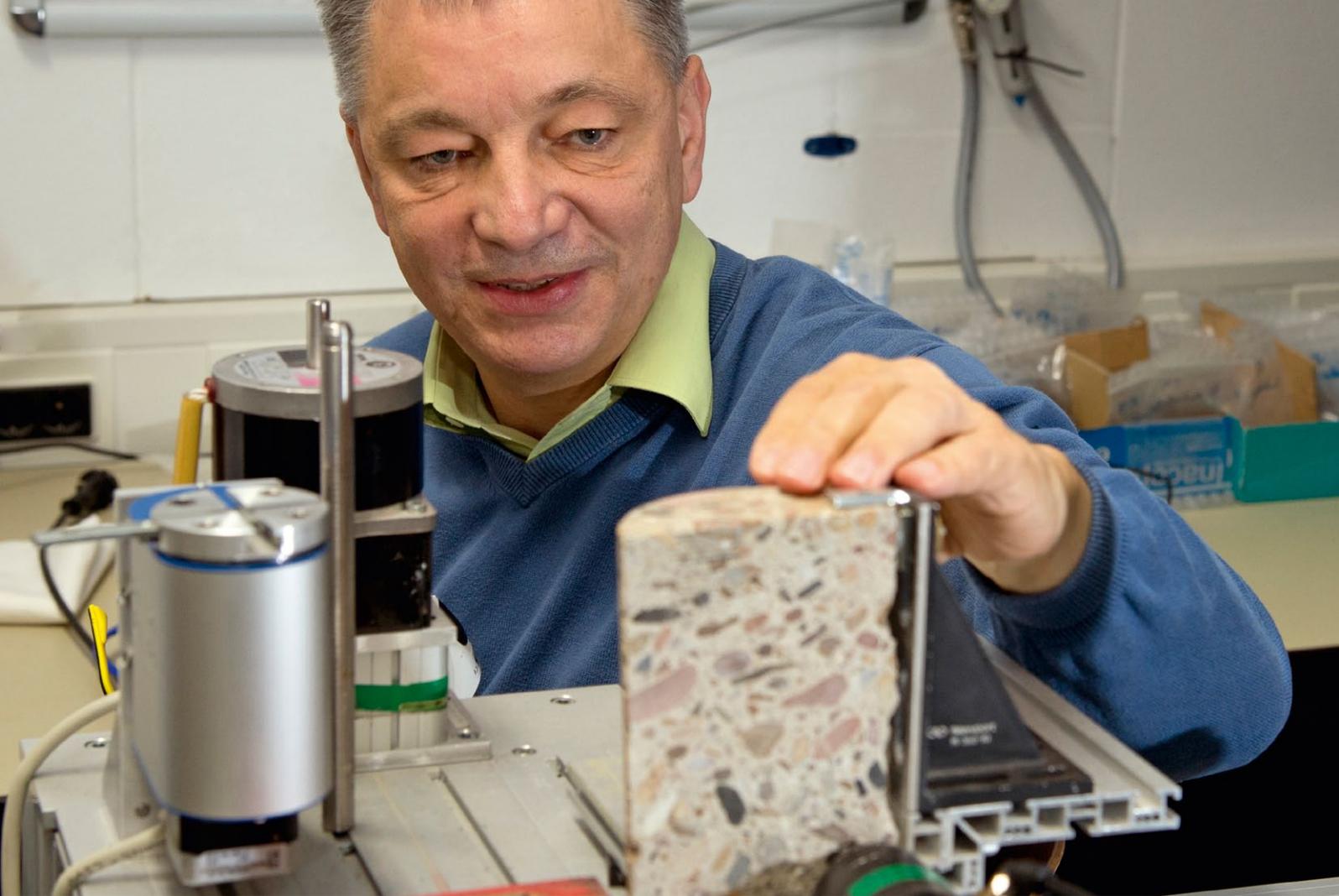
many factors, namely the concrete used, traffic density, but also the distributed amount of salt.

One way to prevent capillary water absorption is impregnating the surface. Organosilicon compounds, preferably silanes, are used for this purpose. The gel-like concrete protective forms a silicone resin on the inner pore surfaces by reacting with moisture from the building material. Thus, the concrete surface is modified so that it is water-repellent and pollutants cannot penetrate into it. The process is called hydrophobisation.

Hydrophobisation is not entirely new in the building industry either. As early as in the 1980s, many a client chose this method to protect private property. In particular for monuments, hydrophobisation was the answer to providing long-term protection. However, a large number of incorrect applications at that time showed that the chemical interaction of silanes with cement-bound materials was not sufficiently understood.

This was reason enough to step up research in this area in recent years. The experts found that the effectiveness and durability of hydrophobisation measures are primarily determined by the penetration depth and the additive content in the border zone of the concrete. But which method can measure penetration depth and additive content and determine the quality of hydrophobisation?

Current practice uses core samples, which means that cylinder-shaped samples are cut out of the concrete. The tests are carried out in the laboratory – all of which is associated with significant cost, time requirement and technical difficulties. Although other methods operate non-destructively and can be performed on the object, they do not provide information about penetration depth



Sie meinen, Beton ist ein neuer Baustoff? Weit gefehlt, denn bereits die Römer nutzten Beton beispielsweise beim Bau des Pantheons, das mit seiner riesigen Kuppel circa 119 bis 125 nach Christus fertiggestellt wurde.

In der Neuzeit dann, um 1755, entwickelte der Engländer John Smeaton den Beton weiter. Er suchte nach einem wasserbeständigen Mörtel und fand dabei heraus, dass für einen selbsterhärtenden Kalk ein bestimmter Anteil an Ton notwendig ist. Knapp 100 Jahre später erfand Joseph Monier dann den Stahlbeton (Patent: 1867). Den Bewehrungsstahl nennt man auch heute noch Moniereisen.

Ein Gemisch aus Wasser, Zement und Gesteinskörnung – das ist Beton. Als Bindemittel wird Wasser und Zement genutzt, die Gesteinskörnung besteht üblicherweise aus Kies und Sand. Moderne Betone erhalten oft spezielle Zusatzstoffe, mit denen deren Eigenschaften gezielt eingestellt werden können. Derzeit werden weltweit circa 2,2 Milliarden Tonnen Zement produziert aus denen sich dann etwa 14 Milliarden Tonnen Beton herstellen lassen. Ein global genutzter Baustoff also, der das Bild vieler moderner Städte prägt. Die Ingenieure planen die Bauwerke für eine bestimmte Lebensdauer. So sollten Bauwerke

aus Beton 70 bis 80 Jahre genutzt werden können. Doch immer häufiger sehen wir, dass diese Bauwerke bereits nach 20 Jahren und weniger aufwendig saniert werden müssen.

Speziell bei Brücken oder Tunneln spielen tausalzhaltige Wässer im Winter eine große Rolle. Der poröse Beton nimmt diese Wässer kapillar und über Diffusionsvorgänge auf. Die im Wasser gelösten Chloride können langfristig zur Korrosion der Bewehrung führen. Die Folge sind Schäden, welche erst spät an der Betonoberfläche sichtbar werden. Wie schnell und wie tief die Salze in den Beton eindringen, hängt von vielen Faktoren ab: etwa vom verwendeten Beton, von der Verkehrsdichte, aber auch von der gestreuten Salzmenge.

Ein Weg, die kapillare Wasseraufnahme zu unterbinden, ist die Imprägnierung der Oberflächen. Hierfür kommen siliziumorganische Verbindungen, vorzugsweise Silane zum Einsatz. Der gelartige Betonschutz bildet auf den inneren Porenoberflächen unter Reaktion mit Feuchte aus dem Baustoff ein Silikonharz aus. Dadurch wird die Betonoberfläche so verändert, dass sie wasserabweisend wird und folglich keine Schadstoffe mehr in den Baukörper eindringen können. Die Experten nennen diesen Vorgang Hydrophobierung.

Gerd Wilsch

Division/Fachbereich 8.2

Non-Destructive Damage Assessment and Environmental Measurement Methods

Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren

Gerd.Wilsch@bam.de

Auftragen eines Hydrophobierungsmittels auf eine Betonfahrbahndecke

Applying a hydrophobising agent on a concrete road surface



and distribution of additives. Up to now this has prevented widespread practical application of the technically and highly efficient deep hydrophobisation because the risks of failure are too high without a suitable quality control to match the usual building process.

This is where the research project “SILAMARK – Research into a marker system for deep hydrophobisation of porous cement-bound materials” funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) comes in. The project provides the framework within which BAM, along with Sto AG, Karlsruhe University of Applied Sciences, Specht, Kalleja + Partner GmbH and Aqua Stahl have been developing a process by which the additive distribution can be analysed with high resolution in the concrete border zone.

The process requires “markers” to be added to the actual hydrophobising agent. The experts have developed a marker that contains a metal salt and does not occur in the building material. Applied to the concrete, the marker and organosilicon compounds penetrate in parallel into the concrete border zone and are eventually incorporated into the polysiloxane film due to chemical reactions.

The researchers are now interested in finding out how much additive and where it is distributed in the building material. Physicist Gerd Wilsch and his colleagues from the BAM Division 8.2 “Non-destructive Damage Assessment and Environmental Measurement Methods” provide answers to these questions using “Laser Induced Breakdown

Spectroscopy” (LIBS). A high-energy laser pulse evaporates a small portion of the sample surface to be tested, which in turn forms plasma. The radiation emitted by the plasma provides information about type and quantity of the elements in the vaporised material. The key advantages of this method are that it is fast, virtually non-destructive and can be applied on site without complicated sample preparation.

BAM scientists have optimised LIBS so that the marker in the heterogeneous concrete building material can be detected unambiguously, with high sensitivity and high spatial resolution. “We first established the necessary equipment parameters and appropriate measurement procedures in the laboratory. These results have been included in the calibration instructions. The system will be used for quality assurance at the building site in the future,” said Wilsch.

LIBS should be used not only in the construction phase. It is also envisaged that it will serve to determine long-term stability with respect to environmental impacts influencing ageing. This will enable scheduling the renewal of the system in good time.

The researchers are currently working on testing the method on bridges and in car parks. This is necessary because certain requirements on subsoil, processability and post-treatment can only be determined in application tests. Acceptance of this protective method should be significantly increased on the market and thus expensive repairs reduced.

Nun ist Hydrophobierung nicht ganz neu im Bauwesen. Bereits in den 1980er-Jahren wählte so manch ein Bauherr dieses Verfahren, um seine Immobilie zu schützen. Besonders für Baudenkmäler galt Hydrophobierung damals als die Lösung für deren langjährigen Schutz. Die zahlreichen Fehlapplikationen in dieser Zeit zeigten aber, dass die chemische Wechselwirkung der Silane mit den zementgebundenen Werkstoffen nicht ausreichend verstanden war.

Grund genug, die Forschung auf diesem Gebiet in den vergangenen Jahren zu intensivieren. Dabei fanden die Experten heraus, dass die Wirksamkeit und die Dauerhaftigkeit einer Hydrophobierungsmaßnahme im Wesentlichen durch die Eindringtiefe und den Wirkstoffgehalt in der Betonrandzone bestimmt werden. Doch mit welchem Verfahren können Eindringtiefe und Wirkstoffgehalt gemessen und so die Qualität einer Hydrophobierung bestimmt werden?

Bisherige Praxis ist die Bohrkernentnahme. Dazu werden zylinderförmige Proben aus dem Beton geschnitten. Die Analysen erfolgen im Labor, was mit erheblichen finanziellen, zeitlichen und technischen Nachteilen verbunden ist. Andere Verfahren arbeiten zwar zerstörungsfrei und können am Objekt durchgeführt werden, liefern aber keine Informationen über die Eindringtiefe und die Wirkstoffverteilung. Dies hat die breite praktische Anwendung der als technisch sehr leistungsfähig geltenden Tiefenhydrophobierung bisher verhindert. Denn: Ohne eine in den üblichen Bauablauf passende Qualitätskontrolle sind die Risiken für ein Versagen der Maßnahme zu hoch.

Hier nun setzt das Forschungsvorhaben „SILAMARK – Erforschung eines Markersystems für Tiefenhydrophobierungen poröser zementgebundener Werkstoffe“ an, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziell gefördert wurde. Es ist der Rahmen, in dem die BAM zusammen mit der Sto AG, der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Specht, Kalleja + Partner GmbH und Aqua Stahl ein Verfahren entwickelt, mit dem die Wirkstoffverteilung in der Betonrandzone hochaufgelöst analysiert werden kann.

Zu diesem Zweck werden „Marker“ benötigt, die dem eigentlichen Hydrophobierungsmittel zugesetzt werden. Die Experten entwickelten nun einen Marker, der ein Metallsalz enthält, das nicht im Baustoff vorkommt.

Aufgetragen auf den Beton, werden Marker und die siliziumorganischen Verbindungen parallel in die Betonrandzone transportiert und schließlich durch chemische Reaktionen in den Polysiloxanfilm eingebaut.

Das Interesse der Forscher richtet sich nun darauf, wie viel Wirkstoff wo im Baustoff verteilt ist. Fragen, die der Diplomphysiker Gerd Wilsch und seine Kollegen aus dem BAM-Fachbereich 8.2 „Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren“ mit der „Laser Induced Breakdown Spectroscopy“ (LIBS) beantworten. Mit einem energiereichen Laserpuls wird ein kleiner Teil der zu untersuchenden Probenoberfläche verdampft und ein Plasma erzeugt. Die vom Plasma ausgehende Strahlung liefert Informationen über die Art und Menge der Elemente im verdampften Material. Die großen Vorteile dieses Verfahrens: Es ist schnell, nahezu zerstörungsfrei und kann direkt vor Ort ohne aufwendige Probenvorbereitung angewendet werden.

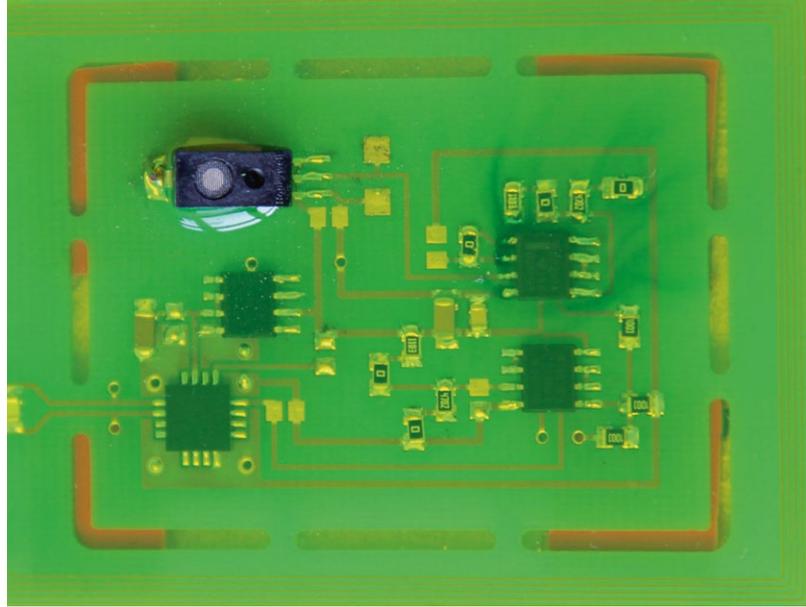
LIBS haben die BAM-Wissenschaftler so optimiert, dass der Marker im heterogenen Baustoff Beton eindeutig, mit hoher Empfindlichkeit und mit hoher örtlicher Auflösung nachgewiesen werden kann. „Wir haben zunächst im Labor die notwendigen Geräteparameter und geeigneten Messabläufe ermittelt. Diese Ergebnisse flossen dann in die Kalibriervorschrift ein. Das System soll zukünftig zur Qualitätssicherung am Bauwerk eingesetzt werden“, so Wilsch.

Nicht nur in der Bauphase soll LIBS verwendet werden. Es ist auch angedacht, mit dem Verfahren die Langzeitstabilität im Hinblick auf alterungsbeeinflussende Umweltauswirkungen zu bestimmen. So kann zeitlich gezielt die Erneuerung des Systems veranlasst werden.

Derzeit arbeiten die Forscher daran, das Verfahren an Brücken und in Parkhäusern zu erproben. Denn: Bestimmte Anforderungen an Untergrund, Verarbeitbarkeit und Nachbehandlung können nur in Anwendungsversuchen ermittelt werden. Damit soll die Akzeptanz dieser Schutzmaßnahme am Markt deutlich erhöht und aufwendige Instandsetzungen schließlich verringert werden.

Brücken mit Sensoren drahtlos überwachen

Wireless monitoring of bridges by sensors



RFID-Tag mit Sensoranschluss

RFID tag with sensor connection

FF26ACE3 logs in the control panel: atypical values have been recorded for the first time after five years of service in the underground. FF26ACE3 was separated from the outside world and embedded in concrete five years ago. The message that is sent directly but wirelessly from the concrete layer of a motorway bridge somewhere in Germany is not dramatic, but unambiguous: "It's wet here!" The name FF26ACE3 refers to an intelligent component. This is a component that reports about current status and has stored the installation date and the date of the last inspection. The engineer on site realises immediately: this part of the motorway bridge needs to be thoroughly investigated.

Although this is a story from the future, BAM scientists are intensively working to ensure that it soon becomes reality. The first step has been done: Dr. Markus Stoppel of the BAM Division 8.2 "Non-destructive Damage Assessment and Environmental Measurement Methods" has developed prototypes where corrosion and moisture sensors provide the analyst with precise information about the status of a bridge structure. The project funded by the Federal Highway Research Institute (BAST) combines sensors with RFID components. RFID stands for "radio frequency identification" or "with the help of electromagnetic waves". RFIDs are commonly found in everyday life: libraries use the method to protect their books, logistics companies mark their goods and can always tell where they are in a huge warehouse. Many garments also carry RFID chips for identification purposes.

An RFID system is roughly divided into two components: a transponder (also called RFID tag), which consists of a tiny chip and an antenna. This RFID tag can be glued, for example, to the back of the books or clothing. A reader device is needed to read the data (an RFID

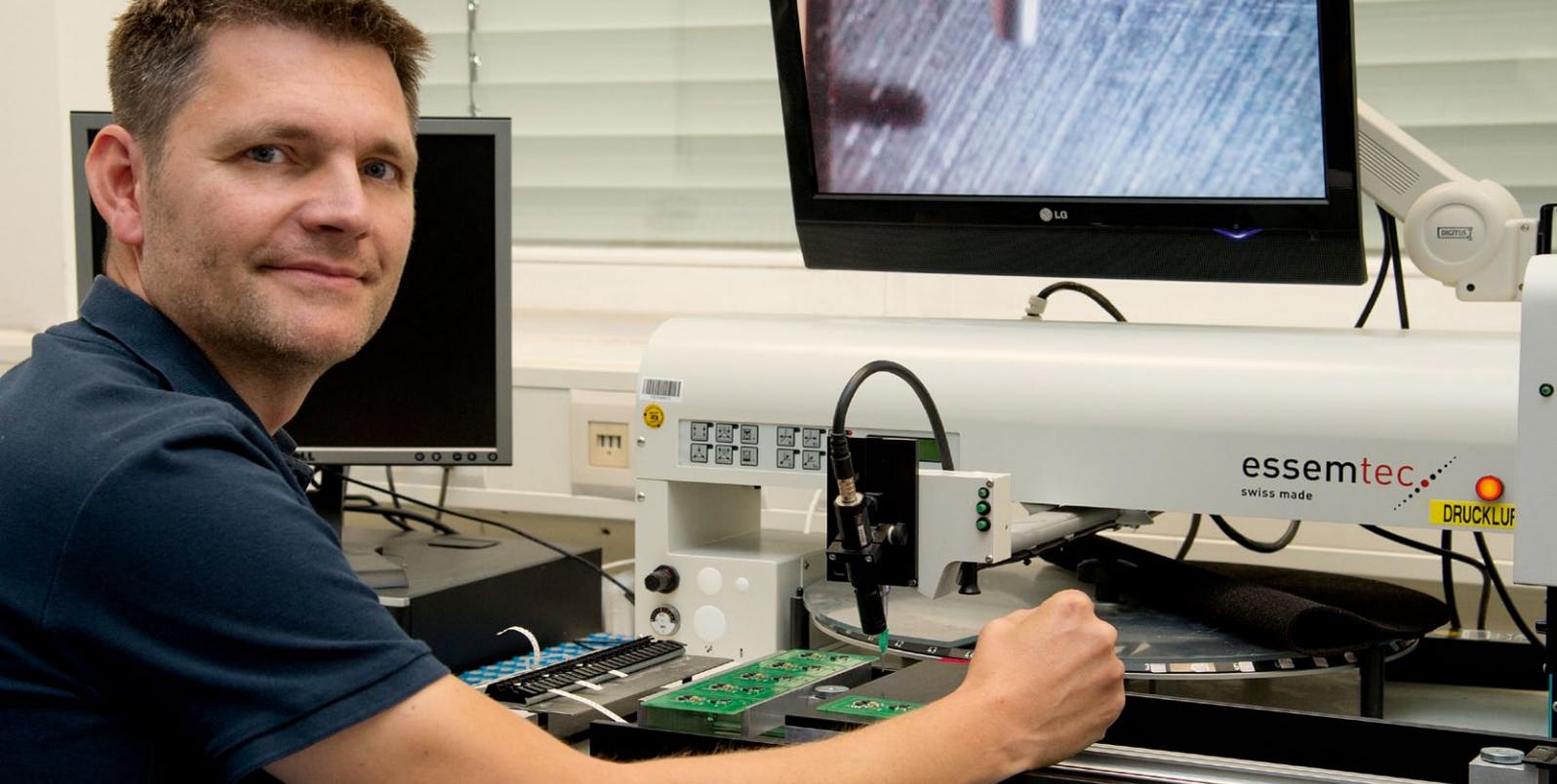
tag usually only contains a column of numbers). The communication between the two components is ensured by means of magnetic fields or radio waves. The transponders can also be supplied with energy via radio waves, or "piggybacked". This is important because the systems integrated into the concrete have no battery of their own and must be supplied with energy from the outside. There are also active transponders which have a built-in battery or semi-active ones, in which only the microchip is powered. However, a battery does not make any sense if it is embedded in concrete because it cannot be replaced.

The challenge for the scientists now was to combine the existing RFID technology with the also existing sensor technology. So far there were only very few wireless sensors in the construction industry. The reader device must be able to reliably and clearly receive the signals.

The system developed enabled achieving a range of 170 mm. Dr. Stoppel suggests that the range should not be determined according to the maximum distance at which data transfer is still possible, but according to the distance at which there is still a stable voltage for the sensor. This is the only way to avoid measurement errors.

The antenna is many times larger than the small chip. It is wound many times around the chip. The sensor can also be installed such that it is connected via a cable to a separate antenna. The sensor can then be placed deeper in an element and only the antenna is close to the surface.

The sensors work on three-volt auxiliary voltage and only need a very small current. The sensors then provide a voltage which is seen on the digital display of a reading device. Humidity and corrosion sensors differ in their design.



FF26ACE3 meldet sich in der Zentrale. Erstmals nach fünf Jahren Einsatz im Untergrund werden untypische Werte erfasst. Vor fünf Jahren wurde FF26ACE3 von der Außenwelt abgeschlossen und einbetoniert. Die Nachricht, die direkt, aber drahtlos aus der Betondecke einer Autobahnbrücke irgendwo in Deutschland gesendet wird, ist nicht dramatisch, aber bestimmt: „Hier ist's feucht!“. Hinter FF26ACE3 steckt ein intelligentes Bauteil. Ein Bauteil, welches über den Istzustand Bescheid gibt, welches den Einbaupunkt genauso gespeichert hat, wie das Datum der letzten Überprüfung. Sofort sieht der Ingenieur vor Ort: Diese Stelle der Autobahnbrücke muss eingehender untersucht werden.

Noch ist das eine Geschichte aus der Zukunft, aber die BAM-Wissenschaftler arbeiten intensiv daran, dass es alsbald Realität wird. Der erste Schritt ist geschafft. An der BAM gelang es Dr. Markus Stoppel aus dem Fachbereich 8.2 „Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren“ Prototypen zu entwickeln, bei denen Korrosions- und Feuchtesensoren zum Einsatz kommen, die einem Prüfer genaue Anhaltspunkte über den Zustand eines Brückenbauwerks geben. Kombiniert wurden bei dem von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) geförderten Projekt Sensoren mit RFID-Komponenten. RFID steht für „radio-frequency identification“, auf Deutsch kann man das vielleicht mit „Identifizierung mit Hilfe elektromagnetischer Wellen“ übersetzen. RFID kommen im Alltag schon oft zum Einsatz. Büchereien schützen so ihre Bücher. Logistikunternehmen markieren damit ihre Ware und können jederzeit abrufen, wo im riesigen Lager sich die Ware

befindet. Auch in vielen Kleidungsstücken stecken aus diesem Grund bereits RFID-Chips.

Ein RFID-System teilt sich grob gesagt in zwei Komponenten auf, einem Transponder (auch RFID-Tag genannt), der aus einem winzigen Chip und einer Antenne besteht. Dieser RFID-Tag klebt zum Beispiel auf der Rückseite von Büchern oder in Kleidungsstücken. Um die Daten auslesen zu können (meist beinhaltet ein RFID-Tag lediglich eine Zahlenkolonne), braucht man ein Lesegerät. Die Kommunikation zwischen den beiden Komponenten erfolgt mittels magnetischer Felder oder über Radiowellen. Über die Radiowellen können quasi im Huckepackverfahren die Transponder auch mit Energie versorgt werden. Das ist insofern wichtig, weil die in den Beton eingebauten Systeme über keine eigene Batterie verfügen und von außen mit Energie versorgt werden müssen. Es gibt aber auch aktive Transponder mit einer eingebauten Batterie oder halbaktive, bei denen nur der Mikrochip mit Energie versorgt wird. Nur beim Einbetonieren ist eine Batterie nicht sinnvoll, weil sie nicht ausgetauscht werden kann.

Die Herausforderung der Wissenschaftler war es nun, die vorhandene RFID-Technik mit der ebenfalls vorhandenen Sensortechnik zu kombinieren. Denn drahtlose Sensoren gibt es im Bauwesen derzeit noch zu wenig. Und die Signale müssen auch sicher und eindeutig mit dem Lesegerät empfangen werden.

Eine Reichweite von 170 mm konnte mit dem entwickelten System erzielt werden. Allerdings weist Stoppel daraufhin, dass man

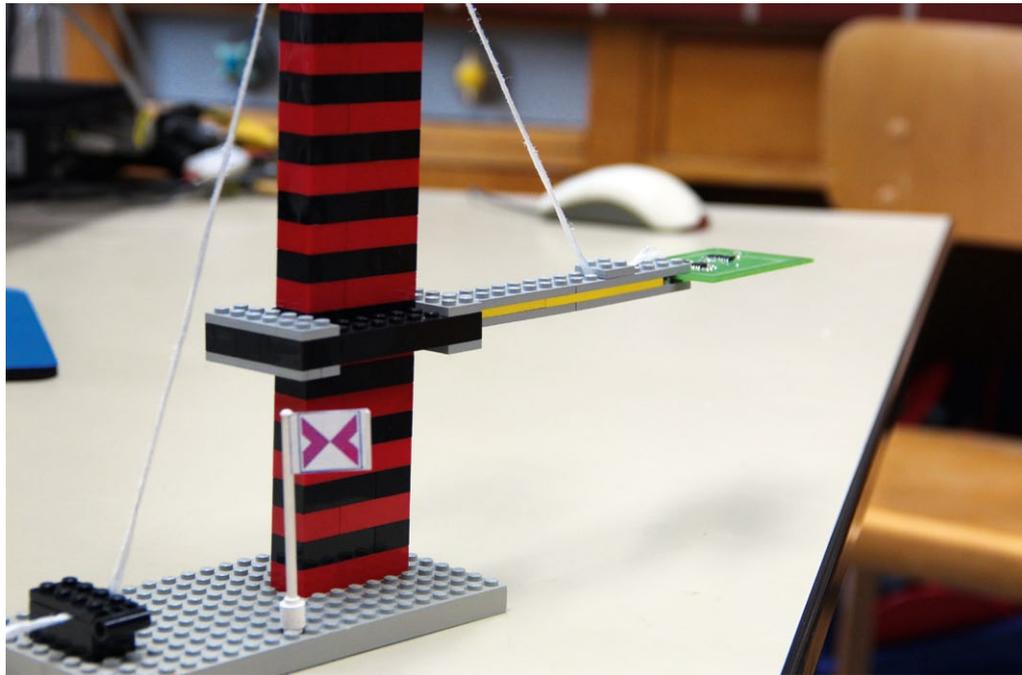
Dr. Markus Stoppel

Division/Fachbereich 8.2

Non-Destructive Damage Assessment and Environmental Measurement Methods

Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren

Markus.Stoppel@bam.de



The miniature humidity sensor is placed directly on the RFID tag that has been previously cast in epoxy resin. This protects the equipment from moisture and mechanical damage.

In the corrosion sensor, the RFID tag is connected via a cable to the sensor. A silver wire is surrounded by an insulating braiding and acts as an electrode. The electrode is then wound around the steel reinforcement in the concrete.

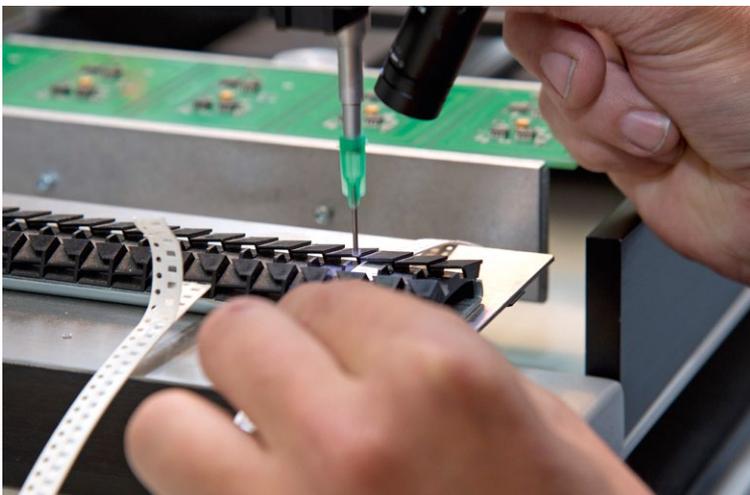
The corrosion process generates a minimal but measurable potential difference between the reinforcement (anode) and the electrode as a cathode. But Dr. Stoppel indicates there are some limitations: "The method only provides possible indications whether an

active corrosion process is currently taking place on the steel. A statement about any corrosion in progress cannot be made".

In collaboration with scientists from the BAM Division 7.4 "Technology of Construction Materials", a concrete specimen of about one meter wide and 1.40 m long was prepared as a demonstration slab. First a steel mesh as reinforcement and sensors were installed. The corrosion sensors were wound with the electrode wire around the steel bars. Then it was concreted and the sensitive sensors were checked for their function. The technique will soon be implemented in a field test, incorporated in a bridge, and will be tested in a follow-up project which will run up to March 2015.

Herstellen eines RFID-Tag

Manufacturing an RFID tag



Dr. Stoppel envisages that the method will be used in bridges, parking garages or in tunnels of the underground. For example, if a bridge is overhauled, the asphalt layer is removed and the concrete and sealing layers are renewed. The wireless measurement technology of the system developed can then be installed in the structures to check in the future if the concrete under the seal is still dry. The next overhaul must then only be carried out when it becomes absolutely necessary. One can read the data at regular intervals. The reading is quick: the reader device only has to be near the RFID tag for less than half a second. Conclusion: this is a technology of the future. And it is already obvious that the existing demand will grow rapidly.

die Reichweite nicht nach der maximalen Entfernung bestimmen sollte, bei der noch eine Datenübertragung möglich ist, sondern nach dem Wert, bei dem noch eine stabile Spannung für die Sensorik vorliegt. Denn nur so ließen sich Messfehler ausschließen.

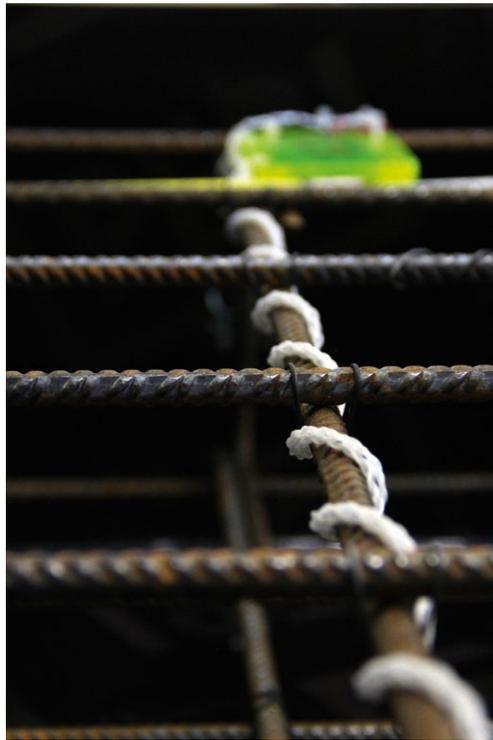
Diese Antenne ist um ein vielfaches größer als der kleine Chip. Sie dreht sich sozusagen in vielen Windungen um den Chip herum. Der Sensor kann auch von der Antenne getrennt per Kabel verbunden verbaut werden. So kann der Sensor tiefer in einem Bauteil platziert werden, lediglich die Antenne befindet sich dann nah an der Oberfläche.

Die Sensoren arbeiten mit einer Hilfsspannung von drei Volt und benötigen nur einen sehr kleinen Strom. Die Sensoren liefern dann eine Spannung, die über ein Lesegerät digital angezeigt wird. Die Feuchte- und Korrosionssensoren unterscheiden sich in ihrem Aufbau. Der Miniaturluftfeuchtesensor sitzt direkt auf den RFID-Tags, die zuvor in Epoxydharz eingegossen wurden. Das schützt die Technik vor Feuchtigkeit und mechanischen Einflüssen.

Bei dem Korrosionssensor wird der RFID-Tag per Kabel mit dem Sensor verbunden. Zum Einsatz kommt ein Silberdraht, der mit einem isolierenden Geflecht umgeben ist und als Elektrode wirkt. Die Elektrode wird dann im Beton um die Stahlbewehrung gewickelt.

Durch den Korrosionsvorgang entsteht eine minimale, aber messbare Potentialdifferenz zwischen der Bewehrung (Anode) und der Elektrode als Kathode. Allerdings schränkt Stoppel ein: „Das Verfahren gibt nur mögliche Hinweise darauf, ob derzeit ein aktiver Korrosionsvorgang am Stahl stattfindet. Eine Aussage über bereits vorhandene Korrosion kann nicht gemacht werden“.

In Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern aus dem BAM-Fachbereich 7.4 „Baustofftechnologie“ wurde ein Probekörper aus Beton als Demonstrator hergestellt. Die Demonstratorplatte ist etwa einen Meter breit und 1,40 m lang. Eingelassen wurden dort Stahlgitter als Bewehrung und die Sensoren. Die Korrosionssensoren wurden mit dem Elektrodendraht um die Stahlstäbe gewickelt. Dann wurde betoniert und die empfindlichen Sensoren auf ihre Funktion überprüft. Demnächst soll die Technik erstmalig bei einem Feldversuch zum



Verwendung eines um die Bewehrung gewickelten Elektrodendrahtes als Korrosionssensor

Using an electrode wire as a corrosion sensor wound around the reinforcing steel

Einsatz kommen und in einer Brücke eingebaut werden. Erprobt wird diese Technik in einem Anschlussprojekt, welches bis März 2015 läuft.

Stoppel sieht den Einsatz zum Beispiel beim Brückenbau, bei Parkhäusern oder auch beim U-Bahn-Tunnelbau. Wenn beispielsweise eine Brücke saniert wird, wird die Asphaltsschicht entfernt, und der Beton und die Abdichtung erneuert. Mit dem entwickelten System kann man nun die drahtlose Messtechnik in das Bauwerke einbauen, um in Zukunft zu überprüfen, ob der Beton unter der Abdichtung immer noch trocken ist. Die nächste Sanierung muss erst dann erfolgen, wenn es unbedingt notwendig ist. In regelmäßigen Intervallen könne man die Daten auslesen. Das Auslesen geht schnell, mehr als eine halbe Sekunde muss man mit dem Lesegerät nicht in der Nähe des RFID-Tags sein. Fazit: Eine Technik der Zukunft. Und es ist jetzt schon abzusehen, dass der bereits bestehende Bedarf schnell wachsen wird.



Energie

Energie muss verfügbar sein. Forschung zu alternativen Energiequellen ist daher unumgänglich. Die gesellschaftliche Akzeptanz neuer Energiekonzepte und Technologien wird entscheidend auch von ihrer Sicherheit abhängen. Die BAM forscht daran, in wie weit das für die Funktion einer Solarzelle erforderliche Cadmiumtellurid eine Gefahr für die Umwelt darstellt.

energy

Energy must be available. Research on alternative energy sources is therefore essential. Societal acceptance of new energy concepts and technologies will largely depend on their safety. BAM is researching to what extent cadmium telluride necessary for the function of solar cells constitutes a danger to the environment.





Das Auto als Batterie

The car as battery

“Hello world travellers”, begins a famous joke by Otto Waalkes. He enters the stage carrying two large suitcases: “Do you want to know what time it is in Kiel, in Cologne, in Flensburg, in Cape Town? Well, it’s easy to tell with the new Fujiyama Ticki-Tacki, a new Japanese product that costs only DM 8.98. There’s only one disadvantage ... “Otto points to the cases – ... the batteries are so heavy.”

Although the joke is from the 1970s, many batteries are still relatively heavy today. The problem is well known to computer and mobile phone manufacturers and electric car makers. And they really don’t think it’s funny at all. Long running times or ranges usually mean heavy weight and bulky battery design. The battery of an electric car might occupy a large part of the boot. But that could definitely change in the future. And so that the old Otto joke will eventually no longer be understood, BAM experts are working on a new energy storage system.

This energy storage system will be integrated into the case. But it is not a battery integrated into the housing – rather, the case itself becomes the battery. In a car, the body itself would then be the battery, saving space and weight. However, the design is still in its infancy. Therefore, industrial partners and nine research institutes, including BAM, have formed an EU project called StorAGE and have been researching together for three and a half years. The goal is to develop a versatile power storage system made of fibre composites.

In addition to electrical energy storage performance, the emphasis in the development of the fibre composite is also on its mechanical strength. In order to make it suitable for use in the automotive industry, the material has to be particularly rigid and durable. That brings us to the job of Dr. Gerhard Kalinka from BAM’s Division 5.3 “Mechanics of

Polymers”, who directed the mechanical and load tests on the fibre composites.

Fibre composites are made of carbon fibres bonded with an epoxy resin. When experimenting with new fibres or a new epoxy resin, the scientists not only test the stability of the fibre and the matrix material, but also the bond between these two components.

Standing in for thousands of individual carbon fibres, the bond of only a single fibre gets tested. With a diameter of five microns it is about 20 times thinner than a human hair.

The experimental apparatus which is used to measure the bond of the fibre to the adhesive is located at BAM. For this test, the single fibre, embedded at one end in a droplet of adhesive, is carefully extracted from the hardened drop. The tear-off process is monitored using an optical microscope. The amount of force applied to the adhesive and the fibre becomes a measure for the bond between the fibres with the adhesive. It is important that the fibre is not too deeply immersed into the droplet as it might prematurely tear off.

Nanostructure batteries and super capacitors are other new energy storage systems which are mechanically tested at BAM. Super capacitors are a further development of conventional capacitors which have been used, for example, in camera flashes for some time. They can be recharged very quickly, are durable and also work at minus 40 degrees Celsius. These super capacitors can be integrated into a carbon fibre fabric. In the long term, the goal is for the super capacitors to form the body of the car. Currently, however, the developers are focusing only on bonnets and boot lids.

This is how the super capacitors work: The fibre composites contain single layers of carbon



„Hallo Weltreisende“, so beginnt ein bekannter Witz von Otto Waalkes. Mit zwei großen Koffern betritt er die Bühne: „Möchten Sie wissen, wie spät es ist, in Kiel, in Köln, in Flensburg, in Kapstadt? Ja, mit der neuen Fujjama Ticki-Tacki, ein neues japanisches Produkt, kostet nur acht Mark 98. Hat nur einen Nachteil...“. Und dann zeigt Otto auf die Koffer. „...Die Batterien sind so schwer“.

Obwohl der Witz aus den 1970er-Jahren ist, sind auch heute noch viele Batterien vergleichsweise schwer. Das Problem kennen Computer- und Handy-Hersteller wie auch Produzenten von Elektroautos. Und die können darüber so gar nicht lachen. Lange Laufzeit oder Reichweite bedeuten meist ein hohes Gewicht und ein unförmiges Design der Akkus. Die Batterie eines Elektroautos kann schon einen Großteil des Kofferraums einnehmen. Das könnte sich in Zukunft durchaus ändern. Und damit der alte Witz von Otto irgendwann nicht mehr verstanden wird, arbeiten Experten an der BAM an einem neuen Energiespeicher.

Dieser Stromspeicher versteckt sich im Gehäuse. Dabei ist nicht die Batterie ins Gehäuse integriert, sondern das gesamte Gehäuse bildet den Akku. Bei einem Auto wäre die Karosserie dann gleichzeitig die Batterie. Auf diese Weise wird Raum und Gewicht eingespart. Nun steht die Entwicklung noch ganz am Anfang, deshalb hatten sich Industriepartner und neun Forschungsinstitute, darunter die BAM, zu einem EU-Projekt unter dem Namen StorAGE zusammengeschlossen und dreieinhalb Jahre gemeinsam geforscht. Ziel war

es, einen flexibel gestaltbaren Stromspeicher aus Faserverbundstoffen zu entwickeln.

Bei der Entwicklung des Faserverbundwerkstoffes stand neben der Leistungsfähigkeit des elektrischen Energiespeichers vor allem auch seine hohe mechanische Belastbarkeit im Vordergrund. Denn, um beispielsweise den Einsatz im Automobilbau möglich zu machen, muss das Material besonders steif und stabil sein. Und damit wären wir bei der Aufgabe von Dr. Gerhard Kalinka aus dem BAM-Fachbereich 5.3 „Mechanik der Polymerwerkstoffe“, der die mechanischen Untersuchungen und Belastungstests an den Faserverbundwerkstoffen leitete.

Faserverbundwerkstoffe bestehen aus Kohlenstofffasern, verklebt mit einem Epoxidharz. Experimentieren die Entwickler mit neuen Fasern und oder einem neuen Epoxidharz, stehen nicht nur Versuche zur Stabilität der Faser und des Matrixmaterials, sondern auch zur Verbindung zwischen diesen beiden Komponenten an.

Stellvertretend für die Tausenden einzelner Carbonfasern wird die Verklebung nur einer einzelnen Faser geprüft. Mit ihrem Durchmesser von fünf Mikrometern ist sie rund 20 mal dünner als ein menschliches Haar.

Die Versuchsanordnung, mit der die Haftung der Faser am Klebstoff ermittelt wird, steht an der BAM. Für die Untersuchung wird die einzelne Faser, die an einem Ende in einem Tröpfchen Kleber eingebettet ist, vorsichtig aus dem ausgehärteten Tropfen herausgezogen. Ein

Dr. Gerhard Kalinka

Division/Fachbereich 5.3

Mechanics of Polymers

Mechanik der
Polymerwerkstoffe

Gerhard.Kalinka@bam.de

fibre fabrics. They form the electrodes on the surfaces of which energy is stored. In order to increase the surface area, thereby increasing electrical capacity, they are covered with carbon nanotubes (CNT) – a special form of carbon. They are reminiscent of classic pipe cleaners: like the delicate plush on the wire, the nanotubes are lined up along the carbon fibre.

The carbon nanotubes have a diameter of a few nanometres and lengths between two and 50 micrometres. They are stiffer and stronger than steel and can conduct electricity almost perfectly. However, first measurements at BAM showed that although the CNT reinforcement increases strength and stiffness, it still does not lead to a remarkable improved electrical performance.

Back to the layer structure of the super capacitor. To prevent electrical short circuits, the carbon fibre layers (electrodes) have to be isolated from each other – glass fibre mats are used for that. At the same time, during charging and discharging of the battery, the charge carriers i.e. ions, need to be transported between the carbon fibre electrodes (positive or negative poles). But in order for that to happen, the fibreglass mats must be permeable to the ions, which is made possible by a synthetic matrix polymer which covers the glass fibre mats. This synthetic matrix consists of two components and is constructed like firm foam: the frame is formed by a rigid and hard epoxy resin, and located in the pores is an ionic conductive liquid. This is how the ions can pass through the glass fibre mat in between the electrodes. On the outside, the composite is sealed with a layer of electrically insulating polymer resin.

Another radical idea is nanostructure batteries. Instead of a whole carbon fibre mat as an electrode, every single carbon fibre is used as an individual electrode. Since the individual fibres may not touch, they are sheathed

with a thin layer of the synthetic matrix. On the one hand, the sheath prevents a short circuit, and on the other hand facilitates the transport of ions. The researchers are now working to optimise the connection of each individual fibre to a “positive” or “negative” pole.

The fibres thus prepared can then be processed further into composite material. The research at BAM helped to select suitable fibres and the appropriate mixture of “foam matrix” for the various energy storage systems which were used to perform the next step. After initial experiments with a model car, the first test vehicle at Volvo was equipped with these new power storage systems at the end of 2013. For now, they will complement the existing car battery. “Generally, the system works,” says Dr. Kalinka. It shows promise, but not all questions have been answered yet. For example, how secure the system is when it gets damaged.

In the Volvo prototype the car battery is complemented, but a lot of research is needed until an entire electric car can be powered like this. Dr. Kalinka also sees promising applications in computers or mobile phones. In the long term, conventional batteries might disappear because the housing provides the necessary power. Another advantage is that charging would only take a few minutes.



Zugprüfung
Tensile test



Lichtmikroskop erlaubt das Abreißen während der Messung zu verfolgen. Wie viel Kraft zwischen dem Kunststoff und der Faser übertragen wird, ist dann ein Maß für die Ankopplung der Faser mit dem Klebstoff. Wichtig dabei ist, dass die Faser nicht zu tief in den Tropfen eingetaucht wurde, da sie sonst vorher reißt.

Weiter: Auch Nanostrukturbatterien und Superkondensatoren sind neue Energiespeicher, die in der BAM mechanischen Versuchen unterzogen wurden. Superkondensatoren sind eine Weiterentwicklung herkömmlicher Kondensatoren, wie sie beispielsweise schon länger in Fotoblitzbenutzern verwendet werden. Sie sind sehr schnell aufladbar, langlebig und funktionieren auch bei minus 40 Grad Celsius. Diese Superkondensatoren lassen sich in ein Kohlefasergerüst einbinden. Langfristig möchte man dahin kommen, dass die Superkondensatoren die komplette Karosserie bilden. Derzeit konzentrieren sich die Entwickler aber nur auf die Karosserieteile Motorabdeckung und Kofferraumdeckel.

Und so funktionieren die Superkondensatoren: Die Faserverbundwerkstoffe enthalten einzelne Lagen von Carbonfasergeweben. Sie bilden die Elektroden, an deren Oberflächen die Energie gespeichert wird. Um die Oberfläche zu vergrößern und damit die elektrische Leitfähigkeit zu erhöhen, sind sie zusätzlich mit Carbon-Nanotubes (CNT) bewachsen – einer speziellen Form des Kohlenstoffs. Sie erinnern an die klassischen Pfeifenreiniger: Wie der feine Plüsch am Draht reihen sich die Nano-Röhrchen entlang der Carbonfaser.

Die Carbon-Nanotubes haben einen Durchmesser von wenigen Nanometern und Längen zwischen zwei und 50 Mikrometern. Sie sind steifer und fester als Stahl und können den Strom fast perfekt leiten. Erste Messungen an der BAM zeigten allerdings, dass die Verstärkungen mit CNT zwar Festigkeit und Steifigkeit erhöhen, sie aber noch zu keiner verbesserten elektrischen Leistung führen.

Zurück zum Schichtaufbau des Superkondensators. Damit es keinen elektrischen Kurzschluss gibt, müssen die Carbonfaser-Schichten (Elektroden) voneinander isoliert werden. Dazu werden Glasfasermatten verwendet. Zugleich müssen Ladungsträger, also Ionen, beim Laden und Entladen der Batterie zwischen den Carbonfaser-Elektroden (Plus- bzw. Minuspol) transportiert werden.

Dazu müssen die Glasfasermatten aber für die Ionen durchlässig sein. Dies ermöglicht eine Kunststoffmatrix, mit der die Glasfasermatten überzogen sind. Diese Kunststoffmatrix besteht aus zwei Komponenten und ist wie ein fester Schaumstoff aufgebaut: Das Gerüst bildet ein hartes und steifes Epoxidharz und in den Poren befindet sich eine ionische leitfähige Flüssigkeit. Auf diese Weise können die Ionen zwischen den Elektroden durch die Glasfasermatten hindurch wandern. Abgeschlossen wird der gesamte Verbund nach außen hin mit einer Schicht elektrisch isolierendem Polymerharz.

Eine weitere, radikale Idee sind Nanostrukturbatterien. Statt einer ganzen Carbonfaser-Matte als Elektrode wird hier jede einzelne Carbonfaser als individuelle Elektrode genutzt. Da die einzelnen Fasern sich nicht berühren dürfen, werden sie mit einer dünnen Schicht der Kunststoffmatrix umhüllt. Die Hülle verhindert einerseits einen Kurzschluss und erlaubt andererseits den Transport von Ionen. Die Forscher arbeiten nun daran, den Anschluss jeder einzelnen Faser an einen „Plus-“ oder „Minus-Pol“ zu optimieren.

Die so vorbereiteten Fasern können dann zum Verbundwerkstoff weiter verarbeitet werden. Die Forschungen an der BAM trugen dazu bei, die passenden Fasern und die geeignete Mischung der „Schaumstoff-Matrix“ für die verschiedenen Energiespeicher auszuwählen, mit denen dann der nächste Schritt vollzogen werden konnte: Nach anfänglichen Versuchen mit einem Modellauto wurde Ende 2013 das erste Versuchsfahrzeug beim Autohersteller Volvo mit diesen neuen Stromspeichern ausgestattet, die zunächst die weiterhin vorhandene Autobatterie ergänzen. „Generell funktioniert das System“, sagt Kalinka. Es sei vielversprechend. Aber längst sind nicht alle Fragen geklärt. Zum Beispiel, wie sicher das System ist, wenn es zu Beschädigungen kommt.

Beim Prototyp von Volvo wird die Autobatterie unterstützt. Bis man allerdings ein komplettes Elektroauto auf diese Weise mit Energie versorgen kann, ist noch etliche Forschung notwendig. Kalinka sieht vielversprechende Anwendungen auch bei Computern oder Handys. Dort könnte langfristig der herkömmliche Akku verschwinden und das Gehäuse den nötigen Strom liefern. Ein weiterer Vorteil: Ein Aufladen würde in wenigen Minuten möglich sein.



Material

Wird das Material zu stark belastet, reißt es. Eine Eigenschaft, die die BAM bei der Bewertung von gefährlichen Stoffen nutzt. In speziellen Stahlrohren wird deren Fähigkeit bestimmt, eine Detonation weiterzuleiten. Die Länge des aufgerissenen Rohres ist hier das Kriterium.

material

If the load on the material is too great, it breaks. This is a property BAM uses in the assessment of dangerous substances. Special steel tubes are used to determine the propagation of detonation. The length of the ruptured tube is the criterion here.



Schweißnähte mit tonnenschwerer Prüfkraft erforschen

Testing welds under heavy test loads



Welding is a method widely used in many areas. But has anyone of us laymen ever bothered to think about how complicated, expensive and time-consuming welding may be? If someone needs, say, a – 20-metre long container with a diameter of five metres and a wall thickness of 200 mm, he must have not only a sizable pocketbook, but a long supply of patience as well. A circular seam of this size alone takes about 14 days – and the welding would have to be done round the clock. The whole welding job for this kind of vessel can be completed in about nine months. Errors are not supposed to occur because they can be really expensive. The experts must thoroughly consider in advance what loads will affect the material – both during welding and installation. The interplay between material and design also plays a significant role. One can imagine what damage can result if problems occur later on, after installation.

A critical point of welding is that the components may be deformed by the heat effect of the process. The material is cooled down after welding, and stresses and strains may emerge which can result in cracks. One can imagine the forces occurring as follows: when two plates are put together and welded on a table, a kind of butterfly wings develop. The reason is that the welding wire needed for the welding is applied to the top of the two plates. Thus more material is available at the top than below and the plates then pull together upwards on cooling. In thicker plates, however, there are no dents; instead, stresses will develop in the material. "It is rather rare in reality that welds can freely shrink," says Thomas Lausch. The surrounding conditions play an important role. For example, if one of the beams in the structure of a steel bridge has been found defective, it will be cut out and replaced. However, the

new beam is welded under stress. Again, it is the interplay between material and design.

It would be nice to pre-test how to weld and prevent cracks from occurring shortly after completion. "Our new testing machine now makes this possible", says Lausch. The machine he is referring to is the new 2-meganeutron (MN) testing machine which stands in one of BAM's many testing laboratories. The machine has been designed and built by BAM and Andreas Hannemann played a key role in this project. "This medium-load test equipment allows welding and simultaneous tensile and compressive loads of up to 200 tonnes to act on the component," he explains during a visit. A time-lapse video runs in the background and shows the welding process contracted to a few minutes with bead applied after bead. Welding is performed under powder which covers the arc. The powder melts, forms a ceramic slag and protects the weld from the atmosphere. The machine also allows for measuring the weld's effect on the surroundings. In a manner of speaking one brings the production conditions to the laboratory. By the way, the welding equipment is an item on loan from industry.

Nowadays computers can simulate almost everything. Stiffness is relatively easy to calculate. "It is more difficult to simulate the welding process. The processes are usually too complex and would require high computer capacity," says Lausch. So it is more effective to just experiment – but that is not so easy or quick either. A test can easily take a week, after which only one weld has been produced. The 2-MN testing machine is one of BAM's three test facilities where a force of up to 1,600 tonnes can be applied during welding.



Schweißen ist ein weit verbreitetes Verfahren. Es findet in vielen Bereichen Anwendung. Doch wer macht sich unter uns Laien schon Gedanken darüber, wie aufwändig, teuer und auch zeitintensiv schweißen sein kann. Wer einen Behälter, von – sagen wir – 20 Meter Länge mit fünf Metern Durchmesser und einer Wandstärke von 200 Millimeter braucht, muss nicht nur über ein paar Euro verfügen, sondern auch ein bisschen Zeit mitbringen. Denn für alleine eine Rundnaht braucht man etwa 14 Tage. Dabei wird dann schon rund um die Uhr geschweißt. Bei einem Behälter dieser Größe ist das Schweißen nach vielleicht einem dreiviertel Jahr beendet. Fehler sollten dabei nicht auftreten. Denn das kann richtig teuer werden. Und so müssen sich Experten im Vorfeld Gedanken darüber machen, welche Belastungen aufs Material wirken. Sowohl beim Schweißen als auch später beim Einbau. Das Zusammenspiel zwischen Werkstoff und Konstruktion ist nicht ganz unerheblich. Man kann sich vorstellen, welche Schäden entstehen können, wenn nach dem Einbau Probleme auftreten.

Ein kritischer Punkt beim Schweißen ist der Verzug in den Bauteilen. Dieser entsteht durch die Erwärmung des Materials beim Schweißen. Wird das Material dann abgekühlt, kann es zu Belastungen und Spannungen kommen. Die Folge können Risse sein. Diese auftretenden Kräfte kann man sich so vorstellen: Bei zwei Blechen, die man auf einen Tisch legt und zusammenschweißt, bildet sich eine Art Schmetterlingsflügel. Das liegt daran, weil der für das Schweißen erforderliche Schweißdraht auf die Oberseite der beiden Bleche aufgebracht wird. So herrscht oben mehr Material vor als unten.

Beim Abkühlen dann ziehen sich die beiden Bleche nach oben zusammen. Bei dickeren Blechen kommt es dann nicht mehr zu Beulen, sondern zu Spannungen im Material. „Nun ist es in der Realität selten, dass Schweißnähte frei schrumpfen können“, sagt der Ingenieur Thomas Lausch. Denn die Umgebungsbedingungen spielen eine wichtige Rolle. Zum Beispiel bei einer Stahlbrückenkonstruktion. Stellt man fest, dass einer der Träger schadhaft ist, schneidet man diesen heraus und ersetzt ihn. Der neue wird aber unter Spannungen eingeschweißt. Da ist es also wieder das Zusammenspiel zwischen Werkstoff und Konstruktion.

Schön wäre es, vorab testen zu können, wie man schweißen sollte, damit nicht wieder alsbald Risse auftreten. „Das kann man jetzt mit unserer neuen Prüfmaschine überprüfen“, sagt Lausch. Mit der neuen Prüfmaschine meint Lausch die von Andreas Hannemann aus dem BAM-Fachbereich 9.4 „Integrität von Schweißverbindungen“ entwickelte 2-Meganeutron (MN)-Prüfmaschine in einer der vielen Experimentierhallen der BAM. „Mit der Mittellastprüfanlage kann man Schweißen und gleichzeitig Zug- und Druckkräfte bis zu einer Prüfkraft von 200 Tonnen auf das Bauteil einwirken lassen“, erklärt er bei einer Besichtigung. Im Hintergrund läuft ein Zeitraffervideo, welches den Schweißprozess in wenigen Minuten zeigt. Raupe für Raupe wird dort aufgetragen. Geschweißt wird unter Pulver. Dabei brennt ein Lichtbogen unter dem Pulver. Das Pulver schmilzt auf, bildet eine keramische Schlacke und schützt die Schweißnaht vor der Atmosphäre. Mit der Maschine ist es möglich, zu messen, wie sich die Schweißnaht auf die Umgebung auswirkt.

Andreas Hannemann

Division/Fachbereich 9.4

Weld Mechanics

Integrität von
Schweißverbindungen

Andreas.Hannemann@
bam.de

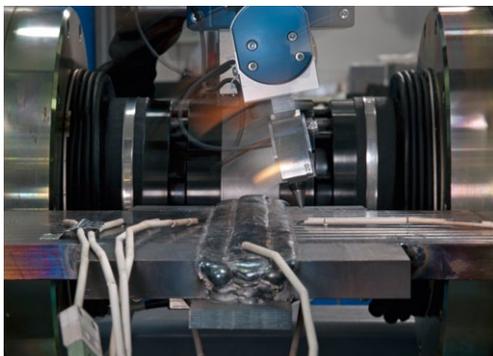
Unterpulverschweißen in der 2-MN-Prüfmaschine

Submerged arc welding in the 2-MN testing machine



Röntgendiffraktometer zur Messung der Eigen-
spannung an einer
Schweißnaht

*X-ray diffractometer for
measurement of the
residual stress at a weld
seam*



Another, perhaps typical case for BAM is a query by a manufacturer who has detected a crack in a pipe or tank. BAM is then asked to explain why cracks occur after welding. In the petrochemical industry, tanks are used with wall thicknesses ranging between 6 and 457 mm. When tanks are manufactured, the material undergoes post-weld heat treatment to set the proper material properties. The tank is carefully heated to 705 degrees Celsius with, e.g., a heating rate of 86 degrees Celsius per hour. The annealing temperature is then held constant for eight hours before the temperature is controlled to slowly cool down. Reheat cracks may occur in this heat treatment. "If the plates are welded on a table and then

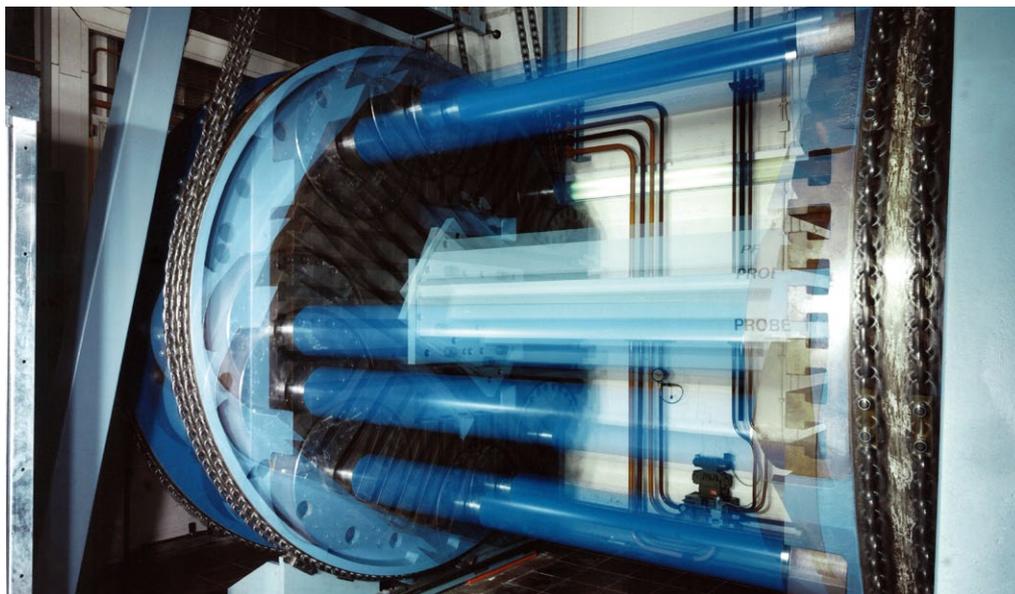
heated in the oven, no cracks occur because the design stress is missing," said Lausch. The new machine enabled him to observe the cracks during the heating phase and really hear the cracks by means of acoustic emission measurement. The engineers also "play" a bit with the flexible machine. One can identify, for example, the critical temperature range in which stress relaxation cracks can occur. Stress relaxation occurs, for example, when a component is elongated at an elevated temperature and the strain developed is kept constant. The result is a decrease in stress due to microstructural changes in the material. Stress relaxation cracks usually occur at temperatures between 300 and 500 degrees Celsius.

The work of the testing machine is supported by six independent hydraulic cylinders. The current status can be monitored and checked during welding, and the component motion, if needed, shifted toward the desired direction. The machine is very flexible. A 180-degree rotating swivel arm makes all welding positions possible. However, one thing is missing about the 2-MN medium-load testing machine: a nickname. Its big brother, the 16-MN large testing facility, is called GAPsi 16 in BAM jargon.

Man holt sich sozusagen die Produktionsbedingungen ins Labor. Die Schweißanlage ist übrigens eine Leihgabe der Industrie.

Heute kann man auch schon vieles am Computer simulieren. So lässt sich die Steifigkeit relativ einfach berechnen. „Schwieriger ist es den Schweißprozess zu simulieren. Die Prozesse sind meist viel zu komplex und würden hohe Rechenleistungen erfordern“, sagt Lausch. So ist es effektiver, es einfach auszuprobieren. Aber so einfach, oder besser schnell, geht es auch nicht. Ein Versuch kann schon einmal eine Woche dauern, und dann hat man nur eine Schweißnaht angefertigt. Die 2-MN-Prüfmaschine ist übrigens eine von drei Prüfanlagen der BAM, durch die man bis zu 1600 Tonnen an Kräften beim Schweißen aufbringen kann.

dieser Wärmenachbehandlung kann es zu Wiedererwärmungsrissen kommen. „Wenn wir die Bleche auf einem Tisch schweißen und dann im Ofen erwärmen, treten keine Risse auf, weil die Konstruktionsspannung fehlt“, sagt Lausch. Mit der neuen Maschine konnte Lausch dann die Risse während der Aufheizphase beobachten und mittels Schallemissionsmessung die Risse auch regelrecht hören. Mit der flexiblen Maschine können die Ingenieure natürlich auch ein bisschen „spielen“. So kann man feststellen, wo beispielsweise der kritische Temperaturbereich liegt, bei dem es zu Spannungsrelaxationsrissen kommt. Die Spannungsrelaxation tritt zum Beispiel auf, wenn man ein Bauteil bei erhöhter Temperatur dehnt und dann diese Dehnung konstant hält. Die Folge ist ein Absinken der Spannung durch mikrostrukturelle



GAPSI 16, die 16-MN-Großprüfanlage

GAPSI 16, the 16-MN large testing facility

Ein anderer, vielleicht typischer Fall aus dem BAM-Alltag, ist eine Anfrage eines Herstellers, der bei einem Rohr oder Behälter einen Riss festgestellt hat. Die BAM wird dann um Rat gefragt, weshalb es nach dem Schweißen zu den Rissen gekommen ist. In der petrochemischen Industrie werden Behälter gebraucht, die Wandstärken zwischen 6 und 457 mm aufweisen. Beim Behälterbau wird zum Beispiel das Material wärmenachbehandelt, um die richtigen Materialeigenschaften einzustellen. So wird ein Behälter auf 705 Grad Celsius aufgeheizt. Und zwar behutsam mit zum Beispiel einer Erwärmung von 86 Grad Celsius pro Stunde. Die Glühtemperatur wird dann für acht Stunden gehalten, bevor ähnlich langsam wieder geregelt herunter gekühlt wird. Bei

Änderung im Material. In der Regel treten diese Spannungsrelaxationsrisse bei Temperaturen zwischen 300 und 500 Grad Celsius auf.

Bei der Prüfmaschine arbeiten sechs unabhängige Hydraulikzylinder. Während des Schweißens kann der aktuelle Stand abgerufen werden und die Bauteilbewegung gegebenenfalls in Richtung Wunschzustand verschoben werden. Die Maschine ist sehr flexibel einsetzbar. Durch einen um 180 Grad drehbaren Schwenkarm können alle Schweißpositionen realisiert werden. Eines fehlt allerdings noch für die 2-MN-Mittellastprüfanlage: ein Kosename. Die 16-MN-Großprüfanlage, also der große Bruder, heißt im BAM-Jargon Gapsi 16.

Reaktive Brandschutzsysteme auf Stahlzuggliedern

Reactive fire protection systems applied to solid steel rods in tension



A fire event can occur at any time. Fire hazards are always present, but they are often not immediately recognisable as potential dangers. It is therefore all the more important to take preventive protective measures to avoid disaster. Measures to counteract the start and spread of fires are generally grouped under the term "preventive fire protection." Fire protection measures are evident in many areas of daily life. Often, however, they are inconspicuous and hardly noticeable to lay people.

An important part of fire prevention is "structural fire protection". Fire protection requirements for buildings are specified in the Model Building Regulation and the state building codes. Buildings that are subject to fire protection requirements must be protected by appropriate structural measures. The fire behaviour of building materials and the fire resistance of the components and supporting structures are important in this context. The use of building materials and components is generally regulated by standards and guidelines. The German Institute for Building Technology (DIBt) compiles and publishes lists of the respective technical regulations for building products and designs. Building products for which there are neither normative regulations nor guidelines are referred to as "non-regulated building products". For the use of non-regulated building products a general building inspection approval (abZ) or an individual approval (ZiE) is required. An example of non-regulated building products is reactive fire protection systems.

Originally developed as a fire retardant for fire safety upgrading of wooden structures, reactive fire protection systems have been used to increase the fire resistance of steel components since the 1960s. Due to the low coating thicknesses, they are particularly useful when the appearance of the steel structure is to remain intact for architectural reasons. Under fire

exposure, the reactive system starts to build up foam and forms a heat-insulating protective layer around the steel component. This slows down the heating of the steel. The decrease in the strength of the steel which ensues with increasing temperature is retarded, and the load bearing capacity of the component is conserved for a longer time. A fire protection system must undergo various tests before an approval is issued. Among other things, the fire resistance is tested in fire tests on coated, loaded and unloaded steel components. Usually, the tests are performed on beams and/or columns. Currently there are no normative standards for testing tensile members.

Therefore, the use of reactive fire protection systems is limited to the open and closed profiles commonly used for beams and columns, e.g. I-beams and hollow sections. For the solid circular profiles used in steel construction, for example in bracings, or tension rod systems for trussed beams, the application of reactive fire protection systems is currently not regulated. For this reason, BAM-Division 7.3 "Fire Engineering" headed by Dr. Sascha Hothan is doing research on the application of reactive fire protection systems on steel tension members. The goal of this research project is to develop proposals for approval principles or guidelines for the assessment and testing of reactive fire protection systems on circular solid rods under tensile stress. This will allow for expanding the scope of approvals.

The project, funded by DIBt for a period of three years, comprises small experimental tests such as materials testing as well as true scale fire tests. The fire tests are performed in a custom test rig built specifically for the research project. In addition to flaming, it allows for applying mechanical tensile stress on the test specimen. In these tests, the profile geometry (diameter), the thickness



Ein Brandereignis kann zu jeder Zeit auftreten. Brandgefahren sind immer präsent, jedoch lassen sich diese oftmals nicht sofort als potentielle Gefahren erkennen. Umso wichtiger ist es daher, vorbeugende Schutzmaßnahmen zu ergreifen, um eine Katastrophe zu vermeiden. Maßnahmen, die einer Entstehung und Ausbreitung von Bränden entgegenwirken, werden allgemein unter dem Begriff „vorbeugender Brandschutz“ zusammengefasst. In vielen Bereichen des täglichen Lebens lassen sich Maßnahmen zum Brandschutz finden. Oftmals sind diese jedoch unscheinbar und für Laien kaum wahrnehmbar.

Einen wichtigen Teil des vorbeugenden Brandschutzes bildet der „bauliche Brandschutz“. Brandschutzanforderungen an Gebäude sind in der Musterbauordnung und den Landesbauordnungen festgelegt. Gebäude, an die Anforderungen bezüglich des Brandschutzes gestellt werden, müssen durch entsprechende bauliche Maßnahmen geschützt werden. Dabei sind unter anderem das Brandverhalten der Baustoffe sowie der Feuerwiderstand der Bauteile und Tragkonstruktionen zu berücksichtigen. Die Verwendung von Baustoffen und Bauteilen wird im Allgemeinen durch Normen und Richtlinien geregelt. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) stellt dafür entspre-

chende Listen mit den technischen Regeln für Bauprodukte und Bauarten zusammen und veröffentlicht diese. Bauprodukte, für die es weder normative Regelungen noch Richtlinien gibt, werden als „nicht geregelte Bauprodukte“ bezeichnet. Für die Verwendung von nicht geregelten Bauprodukten ist eine allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (abZ) oder eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) erforderlich. Ein Beispiel für nicht geregelte Bauprodukte sind reaktive Brandschutzsysteme.

Ursprünglich als Feuerschutzmittel zur brandschutztechnischen Ertüchtigung von hölzernen Tragwerken entwickelt, werden seit den 1960er-Jahren reaktive Brandschutzsysteme zur Erhöhung des Feuerwiderstandes von Stahlbauteilen eingesetzt. Durch die geringen Beschichtungsdicken eignen sich diese besonders dann, wenn aus architektonischen Gründen die Optik der Stahlkonstruktion im Wesentlichen erhalten bleiben soll. Unter Brandeinwirkung kommt es zum Aufschäumen des reaktiven Systems und es bildet sich eine wärmedämmende Schutzschicht um das Stahlbauteil. Die Erwärmung des Stahls wird dadurch verlangsamt. Die mit zunehmender Temperatur einsetzende Festigkeitsabnahme des Stahls wird verzögert und die Tragfähigkeit des Bauteils bleibt länger erhalten.

Dustin Häbler

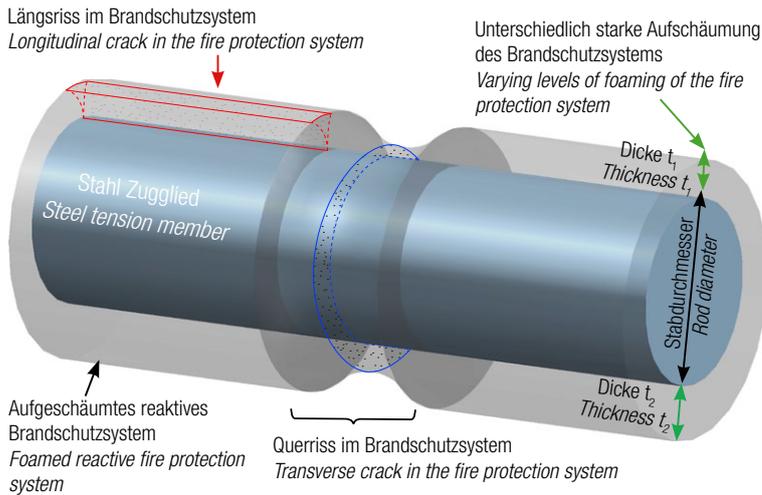
Division/Fachbereich 7.3

Fire Engineering

Brandingenieurwesen

Dustin.Haessler@bam.de

of the reactive fire protection system and the load utilisation factor (tensile force) are varied. The main properties evaluated are adhesion and cracking of the foamed fire protection coating and its thermal insulation properties, i.e. the temperature changes of the steel. The tests particularly focus on circular steel components with small diameters.



Schematisches Modell zum Aufschäumverhalten reaktiver Brandschutzsysteme auf kreisrunden Vollprofilen

Schematic model of foaming behaviour of reactive fire protection systems on circular solid sections

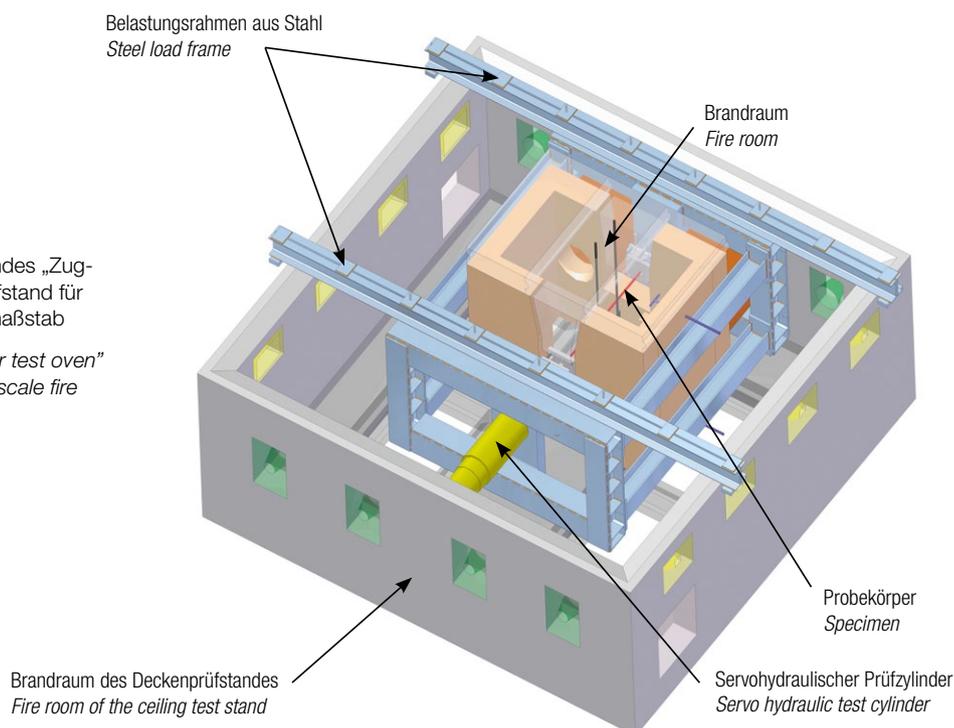
The recent fire tests have shown that, in principle, it is possible to apply conventional reactive fire protection systems onto circular steel rods. However, due to the curved cross-section, certain peculiarities arise which must be taken into account when these systems are tested and applied. Among other things, pronounced

longitudinal cracking occurs, especially in fully foamed fire protection systems with thin coatings. This is due to the increase in circumference as a result of the foaming of the fire protection coating. The cracks, which in some cases reach the steel surface, severely impact the insulating effect of the system. The tests are carried out according to the reality with a tensile load. It was found that this promotes the cracking effect. In cases of longitudinal cracking on the top of the rod, the foamed fire protection system also partially slipped off. In these exposed areas, the insulation effect was almost non-existent. In addition to longitudinal cracks, transverse cracks also occurred in the fire protection system; however, these were usually not very wide. Because not all layers of the fire protection system react at the same time, cracks can be closed again by material which has not yet been foamed. Failure of the loaded tension members is preceded by an increase and enlargement of the transverse cracks.

In addition to the experiments, numerical simulations were performed. They realistically depict the load bearing characteristics and deformation behaviour of tension members. The simulations facilitate parameter studies for reducing experimental effort and associated costs. The goal is to develop an assessment base for tension members with reactive fire protection systems.

3D-Modell des Versuchsstandes „Zugstabprüfofen“ im Deckenprüfstand für die Brandversuche im Realmaßstab

3D model of the "Tension bar test oven" in the ceiling test rig for real-scale fire experiments



Bevor eine Zulassung für ein Brandschutzsystem erteilt wird, muss dieses verschiedene Tests bestehen. Unter anderem wird der Feuerwiderstand in Brandversuchen an beschichteten belasteten und unbelasteten Stahlbauteilen überprüft. Die Prüfungen werden für gewöhnlich an Trägern und/oder Stützen durchgeführt. Für die Prüfung von Zugbauteilen existieren gegenwärtig keine normativen Vorgaben. Der Einsatz reaktiver Brandschutzsysteme ist daher derzeit auf die üblicherweise für Träger und Stützen verwendeten offenen und geschlossenen Profile begrenzt, z.B. Doppel-T- und Hohlprofile. Für die im Stahlbau beispielsweise in Aussteifungsverbänden oder für Unterspannungen von langen Trägern eingesetzten Kreisvollprofile ist eine Anwendung reaktiver Brandschutzsysteme zurzeit nicht geregelt. Aus diesem Anlass werden gegenwärtig im BAM-Fachbereich 7.3 „Brandingenieurwesen“ unter Leitung von Dr. Sascha Hothan Untersuchungen zur Anwendung von reaktiven Brandschutzsystemen auf Zuggliedern aus Stahl durchgeführt. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Vorschläge für Zulassungsgrundsätze bzw. Leitlinien zur Beurteilung reaktiver Brandschutzsysteme auf Vollkreisquerschnitten unter Zugbeanspruchung zu entwickeln. Die Erweiterung des Anwendungsbereiches von Zulassungen wird damit ermöglicht.

Das vom DIBt für einen Zeitraum von drei Jahren geförderte Projekt umfasst experimentelle Kleinprüfungen, z.B. Materialuntersuchungen, als auch Brandversuche im Realmaßstab. Die Brandversuche werden in einem eigens für das Forschungsvorhaben angefertigten Prüfstand durchgeführt. Dieser ermöglicht es, zusätzlich zur Beflammung auch eine mechanische Zugbelastung auf die Versuchskörper aufzubringen. Bei den Untersuchungen werden die Profilgeometrie (Durchmesser), die Dicke des reaktiven Brandschutzsystems sowie der Lastausnutzungsgrad (Zugkraft) variiert. Für die Bewertung werden vornehmlich die Haftfähigkeit und Rissbildung der aufgeschäumten Brandschutzbeschichtung sowie dessen Wärmedämmeigenschaften, d.h. die Temperaturentwicklung des Stahls, betrachtet. Im Fokus der Untersuchungen stehen insbesondere kreisrunde Stahlbauteile mit kleinem Durchmesser.

Die bisherigen Brandversuche haben gezeigt, dass grundsätzlich eine Anwendung herkömmlicher reaktiver Brandschutzsysteme auf kreisrunden Stahlprofilen möglich ist. Jedoch

ergeben sich aufgrund des gekrümmten Querschnittes bestimmte Besonderheiten, welche bei der Prüfung dieser Systeme und deren späteren Anwendung zu berücksichtigen sind. Unter anderem kommt es gerade bei geringen Schichtdicken zu einer ausgeprägten Längsrisbildung im aufgeschäumten Brandschutzsystem. Ursache hierfür ist die Zunahme des Umfanges durch das Aufschäumen der Brandschutzbeschichtung. Durch die teilweise bis auf die Stahloberfläche reichenden Risse, wird die Dämmwirkung des Systems erheblich beeinträchtigt. Die Versuche werden entsprechend der Realität mit einer Zugbelastung durchgeführt. Es zeigt sich, dass dadurch der Effekt der Rissbildung begünstigt wird. Bei einer Längsrisbildung auf der Staboberseite rutschte zudem das aufgeschäumte Brandschutzsystem teilweise ab. Für diese freiliegenden Bereiche war nahezu keine Dämmwirkung mehr vorhanden. Neben Rissen in Längsrichtung traten auch Querrisse im Brandschutzsystem auf. Diese waren jedoch meist nicht sehr breit. Weil nicht alle Schichten des Brandschutzsystems zeitgleich reagieren, können Risse durch noch nicht aufgeschäumtes Material wieder geschlossen werden. Das Versagen der belasteten Zugglieder kündigt sich durch eine Zunahme und Vergrößerung der Querrisse an.

Als Ergänzung zu den Versuchen werden numerische Simulationen durchgeführt. Diese bilden das Trag- und Verformungsverhalten von Zuggliedern realitätsnah ab. Die Simulationen ermöglichen Parameterstudien zur Verringerung des Versuchsaufwandes und der damit verbundenen Kosten. Ziel ist die Entwicklung einer Bemessungsgrundlage für Zugglieder mit reaktivem Brandschutzsystem.

Blick durch das Beobachtungsfenster des Zugstabprüfofens: belastetes Stahlprofil mit reaktiver Brandschutzbeschichtung kurz nach dem Versagen

Looking through the observation window of the tension bar test oven – loaded steel profile with reactive fire protection coating shortly after failure

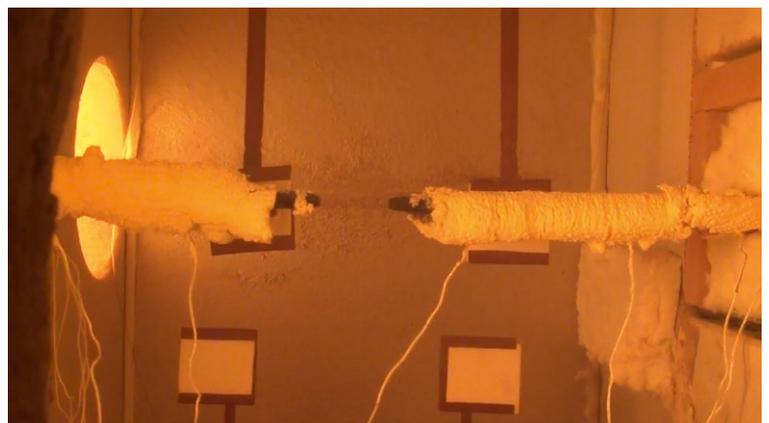




Foto: Gideon Heimann

Neue Glasfassaden an Hochhäusern: technisch sicher und makellos schön

New glass façades on tall buildings: technically safe and absolutely beautiful

Glass façades and architectural design using glass increasingly shape the look of modern cities. However, for many architects it is not enough that the individual glass elements are connected by means of structurally effective framework structures because these frames are visible and disrupt the overall appearance.

Structural sealant glazing (SSG) is the name of the technology used for achieving an uninterrupted planar façade. In SSG solutions, panes of glass are held in place solely by means of bonding with sealant materials – these solutions have been used and further developed for the past 40 years. The adhesive joint must absorb all loads and transfer them to a frame structure underneath.

High-performance special silicone materials are used, which are far superior to the silicone products found in DIY stores. Not only is the bond statically effective, it also has other crucial physical functions because it also serves to seal the building from moisture or contaminants, and it provides thermal insulation and soundproofing – just as the name Structural Sealing suggests.

The use of glass façades and their application in construction in Germany is subject to approval by the DIBt (German Institute for Building Technology) in Berlin. The DIBt is the supreme national building authority. The

regulatory basis for the approval of glass façades are the harmonised European technical approval guidelines of ETAG 002 “Guideline for European Technical Approval for Structural Sealant Systems”. The German building authority is rather strict in its interpretation of this approval guideline. For this reason, additional structural safety measures are required, which are not always to the liking and desires of architects and are often associated with additional costs and additional time.

For example, for buildings with a glass façade over eight metres high, German construction law requires additional structural measures such as retaining sections or single point supports. If a bond fails, such supports prevent glass elements from falling out. However, such screw-assemblies and fixtures interfere with the smooth façades desired, which sometimes also employ curved glass sheets.

The reason for these additional structural measures is the unresolved question of how long such a bonded façade structure might last. How does the sealant material react to permanent and overlapping temperature and wind changes, shock, or even detergents? These are questions which the DIBt believes are insufficiently addressed in the current ETAG 002 guideline. And Christoph Recknagel from BAM’s Division 7.1 “Building Materials” also has some questions: “When and how



Glasfassaden und das architektonische Gestalten mit Glas prägen in zunehmendem Maße das Bild moderner Städte. Allerdings reicht es vielen Architekten nicht aus, wenn die einzelnen Glaselemente mittels statisch wirksamen Rahmenkonstruktionen verbunden werden, denn diese Rahmen sind sichtbar und stören den Gesamteindruck.

Structural Sealant Glazing (SSG) nennt sich die Technik, mit der eine unterbrechungsfreie flächenhafte Fassade erreicht wird. Seit nunmehr 40 Jahren werden konstruktive SSG-Lösungen angewendet und weiter entwickelt, bei der Glasscheiben ausschließlich durch Verklebungen mittels Sealant-Materialien gehalten werden. Dabei muss die Klebefuge sämtliche Lasten aufnehmen und auf eine innen liegende Rahmenkonstruktion ableiten.

Zum Einsatz kommen spezielle Silikon-Materialien, die mit ihrem Leistungsvermögen nicht vergleichbar mit dem Sanitär-Silikon aus dem Baumarkt sind. Diese Verklebung hat nicht nur eine wichtige statische, sondern auch eine entscheidende bauphysikalische Funktion, denn sie dient auch der Abdichtung des Gebäudes vor Feuchtigkeit oder Schadstoffen, der Wärmedämmung und dem Schallschutz – eben: Structural Sealing.

Der Einsatz von Glasfassaden und deren Anwendung im Hochbau auf deutschen Baustellen unterliegt der bauaufsichtlichen Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin. Das DIBt ist die oberste nationale Bauaufsichtsbehörde. Regelungstechnische Grundlage einer Zulassung

für Glasfassaden sind die harmonisierten europäischen technischen Zulassungsleitlinien der ETAG 002 „Guideline for European Technical Approval for Structural Sealant Systems“. Allerdings ist die deutsche Bauaufsicht eher streng in der Auslegung dieser Zulassungsleitlinie. Aus diesem Grund werden zusätzliche konstruktive Sicherheitsmaßnahmen gefordert, die nicht immer dem Wunsch des Architekten entsprechen und oft mit Zusatzkosten und zusätzlichem Zeitaufwand verbunden sind.

So fordert das deutsche Baurecht für Gebäude mit Glasfassaden über acht Meter Höhe zusätzliche konstruktive Maßnahmen, wie beispielsweise Halteprofile oder Punkthalter. Versagt eine Verklebung verhindert solch eine Absturzsicherung das Herausfallen des Glaselementes. Die Verschraubungen oder Auflagerungen allerdings stören aber die gewünschte glatte Fassade, mit vielleicht sogar gebogenen Glasscheiben.

Der Hintergrund dieser zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen liegt in der offenen Frage: Wie lange hält solch eine geklebte Fassadenkonstruktion? Wie reagiert das Sealant-Material auf ständige und überlagerte Temperatur- und Windwechsel, auf Stoß oder auch auf Reinigungsmittel? Fragen, die das DIBt in der geltenden Leitlinie ETAG 002 nur unzureichend berücksichtigt sieht. Und auch Dipl.-Ing. Christoph Recknagel von der BAM, Fachbereich 7.1 „Baustoffe“ hat einige Fragen: „Wann und wie versagt eine geklebte Fassadenbefestigung? Und wie kündigt sich ein Ende der Lebensdauer an? Schlagartig oder schleichend? Mit anderen Worten: Können

Christoph Recknagel

Division/Fachbereich 7.1

Building Materials

Baustoffe

Christoph.Recknagel@bam.de

do bonded façade mountings fail? And what precedes end of life, what are the signals of it? Does it happen all of a sudden or gradually? In other words, can we develop a method that allows us to better examine and realistically evaluate the functional behaviour, quality and durability of SSG solutions? Planners, contractors and building authorities need sufficient evidence of the durability of the materials and fastening technology for a service life of 50 years. Up to now, however, there is no method by which to determine these properties.

This was reason enough for Recknagel, colleagues from other BAM research areas and four industry partners to join forces to develop a test methodology with integrated evaluation methods which can be used to realistically simulate and measure the quality and durability of SSG solutions. "Our extensive experience in the safety evaluation of sealing joints in bridges, tunnels and dams can be very well applied to building engineering," says Recknagel, "because the requirements are similar."

The first task was to determine the important impact factors on the façade. Is it winds, rain, temperature changes, bird strike or factors from the inside such as when a rolling filling trolley is pushed against the glass? How about the detergents which the window washer applies twice a year? First, the scientists gathered data, designed a virtual skyscraper and "placed" it in a moderate wind zone 2. Hamburg, for example, is located in such a wind zone. The engineers used wind data from a wind turbine. This is also how they know that a statistical average of 2,526 wind direction changes between wind pressure and wind suction occur

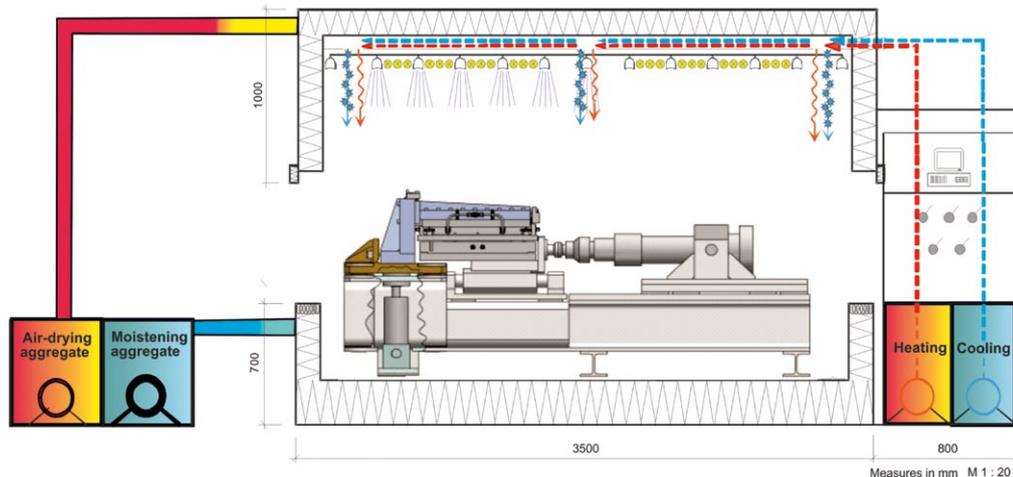
on the façade of a building. A 2.50 x 3.20-metre façade element of the virtual building was examined. Using this element, the stress on the joint of SSG solution caused by wind pressure or suction and the effect of temperatures between plus 80 and minus ten degrees Celsius can now be calculated. Computer simulation became the basis for the development, design and construction of a new ageing test stand.

The apparatus can be used to examine two 40 x 20-centimetre façade elements at a time. Two cylinders are used to simulate mechanical stresses. The samples can be pushed and pulled vertically and horizontally. One of the cylinders is used to apply wind pressure and wind suction to the sheet, and the other cylinder is used to examine temperature-induced shear deformations in the joint. Using a complex control system, it is possible to create superpositions of quasi-static, i.e. very slow temperature-induced movements, and very fast movements in the greatest possible variety of combinations. The effects of a gust of wind, which might also sweep around the building, can be simulated in that manner. Sunlight is simulated by UV irradiation and triggers ageing effects. A sprinkler system adds moisture. A day in BAM's ageing test stand is supposed to simulate a time-lapsed calendar year. That means that a test series lasts 50 days.

The first tests are currently underway. After the 50 days, the experts will know more and be in a position to better understand what a silicone joint can endure under mechanically complex long-term exposure to wind, sun, rain and soapy water.

Schematische Darstellung des komplexen Versuchsstandes (mechanische und klimatische Beanspruchungseinheit)

Diagram of the complex test rig (mechanical and climatic stress unit)

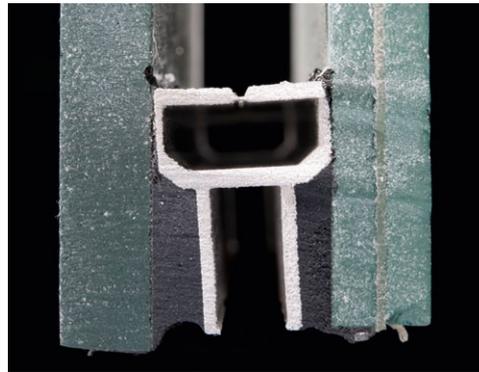


wir ein Verfahren entwickeln, mit dessen Hilfe das Funktionsverhalten, die Qualität und die Dauerhaftigkeit von SSG-Lösungen besser untersucht und realitätsnah bewertet werden kann?“ Planer, Bauausführende sowie bauaufsichtliche Verantwortliche brauchen ausreichend Nachweise über die Dauerhaftigkeit der Materialien und der Befestigungstechnik, und zwar für 50 Jahre Gebrauchsdauer. Doch dafür gibt es eben kein Verfahren – bisher.

Grund genug für Recknagel zusammen mit weiteren Kollegen aus anderen Forschungsbereichen der BAM sowie vier Industriepartnern eine Versuchsmethodik mit integrierten Bewertungsmethoden zu entwickeln, mit denen die Qualität und Dauerhaftigkeit von SSG-Lösungen simuliert und realitätsnah erfasst werden kann. „Unsere große Erfahrung bei der sicherheitstechnischen Bewertung von Fugenabdichtungen bei Brücken, Tunnel oder Dämmen lässt sich sehr gut auf den Ingenieurhochbau übertragen“, sagt Recknagel „denn die Anforderungen sind vergleichbar.“

Zunächst galt es zu klären, was denn die wichtigen Einwirkungen auf die Fassade sind. Sind es Winde, Regen, Temperaturwechsel, Vogelschlag oder Einflüsse von innen, wenn beispielsweise ein Aktenwagen gegen die Scheibe rollt? Ist es der Einfluss von Reinigungsmitteln, die der Fensterputzer zwei Mal im Jahr aufbringt? Die Wissenschaftler sammelten zunächst Daten, entwarfen ein virtuelles Hochhaus und „stellten“ es in der gemäßigten Windzone 2 auf. In solch einer Windzone liegt zum Beispiel Hamburg. Die Daten des Windes übernahmen die Ingenieure von einer Windkraftanlage. So wissen sie auch, dass es im Jahr statistisch gesehen zu durchschnittlich 2526 Windrichtungswechseln zwischen Winddruck und Windsog an der Fassade eines Gebäudes kommt. Aus dem virtuellen Gebäude wurde ein Fassadenelement in der Fläche von 2,50 x 3,20 Meter herausgegriffen. An diesem Element konnte nun berechnet werden, wie groß die Beanspruchung in der Klebefuge einer SSG-Lösung durch Winddruck oder -sog ist, wie sich Temperaturen zwischen plus 80 Grad Celsius und minus zehn Grad Celsius auswirken. Die numerische Simulation war dann Grundlage für die Entwicklung, Konstruktion und den Aufbau eines neuartigen Alterungsversuchsstandes.

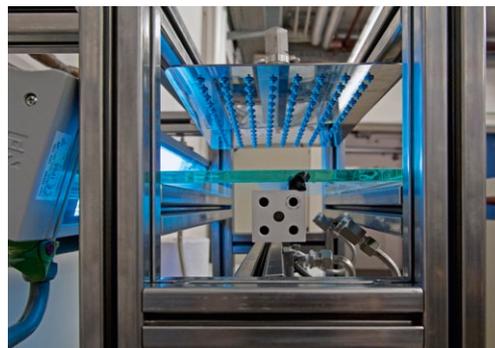
In diese Apparatur können je zwei 40 mal 20 Zentimeter große Scheibenausschnitte



Querschnitt der Klebefugen eines Zweischeiben-Verbundglas-Elementes

Cross-section of adhesive joints of a two-pane laminated glass element

untersucht werden. Durch zwei Zylinder kann man mechanische Belastungen simulieren. Die Proben können horizontal und vertikal gedrückt und gezogen werden. Mittels des einen Zylinders kann man so die Winddruck- und Windsogbeanspruchungen auf die Scheibe einbringen, mit dem anderen Zylinder lassen sich die temperaturbedingten Schubverformungen in der Klebefuge untersuchen. Mit Hilfe einer komplexen Regelung werden Überlagerungen



Systemprobekörper in der Bewitterungseinrichtung

System test specimens in the weatherometer

von quasistatischen, das heißt, sehr langsam ablaufenden temperaturbedingten Bewegungen zusammen mit sehr schnellen Bewegungen in größtmöglicher Kombinationsvielfalt möglich. Die Auswirkungen einer Windböe, die zusätzlich vielleicht gerade ums Gebäude fegt, können so auch nachgestellt werden. Die Sonnenbestrahlung wird durch UV-Bestrahlung simuliert und löst Alterungseffekte aus. Eine Regenungsanlage sorgt für den Feuchteeintrag. Ein Tag im Alterungsversuchsstand der BAM, soll zeitgerafft ein Kalenderjahr simulieren. Das heißt, eine Untersuchungsreihe dauert 50 Tage.

Derzeit laufen die ersten Versuche. Nach den 50 Tagen sind die Experten schlauer, und verstehen dann besser, was eine Silikonfuge unter mechanisch komplexer Dauerbelastung durch Wind, Sonne, Regen und Seifenlauge so alles aushalten kann.

Temperaturen, bei denen Elastomerdichtungen versagen

Temperatures where elastomeric seals fail

28th January 1986 was a clear winter day in Florida. Millions of people watched the launch of the Challenger Space Shuttle. But the flight lasted for only 73 seconds. Then a huge cloud of smoke appeared in the sky. The Challenger Space Shuttle had exploded. It turned out later that the cause of the accident had been a seal, more precisely, an elastomeric O-ring. Due to the low temperatures during the night before, the ring had not been sufficiently elastic anymore.

Elastomers are synthetic materials, and in laymen's terms they would simply be called rubber. One of the properties of elastomers is that they harden at low temperatures. This is what happened to the elastomeric seal used in Challenger. In a rigid state, elastomers can no longer relax fast enough. The pressure wave upon ignition of the rocket engines caused a leak which could not be closed fast enough by the cold seal. Hot gas exited through this gap and destroyed the seal. The result was the explosion of the space shuttle.

Elastomers are used in many areas – in addition to aerospace, also in aviation, the transport sector or in process engineering. But elastomer seals are also used in transport and storage casks for radioactive materials. The safety inspection of such containers is one of the areas of focus in the BAM Department 3 "Containment Systems for Dangerous Goods".

BAM is the competent authority for testing the design of transport containers and also active as a consultancy for storage casks tanks in nuclear licensing and supervisory procedures.

The low temperature threshold for the use of an elastomer is not clearly defined. Therefore, the glass-rubber transition, also referred to as the glass transition temperature, comes into play. Depending on the material, the

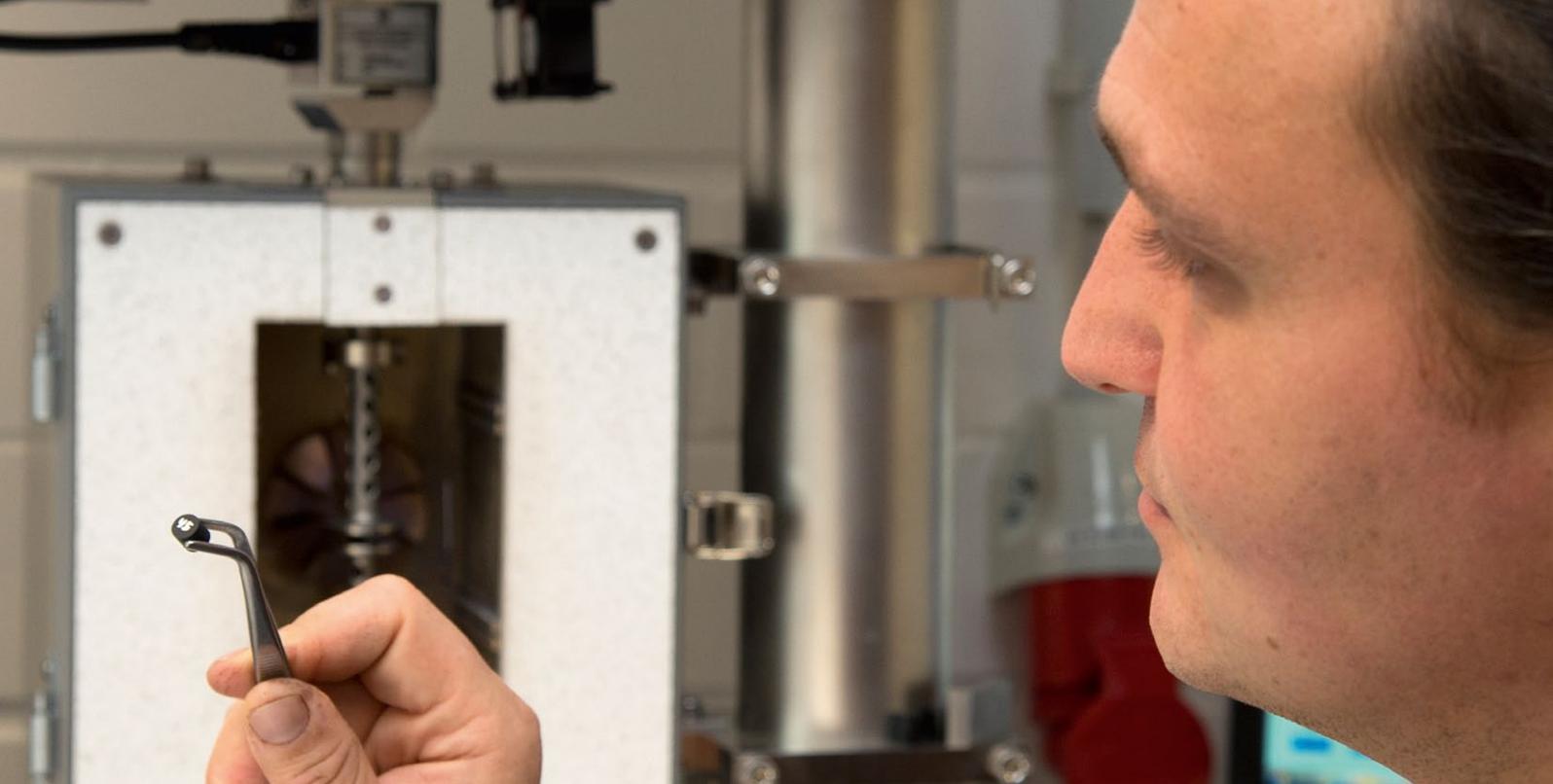


glass transition temperature is more or less well below zero degrees Celsius. And as the name suggests, the elastomer changes its state at this temperature: it changes from a rubbery, flexible state to the glassy or hard-elastic, brittle state. For the elastomer to retain its elastomeric properties, it must be used above its glass transition temperature.

While, for example, the phase transition from metal or water is clearly defined (for example, from liquid to solid), the glass transition temperature alone is not very meaningful. "If anything, you can therefore not specify a temperature value, but merely a temperature range in which failure can be expected," says Dr. Matthias Jaunich from BAM, because depending on the measurement method used, the values can differ significantly. In plain English: You cannot just specify a temperature threshold – it's a matter of individual circumstances. "Without knowing the measurement and analysis conditions, the specification may be misleading and lead to incorrect decisions," Dr. Jaunich continues.

Previous tests have shown that elastomeric seal materials only fail at temperatures below the respective glass-rubber transition. However, the exact range of the glass-rubber transition in which the failure of the elastomer as a seal occurs was difficult to identify because it is not possible to do that based solely on the physical properties of the elastomer. The relationship between the physical properties of a material and the functions required of it as a seal is complex and not yet fully understood.

For this reason, the BAM scientist examined various elastomers in order to understand the failure process. Using the results obtained, it is now possible to determine the temperatures at which elastomer seals fail more easily and accurately than with conventional methods.



Der 28. Januar 1986 war ein klarer Wintertag in Florida. Millionen Menschen verfolgten den Start der Raumfähre Challenger. Doch nur 73 Sekunden dauerte der Flug. Dann war eine riesige Rauchwolke im Himmel zu sehen. Das Spaceshuttle Challenger war explodiert. Als Ursache für das Unglück stellte sich später ein Dichtungsring, genauer gesagt ein Elastomer-O-Ring, heraus. Dieser war durch die tiefen Temperaturen in der Nacht zuvor nicht mehr genügend elastisch gewesen.

Elastomere sind Kunststoffe, laienhaft gesprochen handelt es sich um Gummis. Elastomere besitzen die Eigenschaft, dass sie bei tiefen Temperaturen steif werden. So auch bei der verwendeten Elastomerdichtung beim Challengerflug. Im steifen Zustand können Elastomere jedoch nicht mehr schnell genug entspannen. Durch die Druckwelle beim Start der Raketentriebwerke entstand ein Leck, welches nicht schnell genug durch die kalte Dichtung geschlossen werden konnte. Heißes Gas trat durch diesen Spalt aus und zerstörte die Dichtung. Die Folge war eine Explosion der Raumfähre.

Elastomere werden für viele Aufgaben eingesetzt. Neben der Raumfahrt, auch zum Beispiel in der Luftfahrt, im Verkehrsbereich oder in der Verfahrenstechnik. Elastomerdichtungen kommen aber auch bei Transport- und Lagerbehältern für radioaktive Stoffe zum Einsatz. Und die sicherheitstechnische Prüfung solcher Behälter ist einer der Schwerpunkte in der BAM-Abteilung 3 „Gefahrgutumschließung“. Die BAM ist die zuständige Behörde für die Bauartprüfung von Transportbehälter und zudem als Gut-

achterin für Lagerbehälter bei atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren aktiv.

Die untere Temperaturgrenze für den Einsatz eines Elastomers ist nicht klar definiert. Daher kommt der Glas-Gummi-Übergang, auch als Glasübergangstemperatur bezeichnet, ins Spiel. Je nach Material liegt die Glasübergangstemperatur mehr oder weniger deutlich unterhalb von Null Grad Celsius. Und wie der Name bereits verrät, verändert das Elastomer bei dieser Temperatur seinen Zustand: Es geht vom gummielastischen, flexiblen Zustand in den glasigen oder hartelastischen, spröden Zustand über. Soll das Elastomer aber seine gummielastischen Eigenschaften beibehalten, muss es oberhalb seiner Glasumwandlungstemperatur eingesetzt werden.

Während zum Beispiel der Phasenübergang von Metall oder Wasser klar definiert ist (beispielsweise von flüssig zu fest), ist eine Glasumwandlungstemperatur allein wenig aussagekräftig. „Wenn überhaupt, kann man deshalb nicht einen Temperaturwert angeben, sondern höchstens einen Temperaturbereich, in dem mit einem Versagen zu rechnen ist“, sagt Dr. Matthias Jaunich von der BAM. Denn je nach der verwendeten Messmethode können sich die Werte deutlich unterscheiden. Im Klartext: Man kann nicht irgendeine Temperaturgrenze angeben, sondern muss dies immer im Bezug auf den Einsatzfall sehen. „Ohne die Mess- und Auswertungsbedingungen zu kennen, kann die Angabe irreführend sein und zu Fehlentscheidungen führen“, so Jaunich weiter.

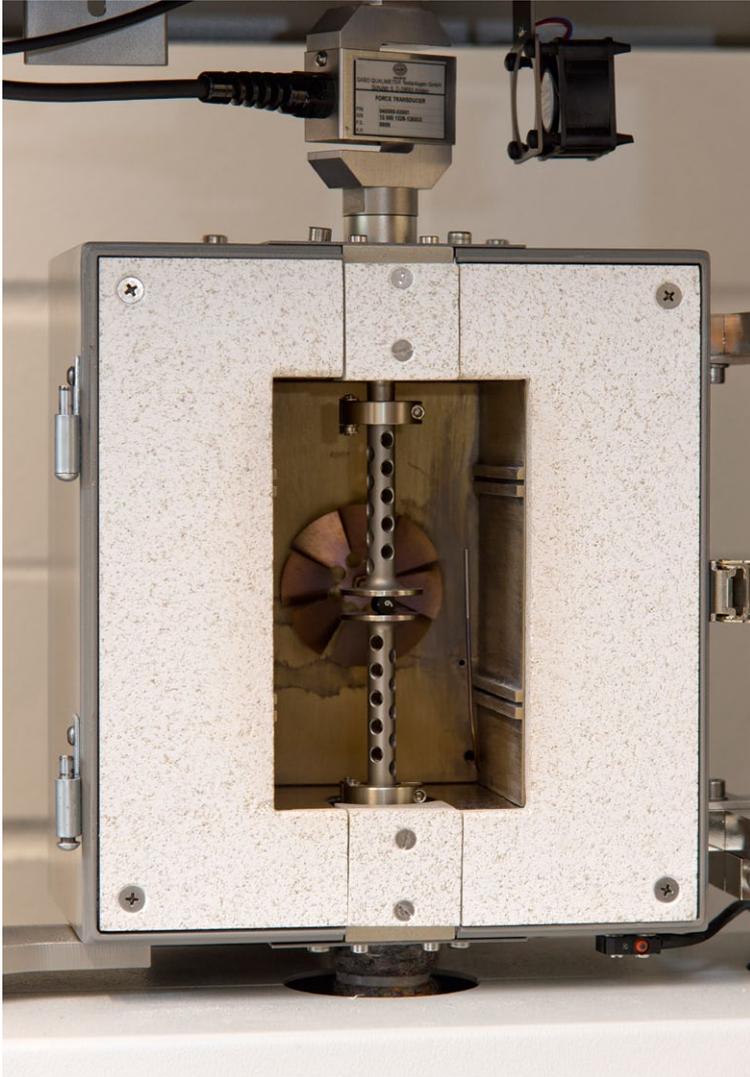
Dr. Matthias Jaunich

Division/Fachbereich 3.4

Safety of Storage Containers

Sicherheit von Lagerbehältern

Matthias.Jaunich@bam.de



Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften des Probenstücks in Abhängigkeit von Temperatur und Prüffrequenz im Dynamisch-Mechanischen Analysator (DMA)

Determination of the viscoelastic properties of the sample as a function of test frequency, temperature in the dynamic mechanical analyser

The glass transition temperature can be measured with different methods. Typically, differential scanning calorimetry (DSC) or dynamic mechanical analysis (DMA) is used. In DSC, the heat output or input of a sample is measured when the material is cooled or heated. This is also a way to determine the specific heat capacity. In DMA, a vibration is transmitted to the specimen by means of a stamp. By comparing the force applied necessary to deform the sample to the distance covered by the stamp in the deformation process, it is possible to draw conclusions about the mechanical properties of the elastomer. Now, polymers feature an inherent viscoelastic behaviour, which means that the deformation and the force show a certain phase shift. The smaller the phase angle, the more elastic the polymer tested is.

The compression set was also examined. This measurement, also called DVR in German,

describes the spontaneous release of pressure on a seal and provides clues for how the rubber recovers. Important parameters for it are pressing time, storage temperature and time elapsed since pressure release.

Dr. Jaunich has now developed a new method. He measured the compression set (DVR) using the DMA measurement equipment (DVRDMA for short). The new method simplifies the measurement. It is, for example, possible to analyse a sample at a large number of test temperatures without having to intervene in the measuring process again. Compared to the standard method, DVRDMA is also faster: The measuring time for each temperature is only 20 percent of that of the standard measurement. This becomes even more apparent when looking at the total time of the test. In the standard DVRNorm method the sample is kept under pressure at the test temperature for 24 hours. Using DVRDMA at low temperatures this is only necessary for 60 minutes. Dr. Jaunich was also able to show that the faster measurement did not result in an unacceptable deviation of the measurement results.

The goal is always to ensure the safe containment of dangerous goods both under a variety of environmental conditions and over a longer period of time. The new method helps accomplish this because if the process is better understood, the selection of materials can be managed accordingly. Manufacturers can produce special elastomers for certain applications and operators can choose the elastomer which matches their requirements.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass elastomere Dichtungsmaterialien erst bei Temperaturen unterhalb des jeweiligen Glas-Gummi-Übergangs versagen. Allerdings war der genaue Bereich des Glas-Gummi-Übergangs schwer zu identifizieren, in dem das Versagen des Elastomers als Dichtung auftritt. Nur aufgrund der physikalischen Eigenschaften des jeweiligen Elastomers ist das nämlich nicht möglich. Die Beziehung zwischen den physikalischen Materialeigenschaften und den geforderten Funktionen als Dichtung sind sehr komplex und derzeit noch nicht vollständig verstanden.

Aus diesem Grund untersuchte der BAM-Wissenschaftler verschiedene Elastomere, um den Versagensvorgang verstehen zu können. Mit den gewonnenen Ergebnissen ist es nun möglich, die Temperaturen, bei der die Elastomerdichtungen versagen, in Zukunft einfacher und genauer als mit den herkömmlichen Methoden bestimmen zu können.

Die Glasumwandlungstemperatur kann man mit verschiedenen Methoden messen. Üblicherweise benutzt man hierfür die dynamische Differenzkalometrie (DSC) oder die Dynamisch Mechanische Analyse (DMA). Bei der DSC wird die abgegebene oder aufgenommene Wärme einer Probe gemessen, wenn das Material zum Beispiel abgekühlt oder erwärmt wird. Damit lässt sich auch die spezifische Wärmekapazität bestimmen. Bei der DMA wird mittels eines Stempels eine Schwingung auf den Probekörper übertragen. Setzt man die aufgewendete Kraft, die notwendig ist, um die Probe zu deformieren, ins Verhältnis zu dem Weg, den durch die Deformation der Stempel zurückgelegt hat, so kann man dadurch auf die mechanischen Eigenschaften des Elastomers schließen. Polymere zeigen nun generell ein viskoelastisches Verhalten, das heißt, die Verformung folgt der Kraft mit einer gewissen Phasenverschiebung. Je kleiner der Phasenwinkel ist, desto elastischer ist das untersuchte Polymer.

Untersucht wurde auch der Druckverformungsrest. Diese Messung, auch DVR genannt, beschreibt die spontane Entlastung einer Dichtung und gibt Anhaltspunkte darüber, wie sich der Gummi erholt. Wichtige Parameter sind hier Verpressdauer, Lager-temperatur und die Zeit seit der Entlastung.

Jaunich entwickelte nun eine neue Methode. Er maß die DVR mit Hilfe der Messtechnik DMA (kurz DVRDMA genannt). Durch die neue Methode wird die Messung vereinfacht. So ist es beispielsweise möglich, eine Probe bei einer großen Anzahl von Prüftemperaturen zu untersuchen, ohne nochmal in den Messablauf eingreifen zu müssen. Auch ist bei der DVRDMA im Vergleich zu dem Standardverfahren der Zeitaufwand spürbar geringer: Die Messzeit pro Temperatur liegt nur noch bei 20 Prozent der ursprünglichen Messung. Deutlicher wird das noch beim Blick auf die Gesamtzeit des Versuches. So wird nach der Standardmethode DVR-Norm die Probe für 24 Stunden bei der Prüftemperatur verpresst gehalten. Bei der DVRDMA ist dies bei tiefen Temperaturen nur noch für 60 Minuten notwendig. Jaunich konnte auch zeigen, dass die schnellere Messung zu keiner Abweichung der Messergebnisse führte, die nicht mehr akzeptabel wäre.

Ziel ist es immer, den sicheren Einschluss von gefährlichen Gütern sowohl unter verschiedensten Umweltbedingungen als auch über einen längeren Zeitraum sicher zu stellen. Dabei hilft die neue Methode. Denn versteht man den Vorgang besser, kann man die Materialauswahl entsprechend steuern. Hersteller können für bestimmte Einsätze besondere Elastomere produzieren und Anwender können sich für die gesuchte Anforderung das passende Elastomer aussuchen.

Elastomerproben für den Druckverformungstest (Zylinder) und für den Druckverformungstest gekoppelt mit der Dynamisch Mechanischen Analyse (Würfel mit einer Kantenlänge von 2 mm)

Elastomer samples coupled to the compression test (cylinder) and for the compression test with the dynamic mechanical analysis (cube with an edge length of 2 mm)





„Risslumineszenz“

Risse, die leuchten

Cracks that shine

The TV game show “Schlag den Raab” (Beat Raab) now and then features a competition called “Googling terms”. The rules are as follows: enter a word which exists but generates only a very few hits by Google. The player who enters a term with the fewest hits is the winner. Until recently, the term “crack luminescence” was a good tip. But this has changed dramatically in a very short time. “Crack luminescence” is a neologism coined by BAM scientist Dr. Milad Mehdiانpour of the “Buildings and Structures” Division 7.2.

What is at the root of this new word is an invention which makes fatigue cracks shine during normal operation and with nothing to be added. The importance lies in the general problem of fatigue-stressed structures: cracks limit their service life. This applies to structures under non-static loading such as buildings or machinery of transport infrastructure, construction vehicles, cranes, centrifuges or ships.

The crack luminescence method makes cracks shine under UV light. It is similar to a black light in a disco which makes any lint visible. The contrast visualises details which remain hidden in daylight. The method is simple, fast and, in particular, helps detect cracks early on. The trick is: possible weak spots where cracks may occur are brushed with a thin fluorescent coating (indicator coating) and then covered with a thin topcoat. With the topcoat intact no fluorescence is visible. If the subsurface cracks, however, both coatings are torn and the surfaces of the fluorescent layer are exposed. In the dark or if the area is darkened, the crack shines under black light irradiation. Due to the natural light scattering, the crack signal is clearly visible even from a distance. If the structure is additionally loaded, as usual during operation, the crack automatically attracts attention by flashing. “The big advantage of this method is that, apart from the UV irradiation, no further

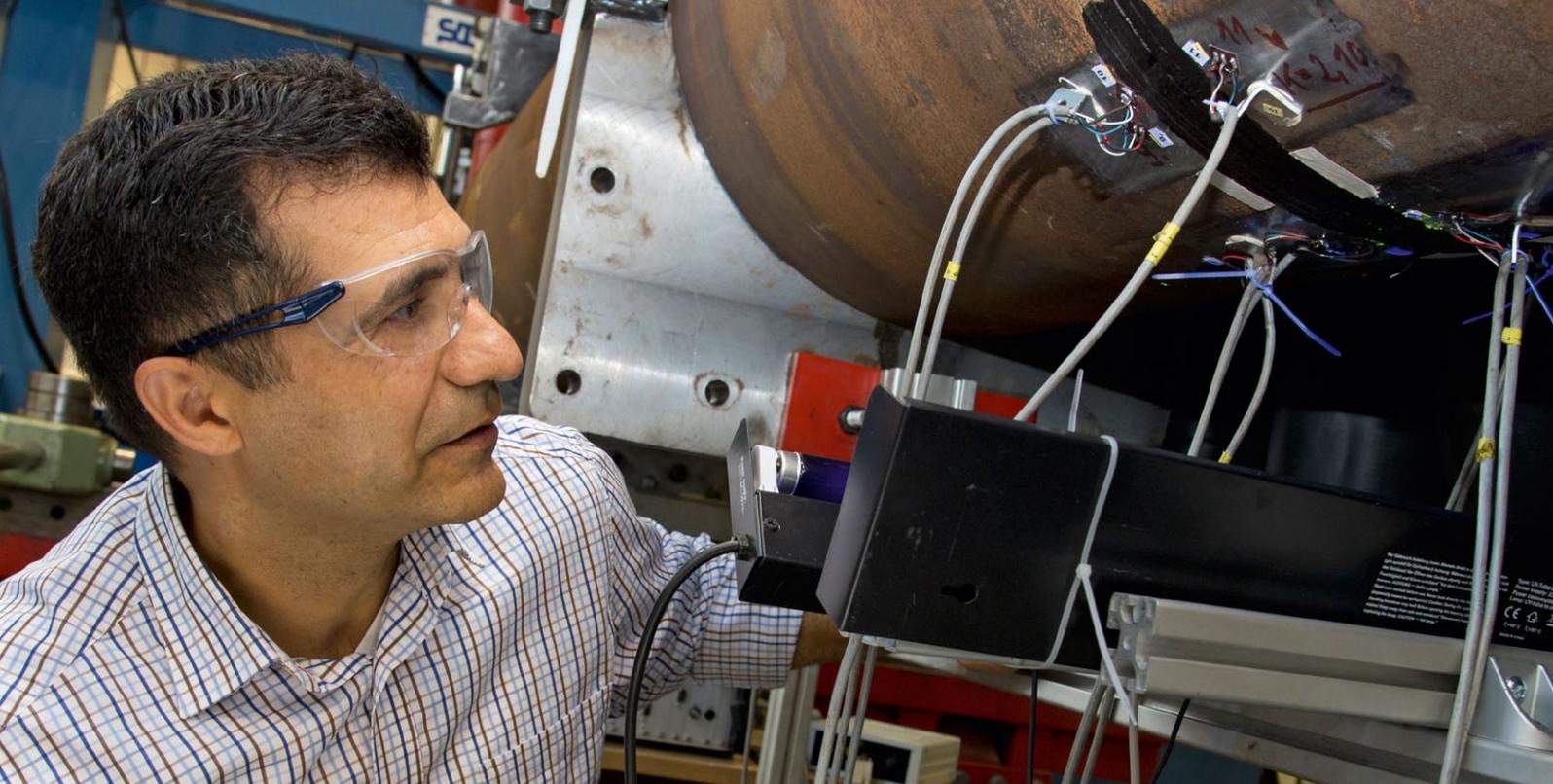
steps are necessary for the test. It works without needing anything to be added,” says Dr. Mehdiانpour. Exactly these phenomena reduce the inspection effort and increase its reliability.

Dr. Mehdiانpour works with commercially available materials in developing the method. The adhesive has been used for applying strain gauges for many years. Here it is used for fluorescent coating and adheres well to the surface to be tested. The pure adhesive is a powder that is mixed with a little fluorescent powder and a liquid hardener. This viscous mixture can then be applied to the area tested.

The area can then be covered with the black ink of a marker, although graphite spray has also been used as a top coating with success or a special thin spray paint. A special tape that combines both coatings (indicator and topcoat) is also conceivable, thus facilitating the application. “What is important is the bond between the two layers and the substrate.

The layers need not be particularly thick, but they must be similarly extensible or brittle as the base material,” says Mehdiانpour, who developed the method at BAM. He has tested it on steel, but it is also applicable to other materials such as aluminium. This is particularly interesting because aluminium cannot be magnetised, and the magnetic powder method as one of the most popular flaw detection methods is inappropriate for the purpose.

Dr. Mehdiانpour knows well enough how important early detection of a crack is: “While a crack initially is very small and grows very little, for example one millimetre a year, it may grow more than a millimetre per month at the end of a fatigue-stressed structure’s life.” Testing in practice is currently going very well. The Karlsruhe Institute of Technology (KIT) and the University of Stuttgart are experimenting with the new method. The Leibniz Univer-



Bei der TV-Sendung „Schlag den Raab“ gibt es hin und wieder das Spiel: Begriffe googeln. Die Regel: einen Begriff eingeben, den es gibt, der aber von Google nur mit ganz wenigen Treffern gefunden wird. Wer einen Begriff mit den wenigsten Treffern eingegeben hat, ist der Gewinner. Bis vor kurzem wäre dort der Begriff „Risslumineszenz“ ein guter Tipp gewesen. Doch dies hat sich innerhalb kürzester Zeit rasant verändert. „Risslumineszenz“ ist eine Wortschöpfung des BAM-Wissenschaftlers Dr. Milad Mehdiانpour aus dem Fachbereich 7.2 „Ingenieurbau“.

Hinter der Kulisse des neuen Wortes verbirgt sich eine Erfindung, mit der Ermüdungsrissen unter laufendem Betrieb und ohne weiteres Zutun zum Leuchten gebracht werden. Die Bedeutung liegt in der allgemeinen Problematik ermüdungsbeanspruchter Konstruktionen: Risse begrenzen ihre Lebensdauer. Das betrifft Tragwerke unter nicht ruhender Beanspruchung, wie zum Beispiel Verkehrsinfrastrukturbauwerke oder auch Maschinen, Baufahrzeuge, Kräne, Zentrifugen oder Schiffe.

Bei dem Risslumineszenzverfahren leuchten die Risse unter UV-Licht. Das ist in etwa so, wie in der Disco, wenn das Schwarzlicht jeden Fussel erkennbar macht. Durch den Kontrast werden Details sichtbar, die im Tageslicht einem verborgen bleiben. Die Methode ist einfach, schnell und hilft vor allem Risse frühzeitig zu erkennen. Der Trick: Mögliche Schwachstellen, an denen Risse auftreten können, werden mit einer dünnen fluoreszierenden Beschichtung (Indikatorschicht) eingestrichen und mit einer dünnen Abdeckschicht versehen. Bei intakter

Abdeckschicht ist keine Fluoreszenz sichtbar. Beim Reißen des Untergrunds werden beide Beschichtungen mit aufgerissen und die Rissufer der Fluoreszenzschicht liegen frei. In Dunkelheit oder wenn man die Stelle abdunkelt, leuchtet unter Schwarzlichtbestrahlung der Riss. Infolge der natürlichen Lichtstreuung ist die Rissanzeige auch aus größerer Entfernung gut sichtbar. Und wird zudem die Konstruktion belastet, wie im laufenden Betrieb üblich, macht der Riss ganz automatisch durch Blinken auf sich aufmerksam. „Der große Vorteil dieses Verfahrens ist es, dass außer der UV-Bestrahlung keine weiteren Arbeitsschritte für die Prüfung notwendig sind. Es funktioniert also ohne weiteres Zutun“, so Mehdiانpour. Genau diese Phänomene reduzieren den Inspektionsaufwand und erhöhen dessen Zuverlässigkeit.

Eingesetzt hat Mehdiانpour während der Verfahrensentwicklung handelsübliche Materialien. Der verwandte Kleber wird seit Jahren zum Anbringen von Dehnungsmessstreifen genutzt. Hier dient er zur Fluoreszenzbeschichtung und haftet sehr gut auf den zu untersuchenden Oberflächen. Der pure Kleber ist ein Pulver, das vermischt wird mit wenig Fluoreszenzpulver und einer Härterflüssigkeit. Diese zähflüssige Mischung kann dann auf die interessierende Stelle aufgetragen werden.

Abgedeckt wird die Stelle schließlich mit der schwarzen Tinte eines Filzstifts. Aber auch Graphitspray als Deckschicht wurde bereits mit Erfolg eingesetzt oder eine speziell dünne Sprühfarbe aus der Dose. Ebenfalls denkbar ist ein spezielles Klebeband, das beide Beschichtungen (Indikator- und Abdeckschicht)

Dr. Milad Mehdiانpour

Division/Fachbereich 7.2

Buildings and Structures

Ingenieurbau

Milad.Mehdiانpour@
bam.de



Spezialbeschichtung
Special coating



Rissanzeige unter Betrieb
Crack indication during operation



Freigelegte Schweißnaht mit Anriss
Exposed weld seam with incipient crack



Vergleich mit Farbeindringverfahren
Comparison with dye penetration

sity of Hannover has also used the method in the laboratory since late March 2014.

Both at BAM and the three institutions mentioned, scientists monitor their fatigue tests using crack luminescence and cameras to reliably determine the incipient crack-load cycles. This is crucial in prolonged fatigue tests because the testing machine often runs continuously for several weeks and the crack initiation can occur at any time: at night or on weekends.

Crack luminescence allows for simultaneous monitoring of large areas of a sample. The larger the components to be tested, the more important this advantage is. Crack initiation sites are then difficult to predict, and crack detection using conventional methods quickly becomes very expensive. Moreover, the spots to be tested are often difficult or hard to access during test operation. Again, the new method rates much better.

While the method has successfully been applied in the laboratory, tests on real structures are the next step. Crack luminescence research at BAM is aimed just at that to face the high economic and safety challenges.

Today more than ever, the conscious use of resources is in the foreground and given scarce public funding, new building projects are critically evaluated. The trend in the building industry is therefore moving increasingly towards stock maintenance and life extension. To maintain the necessary level of safety, the regular and careful inspection of ageing structures is one of the most important tasks in this context.

Just an example: bridges in Germany undergo a major test once every six years. "If a crack is overlooked in this test, it has another six years to grow, unless it is detected in the minor test carried out three years after major test", says Dr. Mehdiانpour.

Material fatigue often plays a crucial role in industrial plants and machines and makes it necessary to exchange many a component as a safety precaution. Forced operational and production breaks are a huge cost factor. Crack luminescence enables many plant components to be monitored under operation and to be used until their actual end of life. These are ample reasons which speak in favour of the new method.

vereint und so die Anwendung erleichtert. „Wichtig ist der Haftverbund zwischen den beiden Schichten und dem Untergrund. Die Schichten müssen nicht besonders dick sein. Sie müssen aber ähnlich dehnbar oder spröde sein wie der Untergrundwerkstoff“, sagt Mehdiانpour, der das Verfahren in der BAM entwickelte. Erprobt hat er es an Stahl. Aber es ist auch auf andere Werkstoffe wie beispielsweise Aluminium übertragbar. Dies ist besonders interessant, da Aluminium nicht magnetisierbar ist und darauf das Magnetpulververfahren als eines der gängigsten Rissdetektionsverfahren, nicht anwendbar ist.

Wie wichtig ein frühzeitiges Erkennen eines Risses ist, weiß Mehdiانpour zu berichten: „Während ein Riss am Anfang ganz klein ist und nur wenig wächst, zum Beispiel einen Millimeter im Jahr, können es zum Lebensdauerende einer ermüdungsbeanspruchten Konstruktion hin mehr als ein Millimeter pro Monat sein“. Die Erprobung in der Praxis läuft derzeit sehr gut. Es experimentieren mit der neuen Methode das Karlsruher Institut für Technologie und die Universität Stuttgart. Seit Ende März 2014 setzt nun auch die Leibniz Universität Hannover das Verfahren im Labor ein.

Sowohl in der BAM als auch in den drei genannten Institutionen überwachen die Wissenschaftler ihre Ermüdungsversuche mit Hilfe der Risslumineszenz und Kameras, um die Anrisslastwechselzahl zuverlässig zu ermitteln. Denn bei lang dauernden Ermüdungsversuchen läuft die Prüfmaschine oft mehrere Wochen ununterbrochen und der Anriss kann jederzeit auftreten: in der Nacht oder am Wochenende.

Mit dem Verfahren lassen sich große Bereiche einer Probe mit einem Blick überwachen. Umso wichtiger ist dieser Vorteil, je größer die zu prüfenden Bauteile sind. Dann sind nämlich die Rissentstellungsorte schwer prognostizierbar und die Rissprüfung nach herkömmlichen Verfahren wird schnell sehr aufwändig. Und oft sind auch die zu prüfenden Stellen unter laufendem Versuchsbetrieb nur schwer oder kaum zugänglich. Auch hier punktet das neue Verfahren eindeutig.

Während die Methode bisher im Labor erfolgreich angewandt wurde, steht nun eine Erprobung an realen Konstruktionen aus. Genau dahin läuft jetzt die Forschung zur Risslumineszenz in der BAM. Denn

die ökonomischen und sicherheitstechnischen Herausforderungen sind groß.

Heutzutage steht mehr denn je der bewusste Umgang mit Ressourcen im Vordergrund und in Anbetracht knapper öffentlicher Kassen werden Neubaumaßnahmen kritisch beurteilt. Der Trend im Bauwesen geht daher immer mehr in Richtung Bestandspflege und Verlängerung der Lebensdauer. Zur Aufrechterhaltung des erforderlichen Sicherheitsniveaus ist die regelmäßige und sorgfältige Inspektion des alternden Tragwerks eine der wichtigsten Maßnahmen.

Nehmen wir als Beispiel Brücken. Alle sechs Jahre wird eine Brücke in Deutschland einer Hauptprüfung unterzogen. „Wird dabei ein Riss übersehen, hat der Riss sechs Jahre Zeit weiter zu wachsen, falls er nicht bei der dreijährlichen einfachen Prüfung entdeckt wird“, sagt Mehdiانpour.

Auch bei Industrieanlagen und -maschinen spielt die Materialermüdung häufig eine entscheidende Rolle und liefert Anlass dafür, manch ein Bauteil aus Sicherheitsgründen vorsorglich auszutauschen. Dabei stellen oft die Betriebs- bzw. Produktionszwangspausen einen immensen Kostenfaktor dar. Mit Hilfe der Risslumineszenz ließen sich viele Anlagenteile unter Betrieb überwachen und so bis zu ihrem tatsächlichen Lebensdauerende sicher nutzen. Genügend Gründe also für die neue Methode.





Umwelt

Holz, Textilien, Kunststoffe und sogar Farben und Lacke greifen einige Organismen an. Auf Gegenmaßnahmen muss Verlass sein, deshalb müssen sie ihre Schutzwirkung in Prüfverfahren nachweisen – und zwar auf standardisierte, jederzeit vergleich- und stets nachvollziehbare Weise. Hierfür wurden die wichtigsten sieben Termitenarten von den Wissenschaftlern der BAM in Struktur und Form charakterisiert.

environment

Wood, textiles, plastics and even paints and varnishes attack some organisms. One must be able to rely on countermeasures, which is why they have to prove their protective effect in tests – in a standardised, comparable and plausible way. For this purpose, BAM scientists have characterised structure and form of the seven most important termite species.

Zuverlässig, kostengünstig und „grün“: Nachweisverfahren für Schadstoffe im Wasser

*Reliable, cost-efficient and “green”:
method for pollutant detection in water*



“Perches getting high”, “The pill in the river” and “Drugs on tap”: these were the titles of German newspaper articles about pharmaceutical residues in waters in recent years.

Again and again, such substances are detected in rivers and lakes and then are usually classified as “emerging pollutants”, new synthetic substances designated as “pollutants” which they are not in fact, initially. They are taken as drugs and only become a “residue” or contaminant when they enter the environment. And this happens in our homes.

The level of a drug in the body such as the antiepileptic carbamazepine must be relatively stable so that it is effective throughout the whole day. Our “detoxification mechanisms” transport the active substances to the kidneys where they are largely excreted in the urine. Numerous active substances are also sufficiently stable in the wastewater so that they reach the treatment plant unchanged. But today’s sewage treatment plants are not designed to completely remove active pharmaceutical substances. Carbamazepine is only eliminated to a small extent. The residual load, therefore, leaves the treatment plant almost entirely and enters the surface waters.

From hereon it is not easy to trace the whereabouts of drug residues. Isolated pharmaceutical residues, including carbamazepine, have been detected in places where surface water undergoes bank filtration and, after a longer soil aquifer treatment, is fed into the drinking water system. However, concentrations are consistently very low – in the nanogram-per-litre range (one thousandth of the river water concentrations) – and pose no danger to humans according to current knowledge about the respective effect threshold as determined by toxicological studies.

The amount of pharmaceuticals in drinking water and surface waters can easily be determined by modern instrumental methods. But the analyses are labour- and time-intensive – everything but cheap – and are only carried out on demand, ad hoc and at rather large time intervals.

This long chain of thoughts leads us to the BAM Division 1.8 “Immunoanalytics” headed by Dr. Rudolf Schneider. “We are researching into methods that can reliably measure pharmaceutical residues in surface waters. This is a major task. The number of active substances and their metabolites detected in rivers and lakes has long since surpassed one hundred,” says Schneider.

Scientists have therefore set out some years ago to develop further special screening procedures for “marker substances” that can indicate “hot spots” where it may be important to conduct a more in-depth differential analysis. These screening methods are aimed at determining a few “anthropogenic markers”, including carbamazepine.

The biochemical screening methods used are borrowed from clinical diagnostics and work with antibodies, whose selective binding properties can be used for a specific detection. The name: immunoassays, often referred to in the special format “ELISA” (enzyme-linked immunosorbent assay). “ELISA” enables determination of environmental markers with a high throughput but at a fraction of the cost of analysis. Another advantage of this measurement method is its high selectivity and sensitivity; thus sample preparation or pre-concentration of water samples can be omitted.

A millilitre of sample enables several measurements with reliable results. The method requires neither solvents nor gas or energy



„Dröhnung für Barsche“, „Antibabypille im Fluss“ und „Apotheke im Wasserhahn“, so betitelten in den vergangenen Jahren deutsche Tageszeitungen ihre Beiträge über Arzneimittelrückstände in Gewässern.

Immer aufs Neue werden solche Stoffe in Fließgewässern und Seen nachgewiesen und dann meist als „Emerging Pollutants“ klassifiziert, neu als „Schadstoffe“ bezeichnete synthetische Substanzen. Denn: Schadstoffe sind diese Wirkstoffe ja zunächst nicht. Meist als Arzneimittel eingenommen werden sie erst mit ihrem Eintritt in die Umwelt zum „Rückstand“, zur Kontamination. Und das passiert bei uns Zuhause.

Damit ein Wirkstoff wie etwa das Antiepileptikum Carbamazepin über einen ganzen Tag wirken kann, muss dessen Konzentration im Körper vergleichsweise stabil sein. Unsere „Entgiftungsmechanismen“ befördern die Wirkstoffe in die Nieren, von wo aus sie größtenteils mit dem Urin ausgeschieden werden. Auch im Abwasser sind zahlreiche Wirkstoffe ausreichend stabil, so dass sie unverändert in die Kläranlage gelangen. Doch heutige Kläranlagen sind nicht dafür vorgesehen, Arzneimittelwirkstoffe vollständig abzubauen. Auch Carbamazepin wird nur zu einem geringen Prozentsatz eliminiert. Die Fracht verlässt daher fast vollständig die Kläranlage in die Oberflächengewässer.

Ab hier ist es nicht mehr einfach, den Verbleib der Arzneimittelrückstände zu verfolgen. An Orten, wo Oberflächenwasser über Uferfiltration angesaugt und nach einer längeren Bodenpassage in das Trinkwassernetz eingespeist wird,

sind vereinzelt Rückstände von Arzneimitteln, darunter auch Carbamazepin, nachgewiesen worden. Die Konzentrationen sind allerdings durchweg sehr gering, liegen im Nanogrammje-Liter-Bereich (ein Tausendstel der Flusswasserkonzentrationen) und sind im Hinblick auf die jeweiligen, in humantoxikologischen Studien ermittelten Wirkschwellwerte zum derzeitigen Kenntnisstand keine Gefahr für den Menschen.

Die Arzneimittelmenge im Trinkwasser und in den Oberflächengewässern lassen sich mit modernen instrumentellen Methoden problemlos bestimmen. Doch die Analysen sind personal- und zeitintensiv – kein „billiges Vergnügen“ also und werden daher sehr bedarfsorientiert, punktuell und in eher größeren Zeitabständen durchgeführt.

Dieser gedanklich recht lange Weg führt uns zum BAM-Fachbereich 1.8 „Immunanalytik“ unter Leitung von Dr. Rudolf Schneider. „Wir forschen an Methoden, mit denen Arzneimittelrückstände in Oberflächengewässern verlässlich bestimmt werden können. Das ist eine sehr umfangreiche Aufgabe. Die Zahl der in Flüssen und Seen inzwischen nachgewiesenen Wirkstoffe und ihrer Metaboliten hat die Hunderter-Marke längst überschritten“, sagt Schneider.

Die Wissenschaftler haben sich daher schon vor einigen Jahren auf den Weg gemacht, zusätzlich spezielle Screening-Verfahren auf „Marker-Substanzen“ zu entwickeln, die „Hot Spots“ anzeigen können, an denen es wichtig sein könnte, eine tiefergehende differenzierte Analyse durchzuführen. Diese Screening-Verfahren zielen auf die Bestim-

Dr. Rudolf Schneider

Division/Fachbereich 1.8

Immunoanalytics

Immunanalytik

rudolf.schneider@bam.de

for heating, cooling or producing a vacuum. "The method follows a trend in analytical sciences towards 'green' measurements. We were also able to demonstrate that accuracy of the measurement is maximal at room temperature," says Dr. Schneider.

As the name suggests, antibody-based detection methods require antibodies. However, they are often unavailable for "emerging pollutants". "BAM is one of the few facilities in Germany that develop antibody-based detection methods for environmental contaminants, including many pharmaceutical agents. Therefore, we are conducting intensive research on antibody production. Currently, we are working to increase the efficiency and speed of production of so-called monoclonal antibodies. For this purpose we use the immune system of mice as an aid," continues Dr. Schneider.

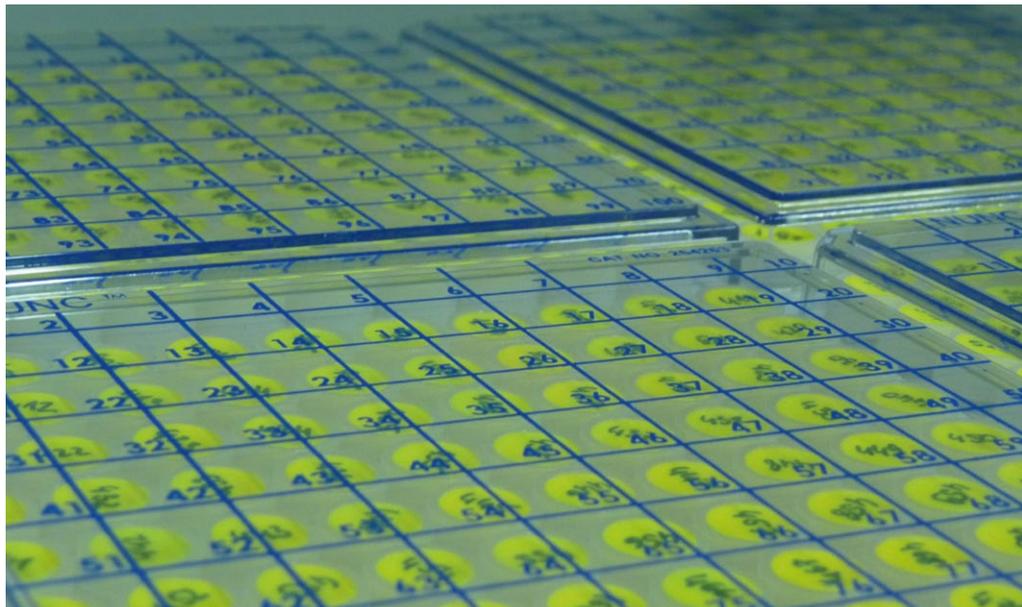
standardisation, testing and quality assurance" (German: Messen, Normen, Prüfen, Qualitätssicherung, MNPQ) funding line of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.

But now back to the actual contaminants. Water protection in Europe is regulated by the European Water Framework Directive. The Directive contains a list of compounds to be monitored, "priority substances" which pose significant risk to the aquatic environment and whose emission into waters must be gradually ceased by 2021. "Emerging pollutants" have been missing in this list for a long time.

The revision of the EU Directive on Environmental Quality Standards (EQS Directive) put three drugs on a so-called "watch list" for the first time. 17-ethinylestradiol (EE2) and 17-estradiol (E2) are now under observa-

Lagerbox mit den für die neuen Nachweisverfahren benötigten Immunreagenzien

Storage box with the immune reagents needed for the new detection method



The disadvantage of immunoassays is that only one substance can be quantified in one measurement. Thus three markers require three measurement runs. Therefore, BAM scientists have extended their approach and are working in addition on lab-on-a-chip methods which will be multi-analyte capable. Their small instrumentation is a good basis for on-site methods. Furthermore, together with a Berlin-based company, BAM has developed a measurement method which enables the quick and direct determination of carbamazepine in the microgram-per-litre range by the wastewater treatment plant staff. This project is financially supported from the "Measurement,

tion as active pharmaceutical substances. EE2 is contained in most contraceptives and has been studied for years because of its tremendous action potential. E2 is a natural hormone that is also used in hormone replacement therapy. Furthermore, the painkiller diclofenac, known to many as the preparation Voltaren®, is also on the "watch list".

In view of "priority" and "emerging pollutants" on the above-mentioned lists, there is now a list – albeit short – of contaminants available for which BAM has developed or validated antibodies.

mung einiger weniger „Humanmarker“ ab, zu denen auch Carbamazepin zählt.

Die verwendeten biochemischen Screening-Verfahren sind der klinischen Diagnostik entlehnt und arbeiten mit Antikörpern, deren selektive Bindungseigenschaften für einen spezifischen Nachweis herangezogen werden. Der Name: Immunoassays, in einer Spezialform oft auch „ELISA“ genannt (von Enzyme-Linked Immunosorbent Assay). Mit „ELISA“ lassen sich somit Umwelt-Marker mit einem hohen Durchsatz aber einem Bruchteil der Analysenkosten bestimmen. Und noch einen Vorteil bietet diese Messverfahren: Es ist sehr selektiv und hochempfindlich, so dass eine Probenvorbereitung oder Probenaufkonzentrierung bei Wasserproben entfallen kann.

Aus einem Milliliter Probe werden mehrere Messungen mit verlässlichem Resultat gewonnen. Die Methode braucht weder Lösemittel noch Gase noch Energie zum Heizen, Kühlen, oder zur Vakuumherzeugung. „Die Methode folgt einem Trend in den analytischen Wissenschaften hin zu „grünen“ Messverfahren. Und wir konnten auch nachweisen, dass die Genauigkeit der Messung bei Raumtemperatur am höchsten ist“, sagt Schneider.

Für antikörperbasierte Bestimmungsmethoden werden – wie der Name schon sagt – Antikörper benötigt. Aber oft fehlen diese für die Bestimmung der „Emerging Pollutants“. „Die BAM ist eine der wenigen Einrichtungen in Deutschland, die antikörperbasierte Bestimmungsmethoden für Umweltschadstoffe, darunter viele pharmazeutische Wirkstoffe, entwickelt. Daher forschen wir intensiv an der Antikörperherzeugung. Zurzeit arbeiten wir daran, Effizienz und Schnelligkeit bei der Gewinnung so genannter monoklonaler Antikörper zu erhöhen. Und dazu nehmen wir uns das Immunsystem der Maus zu Hilfe“, so Schneider weiter.

Ein Nachteil der Immunoassays ist es, dass in einem Messdurchgang immer nur eine Substanz quantifiziert werden kann. Für drei Marker sind also auch drei Messdurchgänge erforderlich. Daher erweiterten die BAM-Wissenschaftler auch ihren Ansatz und arbeiten zusätzlich an Lab-on-a-chip-Verfahren, welche multianalytisch sein werden. Ihre geringe Instrumentierung ist eine gute Basis für vor-Ort-Methoden. Zusammen mit einem Berliner Unternehmen entwickelt die BAM daher ein



Entnahme einer Wasserprobe

Taking a water sample

Messverfahren, mit dem Carbamazepin im Mikrogramm-pro-Liter-Bereich auch durch das Kläranlagenpersonal schnell und direkt bestimmt werden kann. Ein Projekt, das durch die Förderlinie „Messen, Normen, Prüfen, Qualitätssicherung“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie finanziell unterstützt wird.

Doch zurück zu den eigentlichen Kontaminanten. Den Gewässerschutz in Europa regelt die Europäische Wasserrahmenrichtlinie. Sie enthält eine Liste von zu überwachenden Substanzen, „prioritäre“ Stoffe, die ein erhebliches Risiko für die aquatische Umwelt darstellen und deren Emission in Gewässer schrittweise bis zum Jahr 2021 eingestellt werden muss. In der Liste suchte man lange Zeit vergeblich „Emerging Pollutants“.

Mit der Überarbeitung der EU-Richtlinie über Umweltqualitätsnormen (UQN-RL) kamen erstmals drei Arzneistoffe in eine sogenannte Beobachtungsliste („watch list“). Als pharmazeutische Wirkstoffe stehen nun 17-Ethinylestradiol (EE2) und 17-Estradiol (E2) unter Beobachtung. EE2 ist in den meisten Antibabypillen enthalten und wird aufgrund seines enormen Wirkpotentials bereits seit Jahren untersucht. E2 ist ein natürliches Hormon, das auch in der Hormonersatztherapie verwendet wird. Weiterhin wird das Schmerzmittel Diclofenac, manchem bekannt als Präparat Voltaren® Schmerzgel, auf der „watch list“ geführt.

Mit Blick auf „Priority“ und „Emerging Pollutants“ der genannten Listen hat sich so inzwischen eine – wenn noch kurze – Liste von Kontaminanten gebildet, für die die BAM die Antikörper selbst entwickelt oder validiert hat.

Ein Schleier, der lebt



Living veils

Façades that remain clean and beautiful are the dream of every homeowner. Flawless façades are only fleeting. Sun, rain, snow, wind and temperature fluctuations constantly attack the surfaces of all objects – or more precisely the materials from which they are made. Purely physical phenomena? No, most of the changes are also mediated by microorganisms that colonise the exposed material surface forming “façade veils”. The obvious result is: walls, monuments, roofs etc are discoloured.

This façade veil represents a particular environmental challenge to the air-exposed materials. Façade veils are dependent on the particular environmental conditions and the resistance of building materials to “chemical-biological colonisation space”, the habitat for perfectly adapted organisms. Who are they, how fast do they grow and how do they affect material properties?

The so-called black fungi were shown on marble sculptures and monuments during preservation work in the 1990s – as organisms responsible for deteriorating and discolouring these precious materials. These fungi defy environmental impacts and colonise statues, building façades or roofs. Their robustness stems from the hot and cold deserts where they are the dominant living creatures especially on rock surfaces. Their pinhead-sized dark colonies were first discovered on stones in the Negev Desert, in Arizona and in Antarctica and have since been recognised as cosmopolitan inhabitants of all air/substrate interfaces – including modern solar systems.

Part of black fungi’s success in surviving harsh habitats stems from abandoning rapid and expansive growth, special proliferation structures and sexual reproduction.

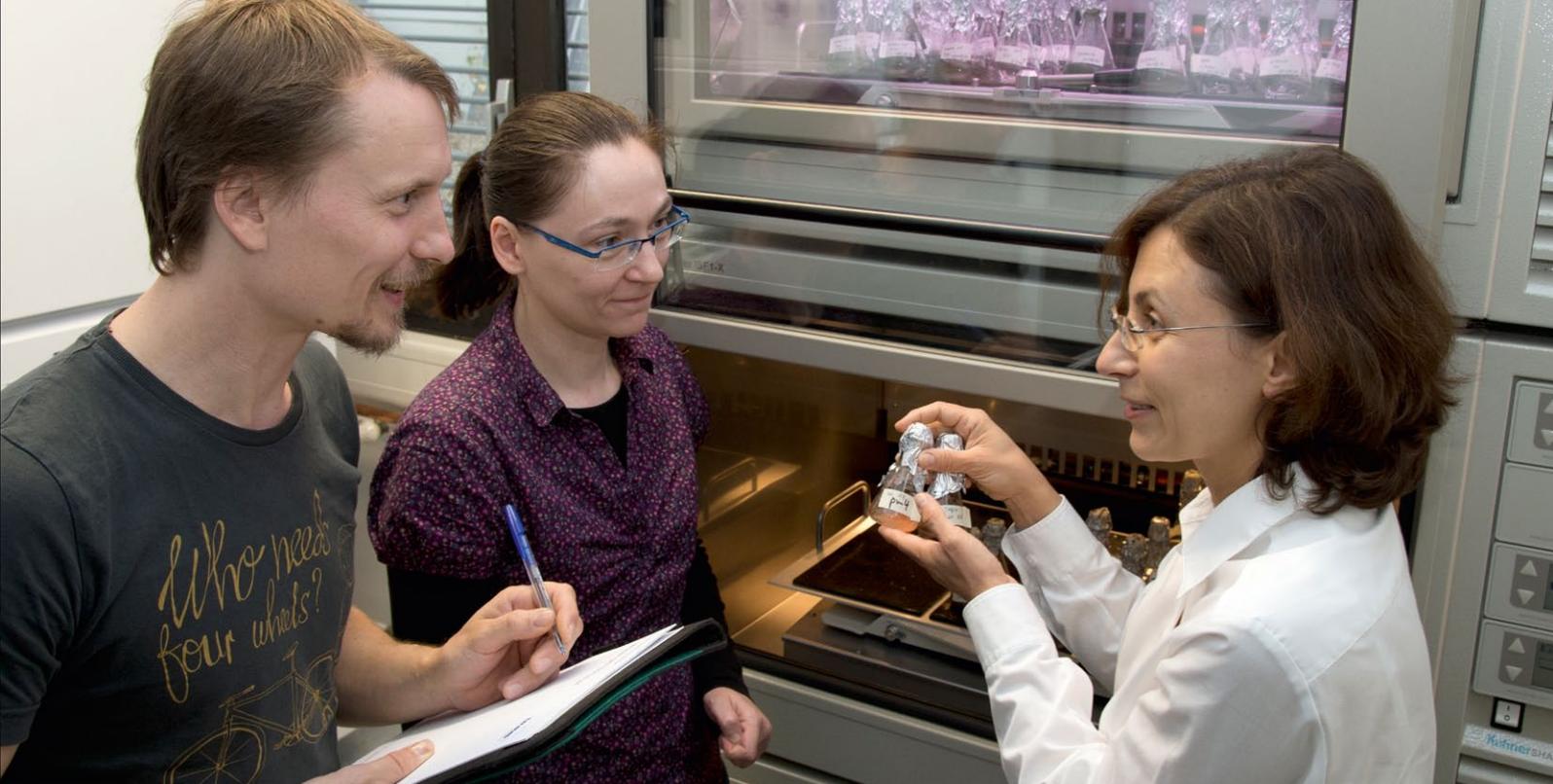
Their most visible feature, the dark pigment melanin is incorporated into the cell wall, where it protects the surface dwellers from radiation, desiccation and other stresses.

Melanin-containing growth of “façade veils” is not purely an aesthetic challenge for the materials – on some materials surficial fungal colonisation can cause material losses or a reduction in material efficiency, e.g. significant loss in energy production in solar systems covered by fungi.

Each cell and its metabolic products change the physical-chemical conditions on the surface in a point-by-point fashion radically altering the pH and producing aggressive metabolites such as organic acids. Most microbes also secrete extracellular substances, predominantly polymeric substances (EPS), which promote adhesion to the surface. All biofilms including these “façade veils” are thus highly resistant “closed” communities of cells embedded in their own matrix and closely connected to material surface.

Biofilms can have extremely harmful effects, especially if complete biofilms or individual black fungi cells penetrate deeper into the material. Experts call this process “biological pitting” or “microbially induced corrosion”. Biofilms can also isolate the materials from direct environmental influences thus equilibrating the alteration processes and thus protecting them from further changes.

The composition of biofilms depends on the materials on which they live and on the environmental conditions. Black fungi – desert as well as air-exposed materials dwellers – are always the main actors on materials exposed to atmosphere such as stone, glass and paint on façades.



Strahlend schöne Fassaden auf lange Zeit – der Wunsch eines jeden Hausbesitzers. Doch das Bild einer makellosen Fassade bleibt nur für begrenzte Zeit. Nicht nur Sonne, Regen, Schnee, Wind und die ständigen Temperaturänderungen beanspruchen die Oberflächen von Gegenständen oder genauer von Materialien, sondern auch Kleinstlebewesen. Sie besiedeln die Oberflächen und wachsen dort zu einem „Fassadenschleier“ heran. Das Ergebnis: Wände und Dächer verfärben sich.

Für die Beständigkeit von Baustoffen und Materialien stellt dieser Fassadenschleier eine besondere Umweltbeanspruchung dar, denn er ist ein „chemisch-biologischer Besiedlungsraum“ in dem perfekt angepasste Organismen leben. Nur: welche sind es, wie schnell wachsen sie und wie beeinflussen sie die Materialeigenschaften?

Durch die Denkmalpflege-Untersuchungen der 1990er-Jahre wurde bereits die breite Präsenz von so genannten schwarzen Pilzen auf Marmoroberflächen entdeckt. Sie trotzen unseren Umwelteinwirkungen und besiedeln Skulpturen, Gebäudefassaden oder Dachflächen. Ihre Robustheit haben sie in den heißen und kalten Wüsten erworben, wo sie sich als einzige Lebewesen auf Gesteinsoberflächen behaupten. Die stecknadelkopfgroßen dunklen Kolonien wurden zuerst in den 1980er-Jahren auf Steinen in der Wüste Negev, in Arizona und in der Antarktis entdeckt und erwiesen sich bald als kosmopolitische Bewohner aller Luft/Substrat-Grenzflächen – inklusive moderner Solaranlagen.

Diese Kleinstlebewesen haben auf einige Eigenschaften – wie schnelles und expansives Wachstum oder gesonderte Vermehrungsstrukturen – verzichtet, und stattdessen die Kunst des Überlebens in den widrigen stressreichen Habitaten perfektioniert. Die Bezeichnung „schwarze Pilze“ beruht auf ihrem „sichtbarsten“ Merkmal, dem dunklen Pigment Melanin. In die Zellwand eingebaut schützt es die Oberflächen-Bewohner vor Strahlung, Austrocknung und anderen Stressfaktoren.

Für die Materialien bedeutet ein melaninhaltiger Bewuchs eine ästhetische Veränderung – bei bewachsenen Solaranlagen erhebliche Verluste bei der Energiegewinnung. Aber auch die Prozesse der Materialänderung durch UV-Strahlung, Feuchte, Staub- oder Schadstoffablagerungen aus der Luft werden durch den Bewuchs verstärkt oder vermindert. Jede Zelle und deren Stoffwechselprodukte können die physikalisch-chemischen Bedingungen auf der Oberfläche punktuell, aber radikal verändern, beispielsweise durch pH-Veränderung oder aggressive Stoffwechselprodukte wie organische Säuren. Zusätzlich scheiden die meisten Organismen extrazelluläre Substanzen aus, vorwiegend polymere Stoffe (EPS), die ihre Haftung an der Oberfläche ermöglicht. Als Ergebnis entsteht ein Biofilm: Eine äußerst resistente „geschlossene“ Gemeinschaft von Zellen, eingebettet in die schützende Materialoberfläche.

Solch ein Biofilm trennt zudem die Oberfläche vom direkten Einfluss der Luft und verändert so entscheidend ihr Mikroklima. Und das wiederum kann den Gasaustausch und die Wirksamkeit von Chemikalien verändern.

Prof. Dr. Anna Gorbushina

Departement/Abteilung 4

Materials and Environment

Material und Umwelt

Anna.Gorbushina@bam.de

Schwarze Pilze in Laborkultur
 oben: ursprüngliche dunkel-pigmentierte Kultur
 unten: Melaninmutante, der das namensgebende schwarze Pigment fehlt, zeigt weitere Schutzpigmente, die normalerweise durch Melanin überdeckt sind.



Black fungi in laboratory culture

*above: original dark-pigmented culture
 below: melanin mutant lacking the eponymous black pigment shows more protective pigments which are normally masked by melanin*



“Today we understand many processes of microbially induced corrosion and have identified a number organisms harmful to materials. However, the investigations often remain at

a phenomenological level. They are based on observations of corroded materials which are natural objects. But these objects consist of numerous individual components and the complexity of long-term environmental processes often exceeds the possibilities of experimental investigation”, said Professor Anna Gorbushina, who heads the BAM Department 4 “Materials and Environment” who is also a professor at the Department of Earth Sciences and the Department of Chemistry, Biology and Pharmacy at the Freie Universität Berlin.

Scientists are studying ageing and the resistance of materials by simulating complex environmental situations. Model systems for ‘façade veils’ that enable time-lapse investigations under controlled conditions can be used to specifically control a relevant biofilm community consisting of a black fungus and a compatible cyanobacterium.

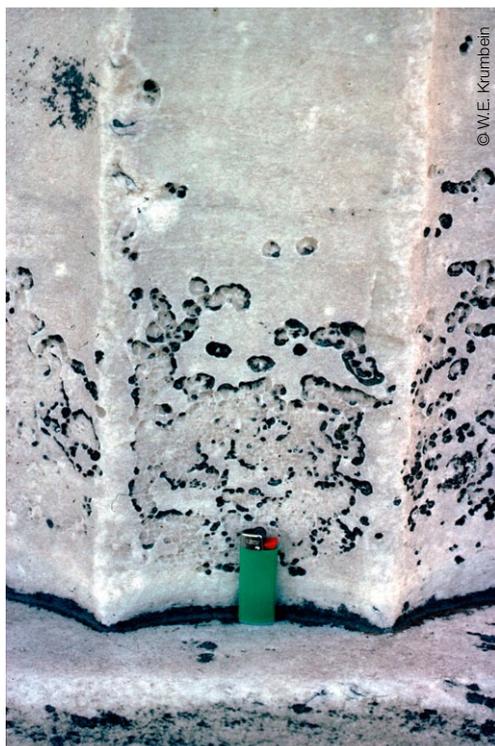
To better understand their microbiological “opponents”; material scientists use genetic manipulation to clarify the role of the individual properties (pigments, stress-protecting enzymes, EPS production etc) of black fungi in the entire biological material destruction process.

“For example, we investigate how different stress situations affect biofilm development using our own melanin mutants which lack the same black pigment. Our experiments also take into account the known effects of ageing, which can be enhanced or slowed by growth on surfaces”, said Prof. Gorbushina.

Thus, researchers are developing new approaches to understand the processes at the interface between the environment and material: they determine the specific biological affects on the material surface. Now they are in a position to vary not just the quantity, but also the individual characteristics of the organisms, then analyse the resulting material destruction. Model systems also help solve problems caused by biocides, new materials or changed environmental conditions (air pollution, climate change. etc).

Mikrobieller Bewuchs auf Marmoroberfläche kann nach langer Zeit dramatische Oberflächenveränderungen verursachen. Die Marmorsäule in Athen zeigt hohe Materialverluste verursacht durch tief eingedrungene schwarze Pilze und Flechten.

Microbial growth on a marble surface can cause dramatic changes to the surface in the course of time. The marble pillar in Athens shows high material losses caused by deeply penetrated black fungi and lichen.



Und weiter: Biofilme können äußerst schädigend wirken, besonders dann, wenn sie oder einzelne Zellen der schwarzen Pilze tiefer in das Material eindringen. Biologischen Lochfraß oder mikrobiell induzierte Korrosion nennen die Experten diesen Vorgang.

Die Zusammensetzung von Biofilmen, die in Material eindringen können, ist von den Werkstoffen, auf denen sie wohnen und von den Umweltbedingungen abhängig. Die schwarzen Pilze bleiben aber immer die Hauptakteure auf luftexponierten Materialoberflächen wie Stein, Fassadenanstriche und Glas. Daher sind sie Gegenstand mikrobiologischer und molekularbiologischer Analysen, aber auch Thema der Diskussion über konservierende und schadensvorbeugende Maßnahmen.

„Wir verstehen heute die Prozesse der mikrobiell induzierten Korrosion und haben materialschädigende Organismen identifiziert. Die Untersuchungen bleiben aber oft nur phänomenologisch. Sie basieren auf Beobachtungen bereits korrodierter Materialien, also Objekten aus der Natur. Nur, diese Objekte sind sehr komplex und die Vielschichtigkeit der langfristigen Umweltprozesse übersteigt oft die experimentellen Untersuchungsmöglichkeiten“, sagt Prof. Dr. Anna Gorbushina. Sie leitet an der BAM die Abteilung 4 „Material und Umwelt“ und ist überdies Professorin an den Fachbereichen Geowissenschaften sowie Chemie, Biologie und Pharmazie der Freien Universität Berlin.

Die Mechanismen, die für das Altern und die Widerstandsfähigkeit von Materialien verantwortlich sind, erforschen die Wissenschaftler, indem sie eine komplexe Umweltsituation nachstellen. Wichtig dafür sind biologische Modellsysteme, um zeitraffende Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen durchführen zu können. Den Experten an der BAM steht seit Kurzem ein Instrument zur Verfügung, mit dem sie eine Biofilmgemeinschaft aus einem schwarzen Pilz und einem passenden Cyanobakterium gezielt steuern können. Eine oftmals entscheidende Komponente, die die bereits an der BAM vorhandenen Methoden zur Untersuchung chemischer und physikalischer Schädigungen ergänzt.

Um ausreichend Kenntnisse über den mikrobiologischen „Gegenspieler“ zu erhalten, nutzen die Materialforscher Verfahren, die in der Medizin und Pharmazie schon seit

langem eingeführt sind: Genmanipulationen. Damit wollen sie klären, welche Rolle die einzelnen Eigenschaften schwarzer Pilze (Pigmente, vom Stress schützende Enzyme, EPS-Produktion) im gesamten Prozess der biologischen Materialzerstörung spielen.

„Wir können beispielsweise mit von uns erzeugten Melaninmutanten, denen das namensgebende schwarze Pigment fehlt, untersuchen, wie sich verschiedene Stresssituationen auf die Biofilmentwicklung auswirkt. Unsere Experimente berücksichtigen dabei auch die bereits bekannten Alterungseffekte, die durch einen Bewuchs der Oberflächen verstärkt oder verlangsamt werden können“, so Gorbushina weiter.

Damit entwickeln die Forscher eine ganz neue Herangehensweise, um die Prozesse an der Phasengrenze zwischen Umwelt und Material zu verstehen: Sie bestimmen gezielt den biologischen Einfluss auf die Materialoberfläche. Sie sind damit zum ersten Mal in der Lage, nicht nur die Mengen, sondern auch einzelne Eigenschaften der Organismen zu variieren und danach die resultierende Materialzerstörung zu analysieren und so ein Grundverständnis dieser Prozesse zu erreichen.

Ein wichtiger Schritt: Denn die Wissenschaftler brauchen ein repräsentatives Modellsystem mit dem zukünftige Probleme, die durch Biozide, neue Materialien oder neue Umweltverhältnisse (Luftbelastung, Klimaänderungen) entstehen können, erkannt werden.

Modellbiofilm aus zwei Partnern: einem schwarzem Pilz und einem Cyanobakterium. Dieser Modellbiofilm wird im Labor auf einem Marmorblock unter unterschiedlichen Umweltbedingungen herangezogen. Der gleiche Bewuchs ist auch für moderne Materialien relevant.

Model biofilm of two partners: black fungus and cyanobacterium. This model biofilm is used in the laboratory on a marble block under different environmental conditions. The same growth is also relevant to modern materials.





Dr. Dino Peter McMahon als Juniorprofessor an der BAM

Dr. Dino Peter McMahon looks forward to a junior professorship at BAM

The positions of special junior professors will be organised in cooperation with non-university research institutions. BAM has employed S junior professors since 2007. They are appointed jointly with a university. They carry out their research at BAM and have a reduced teaching load at the university. The positions are paid by BAM. An S junior professor enjoys all the freedom of a German university professor as far as working hours, leave arrangements and professional independence are concerned. However, the requirements of BAM's work pattern and the need to integrate into its normal operation pose certain limits.

The civil servant status of junior professors was anchored in the Higher Education Framework Act in 2002 to give outstanding young scientists without habilitation (an academic degree higher than Ph.D. in German-speaking countries) the opportunity to do research and teach at universities for a limited time, so they can qualify for a lifetime professorship – as a second entry into an academic career. The requirements are relatively high: the candidate must have an above-average Ph.D., regular publications and must normally have had a postdoc scholarship abroad. At least two external experts must review these criteria. In the case of a positive decision, the junior professor may work for six years. Dr. Dino Peter McMahon has met these criteria. He is now post doc student at Queen's University Belfast and Martin Luther University Halle Wittenberg and will come to BAM next year as a junior professor. He is an evolutionary biologist – a discipline that is not yet established at the BAM.

Dr. Dino Peter McMahon, what are the projects that you want to realise at the BAM?

In my proposal I build on my interest on social insects and the way they interact with dis-

eases. So, I have spent a lot of my research career working on parasites, pests and diseases and how social insects deal with these pressures. My idea for the future is to focus research on projects involving termites.

What exactly?

I want to know how pathogens interact with insects across molecules, individuals and societies. Specifically how resistance to disease can be socially transmitted between nestmates, and the immune mechanisms that drive these sophisticated adaptations. By focusing research across a wider range of species of termites with different ecologies and levels of social organisation, my aim is to try to understand the ultimate (evolutionary) causes of socially-mediated disease defence.

So, there is no easy way to control termites?

The use of parasites to control termites has been attempted in the past, but this has not been successful. This is because colonies are often very large and defense mechanisms as a whole are too efficient to make disease control a reliable or cost-effective strategy. This means that we currently rely heavily on pesticides. I would be interested in finding more environmentally sustainable alternatives. Preliminary research has found that a simple non-toxic derivative of glucose (D-δ-gluconolactone) interfaces very precisely with termite immune system effectors, rendering them much more susceptible to disease. This represents a potentially interesting opportunity to develop more environmentally friendly yet effective wood treatment solutions.

And BAM is a right place for your research?



Die Stellen des Sonder-Juniorprofessors („S-Juniorprofessor“) werden in Zusammenarbeit mit außeruniversitären Forschungsstätten eingerichtet. Die BAM beschäftigt S-Juniorprofessoren seit 2007, sie werden gemeinsam mit einer Universität berufen. Ihre Forschungstätigkeit findet in der BAM statt, die in der Stundenanzahl reduzierte Lehrverpflichtung in der Universität. Ein S-Juniorprofessor genießt alle Freiheiten eines deutschen Universitätsprofessors, beispielsweise hinsichtlich der Arbeitszeit- und Urlaubsregelungen und der fachlichen Unabhängigkeit; allerdings werden sie in der BAM durch die Vorgabe der Arbeitsrichtung und die Notwendigkeiten der Eingliederung in den Dienstbetrieb eingeschränkt.

Die beamtenrechtliche Stelle der Juniorprofessur wurde bereits 2002 im Hochschulrahmengesetz verankert, um herausragenden Nachwuchswissenschaftlern die Chance zu geben, eine begrenzte Zeit lang ohne eine Habilitation an Hochschulen zu forschen und zu lehren, wodurch sie sich für eine lebenslange Professur qualifizieren können – gleichsam als zweite Einstiegsmöglichkeit in die wissenschaftliche Karriere. Die Anforderungen sind vergleichsweise hoch: Der Anwärter muss eine überdurchschnittliche Promotion und ordentliche Publikationen sowie in der Regel ein Postdoc-Aufenthalt im Ausland vorweisen. Mindestens zwei externe Gutachter überprüfen diese Voraussetzungen. Bei positivem Bescheid darf der Juniorprofessor sechs Jahre arbeiten. Dr. Dino Peter McMahon hielt dieser Begutachtung stand, denn er erfüllt alle Kriterien. Er ist derzeit Postdoc an der Queen's University Belfast und Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,

aber wird nächstes Jahr als Juniorprofessur seine Forschung an der BAM weiterführen. Er ist Evolutionsbiologe – eine Disziplin, die bisher noch nicht an der BAM etabliert ist.

Dr. Dino Peter McMahon, welche Forschungsprojekte werden Sie an der BAM realisieren?

Ich interessiere mich für staatenbildende Insekten und die Art, wie sie mit Erkrankungen umgehen. In meiner wissenschaftlichen Laufbahn habe ich viel über Schädlinge und Krankheiten und Parasiten geforscht und wie staatenbildende Insekten mit diesen Belastungen umgehen. In meinem Forschungsprojekt möchte ich mich speziell mit Termiten beschäftigen.

Was da genau?

Mich interessiert, wie das Immunsystem dieser Insekten mit den Krankheitserregern auf molekularer Ebene reagiert, beim einzelnen Tier aber auch beim gesamten Insektenvolk. Dabei interessiere ich mich besonders, wie die Tiere Resistenzen gegen eine Krankheit untereinander übertragen können und welche Immunmechanismen dafür verantwortlich sind. Ich werde mit unterschiedlich sozial entwickelten Termitenarten arbeiten um herauszufinden, wie die Tiere diese besondere Art der Krankheitsabwehr entwickeln konnten.

Man kann also Termiten nur schwer steuern?

In der Literatur wird beschrieben, dass Forscher versucht haben Termiten mit Hilfe von Parasiten



It is a great place, I would say unique in Europe in its facilities. It has an unique collection of reference organisms which is unparalleled in possibly the world, in diversity and depth, especially for the termites.

BAM has an international reputation in Europe and globally. It is a great place, I would say unique in Europe in its facilities. It has an unique collection of reference organism which is unparalleled in possibly the world, in diversity and depth, especially for the termites. It is hugely attractive for me to continue my research career at BAM: BAM is a very open, outlooking institution. It cooperates with many partner institutions and universities across Berlin, Germany and internationally. These are all very good reasons for me to come here.

BAM offers you a junior S professorship. With which university it is linked?

Yes, it is an S professorship organised together with the Freie Universität Berlin. I am currently in discussion with the administration of the University. It is a huge responsibility, getting everything established. I have lists that grow every day. But I am confident that I can start my research here in Berlin next year.





zu steuern. Aber das hat nicht funktioniert. Die Kolonien sind zu groß und der Abwehrmechanismus der Kolonien als Ganzes ist zu gut, die Tiere wurden nicht infiziert. Daher verwenden wir heute meistens Biozide oder Pestizide, um diesen Schädlingen Herr zu werden. Ein Grund für mich daran zu forschen, diese chemischen durch ökologisch vertretbare, aber dennoch wirksame Substanzen zu ersetzen. Hier setze ich auf ein Glukose-Derivat – also einer zuckerähnlichen Verbindung. Bereits vor einigen Jahren wurden erste Ergebnisse solcher Untersuchungen veröffentlicht. Die Idee dabei ist, über das Glukose-Derivat, eine sehr einfache und nicht toxische Verbindung, das Immunsystem der Tiere zu stören. Das Glukose-Derivat passt genau an den Rezeptor des Immunsystems der Termiten und macht sie dadurch für Erkrankungen anfällig. Man weiß das schon seit einigen Jahren, aber doch hat man diesen Gedanken nicht weiter verfolgt. Vielleicht birgt dieser Weg eine Chance, Pestizide, die zur vorbeugenden

Holzbehandlung verwendet werden, durch solch ein einfaches Molekül zu ersetzen.

Und die BAM ist der richtige Ort für Ihre Forschung?

Die BAM hat zweifellos einen hervorragenden internationalen Ruf in Europa und weltweit. Es ist ein großartiger Ort, besonders durch ihre Versuchseinrichtungen ist die BAM einzigartig in Europa. Sie verfügt über eine einzigartige Sammlung von Referenzorganismen, die, vor allem bezüglich der Termiten, in der Vielfalt und Tiefe weltweit ihresgleichen sucht. Es ist schon etwas Besonderes für mich, meine Forscherkarriere an der BAM fortzusetzen. Und es gibt noch mehr Gründe, hierher zu kommen. Die BAM ist eine sehr offene, nach außen gewandte Institution. Sie hat viele Kooperationen mit Partnerinstitutionen und Universitäten in Berlin und Deutschland und auch weltweit. Also sehr gute Gründe für mich, hierher zu kommen.



Die BAM bietet Ihnen eine S-Juniorprofessur an. Mit welcher Universität ist diese Stelle verbunden?

Ja, es ist eine S-Juniorprofessur, die zusammen mit der Freien Universität Berlin ausgeschrieben ist. Ich stehe derzeit in Verhandlungen mit der Universitätsverwaltung. Es ist für mich eine große Verantwortung, nun alles zum Laufen zu bringen. Ich habe Listen, die täglich wachsen. Aber ich bin voller Zuversicht, dass ich meine Forschung im nächsten Jahr hier in Berlin beginnen kann.



Die anderen Eigenschaften von modernen Materialien

Other properties of modern materials

Everyone knows the scenario. It's holiday time. The alarm clock goes off later than usual and everyone looks forward to a rich breakfast. There are fried eggs, cooked in a non-stick pan, of course. After that, the family gets together to go for a hike. To be protected from sudden rain and storm there, everyone takes multi-functional jackets and impregnated hiking boots. But what do pan, jackets and shoes have in common? They have all been treated with so-called surfactant perfluorinated chemicals. In the frying pan, these chemical compounds allow the low-fat cooking and the non-stick pan bottom. And the clothes used for hiking are supposed to be water repellent, but at the same time let perspiration escape to the outside.

The items are cleaned after use in dishwashers or washing machines. If only in small amounts, the perfluorinated compounds can dissolve and eventually be released into the environment via wastewater. However, they now count as pollutants as they are persistent and chemically stable due to their chemical structure and are not biodegradable. They are toxic to higher organisms and effective doses are suspected to harm human health by causing changes in the endocrine system. Not surprisingly, these pollutants have already been detected in seals and polar bears in Alaska.

Perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) are the most often used perfluoro compounds. They are bulk chemicals and no pure products, rather a technical mixture of various perfluorinated compounds due to the production technology. These compounds, in turn, differ in the length of their carbon chain, their branching and their degree of fluorination. Thus, besides the desired octanoic acid, which has eight carbon atoms in its chain, butanoic, pentanoic, hexanoic, heptanoic acid (with shorter car-

bon chains) and nonanoic acid (with a longer carbon chain) are also produced. If these so-called homologous compounds have branches within the perfluorinated chain, they are called isomers. Finally, the degree of fluorination of the listed compounds is not necessarily exhaustive, meaning that poly- and partially fluorinated compounds may also be produced. The outcome is a complex mixture of organic environmental pollutants to be reckoned with.

This was enough reason for the European Council to regulate the use and application of PFOS by a decision in 2006 and keep their circulation to a minimum. The chemical industry has been committed, in cases when it cannot completely refrain from the use of perfluorinated compounds, to take appropriate measures to minimise the input in the wastewater stream and produce only short-chained perfluorinated species that can be partially biodegraded, albeit over a long time period.

In 2012, the compound PFOS was added to the EU Water Framework Directive (WFD 2000/60/EC) and an EQS value (environmental quality standard) of 0.65 nanograms per litre of surface water was introduced. However, this limit must be checked using a suitable, available chemical analysis method – and that method still had to be developed and summarised in the DIN 38407-42 standard "Determination of selected polyfluorinated chemicals (PFCs) in water using high performance liquid chromatography, HPLC) and mass spectrometry (ESI-MS/MS) after solid-liquid extraction". The chemist Dr. Christian Piechotta from the BAM Department 1 "Analytical Chemistry; References Materials" was also involved in this task.

This standard and the methods mentioned therein allow for the unambiguous quantitative determination of all relevant homologous per-



Jeder kennt das Szenario. Es ist Ferienzeit. Der Wecker klingelt später als sonst üblich und alle freuen sich auf ein reichhaltiges Frühstück. Und natürlich gibt es Spiegeleier, zubereitet in einer antihaftbeschichteten Pfanne. Danach trifft sich die Familie zum gemeinsamen Wanderausflug. Um dort vor plötzlichen Regenfällen und Unwettern geschützt zu sein, greifen alle zu den Multifunktionsjacken und imprägnierten Wanderschuhen. Doch was haben Pfanne, Jacken und Schuhe gemeinsam? Sie sind alle mit sogenannten oberflächenaktiven perfluorierten Chemikalien versehen. Bei der Bratpfanne ermöglichen diese chemischen Verbindungen das fettarme Zubereiten von Speisen, ohne dass sie am Pfannenboden anbacken. Und die zum Wandern verwendete Kleidung soll wasserabweisend sein, aber zeitgleich den Schweiß nach außen führen.

Nach Gebrauch werden die Gegenstände im Geschirrspüler oder in der Waschmaschine gereinigt. Dabei können sich diese perfluorierten Verbindungen, wenn auch nur in geringen Mengen, lösen und ins Abwasser und schließlich in die Umwelt gelangen. Doch nun als Schadstoff. Denn: Auf Grund ihrer chemischen Struktur sind sie als langlebig und chemisch stabil, werden biologisch nicht abgebaut. Sie gelten für höhere Organismen als giftig und stehen im Verdacht, bei wirksamer Dosis im Körper durch Veränderungen des Hormonsystems die Gesundheit zu schädigen. Und so wurden zwangsläufig diese Schadstoffe bereits in Alaska in Robben und Eisbären nachgewiesen.

Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) sind die Perfluorver-

bindungen, die hauptsächlich verwendet werden. Sie sind Massenchemikalien und bei deren Herstellung entsteht auf Grund der Prozessführung kein reines Produkt, sondern eine technische Mischung aus verschiedenen perfluorierten Verbindungen. Diese Verbindungen wiederum unterscheiden sich in der Länge ihrer Kohlenstoffkette, ihrer Verzweigung und ihres Fluorierungsgrades. Somit entstehen neben der gewünschten Octansäure, die acht Kohlenstoffatome in ihrer Kette aufweist, auch Butan-, Pentan-, Hexan-, Heptan- mit kürzeren Kohlenstoffketten und Nonansäure mit einer längeren Kohlenstoffkette. Weisen diese sogenannten homologen Verbindungen Verzweigungen innerhalb der perfluorierten Kette auf, bezeichnet man sie als Isomere. Schließlich muss der Fluorierungsgrad der angeführten Verbindungen nicht erschöpfend sein, so dass teil- und polyfluorierte Verbindungen entstehen können. Eine komplexe Mischung organischer Umweltschadstoffe, die es in sich hat.

Genug Gründe, um durch einen Beschluss des europäischen Rates im Jahr 2006 den Einsatz und die Verwendung von PFOS zu regeln und auf ein Minimum zu beschränken. Die chemische Industrie wurde verpflichtet, sofern sie auf den Einsatz nicht vollständig verzichten kann, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um den Eintrag in den Abwasserstrom zu minimieren und nur noch kürzerkettige perfluorierte Spezies herzustellen, die, wenn auch über einen langen Zeitraum, teilweise biologisch abgebaut werden können.

2012 wurde die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WFD-2000/60/EG) um die Verbindung PFOS

Dr. Christian Piechotta

Department/Abteilung 1

*Analytical Chemistry;
Reference Materials*

Analytische Chemie;
Referenzmaterialien

Christian.Piechotta@
bam.de



HPLC-Probenfläschchen
HPLC-sample vials

fluorinated carboxylic and sulfonic acids. But there is a restriction inasmuch as the method can only be used up to the lower limit of 10 nanograms per litre. Yet another disadvantage: isomers and partially fluorinated species can poorly be separated chromatographically and are thus not individually recorded.

An alternative method would be to check the plausibility of the results of the HPLC-ESI-MS/MS method and evaluate their reliability. However, an alternative method was lacking. This was likely due to the fact that no suitable reference materials that could ensure the quality of the measurement results were available either. Consequently, there was a strong demand for alternative measurement methods and reference materials which would enable the reliable determination of the limit value for perfluorinated carboxylic and sulfonic acids adopted by the EU decision.

This was the task of Dr. Piechotta and his colleagues. They developed a gas chromatographic method (GC) with mass spectrometric detection (EI-MS) to separate and fully determine the amount of all the required poly- and perfluorinated species. "Our method presupposes, however, that the investigated compounds can be evaporated without being decomposed beforehand and

lost for the measurement and subsequently distorting the measured value. Carboxylic and sulfonic acids or their relevant salts only have this property to a limited extent. We have thought about a common chemical trick to convert these compounds into stable but evaporable species," explains Dr. Piechotta.

Chemists call this trick derivatisation. It must be complete, simple and clearly feasible. By-products and residual derivatising reagents must no longer be present before measurement. Dr. Piechotta chose a classical esterification reaction of an alcohol with a carboxylic acid. He also added a perfluorinated alcohol. The perfluorinated ester thus produced satisfies all these requirements. Despite the additional effort for sample preparation and derivatisation, this method enables a clearer identification of isomers and homologues than with the method described in the DIN standard. Also, a better chromatographic separation efficiency can be achieved since gas chromatography has a higher specific separation efficiency than HPLC. Various detection methods can be used for the detection of chemical components as required.

The method will now be used as a potential reference method, also because the low values can be reliably determined according to the Water Framework Directive.

erweitert und mit einem EQS-Wert (Umweltqualitätsstandard) von 0,65 Nanogramm pro Liter Oberflächenwasser belegt. Dieser Grenzwert muss aber nun mit Hilfe einer geeigneten, vorzuhaltenden chemischen Analysenmethode kontrolliert werden. Doch die galt es noch zu entwickeln und in der Norm mit dem Titel DIN-Norm DIN 38407-42 „Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Chemikalien (PFC) in Wasser mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (englisch: high performance liquid chromatography, HPLC) und massenspektrometrischer Detektion (ESI-MS/MS) nach Fest-Flüssig-Extraktion“ zusammenzufassen. Eine Aufgabe, an der auch der Chemiker Dr. Christian Piechotta aus der BAM-Abteilung 1 „Analytische Chemie; Referenzmaterialien“ beteiligt war.

Alle relevanten homologen perfluorierten Carbon- und Sulfonsäuren können unter Anwendung dieser Norm und den dort genannten Methoden eindeutig quantitativ bestimmt werden. Allerdings mit der Einschränkung, dass die Methode nur bis zu der unteren Grenze von 10 Nanogramm pro Liter einsetzbar ist. Und noch einen weiteren Nachteil gibt es: Isomere und teilfluorierten Spezies lassen sich nur unzureichend chromatographisch trennen und werden somit nicht einzeln erfasst.

Ein Alternativverfahren wäre hier die Lösung, auch um die Plausibilität der Ergebnisse der HPLC-ESI-MS/MS-Methode zu prüfen und deren Zuverlässigkeit zu bewerten. Doch ein Alternativverfahren fehlte. Sicherlich auch dem Umstand geschuldet ist, dass keine geeigneten Referenzmaterialien erhältlich waren, die die Qualität der Messergebnisse sichern. Folglich wurde die Forderung nach alternativen Messverfahren und Referenzmaterialien laut, mit denen der von der EU erlassene Grenzwert für perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren zuverlässig erfasst wird.

Eine Aufgabe für Piechotta und seine Kolleginnen und Kollegen. Sie entwickelten eine gaschromatographische Methode (GC) mit massenspektrometrischer Detektion (EI-MS), mit der alle geforderten poly- und perfluorierten Spezies getrennt und deren Menge vollständig bestimmt werden können. „Unsere Methode setzt allerdings voraus, dass die zu untersuchenden Verbindungen verdampft werden können ohne, dass sie sich vorher zersetzen und damit für die Messung verloren gehen und den Messwert verfälschen. Diese Eigenschaft

besitzen Carbon- und Sulfonsäuren beziehungsweise deren entsprechende Salze nur bedingt. Und so haben wir uns einen gängigen chemischen Trick überlegt, wie wir diese Verbindungen in stabile, aber verdampfungsfähige Spezies umwandeln können“, erklärt Piechotta.



Probenvorbereitung für eine Messung mit der HPLC

Sample preparation for measurement by HPLC

Diesen Trick nennen die Chemiker Derivatisierung. Sie muss vollständig, einfach und eindeutig durchführbar sein. Nebenprodukte und restliche Derivatisierungsmittel dürfen vor der Messung nicht mehr vorhanden sein. Der Chemiker wählte hier eine klassische Veresterungsreaktion, der Reaktion eines Alkohols mit einer Carbonsäure. Dabei setzte er einen ebenso perfluorierten Alkohol ein. Der so hergestellte perfluorierte Ester erfüllt all die genannten Anforderungen. Trotz des Mehraufwands für Probenvorbereitung und Derivatisierung ist mit dieser Methode eine bessere und eindeutigere Identifizierung der Isomere und Homologen möglich als mit der in der DIN-Norm beschriebenen Methode. Auch ist eine bessere chromatographische Trennleistung gegeben, da die Gaschromatographie eine höhere spezifische Trenneffizienz besitzt als die HPLC. Und für den Nachweis der chemischen Bestandteile können je nach Erfordernis verschiedene Detektionsverfahren eingesetzt werden.

Das Verfahren soll nun als mögliches Referenzverfahren eingesetzt werden. Auch weil damit die niedrigen Werte nach der Wasserrahmenrichtlinie zuverlässig bestimmt werden können.



Analytical Sciences

Durch Imprägnierung werden Materialien wasserabweisend. Auch Beton. Doch wie tief dringt die Imprägnierung in dieses offenporige Material ein? Die Wissenschaftler an der BAM nutzen und entwickeln neue analytische Methoden und Instrumente, die ihnen neue Einsichten in atomare und molekulare Prozesse geben.

analytical sciences

Impregnation makes materials, including concrete, water repellent. But how deeply does impregnation penetrate into this open-pored material? BAM scientists use and develop new analytical methods and tools that give them new insight into atomic and molecular processes.



In 15 Minuten der Korrosion auf der Spur

Tracing down corrosion in 15 minutes



The story begins in 2007 with a desperate cry for help from an expert: he was called to examine discolorations or stains on stainless steel structures at an increasing frequency. It was not the metallic shine as is common in stainless steels, but rather some unexpected corrosion phenomena, and that only a few months after the structures had been commissioned. When the spots appeared the customers complained and the craftsmen went to the site and etched or ground the steel. All that did not help much because it was not long before the spots reappeared, so the expert turned to BAM to solve the problem.

Stainless steel develops a so-called passive film on its surface which makes the steel "stainless". If this film fails to form, an oxidation process starts and the steel becomes rusty. Since this layer cannot be seen defects cannot be detected either. A suitable test would be very helpful – which brings us to the "Corrosion Detection" research project, or "KorroPad" for short. This is a rapid test procedure developed by BAM experts Dr. Andreas Burkert and Jens Lehmann of Division 6.1 "Corrosion in the Civil Engineering".

It started with a questionnaire and numerous site visits. The two BAM scientists were in contact with around 250 companies experiencing this problem. It quickly became obvious that this was not an isolated phenomenon. Worse still, the damage had significantly increased since 2007 and many companies were hardly able to cope with the financial burden.

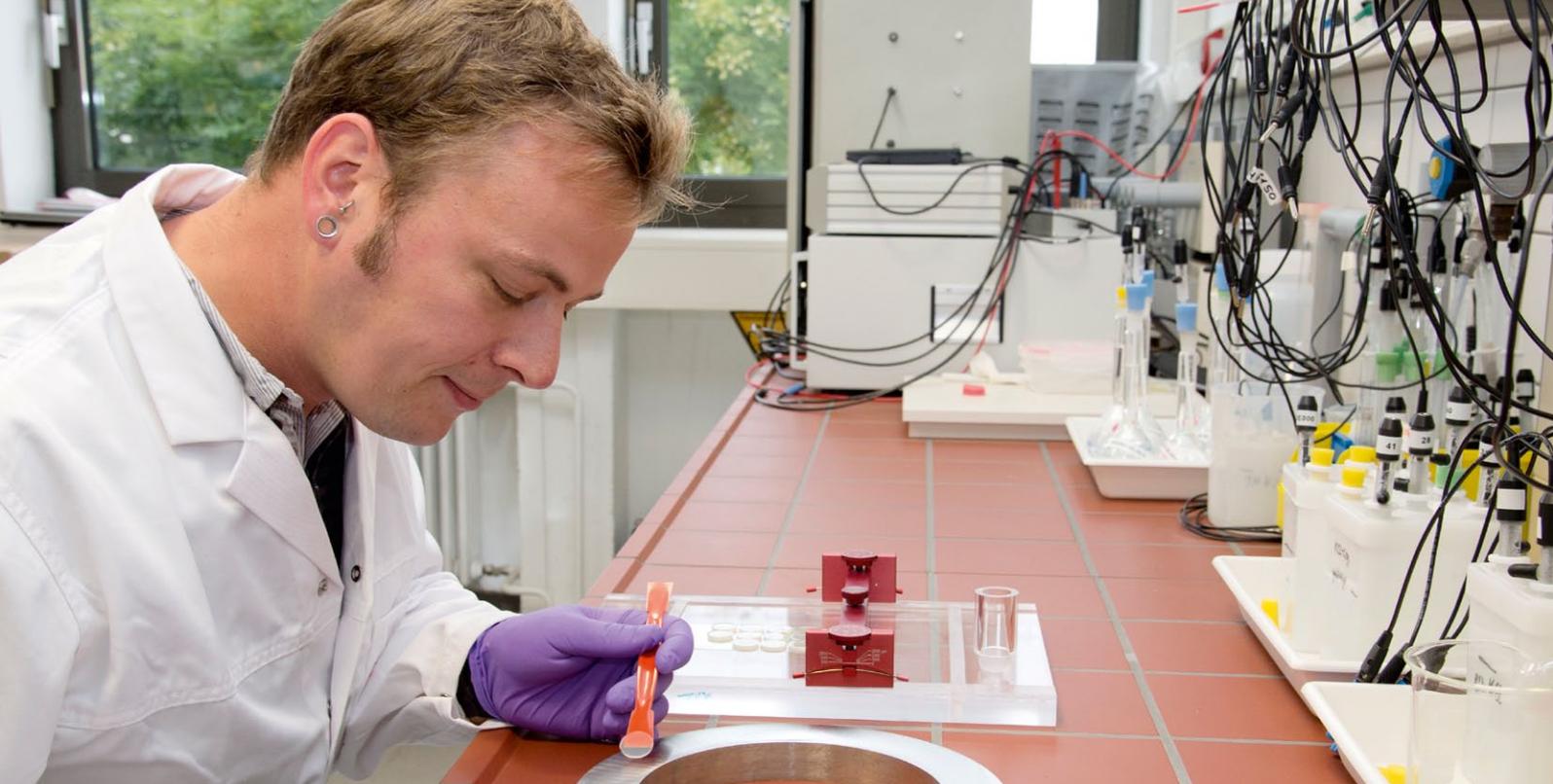
Now one might think that the problem is merely a matter of aesthetics; however, it may have more far-reaching consequences. Stainless steels are also the base materials for anchors and wall plugs, containers for dangerous materials or complex chemical systems. If the error is not detected dur-

ing their production, corrosion phenomena may occur in the finished components and thus affect safety. KorroPad therefore also serves the purpose of technical safety.

This was the reason for the two BAM experts to develop a detection method in which the material does not need to be destructed and tediously studied. Rather, it can determine whether or not the surfaces have an increased susceptibility to corrosion. It is of great advantage if the test also enables non-professionals, for example, to check whether materials are flawless upon delivery. The result of the research is called KorroPad: a test method with which one can check the steel surface in delivery condition or after processing.

There are various reasons for a protection layer to become impaired. The problems often arise at an as early stage as processing. But faulty manufacturing of semi-finished products, currently manufactured in large numbers world-wide, may cause deviations from the standards in terms of expected corrosion resistance of the materials. Pipes are a special case where fault detection is tantamount to searching for the proverbial needle in a haystack, for pipes undergo various processing steps: they start as a band in the steel mill, they are formed to pipes, welded, sometimes undergo heat treatment, etching and grinding. The various processing steps are often carried out by different companies which are distributed over the entire globe today – and errors may occur at any of the sites.

In the test, three pads per test are placed on the stainless steel and they enable a snapshot of the state of the passive layer. The pads are about the size of a five-cent coin. First, the surface is cleaned with acetone or alcohol, and then the pads are lightly pressed onto the surface to be tested. After 15 minutes, the



Die Geschichte beginnt im Jahre 2007 mit einem fast schon verzweiferten Hilferuf eines Gutachters. Immer wieder wurde er zu Verfärbungen oder Flecken an Konstruktionen aus nichtrostendem Stahl gerufen. Nicht der metallische Glanz, wie bei nichtrostenden Stählen üblich, war zu sehen, sondern unerwartete Korrosionserscheinungen. Und das bereits nach wenigen Monaten. Traten die Flecken auf, reklamierten die Kunden, die Handwerker rückten aus, beizten oder schliffen den Edelstahl ab. Doch das half wenig, denn es dauerte nicht lange, bis sich die Flecken erneut ausbildeten.

Der Gutachter wandte sich an die BAM, um dem Problem auf den Pelz zu rücken. Und eine Art von Pelz, die sogenannte Passivschicht, bildet sich auch auf dem nichtrostenden Stahl. Allein dieser Schicht verdankt der nichtrostende Stahl seinen Namen. Bildet sie sich nicht aus, kommt es zur Rostbildung. Sehen kann man die Schicht nicht, folglich auch Fehlstellen darin nicht erkennen. Ein geeigneter Test wäre hier also hilfreich. Und damit sind wir beim Forschungsvorhaben „Detektion Korrosion“ oder kurz „KorroPad“ und bei den beiden Experten der BAM, Dr. Andreas Burkert und Dipl.-Ing. (FH) Jens Lehmann aus dem Fachbereich 6.1 „Korrosion im Bauwesen“, die diesen Schnelltest entwickelt haben.

Es begann mit einer Fragebogenaktion und zahlreichen Ortsbesichtigungen. Mit rund 250 Firmen, die das Problem hatten, standen die beiden BAM-Wissenschaftler in Kontakt. Es zeigte sich sehr schnell, dass dieses Phänomen kein Einzelproblem ist. Schlimmer noch: die Schäden nahmen

seit 2007 deutlich zu und waren für manch einen Betrieb finanziell kaum zu tragen.

Nun könnte man meinen, das Problem betreffe nur optische Anforderungen, doch dabei muss es nicht bleiben. Denn die nichtrostenden Stähle sind auch Ausgangsmaterial von Ankern und Dübeln, Behältern für Gefahrgüter oder komplexen chemischen Anlagen. Werden bei deren Herstellung die Fehler nicht erkannt, kann es am fertigen Bauteil zu sicherheitsrelevanten Korrosionserscheinungen kommen. So dient das KorroPad auch der technischen Sicherheit.

Grund genug für die beiden BAM-Experten ein Nachweisverfahren zu entwickeln, bei dem das Material nicht zerstört wird oder langwierig untersucht werden muss und festgestellt werden kann, ob die Oberflächen eine erhöhte Korrosionsanfälligkeit aufweisen. Ein Test mit dem auch Nicht-Fachleute beispielsweise bei Anlieferung des Materials überprüfen können, ob es einwandfrei ist. Das Forschungsergebnis heißt KorroPad: ein Test, mit dem man die Oberfläche der Stähle im Lieferzustand und nach der Verarbeitung überprüfen kann.

Die Gründe für eine gestörte Schutzschicht sind vielfältig. Häufig entstehen die Fehler bereits bei der Verarbeitung. Aber auch eine fehlerhafte Herstellung der Halbzeuge, die heutzutage weltweit erfolgt, führen zu Abweichungen in der erwarteten Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe. Besonders bei Rohren ist es fast die Suche nach der bekannten Nadel im Heuhaufen. Denn Rohre durchlaufen verschiedene Verarbeitungsschritte: sie beginnen als Band im Stahlwerk, werden zur Rohren geformt, ge-

Jens Lehmann

Division/Fachbereich 6.1

Corrosion in Civil Engineering

Korrosion im Bauwesen

Jens.Lehmann@bam.de

pads are removed with a spatula, placed on a plastic carrier sheet and they are scanned or photographed to record the results.

15 minutes is a very short time compared to other methods, where the experiments often take several hours or even weeks. Another advantage of KorroPad is that the component can be further processed or installed by the customer after testing because the procedure is non-destructive.

ing elements evenly distributed? Lehmann continues: "It's like baking a cake: it is not enough to just have all the ingredients! The dough must be properly kneaded and the subsequent baking must be performed at the right temperature for the right time in an oven."

Meanwhile, some companies are already using KorroPad. This fast method is part of the curriculum at vocational schools and universities. KorroPad visualises material properties that

Ergebnis des KorroPad-Tests nach 15 Minuten

Links: Eine geschlossene Passivschicht schützt die Stahloberfläche

Rechts: Die blauen Punkte weisen drauf hin, dass sich die schützende Passivschicht auf der Stahloberfläche nicht vollständig ausbilden konnte. Kaliumhexacyanoferrat, das als Indikator im Pad vorliegt, reagiert mit den Eisenionen aus dem Stahl: es entsteht das sogenannte Berliner Blau.



Result of the KorroPad test after 15 minutes

Left: A closed passive layer protects the steel surface

Right: The blue dots indicate that the protective passive layer has not fully developed on the steel surface. Potassium hexacyanoferrate, which is present as an indicator of the pad, reacts with the iron ions from the steel: the so-called Prussian blue is produced.

Water and an indicator for iron ions are the ingredients of the gel in the pads. If the protective chromium oxide layer on the steel surface is missing, the indicator reacts with the iron ions in the material. The result is that the indicator changes colour and blue points appear in the yellowish pads. Each point indicates a spot where the protective passive layer failed to develop on the steel surface. Stainless steels contain at least twelve percent chromium. Oxygen, water (from humidity) and a clean, bare metallic surface are needed to form the protective layer on the surface.

"KorroPad helps people help themselves," says Jens Lehmann. At the beginning, the surface always looks blank. But do the components fulfil what the material's name has promised? There are many factors that play a role: How was the surface machined? How were the welds treated? Are the alloy-

are otherwise hidden to the human eye. KorroPad shows the students how important it is to observe the rules of processing. The bottom line is that standards alone do not result in reliable technical applications: what matters is that they are implemented in practice.

The pads can be ordered from BAM's webshop. End users can also acquire the test if necessary. The cost is 390 euros for 100 pieces. Smaller packaging will soon be offered to meet increased demand. A test with three pads costs about 12 euros. The procedure is so simple that non-experts have no difficulty in performing it. Thus, the private owner can quickly and cheaply check if his new stainless steel railing is of impeccable quality.

Project 17136 N/1 "Corrosion detection" of the Research Association GfKORR e.V. was sponsored by AiF within the Programme for the Promotion of Industrial Joint Research (IGF) by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy pursuant to a decision of the German Bundestag (Parliament).

schweißt, manchmal wärmebehandelt und ge-
beizt und häufig auch geschliffen. Viele Schritte,
die oft auch von unterschiedlichen Betrieben
ausgeführt werden. Heute meist auch über
den kompletten Globus verteilt. Viele Stellen,
an denen es zu einem Fehler kommen kann.

Pro Prüfung werden drei Pads benötigt, die
auf den nichtrostenden Stahl gelegt werden.
Damit bekommt man eine Momentaufnahme
über den Zustand der Passivschicht. Die Pads
haben etwa die Größe einer Fünf-Cent-Münze.
Zunächst wird die Oberfläche mit Aceton oder
Alkohol gereinigt und dann die Pads auf der
zu prüfenden Oberfläche leicht angedrückt.
Nach 15 Minuten werden die Pads mit einem
Spatel abgelöst, auf eine Kunststoffträgerfolie
gelegt und können zur Ergebnisdokumenta-
tion eingescannt oder fotografiert werden.

Und die 15 Minuten sind sehr schnell im
Vergleich zu anderen Methoden, bei denen
die Versuche oft mehrere Stunden oder
auch Wochen dauern. Und noch einen wei-
teren Vorteil bietet KorroPad: Das Bauteil
kann nach der Prüfung weiterverarbeitet
oder beim Kunden eingebaut werden,
denn die Prüfung erfolgt zerstörungsfrei.

Wasser und ein Indikator für Eisenionen sind
die Inhaltsstoffe der gelartigen Pads. Fehlt
die schützende Chromoxidschicht auf der
Stahl Oberfläche, reagiert der Indikator mit
den Eisenionen im Werkstoff. Die Folge: Der
Indikator verändert seine Farbe. Auf den leicht
gelblichen Pads erscheinen blaue Punkte.
Jeder Punkt zeigt an, dass sich die schüt-
zende Passivschicht auf der Stahl Oberfläche
nicht ausbilden konnte. Nichtrostende Stähle
bestehen zu mindestens zwölf Prozent aus
Chrom. Für die Ausbildung der Schutzschicht
an der Oberfläche braucht es Sauerstoff und
Wasser (aus der Luftfeuchtigkeit) sowie eine
saubere, metallisch blanke Metalloberfläche.

„KorroPad ist Hilfe zur Selbsthilfe“, sagt Jens
Lehmann. Optisch blank sehen die Oberflächen
am Anfang eigentlich immer aus. Aber halten
die Bauteile im Einsatz auch das, was der
Name des Werkstoffs verspricht? Viele Einfluss-
faktoren entscheiden darüber: Wie wurden die
Oberflächen bearbeitet? Wie die Schweißnähte
nachbehandelt? Sind die Legierungselemente
gleichmäßig verteilt? Lehmann weiter: „Es ist
wie beim Kuchen backen: Alle Zutaten drin al-
lein reicht nicht! Der Teig muss richtig durchge-

rührt werden und die anschließende Wärmebe-
handlung im Backofen muss bei der richtigen
Temperatur und über die richtige Zeit erfolgen.“

Mittlerweile setzen schon einige Firmen auf
KorroPad. Aber auch in der Ausbildung, an
den beruflichen Schulen und Universitäten
steht das Schnellverfahren auf dem Lehr-
plan. KorroPad macht Materialeigenschaften
sichtbar, die sonst dem menschlichen Auge
verborgen bleiben. Und KorroPad zeigt
den Lernenden, wie wichtig es ist, Verar-
beitungsregeln einzuhalten. Denn: Normen
allein führen nicht zur sicheren technischen
Anwendung, sondern das, was davon in der
Praxis auch tatsächlich umgesetzt wird.



Auflegen des Pads auf
eine Stahl Oberfläche

*Applying the pad on a
steel surface*

Bestellbar sind die Pads über den Webshop
der BAM. Natürlich können dort im Bedarfsfall
auch Endverbraucher den Test erwerben.
100 Stück kosten 390 Euro, kleinere Verpa-
ckungseinheiten werden aufgrund zahlreicher
Nachfragen demnächst ebenfalls angeboten.
Eine Prüfung mit drei Pads kostet also etwa
12 Euro. Das Verfahren ist so einfach, dass
es auch von Laien anwendbar ist. So könnte
auch der private Bauherr schnell und kos-
tengünstig überprüfen, ob sein neues Edel-
stahlgeländer aus einwandfreier Qualität ist.

Das Vorhaben 17136 N/1 „Detektion Korrosion“ der Forschungsver-
einigung GfKORR e.V. wurde über die AiF im Programm zur Förde-
rung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundes-
ministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages gefördert.

Nanomaterialien unter die Lupe genommen

Nanomaterials scrutinised by the microscope



Nano – nanomaterials are increasingly becoming part of our everyday products. Nanoparticles are introduced in a targeted way into sun creams, textiles treated antibacterially, toothpaste or tomato soup but also high-tech products such as drug carrier systems or corrosion protection layers. They can improve or even enable certain functionality. But what is the influence of these particles on human health and the environment? National and international regulatory authorities monitor the possible dangers they may pose in production or use. For appropriate test methods, toxicologists need nano test materials that have been thoroughly investigated physically and chemically. And this, in turn, needs validated, i.e. reliable methods.

This is a topic which BAM is looking into. Currently, BAM scientists are carrying out intensive research to develop these much needed methods. Reliable measurements on nanoparticles are crucial for the chemical analysis and the determination of size distribution. Nanoparticles are naturally very small and often have a complicated shape and internal structure. Therefore, the analysis of nanoparticles is a challenging task that requires a combination of methods. At present, there are a number of methods which are in principle suitable for the analysis of nanoparticles, but many questions about their accuracy and meaningfulness are still open. The measurement systems must always be failsafe and meet all legal requirements in order to ensure that the analysis methods can routinely be used for nanoparticles in the future.

The method only qualifies as validated if its quality has been checked, and this requires nano-reference materials. These are materials whose structure and shape (morphology) are exactly determined. In parallel, written standards need to be developed. This is a task that can only be mastered by the international research community. Scientists of BAM's various divisions, for example, are working on the key projects NanoDefine, NanoValid and SETNanoMetro with funding from the 7th European Research Framework Programme.

But which method is the most appropriate for a standardised procedure that can unambiguously determine the morphology of nanoparticles? "Scanning electron microscopy is a widely used imaging method. Nanoparticles can be very exactly mapped and their dimensions precisely measured in high resolution mode," says Dr. Vasile-Dan Hodoroaba from the BAM Division 6.8 "Surface Analysis and Interfacial Chemistry".

An extremely finely focused primary electron beam of about 1 nanometre in diameter is scanned over the sample surface and the emitted secondary and backscattered electrons are evaluated using imaging. Due to the "site-faithfulness" of the secondary electrons – they are generated where the fine primary electron beam hits the sample – details of the sample surface in the nanometre range become visible (Figure 1a). If these nanoparticles are prepared on an electron-transparent film, the transmitted electrons can also be analysed by imaging. "This transmission mode of scanning electron microscope (T-SEM) enables both



Nano – immer häufiger sind Nanomaterialien Bestandteil unserer Alltagsprodukte. In Sonnencrems, antibakteriell ausgerüsteten Textilien, Zahnpasta oder Tomatensuppen aber auch in High Tech Produkten wie Medikamententrägersystemen oder Korrosionsschutzschichten werden Nanopartikel gezielt eingeführt. Mit ihrer Hilfe wird eine bestimmte Funktionalität verbessert oder gar erst ermöglicht. Aber welchen Einfluss haben diese Partikel auf Mensch und Umwelt? Über mögliche Gefahren, die von ihnen bei der Produktion oder bei ihrer Verwendung ausgehen, wachen nationale und internationale Regulierungsbehörden. Für entsprechende Testverfahren, brauchen Toxikologen aber hinreichend gute physikalisch und chemisch untersuchte Nano-Testmaterialien. Und das wiederum braucht validierte, sprich verlässliche Verfahren.

Ein Thema, das auch in der BAM bearbeitet wird. Derzeit forschen Wissenschaftler der BAM intensiv daran, diese dringend benötigten Verfahren bereitzustellen. Wichtig sind die zuverlässige Vermessung der Nanopartikel bezüglich der Bestimmung der Größenverteilung und ihre chemische Analyse. Nanopartikel sind naturgemäß sehr klein und haben zudem oft eine komplizierte Form und Binnenstruktur. Deshalb ist die Analyse von Nanopartikeln eine herausfordernde Aufgabe, die immer eine Kombination verschiedener Methoden erfordert. Derzeit gibt es eine ganze Reihe von Methoden, mit denen man grundsätzlich Nanopartikel analysieren kann. Aber viele Fragen zur Aussagefähigkeit und Präzision der einzelnen Methoden sind noch offen. Und: Damit zukünftig die Analyseverfahren für Nanopartikel routinemäßig

zum Einsatz kommen können, müssen die Messsysteme immer einwandfrei funktionieren und allen gesetzlichen Vorgaben entsprechen.

Die Güte des Verfahrens muss überprüft sein, nur dann ist es validiert. Und zu dessen Überprüfung sind Nano-Referenzmaterialien erforderlich. Materialien also, deren Struktur und Form (Morphologie) ganz genau bestimmt sind. Parallel dazu sind Normen zu entwickeln. Eine Aufgabe, die nur in der internationalen Forschungsgemeinschaft bewältigt wird. So arbeiten Wissenschaftler verschiedener Fachbereiche der BAM beispielsweise in den Schlüsselprojekten NanoDefine, NanoValid und SETNanoMetro mit, die aus den Mitteln des 7. Europäischen Forschungsrahmenprogramms finanziert werden.

Aber welche Methode ist nun die geeignetste für ein standardisiertes Verfahren, um die Morphologie von Nanoteilchen eindeutig zu bestimmen? „Eine weit verbreitete bildgebende Methode ist die Rasterelektronenmikroskopie. Im Hochofungsmodus können wir damit Nanopartikel sehr genau abbilden und deren Dimensionen präzise vermessen“, sagt Dr. Vasile-Dan Hodoroba aus dem BAM-Fachbereich 6.8 „Oberflächenanalytik und Grenzflächenchemie“.

Ein extrem fein fokussierter Primärelektronenstrahl von circa 1 Nanometer Durchmesser wird über die Probenoberfläche gerastert und die emittierten Sekundär- und Rückstreuerelektronen werden bildgebend ausgewertet. Wegen der „ortstreue“ der Sekundärelektronen – sie werden dort erzeugt, wo der feine Primärelek-

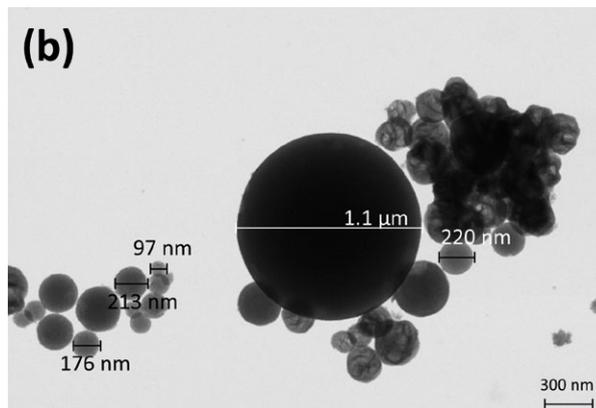
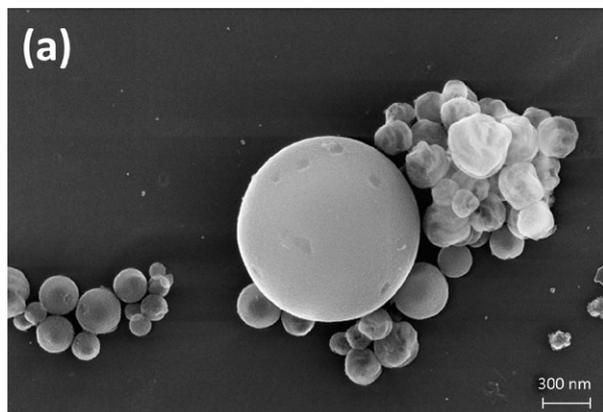
Dr. Vasile-Dan Hodoroba

Division/Fachbereich 6.8

Surface Analysis and Interfacial Chemistry

Oberflächenanalytik und Grenzflächenchemie

Dan.Hodoroba@bam.de



Figure/Bild 1

Rasterelektronenmikroskopische Abbildung von technischen Silica-Partikeln (SiO_2) mit einer breiten Größenverteilung: a) Hochauflösungsmodus mit REM und b) Transmissionsmodus (T-SEM) mit dimensioneller Analyse.

Scanning electron micrograph of technical silica particles (SiO_2) with a broad size distribution:

a) High-resolution mode with REM and b) Transmission mode (T-SEM) with dimensional analysis.

the external shape and the internal structure of individual nanoparticles to be visualised and measured. So we can distinguish between compact, hollow, mesoporous (these are porous materials with pore diameters between 2 nm and 50 nm) and core-shell nanoparticles, i.e. composite materials which consist of at least two different components," explains Dr. Hodoroaba. "The particle edges can also be recognised with precision. Thus, the routine determination method of size distribution of nanoparticles is well suited down to sizes smaller than 10 nm," adds the physicist.

Several hundred particles of this sample must be measured in order to ensure that the measured value is representative for a sample. This costs both time and money. This is reason enough to undertake automation of the process as much as possible. Dr. Hodoroaba and his colleagues conduct research in various projects to develop a T-SEM method that enables automatic measurement and image analysis. Only measurement uncertainty cannot yet automatically be determined – that still requires the analyst. The aim is to use T-SEM as a standard method to unambiguously classify nanomaterials. This is needed because nanomaterials count only nanomaterials when more than 50% of the particles have a size between 1 nm and 100 nm – in accordance with the European Recommendation 2011/696/EU.

In addition to morphology and size of individual nanoparticles, it is important to know their chemical composition. It would be elegant to accomplish this additional task "in one go" by the same instrument. Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) is an element analysis method that has been performed by scanning electron microscopes for many years. This method is based on the fact that

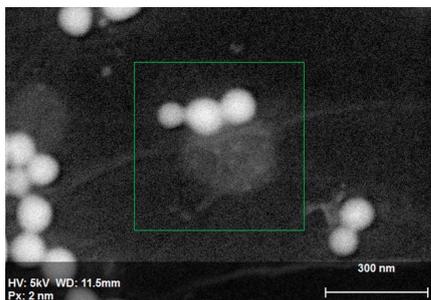
element-specific X-ray photons are emitted upon impact of the primary electron beam to the sample, which can provide information about the sample's chemical composition.

Since the volume in which the primary electrons interact with the sample material in the transmission mode is reduced to below the size of an individual nanoparticle, nanometer-range resolution can be achieved. Consequently, the scientists can produce element distribution images of nanoscale objects in the T-SEM mode of the scanning electron microscope using energy dispersive X-ray spectroscopy. Since the new-generation rapid and large-area EDX detectors can collect tenfold more X-ray photons, an even better chemical image of a particle will be generated.

Based on a core-shell nanoparticle, BAM researchers were able to show that this method puts them on the right track. The shell of this particle is made of soft matter, in this case of an organic fluorescent dye (Alexa™). This approximately 10-nm thick shell with its specific carbon signal can clearly be distinguished from the core, i.e. the silica nanoparticle (see Figure 2).

Such core-shell nanoparticles with their dye label are of great importance to toxicologists because they and fluorescence microscopic methods make it possible to study the path and distribution of nanoparticles in biological systems.

tronenstrahl die Probe trifft – werden Details von der Probenoberfläche im Nanometerbereich sichtbar (Bild 1a). Werden nun diese Nanopartikel auf einer elektronentransparenten Folie präpariert, können die transmittierten Elektronen ebenfalls bildgebend analysiert werden. „Mit diesem Transmissionsmodus des Rasterelektronenmikroskops (T-SEM) können wir sowohl die äußere Form als auch die innere Struktur von einzelnen Nanopartikeln sichtbar machen und vermessen. So können wir zwischen kompakten, hohlen,

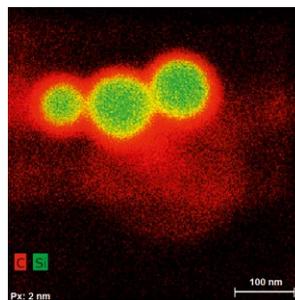


mesoporösen – das sind poröse Materialien mit Porendurchmesser zwischen 2 nm und 50 nm – und Kern-Schale-Nanopartikeln, also Verbundmaterialien, die aus mindestens zwei verschiedenen Komponenten bestehen, unterscheiden“, so Hodoroaba. „Auch erkennen wir nun die Partikelränder genau. Damit ist das Verfahren zur routinemäßigen Bestimmung der Größenverteilungen von Nanopartikeln bis hinunter zu Größen von kleiner als 10 nm gut geeignet“, so der Physiker weiter.

Damit der Messwert für eine Probe repräsentativ ist, müssen mehrere hundert Partikel dieser Probe vermessen werden. Das braucht Zeit und kostet Geld. Grund genug, das Verfahren weitestgehend zu automatisieren. Hodoroaba und seine Kolleginnen und Kollegen forschen in verschiedenen Projekten daran, ein T-SEM-Verfahren zu entwickeln, mit dem Messung und Bildauswertung automatisch erfolgt. Nur die Messunsicherheit kann derzeit noch nicht automatisch bestimmt werden. Hier ist immer noch der Mensch gefragt. Ziel ist es, T-SEM als standardisiertes Verfahren einzusetzen, um Nanomaterialien eindeutig zu klassifizieren. Denn nach der Europäischen Empfehlung 2011/696/EU sind Nanomaterialien nur dann Nanomaterialien, wenn mehr als 50 % der Partikel eine Größe zwischen 1 nm und 100 nm haben.

Neben Morphologie und Größe von einzelnen Nanopartikeln sind auch Kenntnisse über deren

chemische Zusammensetzung wichtig. Elegant wäre es, diese zusätzliche Aufgabe „in einem Ritt“ im gleichen Instrument zu bearbeiten. Eine elementanalytische Methode, die bereits seit vielen Jahren in Rasterelektronenmikroskopen betrieben wird, ist die energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX). Bei diesem Verfahren wird ausgenutzt, dass beim Auftreffen des Primärelektronenstrahls auf die Probe, elementspezifische Röntgenphotonen emittiert werden, die über die chemische Zusammensetzung der Probe Auskunft geben können.



Figure/Bild 2

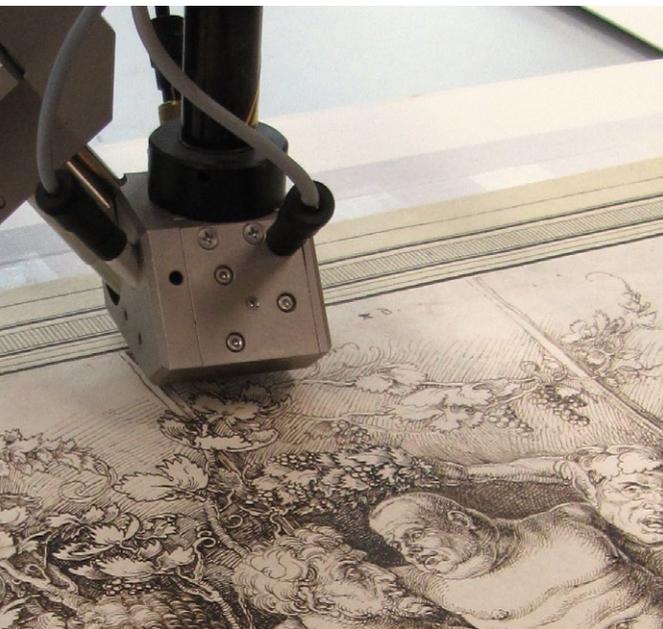
Da im Transmissionsmodus das Volumen, in dem die Primärelektronen mit dem Probenmaterial wechselwirken, auf weniger als die Größe eines einzelnen Nanopartikels reduziert ist, wird eine Auflösung im Nanometer-Bereich erreicht. Folglich können die Wissenschaftler im T-SEM-Modus des Rasterelektronenmikroskops mit der energiedispersiven Röntgenspektroskopie Elementverteilungsbilder nanoskaliger Objekte erstellen. Da die schnellen und großflächigen EDX-Detektoren der neuen Generation um den Faktor 10 mehr Röntgenphotonen einsammeln, wird das chemische Abbild eines Partikels nun noch besser erzeugt.

Anhand eines Kern-Schale-Nanopartikels konnten die Wissenschaftler der BAM zeigen, dass sie mit dieser Methode auf dem richtigen Weg sind. Die Schale dieses Partikels besteht aus weicher Materie, hier einem organischen Fluoreszenzfarbstoff (Alexa™). Diese circa 10 nm dicke Schale ist mit ihrem spezifischen Kohlenstoffsignal deutlich vom Kern, dem Silika Nanopartikel, zu unterscheiden (siehe Bild 2).

Solche Kern-Schale-Nanopartikel sind mit ihrem Farbstoff-Label für die Toxikologen von großer Bedeutung. Mit ihrer Hilfe und fluoreszenzmikroskopischen Verfahren nämlich kann der Weg und die Verteilung von Nanopartikeln in biologischen Systemen studiert werden.

a) Rasterelektronenmikroskopische Abbildung und b) röntgenspektroskopisches Elementverteilungsbild von Kohlenstoff (rot) und Silizium (hellgrün) gemessen im Transmissionsmodus des REM an fluorescent markierten Silica-Nanopartikeln. Die Messzeit bei einer Bildgröße von 250x250 Pixel² betrug 377 s.

a) Scanning electron micrograph and b) X-ray spectroscopic element distribution image of carbon (red) and silicon (light green) measured in the transmission mode of the SEM on fluorescently labelled silica nanoparticles. The measuring time for a frame size of 250x250 pixel² was 377 s.



Kunst im Blick – aber bitte zerstörungsfrei

A non-destructive look at art

There's something humming in the BAM basement. A scanner moves horizontally across an object. We're allowed to talk about the machine, but not about the object which is being examined. Classified. The background: clients, often law enforcement agencies or prosecutors' offices, are asking the BAM for expert opinions. The suspicion: The artwork could be a forgery. The humming machine is a micro X-ray fluorescence spectrometer, also called micro-XRF for short. It can be used to analyse chemical elements. It is linked to a camera to determine which spectra belong to which part of the image. Often the works of art cannot be brought to the BAM. Whether it is because transport would be too tricky – a painting could be damaged – or because it is simply too valuable and therefore must not be moved. For such cases, Dr. Oliver Hahn, Head of the "Analysis of Artefacts and Cultural Assets" Division 4.5, also has mobile devices that fit into carry-on baggage.

But to get straight to the point: The scientists of the division do not primarily examine works of art on suspicion of counterfeiting. Often the jobs are about cultural and historical issues – there are global collaborations with museums and foundations. But more about that later. Fakes make for better headlines, of course. However, the processes which the scientists use are often the same. First, you look through a microscope. "The eyes see a lot," says Hahn. A colour spectroscopy follows. From the interplay between reflection and absorption, conclusions can be drawn as to which colorants were used. It works particularly well for blue and red colorants. Often, an elemental analysis is

performed. Colourful images emerge, almost works of art in their own right, from which experts can already glean if the blue contains copper or iron. Ideally, the age range of the object can be narrowed down from this information. One possible indication could be whether iron was common in blue pigment at the time.

Hahn also receives inquiries from customers who want a certificate of authenticity. "Can you prove to me that the Monet is genuine?" The answer is 'no' because materials scientists are able to analyse dyes and pigments, possibly even binders, if a sample can be taken. They can then say that the colours or binders found might fit a picture from the time of Monet. However, a good forger would have employed materials which were in use at the time.

It is easy to obtain colours with pigments made according to historical recipes. When it comes to binders, things become more difficult for forgers. A good forger may know which binders were used back then, or whether linseed or poppy oils were used. However, binders age and form by-products over time, and their artificial production is almost impossible. But, you'd have to suspect that something is wrong in the first place. A binder analysis is performed using gas chromatography or infrared spectroscopy. For these measurements, samples must be taken and prepared, but scraping even a tiny piece from a work of art is usually taboo: A clear case for micro-XRF.

This non-destructive testing method can in some cases make it possible to uncover forgeries. The method is also suitable for developing



Im Keller der BAM surrt es leicht. Ein Scanner fährt waagrecht über ein Objekt. Über die Maschine dürfen wir schreiben, über das gerade zu untersuchende Objekt nicht. Geheim. Nur der Hintergrund ist klar: Auftraggeber, oft sind es Kriminalämter oder Staatsanwaltschaften, fragen die BAM um eine Expertise. Der Verdacht: Beim Kunstwerk könnte es sich um eine Fälschung handeln. Die Maschine, die dort surrt, ist ein Mikro-Röntgenfluoreszenzspektrometer, kurz Mikro-RFA genannt. Mit ihr kann man chemische Elemente analysieren. Und damit man weiß, welche Spektren zu welchem Bildteil gehören, ist sie mit einer Kamera gekoppelt. Oft können die Kunstwerke nicht in die BAM gebracht werden. Sei es, weil ein Transport zu heikel wäre – ein Gemälde könnte Schaden nehmen – oder weil es einfach zu wertvoll ist, und deshalb nicht bewegt werden darf. Dafür hat Dr. Oliver Hahn, Leiter des Fachbereiches 4.5 „Kunst- und Kulturgutanalyse“, auch mobile Geräte, die ins Handfluggepäck passen.

Ums vorweg zu sagen: Die Wissenschaftler des Fachbereichs untersuchen aber nicht in erster Linie Kunstwerke auf Fälschungen. Oft gilt es kulturhistorische Fragen zu klären. Dazu gibt es weltweite Kooperationen mit Museen und Stiftungen. Aber dazu später mehr. Schlagzeilen machen natürlich eher Fälschungen. Das Vorgehen der Wissenschaftler ist allerdings oft gleich. Zunächst schaut man durchs Mikroskop. „Das Auge erkennt schon viel“, sagt Hahn. Danach folgt eine Farbspektroskopie. Das Wechselspiel zwischen Reflexion und Absorption lässt einen Rückschluss zu, welche Farbmittel eingesetzt wurden. Das geht sehr

gut bei blauen und roten Farbmitteln. Oft wird auch eine Elementanalyse gemacht. Bunte Bilder entstehen, fast schon eigene Kunstwerke. Der Fachmann sieht dann bereits, ob das Blau Kupfer oder Eisen enthält. Daraus lässt sich im Idealfall das Alter des Objektes eingrenzen. Ein Indiz wäre zum Beispiel, ob zu dieser Zeit schon Eisen im Blaupigment üblich war.

Hahn bekommt auch Anfragen von Kunden, die ein Echtheitszertifikat wünschen. „Können Sie mir beweisen, dass der Monet echt ist? Nein“, lautet die Antwort. Denn die Materialwissenschaftler können zwar Farbstoffe und Pigmente analysieren, wenn eine Probe entnommen werden darf, eventuell auch Bindemittel. Sie können dann sagen, dass die gefundenen Farb- oder Bindemittel zu einem Bild aus der Zeit von Monet passen. Aber wenn ein guter Fälscher am Werk war, hat er Materialien verwendet, die zu der Zeit verarbeitet wurden.

Es ist leicht, sich Farben mit Pigmenten nach historischen Rezepten zu besorgen. Schwieriger wird es für den Fälscher mit den Bindemitteln. Ein guter Fälscher weiß vielleicht, welche Bindemittel damals benutzt wurden, ob zum Beispiel Lein- oder Mohnöle verwandt wurden. Aber die Bindemittel altern und bilden dabei Nebenprodukte. Diese künstlich herzustellen, ist fast unmöglich. Nur, dem Fälscher muss man auch erst einmal auf die Schliche kommen. Eine Bindemittelanalyse erfolgt mittels Gaschromatographie oder auch Infrarotspektroskopie. Für diese Messungen müssen Proben entnommen und präpariert werden. Aber an einem Kunstwerk ein winziges Stück abzukratzen, ist meist tabu: Ein Fall für die Mikro-RFA.

Dr. Oliver Hahn

Division/Fachbereich 4.5

Analysis of Artefacts and Cultural Assets

Kunst- und Kulturgutanalyse

Oliver.Hahn@bam.de

Zerstörungsfreie Untersuchung des im Jahr 1502 entstandenen Aquarells „Feldhase“ von Albrecht Dürer mittels Mikro-Röntgenfluoreszenzspektroskopie

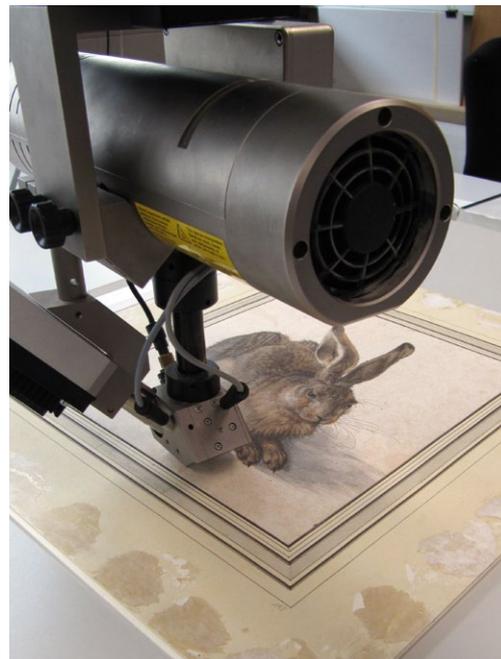
Non-destructive testing of the watercolour „Hare“, painted in 1502 by Albrecht Dürer, using micro X-ray fluorescence spectroscopy

restoration and conservation concepts for the preservation of the heritage of cultural treasures. It can also be applied to answer cultural and historical questions about the emergence and transformation of a work.

Therefore, initially non-destructive techniques are employed. The analysis does not require complex digestion: “A single micro-XRF measurement takes about 30 seconds,” said Hahn. It was for example used in research projects on Albrecht Dürer. Using micro-XRF, scientists studied drawings of Germany’s most famous artist and painter. A tiny area in these drawings with a diameter of 50 micrometres was bombarded with X-rays. The rays travel through the material and excite the sample to produce its own radiation. The emerging X-ray fluorescence radiation is measured. The technique does not alter the sample, but it does provide information about its history. The researchers were able to determine that Dürer sketched with ink, which is unusual, because ink is difficult to erase. “This is proof of Dürer’s confidence – he always knew what he wanted. There was very little need to correct anything”, says Thomas Eser from the Germanisches Nationalmuseum (German Cultural History Museum), together with whom 50 Dürer sketches were examined in a joint research project.

The X-ray analysis also showed that in many of the drawings examined, Albrecht Dürer’s monogram, the famous “AD”, was written with a different ink than the actual drawing. This confirms the assumption of the scientists that the monogram was often added later. In his drawings Dürer used both iron gall ink and carbon ink. Carbon ink essentially consists of carbon particles and a binder. For example, the fine whiskers of the famous hare are of this material, just like the monogram AD and the year 1502 at the bottom. However, whether it is the same carbon ink cannot be determined without taking a sample. In contrast, iron gall ink is a liquid which consists of a mixture of green vitriol (ferrous sulphate) and gallic acid. The black ink is created by mixing the two substances with other ingredients. Iron gall inks are also contaminated with other substances. It is these components which enable the researchers to clearly distinguish the inks.

For example, on Dürer’s “Trent seen from the north” watercolour in the Prints and Drawings collection of the Kunsthalle Bremen, the



inscription “tryt” for Trent is found. The question arose whether Albrecht Dürer’s monogram had been written with the same ink. The tests revealed that the “AD” was written using iron gall ink, but the name “tryt” with carbon ink.

Something similar was proven for a letter from Johann Wolfgang von Goethe to his publisher Johann Christian Kestner in another research project in cooperation with the Klassik Stiftung Weimar (Weimar Classics Foundation). In this letter, dated 14 April 1773, several lines were defaced by covering a large area with ink. Was this done by Goethe or the publisher? It was probably not Goethe, because the ink used contains large amounts of chromium. But as raw material, chromium was available only from the early 19th century on. The researchers concluded that not only was a different ink used to cover the lines, but this was also done at a much later date. The element chromium was in fact first discovered as late as 1797 and was used for the production of painting and writing materials from the 19th century onwards.

Up to now, however, the analysis method has its limits: “We can perform absolute datings only in rare cases. Unless we find materials that do not belong there,” says Hahn – materials as used by counterfeiters for example. And just before Hahn returns to the secret object, he says: “It’s like the tortoise and the hare. Sometimes it is the researchers who are ahead, and then it is the forgers”.

Mit Hilfe dieser zerstörungsfreien Untersuchung kann man unter Umständen Fälschungen entlarven. Die Methode eignet sich auch, um Restaurierungs- und Konservierungskonzepte zu entwickeln, mit denen die kulturellen Schätze als Erbe erhalten bleiben können. Und auch kulturhistorische Fragen zur Entstehung und Veränderung eines Werkes können damit beantwortet werden.

Deshalb wird zunächst auf die zerstörungsfreien Techniken zurückgegriffen. Die Analyse benötigt kein aufwändiges Aufschließen: „Eine einzelne Messung mit der Mikro-RFA dauert etwa 30 Sekunden“, sagt Hahn. Eingesetzt wurde sie zum Beispiel bei Forschungsprojekten zu Albrecht Dürer. Mittels Mikro-RFA haben die Wissenschaftler Werke von Deutschlands berühmtesten Zeichner und Maler untersucht. Dazu werden die Zeichnungen und Aquarelle an einer winzig kleinen Stelle mit einem Durchmesser von 50 Mikrometern mit Röntgenstrahlen beschossen. Die Strahlen wandern durch das Material und regen die Probe zu einer Eigenstrahlung an. Die daraufhin austretende Röntgenfluoreszenzstrahlung wird gemessen. Die Technik verändert die Probe nicht, gibt aber Informationen über ihre Entstehung preis. So konnten die Forscher feststellen, dass Dürer mit Tinte vorzeichnete, was ungewöhnlich ist, denn Tinte lässt sich nur schwer wieder wegwischen. „Das zeugt vom Selbstvertrauen Dürers, der immer schon genau wusste, was er wollte. Korrigieren musste er nur wenig“, sagt Thomas Eser vom Germanischen Nationalmuseum, mit dem in einem gemeinsamen Forschungsprojekt 50 Handzeichnungen Dürers untersucht worden sind.

Die Röntgenanalyse zeigte auch, dass bei vielen der untersuchten Werke das Monogramm Albrecht Dürers, das berühmte „AD“, mit einer anderen Tinte geschrieben wurde als die eigentliche Darstellung. Das bestätigte die Annahme der Wissenschaftler, dass das Monogramm oft erst nachträglich hinzugefügt wurde. In seinen Zeichnungen verwendete Dürer sowohl Eisengallustinte als auch Rußtusche. Rußtusche besteht im Wesentlichen aus Kohlenstoffpartikeln und einem Bindemittel. Die feinen Tastaare des berühmten Feldhasen sind beispielsweise aus diesem Material, genau wie das Monogramm AD und die Jahreszahl 1502 darunter. Ob es sich um dieselbe Rußtusche handelt, lässt sich allerdings ohne eine Probeentnahme nicht feststellen. Bei

Eisengallustinte dagegen handelt es sich um Zeichenflüssigkeit, die aus einer Mischung von Eisenvitriol (Eisensulfat) und Gallussäure besteht. Durch die Mischung der beiden Substanzen mit weiteren Zutaten entsteht die schwarze Tinte. Eisengallustinten sind aber durch weitere Substanzen verunreinigt. Und genau diese Komponenten geben den Forschern die Möglichkeit, die Tinten eindeutig zu unterscheiden.

Auf Dürers Aquarell „Trient von Norden“ im Kupferstichkabinett der Kunsthalle Bremen ist beispielsweise die Beischrift „tryt“ für Trient zu sehen. Nun stellte sich die Frage, ob das Monogramm Albrecht Dürers mit derselben Tinte geschrieben worden war. Die Untersuchungen ergaben, dass das „AD“ mit Eisengallustinte, die Bezeichnung „tryt“ aber in Rußtusche ausgeführt wurde.

Ähnliches konnte man – in einem anderen Forschungsprojekt zusammen mit der Stiftung Weimarer Klassik – auch bei einem Brief von Johann Wolfgang von Goethe an seinen Verleger Johann Christian Kestner nachweisen. In diesem Brief, datiert auf den 14. April 1773, sind einige Zeilen großflächig mit Tinte unkenntlich gemacht worden. Hat es Goethe durchgestrichen oder der Verleger? Goethe wohl eher nicht, denn die Tinte, mit der die Streichung ausgeführt wurde, enthält große Mengen an Chrom. Chrom war aber erst ab dem frühen 19. Jahrhundert als Rohstoff verfügbar. Die Forscher schließen daraus, dass nicht nur eine andere Tinte zur Streichung benutzt wurde, sondern diese auch zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt ausgeführt wurde. Das Element Chrom wurde nämlich erst 1797 entdeckt und ab dem 19. Jahrhundert für die Herstellung von Mal- und Schreibmaterialien verwendet.

Zerstörungsfreie Untersuchung des Briefes von Johann Wolfgang Goethe an seinen Verleger Johann Christian Kestner

Non-destructive testing of Johann Wolfgang Goethe's letter to his publisher, Johann Christian Kestner



Noch hat die Methodik der Analyse aber ihre Grenzen: „Eine absolute Datierung können wir nur in seltenen Fällen vornehmen. Es sei denn, wir finden Materialien, die da nicht hineingehören“, sagt Hahn – Materialien, wie sie beispielsweise Fälscher benutzen. Und bevor sich Hahn wieder dem geheimen Objekt zuwendet, sagt er noch: „Es ist wie bei dem Hasen und dem Igel. Oft sind die Forscher vorn, dann wieder die Fälscher.“

Die Effizienz des Lichtes messen

Measuring light's efficiency



We perceive our environment to a large extent visually through our eyes as light detectors. Light consists of light quanta, so-called photons. They belong to the group of elementary particles. Scientists call the substances that absorb and emit light, i.e. appear self-emitting to our eyes, photoluminescent. The phenomenon of photoluminescence is used for many products or processes, for example, to verify the authenticity of bank notes at tills, as "black light" in discos or for room lighting. Luminescent materials such as molecular dyes and luminescent particles, semiconductor nanocrystals, carbon nanotubes and luminous pigments are instrumental for the development of optical technologies, in the security field and in life sciences. The efficiency with which a substance absorbs and emits photons is of key importance for the practical application of such materials.

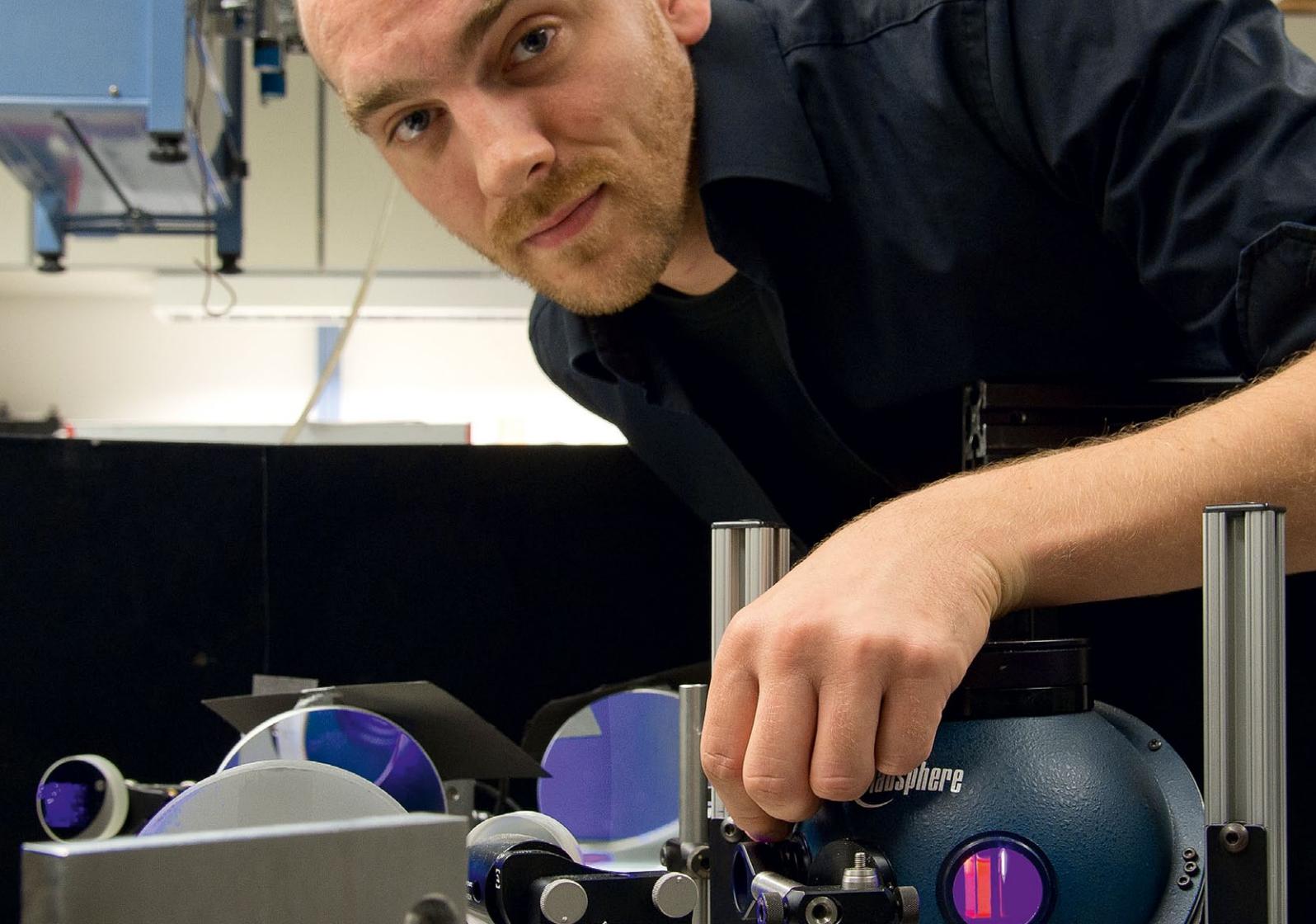
Luminescent materials were first distinguished by their luminous colour and of course the brightness impression by the naked eye. "Very bright" used to be a quality benchmark. But the human eye is not suitable for an objective evaluation, also because it is totally blind in many spectral ranges. However, it is exactly in those spectral ranges where humans cannot see anything such as near-infrared (NIR) where there are various possibilities in medicine for imaging applications: red light can penetrate relatively deep into the tissue and make its structure visible. This is a good reason to use this phenomenon as an optical contrast agent.

As contrast media have certain side effects, the patient should suffer from it as little as possible. The principle is: as much as necessary, but as little as possible. Thus, these materials must be highly efficient in obtaining optimal images and using minute quantities. But how can the efficiency of a photoluminescence process be assessed objectively and materials compared in this respect? The

relevant measure is the ratio of the number of absorbed to the number of emitted light quanta (photons). The scientists call this ratio "photoluminescence quantum yield".

Today, spectrometers are used to determine the quantum yields of molecular dyes that are used as contrast agents in medical diagnostics for the optical detection of disease-specific changes such as cancer or rheumatoid arthritis. Spectrometers are instruments that "decompose" the light and record the intensities in different spectral ranges. The quantum yield of the unknown sample is measured in relation to a reference material (standard). It is important that the sample and the reference material are illuminated under the same conditions and absorb the same amount of light. The amount of light emitted is then measured and the efficiency of the substance tested can be specified relative to the standard. However, there is a catch – there is no reference material with a certified quantum yield available.

This topic leads us directly to the BAM Division 1.10 "Biophotonics" headed by Dr. Ute Resch-Genger. In collaboration with Dr. Christian Würth, a measurement setup has been developed which enables determination of the quantum yield of photoluminescent materials in absolute terms, i.e. without the help of a standard material. For this purpose, the physicist Dr. Würth used the integrating sphere (also known as an Ulbricht sphere), a special apparatus developed by the engineer Richard Ulbricht. The inner wall of a hollow sphere is provided with a special layer which reflects and widely scatters incident photons. Before the light leaves the sphere at a certain point and hits a detector, it has been scattered several times and has "forgotten" the direction from which it came. If an object is now illuminated within this sphere, it



Unsere Umwelt nehmen wir zu einem großen Teil visuell wahr, mit dem Auge als Lichtempfänger. Licht besteht aus Lichtquanten, sogenannten Photonen. Sie zählen zur Gruppe der Elementarteilchen. Stoffe, die Licht aufnehmen (absorbieren) und selbst abstrahlen, unserem Auge also als selbststrahlend vorkommen, nennen die Wissenschaftler photolumineszent. Das Phänomen der Photolumineszenz wird heute für viele Produkte oder Verfahren genutzt, sei es zur Überprüfung der Echtheit von Papiergeld an der Ladenkasse, in der Disco bei „Schwarzlicht“ oder für die Raumbelichtung. Lumineszierende Materialien wie molekulare Farbstoffe und lumineszente Partikel, Halbleiter-Nanokristalle, Kohlenstoffnanoröhren und leuchtende Pigmente sind von unmittelbarer Bedeutung für die Weiterentwicklung optischer Technologien, im Sicherheitsbereich und in den Lebenswissenschaften. Für die praktische Anwendung solcher Materialien ist die Effizienz, mit der ein Stoff Lichtquanten aufnimmt und wieder abgibt, von zentraler Bedeutung.

Erste Unterscheidungen von Leuchtstoffen wurden früher anhand ihrer Leuchtfarbe und natürlich des Helligkeitseindrucks mit dem bloßen Auge vorgenommen. „Stark leuch-

tend“ war damals ein Qualitätsmerkmal. Das menschliche Auge ist jedoch für eine objektive Bewertung nicht geeignet, auch weil es für viele Spektralbereiche vollkommen blind ist. Aber gerade in den Spektralbereichen, in denen der Mensch nichts sieht, wie dem Nahinfrarot (NIR), bieten sich in der Medizin vielfältige Möglichkeiten für bildgebende Anwendungen. Denn: Rotes Licht dringt vergleichsweise tief in das Gewebe ein und macht so dessen Struktur sichtbar. Ein guter Grund dieses Phänomen für optische Kontrastmittel zu nutzen.

Da Kontrastmittel nicht ohne Nebenwirkungen sind, soll der Patient mit möglichst wenig davon belastet werden. Es gilt das Prinzip: So viel wie nötig, aber so wenig wie möglich. So müssen diese Materialien hocheffizient sein, um in kleinsten Mengen bestmögliche Aufnahmen zu erzielen. Aber wie wird die Effizienz eines Photolumineszenzprozesses objektiv beurteilt und wie können Materialien diesbezüglich verglichen werden? Das Maß hierfür ist das Verhältnis aus der Zahl der aufgenommenen zur Zahl der abgegebenen Lichtquanten (Photonen). Dieses Verhältnis bezeichnen die Wissenschaftler als Photolumineszenz-Quantenausbeute.

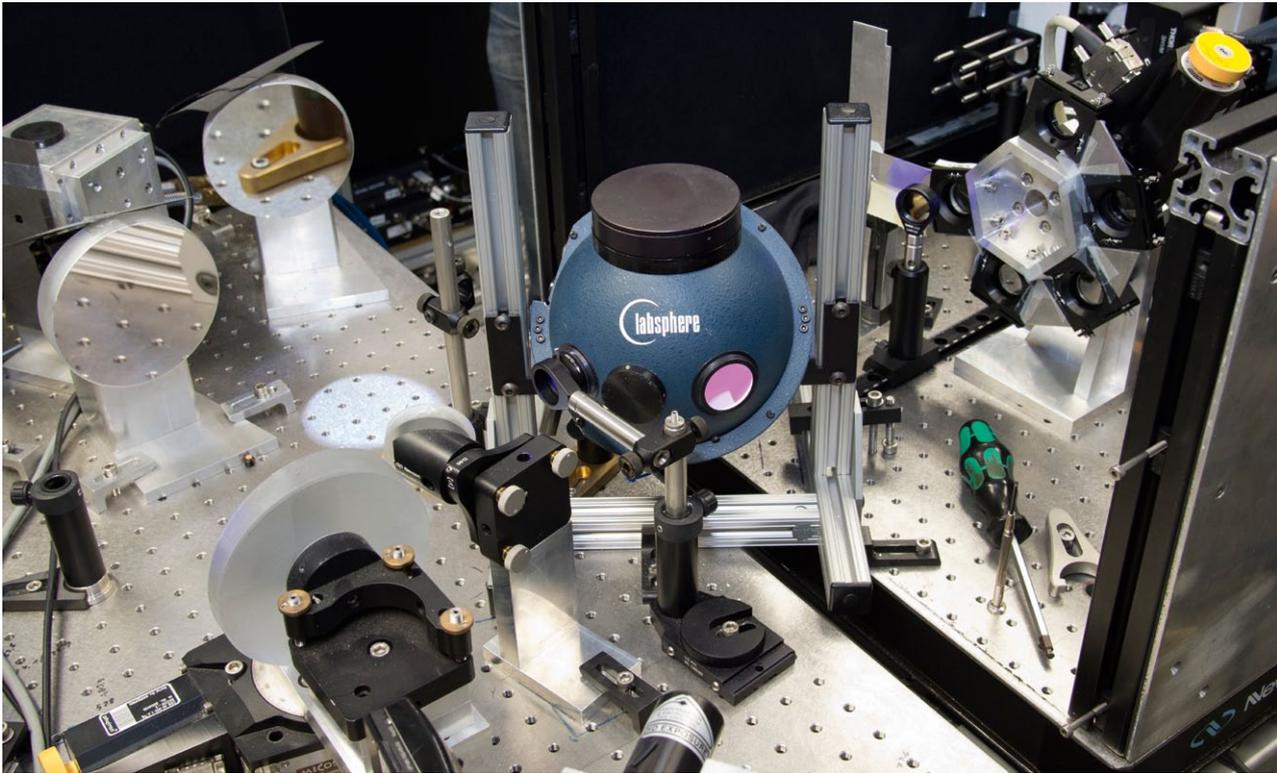
Dr. Christian Würth

Division/Fachbereich 1.10

Inorganic Trace Analysis

Anorganische
Spurenanalytik

Christian.Wuerth@bam.de



Ulbricht-Kugel Messplatz

Ulbricht sphere measurement set-up

can be precisely determined how much light the sample absorbs and releases again.

"Using the integrating sphere, we have been able to determine at high accuracy the quantum yield for a number of molecular dyes dissolved in transparent liquids. The aim is to be able to offer the world's first certified reference materials for quantum yield determination," says Dr. Würth. The thermal (long-term) stability of these dyes is also of great interest. The quantum yield is determined over the storage period according to an established protocol since several weeks can pass between manufacture and actual use.

Conventional light sources such as fluorescent tubes, energy saving lamps and incandescent light bulbs are being increasingly replaced by light emitting diodes (LED). The forecast assumes that 36% of automotive lighting and 69% of general lighting will be provided by LEDs by 2020, a market volume of 57 billion euros and 6 billion euros, respectively.

Luminescent materials used in the production of diodes emitting white light are expected to be a significant economic influence. For these white LEDs, blue-emitting LEDs are coated with a fluorescent material such as a powder embedded in silicone that ab-

sorbs blue light and emits "warmer" light. The mixture of the diode's blue light and the light emitted by the fluorescent powder has the effect of appearing white to the eye.

The efficiency with which the powder – also known as converter material – absorbs and emits photons is crucial for the production cost and sales of LEDs. However, in contrast to small dye molecules such as those in contrast agents, which are dissolved in transparent liquids and whose quantum yields can be determined relative to a standard, powders are light-scattering, i.e. non-transparent materials. Therefore, quantum yield of such materials cannot in principle be measured in relative but rather in absolute terms. For this measurement, setups using integrating spheres are used in lighting engineering. A standardised method for measuring the absolute quantum yield of powders is not yet available. Besides, technical recommendations and reference materials are also lacking.

Therefore Dr. Würth and his colleagues are working hard on the development of not only reference materials but also standards and regulations for the determination of relative and absolute quantum yields. Industry badly needs reliable and traceable methods to enhance their international competitiveness.

Die Quantenausbeuten von molekularen Farbstoffen, die auch als Kontrastmittel in der medizinischen Diagnostik zum optischen Nachweis krankheitsspezifischer Veränderungen wie Krebs oder rheumatische Arthritis verwendet werden, werden heute mittels Spektrometern bestimmt. Spektrometer sind Instrumente, die das Licht „zerlegen“ und die Intensitäten in verschiedenen Spektralbereichen registrieren. Dabei wird die Quantenausbeute der unbekannt Probe im Vergleich zu einem Referenzmaterial (Standard) gemessen. Wichtig dabei ist, dass die Probe und das Referenzmaterial unter gleichen Bedingungen beleuchtet werden und gleich viel Licht aufnehmen. Die abgegebene Lichtmenge wird anschließend gemessen und die Effizienz des untersuchten Stoffes kann so relativ zu dem Standard angegeben werden. Allerdings gibt es hier einen kleinen Hacken – es fehlt ein Referenzmaterial mit einer zertifizierten Quantenausbeute.

Dieses Thema führt uns direkt zum Fachbereich 1.10 „Biophotonik“ der BAM unter Leitung von Dr. Ute Resch-Genger. Unter Mitarbeit von Dr. Christian Würth wurde ein Messaufbau entwickelt, der es ermöglicht, die Quantenausbeute photolumineszenter Materialien absolut, also ohne die Hilfe eines Standardmaterials zu bestimmen. Dazu nutzte der Physiker die Ulbricht-Kugel, eine besondere Apparatur, entwickelt vom Ingenieur Richard Ulbricht. Die Innenwand dieser Hohlkugel ist mit einer speziellen Schicht behaftet, an der einfallende Photonen reflektiert und dabei stark gestreut werden. Bevor das Licht an einer bestimmten Stelle wieder aus der Kugel austritt und auf einen Detektor trifft, wurde es mehrfach gestreut und hat sozusagen vergessen aus welcher Richtung es gekommen ist. Wird ein Objekt nun innerhalb dieser Kugel bestrahlt, kann präzise bestimmt werden, wieviel Licht die Probe aufnimmt und wieder abgibt.

„Mit der Ulbricht-Kugel konnten wir bereits für eine Reihe molekularer Farbstoffe, die in transparenten Flüssigkeiten gelöst wurden, die Quantenausbeute sehr genau bestimmen. Ziel ist es, die weltweit ersten zertifizierten Referenzmaterialien für die Quantenausbeutebestimmung anbieten zu können“, so Würth. Dazu interessiert auch die thermische Haltbarkeit dieser Farbstoffe (Langzeitstabilität). Nach einem festgelegten Protokoll wird die Quantenausbeute über die Lagerzeit bestimmt,

denn von der Herstellung bis zur Anwendung können schon etliche Wochen vergehen.

Immer häufiger werden herkömmliche Leuchtmittel wie Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen und Glühlampen durch Licht emittierenden Dioden (LED) ersetzt. Die Prognosen gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2020 36% der Kfz-Beleuchtung und 69% der allgemeinen Beleuchtung durch LEDs erbracht wird, einem Marktvolumen von 6 Mrd. Euro beziehungsweise 57 Mrd. Euro.

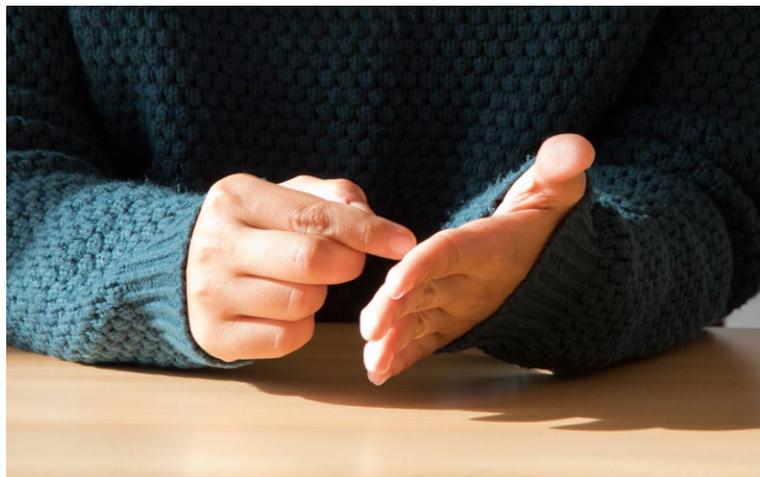
Besondere wirtschaftliche Relevanz kommt lumineszenten Materialien bei der Herstellung von weißem Licht emittierenden Dioden zu. Für diese weißen LEDs werden blau strahlende LEDs mit einem fluoreszenten Material beschichtet, beispielsweise ein in Silikon eingebettetes Pulver, das das blaue Licht absorbiert und „wärmeres“ Licht wieder abgibt. Die Mischung des blauen Lichtes der Diode und des vom fluoreszenten Pulver ausgesendeten Lichtes wirkt für das Auge weiß.

Die Effizienz, mit dem das Pulver – auch Konvertermaterial genannt – Photonen absorbiert und wieder abstrahlt, ist für die Produktionskosten und somit für den Verkauf der LEDs entscheidend. Doch im Gegensatz zu kleinen Farbstoffmolekülen wie beispielsweise in Kontrastmitteln, die in transparenten Flüssigkeiten gelöst sind und deren Quantenausbeuten relativ gegen einen Standard bestimmt werden können, sind Pulver Licht streuende und somit nicht transparente Stoffe. Daher können Quantenausbeute-Messungen solcher Materialien prinzipiell nicht relativ erfolgen, sie können nur absolut bestimmt werden. Dafür werden in der Lichttechnik Messaufbauten mit Ulbricht-Kugeln verwendet. Eine standardisierte Methode zur Messung der absoluten Quantenausbeute an Pulvern gibt es bislang nicht. Auch hierfür fehlen technische Empfehlungen und Referenzmaterialien.

Daher arbeiten Würth und seine Kolleginnen und Kollegen intensiv an der Entwicklung nicht nur von Referenzmaterialien sondern auch an Normen und Vorschriften zur Bestimmung von relativen und absoluten Quantenausbeuten. Denn: Zuverlässige und rückführbare Methoden werden von der Industrie dringend benötigt, auch damit sie international wettbewerbsfähig sind.

SALSA – Forschen ohne Grenzen

SALSA – Research without borders



SALSA – School of Analytical Sciences Adlershof – is the only graduate school in Germany whose core theme is analytics. The Humboldt Universität zu Berlin (HU) acts as general co-ordinator, successfully bringing the graduate school to Berlin Adlershof in 2012 within the framework of the Excellence Initiative of the German Federal and State Governments.

We need “cooperative interdisciplinary workers”. But is it possible to attract these workers as early as in the initial educational phase? “It most certainly is,” say HU professor and BAM Wilhelm Ostwald Fellow Janina Kneipp and Professor Ulrich Panne. Prof. Panne is BAM’s president, head of Department 1 “Analytical Chemistry; Reference Materials” and he teaches at the HU Department of Chemistry. Prof. Kneipp and Prof. Panne are SALSA’s spokespersons.

About 20 SALSA Fellows – PhD students from 14 nations – started their work in 2013. SALSA offers them a unique opportunity to research into interdisciplinary, problem-oriented and case-based analytical issues of the future. Based on authentic problems, they can acquire knowledge which combines theory and practice through multiple perspectives of analytical and physical chemistry, biology, physics, statistics, modeling or didactics. The projects of Benita Schmidt from Mauritius and Nahla AbdelShafi from Egypt illustrate the scope of the thematic range.

What were your motives to become a SALSA Fellow?

Benita: I studied chemistry and did my master’s at Kings College London last year. I wanted to specialise in analytical sciences and earn my Ph.D. in the field of analysis. Then I found a project at SALSA which seemed perfect to me because of my research topic, the excel-

lent working conditions and also because all courses and lectures are offered in English.

Nahla: I did my bachelor’s in pharmacy and then completed my studies with a master’s in nanotechnology. That’s how I progressed towards chemistry. And since I already had information about and appreciated interdisciplinary research in my studies, I was looking for a multidisciplinary group for my doctorate and found SALSA. Now I am researching at BAM in the Division 1.8 “Immunoanalytics” headed by Dr. Rudolf Schneider. I am working on an antibody-based, electrochemical analysis method to detect drugs.

Drugs?

Nahla: Yes, cocaine. The idea is to develop an analysis method that can be performed by a hand-held mobile device and is easy for the police to use in quick tests during inspections. We can trace cocaine in the laboratory by „ELISA“ (enzyme-linked immunosorbent assay). ELISA is borrowed from clinical diagnostics and works with antibodies whose selective binding properties are used for specific detection. We can thus detect cocaine in water in the nanogram-per-litre range. However, ELISA requires time, a large liquid volume and a laboratory.

This is why we are looking for a reliable method in form of a chip laboratory. A microfluidic system is such a chip laboratory that accommodates all of the functionalities of a macroscopic laboratory – on a plastic card-sized plastic substrate. For signal generation, we chose cyclic voltammetry – an electrochemical method with high sensitivity which should be able to be further increased especially in combination with an enzyme. This is the theory that needs to be confirmed now.



SALSA – School of Analytical Sciences Adlershof – ist die einzige Graduiertenschule Deutschlands mit dem Kernthema Analytik. Federführend ist die Humboldt Universität zu Berlin (HU), sie hat im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder die Graduiertenschule im Jahr 2012 nach Berlin Adlershof holen können.

„Kooperative Grenzgänger“ sind gefragt. Aber lässt sich das bereits in der Ausbildung verankern? „Eindeutig ja“, sagen Prof. Janina Kneipp, Professorin an der HU und Wilhelm-Ostwald-Fellow an der BAM und Professor Ulrich Panne. Er ist Präsident der BAM, Leiter der Abteilung 1 „Analytische Chemie; Referenzmaterialien“ und lehrt am Institut für Chemie der HU. Überdies sind sie die Sprecher von SALSA.

Ungefähr 20 Doktorandinnen und Doktoranden aus 14 Nationen – die SALSA-Fellows – haben ihre Arbeit im Jahr 2013 aufgenommen. SALSA bietet ihnen die einmalige Möglichkeit, interdisziplinär, problemorientiert und fallbasiert an den analytischen Fragestellungen der Zukunft zu forschen. Die Studierenden können anhand authentischer Probleme unter multiplen Perspektiven aus der Analytischen und Physikalischen Chemie, Biologie, Physik, Statistik, Modellierung oder Didaktik ein Wissen erwerben, das Theorie und Praxis in sich vereint. Wie breit die thematische Spannweite bereits innerhalb der Chemie ist, zeigt ein Blick auf die Projekte von Benita Schmidt aus Mauritius und Nahla AbdelShafi aus Ägypten.

Welche Gründe gab es für Sie, ein SALSA-Fellow zu werden?

Benita: Ich habe Chemie studiert und am Kings College London vergangenes Jahr meinen Master gemacht. Ich wollte mich auf dem Gebiet der analytischen Wissenschaften weiterentwickeln und mit einem Analytik-Thema promovieren. Da fand ich ein Projekt bei SALSA. Es ist perfekt für mich – durch mein Forschungsthema, diesen hervorragenden Arbeitsbedingungen und auch weil hier alle Kurse und Vorlesungen in englischer Sprache angeboten werden.

Nahla: Ich habe in Pharmazie meinen Bachelor gemacht und dann mein Studium abgeschlossen mit dem Master in Nanotechnologie. Damit habe ich mich in Richtung Chemie weiterentwickelt. Und da ich bereits in meinem Studium interdisziplinäres Forschen kennen und schätzen gelernt habe, suchte ich eine multidisziplinär aufgestellte Gruppe für meine Promotion. Mit SALSA fand ich das. Jetzt forsche ich an der BAM im Fachbereich 1.8 „Immunanalytik“ von Dr. Rudolf Schneider. Ich arbeite an einem antikörperbasierten, elektrochemischen Analyseverfahren, mit dem man Drogen nachweisen kann.

Drogen?

Nahla: Ja, Kokain. Die Idee ist, eine Analysenmethode zu entwickeln, die in einem handlichen mobilen Gerät Platz findet und einfach und schnell von der Polizei bei Kontrollen eingesetzt werden kann. Kokain können wir im Labor mit „ELISA“ (von Enzyme-Linked Immunosorbent Assay). bestimmen. ELISA ist der klinischen Diagnostik entlehnt und arbeitet

Nahla AbdelShafi (links)
Benita Schmidt (rechts)

*Nahla AbdelShafi (left)
Benita Schmidt (right)*

Where is cocaine supposed to be detected?

We are looking to develop a device which can first check banknotes for cocaine; these samples are not as problematic as human samples where the application is ultimately needed most. Now we are beginning to optimise ELISA for cocaine detection. ELISA should be our frame of reference with which we can then compare the results of the electrochemical method yet to be developed.

to measure is to know.
SALSA

Benita, what is the topic of your doctoral thesis at SALSA?

I am working on a method to characterise silver and gold nanoparticles or trace them in environmental samples. We know nanoparticulate silver from functional underwear or as a coating in modern refrigerators that kills odour-causing bacteria. In biosensing, silver and also gold nanoparticles are used to detect molecules, cells or viruses. Without gold nanoparticles pregnancy tests or tests for bacteria such as salmonellae and *E. coli* would be unimaginable.

Are these extraordinary properties we have perhaps not yet fully recognised?

Yes, we use their properties, but we barely know their behaviour in biological systems and the environment. Nanoparticles may be released into the air or food through the production and use of nanomaterials and find their way directly or via detours such as wastewater into the food chain and the human body.



This is the starting point of my research. In the group of Dr. Norbert Jakubowski, BAM Division 1.1 "Inorganic Trace Analysis", I am developing a method to reliably determine silver and gold nanoparticles qualitatively and quantitatively with a reduced error width. This SALSA project is performed in cooperation with Prof. Detlef Günther of the ETH Zurich.

We are detecting metals and metallic nanoparticles by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Here I am working on a new sample introduction system based on a micro-droplet generator to increase sample transport to 100%. In conventional systems, transport is maximum 5%. The sample droplets must be transferred directly to the plasma. In the application of these nanoparticles they are embedded in the droplets. Each droplet should contain only single nanoparticles.

Our method is as strong in detection as to enable detection limits in the attogram range. We can also detect nanoparticles smaller than 20 nm. The droplet generator can directly determine volume, mass and size distribution, as well as the number of nanoparticles in the analyte solution. Calibration is made by liquid standards, whereas nanoparticle reference materials are required for conventional systems.

With this sample introduction method, I am developing a method with which I would like to detect single nanoparticles in water, for example, in surface waters – an exciting challenge for me.

mit Antikörpern, deren selektive Bindungseigenschaften für einen spezifischen Nachweis herangezogen werden. So können wir Kokain in Wasser bis in den Nanogramm-pro-Liter-Bereich nachweisen. Allerdings braucht ELISA Zeit, mehr Flüssigvolumen und ein Labor.

Gesucht ist daher eine zuverlässige Methode als Chiplabor. Solch ein Chiplabor ist ein mikrofluidisches System, das die gesamte Funktionalität eines makroskopischen Labors auf einem nur plastikkartengroßen Kunststoffsubstrat unterbringt. Bei der Signalgebung haben wir uns für die Cyclovoltammetrie entschieden – einem elektrochemischen Verfahren mit hoher Empfindlichkeit, welche sich insbesondere im Zusammenwirken mit einem Enzym noch steigern lassen müsste. So die Theorie, die es nun zu bestätigen gilt.

Wo soll Kokain denn nachgewiesen werden?

Angedacht ist ein Gerät zu entwickeln, mit dem man zunächst Banknoten auf Kokain untersuchen kann, diese Proben sind nicht so problematisch wie Humanproben, wo die Anwendung letztlich am meisten benötigt wird. Jetzt beginnen wir aber erst ELISA für den Kokain-Nachweis zu optimieren. ELISA soll unser Bezugssystem werden, mit dem wir dann die Ergebnisse des noch zu entwickelnden elektrochemischen Verfahrens vergleichen können.

Benita, was ist Ihr Promotionsthema bei SALSA?

Ich arbeite an einer Methode mit der Silber- und Gold-Nanopartikel charakterisiert oder in Umweltproben nachgewiesen werden können. Wir kennen nanopartikuläres Silber von der Funktionswäsche oder als Beschichtung in modernen Kühlschränken, das die geruchsbildenden Bakterien abtötet. In der Biosensorik werden Silber- aber auch Gold-Nanopartikel eingesetzt, um Moleküle, Zellen oder Viren nachzuweisen. So sind Gold-Nanopartikel aus Schwangerschaftstests oder Tests auf Bakterien wie beispielsweise Salmonellen und E.coli nicht mehr weg zu denken.

Außergewöhnliche Eigenschaften, die wir vielleicht bislang nicht in Gänze erfasst haben?

Ja, wir nutzen ihre Eigenschaften, doch ihr Verhalten in biologischen Systemen und der Umwelt kennen wir kaum. Denn bei der Herstellung von Nanomaterialien und durch ihren



Gebrauch können Nanopartikel freigesetzt werden und in die Luft oder die Nahrung gelangen und so direkt oder über Umwege wie Abwässer in die Nahrungskette den Weg in den menschlichen Körper finden.

Und hier setzt meine Forschung an. In der Gruppe von Dr. Nobert Jakubowski, BAM-Fachbereich 1.1 „Anorganische Spurenanalytik“, entwickle ich ein Verfahren mit dem Silber- und Gold-Nanopartikel qualitativ und quantitativ mit geringer Fehlerbreite zuverlässig bestimmt werden sollen. Dieses SALSA-Projekt wird in Zusammenarbeit mit Prof. Detlef Günther von der ETH Zürich durchgeführt.

Wir detektieren Metalle und metallische Nanopartikel mit Hilfe der Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma. Hier erforsche ich ein neues Probeneintragssystem auf Basis eines Mikrotropfengenerators mit dem der Probentransport auf 100 % gesteigert werden kann. Bei konventionellen Systemen liegt er nur bei maximal 5 %. Der Probetropfen muss dazu direkt ins Plasma überführt werden. Bei der Anwendung von Nanopartikeln werden diese im Tropfen eingebettet. Jeder Tropfen sollte nur ein einzelnes Nanopartikel enthalten.

Unsere Methode ist so nachweisstark, dass Nachweisgrenzen im Attogramm-Bereich erzielt werden. Damit können wir auch Nanopartikel unter 20 nm nachweisen. Mit dem Tropfengenerator lassen sich Volumen, Masse und Größenverteilung, sowie die Anzahl der Nanopartikel in der Analytlösung direkt bestimmen. Die Kalibrierung erfolgt über flüssige Standards, während für konventionelle Systeme Nanopartikel-Referenzmaterialien erforderlich sind.

Mit diesem Probeneintragsverfahren entwickle ich eine Methode, mit der ich einzelne Nanopartikel im Wasser, beispielsweise in Oberflächengewässern, nachweisen möchte – eine spannende Herausforderung für mich.

Was und wieviel

What and how much

67

Auszubildende
Trainees

12.000.000 €

Gebühreneinnahmen
Revenues from fees

1658

Mitarbeiter
Staff

140.000.000 €

Etat
Budget

17.400.000 €

Drittmittel
External funds





140

Doktoranden
Ph.D. students

1800

Publikationen und Vorträge
Publications and presentations

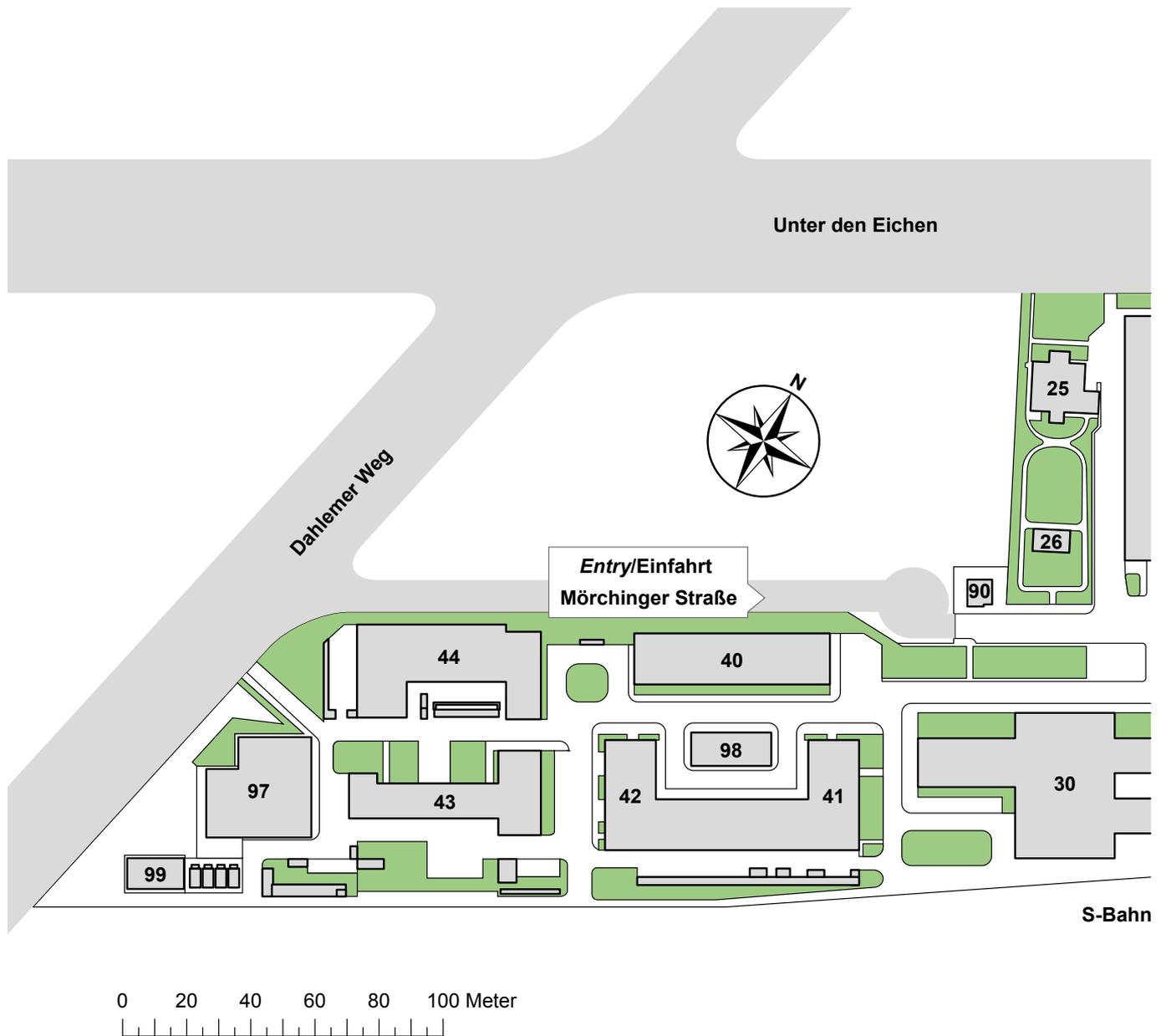
150

Lehraufträge und Professuren
Teaching positions

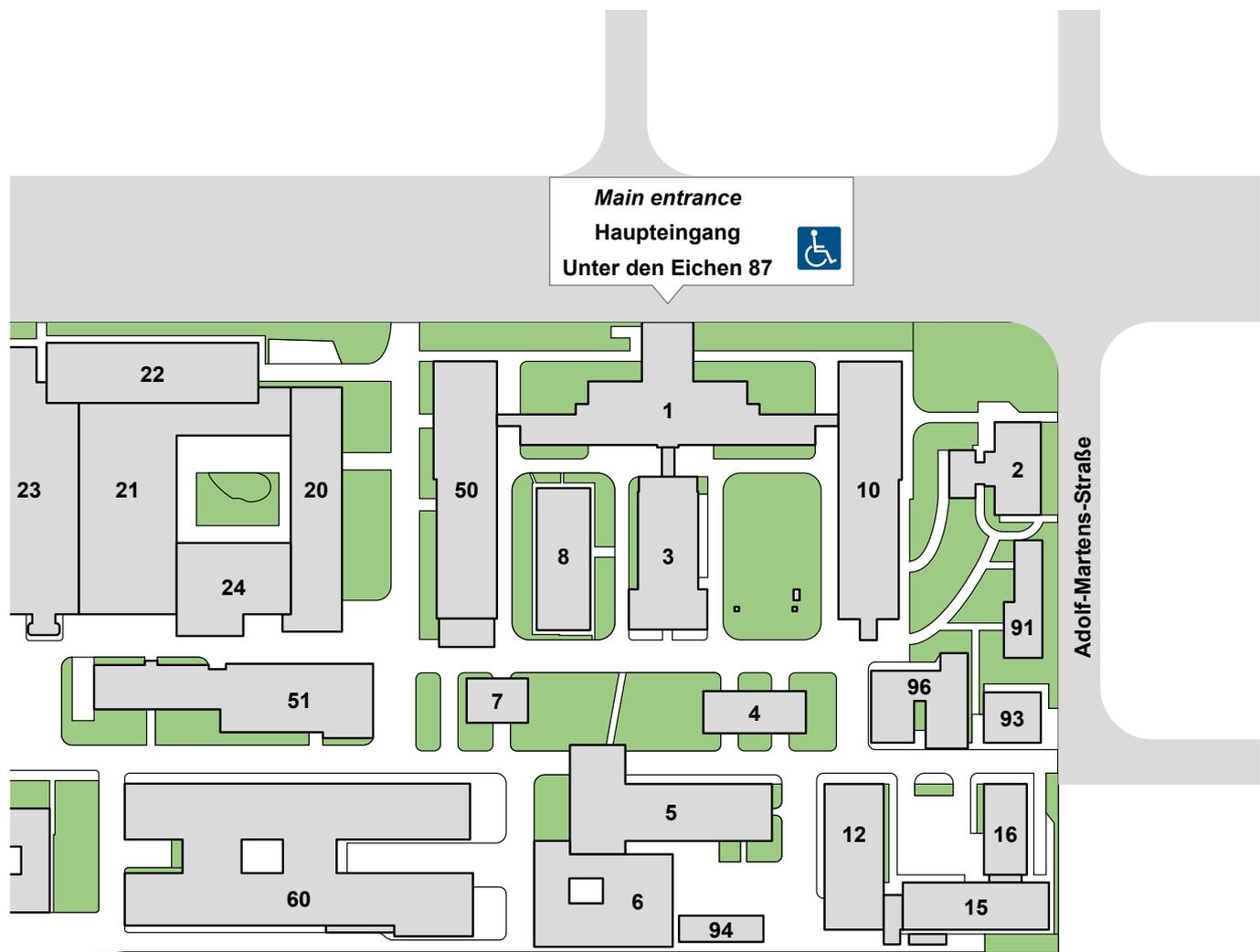
31

Patente
Patents

Stammgelände/Headquarters Lichterfelde | Unter den Eichen 87 | 12205 Berlin

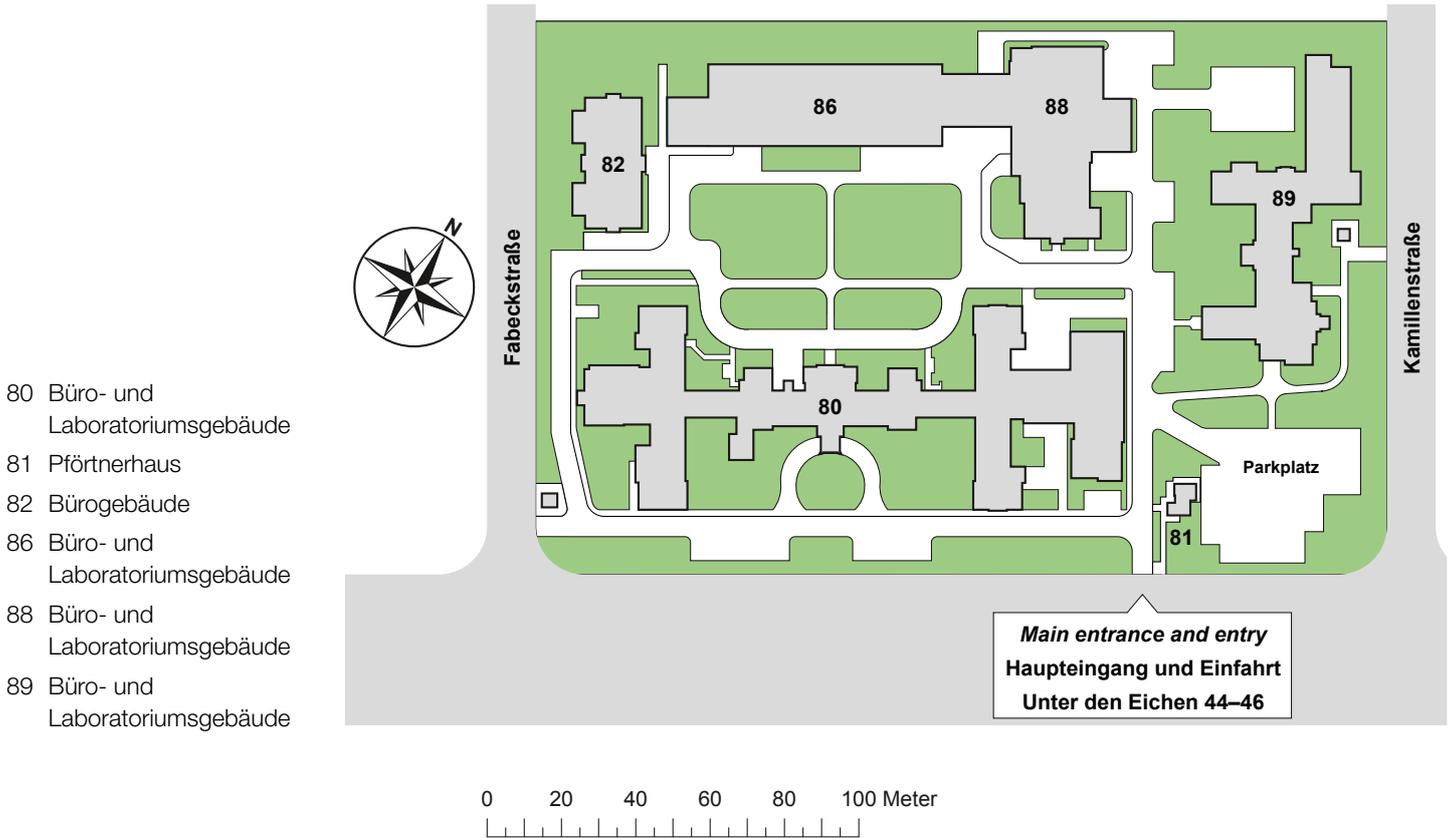


- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Adolf-Martens-Haus Mitte | 15 Wöhler-Haus Süd |
| 2 Bürogebäude | 16 Wöhler-Haus Ost |
| 3 Adolf-Martens-Haus Süd | 20 Büro- und Laboratoriumsgebäude |
| 4 Bürogebäude | 21 Prüf- und Versuchshalle |
| 5 Ludwig-Erhard-Saal und Bürogebäude | 22 Prüf- und Versuchshalle |
| 6 Kantine | 23 Büro- und Laboratoriumsgebäude |
| 7 Bürogebäude | 24 Prüf- und Versuchshalle |
| 8 Bibliothek | 25 Bürogebäude |
| 10 Adolf-Martens-Haus Ost | 26 Bürogebäude |
| 12 Wöhler-Haus West | 30 Herzberg-Haus |

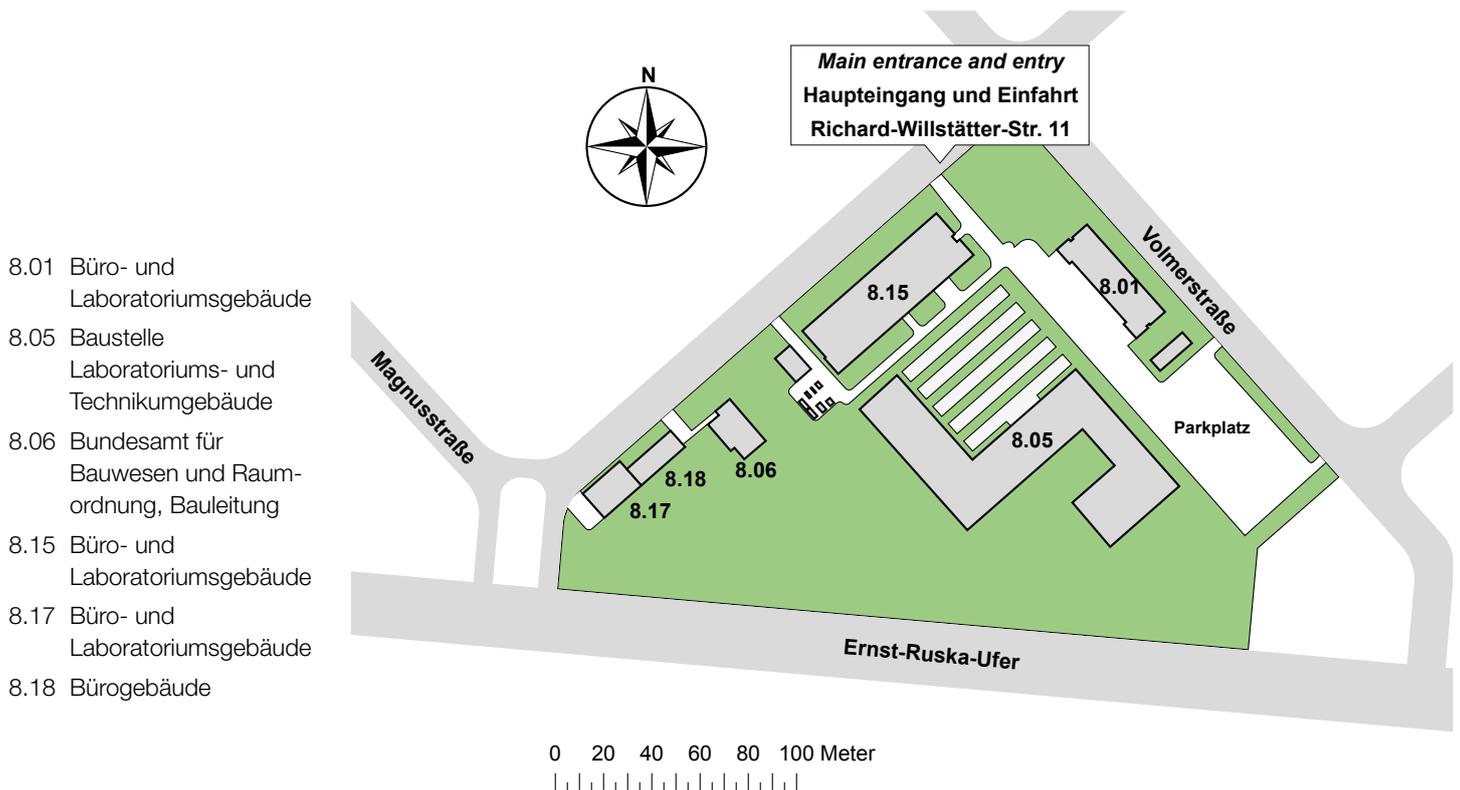


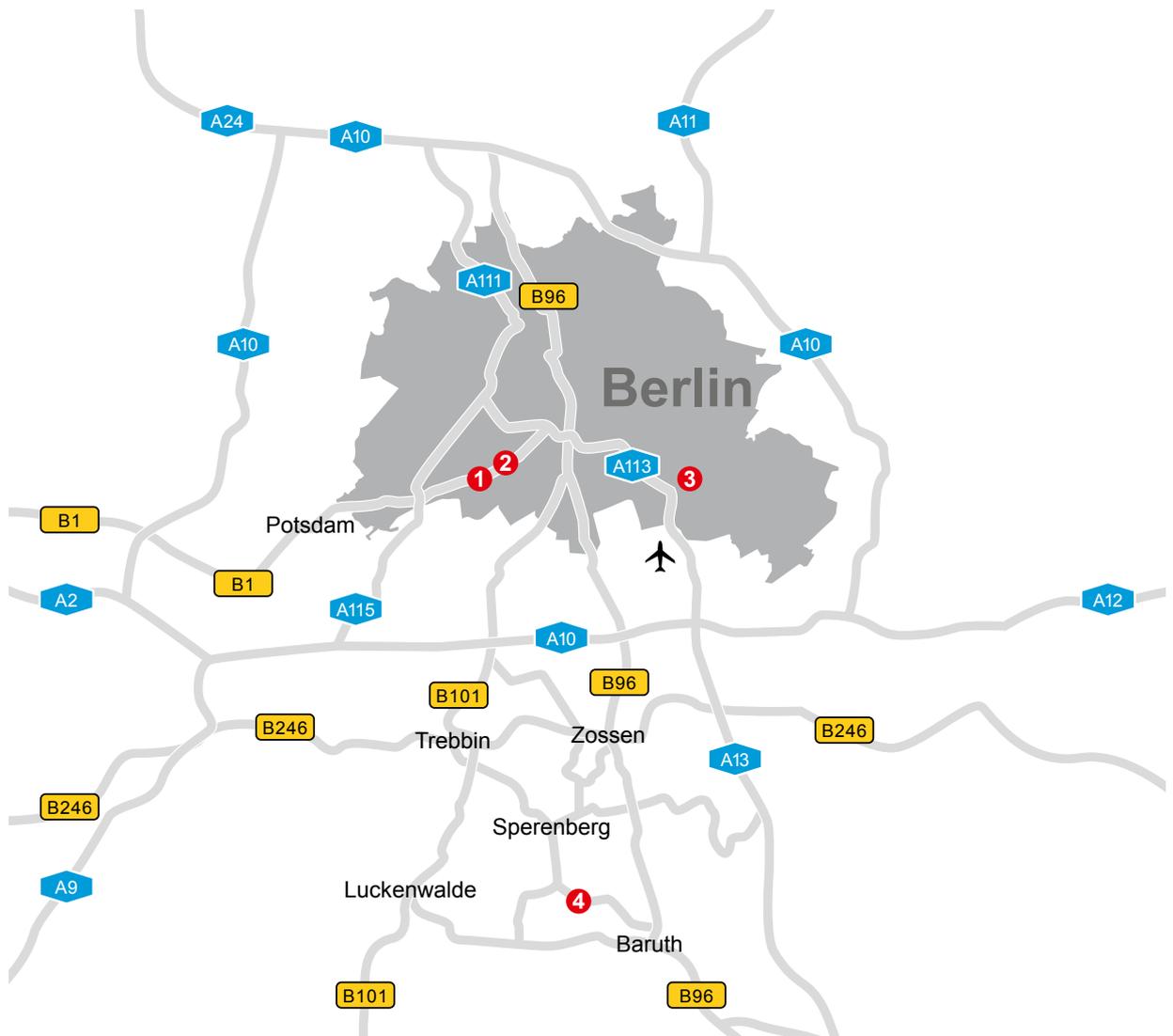
- | | |
|-----------------------------------|---|
| 40 Rimarski-Haus | 91 Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; Projektleitung |
| 41 Wilhelm-Jost-Haus | 93 Lager |
| 42 Wilhelm-Jost-Haus | 94 Garagengebäude |
| 43 Büro- und Laboratoriumsgebäude | 96 Werkstattgebäude |
| 44 Büro- und Laboratoriumsgebäude | 97 Haus für Berufliche Ausbildung |
| 50 Adolf-Martens-Haus West | 98 Bürogebäude |
| 51 Laboratoriumsgebäude | 99 Lager |
| 60 Berthold-Haus | |
| 90 Pförtnerhaus | |

Zweiggelände/Branch Fabeckstraße | Unter den Eichen 44-46 | 12203 Berlin



Zweiggelände/Branch Adlershof | Richard-Willstätter-Straße 11 | 12489 Berlin

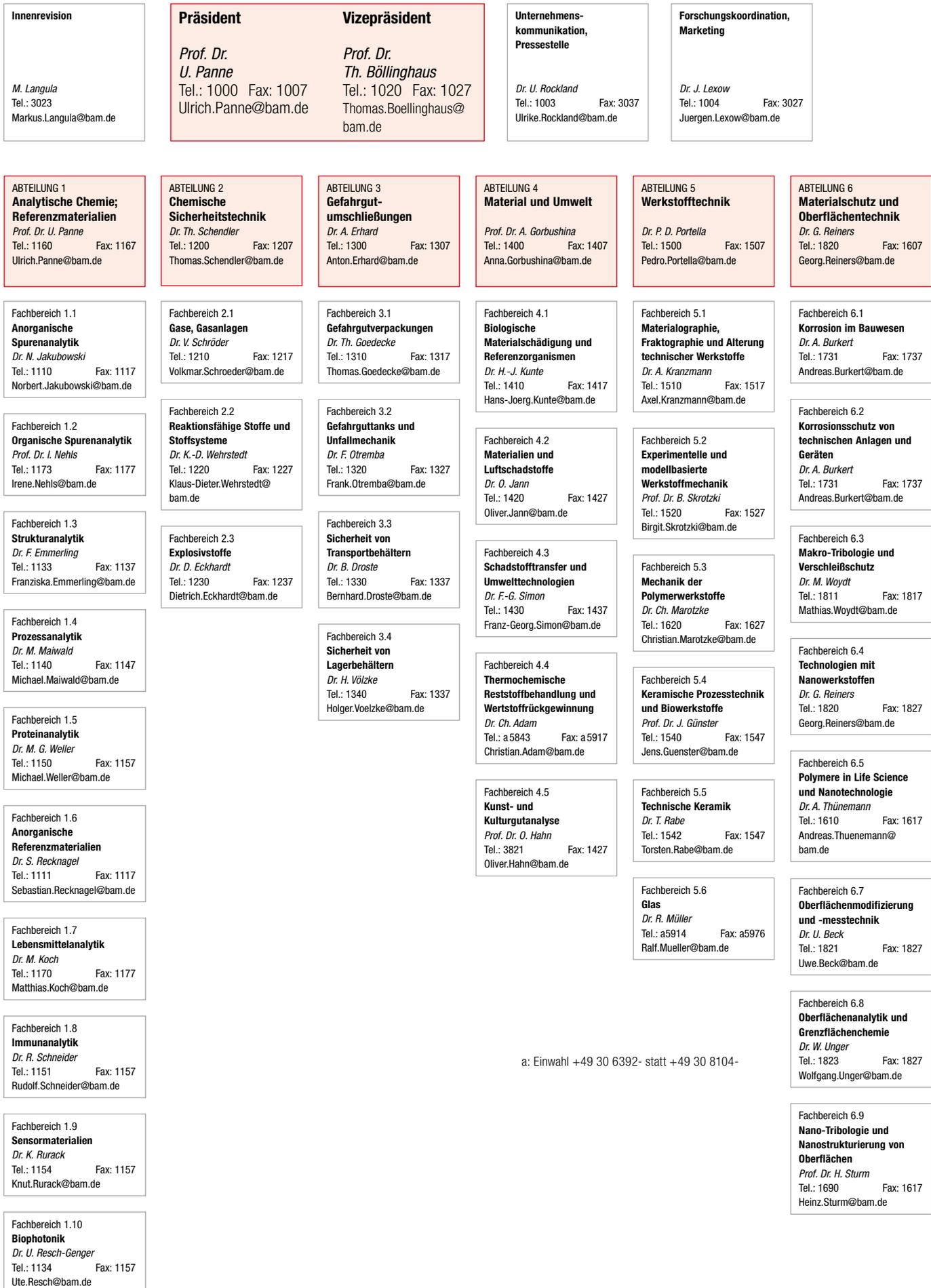




● **BAM Standorte/Locations**

- 1 Stammgelände/*Headquarters* Lichterfelde
- 2 Zweiggelände/*Branch* Fabeckstraße
- 3 Zweiggelände/*Branch* Adlershof
- 4 BAM Testgelände Technische Sicherheit/*Test site technical safety*

Organigramm



a: Einwahl +49 30 6392- statt +49 30 8104-

Vorsitzender des Kuratoriums

D. Dauke
Bundesministerium für
Wirtschaft und Energie

Wissenschaftliche Beiräte der BAM

Analytische Chemie
Vorsitzender: Prof. Dr. K.-P. Jäckel

Gefahrstoffe und Gefahrgüter
Vorsitzender: N.N.

Werkstoffe und technische Systeme
Vorsitzender: Prof. Dr. H.-W. Zoch



Stand: Oktober 2014

ABTEILUNG 7 Bauwerkssicherheit

Dr. A. Rogge
Tel.: 1700 Fax: 1707
Andreas.Rogge@bam.de

ABTEILUNG 8 Zerstörungsfreie Prüfung

Dr. W. Daum
Tel.: 1800 Fax: 1807
Werner.Daum@bam.de

ABTEILUNG 9 Komponentensicherheit

Prof. Dr. Th. Böllinghaus
Tel.: 1020 Fax: 1027
Thomas.Boellinghaus@bam.de

ABTEILUNG S Qualitätsinfrastruktur

Dr. M. Nitsche
Tel.: 1900 Fax: 1907
Michael.Nitsche@bam.de

ABTEILUNG Z Zentrale Dienstleistungen

Ch. von Vangerow
Tel.: 2000 Fax: 2127
Christine.von_Vangerow@bam.de

BAM Bundesanstalt
für Materialforschung
und -prüfung
12200 Berlin
Telefon: +49 30 8104-0
Fax: +49 30 8112029
E-Mail: info@bam.de
Internet: www.bam.de

Fachbereich 7.1

Baustoffe
Dr. B. Meng
Tel.: 1710 Fax: 1717
Birgit.Meng@bam.de

Fachbereich 8.1

**Sensorik, mess- und
prüftechnische Verfahren**
Dr. W. Daum
Tel.: 1910 Fax: 1917
Werner.Daum@bam.de

Fachbereich 9.1

**Betriebsfestigkeit und
Bauteilsicherheit**
Dr. D. Klingbeil
Tel.: 1530 Fax: 1537
Dietmar.Klingbeil@bam.de

Referat S.1

Qualität im Prüfwesen
Dr. M. Golze
Tel.: 1943 Fax: 1947
Manfred.Golze@bam.de

Referat Z.1

Organisation
A.-M. Reindl
Tel.: 2100 Fax: 2127
Anke.Reindl@bam.de

Stammgelände Lichterfelde
Unter den Eichen 87
12205 Berlin

Fachbereich 7.2

Ingenieurbau
Dr. A. Rogge
Tel.: 1700 Fax: 1727
Andreas.Rogge@bam.de

Fachbereich 8.2

**Zerstörungsfreie
Schadensdiagnose und
Umweltmessverfahren**
Dr. H. Wiggenhauser
Tel.: 1440 Fax: 1447
Herbert.Wiggenhauser@bam.de

Fachbereich 9.2

**Versuchsanlagen und
Prüftechnik**
L. Zimne
Tel.: 1930 Fax: 1937
Lutz.Zimne@bam.de

Referat S.2

**Akkreditierung und
Konformitätsbewertung**
Dr. G. Dudek
Tel.: 1942 Fax: 1947
Gabriele.Dudek@bam.de

Referat Z.2

Haushalt
B. Malkewitz
Tel.: 2120 Fax: 2127
Bernd.Malkewitz@bam.de

Zweiggelände Fabeckstraße
Unter den Eichen 44–46
12203 Berlin

Fachbereich 7.3

Brandingenieurwesen
Dr. A. Rogge
Tel.: 1700 Fax: 1747
Andreas.Rogge@bam.de

Fachbereich 8.3

Radiologische Verfahren
Dr. U. Ewert
Tel.: 1830 Fax: 1837
Uwe.Ewert@bam.de

Fachbereich 9.3

**Schweißtechnische
Fertigungsverfahren**
Prof. Dr. M. Rethmeier
Tel.: 1550 Fax: 1557
Michael.Rethmeier@bam.de

Referat S.3

**Internationaler
Technologietransfer**
Dr. M. Nitsche
Tel.: 1900 Fax: 3755
Michael.Nitsche@bam.de

Referat Z.3

**Personal,
berufliche Ausbildung**
S. Tschiersich
Tel.: 2130 Fax: 2137
Sabine.Tschiersich@bam.de

Zweiggelände Adlershof
Richard-Willstätter-Straße 11
12489 Berlin

Fachbereich 7.4

Baustofftechnologie
Dr. H.-C. Kühne
Tel.: 1711 Fax: 1717
Hans-Carsten.Kuehne@bam.de

Fachbereich 8.4

Akustische Verfahren
Dr. W. Daum
Tel.: 1910 Fax: 1845
Werner.Daum@bam.de

Fachbereich 9.4

**Integrität von
Schweißverbindungen**
Prof. Dr. T. Kannengießer
Tel.: 1551 Fax: 1557
Thomas.Kannengieser@bam.de

Referat S.3

**Internationaler
Technologietransfer**
Dr. M. Nitsche
Tel.: 1900 Fax: 3755
Michael.Nitsche@bam.de

Referat Z.4

Informationstechnik
Dr. B. Schmitz
Tel.: 1920 Fax: 1927
Birte.Schmitz@bam.de

BAM Testgelände
Technische Sicherheit
An der Düne 44
15837 Baruth/Mark

Fachbereich 7.5

**Technische Eigenschaften
von Polymerwerkstoffen**
Dr. B. Schartel
Tel.: 1021 Fax: 1747
Bernhard.Schartel@bam.de

Fachbereich 8.5

Mikro-ZfP
Prof. Dr. G. Bruno
Tel.: 1850 Fax: 1837
Giovanni.Bruno@bam.de

Fachbereich 9.4

**Integrität von
Schweißverbindungen**
Prof. Dr. T. Kannengießer
Tel.: 1551 Fax: 1557
Thomas.Kannengieser@bam.de

BAM-Zertifizierungsstelle

Geschäftsstelle
Dr. R. Schmidt
Tel.: 3715
bzs@bam.de

Referat Z.5

**Beschaffung,
Materialwirtschaft**
V. Bingöl
Tel.: 2277 Fax: 2147
Veli.Bingoel@bam.de

**Arbeitsschutz,
betrieblicher Umweltschutz**
U. Schmies
Tel.: 1006
Uwe.Schmies@bam.de

Fachbereich 8.6

**Optische und
faseroptische Verfahren**
Dr. K. Krebber
Tel.: 1915 Fax: 1917
Katerina.Krebber@bam.de

Fachbereich 8.6

**Optische und
faseroptische Verfahren**
Dr. K. Krebber
Tel.: 1915 Fax: 1917
Katerina.Krebber@bam.de

Fachbereich 9.4

**Integrität von
Schweißverbindungen**
Prof. Dr. T. Kannengießer
Tel.: 1551 Fax: 1557
Thomas.Kannengieser@bam.de

Akkreditierungsbeirat

Geschäftsstelle
Dr. F. Behrens
Tel.: 3711
gs.akkreditierungsbeirat@bam.de

Referat Z.6

Innere Dienst
Th. Becker
Tel.: 2030 Fax: 2037
Thomas.Becker@bam.de

Datenschutzbeauftragter
A. Nymtschefsky
Tel.: 3773
Arne.Nymtschefsky@bam.de

Fachbereich 8.7

**Thermische und
elektromagnetische
Verfahren**
Dr. W. Daum
Tel.: 1910 Fax: 1845
Werner.Daum@bam.de

Fachbereich 8.7

**Thermische und
elektromagnetische
Verfahren**
Dr. W. Daum
Tel.: 1910 Fax: 1845
Werner.Daum@bam.de

Fachbereich 9.4

**Integrität von
Schweißverbindungen**
Prof. Dr. T. Kannengießer
Tel.: 1551 Fax: 1557
Thomas.Kannengieser@bam.de

Produktinfostelle

Geschäftsstelle
O. Mätzner
Tel.: 3748
produktinfostelle@bam.de

Referat Z.7

Bauten
A. Scharlau
Tel.: 2220 Fax: 2227
Angelika.Scharlau@bam.de

IT-Sicherheitsbeauftragte
R. Rogge
Tel.: 3038
Regina.Rogge@bam.de

Direktorium der BAM

**Qualitätsmanagement-
beauftragte**
Dr. M. Hedrich
Tel.: 1941
qmb@bam.de

Energieverbrauchs- relevante-Produkte-Gesetz

Beauftragte Stelle
Dr. F. Akkerman
Tel.: 3810
evpg@bam.de

Referat Z.8

**Technik der
Öffentlichkeitsarbeit;
Fachinformation**
Th. Meyer
Tel.: 2080 Fax: 2037
Thomas.Meyer@bam.de

Personalrat (Vorsitzender)
B. Stoeck
Tel.: 2500
personalrat@bam.de

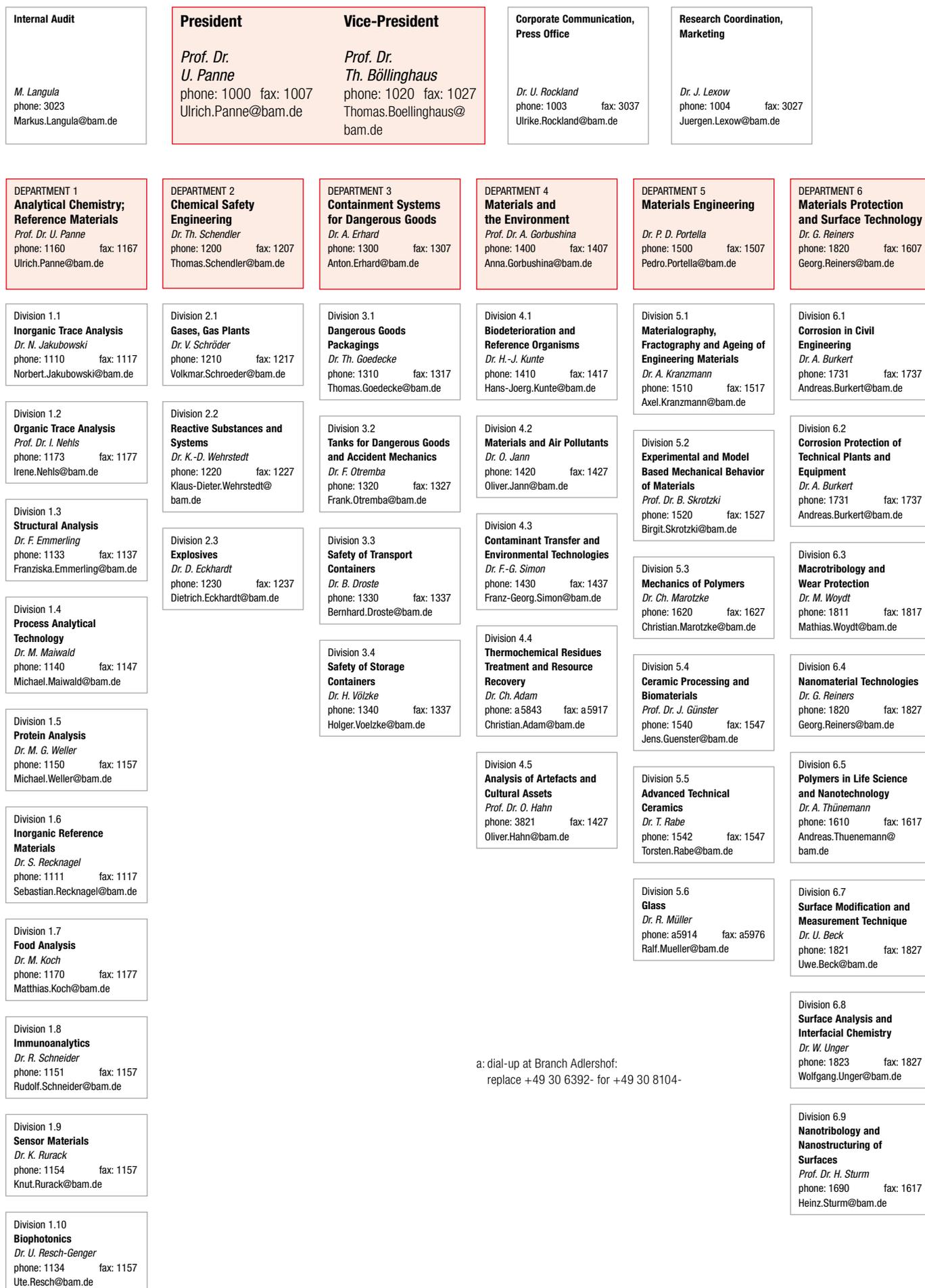
Referat Z.9

Servicebereich Forschung
H. Saxowski
Tel.: 2216 Fax: 2294
Hagen-Joachim.Saxowski@bam.de

Gleichstellungsbeauftragte
K. Pachaly
Tel.: 2310
gleichstellungsbeauftragte@bam.de

**Schwerbehinderten-
vertretung**
S. Proll
Tel.: 2505
Stefan.Proll@bam.de

Organigram



a: dial-up at Branch Adlershof:
replace +49 30 6392- for +49 30 8104-

Chairman of the Advisory Council

D. Dauke
Federal Ministry for Economic Affairs
and Energy

BAM's Scientific Advisory Committees

Analytical Chemistry
Chairman: Prof. Dr. K.-P. Jäckel

Dangerous Materials and Dangerous Goods
Chairperson: N.N.

Materials and Technical Systems
Chairman: Prof. Dr. H.-W. Zoch



Status: October 2014

DEPARTMENT 7

Safety of Structures

Dr. A. Rogge
phone: 1700 fax: 1707
Andreas.Rogge@bam.de

DEPARTMENT 8

Non-Destructive Testing

Dr. W. Daum
phone: 1800 fax: 1807
Werner.Daum@bam.de

DEPARTMENT 9

Component Safety

Prof. Dr. Th. Böllinghaus
phone: 1020 fax: 1027
Thomas.Boellinghaus@bam.de

DEPARTMENT S

Quality Infrastructure

Dr. M. Nitsche
phone: 1900 fax: 1907
Michael.Nitsche@bam.de

DEPARTMENT Z

Internal Services

Ch. von Vangerow
phone: 2000 fax: 2127
Christine.von_Vangerow@bam.de

Division 7.1

Building Materials

Dr. B. Meng
phone: 1710 fax: 1717
Birgit.Meng@bam.de

Division 8.1

Sensors, Measurement and Testing Methods

Dr. W. Daum
phone: 1910 fax: 1917
Werner.Daum@bam.de

Division 9.1

Service Loading Fatigue and Structural Integrity

Dr. D. Klingbeil
phone: 1530 fax: 1537
Dietmar.Klingbeil@bam.de

Section S.1

Quality in Testing

Dr. M. Golze
phone: 1943 fax: 1947
Manfred.Golze@bam.de

Section Z.1

Organisation

A.-M. Reindl
phone: 2100 fax: 2127
Anke.Reindl@bam.de

Division 7.2

Buildings and Structures

Dr. A. Rogge
phone: 1700 fax: 1727
Andreas.Rogge@bam.de

Division 8.2

Non-Destructive Damage Assessment and Environmental Measurement Methods

Dr. H. Wiggenhauser
phone: 1440 fax: 1447
Herbert.Wiggenhauser@bam.de

Division 9.2

Test Devices and Equipment

L. Zimme
phone: 1930 fax: 1937
Lutz.Zimme@bam.de

Section S.2

Accreditation and Conformity Assessment

Dr. G. Dudek
phone: 1942 fax: 1947
Gabriele.Dudek@bam.de

Section Z.2

Budget

B. Malkewitz
phone: 2120 fax: 2127
Bernd.Malkewitz@bam.de

Division 7.3

Fire Engineering

Dr. A. Rogge
phone: 1700 fax: 1747
Andreas.Rogge@bam.de

Division 8.3

Radiological Methods

Dr. U. Ewert
phone: 1830 fax: 1837
Uwe.Ewert@bam.de

Division 9.3

Welding Technology

Prof. Dr. M. Rethmeier
phone: 1550 fax: 1557
Michael.Rethmeier@bam.de

Section S.3

International Technology Transfer

Dr. M. Nitsche
phone: 1900 fax: 3755
Michael.Nitsche@bam.de

Section Z.3

Personnel, Professional Training

S. Tschiersich
phone: 2130 fax: 2137
Sabine.Tschiersich@bam.de

Division 7.4

Technology of Construction Materials

Dr. H.-C. Kühne
phone: 1711 fax: 1717
Hans-Carsten.Kuehne@bam.de

Division 8.4

Acoustic Methods

Dr. W. Daum
phone: 1910 fax: 1845
Werner.Daum@bam.de

Division 9.4

Weld Mechanics

Prof. Dr. T. Kannengießer
phone: 1551 fax: 1557
Thomas.Kannengieser@bam.de

BAM-Certification Body

Secretariat

Dr. R. Schmidt
phone: 3715
bzs@bam.de

Section Z.4

Information Technology

Dr. B. Schmitz
phone: 1920 fax: 1927
Birte.Schmitz@bam.de

Division 7.5

Technical Properties of Polymeric Materials

Dr. B. Schartel
phone: 1021 fax: 1747
Bernhard.Schartel@bam.de

Division 8.5

Micro NDE

Prof. Dr. G. Bruno
phone: 1850 fax: 1837
Giovanni.Bruno@bam.de

Accreditation Advisory Board

Secretariat

Dr. F. Behrens
phone: 3711
gs.akkreditierungsbeirat@bam.de

Section Z.5

Purchasing Office

V. Bingöl
phone: 2277 fax: 2147
Veli.Binguel@bam.de

Division 8.6

Optical and Fibre Optic Methods

Dr. K. Krebber
phone: 1915 fax: 1917
Katerina.Krebber@bam.de

Product Contact Point

Secretariat

O. Mätzner
phone: 3748
produktinfo@bam.de

Section Z.6

Internal Facilities

Th. Becker
phone: 2030 fax: 2037
Thomas.Becker@bam.de

Division 8.7

Thermographic and Electromagnetic Methods

Dr. W. Daum
phone: 1910 fax: 1845
Werner.Daum@bam.de

Ecodesign requirements for energy-using products

Authorised body

Dr. F. Akkerman
phone: 3810
evpg@bam.de

Section Z.7

Buildings

A. Scharlau
phone: 2220 fax: 2227
Angelika.Scharlau@bam.de

Section Z.8

Technical Services; Information

Th. Meyer
phone: 2080 fax: 2037
Thomas.Meyer@bam.de

Section Z.9

Research Services

H. Saxowski
phone: 2216 fax: 2294
Hagen-Joachim.Saxowski@bam.de

BAM Federal Institute for Materials Research and Testing
12200 Berlin
Germany
phone: +49 30 8104-0
fax: +49 30 8112029
email: info@bam.de
internet: www.bam.de

Headquarters Lichterfelde
Unter den Eichen 87
12205 Berlin
Germany

Branch Fabekstraße
Unter den Eichen 44-46
12203 Berlin
Germany

Branch Adlershof
Richard-Willstätter-Straße 11
12489 Berlin
Germany

BAM Test Site Technical
Safety
An der Düne 44
15837 Baruth/Mark
Germany

Occupational Safety and Health, In-house Environmental Protection

U. Schmies
phone: 1006
Uwe.Schmies@bam.de

Inspector for Data Protection

A. Nymtschefskey
phone: 3773
Arne.Nymtschefskey@bam.de

IT Safety Representative

R. Rogge
phone: 3038
Regina.Rogge@bam.de

Quality Management Representative

Dr. M. Hedrich
phone: 1941
qmb@bam.de

Staff Council (Chairman)

B. Stoeck
phone: 2500
personalrat@bam.de

Equal Opportunities Representative

K. Pachaly
phone: 2310
gleichstellungsbeauftragte@bam.de

Representative for Severely Disabled Persons

S. Proll
phone: 2505
Stefan.Proll@bam.de

BAM's Board of Directors

