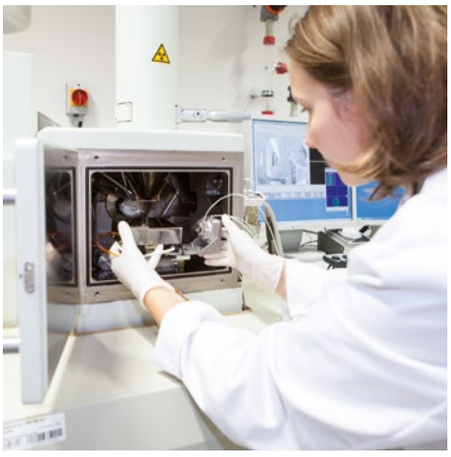
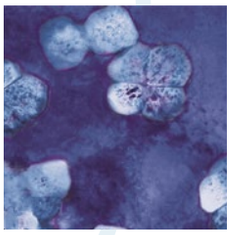
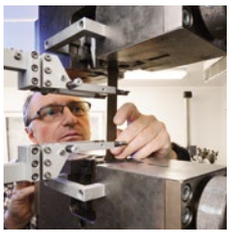
MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR EISENFORSCHUNG GMBH

100 JAHRE 1917–2017



MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR EISENFORSCHUNG GMBH





Wir entlocken der Natur die atomar verankerten Rätsel

Die in modernen Technologien eingesetzten Materialien sind in der Regel hochkomplexe Legierungen mit einer äußerst vielschichtigen Mikrostruktur. Dabei beeinflusst diese Mikrostruktur die Eigenschaften der Materialien: so sind einige Materialien hochfest, andere plastisch verformbar, wieder andere lassen sich durch Temperatur, Druck oder Magnetismus beeinflussen. Für industrielle Anwendungen, aber auch für Alltagsgegenstände ist genau diese Beeinflussbarkeit relevant. Mit dem Verständnis der Strukturen auf kleinster Ebene können wir maßgeschneiderte Materialien entwickeln und somit neue Technologien ermöglichen.

Prof. Dr. Dierk Raabe
Vorsitzender der Geschäftsführung am Max-Planck-Institut für Eisenforschung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 02
Foreword

Einleitung 03
Introduction

Historie 04-05
History

Einblick 06-07
Overview

Computergestütztes Materialdesign 08-09
Computational Materials Design

Grenzflächenchemie und Oberflächentechnik 10-11
Interface Chemistry and Surface Engineering

Mikrostrukturphysik und Legierungsdesign 12-13
Microstructure Physics and Alloy Design

Struktur und Nano-/Mikromechanik von Materialien 14-15
Structure and Nano-/Micromechanics of Materials

Unveiling the mysteries of complex materials

Materials used in modern technology are generally highly complex alloys with an extremely complicated microstructure. This microstructure influences the properties of the materials, resulting in some being extremely strong, some easily formable. Other properties can be influenced by temperature, pressure or magnetism. This strong influence of microstructures is relevant not only to industrial applications but also to their uses in everyday objects. Understanding the structures at a microscopic level allows us to develop customized materials and enable new technologies.

Prof. Dr. Dierk Raabe
Chief Executive Max-Planck-Institut für Eisenforschung

Copyrights: Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Frank Vinken, Christian Nielinger, Lukas Roth

Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH

Das Düsseldorfer Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE) ist das einzige unter den über 80 Max-Planck-Instituten, das sich mit der Grundlagenforschung an komplexen metallischen Materialien beschäftigt. Während sich Max-Planck-Institute in der Regel vornehmlich durch Bundes- und Landesförderung finanzieren, hat das MPIE zusätzlich zur Max-Planck-Gesellschaft einen zweiten Gesellschafter – das in Düsseldorf ansässige Stahlinstitut VDEh als Repräsentant der Stahlunternehmen in Deutschland und Europa. Daraus resultierend arbeitet das MPIE nicht nur in der Grundlagenforschung, sondern hat in zahlreichen Forschungsprojekten konkrete spätere Anwendungen vor Augen, beispielsweise im Bereich der Energiekonversion sowie in der Flugzeug- und Automobilindustrie.

Breit gefächerte Materialforschung

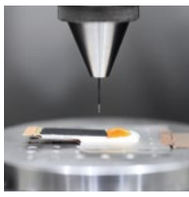
Die breit angelegte Materialforschung reflektiert die gewaltigen industriellen Umbrüche und Errungenschaften unserer Zeit.
Das Ziel ist es, neue Materialien für die sich stetig ändernden Herausforderungen zu entwickeln. Damit treibt das MPIE Innovationen in vielen Bereichen voran, wie etwa bei der Mobilität, Infrastruktur, Medizin, Sicherheit und Energie.

Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH

The Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE) in Düsseldorf is the only one out of more than 80 Max Planck Institutes concerned with fundamental research on complex metallic materials. While Max Planck Institutes are usually primarily financed by federal and state funding, the MPIE has a second partner in addition to the Max Planck Society – the Steel Institute VDEh, representing steel and related industries in Germany and throughout Europe. Through this public-private-partnership the MPIE conducts both pre-competitive and basic research and at the same time considers the applications and commercial relevance of the analysed materials, for example in the field of energy conversion as well as in the aircraft and automotive industries.

Diversified material research

The broad scope of material research reflects the tremendously radical changes and achievements occurring in today's industries. The aim is to develop new materials for the constantly evolving challenges. This means that the MPIE is driving innovation in many areas such as mobility, infrastructure, medicine, security and energy.



Einblick in die Forschung am MPIE.
Insight into the MPIE research.

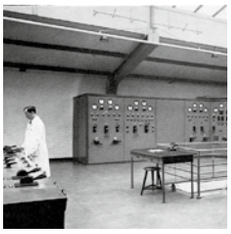
Deutscher Film *English Movie*

Forschungsinstitut mit bewegter Geschichte

Die Anfänge des heutigen Max-Planck-Instituts für Eisenforschung reichen bis ins frühe 20. Jahrhundert zurück. Zur notwendigen Qualitätsverbesserung des Stahls war eine gesteigerte Forschungsaktivität unumgänglich, um etwa mit den knapper werdenden Rohstoffressourcen effizienter produzieren zu können.

Am 19. Juni 1917 beschloss deshalb der Vorstand des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) die Errichtung eines Eisenforschungsinstituts in Düsseldorf unter dem Dach der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG). Finanziert wurde das Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung (KWIE) über eine an die Stahlproduktion gekoppelte Abgabe der Unternehmen.

In den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg war es vor allem der britischen Verwaltung zu verdanken, dass dieses Kaiser-Wilhelm-Institut nicht aufgelöst, sondern im Jahr 1948 in Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE) umbenannt und fortgeführt wurde. Namensgeber der ebenfalls umbenannten Kaiser-



A research institute with an eventful history

The beginning of today's Max-Planck-Institut für Eisenforschung dates back to the early 20th century. Increased research activity was crucial for improving the quality of steel required for more efficient production with decreasing raw material consumption.

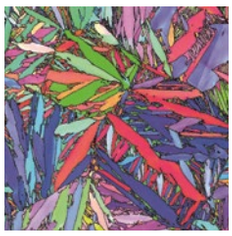
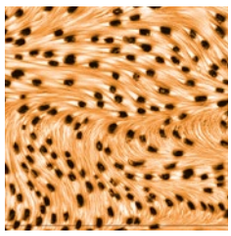
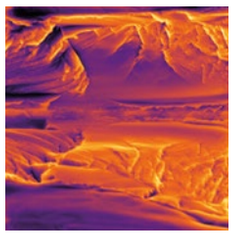
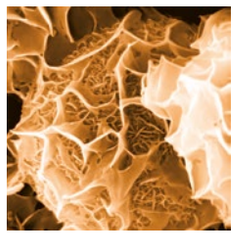
On June 19th, 1917, the board of the Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) therefore decided to establish this institute for iron research in Düsseldorf under the umbrella of the Kaiser Wilhelm Society (KWG). The Kaiser Wilhelm Institute for Iron Research (KWIE) was financed by a levy on companies' steel production.

During the years after the Second World War, the British administration decided to keep the Kaiser Wilhelm Institute, which was renamed 1948 as the Max-Planck-Institut für Eisenforschung (Max Planck Institute for Iron Research – MPIE). The Kaiser Wilhelm Society, now Max Planck Society, took its name from Max Planck, a highly regarded physicist and Nobel laureate.

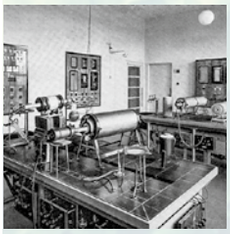
The newly formed MPIE abandoned its national orientation, established many international contacts, and became an important cornerstone of a European

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde die männliche Form gewählt. Die Angaben beziehen sich auf Angehörige beider Geschlechter.

For better legibility the male form was chosen in the text, nevertheless the information refers to both genders.

Wilhelm-Gesellschaft wurde Max Planck, der als Physik-Nobelpreisträger im Ausland eine hohe Reputation besaß.
Das neu gegründete MPIE gab seine nationale Grundausrichtung auf, knüpfte viele internationale Kontakte und entwickelte sich zu einem festen Bestandteil eines europäischen Expertennetzwerkes. Auch die Arbeitsschwerpunkte verschoben sich grundlegend. Zunächst verlagerte sich der Fokus der Institutsarbeit vom Gebiet der Metallphysik auf die Grundlagen der metallurgischen Verfahrenstechnik und der Werkstoffkunde der Stähle. Ende der 1980er Jahre wurden dann neben Eisen und Stahl auch andere Werkstoffe verstärkt berücksichtigt und die Arbeitsbereiche Werkstoff-Prozesstechnik und Prozessmodellierung ausgebaut. Heute ist das Institut im Bereich der Materialforschung breit aufgestellt. Komplexe Materialien werden in einem ganzheitlichen Kontext betrachtet – ausgehend von den chemisch-physikalischen Grundlagen, bis hin zu Materialdesign, thermomechanischen Prozessen und den Auswirkungen extremer Umgebungsbedingungen auf Materialien.



Dank der exzellenten Forschung sind die Arbeitsplätze langfristig gesichert – heutzutage keine Selbstverständlichkeit.
Thomas Schildheuer, Vorsitzender Betriebsrat

Thanks to the excellent research, the workplaces are secure – something that cannot be taken for granted nowadays.
Thomas Schildheuer, chairman of the work council

network of metal experts. The institute's research focus also shifted fundamentally. It turned initially towards metal physics, the fundamentals of metallurgical process engineering and materials technology.
At the end of the 1980s, other materials were included besides iron and steel, and the fields of material process engineering and process modelling were expanded. Nowadays, the institute has broadened its activities in the field of material research. Complex materials are seen in a holistic context – starting with chemical-physical fundamentals and moving on up to material design, thermomechanical processes, and the effects of extreme environmental conditions on materials.

Zahlen & Fakten

1917 Gründung des KWIE unter dem Dach der KWG
1935 Einzug in den Neubau in Düsseldorf
1943 teilweise Verlagerung des Instituts an die Bergakademie Clausthal wegen kriegsbedingter Zerstörung
1946 Teil-Wiederaufbau des Gebäudes in Düsseldorf
1948 Umfirmierung in MPIE
1958 Neubau der alten Hallen/Laboratorien
1971 Änderung der Rechtsform in GmbH
2000 Neustrukturierung: Direktoren und der kaufmännische Verwaltungsleiter bilden gemeinsam die Geschäftsführung
2004 Grundsanierung und Vergrößerung des Campus

Facts and figures

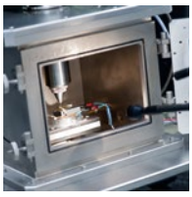
1917 KWIE founded under the umbrella of the Kaiser Wilhelm Society
1935 Move to the new building in Düsseldorf
1943 Partial relocation of the institute to Clausthal Mining Academy due to war damage
1946 Partial reconstruction of the building in Düsseldorf
1948 Renaming as MPIE
1958 Rebuilding of the old halls/laboratories
1971 Change of legal form to limited liability company (GmbH)
2000 Restructuring: The executive board is formed of directors and the head of administration
2004 Reconstruction and enlargement of the campus

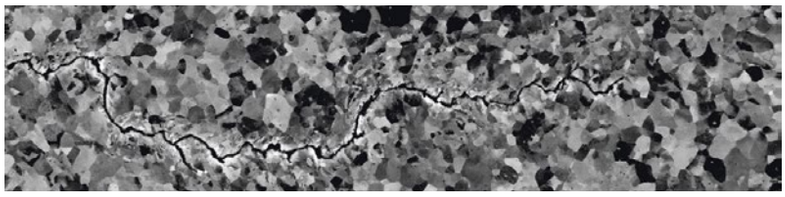
Höchste Qualität inspiriert durch einzigartigen Spirit

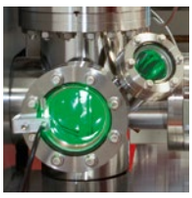
Zu den vielen Besonderheiten, die das MPIE auszeichnen, gehört eine hervorragende Infrastruktur. Die hochmoderne Ausstattung und die Aussicht, auf höchstem wissenschaftlichem Niveau forschen zu können, ziehen die besten „Köpfe“ auf ihrem Gebiet an. Gefördert wird dies zusätzlich durch die Doktorandenschule IMPRS-SurMat, die in Kooperation mit der Ruhr-Universität Bochum, der Universität Duisburg-Essen, der TU Dortmund und den Max-Planck-Instituten für Chemische Energiekonversion und Kohlenforschung begabte Studierende aus aller Welt anwirbt. Somit forscht am MPIE ein junges, internationales Team und die Arbeitsatmosphäre ist durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit geprägt.

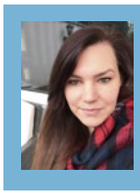
Über den Tellerrand hinausdenken

Es erfolgt ein reger Gedankenaustausch zwischen den einzelnen Abteilungen und in den Projekten arbeiten Wissenschaftler unterschiedlichster Fachrichtungen konstruktiv im Team miteinander: Physiker, Ingenieure, Chemiker, Biologen und Mathematiker.
Diese Arbeitsweise führt dazu, dass die eigenen Denkschemata immer wieder in Frage gestellt werden und die Forscher zu kreativen, innovativen Lösungen gelangen.









Die Forschungsvielfalt und das familiäre Klima haben die Ausbildung am MPIE zu etwas Besonderem gemacht. Jennifer Baseler, ehemalige MPIE-Auszubildende, jetzt Werkstoffprüferin bei der Vallourec Deutschland GmbH.

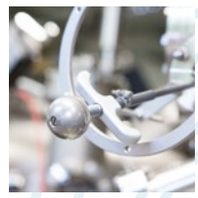
The diversity of research and the good working atmosphere have made training at the MPIE something special. Jennifer Baseler, former MPIE apprentice, now material tester at Vallourec Deutschland GmbH.

The highest quality inspired by a unique spirit

An excellent infrastructure is one of many reasons for the outstanding research output of the MPIE. The extremely modern facilities and the prospect of being able to undertake research at the highest academic level attract the best ‘brains’ of materials research.
This is also complemented by the IMPRS-SurMat, a doctoral programme that, in cooperation with the Ruhr-Universität Bochum, the University of Duisburg-Essen, the Technische Universität Dortmund, and the Max Planck Institutes for Chemical Energy Conversion and Kohlenforschung, recruits talented students from around the world. Research at the MPIE is conducted by a young international team in an environment of mutual stimulation between experimentalists and theoreticians as well as between the different departments.

Looking beyond the horizon

The institute pursues a strong interdisciplinary approach by combining physics, engineering, chemistry, biology and mathematics to develop new ideas beyond familiar concepts.



Das Max-Planck-Institut als Karriereturbo

Das MPIE ist eine Talentschmiede und bereitet herausragende Nachwuchswissenschaftler auf ihre weitere, meist internationale Karriere, vor. Die jungen Wissenschaftler wechseln nach ihrer Ausbildung oder Weiterqualifikation am MPIE häufig auf höhere Positionen in anderen Forschungseinrichtungen, Universitäten oder Industriebetrieben.
Das MPIE selbst kommt immer wieder auf den Prüfstand. So muss das Institut alle drei Jahre in einer Evaluation durch internationale Gutachter höchstes Qualitätsniveau und Leistungsstärke nachweisen.
Neben dem Forschungsbetrieb werden am MPIE auch junge Menschen in verschiedensten Fachrichtungen, wie zum Beispiel Chemielaborant, Industriemechaniker, Fachinformatiker für Systemintegration, Softwareentwickler, Werkstoffprüfer oder Kaufmann/-frau für Büromanagement ausgebildet.

The Max Planck Institute as a career driver

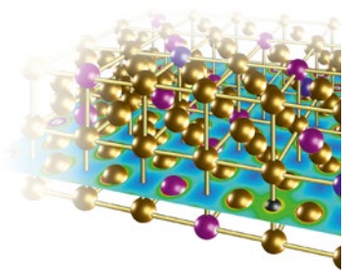
The MPIE provides a unique environment for talented young scientists and prepares them for their further, mostly international, careers. After training or further qualifications at the MPIE, the young scientists frequently move on to higher positions in other research facilities, universities or industry.
The MPIE itself is regularly evaluated: every three years it has to demonstrate the highest level of quality and performance through an evaluation conducted by international reviewers.
Along with basic scientific research, young people are also trained at the MPIE in a wide range of disciplines, such as chemical laboratory assistants, industrial mechanics, IT specialists for system integration, software developers, materials and metallography technicians or office clerks.

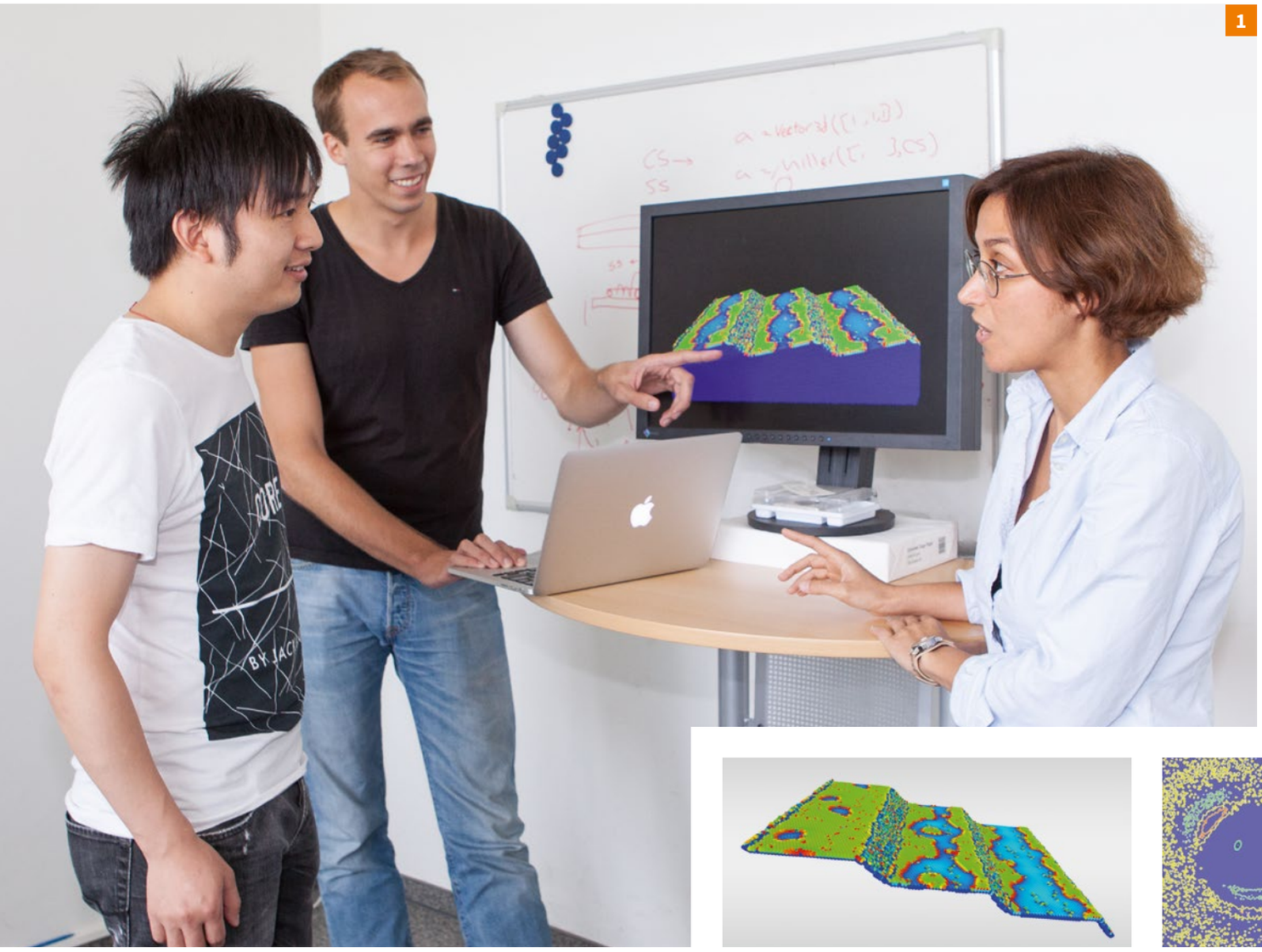
Autarke Produktionsprozesse

In den bestens ausgestatteten Werkstätten können alle im Rahmen der Materialproduktion und -verarbeitung anfallenden Prozessschritte ausgeführt werden, etwa unterschiedlichste Legierungen hergestellt und verarbeitet werden. Das erhöht den Handlungsspielraum und lässt das Max-Planck-Institut für Eisenforschung deutlich flexibler agieren.

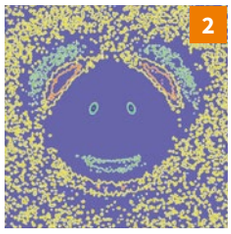
In-house handling of alloy production

All process stages arising during material production and processing, such as the manufacturing and processing of a wide range of complex alloys, can be carried out in the well-equipped workshops of the MPIE. This increases the room for strategic alloy development and allows the Max-Planck-Institut für Eisenforschung to act with highest flexibility.





1



2

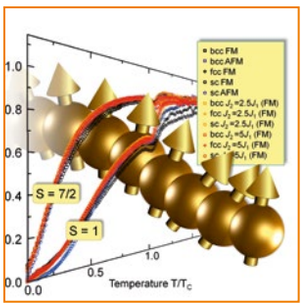
Computergestütztes Materialdesign

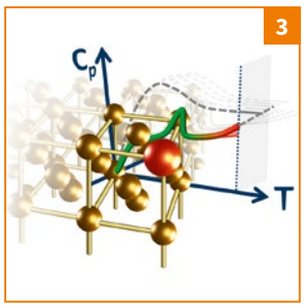
Jörg Neugebauer | Lassen sich neue Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften ohne aufwendige Laborexperimente alleine auf dem Computer designen? Mit dieser Frage beschäftigen sich die Forscher in der 2005 gegründeten Abteilung „Computergestütztes Materialdesign“. Dabei geht es darum, computergestützte Methoden und Modelle zu entwickeln, mit denen sich das mechanische Verhalten, die Korrosionsbeständigkeit oder die Lebensdauer von modernen Höchstleistungswerkstoffen mit einer bisher nicht möglich gewesenen Genauigkeit vorhersagen lassen.

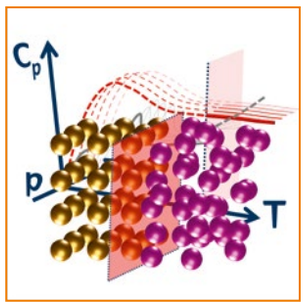
Entwicklung neuartiger Materialien

Ausgangspunkt ist dabei ein genaues Verständnis der chemischen Bindungen auf atomarer Ebene mittels quantenmechanischer Computersimulationen. Forschungsgegenstände sind beispielsweise wasserstoffresistente Stähle für die Automobilindustrie, neue Legierungen für verträglichere und damit langlebigere Hüftimplantate oder Formgedächtnislegierungen, welche nach starker Verformung durch Temperatureinfluss oder Magnetismus wieder ihre ursprüngliche Form annehmen können.

Dabei arbeitet die Abteilung eng mit den experimentellen Abteilungen des Instituts zusammen, beispielsweise um auf dem Rechner entwickelte Materialien oder Prozesse in der Praxis zu testen. So gehen Theorie und Experiment Hand in Hand.







Computational Materials Design

Jörg Neugebauer | *Can new materials with customized properties be designed solely on a computer without costly laboratory experiments? The researchers in the 'Computational Materials Design' Department, founded in 2005, are dealing with exactly this question.*
This involves developing computer-aided methods and models for predicting the mechanical behaviour, resistance to corrosion, or durability of modern high-performance materials with hitherto unprecedented accuracy.

Development of news types of materials

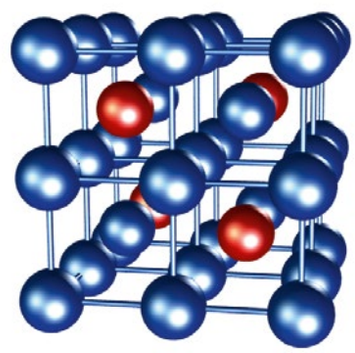
The starting point for the development of novel materials is an accurate understanding of their chemical bonds on the atomic level by means of quantum mechanical computer simulations.
Examples of research topics are the development of steels which are resistant to hydrogen embrittlement, new alloys for bio-compatible (and thus more durable) hip implants, and shape memory alloys able to return to their original shape after significant deformation through heat treatment or magnetism.
This kind of projects are realised through a close interaction between this department and the MPIE's experimental departments, to test computer-developed materials or processes in practice.

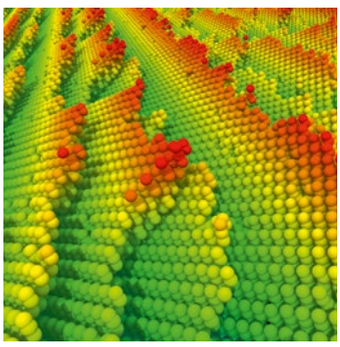
Bildbeschreibungen:

1. Schnappschuss der atomaren Struktur einer wandernden Korngrenze.
2. Quantenmechanisch berechnete Abstands-Korrelationsfunktion von flüssigem Wasser.
3. Ab initio berechnete thermodynamische Eigenschaften von magnetischen Materialien.

Image captions:

1. *Snapshot of the atomic structure of a migrating grain boundary.*
2. *Quantum-mechanically computed distance-correlation function of liquid water.*
3. *Ab initio computed thermodynamic properties of magnetic materials.*



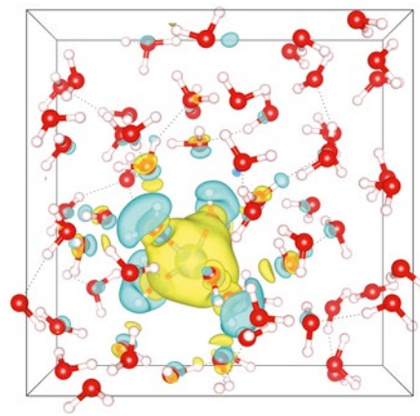


Das MPIE steht für beeindruckende Wissenschaft, das Zusammenspiel von akademischem Umfeld und Industrie & von Theorie und Experiment sowie für einen freundlichen Arbeitsplatz.

Dr. Martin Friak, ehemaliger Gruppenleiter am MPIE und heute Gruppenleiter an der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik.

The MPIE represents stunning science, academia-industry & theory-experiment synergies as well as a friendly workplace.

Dr. Martin Friak, former MPIE group leader and now group leader at the Academy of Sciences of the Czech Republic.

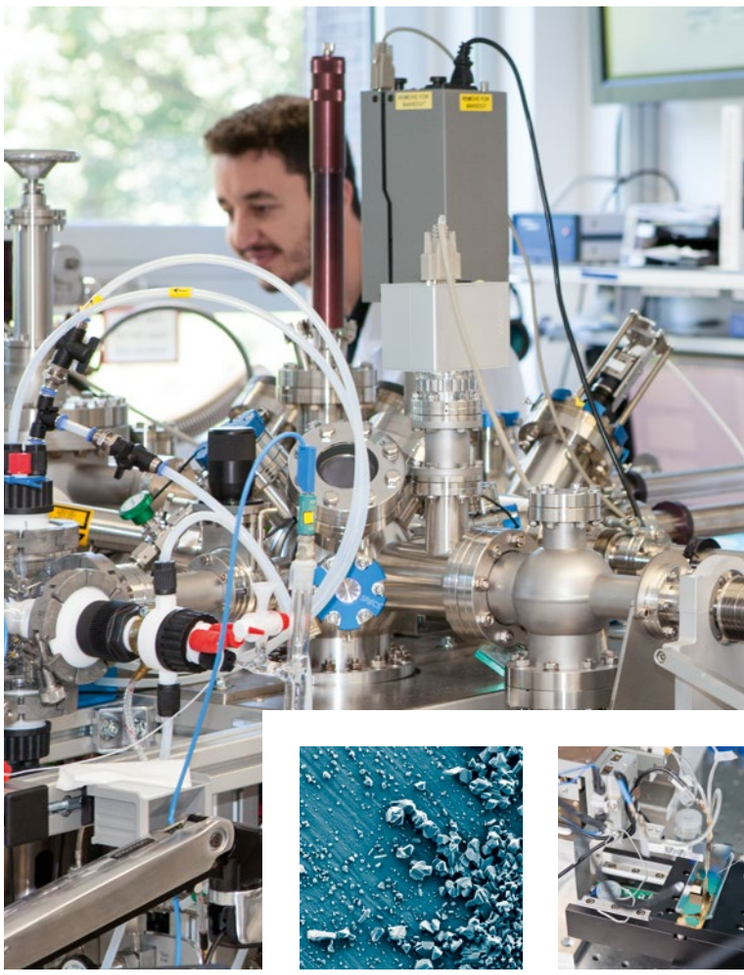


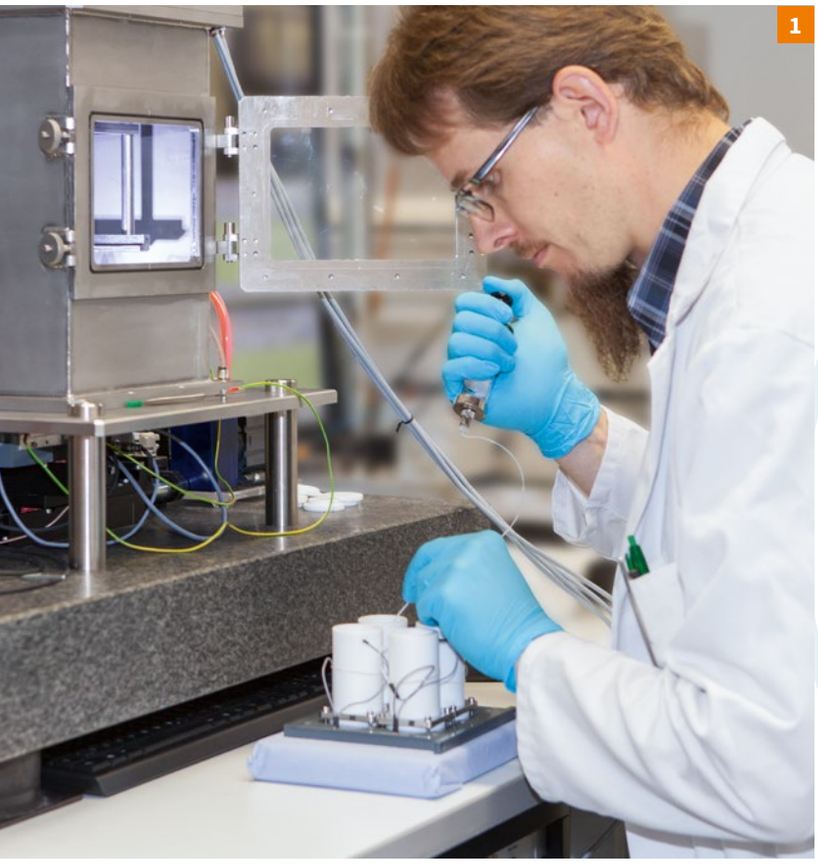
Grenzflächenchemie und Oberflächentechnik

Martin Stratmann* | Eisen rostet. Durch diesen auch als Korrosion bezeichneten Prozess, von dem in unterschiedlicher Form andere wichtige Metalle wie z. B. Aluminium betroffen sind, entstehen volkswirtschaftlich betrachtet jährlich Schäden in Milliardenhöhe. Zudem spielen an Brücken, Pipelines, Fahr- und Flugzeugen vor allem sicherheitstechnische Aspekte eine wichtige Rolle. Wie genau laufen Korrosionsprozesse bei verschiedenen Werkstoffen und unterschiedlichen Umgebungsbedingungen ab? Was kann man dagegen tun? Wäre es möglich, eine Art selbstheilende Beschichtung zu entwickeln, die einen intelligenten Korrosionsschutz bietet?

Experimentelle Forschung und theoretische Modellierung

Von elektrochemischen Untersuchungen bis zu Hochtemperaturexperimenten – in den unterschiedlichsten Forschungsprojekten werden die grundlegenden Mechanismen von Korrosionsprozessen untersucht. Indem die fundamentalen Zusammenhänge immer besser verstanden werden, wird es in





Interface Chemistry and Surface Engineering

Martin Stratmann* | *Iron rusts. This process, also referred to as corrosion, which in different forms affects all important metals such as aluminium, causes billions of euros of economic loss every year.*
In addition, corrosion affects the safety of bridges, pipelines, vehicles and aircraft. How exactly do corrosion processes take place in different materials and under varying environmental conditions? What can be done to counter this? Would it be possible to develop a type of self-healing coating that provides intelligent corrosion protection?

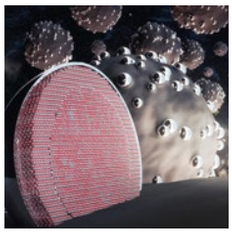
Experimental research and theoretical modelling

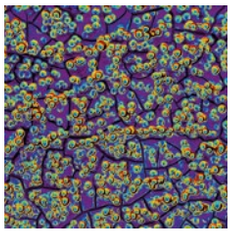
From electrochemical studies to high-temperature experiments – the fundamental mechanisms of corrosion processes are being investigated in a vast range of research projects. Through better understanding of the fundamental processes, the development of approp-

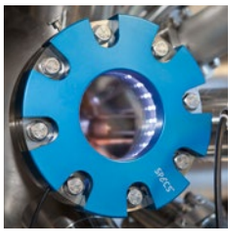
der praktischen Anwendung möglich, passende Methoden zu entwickeln, Korrosion dauerhaft zu unterbinden. Ein wichtiger Fokus in der Abteilung „Grenzflächenchemie und Oberflächentechnik“ liegt darauf, sowohl durch Experimente als auch durch theoretische Modellierung dazu beizutragen, Fortschritte bei der Entwicklung energiesparender, effizienter und ressourcenschonender langlebiger Materialien zu erzielen.

Weitere Forschungsschwerpunkte

Neben Strukturmaterialien, wie Metallen, Keramiken und ihren Verbundwerkstoffen, untersucht die Abteilung auch die Beschaffenheit und Wirkzusammenhänge von verschiedensten Funktionsmaterialien. Katalysatoren für Brennstoffzellen, Batterien, Klebstoffe und Haftvermittler, Beschichtungen, nano-poröse Materialien und glasartige Metalle stellen wichtige Untersuchungsgegenstände dar.
Forschungsthemen sind etwa die Entwicklung neuartiger Zinklegierungsüberzüge und selbstheilender Beschichtungen sowie effizienterer und langlebiger Katalysatoren, z. B. für die Sauerstoffreduktion.







riate methods for a more effective prevention of corrosion becomes possible. The Department ‘Interface Chemistry and Surface Engineering’ focusses, by means of both experiments and theoretical modelling, on developing energy-saving, efficient and durable materials that save resources.

Further research focuses

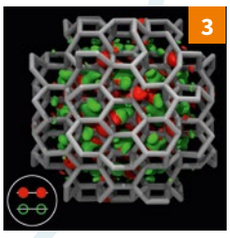
Besides structural materials such as metals, ceramics and their composites, the department also studies the state and interactions of a huge range of functional materials.
Catalysts for fuel cells, batteries, adhesives and bonding agents, coatings, nano-porous materials and vitreous metals represent important research areas. Examples of topics are the development of new types of zinc and self-repairing coatings, as well as more efficient and durable catalysts for oxygen reduction.

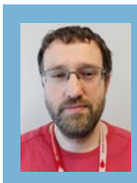
Bildbeschreibungen:

1. Das Fortschreiten von Korrosion kann mit der Raster-Kelvinsonde untersucht werden.
2. Wissenschaftler untersuchen mit Röntgenphotoelektronenspektroskopie die Oberflächenchemie eines Materials.
3. Computersimulation eines Materials, aus dem effizientere Solarzellen hergestellt werden können.

Image captions:

1. *The progress of corrosion can be analysed with the Kelvin probe.*
2. *Researchers analyse the surface chemistry of a material with x-ray photoelectron spectroscopy.*
3. *Computer simulations of a material which can be used for more efficient solar cells.*

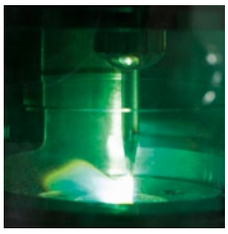


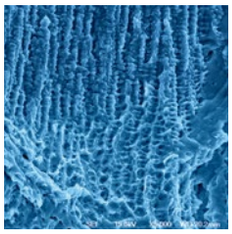


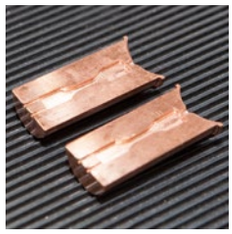
Grundlagenforschung, die von „großen“ technischen Problemen inspiriert ist, macht das MPIE einzigartig. Prof. Dr. Andreas Erbe, ehemaliger Gruppenleiter am MPIE und inzwischen Professor für Korrosions- und Grenzflächenchemie an der Technisch-Naturwissenschaftlichen Universität Norwegens.

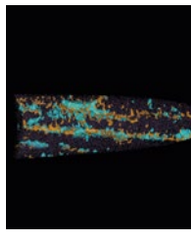
Fundamental research inspired by ‘major’ technical problems makes the MPIE unique. Prof. Dr. Andreas Erbe, former MPIE group leader and now professor of corrosion and interface Chemistry at the Norwegian University of Science and Technology.

*Prof. M. Stratmann ist aktuell Präsident der Max-Planck-Gesellschaft. Prof. Neugebauer ist während seiner Abwesenheit stellvertretender Abteilungsdirektor.
Prof. M. Stratmann is on leave for the time of his presidency of the Max Planck Society. Temporary head of the department is Prof. J. Neugebauer.









Mikrostrukturphysik und Legierungsdesign

Dierk Raabe | Die Abteilung „Mikrostrukturphysik und Legierungsdesign“ hat das Ziel, den Zusammenhang zwischen Synthese, Struktur und Eigenschaften von Werkstoffen bis auf den Nanometerbereich hinunter zu verstehen. Sind einmal die Zusammenhänge auf dieser Ebene im Detail geklärt, können die Wissenschaftler maßgeschneiderte Werkstoffe entwickeln, die sich zum Beispiel durch Temperaturbeständigkeit, hohe Festigkeit oder eine gute Verformbarkeit auszeichnen. In der praktischen Anwendung ergeben sich daraus extrem leichte und zugleich hochfeste Stähle für den Fahrzeugbau oder neue, außerordentlich hitzebeständige Superlegierungen für Flugzeugturbinen. Zudem beschäftigt sich die Abteilung unter anderem auch mit der Entwicklung neuartiger Hoch-Entropie-Legierungen, dem 3D-Druck neuer Materialien für die Luft- und Raumfahrt sowie dem Werkzeug- und Maschinenbau, der sogenannten additiven Fertigung.

Fokus der Grundlagenforschung

Im Fokus der Abteilung stehen hauptsächlich Eisen-, Magnesium-, Titan-, Nickel-, Aluminium- und intermetallische Legierungen, aber auch biologische und Verbundwerkstoffe, die durch ihre unterschiedlichen Eigenschaften verschiedene Anwendungsmöglichkeiten anbieten.

Die vielschichtige Zusammensetzung und Struktur dieser komplexen Materialien werden mit unterschiedlichen Methoden bis auf die atomare Ebene analysiert, um die Zusammenhänge zwischen der jeweiligen Mikrostruktur und den mechanischen Eigenschaften zu verstehen und für das Design neuer Materialien gezielt zu nutzen.

Modernste Analysetools

Dafür stehen der Abteilung modernste Analysetools zur Verfügung, wie unter anderem die Atomsondentomographie (APT). Darüber hinaus werden neue Verfahren der Rasterelektronenmikroskopie wie ECCI (Electron Channeling Contrast Imaging) oder 3D EBSD (Electron Backscatter Diffraction) in der Abteilung entwickelt.

Microstructure Physics and Alloy Design

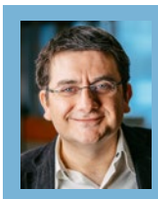
Dierk Raabe | The aim of the Department 'Microstructure Physics and Alloy Design' is to understand the relation between the synthesis, structure and properties of materials down to the atomic scale. On this basis, scientists are able to develop customized materials that are characterized by, for example, high stability, temperature resistance, or good ductility. In application, this leads to extremely light and simultaneously highly stable steels for the automotive industry and new, extraordinarily heat-resistant superalloys for aircraft turbines. The department is also involved in the development of new types of high entropy alloys, additive manufacturing of novel materials, hydrogen resistant alloys, and advanced material modelling.

Focus on fundamental research

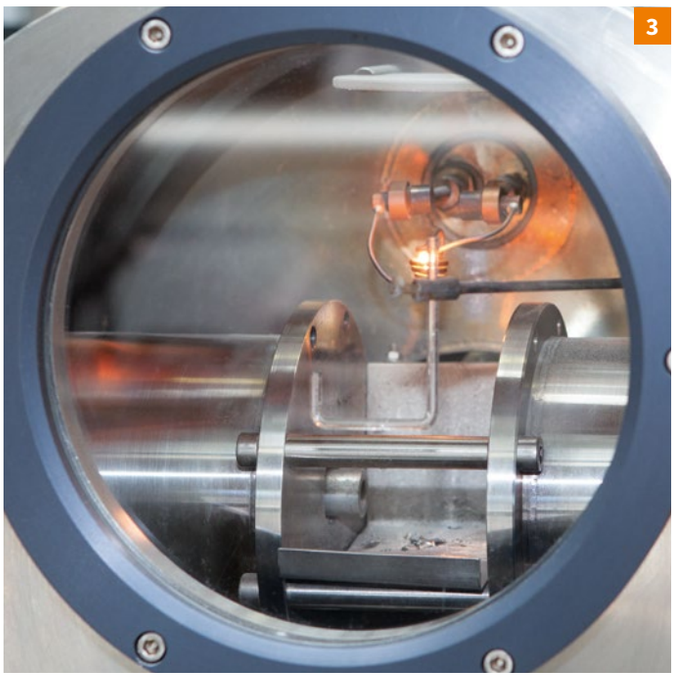
While concentrating mainly on iron, magnesium, titanium, nickel, aluminium and intermetallic alloys, the department also analyses biological and compound materials placing the focus on their mechanical properties.
The complex composition and structure of these materials are investigated down to atomic scales by using various methods allowing better understanding of the relation between the materials' microstructure and mechanical properties. Through this understanding the scientists are able to design new materials.

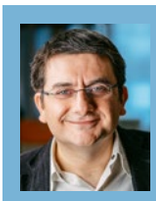
High-end analysis tools

The department runs the latest analysis equipment, including atom probe tomography (APT), focussed ion beam instruments and scanning electronic microscopes in conjunction with the development of novel techniques such as ECCI (Electron Channelling Contrast Imaging) or 3D EBSD (Electron Backscatter Diffraction).

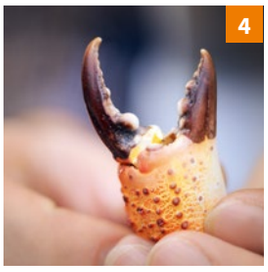


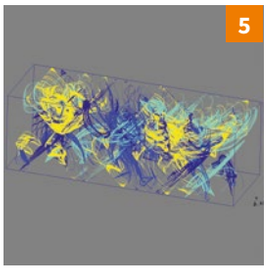
MPIE ist ein einzigartiger Ort für Materialwissenschaften – ich kenne kein anderes Forschungsinstitut, in dem so viele weltweit führende Wissenschaftler in so engem Kontakt forschen und so unterschiedliche Expertise aus verschiedenen Disziplinen zusammenbringen, um große Herausforderungen zu adressieren und zu überwinden.
Prof. Dr. Cem Tasan, ehemaliger Gruppenleiter am MPIE und heute beschäftigt am Massachusetts Institute of Technology, USA.





MPIE is truly a unique venue for metals research – I am aware of no other scientific research institute elsewhere where so many world-leading scientists are working in close contact, bringing different expertise to jointly address and overcome key challenges.
Prof. Dr. Cem Tasan, former MPIE group leader and now at the Massachusetts Institute of Technology, USA.



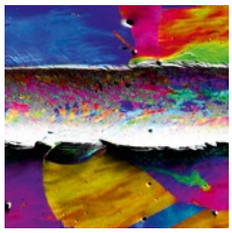


Bildbeschreibungen:

1. Untersuchung der Materialstruktur an der Atomsonde.
2. Verschiedene Bearbeitungsprozesse können die Materialeigenschaften beeinflussen.
3. Erzeugung kleiner hochreiner Proben mit höchster Abkühlrate.
4. Untersuchung biologischer Materialien für die Werkstoffentwicklung.
5. Diskrete Versetzungssimulation der Versetzungsverteilung beim Biegen eines Materials.

Image captions:

1. *Analysis of a material's structure with atom probe tomography.*
2. *Different processing methods can influence material properties.*
3. *Production of small ultrapure samples with a high cooling rate.*
4. *Analysis of biological materials for the development of new structural alloys.*
5. *Discrete dislocation simulation of the dislocation distribution in a bending test.*



Struktur und Nano-/ Mikromechanik von Materialien

Gerhard Dehm | Kann man die mechanische Stabilität von funktionellen Werkstoffen modifizieren und somit die Lebensdauer moderner Mikro- und Nanotechnologien, wie Computerchips und Handyakkus, beeinflussen? Welche Einschränkungen in der Geometrie eines Materials führen zu einer signifikanten Änderung des mechanischen Verhaltens? Welche Prozesse oder Gesetzmäßigkeiten definieren auf atomarer Ebene das mechanische Zusammenspiel der unterschiedlichen Legierungselemente von miniaturisierten und massiven Materialien?

Verbesserung mechanischer Eigenschaften

Die Abteilung „Struktur- und Nano-/Mikromechanik von Materialien“ hat neue präzise nano- und mikromechanische Messmethoden etabliert, mit denen die Vorgänge verstanden werden, die dazu führen, dass Materialien ermüden. Mit diesem Wissen werden robustere Werkstoffe entwickelt. Dabei werden vor allem nanostrukturierte Materialien und intermetallische Hochtemperaturwerkstoffe unter chemischer, mechanischer, thermischer und tribologischer Belastung untersucht.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen eine quantitative Beschreibung und Vorhersage des lokalen und globalen Werkstoffverhaltens ermöglichen. Das Ziel ist es, stabile Funktionsmaterialien für zum Beispiel die Leistungselektronik im Automobil- und Energieelektronikbereich oder intermetallische Verbindungen für Antriebs- und Bremssysteme in Lkw und Schiffen entwickeln zu können.

Nanostrukturierte Materialien unter Stress

Die Abteilung nutzt neueste Analyseverfahren. Dabei bedienen sich die Wissenschaftler vor allem der höchstauflösenden Transmissionselektronenmikroskopie und Synchrotron-Beugungsmethoden. Die Untersuchungen sind sogenannte in situ Versuche, das heißt, während die Materialeigenschaften unter äußerer Belastung quantitativ gemessen werden, erfolgt gleichzeitig die Beobachtung der Verformungsmechanismen im Materialinneren.

Structure and Nano-/ Micromechanics of Materials

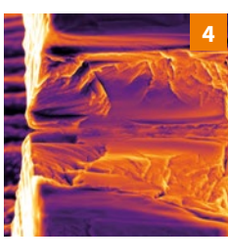
Gerhard Dehm | *Can the mechanical stability of functional materials be modified, thus influencing the service life of modern micro- and nano-technologies, such as computer chips and mobile phones? What restrictions of a material's geometry lead to a significant change in mechanical behaviour? Which processes or laws define the mechanical interaction between the different alloy elements of miniaturised and solid materials at the atomic level?*

Improving mechanical properties

The 'Structure and Nano-/Micromechanics of Materials' Department has established new precise nano- and micro-mechanical measurement methods for understanding the processes leading to fatigue in materials. More robust materials are developed using this knowledge. Especially nanostructured and intermetallic high-temperature materials are studied under chemical, mechanical, thermal and tribological loading.
The knowledge obtained allows quantitative description and forecasting of local and global material behaviour. This description allows the development of stable functional materials, for example for power electronics in the automotive and energy electronics fields, or intermetallic compounds for drive and braking systems in trucks and ships.

Nanostructured materials under stress

The department uses the latest analytical procedures with a special focus on atomically resolved high-resolution transmission electron microscopy and synchrotron diffraction techniques. The studies are so-called in situ experiments, i.e. while quantitatively measuring a material's properties under external loading, deformation mechanisms inside the material are simultaneously observed.



Das MPIE bringt Menschen auf eine Weise zusammen, die über die Wissenschaft hinausgeht. Man findet Freunde für's Leben.
Dr. Patricia Romano Triguero, ehemalige Postdoktorandin am MPIE und inzwischen leitende Verfahrenstechnologin bei Tata Steel in den Niederlanden.

MPIE brings people together in a way that goes beyond science. You remain friends for life.
Dr. Patricia Romano Triguero, former MPIE postdoctoral researcher and now senior process technologist at Tata Steel, Netherlands.

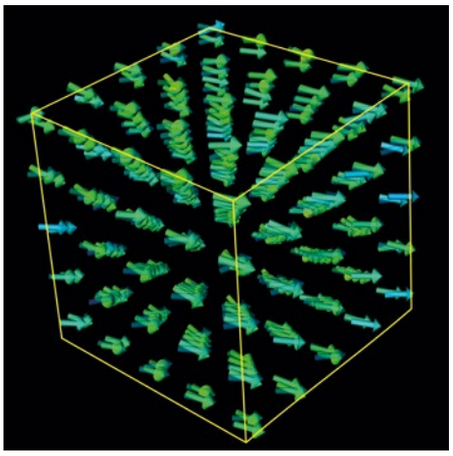
Bildbeschreibungen:

1. Wissenschaftler bereiten ein in situ Experiment im Rasterelektronenmikroskop vor.
2. µLaue Diffraktogramm, das am Synchrotron während der Verformung eines Einkristalls gemessen wurde und Informationen über die Verformungsmechanismen liefert.
3. Metallographische Einblicke in den Aufbau von Werkstoffen.
4. Bruchfläche eines intermetallischen Cu_3Sn Mikro-Biegebalkens nach der Verformung.

Image captions:

1. *Scientists setting-up an in situ experiment in the scanning electron microscope.*
2. *µLaue diffractogram measured during the deformation of a single crystal at the synchrotron, providing a fingerprint of the deformation mechanism.*
3. *Metallographic insights into the nanocosmos of materials.*
4. *Fracture surface of an intermetallic Cu_3Sn micro-cantilever after deformation.*

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR EISENFORSCHUNG GMBH



Max-Planck-Institut für
Eisenforschung GmbH

Max-Planck-Str. 1
40 237 Düsseldorf
Germany

Telefon: +49 (211) 6792 - 0
Telefax: +49 (211) 6792 - 440

info@mpie.de
www.mpie.de

HK:MEDIENAGENTUR | www.hk-ag.net