

DGM



IM FOKUS

Jahresmagazin
Materialographie
Metallographie

Ingenieur
wissenschaften
2016

ISSN 1618-8357

Herausgegeben vom Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen



Geräte und Komplettausstattung für das materialographische Labor



NEU

Saphir
X-Change

Kompakter Schleif- und Polierautomat

- automatischer Prozess mit Medienwechsler und Reinigungsstationen
- intuitives Bedienen über Touchscreen mit visualisiertem Bausteinprinzip
- halbgeschlossener Arbeitsraum mit hohem Sicherheitsstandard



Elektrolytisches Polier- und Ätzgerät

- Polier- und Ätzeinheit kann durch Trennung vom Grundgerät auch im Laborabzug betrieben werden
- Strom- und Spannungsdiagramm in Echtzeit mit Scan-Funktion der Materialkennlinie
- visualisierte Steuerung mit Touchscreen-Bedienung
- austauschbarer 1-Ltr. Elektrolytbehälter mit Deckel



NEU
Kristall 680

Nasstrenn- Schleifmaschine

- mehr Trennraum, mehr Verfahrtsweg und größerer Arbeitstisch
- smarte Touchscreen-Steuerung
- Multipositionsprozess



OPTIMIERT
Brillant 250

»Grußwort«

von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hirsch

Wenn man die verdienstvolle Geschichte der Materialographie und ihres historisch schon weit älteren Zweiges, der Metallographie, betrachtet, so ist 2016 ein Jahr der großen Jubiläen. Vor 150 Jahren wurde in Berlin der Lette-Verein gegründet, der seit 110 Jahren den Nachwuchs auf den Beruf des Metallographen vorbereitet. Und 2016 ist jenes Jahr, in der der DGM-Fachausschuss „Materialographie“ mit seiner 50. Fachtagung das erste halbe Jahrhundert seines Bestehens feiert: ein Umstand, der mich als Vorstandsvorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM), aber auch als Senior Scientist in der Forschung & Entwicklung eines großen Industrieunternehmens besonders freut.

Als Forscher, der sich einen Gutteil seines Lebens im universitären und industriellen Umfeld vor allem mit Aluminium und Aluminiumlegierungen beschäftigt hat (und immer noch beschäftigt), weiß ich um die nicht zu unterschätzende Rolle, die die Metallographie bzw. Materialographie mit ihren vielfältigen Methoden zur Gefüge- und Strukturuntersuchung einschließlich der hoch komplexen Elektronenmikroskopie und der hoch auflösenden Röntgen-Computertomographie bei der Entwicklung neuer Materialien, innovativer Werkstoffe und maßgeschneidelter Legierungen spielt. Aber auch in der alltäglichen Qualitätssicherung und Beurteilung von Schadens- und Reklamationsfällen spielt die Metallographie oft die entscheidende Rolle. Deshalb ist die Arbeit des DGM-Fachausschusses „Materialographie“ so wichtig.

Denn: Im interdisziplinär agierenden DGM-Fachausschuss „Materialographie“ mit seinen regional und fachlich organisierten Arbeitskreisen läuft die Expertise in den zentralen Bereichen der Präparation, Analyse, Bewertung und Dokumentation von Struktur und Beschaffenheit unterschiedlicher Metalle, Keramiken, Kunststoffe und Verbundwerkstoffe ausgezeichnet vernetzt zusammen.

Hier treffen sich die besten Koryphäen, um die Disziplin weiterzuentwickeln und dafür zu sorgen, dass auch die Geräte und Methoden zur Material-Charakterisierung professionell genutzt und kontinuierlich an die stetig wachsenden Herausforderungen angepasst werden können.

Auf der vom DGM-Ausschuss organisierten Materialographie-Tagung und im weltweit verbreiteten Fachorgan „Praktische Metallographie“, zu dessen Beraterkreis die meisten Arbeitskreisleiter des Ausschusses gehören, findet die Fachwelt auch außerhalb der DGM zwei international renommierte Foren zur Darstellung und Diskussion neuester Forschungsergebnisse. Dass der „Materialographie“ der größte Fachausschuss der DGM gewidmet ist, unterstreicht diese Bedeutung.

Nicht zuletzt die Nachwuchsanarbeit spielt im DGM-Fachausschuss „Materialographie“ eine zentrale Rolle. So sorgt der Arbeitskreis „Ausbildung“ dafür, dass sich die Wahrnehmung des Metallographen für Arbeitgeber und Arbeitnehmer ebenso verbessert wie der Informationsstand über die Fähigkeiten und Einsatzmöglichkeiten des Berufs in der Öffentlichkeit. Natürlich ist dieser DGM-Arbeitskreis am Berliner Lette-Verein angesiedelt – womit sich auch der Kreis der Jubiläen 2016 schließt.

Der DGM liegt die Metallographie bzw. Materialographie also schon seit einem halben Jahrhundert sehr am Herzen. Und so wird es auch in Zukunft bleiben. In diesem Sinne wünsche ich dieser wichtigen Broschüre die wohlverdiente Beachtung und die weitestmögliche Verbreitung.

Ihr



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hirsch
Vorstandsvorsitzender der Deutschen
Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hirsch

»Geleitwort«

von Prof. Dr. Gerhard Schneider

Astronomen blicken durch Teleskope hinaus ins Weltall und versuchen, die Dimensionen der Welt zu ermessen, Materialographinnen und Materialographen blicken durch Mikroskope hinein in die unendlichen Mikrostrukturen von Materialien. Die Materialographie schafft damit eine notwendige Basis für das Verständnis von Materialien, ihren Herstellungsverfahren und ihren Eigenschaften. Sie ist eine der wichtigsten Disziplinen im breiten Feld der Materialwissenschaft und damit auch von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung neuer Materialien.

Die Grundlage für das Verständnis der Materialgefüge legt eine sorgfältige, artefaktfreie Präparation. Dafür ist höchste Genauigkeit, handwerkliches Geschick und Kunstfertigkeit erforderlich, die nur über langjährige fundierte Ausbildung und Übung erworben werden können. Die bildgebenden Methoden haben in den vergangenen Jahren große Entwicklungssprünge gemacht, denken wir nur an die hochauflösende Computertomographie, an Focused Ion Beam Rasterelektronenmikroskopie oder an neue Analytikverfahren, die chemische Zusammensetzung oder Kristallstruktur aufklären helfen. Innovationen wie dreidimensionale Mikroskopie oder automatisierte Quantifizierung der Gefügebestandteile bereichern seit wenigen Jahren unsere Arbeit. Die überragende Bedeutung der Digitalisierung durchdringt auch die Materialographie auf allen Ebenen. Große Datenvolumina digitaler Bilder müssen organisiert und mit Hilfe selbstlernender Ansätze ausgewertet werden. Heute sind wir es fast schon gewohnt, mittels Videos durch das dreidimensionale Gefüge zu reisen. Dabei ist es noch gar nicht so lange her, dass Gefüge am Mikroskop mühsam abgezeichnet werden mussten, da es noch keine Fotografie gab.

Die wichtige Disziplin der Materialkunde weiterzuentwickeln, ist das Ziel des Fachauschusses Materialographie innerhalb der

Deutschen Gesellschaft für Materialkunde. Dieser koordiniert den regelmäßigen Austausch unter Fachleuten. In derzeit zwölf Facharbeitskreisen werden zu Themen wie beispielsweise Präparation, Quantitative Gefügeanalyse oder 3D-Tomographie Gemeinschaftsprojekte oder wissenschaftliche Veranstaltungen organisiert. Die hochwertige Zeitschrift der Praktischen Metallographie mit einem engagierten Team komplettiert die Aktivitäten der Materialographie-Community.

Im Jahr der 50. Metallographietagung wollen wir mit der vorliegenden Broschüre einen vielfältigen Überblick über das Fachgebiet geben und den Nutzen der Materialographie für die Materialwissenschaft und -technik darstellen.

Es werden Ausbildungswege beschrieben und Orte der Forschung porträtiert. Außerdem kommen in Interviews Menschen der Materialographie zu Wort. Für die Innovationskraft unserer Gesellschaft wird es auch in Zukunft von großer Bedeutung sein, Werkstoffe weiterzuentwickeln und neue Materialien zu entdecken. Dafür benötigen wir begeisterte und gut ausgebildete Materialographie-Experten. Helfen Sie mit, den Nachwuchs für dieses spannende Berufsfeld zu gewinnen.

Ich wünsche interessante Einblicke in die bunte Welt der Materialien und viel Vergnügen beim Studieren der Broschüre.

Ihr



Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider

Rektor

Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft



Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider

Highest performance

analytics for materials and life science applications

Extreme-resolution Analytical Field
Emission SEM series

JEOL JSM-7800 PRIME

One SEM that fits all challenges for research and routine work

- highest resolution for imaging
- highest stability and current for analytics
- ultimate versatility



www.jeol.de

JEOL
Solutions for Innovation

JEOL (Germany) GmbH · Gute Änger 30 · 85356 Freising · Germany
Tel.: +49 8161 9845-0 · Fax: +49 8161 9845-100 · E-Mail: info@jeol.de

»Vorwort«

von Dr.-Ing. Frank O.R. Fischer

Liebe Leserin, lieber Leser,

laut aktuellen Studien basieren rund zwei Drittel aller neuen Produkte auf neuen Werkstoffen und innovativen Materialien. Alleine in Deutschland setzen die werkstoffbasierten Industriezweige rund eine Billion Euro um; der Bausektor ist da noch gar nicht mitgerechnet. Fünf Millionen Menschen finden in diesen Bereichen Beschäftigung – und täglich werden es mehr. Ohne die Materialographie, ohne ihre Untersuchung innerer Gefüge und (Mikro-)Strukturen oder die Erforschung von Phasenumwandlungs- und Ausscheidungsvorgängen, ohne ihre Verfahren zur Quantitativen Bildanalyse und ohne die mit all dem verbundene Verbesserung von Materialeigenschaften, die Optimierung von Prozessen und die Qualitäts sicherung bei der Herstellung wäre dieser Erfolg nicht einmal ansatzweise vorstellbar.

In den zentralen Zukunftsfeldern Mobilität, Kommunikation, Energie, Gesundheit, Sicherheit und Umwelt ist die Bedeutung der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik noch frappierender. Für konkrete Lösungen bei Elektroautos oder Touchscreen-Handys, Leichtbau-Flugzeugen, Windkraftflügeln oder Bio-Implantaten sind maßgeschneiderte High-Tech-Materialien mit speziellen Eigenschaften gefragter denn je. Gerade hier bildet die immens interdisziplinär aufgestellte Materialographie ein wichtiges Standbein für die Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland – und damit für das Wohl unserer Gesellschaft.

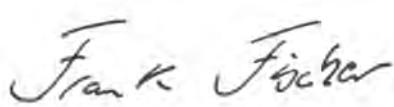
Die vorliegende Broschüre „Materialographie/Metallographie 2016“ illustriert den enormen Stellenwert, den die Materialographie im MatWerk-Kosmos genießt. Sie umreißt die wechselvolle Geschichte und faszinierende Entwicklung der Disziplin und taucht mit Beiträgen zu Präparationstechnik, zu den neuesten Trends der Elektronen-, Licht- und

3D-Mikroskopie oder zum Zusammenhang von Gefüge und Versagen bei Werkstoffen detailliert ein in die faszinierende Tiefe. Sie beschreibt die Aktivitäten der wichtigsten deutschen Forschungsstandorte, lässt Koryphäen ebenso wie junge Talente zu Wort kommen, widmet sich am Beispiel des Berliner Lette-Vereins nicht zuletzt der Nachwuchsarbeit – und präsentiert eindrucksvolle Fotos aus ihrer bunten Praxis.

Vor allem aber zeigt „Materialographie/Metallographie 2016“ auf jeder ihrer vielen Seiten auf, Welch enorme Bedeutung die Disziplin für die DGM besitzt: Nicht zuletzt durch unseren ausgezeichnet vernetzten Fachausschuss „Materialographie“ – den größten Fachausschuss unserer Gesellschaft überhaupt. Und natürlich durch die von ihm organisierte Materialographie-Tagung zu den metallischen, keramischen und polymeren Werkstoffen sowie zu den Schicht- und Verbundwerkstoffen. Und durch die vom Ausschuss herausgegebene, international hoch angesehene Fachzeitschrift „Praktische Metallographie“.

So, wie sich die „Praktische Metallographie“ an ausgewiesene Experten wendet, richtet sich „Materialographie/Metallographie 2016“ an MatWerker jeglicher Couleur und an den interessierten Laien. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen eine erkenntnisreiche und – ja, auch das: eine spannende Lektüre.

Ihr



Dr.-Ing. Frank O.R. Fischer

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der
Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V.
(DGM)



Dr.-Ing. Frank O.R. Fischer



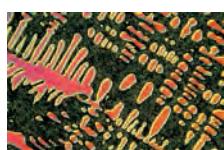
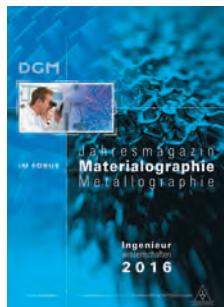
Bruker – Ihr Partner für:

- Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA)
- Optische Emissionsspektrometer
- CS/ONH-Analysatoren

www.bruker.com

Innovation with Integrity

>>>>> Inhaltsverzeichnis



» Grußwort « 1

von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hirsch
Vorstandsvorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)

» Geleitwort « 2

von Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider
Rektor der Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft

» Vorwort « 4

von Dr.-Ing. Frank O. R. Fischer
Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)

Hochschule Aalen – Institut für Materialforschung (IMFAA)

» Anwendungen und Bedeutung der Materialographie und Materialanalytik am Institut für Materialforschung Aalen « 20

Dr. Timo Bernthaler
Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider

DGM – Fachausschuss Materialographie

» Vorstellung des Fachausschusses Materialographie mit Aufgaben und Zielen « 30

Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider
Prof. Dr. Dr. h. c. Markus Rettenmayr

Magazinbeschreibung

» Praktische Metallographie « 32

Michael Engstler, Universität Saarbrücken
Peter Asel, Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen (IWV)

DGM – Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

» Kompetenzen bündeln, Strukturen geben, Wege öffnen « 34

» Wundervolle Metallographie « 40

Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider
Gaby Ketzer-Raichle

Lette-Verein – Stiftung des öffentlichen Rechts

» 150 Jahre Lette-Verein Berlin « 62

Frank Sandmann
» Metallographie Ausbildung im Lette-Verein Berlin « 64
Gundula Jeschke

Technisches Berufskolleg Solingen

» Technisches Berufskolleg Solingen mit Technischem Gymnasium « 66

■ Staatlich geprüfte Physikalisch-technische Assistentin
■ Staatlich geprüfter Physikalisch-technischer Assistant
Schwerpunkt Metallographie und Werkstoffkunde

Hochschule Aalen – Studium Materialographie/Neue Materialien

» Materialographie – Ausbildung an der Hochschule Aalen « 68

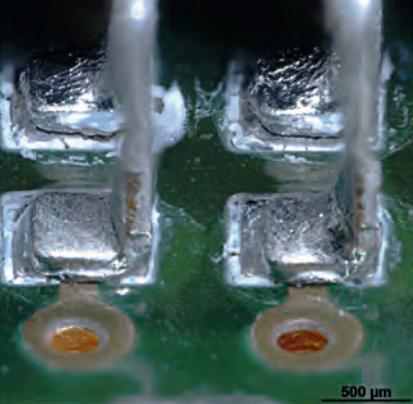
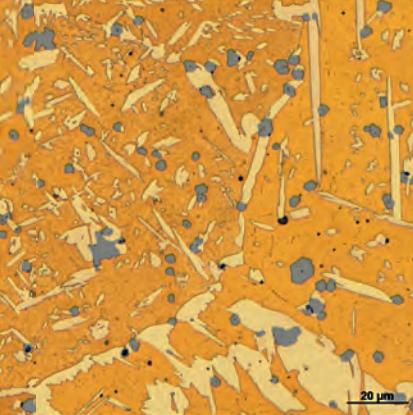
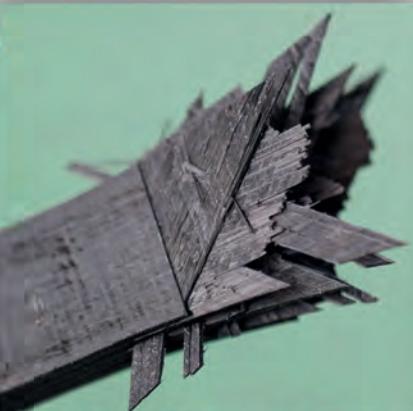
Gaby Ketzer-Raichle
Dr. Timo Bernthaler

Materials Engineering Solutions

Dienstleistungen

- Materialographie und Schadensanalytik
- Korrosion und Tribologie
- Quantifizierung Feingeometrie und Gefüge (z.B. Stahlreinheit EN 10247, Porenanalyse VDG P202)
- Charakterisierung Lithium-Ionen Batterien
- Hart- und weichmagnetische Werkstoffe



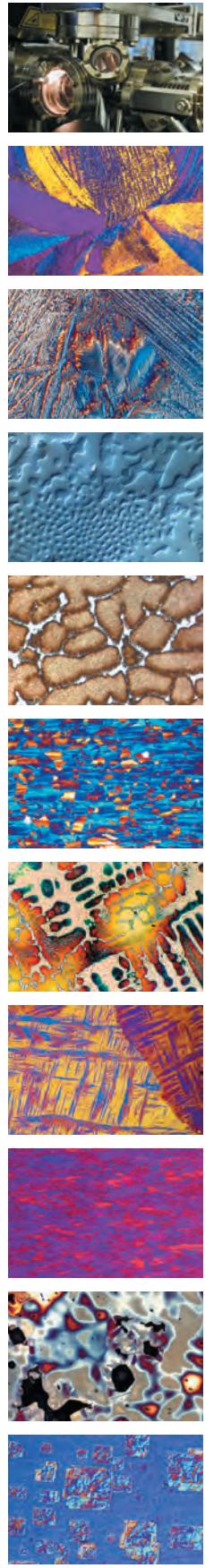


Projekte

- Software mikroskopische Qualitäts sicherung
- neue Funktions- und Verbundwerk stoffe
- Benchmark- und Patentanalysen
- Schulungen



>>>>> Inhaltsverzeichnis

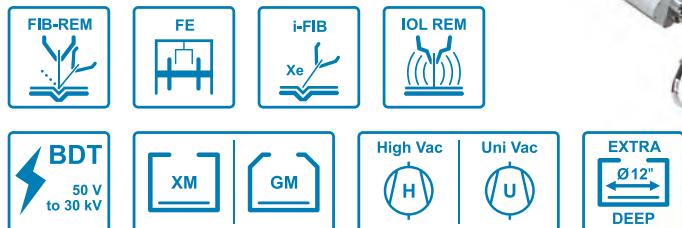


Montanuniversität Leoben – Department Metallkunde und Werkstoffprüfung	
» Metallographie, Metallkunde und Werkstoffprüfung an der Montanuniversität Leoben «	72
Ass. Prof. Dr.-Ing. Svea Mayer	
Dr.-Ing. Michael Panzenböck	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Clemens	
» Regionale Arbeitskreise «	76
Katrin Kuhnke, Hydro Aluminium Rolled Products GmbH	
■ Metallographie Aachen (AMA)	
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.	
Philipp Watermeyer	
■ Metallo-Treff Berlin	
Lette-Verein	
Gundula Jeschke	
■ Interessenkreis Materialographie Clausthal	
TU Clausthal	
Bernd Brinkhaus	
■ Metallographiestammtisch München	
MTU Aero Engines AG	
Herbert Bürgel	
■ Metallographischer Erfahrungsaustausch Rhein/Main	
Dechema-Forschungsinstitut	
Ellen Berghof-Hasselbächer	
■ Metallographie Regionalgruppe Sachsen	
Technische Universität Dresden	
Dr. Veneta Hein	
■ Gesellschaft für Materialographie Rhein/Ruhr e.V. (gmr²)	
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH	
Heidi Bögershausen	
Angelika Bobrowski	
Open Grid Europe	
Joachim Laimmer	
■ Stuttgarter Metallographietreffen	
Hochschule Aalen	
Gaby Ketzer-Raichle	
■ Metallographiekreis Thüringen	
Ernst-Abbe-Hochschule Jena	
Prof. Dr. Jürgen Merker	
■ Metallographie Treffen Nord	
Lufthansa Hamburg	
Annett Fruhner	
Aurubis Werke Hamburg	
Uta Schanz	
IWT Bremen	
Martina Rickers	
■ Regionalforum Metallographie Saar	
Universität des Saarlandes	
Michael Engstler	
Interview	
» Interview mit Dipl.-Ing. Dominik Britz (Doktorand) «	78
Peter Asel (Redaktionsleitung)	

EXPERIENCE MICROANALYSIS TO THE EXTREME

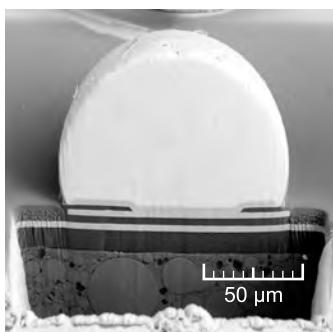


Ultra-High Resolution REM
trifft Xenon Plasma FIB

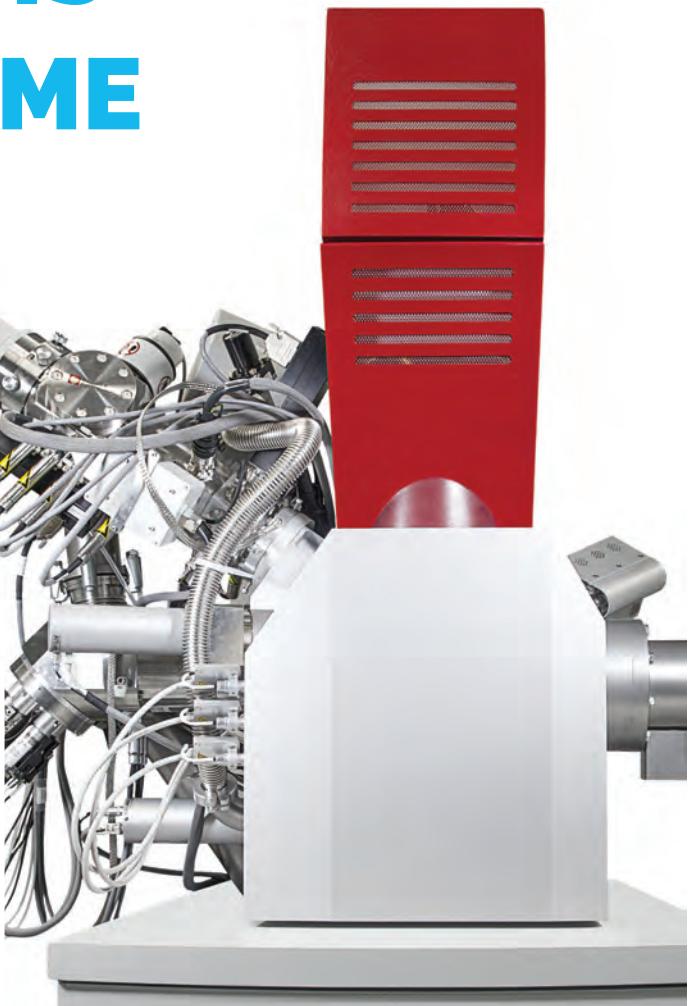


**ULTRA-HIGH
RESOLUTION
+
ULTRA-HIGH
MILLING RATE**

XEIA
Ultra-High
Resolution
PFIB-REM



50x
schneller
als herkömmliche
Gallium FIB-REM

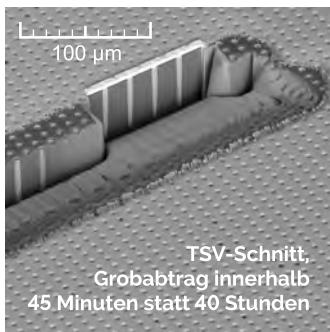


**Ultra-Low Power
Ionenquelle (~1 W)**
mit theoretisch unlimitierter
Lebenszeit, kühlwasserfrei

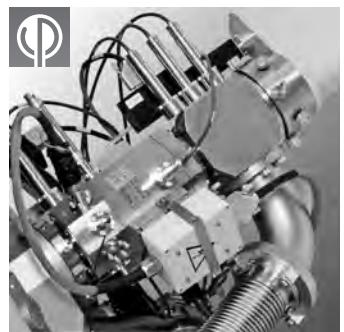
Durch die Ultra-Low Power
Ionenquelle ist das System
unempfindlich gegenüber
Interferenzen bei der
Bildgewinnung des REM.

 Elektronen-
Optik-Service
GmbH

Zum Lonnenhohl 46
44319 Dortmund • Germany
Tel.: +49 (0)231 927 360 10
Fax: +49 (0)231 927 360 27
vertrieb@eos-do.de
www.eos-do.de




tescan.de

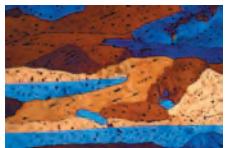


>>>>> Inhaltsverzeichnis



Montanuniversität Leoben – Department Metallkunde und Werkstoffprüfung

» Die Rolle der Metallographie bei der Charakterisierung von Hochleistungswerkstoffen «	82
Ass.Prof. Dr.-Ing. Svea Mayer	
Dr. Boryana Rashkova	
Dr. Francisca Mendez-Martin	
Dr.-Ing. Sophie Primig	
Dr.-Ing. Michael Panzenböck	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Clemens	



DGM – Fachausschuss Materialographie

» Die Rolle der materialografischen Präparationstechnik für die Licht- und Elektronenmikroskopie «	90
Dr.-Ing. Holger Schnarr, Leiter des Arbeitskreises „Probepräparation“	



Universität des Saarlandes

» Gefügeanalyse 2.0? «	100
Über die Lösung recht alter und sehr neuer Werkstofffragen auf der Mikro-, Nano- und atomaren Skala	
Prof. Dr.-Ing. Frank Mücklich	
Dipl.-Ing. Michael Engstler	
Dipl.-Ing. Dominik Britz	
M.Sc. Jenifer Barrirero	
Dr.-Ing. Paulo Rossi	



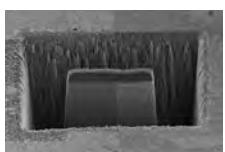
Ruhr-Universität Bochum

» Bauteilschaden – was nun? «	106
Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl	



Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.

» Automatisierte Bestimmung des Dendritenarmabstandes für Gussstücke aus Aluminium-Gusslegierungen mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung «	112
Dipl.-Math. Ulrich Sonntag	
Tina Hiebert	



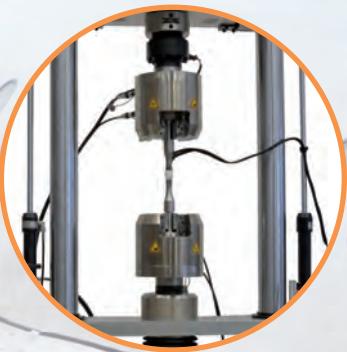
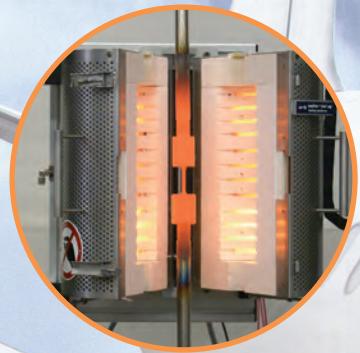
Friedrich-Schiller-Universität Jena

» Transmissionselektronenmikroskopie «	116
Dr. Martin Seyring	
Prof. Dr. Dr. h.c. Markus Rettenmayr	

walter+bai

Materialprüfmaschinen und Prüfsysteme

w+b



walter + bai ag
Testing Machines
Industriestrasse 4
CH-8224 Löhningen, Switzerland
Tel. +41 52 687 25 25
Fax +41 52 687 25 20
info@walterbai.com
www.walterbai.com

››››› Inserentenverzeichnis

AMETEK GmbH	28
» How To Improve Your EBSD Analysis Results with PRIAS and NPAR «	28
ATM GmbH	U2
» Weniger ist mehr «	98
Mit automatisiertem Schleif- und Polierprozess zur optimierten Probenpräparation	
Bodycote Hardiff GmbH	33
» Oberflächenhärten austenitischer Edelstähle – hart und korrosionsbeständig «	33
Bruker Elemental GmbH	5
Buehler ITW Test & Measurement GmbH	27
» Planschleifgerät PlanarMet 300 beschleunigt Probenpräparation «	27
Carl ZEISS AG	U4
Cloeren Technology GmbH	70
» Heinz-Hubert Cloeren: Fachbuch Materialographische Präparationstechniken «	70
DEKRA Automobil GmbH	115
ECOROLL AG Werkzeugtechnik	75
» Festwalzen – Lebensdauersteigerung durch mechanische Oberflächenbearbeitung «	74
EO Elektronen-Optik-Service GmbH	9
» Nanoindentierung in REM und FIB-REM «	88
EMTEC Elektronenmikroskopie und Materialanalyse	95
Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH	17
GMA-Werkstoffprüfung GmbH	U3
» Zertifizierte Werkstoffprüfungen für mehr Qualität und erhöhte Sicherheit «	130
Institut für Galvano- und Oberflächentechnik Solingen GmbH & Co. KG	79
JEOL (Germany) GmbH	3
KB Prüftechnik GmbH	39
Keyence Deutschland GmbH	119
Matworks GmbH	7
» Matworks Materialographie – Qualität quantitativ, effizient, flexibel «	18
mpl – Materialprüfungslaboratorium GmbH	95
NanoFocus AG	96
» Optische 3D-Vermessung von Oberflächen «	96



Alles ist möglich

Qualitätskontrolle sowie Forschung und Entwicklung profitieren von den hochpräzisen Messungen der Testmaschine AG-X plus. Die umfangreiche, intuitiv zu bedienende TRAPEZIUM-X-Software deckt die gesamte Bandbreite verschiedenster Anwendungen ab – ohne Zusatzkosten zu verursachen.

- **Herausragende Leistungsdaten**
hinsichtlich Kraftmessdosen (bis Klasse 0,5 gemäß ISO 7500), Datenübertragungsrate (5 kHz) und stufenlosem Messbereich (bis 1/1000)
- **Modell für jeden Zweck**
als Stand- oder Tischgerät sowie als „High-Speed“-Ausführung mit bis zu 3.000 mm/min.
- **Beliebte, modernste und einfach zu bedienende Software**
Grafische Unterstützung des Anwenders, unterstützt alle gängigen Normen (ISO, DIN, EN, ASTM)
- **Energieeffizient**
durch Sparmodus im Stand-by-Betrieb

www.shimadzu.de



››››› Inserentenverzeichnis

P.E. Schall GmbH & Co. KG	26
ProCon X-Ray GmbH	37
Richard HESS MBV GmbH	115
SCAN-DIA GmbH & Co. KG	59
» Seit über 50 Jahren – Ihr Partner in der Materialographie «	59
Schunk Dienstleistungsgesellschaft Thale mbH	81
» Untersuchungen an 2-Komponenten-MIM-Teilen «	81
Shimadzu Deutschland GmbH	13
SIANTEC – Silvio Herzog e.K.	17
Stroh Diamantwerkzeuge GmbH	39
SYNPROCON GmbH	15
TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH	15
walter + bai ag	11
well Diamantdrahtsägen GmbH	95
WILHELM WINTER GmbH & Co. KG	17
Wolfensberger AG	39
W.S. Werkstoff Service GmbH	25
» Spannungsrißkorrosion an Messingbauteilen «	24

Visitenkarten

zur schnellen Kontaktaufnahme mit den vorgestellten Unternehmen, finden Sie ab Seite 121 dieses Magazins.

**Profitieren Sie von unserem
Experten Know-how!**

Die zerstörende Werkstoffprüfung

- Ermittlung der mechanischen Kennwerte im Zugversuch, Druckversuch, Biegeversuch und Kerbschlagbiegeversuch
- Härteprüfung
- Chemische und metallographische Analysen
- U.a

Die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

- Sichtprüfung (VT)
- Durchstrahlungsprüfung (RT)
- Oberflächenrissprüfungen (MT, PT)
- U.a.

Schweißerprüfstelle





Zukunft
Gewissheit geben.

TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH Heinrich-Lanz-Allee 22 60437 Frankfurt-Kalbach
Tel.: 069 5860716-10 E-Mail: werkstofflabor@tuevhessen.de www.tuev-hessen.de TÜV®



All-inclusive Leistungen

- Probenentnahme/-herstellung
- detaillierter Prüfbericht innerhalb 48 Stunden
- Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

SYNPROCONGmbH
Fon +49 7367 923043-0
Fax +49 7367 923043-99
E-Mail info@synprocon.de
WWW.SYNPROCON.DE

Ingenieur wissenschaften

JAHRESMAGAZIN

Lampertheim, April 2016

© ALPHA Informationsgesellschaft mbH und die Autoren für ihre Beiträge

ISSN: 1618-8357

Schutzgebühr: 9,80 EUR

Idee, Konzeption und redaktionelle Koordination:

Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen (IWV)

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)



Institutsleitung: Prof. Dr. Klaus Palme, Dipl.-Ing.

Redaktionsleitung: Peter Asel

Titelseite: Christian Seipp

Bildnachweise:

Titelseite: DGM (Hintergrundbild)

Reiner Pfisterer/Hochschule Aalen (links)

Tim Schubert/Hochschule Aalen

Seite 29, 38, 120: DGM (Hintergrundbild)

Anzeigenverwaltung und Herstellung:

ALPHA Informationsgesellschaft mbH

Finkenstraße 10, 68623 Lampertheim

Tel.: 06206 939-0, Fax: 06206 939-232

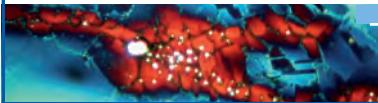
info@alphapublic.de, www.alphapublic.de

Die Informationen in diesem Magazin sind sorgfältig geprüft worden, dennoch kann keine Garantie übernommen werden. Eine Haftung für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

Die einzelnen Bildquellen sind über das Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen (IWV) zu erfragen. Die Auskunft ist kostenfrei und kann per E-Mail erfragt werden. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, des Vortrags, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwendung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung des Werkes oder von Teilen des Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechts der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweiligen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zu widerhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

Projekt-Nr. 103-016

joined for welding



AKKREDITIERTES PRÜFLABOR / DIENSTLEISTUNGEN

- Metallographische Untersuchungen an Stählen, NE-Metallen und Verbundwerkstoffen
- Schadensuntersuchungen
- Werkstoffbestimmungen
- Korrosionsversuche
- Schweißnahtuntersuchungen
- Schweißeignungsuntersuchungen
- Ermittlung mechanisch-technologischer Eigenschaften
- Kompetenzzentrum Edelstahl rostfrei

LABOR-AUSSTATTUNG

- Metallographielabor (auch mobil)
- Lichtmikroskopie/Stereomikroskopie
- Spektralanalyse
- Rasterelektronenmikroskop mit EDX
- Härteprüfer (Vickers, Rockwell, Brinell)
- Zerstörende Prüfmaschinen
- ZFP-Labor

SEMINARE (auch als In-House Schulung)

- Sechs werkstoffbezogene Metallographie-Seminare
- Metallographie thermisch gespritzter Schichten
- Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminium-Werkstoffen / Nichtrostenden Stählen / Feinkornbaustählen
- Erkennen und Bewerten von Schweißnahtunregelmäßigkeiten
- Grundlage der Werkstoffkunde metallischer Werkstoffe
- Zfp-Ausbildung nach ISO 9712
- Kundenspezifische Seminare auf Anfrage

Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
Schachenmeierstraße 37 · 80636 München

www.slv-muenchen.de



Wir bieten für die Werkstoffprüfung:

- Mikroskope
- Modernisierungen
- Wartungen und Reparaturen
- Härteprüfmaschinen aller Verfahren
- Härtevergleichsplatten und Eindringkörper
- Vor-Ort-Kalibrierungen



Deutsche Akkreditierungsstelle
D-K-20004-01-00



SIANTEC - Silvio Herzog e.K.

Schwarzbachstr. 13 | D-35708 Haiger | Fon: +49 (0)2773 9169261 | Fax.: +49 (0)2773 9169262 | www.siantec.de | info@siantec.de

Nasstrennschneid-Maschinen

Abrasive Cutter

1946 2016

70 JAHRE
winter
MASCHINENBAU



Zubehör accessories

- Untertische
floor units
- Automatischer Vorschub
automatic feeding device
- Umlaufkühlleinheiten (UKE)
recirculating unit for cooling water



WILHELM WINTER GmbH & Co. KG

Dechenstraße 1, 3 + 7
D-40878 Ratingen
E-Mail: info@wilhelmwinter.de
Tel.: 0049-2102-9954-0
Fax: 0049-2102-9954-99



www.winter-maschinenbau.de

Matworks Materialographie – Qualität quantitativ, effizient, flexibel

Die Matworks GmbH wurde 2013 aus dem Steinbeis-Transferzentrum Materials Engineering ausgegründet und ist heute ein eigenständiges Unternehmen im Steinbeis-Verbund. Als Spin-off der Hochschule Aalen arbeiten wir eng an aktuellen Themen in der Materialforschung.

Eine spezielle Kompetenz stellt die quantitative Gefügeanalyse von Bauteilen dar, Abb. 1. Diese setzt eine sehr hochwertige (artefaktfreie) Präparationstechnik voraus. Dann ist eine reproduzierbare Gefügekontrastierung durch z.B. Ätzen oder kontraststeigernde Infiltrationsverfahren und nicht zuletzt eine schnelle automatisierte Mikroskopie erforderlich. Im eigenen Materialographielabor erarbeiten wir dazu immer wieder neue robuste Präparationsmethoden für Metalle, Keramiken, Hartmagnete oder z.B. Lithium-Ionen-Batterien. Hochwertige Trenn-, Schleif- und Poliergeräte kommen genauso zum Einsatz, wie automatisierte Licht- und Elektronenmikroskope mit eigenentwickelten speziellen Software-Modulen. In enger Zusammenarbeit mit den Aalener Hochschulforschern und unseren industriellen Partnern gelingt es immer wieder neue anspruchsvolle materialographische Aufgaben zu lösen. Mit der Nutzung der neuesten High-End-Mikroskope und anderer Großgeräte am Institut für Materialforschung der Hochschule Aalen bleiben technisch damit kaum Grenzen. Trotzdem bleibt unser Anspruch, jeweils die einfachsten und effizientesten Methoden einzusetzen, denn es gilt die industriell wirtschaftlichsten Lösungen zu finden.

KONTAKT:

Matworks GmbH – Materials
Engineering Solutions
Gartenstraße 133
D-73430 Aalen
Tel.: +49 (0)7361 99904-0
Fax: +49 (0)7361 99904-19
info@matworks.de
www.matworks.de

Vor allem die Elektronenmikroskopie muss weiter automatisiert und effizienter werden. Daran arbeiten wir, am Beispiel der Entwicklung eines Multiprobenhalters (MSH-1) für die korrelative Mikroskopie. Damit können derzeit bis zu sechs Schlitte mit z.B. bis zu 36 Einzelproben in einem Paket mikroskopiert werden. Unser MSH-1 findet inzwischen rege Anwendung in der Licht- und Elektronenmikroskopie mit Carl Zeiss Mikroskopen. Schnelles, präzises und zugleich flexibles Arbeiten wird erst durch die passende Anwendungssoftware machbar. Der Matworks-Bereich des Software-Engineering leistet dafür mit „customized Software“ für die automatisierte Mikroskopie und die Bildverarbeitung einen entscheidenden Beitrag. Die schnelle automatisierte Bildaufnahme liefert immer größere Datenmengen, z.B. von bis zu 200 GB

Bildgröße. Der Umgang mit diesen „big data“ stellt aktuell eine Herausforderung dar, die es bezüglich Bildaufnahme, effiziente Visualisierung und vor allem quantitative Bildverarbeitung zu lösen gilt.

Die Fähigkeit, hohe Qualität mit Effizienz und Flexibilität zusammen zu bringen, hilft auch bei einfacheren qualitativen Serienuntersuchungen oder bei präzisen und schnellen Schadenanalysen bedeutend. „Einfache“ klassische materialographische Dienstleistungen können so auch bei hoher Mitarbeiter-Qualifikation zertifiziert nach ISO 9001 kostengünstig angeboten werden. Diese haben daher erheblich an Bedeutung gewonnen. Unseren Kundenwünschen folgend, erhöhen wir die materialographischen Auftragskapazitäten daher flexibel.

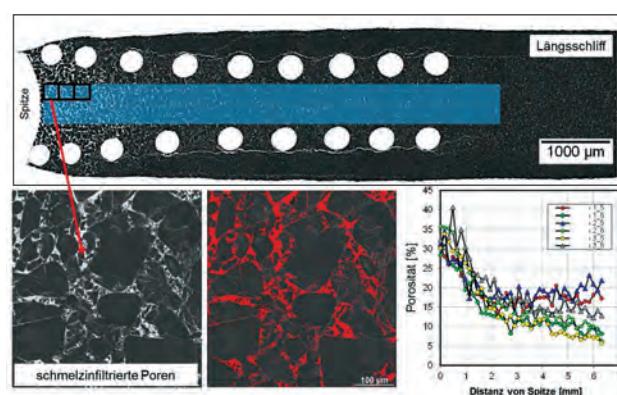


Abb. 1: Automatisierte großflächige quantitative Gefügeanalyse zur Erfassung von Prozesseinflüssen und Gefügeinhomogenitäten. Das Beispiel zeigt die Porenverteilung in einem Bauteil mit keramischer Füllung. Durch Schmelzinfiltration der Poren mit einer Al-Legierung erfolgte eine Kontrastverbesserung für die automatisierte Analyse.

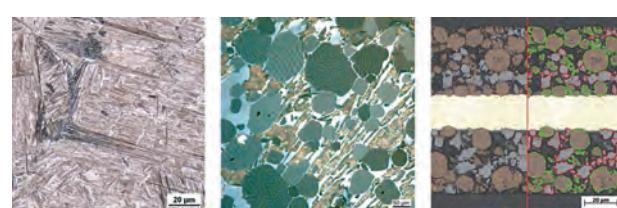


Abb. 2: Kerngeschäft von Matworks: klassische materialographische Gefüge- und Schadensanalysen an z.B. Stählen, Aluminium, Titan, Keramiken, Sintermagneten und Lithium-Ionen Batterien.



Foto: Reiner Pfisterer/IMFAA



Anwendungen und Bedeutung der Materialographie und Materialanalytik am Institut für Materialforschung Aalen

- Timo Bernthaler
- Gerhard Schneider

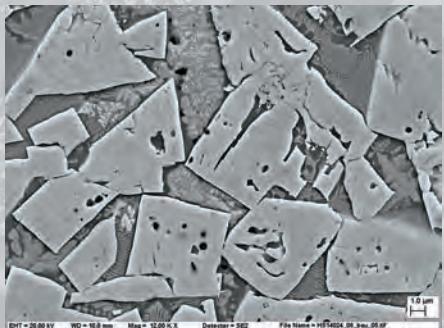


Foto: Reiner Pfisterer/IMFAA

Neue Materialien für die Energietechnik und nachhaltige Mobilität

Spezifische Kompetenzen des IMFAA und ausgewählte Forschungsergebnisse

Präparationstechniken und Gefügeinterpretation

Korrelative Mikroskopie

Automatisierte quantitative Gefügeanalyse

Sensorische Mikroskopie

» Anwendungen und Bedeutung der Materialographie und Materialanalytik am Institut für Materialforschung Aalen «

Materialographie als Schlüssel für die Entwicklung und Herstellung von Materialien am Institut für Materialforschung Aalen der Hochschule Aalen



Rasterelektronenmikroskopielabor des Instituts für Materialforschung mit umfangreicher Mikroanalytik und Nanobearbeitung mittels Laser- und fokussierter Ionenstrahlpräparation (FIB).

Das Institut für Materialforschung (IMFAA) bündelt die Forschungsaktivitäten der Materialwissenschaften an der Hochschule Aalen unter einem Dach. Eine hohe Interdisziplinarität aus Mitarbeitern der Material- und Naturwissenschaften mit Maschinenbau und Informatik zeichnet das Institut aus. Dies ermöglicht eine breit angelegte Forschung zur Herstellung und Charakterisierung von neuen Materialien für die Energietechnik und nachhaltige Mobilität. Innerhalb zukunftsweisender Forschungsprojekte bietet das Institut attraktive Themen für studentische Arbeiten bis hin zu kooperativen Promotionen. Eine hohe industrielle Anwendungsrelevanz und Vernetzung zeichnet die Forschung und Entwicklung des IMFAA aus.

Das IMFAA ist in den Forschungsschwerpunkt Advanced Materials and Manufacturing der Hochschule Aalen integriert. Seit Jahren zählt die Hochschule Aalen zu einer der forschungsstärksten Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Deutschland. Das Team des IMFAA trägt maßgeblich zu dieser Forschungsstärke bei. Gesellschaftlich relevante Materialforschungsthemen rund um die Themenfelder des Leichtbaus, erneuerbarer Energie, der ressourcenschonenden Mobilität sowie additiver Fertigungstechnologien werden methodisch als auch materialwissenschaftlich in modernen Laboren vorangetrieben. Eingebettet in nationale und internationale Forschungsverbünde und Netzwerke werden diese Themengebiete forciert.

Themenschwerpunkte des Instituts sind: „Materialographie und Materialanalytik“, „magnetische Materialien für elektrische Maschinen“, „Energiespeichermaterialien/Li-Ionen Batterien“, sowie „Verbund-/Leichtbauwerkstoffe und additive Fertigung“. Eine langjährige Expertise in Industrie und Wissenschaft in der Herstellung und Charakterisierung von Struktur- und Funktionswerkstoffen ist eine wichtige Basis hierfür. Methoden der materialographischen und gefügeanalytischen Untersuchung von Werkstoffen sind die zentrale und querschnittliche Funktion und Kompetenz für die Forschungsfelder. Dies beinhaltet die exzellente materialographische Präparation und Gefügeinterpretation sowie die automatisierte, quantitative Auswertung von Gefügestruk-

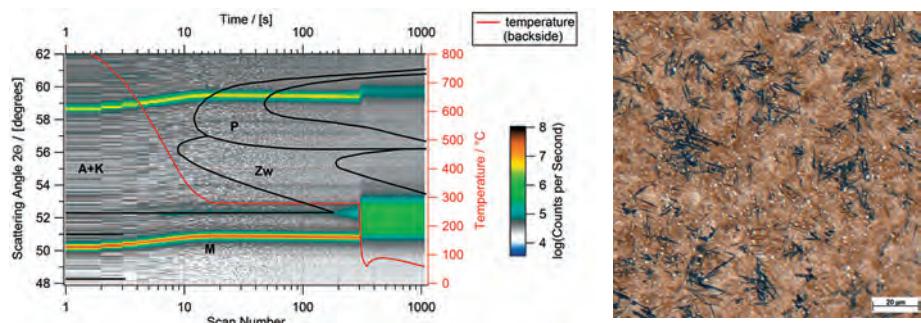
turen zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen der Herstellung und der Gefügestruktur sowie der Gefügestruktur und den Eigenschaften.

Ergänzt werden die mikroskopischen Methoden durch chemische und kristallographische Analyseverfahren, wie der Echtzeit-Hochtemperaturdiffraktometrie (iXRD) zur kristallographischen Betrachtung thermisch getriebener Phasenumwandlungen, beispielsweise isotherme Stahlhärtung (Bainitisierung).

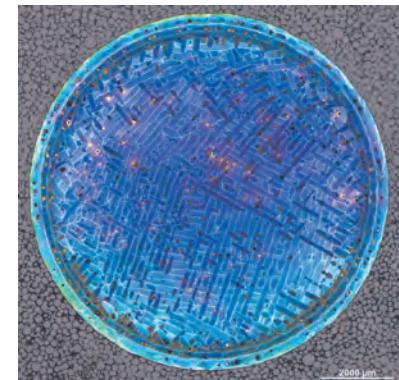
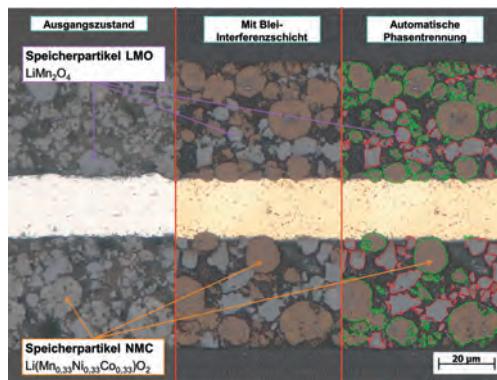
Labore und Gerätschaften zum Processing von pulvertechnologischen Materialien sind eine weitere wichtige Säule des Instituts. Im Kleinserienmaßstab können Metall-Keramikverbundwerkstoffe mittels Schmelzinfiltation sowie additiv gefertigt werden. Sintermagnete für elektrische Maschinen werden im Labormaßstab aus neuen Phasensystemen hergestellt und schnell bewertet. Verschiedene Materialsysteme von Lithium-Ionen Batterien können als Laborzellen für Anwendungstests aufgebaut werden. Für die additive Fertigung steht ein Drucker für das selektive Laserschmelzen zur Verfügung. Für all diese Formen der Materialsynthese und komplementären Prüfungen spannt die Materialographie und quantitative Gefügeanalyse die Brücke über das Gefüge zu den Anwendungseigenschaften und ermöglicht so effiziente Prozesse in der Forschung und Entwicklung.

Spezifische Kompetenzen des IMFAA und ausgewählte Forschungs-ergebnisse

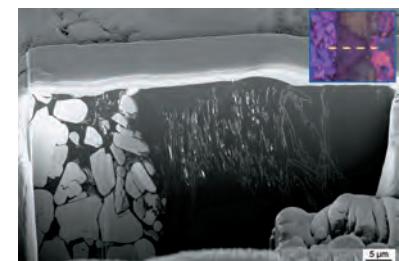
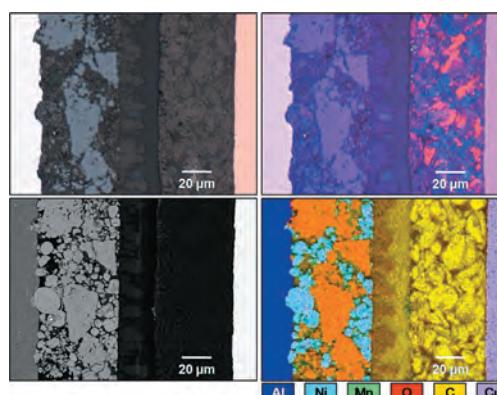
Die Expertisen und Methoden des Instituts werden durch wissenschaftliche und industrielle Forschungskooperationen ergänzt. Innerhalb größerer Forschungskonsortien werden materialwissenschaftliche, aber auch methodische Forschungsansätze verfolgt. Eine wichtige Zielstellung ist es, die Materialographie, mikroskopische Methoden und die Bildanalyse stetig weiter zu entwickeln und neuen Anforderungen beispielweise gegeben durch neue Materialklassen, komplexe Gefügestrukturen, oder auch dem Bewältigen von großen Datenmengen, anzupassen. Die Wertschätzung klassischer Untersuchungsverfahren ist dem IMFAA wichtig. Spezifische Präparationen und Kontrastierverfahren, die korrelative Mikroskopie oder Quantifizierung soll helfen, ein Maximum an Informations-



Multidimensionaler Imageplot eines 100Cr-Wälzlagerringes während einer iXRD-Analyse: Abschrecken aus dem Austenitisierungsgebiet auf 280°C mit beginnender isothermer Bainitumwandlung und zweiter Abschreckung nach 300 s auf Raumtemperatur mit Martensitbildung (links); zugehöriges, nach Beraha 10/3 geätztes Gefüge im Lichtmikroskop (rechts).



Differenzierung von Aktivmaterialien einer Kathodenfolie einer polierten Lithium-Ionen Batterie im Hellfeld und mit reaktiver Blei-Interferenzschicht zur besseren Phasentrennung für die Bildanalyse (links); Darstellung von Laserspuren einer additiv gefertigten Aluminiumlegierung zum Verständnis von Laserprozessparametern nach Barker-Ätzung mit Polarisationsbeleuchtung (rechts).



Anwendung der korrelativen Mikroskopie an Lithium-Ionen Batterien.

Linkes oberes Bildbeispiel: Elektrochemische Zelle bestehend aus Kathode links, Separator mittig und Anode rechts mit beginnend Hellfeld-, Polarisationsbeleuchtung und korrelativer Rasterelektronenmikroskopie und EDX-Elementmapping.

Rechtes oberes Bildbeispiel: korrelativer Schnitt mit einem fokussierten Ionenstrahl in Separator mit Dendritenwachstum und Verschluss der Poren des Kunststoffseparators und Schichtbildungen um Partikel.

Weitere Anwendung der korrelativen Mikroskopie an Lithium-Ionen Batterien.

Bildbeispiel: Korrelativer Schnitt mit einem fokussierten Ionenstrahl in eine zuvor im Röntgenmikroskop (XRM) gescannte Kathodenfolie zur Freilegung tiefliegender Objekte (rechts).



Lithium-Ionen Batterien für automobile und stationäre Anwendungen erfolgen. Ein ähnliches Ziel verfolgt das Institut für additiv gefertigte Materialien.

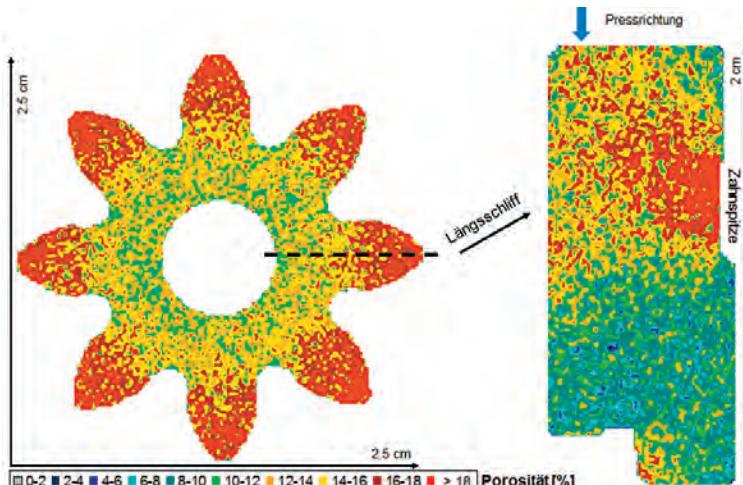
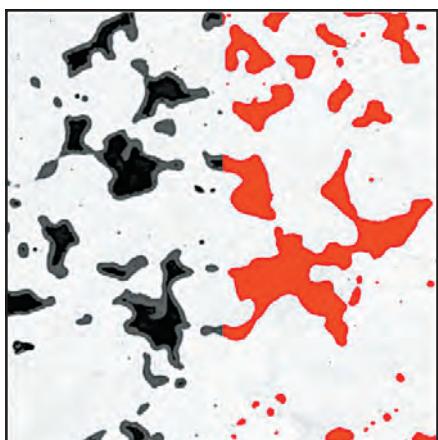
Mittels **korrelativer Mikroskopie** – der realen und virtuellen Verknüpfung der Licht- und Rasterelektronenmikroskopie – lassen sich wichtige Gefüge- und Strukturmerkmale ermitteln. Beispielsweise erlauben diverse korrelative Ansätze die Untersuchung von Lithium-Ionen Batteriematerialien für eine umfängliche Multiskalen-Materialanalytik. So können gezielter Rückschlüsse auf mögliche mikrostrukturelle Alterungsphänomene, wie zum Beispiel Dendritenbildungen in Separatoren oder Riss- und Schichtbildungen, erhalten werden.

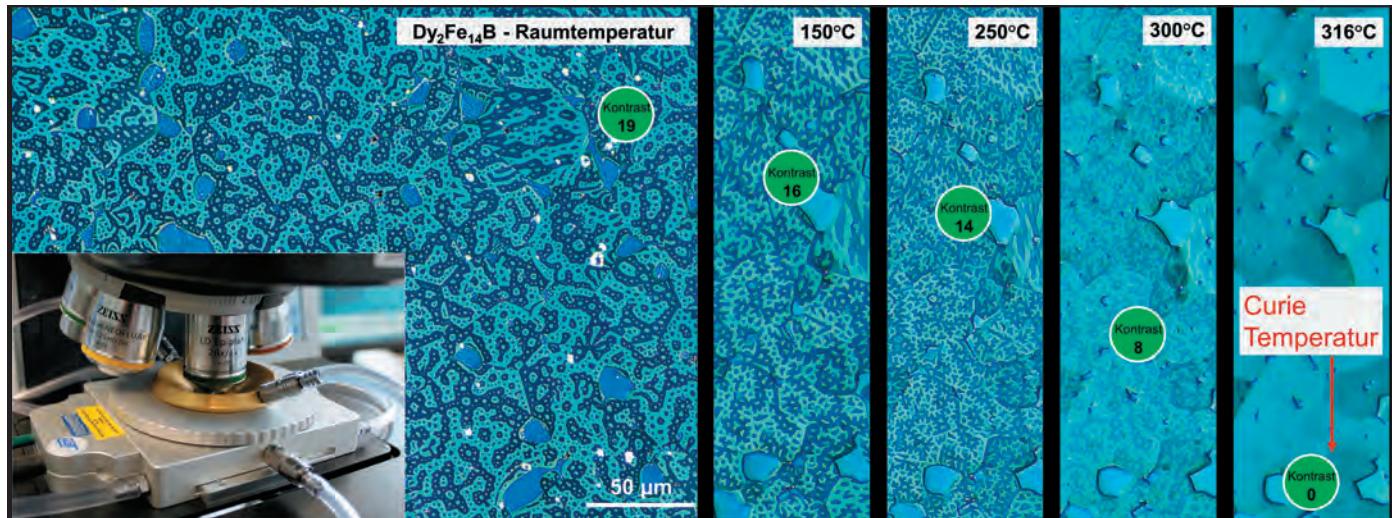
Die **automatisierte quantitative Gefügeanalyse** ist ein wichtiger Schwerpunkt des IMFAA. Das Abscannen großer Probenflächen erlaubt es, quantitativ anwendungsrelevante Inhomogenitäten in Bauteilen wie zum Beispiel die Porosität lateral zu visualisieren. Mit Einzelbildaufnahmen ist dies nicht zu bewerkstelligen. Neue Ansätze beruhen auf der Erstellung komplett hochauflögender, virtueller Gesamtbilder einer Probe

und in der Auswertung von großen Bilddaten. Die Analysezeit von 28000 Mikroskopfeldern reduziert sich so bei einer 200fachen Vergrößerung von rund 15 auf weniger als 1,5 Stunden. Die Bilddaten im Bereich von 5-50 Gigabyte werden effektiv durch Nutzung intelligenter Softwarelösungen verarbeitet. Diese Effizienz macht das Verfahren attraktiver für die industrielle Qualitätssicherung von z.B. pulvertechnologischen Bauteilen.

Eine weitere spezifische Kompetenz stellt die **sensorische Mikroskopie** dar. Aufbauend auf physikalischen Modellen und verknüpfbaren Gefügemerkmalen, können spezifische gefügeempfindliche Eigenschaften direkt aus einem Mikroskop-Bild abgeleitet werden. Erfolgreich funktioniert dies beispielsweise bei hartmagnetischen Materialien. Mittels Kerr-Mikroskopie wird die Domänenstruktur von Permanentmagneten visualisiert und Kontrast und Weite mit einem physikalischen Modell verknüpft. Eine schnelle Ermittlung der Sättigungsmagnetisierung ist dann möglich. In Kopplung mit einem Mikroskopheiztisch, ist auch die Curie-Temperatur am Mikroskop bestimmbar. Für die

Automatisierte großflächige Mikroskopie zur Visualisierung von Gefügeinhomogenitäten wie zum Beispiel der Porositätsverteilung in pulvermetallurgisch hergestellten Sinterbauteilen





Suche nach neuen seltenerdfreien oder seltenerdreduzierten Magnetphasen für elektrische Maschinen ist das von hoher Relevanz.

Aktuell wird am Institut an Algorithmen aus der **künstlichen Intelligenz**, bzw. dem **maschinellen Lernen**, geforscht. Trainierte neuronale Netze erkennen und klassifizieren eigenständig Gefügestrukturen. Derartig wird so die Härteverteilung in Stahlgefügen anhand Gefügemerkmalen bestimmt. Zur Qualitätsbewertung werden große Bauteilflächen abgescannt und automatisch ausgewertet, um Ungänzen im Aufbau – beispielsweise Fremdeinschlüsse oder Schichtdickenschwankungen – zu erfassen und per Fehlergalerie auszugeben.

Viele dieser Forschungsarbeiten präsentiert das IMFAA in Veröffentlichungen und Tagungsbeiträgen. Die Mitarbeit und Gestal-

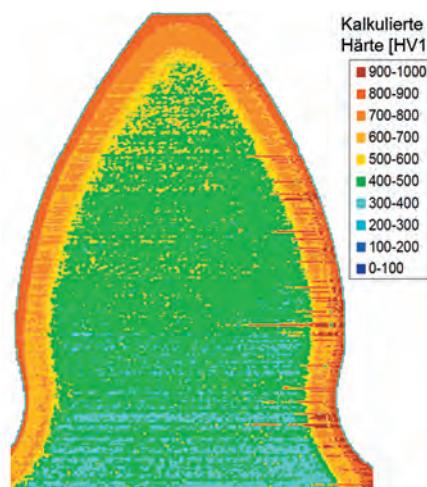
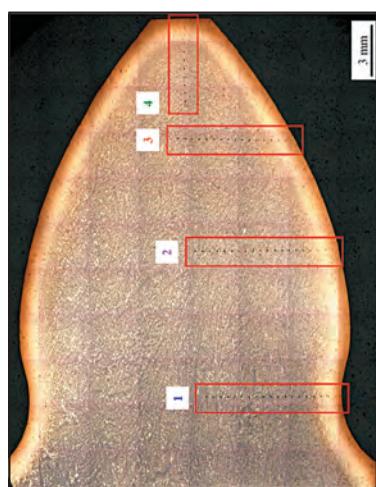
tung diverser Arbeitskreise des Fachausschusses Materialographie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (z.B. Präparation, quantitative Gefügeanalyse, Aalener und Stuttgarter Metallographentreff) und der in 2013 initiierte Aalener Materialmikroskopietag tragen zudem zur Sichtbarkeit dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bei.

Die vielfältigen Forschungsaktivitäten mit industriellen und wissenschaftlichen Kooperationspartnern sowie hochwertig ausgestattete Labore stärken auch die anwendungsorientierte Lehre in der Fakultät Maschinenbau/Werkstofftechnik mit den Studienmöglichkeiten der Materialographie, der Werkstoff- und Oberflächentechnik sowie dem Forschungsmaster „Advanced Materials and Manufacturing“ und dem Master „Angewandte Oberflächen- und Materialwissenschaften“.

Kopplung eines Kerr-Mikroskops mit einem Heiztisch zur temperaturabhängigen Bestimmung von Magnet-eigenschaften durch Analyse der Domänenstruktur.

Autoren:

Dr. Timo Bernthalter
Prof. Dr. rer. nat Gerhard Schneider
Hochschule Aalen – Institut für Materialforschung



Anwendung künstlicher Intelligenz zur Ermittlung der Härteverteilung in randschichtgehärtetem Stahlzahnrad.

KONTAKT:

Hochschule Aalen

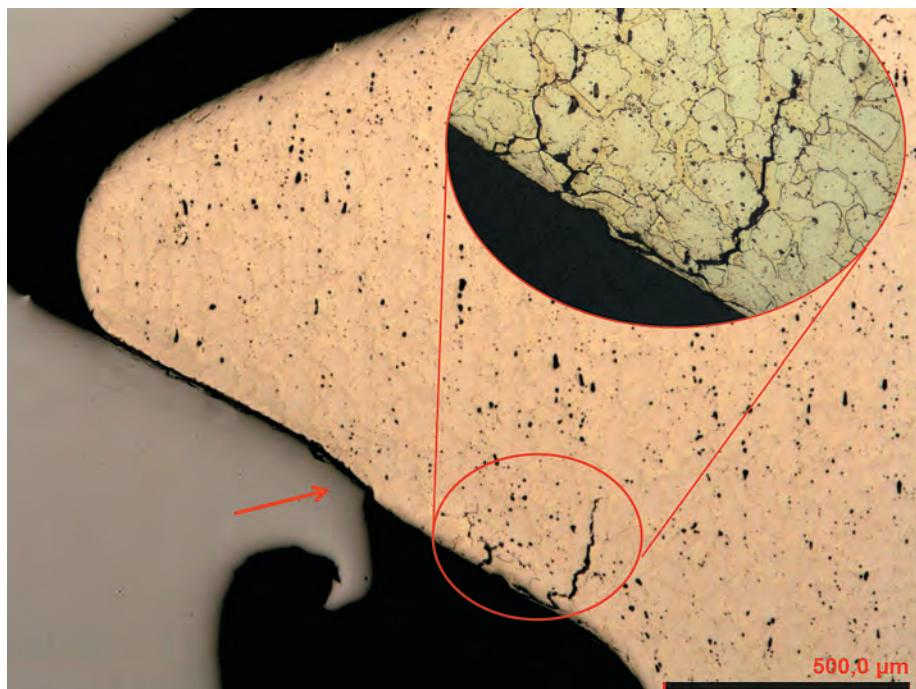
Institut für Materialforschung (IMFAA)
Beethovenstraße 1
D-73430 Aalen
Tel.: +49 (0)7361 576-2184 oder -2278
Fax: +49 (0)7361 576-2250
imfaa@hs-aalen.de
www.hs-aalen.de/materialforschung

»Spannungsrißkorrosion an Messingbauteilen«

In der Technik ist die Vermeidung von Spannungsrißkorrosion (SpRK), die häufig zu sehr kostenträchtigen Sekundärschäden führt, eine große Herausforderung. Eine systematische Untersuchung zeigt, dass es nötig ist, alle Einflussparameter zu beachten.

Messinglegierungen, wie der Werkstoff CuZn39Pb3, sind für Fittings zur Verbindung von Kupferrohren mit anderen wasserführenden Systemen aufgrund der guten Bearbeitbarkeit, der Kosten sowie der guten Kombination aus Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit in der Technik beliebt. Jedoch sind diese Bauteile häufig anfällig gegenüber Spannungsrißkorrosion.

Die SpRK gehört zu den mechanisch unterstützten Korrosionsmechanismen und benötigt grundsätzlich drei Systemvoraussetzungen: eine Empfindlichkeit des Werkstoffes gegenüber SpRK, ein korrosives Medium (z.B. Wasser) und entweder intrinsische (Eigenspannungen) oder extrinsische (Montage) Zugspannungen im Bauteil.



Die schadensauslösenden Parameter eines nach wenigen Monaten gerissenen Durchflussreglers in einem Heizwasserverteilerblock werden anhand einer durchgeföhrten systematischen Schadensanalyse deutlich: Die metallographische Präparation des verschraubten Systems zeigt einerseits plastische Verformungen der Gewindeflanke in Folge zu hoher Montagespannungen (s. Pfeil), während die Härte mit 133 HB deutlich über der empfohlenen Obergrenze von 110 HB liegt. Zugleich begünstigt das vorliegende Gefüge (**Abb.**) das Fortschreiten des Span-

nungsrißes entlang der harten, Zn-reichen beta-Phase (dunklere Phase). Diese empfindlichere Phase hat sich hier als durchgängige Matrix mit inselartig eingebetteter weicherer alpha-Phase ausgebildet.

Zur Schadensvermeidung ist nach der Zerspanung eine Matrix aus weichgeglühter alpha-Phase mit eingelagerter beta-Phase mit einer Brinellhärte unterhalb von 100 HB anzustreben. Eine Montage sollte drehmomentbegrenzt sein. Nur das Wasser, das lässt sich noch nicht vermeiden...

KONTAKT:

W.S. Werkstoff Service GmbH
Katernberger Straße 107
D-45327 Essen
Tel.: +49 (0)201 316844-0
Fax: +49 (0)201 316844-29
info@werkstoff-service.de
www.werkstoff-service.de

WERKSTOFFKOMPETENZ



WIR GEBEN IHNEN SICHERHEIT

■ INSPEKTION, SCHADENSANALYSE

Akkreditierte Inspektionsstelle nach DIN EN ISO 17020

■ WERKSTOFFPRÜFLABOR

Akkreditiertes Labor nach DIN EN ISO 17025

■ WEITERBILDUNG

Zertifizierte und anerkannte Ausbildungsstätte
(DGZfP, ISO 9001, AZAV)

■ INDUSTRIESEKTOR EISENBAHN

ZfP Kompetenzstelle im Industriesektor Eisenbahn
nach DIN 27201-7

■ WÄRMEBEHANDLUNGSLABOR

Wärmebehandlung mit moderner Mess- und
Auswertetechnik

■ PROBENWERKSTATT

CNC-gesteuerte Fertigung



Wir beraten Sie gern.



WERKSTOFF SERVICE

www.werkstoff-service.de

W.S. Werkstoff Service GmbH
Katernberger Str. 107 | 45327 Essen
Fon +49 201 316844-0 | Fax +49 201 316844-29
info@werkstoff-service.de



30. MÄRZ
CONTROL

Zukunftsweisende
Technologien und Innovationen
Qualitätssicherung auf Welt-Niveau

Control

**30. Control – Internationale Fachmesse
für Qualitätssicherung**

Messtechnik • Werkstoffprüfung • Analysegeräte
Optoelektronik • QS-Systeme/ Service

26.-29. APRIL 2016 · STUTTGART

www.control-messe.de

 **SCHALL**
MESSEN FÜR MÄRKTE

»Planschleifgerät PlanarMet 300 beschleunigt Probenpräparation«

Ein Maximum an Geschwindigkeit, Präzision und Komfort bei der Präparation von Metallographieproben standen im Mittelpunkt der Entwicklung des PlanarMet 300 Tisch-Planschleifgeräts von Buehler – ITW Test & Measurement GmbH. Sein fest montierter 305-mm-Schleifstein ermöglicht zusammen mit dem leistungsstarken Motor einen Materialabtrag bis zu 0,6 mm/min und damit ein bis zu zehnmal schnelleres Schleifen als mit SiC-Papier.

Mit dem Zentralandruck-Probenhalter für bis zu 10 Proben können drei bis vier Schleifstufen in einem Schritt ablaufen. Der Abtrag ist auf bis zu 0,1 mm exakt programmierbar. So bietet das Zeit, Platz und Kosten sparende PlanarMet 300 unter dem Strich die gleiche Leistung wie große Standmaschinen.

Der Schleifprozess kann zeit- oder materialabtragsgesteuert mit variabler Geschwindigkeit und wählbarer Rotationsrichtung des Automatikaufzuges erfolgen. Ein integrierter Kühlwasserzufluss sorgt zusammen mit einem speziellen Wasserverteiler auch unter aggressiven Bedingungen für optimale Kühlung und hält damit die Probendeformation minimal. Das automatische, selbstkalibrierende Abrichtsystem mit einstellbarer Abrichtfrequenz und -tiefe sorgt bei jedem Zyklus für plane, gereinigte Schleifflächen und gleichbleibende Ergebnisse. Der wahlweise aus Al₂O₃ oder SiC bestehende Schleifstein lässt sich in wenigen Minuten durch Lösen einer zentralen Schraube wechseln. Danach kalibriert sich das System automatisch neu. Die Bedienung des Gerätes erfolgt über eine Folientastatur, auf der auch die Programmparameter angezeigt werden.



Dank des kompakten Designs lässt sich das PlanarMet 300 Tisch-Planschleifgerät meist unmittelbar neben einem EcoMet/AutoMet Schleif- und Poliergerät von Buehler aufstellen. Beide Systeme verwenden die gleichen Zentralandruck-Probenhalter, so dass diese nach dem Planschleifen direkt auf dem Poliersystem weiterverwendet werden können.

KONTAKT:

Buehler ITW Test & Measurement GmbH
<http://www.buehler.com/Germany/>

NEU: Kühlschmierstoff Cool 3

Maximiert Effizienz – Minimiert Arbeitsplatzbelastung

Cool 3 – ein neuer wasserlöslicher Kühlschmierstoff für die Materialographie und Fertigung mit hoher Effizienz und Umweltverträglichkeit.

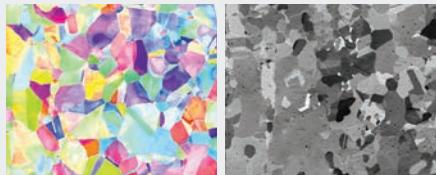
- Schneller Abtransport von Wärme, Spänen und Abrieb von der Schnittfläche – für hohe Trenn- und Durchsatzleistungen.
- Borfreie Rezeptur ohne mineralische und synthetische Öle – riecht angenehm und vermeidet negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden des Labor- und Produktionspersonals.
- Schützt vor Korrosion, pflegt Spannmittel – hinterlässt keine klebenden Rückstände.

Fordern Sie Ihr kostenloses Muster an:
info.eu@buehler.com

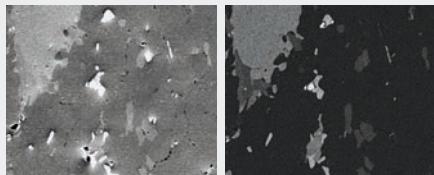


Solutions for Materials Preparation, Testing and Analysis

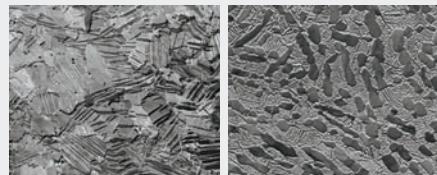
» How To Improve Your EBSD Analysis Results with PRIAS and NPAR «



Orientation Contrast



Atomic Number Contrast



Topographical Contrast



TEAM™ Pegasus for EDS & EBSD Analysis Smart enough to help you reach the summit

- EDS and EBSD seamlessly integrated with a single user interface.
- Octane Elite - a new breed of EDS silicon drift detector with Si_3N_4 window for up to 60% increase in light element sensitivity.
- Hikari - the fastest EBSD cameras available, for high speed collection and high precision measurement.
- Streamlined workflows for fast and accurate results in 3 clicks.

EDAX
Smart Insight

AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

Pattern Region of Interest Analysis System (PRIAS)

PRIAS is a synergistic imaging technique for visualizing microstructure. It enables users to quickly characterize materials without full EBSD pattern indexing. With a novel use of the EBSD camera, PRIAS provides as many as 25 positional electron detectors to allow unprecedented flexibility in image collection and visualization. Applications include traditional EBSD materials like metals, ceramics, semiconductors, and minerals as well as analysis of plastics and glasses. PRIAS Imaging simultaneously detects multiple contrast mechanisms such as orientation contrast, atomic number contrast and topographical contrast.

PRIAS has a comprehensive toolbox for processing, coloring, and extracting useful information from the images generated from the multiple positional detectors. The detector signals can also be compared computationally and the difference displayed as grey-scale or colored images. This allows quick identification of the grain boundaries and microstructure and can be used for a rapid estimation of grain size. By combining multiple detectors with flexible image visualization and analysis, PRIAS enables exciting new insights into today's materials analysis.

tion and analysis, PRIAS enables exciting new insights into today's materials analysis.

Neighbor Pattern Averaging and Reindexing (NPAR)

EBSID indexing performance is determined by the imaging noise and the acquisition speed of the patterns. In order to collect EBSD data faster, noisier patterns are acquired and analyzed. This works fine up to a point, but eventually the signal to noise level in a pattern drops to a level where the band positions cannot be accurately detected. When this occurs the noise level of the patterns must be reduced by slowing down the acquisition or by averaging multiple frames from the camera.

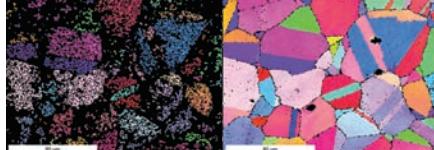
NPAR provides a new solution that reduces image noise and maintains collection time to improve indexing performance. All the EBSD patterns are saved during mapping. For each point in the map, all the surrounding patterns are selected and averaged with the selected point. This patented approach reduces noise and improves indexing results, allowing the EBSD system to run at faster speeds and lower beam currents than previously possible.

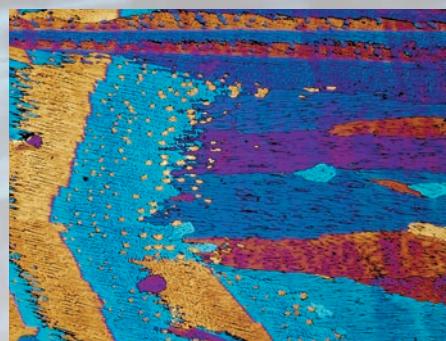
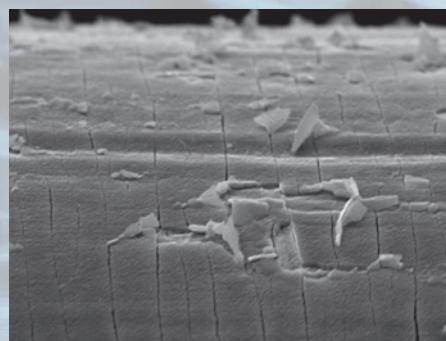
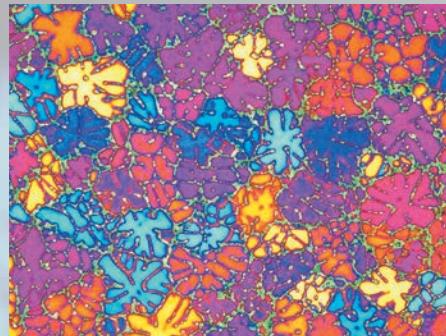
KONTAKT:

Ametek GmbH

Geschäftsberreich EDAX
Rudolf-Diesel-Straße 16
D-64331 Weiterstadt
Tel.: +49 (0)6150 543-7050
www.edax.de

EBSID Data collected from an Inconel 600, Nickel superalloy at 500 pA beam current at 500 indexed points per second without NPAR (left) and with NPAR (right).





DGM

Deutsche Gesellschaft
für Materialkunde eV

**Vorstellung des Fachausschusses Materialographie
und seiner Arbeitskreise**

■ Markus Rettenmayr

Ausbildung

Bauteilmetallographie

Focused Ion Beam („FIB“)-Anwendungen in der Materialographie

Materialographie im Internet

Mikroskopie der Kunststoffe und Kunststoffverbunde

Probenpräparation

3D-Mikroskopie von Oberflächen

Quantitative Gefügeanalyse

Rasterelektronenmikroskopie in der Materialprüfung

Rasterkraftmikroskopie und nanomechanische Methoden

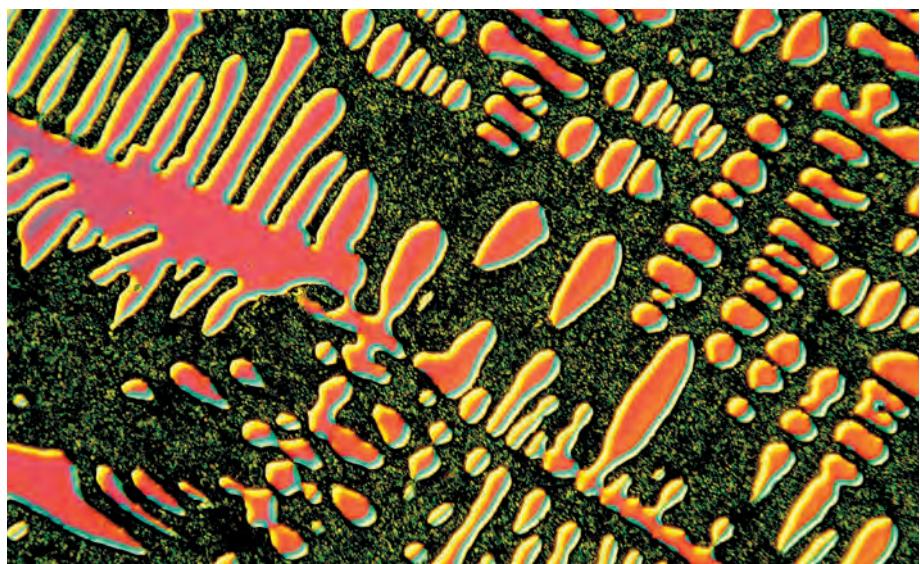
Tomographie in der Materialforschung

Archäomaterialographie

»Vorstellung des Fachausschusses Materialographie mit Aufgaben und Zielen«

Die ständige Anpassung von Werkstoffen an ihre Einsatzbedingungen sowie das Erschließen neuer Anwendungen erfordert eine kontinuierliche Weiterentwicklung von Geräten und Methoden zur Materialpräparation und -charakterisierung.

Unter dem Begriff der Materialographie werden alle Methoden zur Gefüge- und Strukturuntersuchung von Werkstoffen zusammengefasst. Dies beinhaltet die Probenpräparationsverfahren in den verschiedenen Werkstoffklassen, alle mikroskopischen Methoden von der Licht- bis zur Elektronenmikroskopie, kristallographische und strukturelle Charakterisierungsmethoden bis hin zur hoch auflösenden Röntgen-Computertomographie sowie die Analyse, Bewertung und Dokumentation der mikroskopischen Untersuchungsergebnisse.



Der Fachausschuss Materialographie ermöglicht und koordiniert mit seinen Arbeitskreisen den regelmäßigen Austausch unter Fachleuten mit dem Ziel, diese wichtige Disziplin weiter zu entwickeln. Dabei wird die organisatorische und strategische Leitung vom Vorsitzenden und seinem Stellvertreter wahrgenommen, die von den Mitgliedern des Arbeitskreises Koordinierung beratend unterstützt werden. Der Arbeitskreis Koordinierung setzt sich zusammen aus den amtierenden sowie ehemaligen Leitern des Fachausschusses, aus den amtierenden Leitern der Arbeitskreise im Fachausschuss, aus Vertretern der DGM-Geschäftsstelle sowie Vertretern anderer Verbände und aus weiteren Mitgliedern des Fachausschusses, die hierzu eingeladen werden.

Im Rahmen des Fachausschusses Materialographie haben sich zahlreiche Arbeitskreise gebildet, die sich in regelmäßigen Treffen mit Teilespekten der Materialographie beschäftigen. Im Einzelnen sind dies die Arbeitskreise

Ausbildung

■ Die qualifizierte Ausbildung von Technischen Assistentinnen und Assistenten für Metallographie ist unverzichtbar für Industrie und Forschung. Diese Fachkräfte werden am Lette-Verein Berlin und am Technischen Berufskolleg Solingen ausgebildet. Weiterhin kann an der Hochschule Aalen in 7 Semestern der Bachelor für Materialographie erworben werden. Der Arbeitskreis Ausbildung hat zum Ziel, die Wahrnehmung des Berufs Metallograph/ in in der Öffentlichkeit zu verstärken, die Einsatzmöglichkeiten von Metallographen/ innen bekanntzumachen, über die Anpassung der Ausbildungsinhalte infolge veränderter Anforderungen im Berufsleben zu diskutieren und schulübergreifende Projekte aufzubauen.

Bauteilmetallographie

■ Die Bauteilmetallographie als Sonderform metallographischer Untersuchungen vor Ort ermöglicht zerstörungsfrei Gefügebe-

KONTAKT:

Fachausschuss Materialographie

Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider

Leiter des Fachausschusses

Materialographie der Deutschen

Gesellschaft für Materialkunde (DGM)

Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft

Beethovenstraße 1

D-73430 Aalen

Tel.: +49 (0)7361 576-2101

Fax: +49 (0)7361 576-2329

G.Schneider@HTW-Aalen.de

www.materialographie.uni-jena.de

stimmungen und Oberflächenuntersuchungen unter Vermeidung reparaturauslösender Probenentnahmen an betrieblichen Anlagen und Bauteilen. Der Arbeitskreis organisiert ein Fortbildungspraktikum, in dem die bestehenden gerätetechnischen Möglichkeiten bzw. die üblichen Arbeitstechniken aufgezeigt werden und über bewährte Arbeitserfahrungen berichtet wird.

Focused Ion Beam („FIB“)-Anwendungen in der Materialographie

■ Der Arbeitskreis bietet eine Plattform für Kontakte zwischen Vertretern von wissenschaftlichen Institutionen, der Anwendungsindustrie und der Gerätehersteller. Industrielle sowie wissenschaftliche Fragestellungen zu Präparationstechniken für die Elektronenmikroskopie (Transmission und Raster) werden besprochen, es wird ein fundiertes Verständnis für Wechselwirkungsprozesse bei der Materialbearbeitung erarbeitet, Strategien zur Reduzierung der Präparationszeit werden aufgestellt, und Entwicklungsanforderungen für die Gerätehersteller werden definiert.

Materialographie im Internet

■ Aufgabe des Arbeitskreises ist es, auf Basis der Internetseite www.materialography.net Informationen und eine unkomplizierte Diskussionsplattform rund um den Bereich der Materialographie bereitzustellen. Dies umfasst alle mikroskopischen Charakterisierungsverfahren von Werkstoffen, die mikroskopische Abbildung sowie die quantitative Beschreibung der komplexen, räumlichen Mikrostruktur (des Gefüges) sowie die dafür notwendige Präparation. Die Besucher können eigene Erfahrungen in Form einer Präparationsdatenbank (PETziDAT) und in einem Diskussionsforum weitergeben.

Mikroskopie der Kunststoffe und Kunststoffverbunde

■ Die wesentlichen Unterschiede bei der Präparation von Kunststoffen im Verhältnis zu kristallinen Werkstoffen sind nicht leicht zugänglich und werden im Arbeitskreis besprochen sowie in Praktika auch umgesetzt. Es werden Anleitungen zur Kunststoffmikroskopie zur Verfügung gestellt, mikroskopische Arbeitstechniken in Rundversuchen vereinheitlicht, Fehlerkataloge zur Kunststoffmikroskopie und Möglichkeiten der Schadensanalyse mit Hilfe der Mikroskopie erarbeitet.

Probenpräparation

■ Zielsetzung des Arbeitskreises ist es, moderne Präparationsverfahren und -techniken für die tägliche Laborpraxis zugänglich zu machen. Dies umfasst präparative Arbeiten z.B. mit Gemeinschaftsversuchen, Zusammenstellungen von Fachliteratur und Umfragen, Workshops und die Mitarbeit an Arbeitsrichtlinien und Normen.

3D-Mikroskopie von Oberflächen

■ Der Arbeitskreis bietet ein Forum zum Austausch zwischen erfahrenen und neuen Anwendern von 3D-Messverfahren in wissenschaftlichen und industriellen Bereichen sowie den Geräteherstellern. Beispiele für behandelte 3D-Messverfahren sind makroskopische Bildschnittverfahren über Fokusebenen, Weißlicht- und Laserprofilometrie, konfokale Lasermikroskopie, Weißlichtinterferenzmikroskopie, Stereobildpaaranalyse. Derzeit gilt besonderes Interesse dem Kalibrieren von Messsystemen und der Optimierung von Mess- und Verfahrenstechniken.

Quantitative Gefügeanalyse

■ Der Arbeitskreis hat die Anwendung von Stereologie und quantitativer Bildanalyse in der täglichen Praxis zum Thema. In regelmäßig stattfindenden Workshops werden Aspekte der Gefügeanalyse behandelt und neue Trends, Software und Geräte vorgestellt.

Rasterelektronenmikroskopie in der Materialprüfung

■ Der Arbeitskreis beschäftigt sich mit dem Einsatz des EBSD-Verfahrens und der Fraktographie, d.h. der Analyse von Bruchflächen aller Werkstoffklassen. Es wird eine fraktographische Datenbank aufgebaut, Fallbeispiele werden diskutiert.

Rasterkraftmikroskopie und nanomechanische Methoden

■ In jährlichen Treffen werden ausgewählte Themen der Rasterkraftmikroskopie und der mechanischen Tests auf feinsten Längenskala sowie die dazugehörigen Prozesse im Material behandelt.

Tomographie in der Materialforschung

■ Der Arbeitskreis ist eine Informations- und Kommunikationsplattform von Methoden- und Materialentwicklern, Anwendern und Kunden auf den Gebieten der Entwicklung und Anwendung von 3D-abbildenden Methoden zur Werkstoffanalyse. Der Arbeits-

kreis Tomographie ist inhaltlich auf Messtechniken und Applikationen aller Art fokussiert, die sich mit der Gewinnung, Verarbeitung und Bewertung von 3D-Volumeninformation befassen, d.h. Informationen liefern über die dreidimensionale Struktur von Werkstoffen und Bauteilen sowie die Defekte auf verschiedenen Längenskalen.

Archäomaterialographie

■ Die Entwicklung neuer Werkstoffe und Prozesse geht einher mit der Weiterentwicklung metallographischer Methoden. Aber auch bei der Präparation von antiken Materialien und Werkstücken kann in der Regel nicht ohne weiteres auf gängige Techniken zurückgegriffen werden, da meist nur wenig Material zur Verfügung steht und die Untersuchungen zudem zerstörungsfrei ablaufen müssen. Präparationstechniken, Materialcharakterisierung und der Rückschluss auf Herstellungsprozesse sind die Hauptthemen des Arbeitskreises.

Weiterhin werden in 11 regionalen Arbeitskreisen Metallographinnen und Metallographen zum firmenübergreifenden fachlichen Erfahrungsaustausch zusammen geführt und jeweils ortsnah eine Weiterbildungsmöglichkeit angeboten.

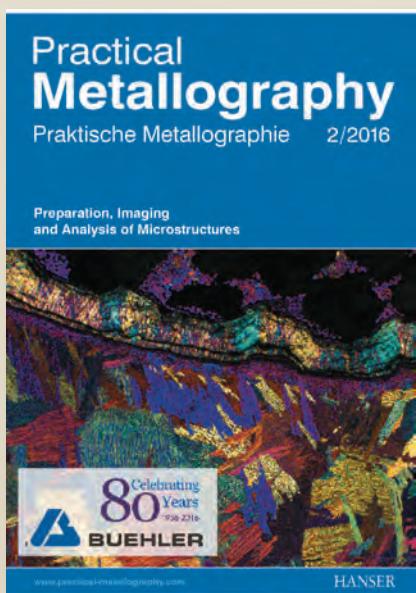
Der Arbeitskreis Koordinierung entscheidet ggf. über die Schließung nicht mehr aktiver und die Eröffnung neuer Arbeitskreise. Neue Mitglieder im Fachausschuss und in den Arbeitskreisen sind jederzeit willkommen.

Autor:

Prof. Dr. Dr. h. c. Markus Rettenmayr

Stellvertretender Leiter des Fachausschusses
Materialographie der Deutschen Gesellschaft für
Materialkunde (DGM)

» Fundiertes Hintergrundwissen über Metallographie/Materialographie «



Carl Hanser Verlag GmbH & Co.KG, München
ISSN 0032-678X

Founding Editor: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Günter Petzow
Editor: Prof. Dr.-Ing. Frank Mücklich
Editorial Office: Dipl.-Ing. Michael Engstler,
Sarah Marie Lößlein, Jonas Wagner

Universität des Saarlandes
Lehrstuhl Funktionswerkstoffe
Campus D3 3
D-66123 Saarbrücken
Tel: 0681-302-70500
Fax: 0681-302-70502
pm-editor@matsci.uni-sb.de
Autoreninfos:
www.materialgraphy.net

Praktische Metallographie informiert umfassend und aktuell über:

- Metallische Werkstoffe (Metallographie/Materialographie)
- Keramische Werkstoffe (Keramographie)
- Kunststoffe (Plastographie)
- deren Kombinationen in Werkstoffverbunden und Verbundwerkstoffen
- alle mikroskopischen Abbildungsverfahren und deren Anwendung in der Materialographie
- Verfahren zur Quantifizierung der räumlichen Mikrostruktur und deren Anwendung
- Diagnose von Schadensfällen
- Fachveranstaltungen und -literatur

Praktische Metallographie bietet Beiträge in zwei verschiedenen Formaten:

- **Full Paper** ist ein traditionell erfolgreiches Format und präsentiert Darstellungen und Diskussionen in angemessenem Umfang. Es erscheint zweisprachig englisch/deutsch.
- **Failure Analysis** ist ein Publikationsformat, das die Aufklärung eines Schadensfalls präsentiert. Der Beitrag erscheint ebenfalls zweisprachig englisch/deutsch.

Verfasser der Magazinbeschreibung:

Michael Engstler, Universität Saarbrücken – Peter Asel, Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen
Stand: März 2016

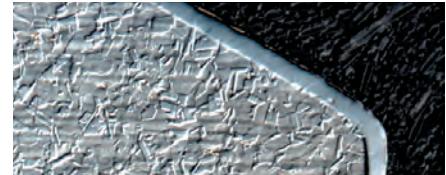
»Oberflächenhärtung austenitischer Edelstähle – hart und korrosionsbeständig«

Austenitische rostfreie Stähle gelten als nicht härtbar, zumindest nicht mit klassischen Härtmethoden. Wärmebehandlungen wie das Nitrocarburieren führen zwar zu einer Härtesteigerung, jedoch wird die Korrosionsbeständigkeit auf Grund der Bildung unerwünschter Karbide oder Nitride zerstört. Eine Möglichkeit, die Härte korrosionsbeständiger Stähle unter Beibehaltung der Korrosionseigenschaften zu erhöhen, bieten seit über 20 Jahren die S³P-Verfahren von Bodycote.

Bei den verschiedenen S³P-Verfahren werden mittels Niedertemperatur-Diffusion eine große Menge Kohlenstoff und/oder Stickstoff im Atomgitter der Stähle gelöst. Aufgrund der niedrigen Prozesstemperatur (< 500 °C) kann die Bildung unerwünschter Chromkarbide und -nitride verhindert werden. Die Korrosionsbeständigkeit der behandelten Werkstoffe

bleibt erhalten. Die auf Zwischengitterplätzen gelösten Kohlen- oder Stickstoff Atome führen zu großen Druckeigenspannungen in der Randzone, was zu einer Steigerung der Oberflächenhärte bis um den Faktor 5 führt. Oberflächenhärtungen bis zu 1.300 HV0,05 und Diffusionstiefen bis 40 µm sind möglich. Die so modifizierte Randzone ist auch unter der Bezeichnung „S-Phase“ bekannt. Es handelt sich nicht um eine Beschichtung sondern eine duktile Diffusionszone. Eigenschaften wie Verschleißbeständigkeit, Widerstand gegen Kaltverschweißen, Dauerschwingfestigkeit und Kavitationsbeständigkeit werden somit stark verbessert.

S³P oberflächengehärtete Bauteile sind bereits millionenfach im Einsatz. Vom Automobilbau bis zur Chemischen Industrie, von der Nahrungsmittelverarbeitung bis zur Medizintechnik existieren erprobte Anwendungen.



S³P behandelter austenitischer Edelstahl (316L). Ausscheidungsfreie und harte Randzone.

Neben austenitischen Legierungen sind auch viele martensitische sowie Nickel-Basis und Kobalt-Chrom Legierungen behandelbar. Kontaktieren Sie unsere Experten und lassen Sie sich von den Möglichkeiten der verschiedenen S³P-Verfahren überzeugen.

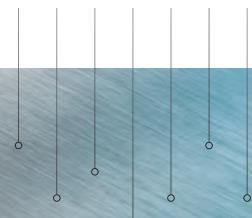
KONTAKT:
s3p@bodycote.com
www.bodycote.com

CORROSION RESISTANCE
FATIGUE RESISTANCE
WEAR RESISTANCE
SAFETY
SIZZLING
AVITATION
RELIABILITY

SURFACE HARDENING OF STAINLESS STEEL

S³P – Specialty Stainless Steel Processes

We have the solutions:



»Kompetenzen bündeln, Strukturen geben, Wege öffnen«

Die Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM) ist Europas größte technisch-wissenschaftliche Fachgesellschaft der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (MatWerk). Als Interessensvertretung ihrer Mitglieder bündelt sie seit fast 100 Jahren die Kompetenzen des Fachbereichs aus Wissenschaft und Industrie. Die Materialographie war von Anfang an dabei.

Wer bei Energie, Mobilität, Gesundheit, Sicherheit oder Kommunikation als zentralen High-Tech-Megatrends der Zukunft mit den stetig wachsenden Herausforderungen Schritt halten – und so den Wirtschaftsstandort Deutschland und den Wohlstand der Gesellschaft sichern – will, kommt an den Errungenschaften der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik nicht vorbei. Untersuchungen der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) haben ergeben, dass mehr als die Hälfte der aktuellen technischen Innovationen von Werkstoff- und Materialentwicklungen abhängig sind – auch wenn sich dies in der breiten Öffentlichkeit immer noch viel zu wenig herumgesprochen hat.

Den Gründungsvätern der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM) war diese Erkenntnis schon vor rund 100 Jahren bewusst. „Ein großer Teil der Aufgaben der Technik ist innig verknüpft mit der Lösung von Materialfragen“, notierte etwa der Eisenhütteningenieur und Metallkundler Emil Heyn im Gründungsprotokoll der Gesellschaft am 27. November 1919 in Berlin. Trotz dieser weitgehenden Bedeutung aber sei die „Kenntnis der Materialien recht rückständig“: Der Status Quo gleiche „den früheren Karten Afrikas“ mit ihren weißen Flecken.

Heyn stellte die „Erforschung von Aufbau und Eigenschaften der Materie und die Nutzung der gewonnenen Einsichten für das Zusammenwirken zwischen Forschung und Praxis“ ins Zentrum der neuen Fachgesellschaft, die damals aus naheliegenden Gründen noch nicht die Material-, sondern die

Metallkunde im Namen trug. Dieses Ansinnen ist bis heute die Basis für die erfolgreiche und international vernetzte Arbeit der DGM geblieben: damit bei der Vermessung der MatWerk-Welt möglichst wenig weiße Flecken bleiben.

MatWerk-Zukunft auf Traditionen bauen

Um die Lücken in der Kenntnis von Materialien zu schließen und bisher unbekannte Terrains besser kartographieren zu können, hielt Heyn die „Zusammenfassung der geistigen und wirtschaftlichen Kräfte zu planmäßigen und gut ausgerüsteten Expeditionen in das noch große und so wenig erforschte Gebiet“ für nötig. Klar war ihm schon damals, dass eine Reise mit dem Ziel, die den Materialeigenschaften „zugrunde liegenden Gesetze“ zu erforschen, über die kleinsten Strukturen und Gefüge führen müsse. Zu diesem Zweck entwickelte Heyn selbst neue mikroskopische Untersuchungsverfahren für Metalle und Legierungen – und gehört damit zu den wichtigsten

Wegbereitern der Metallographie und ihrer „großen Schwester“, der Materialographie.

In dankbarer Erinnerung der Verdienste Emil Heyns vergibt die DGM seit 1929 jedes Jahr die Heyn-Denkünze für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Metallkunde. Metallographie und Materialographie gehören ausdrücklich dazu. Welch hohen Stellenwert die Disziplinen in der DGM generell genießen, zeigt sich nicht zuletzt am interdisziplinär ausgerichteten Fachausschuss „Materialographie“ mit seinen regionalen und thematisch gefassten Arbeitskreisen. Nicht nur konnte er als größter Fachausschuss der Gesellschaft überhaupt 2016 mit seiner 50. Tagung auf eine lange Geschichte in der Fachgesellschaft zurückblicken: Mit der von ihm ausgerichteten Materialographie-Tagung und im weltweit verbreiteten Fachorgan „Praktische Metallographie“ weist er mit zwei renommierten Foren zur Präsentation neuester Forschungsergebnisse auch weit in die Zukunft.



In der Gründungsversammlung am 27. November 1919 in Berlin riefen namhafte Vertreter aus Forschung, Lehre und Wirtschaft „Die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde“ ins Leben und wählten Geheimrat Emil Heyn zum 1. Vorsitzenden.



Heyn-Denkünze

Bild: DGM

Alle unter einem Dach

Im Rahmen von Europas größter technisch-wissenschaftlicher Fachgesellschaft der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik ist die „Materialographie“ als einer von rund 30 DGM-Fachausschüssen in ein großes Ganzen eingebettet, das alle Teile auch international vernetzt und sichtbar macht. Denn es liegt auf der Hand, dass es einer starken Gemeinschaft bedarf, um den interdisziplinären und weit streuenden Einfluss der MatWerk-Zunft von der Grundlagenforschung bis zur industriellen Anwendung kompetent zu bündeln und die mannigfachen Entwicklungsprozesse des Fachgebiets optimal zu begleiten.

Seit 1919 füllt die DGM diese Rolle als Interessensvertretung ihrer Mitglieder aus und vereint alle relevanten Partner aus Forschung und Wirtschaft unter einem Dach. Ihre Innovationsfreude kommt der Gesellschaft dabei ebenso zugute wie ihre reichhaltige Erfahrung und Tradition. Vertreter von Industrie und Forschung wissen dies seit jeher zu schätzen und haben sich dem Netzwerk DGM – auch international – in voller Breite angeschlossen.

Deutschlands größter Forschungsförderer, die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), zählt ebenso dazu wie das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die Federation of European Material Societies (FEAMS), die Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e.V. (BVMatWerk), der Studententag Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e.V. (STMW) und das Themennetzwerk Materialwissenschaft und Werkstofftechnik von acatech – sowie rund 180 der wichtigsten deutschen Firmen und Forschungsinstitutionen, darunter so bedeutende „Marken“ wie Daimler, Siemens oder Bosch.

So besteht die zentrale Aufgabe der DGM nicht zuletzt darin, im Dienste ihrer Mitglieder ständig darauf zu achten, dass im Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik die richtigen und notwendigen Strukturen vorherrschen, die den Herausforderungen von Heute und Morgen gewachsen sind.

Inhaltlich bündeln – und streuen

Inhaltlich beobachtet die DGM alle wissenschaftlichen und industriellen Aktivitäten,

die einen Bezug zur Materialwissenschaft und Werkstofftechnik aufweisen, und nutzt diese unter anderem zur Schaffung von Synergien. Eine zentrale Rolle kommt dabei den DGM-Fachausschüssen und Arbeitskreisen zu, in denen sich jedes Jahr mehr als 2.500 Experten aus Wissenschaft und Industrie versammeln. Diese Sitzungen dienen dem fachlichen Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie in ihrem jeweiligen Fachgebiet. Die Leiter streben die bestmögliche Vernetzung der Fachausschüsse an und berücksichtigen dabei die inhaltliche Weiterentwicklung des Fachgebiets.

Die DGM-Fachausschüsse decken nahezu alle relevanten Materialklassen, Prozesstechniken, Erkenntnis- und Anwendungsfelder ab: von den bioinspirierten Materialien, den Implantat-Werkstoffen, den Feuerfestwerkstoffen, der Hochleistungskeramik, den Optischen Funktionswerkstoffen und den Polymerwerkstoffen über die metallischen Konstruktionswerkstoffe bis hin zu den zellularen Werkstoffen aus Glas, Keramik, Polymeren und Metallen. Für die Materialographie eröffnen sich hier weitreichende Bezugsfelder.

Ehrenamtliches Engagement als Fundament

Personell wird die DGM getragen von motivierten und uneigennützig handelnden Menschen. Ihrer ehrenamtlichen Arbeit kommt innerhalb der Gesellschaft eine Schlüsselrolle zu: angefangen vom engagierten Studenten oder Doktoranden bis hin zu arrivierten Experten aus Wissenschaft und Industrie – inklusive der „Unruheständler“. Zum Erfolgskonzept der DGM gehört, dass sie kontinuierlich aktiv auf Menschen zugeht und diese für ein Engagement in ihrem Netzwerk begeistert.

Mit ihren Aktivitäten schafft die DGM nicht nur ein Expertennetzwerk, sondern auch optimale Rahmenbedingungen für die Förderung junger Talente, die in Nachwuchsforen, MatWerk-Akademien und Nachwuchskarriereworkshops wichtige Anregungen erhalten und sich in Jung-DGM-Gruppen an den universitären Zentren vor Ort eigenständig organisieren. Zu aktuellen Themen bietet sie Fortbildungen und Tagungen an. Darüber hinaus stellt die DGM ihren Mitgliedern Fachinformationen und der Öffentlichkeit Informationen zur Meinungsbildung zur Verfügung.

Implantat-Werkstoffe



Foto: dpa/picture-alliance

Feuerfestwerkstoffe



Foto: TU Bergakademie Freiberg/SFB 920

Hochleistungskeramik (HLK)



Foto: IKTS

Polymerwerkstoffe



Foto: Jan-Peter Kasper/FSU Jena

Zelluläre Werkstoffe



Foto: DGM



Foto: DGM

Dialog von Industrie und Forschung

Forschung trifft Wirtschaft: Unter diesem Motto findet sich die MatWerk-Welt alljährlich auf dem DGM-Tag zusammen: ein besonders erfolgreiches Instrumente der Vernetzung und des Erfahrungsaustauschs von etablierten und aufstrebenden Forschern dieses interdisziplinären und für den Industriestandort Deutschland so wichtigen Fachgebiets.

In der Vorstands-, Beraterkreis-, Ausbildungsausschuss- oder Fachausschusseiterklausur sowie der Mitgliederversammlung werden auf dem DGM-Tag die Weichen für die weitere strategische Entwicklung gestellt; zudem werden Regionalforen gegründet, Kooperationsverträge unterzeichnet und die renommierten DGM-Preise oder Ehrenmitgliedschaften verliehen, die herausragende Leistungen im Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik auch einer breiten Öffentlichkeit sichtbar machen.

Traditionell klingt der DGM-Tag in festlicher Atmosphäre locker aus: mit viel Zeit, um berufliche Kontakte zu vertiefen – oder vielleicht auch erst zu knüpfen.

Blick über Europas Tellerrand

Zu weiteren wichtigen und weithin sichtbaren Veranstaltungen gehört die englischsprachige „Materials Science and Engineering“ (MSE), auf der sich Europas Material-

wissenschaft und Werkstofftechnik an der TU Darmstadt trifft. In Symposien und Plenarvorträgen hochkarätiger Wissenschaftler aus dem In- und Ausland widmet sie sich in den geraden Jahren zahlreichen, auch gesellschaftlich und ökologisch relevanten MatWerk-Fragen. 2016 ist vom 27. bis 29. September als besonderes Highlight die USA zu Gast: und damit eine der für das Fachgebiet wichtigsten Forschungs- und Wirtschaftsregionen der Welt.

Für 2017 steht die in den ungeraden Jahren in Dresden von der DGM gemeinsam mit dem Stahlinstitut VDEh organisierte „Werkstoffwoche“ im Zentrum des MatWerk-Interesses. Das Debüt 2015 war mehr als vielversprechend. Vier Tage lang präsentierte der branchenübergreifende Kongress mit begleitender Fachmesse innovative „Werkstoffe der Zukunft“. In ausgesprochen anregender Atmosphäre. Und mit großem Erfolg. Rund 1.800 Werkstoffexperten waren nach Dresden gekommen, um sich an den Ständen der mehr als 80 Aussteller sowie in rund 450 Fachvorträgen über bahnbrechende Neuerungen oder visionäre Ideen der Werkstoffbranche zu informieren.

Für Politik und Öffentlichkeit

In den nächsten Jahren will die DGM noch intensiver die Erwartungen und die Bedürfnisse ihrer Mitglieder erfassen, aufbereiten und an die richtigen Empfänger adressieren. In diesem Sinne wird die Fachgesellschaft Impuls- und Ratgeber für die Forschungs-, Bildungs- und Wirtschaftspolitik werden. Sie wird neue Kooperationen und Partnerschaften etwa mit der Wirtschaftsvereinigung Metalle knüpfen. Und sie wird deutlicher als bisher akzentuierten, wie stark die Materialwissenschaft und Werkstofftechnik zum Geleihen des Wirtschaftsstandorts Deutschland und zum Wohle unserer Gesellschaft beiträgt – und auf welche Weise sie es in Zukunft noch besser kann. Damit der Auftrag ihrer Gründerväter um Emil Heyn vor fast 100 Jahren auch im 21. Jahrhundert reiche Früchte trägt.

KONTAKT:

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)
Hahnstraße 70
D-60528 Frankfurt am Main
Tel.: +49 (0)69 75306-750
Fax: +49 (0)69 75306-733
dgm@dgm.de
www.dgm.de

QUALITY WITH PERSPECTIVE

ULTRA HIGH RESOLUTION
NANO CT

FAST SCAN
MICRO CT
X-RAY PHASE-CONTRAST CT
INLINE CT
AUTO CT

4D CT



**Industrielle Computertomographie-Systeme
auf höchstem Niveau.**

Unsere Kunden profitieren von 12 Jahren Erfahrung als Systementwickler.

Als Partner für die Industrie und Forschungseinrichtungen bieten wir flexible Systeme, die sich an die jeweiligen Anforderungen anpassen.



Besuchen Sie uns
vom **26.-29. April 2016**
in Stuttgart
Halle 1/Stand 1807



PRÜFTECHNIK



Mikro-/ Kleinlast Härteprüfmaschine

0,005-50 kg Vickers, Knoop, Brinell



Universal-Härteprüfmaschine

0,2-250 kg

Vickers, Knoop, Brinell, Rockwell



Universal-Härteprüfmaschine

0,2-3000 kg

Vickers, Knoop, Brinell, Rockwell

KB Prüftechnik GmbH | Härteprüfmaschinen | Im Weichlingsgarten 10b | 67126 Hochdorf-Assenheim

www.kbprueftechnik.de

STROH DIAMANTWERKZEUGE

Härteprüfer:

- Vickers
- Rockwell
- Knoop
- Brinell

Härtevergleichsplatten

- ## Diamantschleifscheiben Abrichtwerkzeuge Tastwerkzeuge Sonderwerkzeuge



www.stroh-diamant.de

Online-Shop: www.stroh-shop.de



Stroh Diamantwerkzeuge GmbH

Kinzigheimer Weg 2E
D-63486 Bruchköbel

Tel: +49 (0)6181 9740-0

Fax: +49 (0)6181 9740-40

info@stroh-diamant.de

Die perfekte Kombination:
3D-Druck metallischer
Bauteile beim
Werkstoffspezialisten.

Für uns als Innovationstreiber ist die Anwendung der zukunftsgerichteten 3D-Technologie SLM (Selektives Laserschmelzen) eine Selbstverständlichkeit. Als Werkstoffspezialist unterstützen wir Sie in der Wahl des geeigneten Werkstoffes und beraten Sie über Einsatzmöglichkeit und technische Machbarkeit.

Kontaktieren Sie uns. Gerne klären wir Sie über die Möglichkeiten im Selektiven Laserschmelzen auf.

www.wolfensberger.ch

 Wolfensberger
STAHLGÜSS PRÄZISIONSGÜSS ZERSPANUNG



»Wundervolle Metallographie«

Werkstoffe wie Metalle, Keramiken, Kunststoffe und Verbundwerkstoffe sind aus unserer Welt nicht mehr wegzudenken. Schon in frühester Zeit hat der Mensch Werkstoffe verwendet, um Geschirr, Werkzeuge, Gerätschaften und Maschinen herzustellen und um technische Fortschritte zu erzielen. Auch heute, wo uns ein außerordentlich breites Spektrum der Werkstoffe zur Verfügung steht, sind weitere Fortschritte und neue Werkstoffentwicklungen zum Beispiel auf dem Gebiet der Energiewandlung und Energiespeicherung, des Leichtbaus oder in der Nanotechnologie notwendig. Aber auch traditionelle Werkstoffe wie Stahl oder Aluminium sind in vielen Bereichen unersetztlich und werden ständig für neue Anforderungen weiterentwickelt.

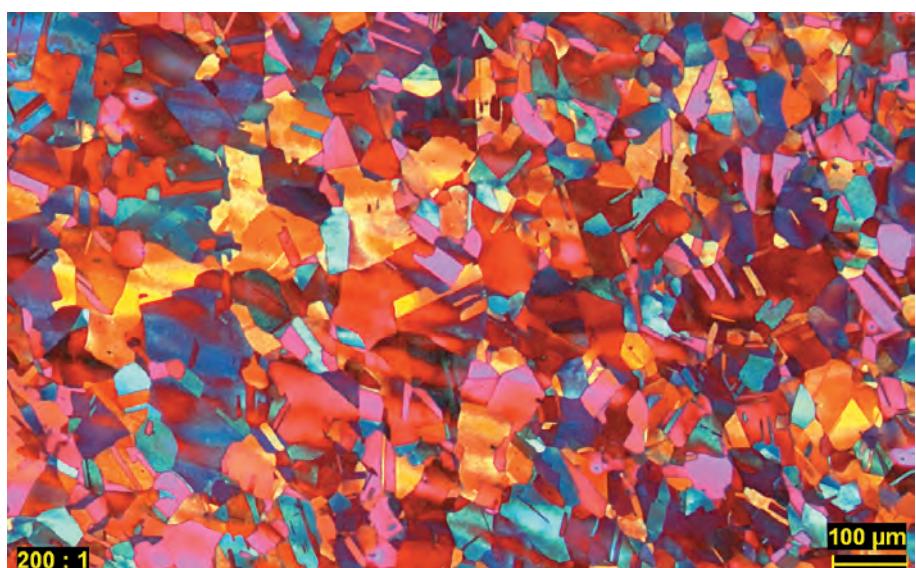
Die Metallographie, anfangs vor allem in der Stahlforschung zur Darstellung des inneren Aufbaus „des Gefüges“ der Werkstoffe eingesetzt, entwickelte sich im Lauf des letzten Jahrhunderts zur Materialographie, weil immer mehr Keramiken und Kunststoffe erforscht und untersucht wurden. Materialographische Untersuchungen begleiten Werkstoffe von ihrer Gewinnung über die Herstellung und Weiterverarbeitung bis hin zum Endprodukt. Auch wenn der Werkstoff einmal versagt, nimmt die Materialographie bei der Lösung von Schadensfällen eine wichtige Rolle ein. Dabei stehen in erster Linie die metallkundlichen Informationen zu Gefügeentstehungsprozessen

im Vordergrund, aber die Schönheit der Gefügeaufnahmen ist ebenso wichtig. Vor allem diese Ästhetik macht die Faszination aus, mit der Metallographen und Werkstoffwissenschaftler ins Mikroskop schauen. Lassen Sie sich mit den folgenden Bildern zu unterschiedlichsten Ausbildungen des Gefüges in die Welt der Wundervollen Metallographie entführen.

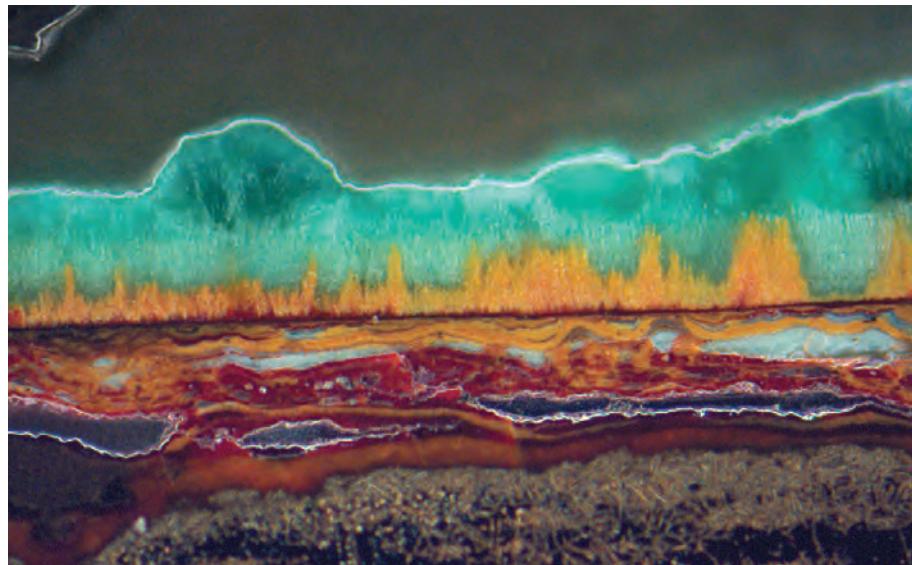
Schon in der Bronzezeit konnten die Menschen aus Erzen Metalle wie Kupfer und Zinn gewinnen und zu Werkzeugen und Schmuckstücken verarbeiten. Anhand von **antiken Fundstücken** kann man Erkenntnisse über den damaligen Stand der Metallurgie gewinnen.

Autoren:

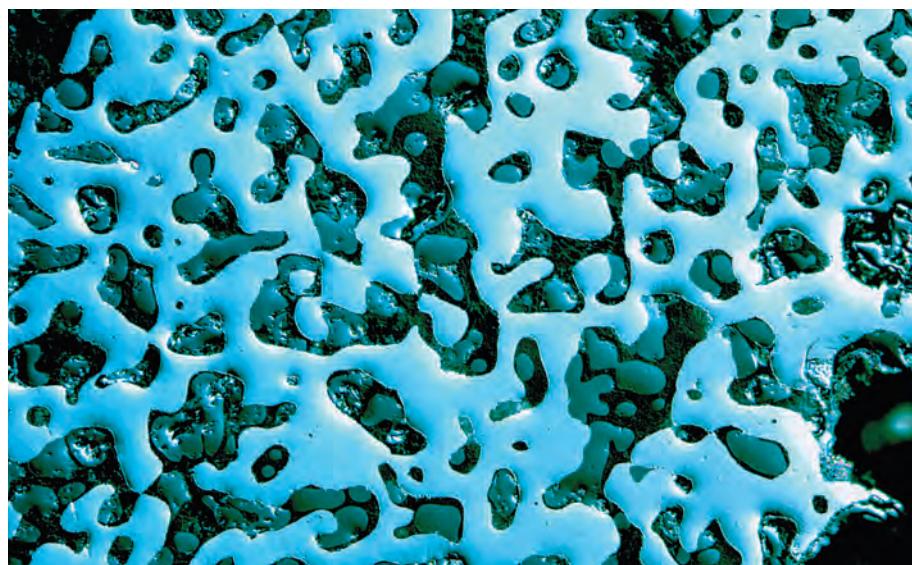
Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider
Gaby Ketzer-Raichle
Hochschule Aalen



**Antiker Bronzenagel (Römisch, Carnuntum),
Klemm-Ätzung, 200x**
Foto: Heinz-Hubert Cloeren,
Cloeren Technology GmbH, Wegberg



Antike Bronzeschale mit Oxidschichten (Anschliff),
polarisiertes Licht, 50x
Foto: Heinz-Hubert Cloeren, Cloeren Technology GmbH,
Wegberg



Für die Herstellung von Stahl muss aus dem Eisenerz zuerst **Roheisen** gewonnen werden. In alter Zeit stellte man im Rennofen Stahl in Form von sogenannten Luppen her. Dieser noch stark mit nichtmetallischen Einschlüssen durchsetzte Stahl wurde für Gebrauchsgeräte und Schwerter verwendet.

Eisenluppe, ungeätzt im DIC, 200x
Foto: Brigitte Stahl, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



Das gewonnene Roheisen wird zum Beispiel für die Produktion von **Gusseisen** verwendet. Je nach Verwendungszweck soll der Graphit im Gusseisen lamellar oder kugelig vorliegen, und die Matrix je nach gewünschter Festigkeit ferritisches, perlitisch oder sogar bainitisches sein.

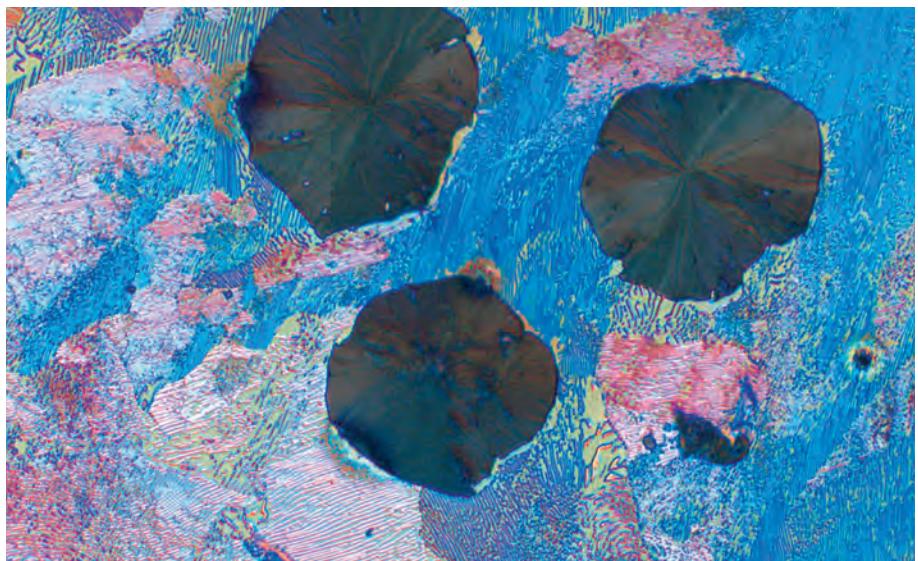
Gusseisen mit Lamellengraphit (GJL),
Nitral-Ätzung, 200x
Foto: Gaby Ketzer, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen

►►►►► Wundervolle Metallographie

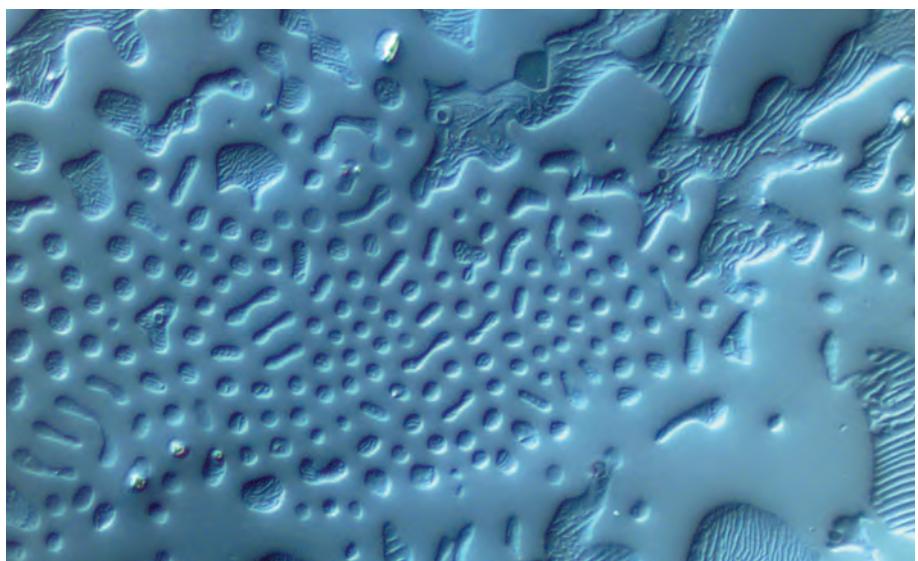
Gusseisen mit Kugelgraphit mit perlitischer Matrix,
Nital-Ätzung, Hellfeld, 500x
Foto: Ellen Hänle, TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Filderstadt

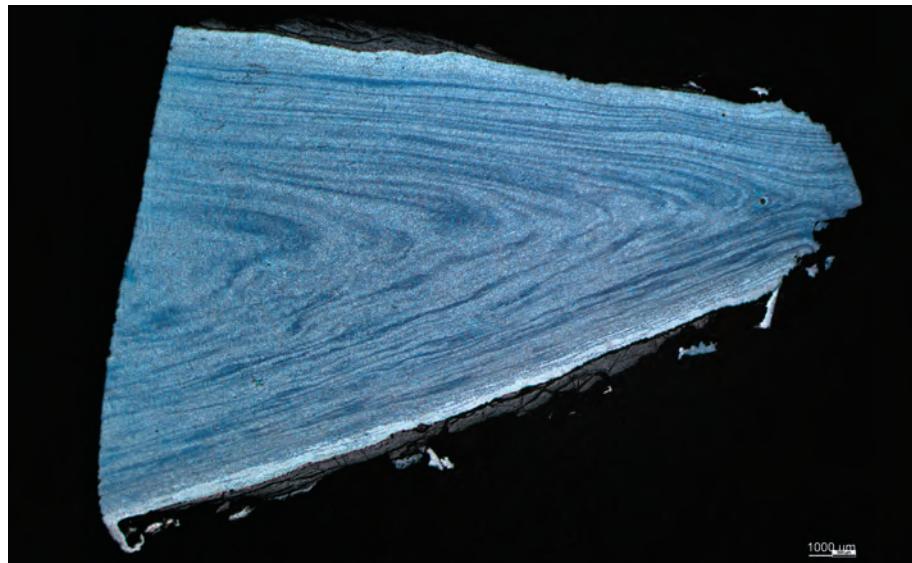


Gusseisen mit Kugelgraphit mit perlitischer Matrix,
Klemm-Ätzung + polarisiertes Licht, 500x
Foto: Eric Thomas, GF Automotive Georg Fischer GmbH,
Mettmann



Weißes Gusseisen, geätzt mit Nital, Polarisiertes
Licht + DIC, 500x
Foto: Alessandro Belsito, Metallographieausbildung
Lette-Verein Berlin

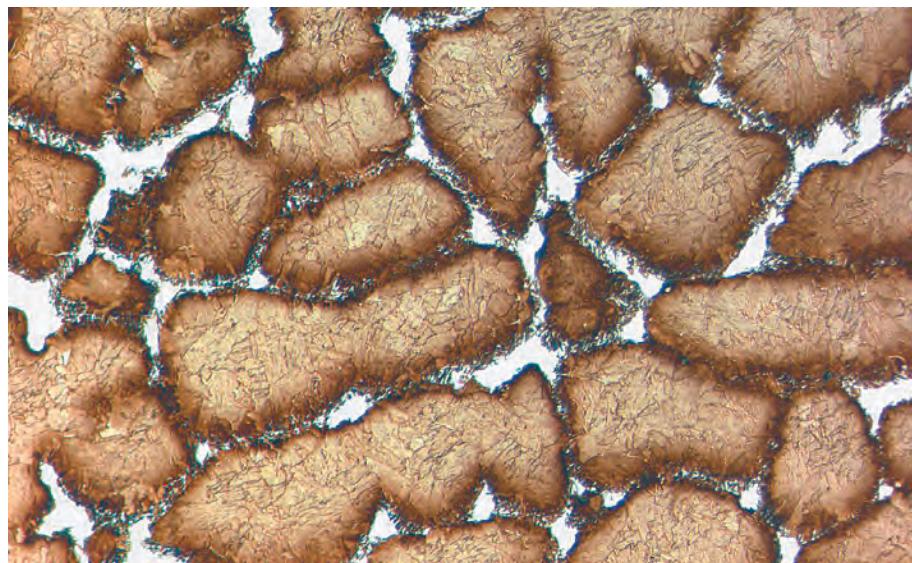




Um der Gefügevielfalt von **Stahl** gerecht zu werden, müsste man einen eigenen Bildband herausgeben. Unlegierte und legierte Stähle weisen je nach Herstellungs- und Wärmebehandlungszustand (geschmiedet, gegossen, gewalzt, gehärtet, geschweißt) völlig unterschiedliche Gefüge auf.

*Schmiedestück aus Stahl mit Faserverlauf,
Nital-Ätzung, 50x*

Foto: Ellen Hänle, TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Filderstadt



Maragingstahl-Guss, Ätzung V2A-Beize, 500x

Foto: Sebastian Reymann, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



Gehärteter Stahl, Martensit und RA,

Nital-Ätzung, 1000x

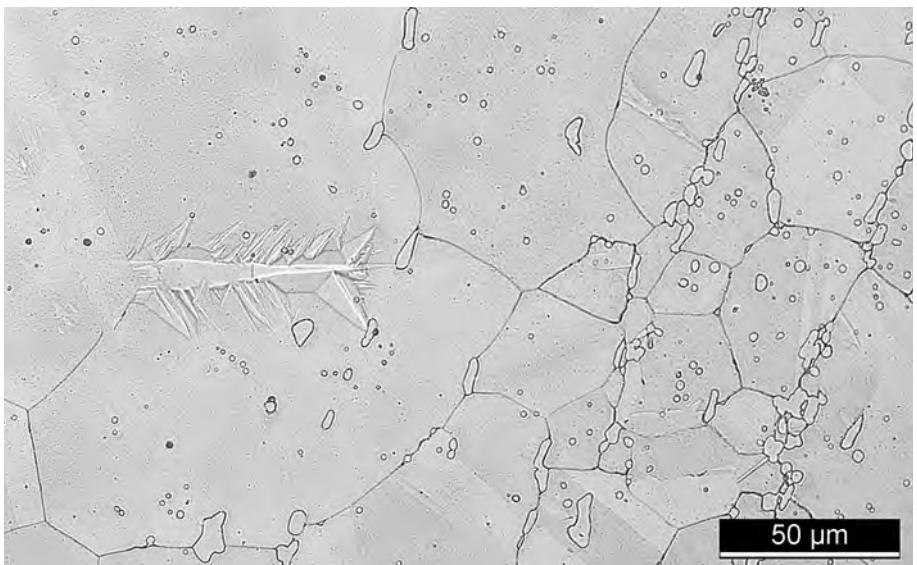
Foto: Brigitte Stahl, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen

››››› Wundervolle Metallographie

Werkzeugstahl, vor dem Härtzen zu hoch

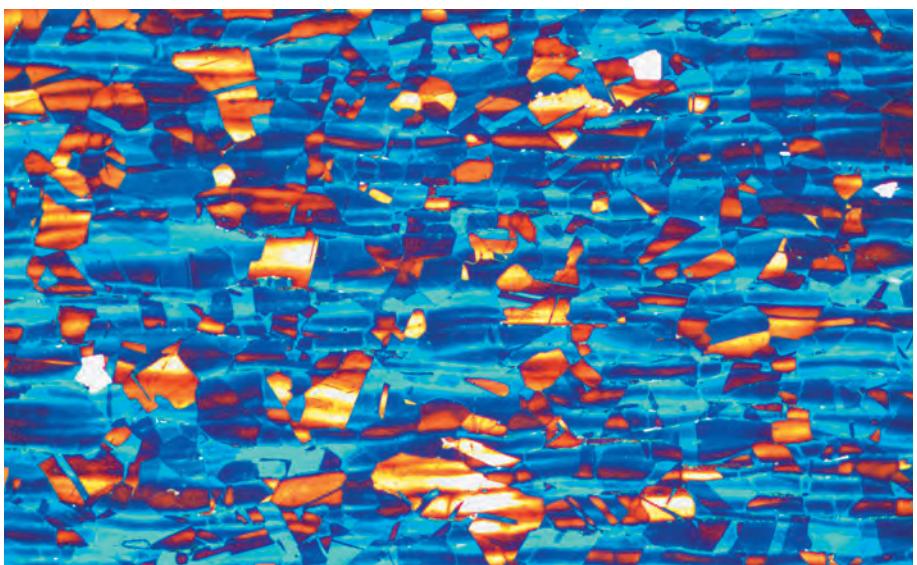
austenitisiert, 500x

Foto: Metallographie-Ausbildung,
Technisches Berufskolleg Solingen



Austenitischer rostfreier Stahl, warmgewalzt,
Ätzung Lichtenegger/Bloech, 200x

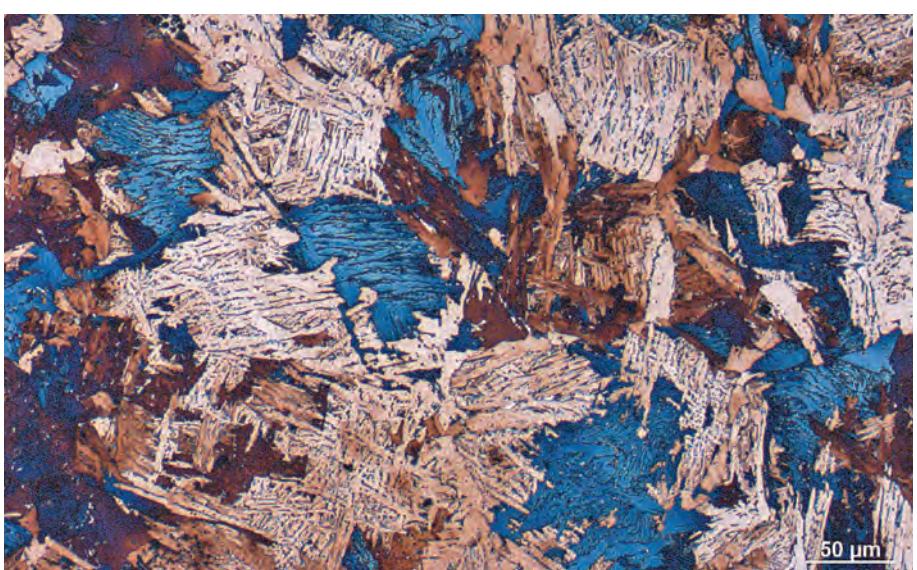
Foto: Metallographie-Ausbildung,
Technisches Berufskolleg Solingen

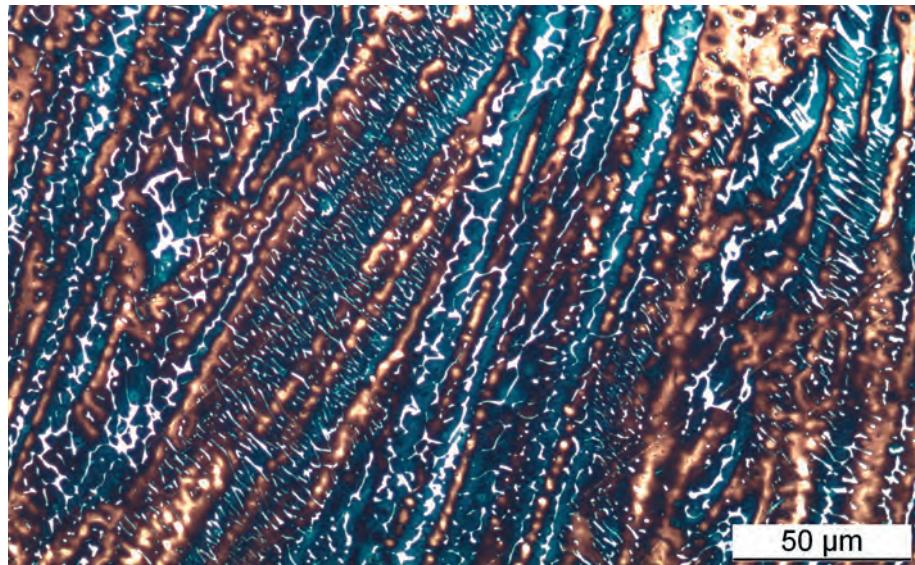


Zur Herstellung von Bauteilen bietet die
Fügetechnik mit Schweißen und Löten vor
allem im Stahlbereich äußerst wichtige und
vielseitig anwendbare Möglichkeiten. Stahl
lässt sich prinzipiell mit allen Fügeverfahren
verarbeiten, über die Schweißeignung ent-
scheidet dabei vor allem die chemische
Zusammensetzung des Stahls.

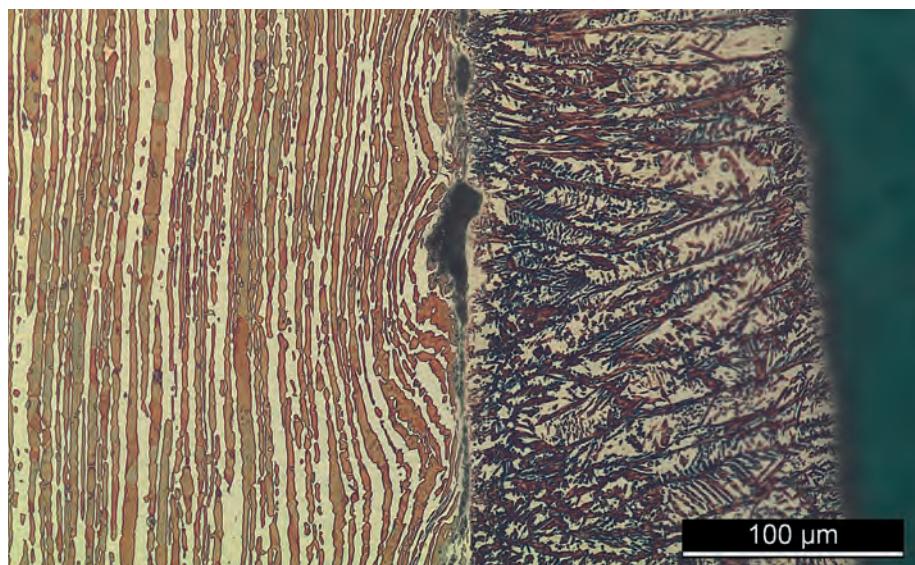
WEZ einer Schweißverbindung (Baustahl S235),
Ätzung nach Klemm 1, 200x

Foto: Chiwei Yu, Studienschwerpunkt
Materialographie/Neue Materialien Hochschule Aalen

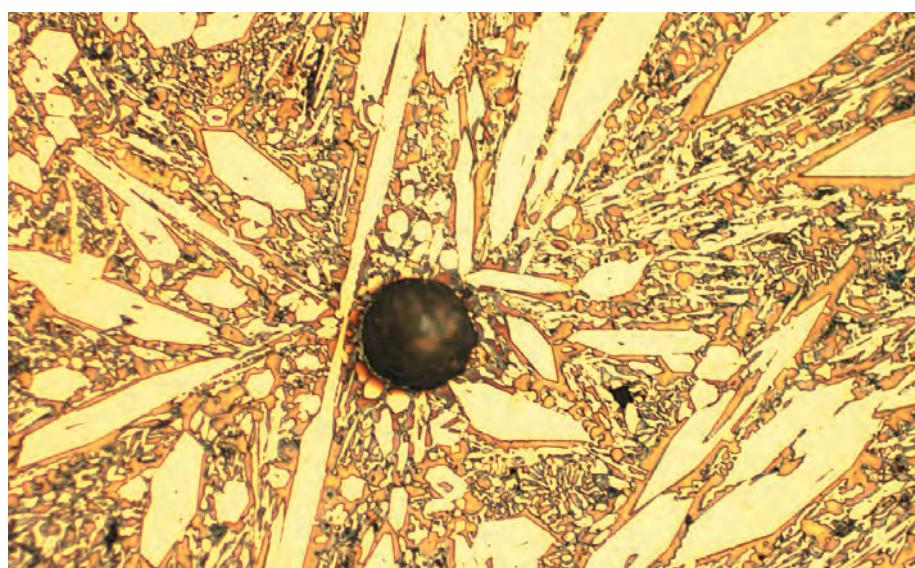




Schweißnaht eines rostfreien Stahls, Ätzung nach Lichtenegger-Bloech, 500x
Foto: Metallographie-Ausbildung,
Technisches Berufskolleg Solingen



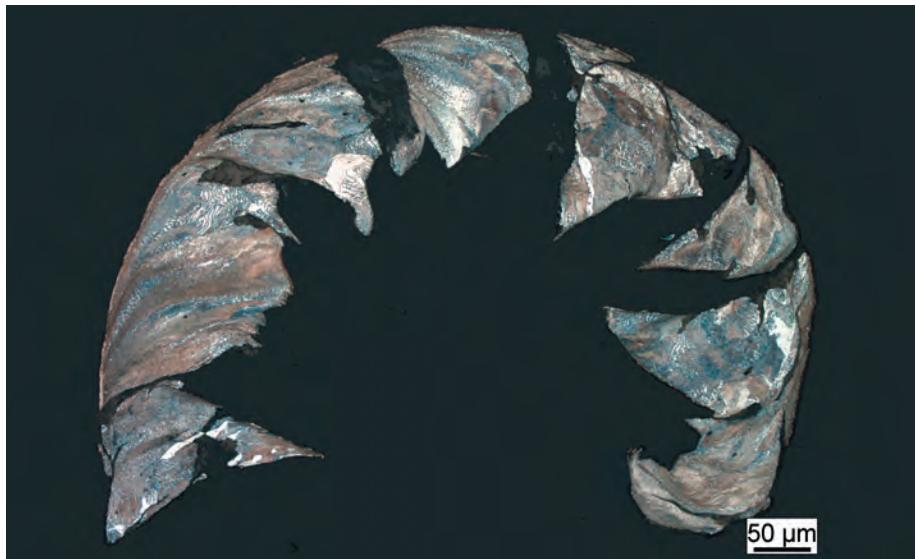
Auftragsschweißung an Duplexstahl, Ätzung nach Lichtenegger-Bloech, 100x
Foto: Metallographie-Ausbildung,
Technisches Berufskolleg Solingen



Verschleißfeste hochlegierte Auftragsschweißung,
Pikral-Ätzung, 100x
Foto: Gaby Ketzer-Raichle, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen

››››› Wundervolle Metallographie

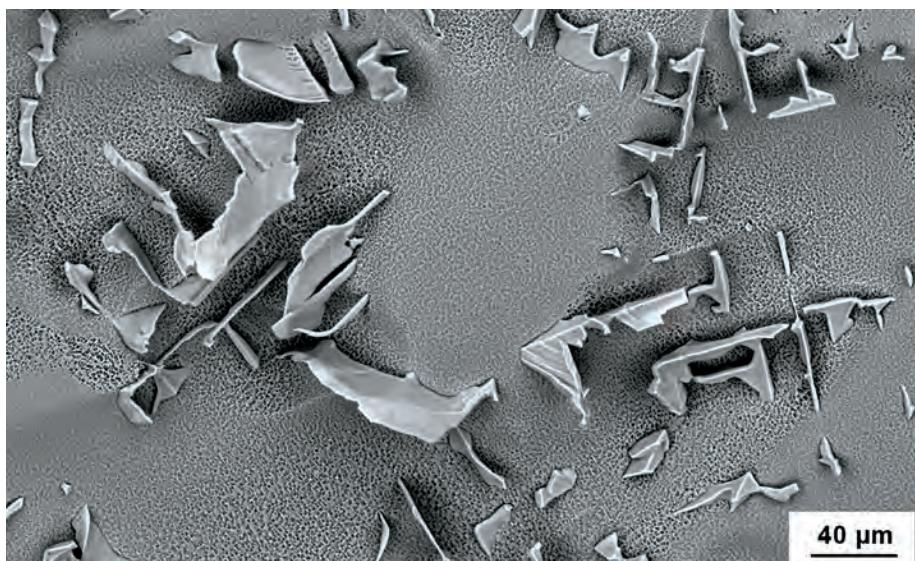
Die **Bearbeitung** von Stahl findet meist über Zerspanung mit HSS- oder Hartmetall-Werkzeugen statt. Die dabei entstehenden Späne bieten einen tollen Anblick im Anschliff:



Stahlspäne, geätzt mit Nital, 500x

Foto: Jutta Pleikies, Technische Universität Darmstadt

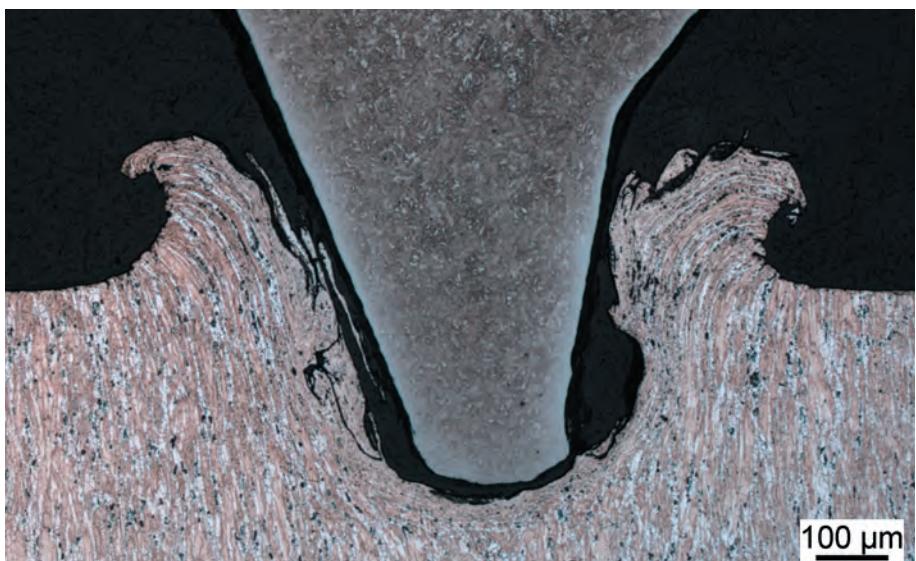
Für schwierig zu bearbeitende Bauteile und Werkstoffe bietet sich die moderne ECM-Bearbeitung an, bei der eine elektrochemische Abtragung der Oberfläche stattfindet:



ECM-polierte Oberfläche einer TiAl-Legierung im REM, 250x

Foto: Tim Schubert, Institut für Materialforschung, Hochschule Aalen

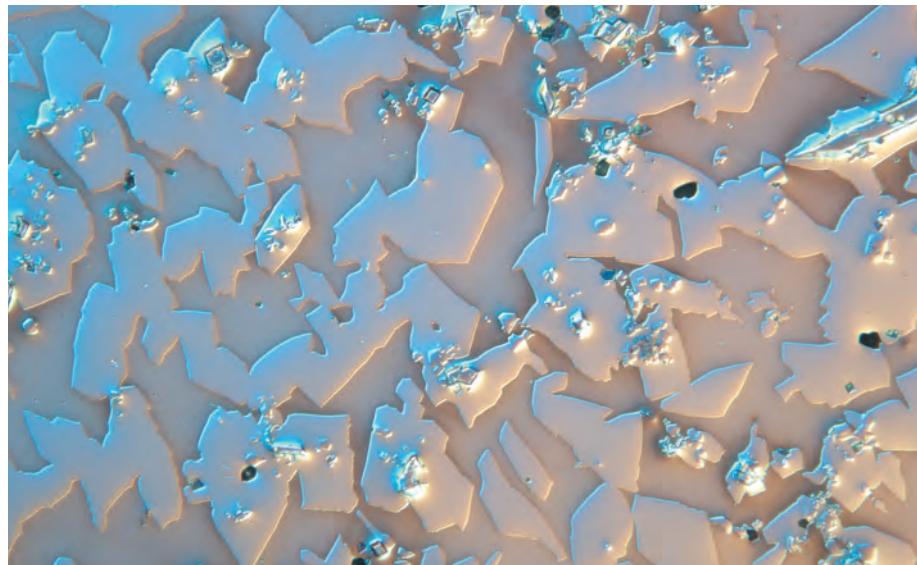
Wie sich eine Stahlschraube in ein Aluminiumblech einschraubt und durch das weichere Material furcht, sieht man in diesem eindrucksvollen Anschliff:



Stahlschraube in Al-Blech, geätzt mit

mod. Murakami + Nital, 200x

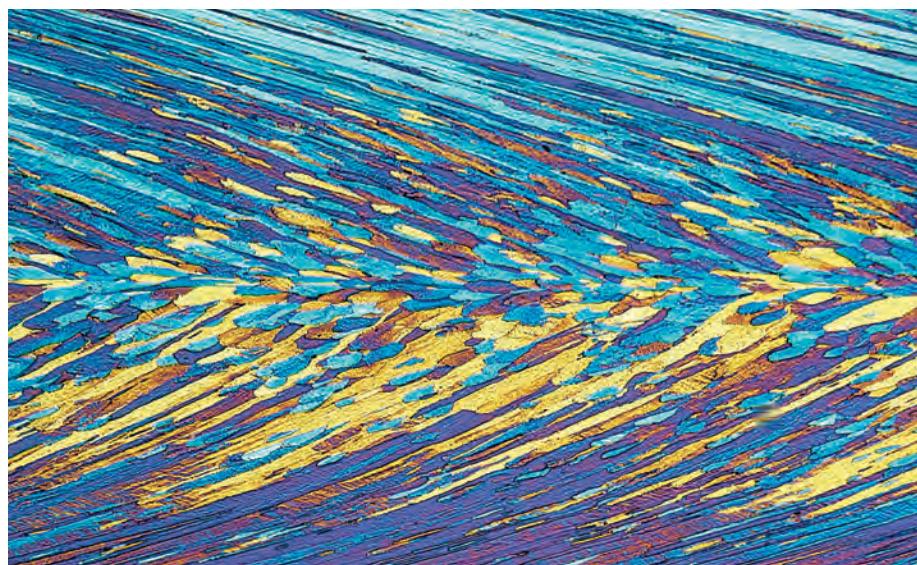
Foto: Jutta Pleikies, Technische Universität Darmstadt



Aber auch der vielseitige Gefüge-Kosmos von **Aluminium** und seinen Legierungen bietet reichlich Nahrung für das Auge. Ob als Vorlegierung, als Gussblock oder Bandguss, als Walzmaterial oder laserumgeschmolzen – von Aluminium lassen sich trotz seines schwierigen Ätzverhaltens wundervolle Gefügeaufnahmen herstellen.

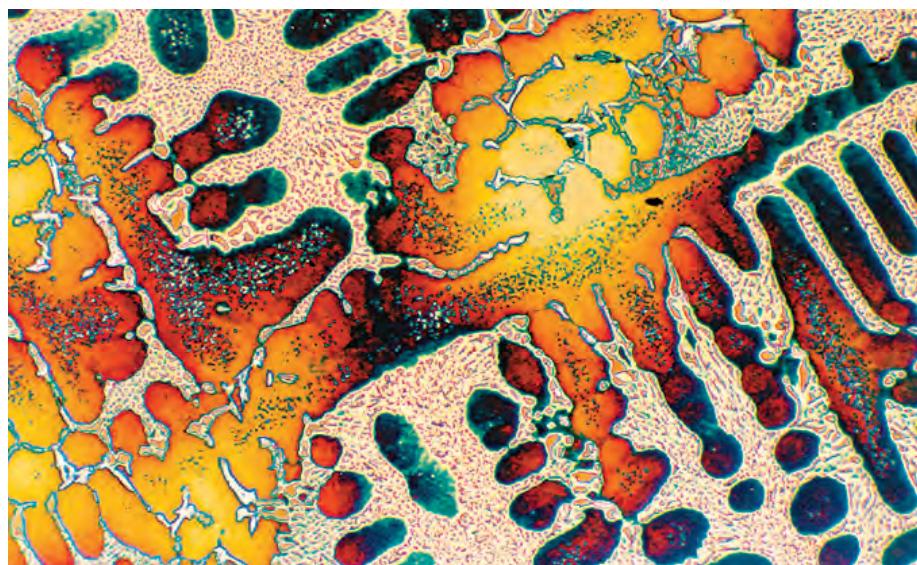
AlMg-Vorlegierung, DIC, 200x

Foto: Katrin Kuhnke,
Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Bonn



Aluminium Bandguss,
Barker-Ätzung + polarisiertes Licht, 50x

Foto: Katrin Kuhnke,
Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Bonn



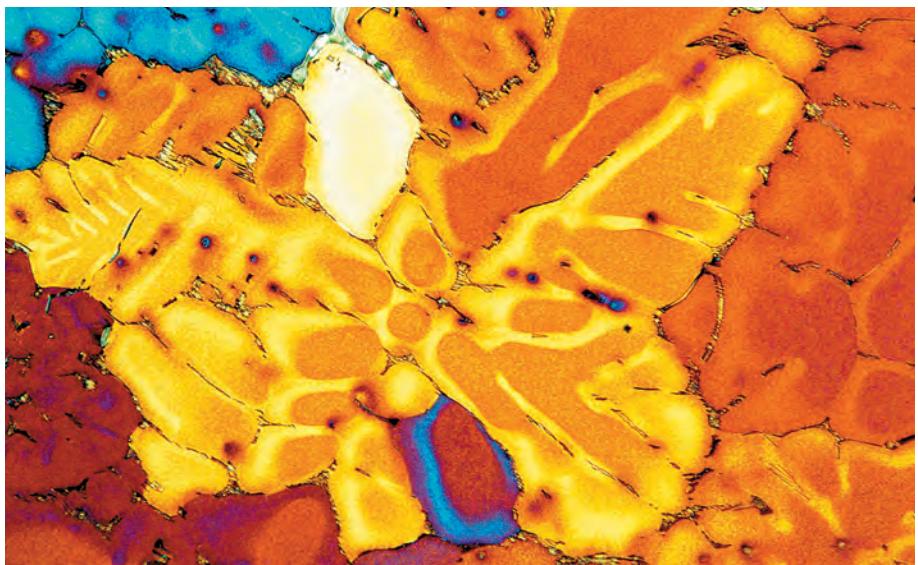
Aluminiumlegierung, Guss, veredelt,
Ätzung nach Weck, 50x

Foto: Gabi Weilhammer, GSI Gesellschaft für

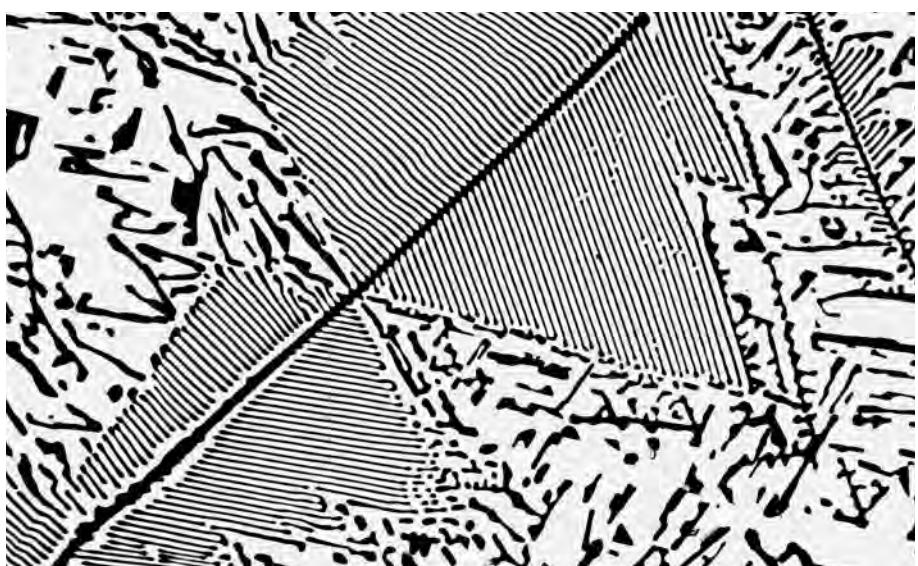
Schweißtechnik International mbH, München

››››› Wundervolle Metallographie

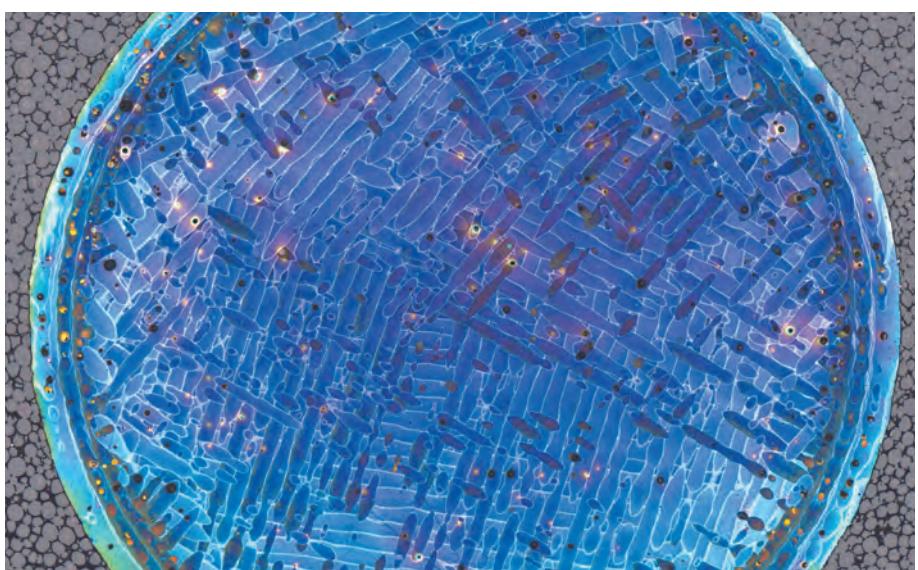
AlMg5-Guss, Kristallseigerung,
Barker-Ätzung + polarisiertes Licht, 500x
Foto: Katrin Kuhnke,
Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Bonn

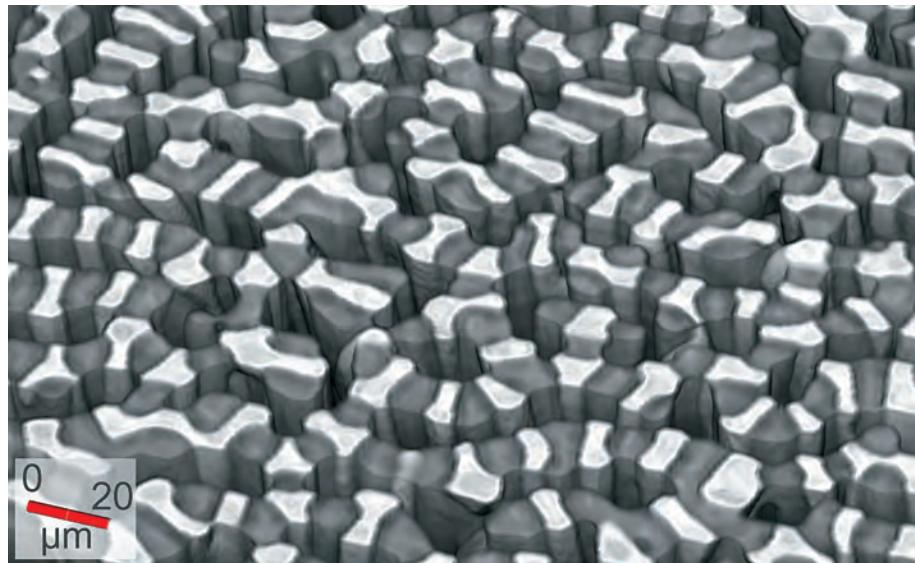


Si-Eutektikum in AlSi10Mg-Gusslegierung,
ungeätzt, 100x
Foto: Katrin Kuhnke,
Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Bonn

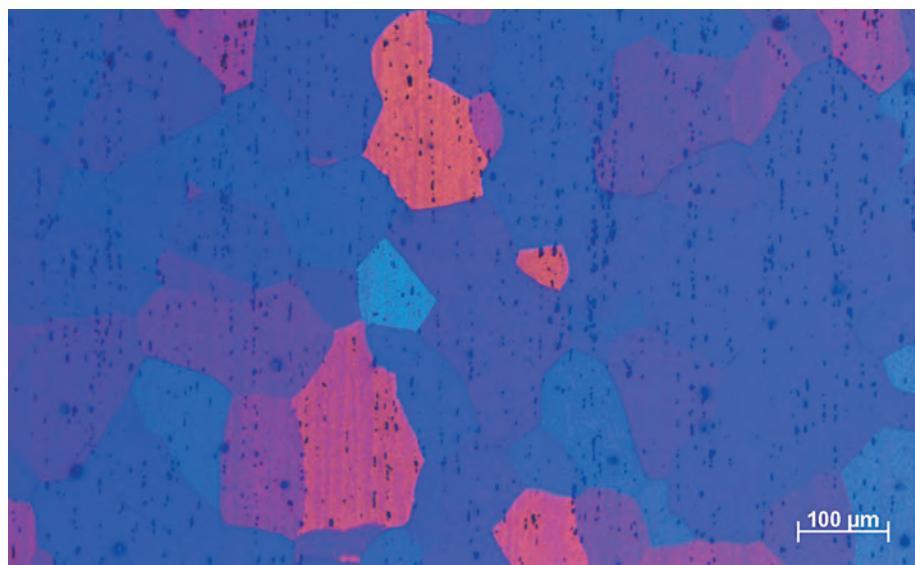


Aluminium, additiv gefertigt,
Barker-Ätzung + polarisiertes Licht, 200x
Foto: Tim Schubert, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen

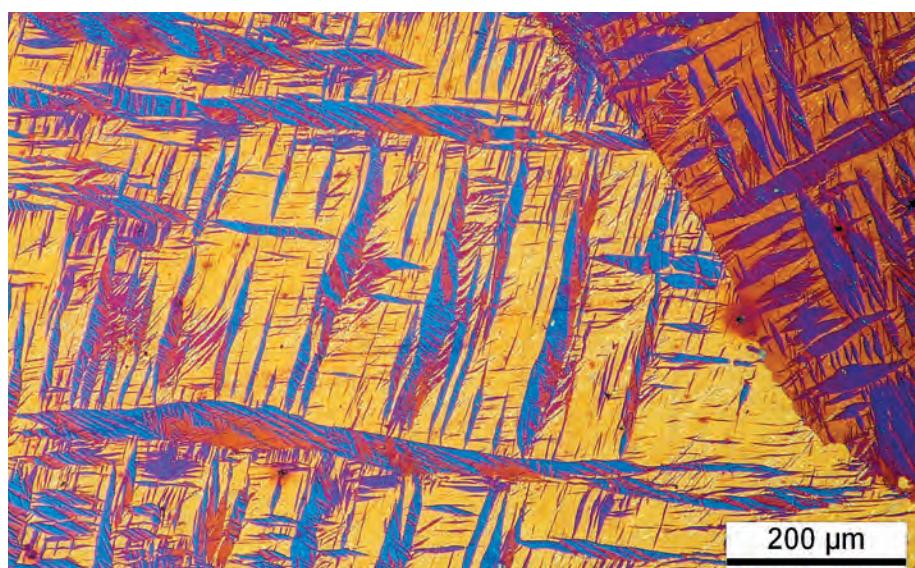




Dreidimensionale Gefügedarstellung einer ternär eutektischen Al-Ag-Cu-Legierung
Foto: Anne Dennstedt, Berlin



AlMgSi-Legierung, warmgewalztes Blech,
Barker-Ätzung, 200x
Foto: Julia Lanzer, Studienschwerpunkt
Materialographie/Neue Materialien Hochschule Aalen

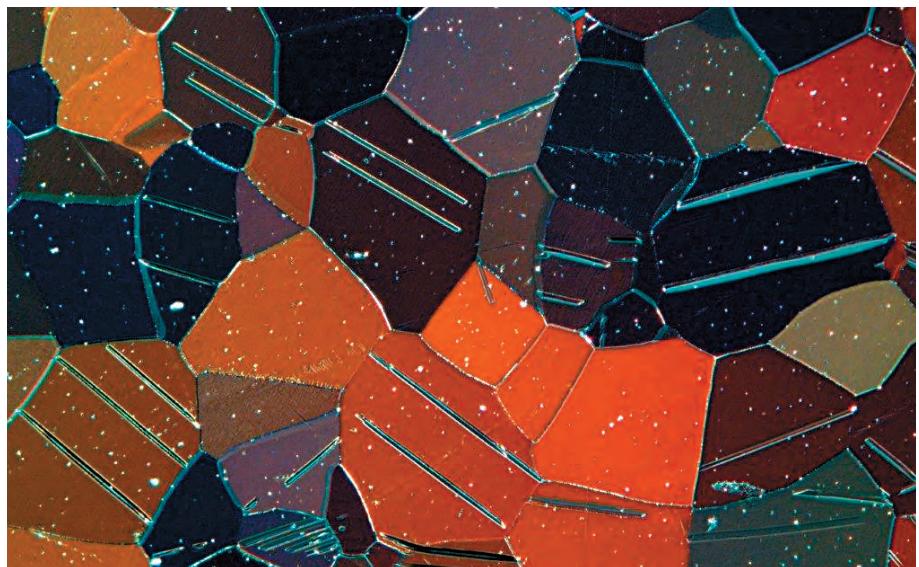


Leichtbauwerkstoffe wie Magnesium und Titan sind aufgrund ihres hexagonalen Kristallgitteraufbaus schwierig zu polieren, belohnen den Materialographen aber mit besonders interessanten Gefügestrukturen.

Verformungszwillinge in Magnesium,
polarisiertes Licht, 200x
Foto: Katrin Kuhnke,
Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Bonn

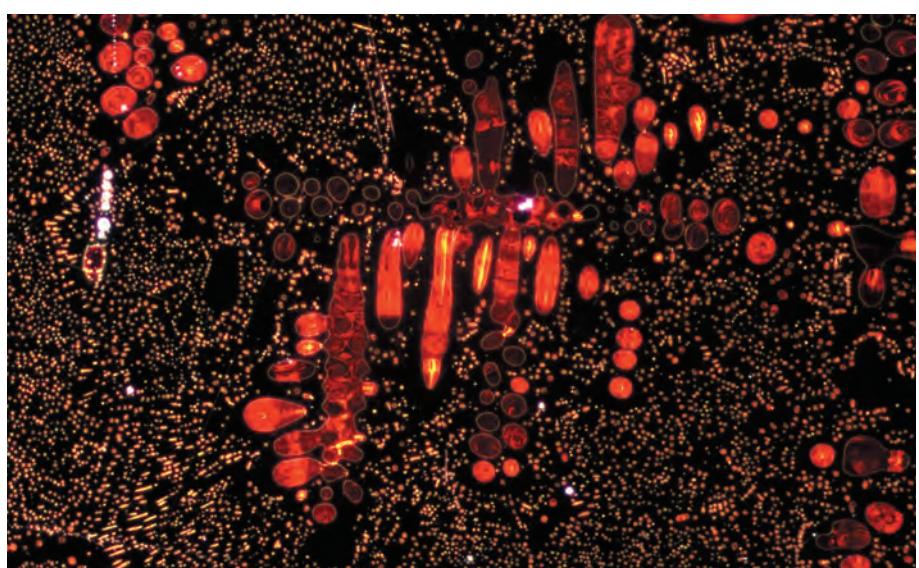
››››› Wundervolle Metallographie

Titan, rekristallisiert, Kroll-Ätzung + pol.Licht, 100x
Foto: Ellen Häuble, TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Filderstadt

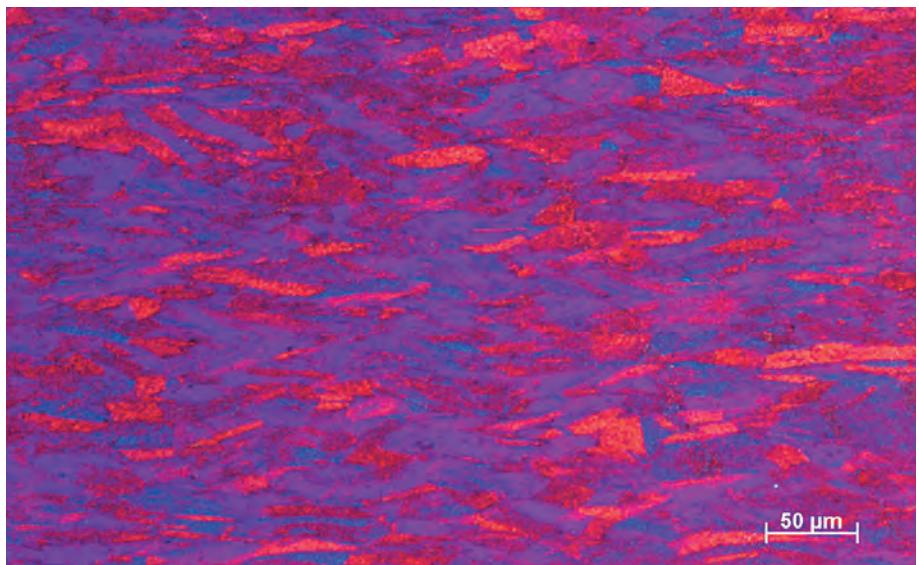


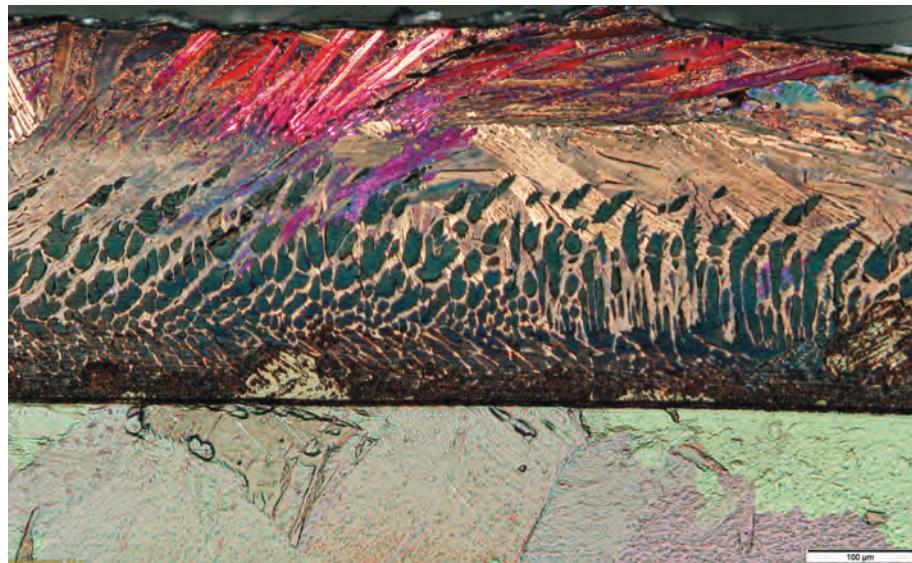
Kupfer als einer der ältesten Werkstoffe wird in reiner Form heute vor allem für elektrische Leitungen und Kontakte eingesetzt. Auch können Bauteile mit Kupfer beschichtet werden.

Kupfer mit Kupferoxid (Cu_2O), ungeätzt,
Dunkelfeldbeleuchtung, 500x
Foto: Alessandro Belsito,
Metallographieausbildung Lette-Verein Berlin



Kupferblech, kaltgewalzt, Klemm-Ätzung, 200x
Foto: Fabian Burkhardt, Studienschwerpunkt
Materialographie/Neue Materialien Hochschule Aalen

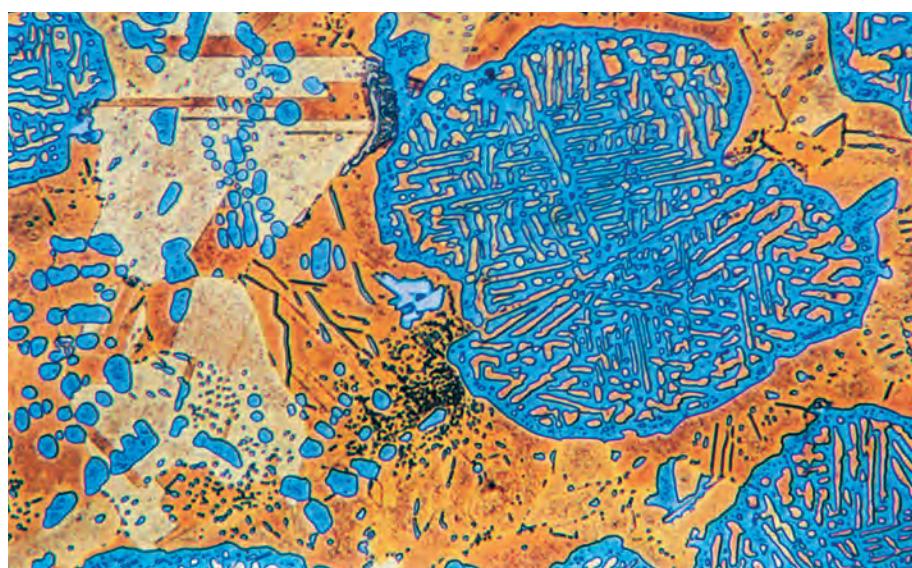




*Cu-Schicht auf Titan,
Kroll-Ätzung + polarisiertes Licht, 100x*
Foto: Ute Teuber, Institut für Werkstoffkunde,
Leibniz Universität Hannover



Legiert man Kupfer mit Zink, wird **Messing** daraus, welches je nach Zinkgehalt für Musikinstrumente, Kontakte, Armaturen, Schrauben und Muttern, Beschläge u.v.m. verwendet wird.

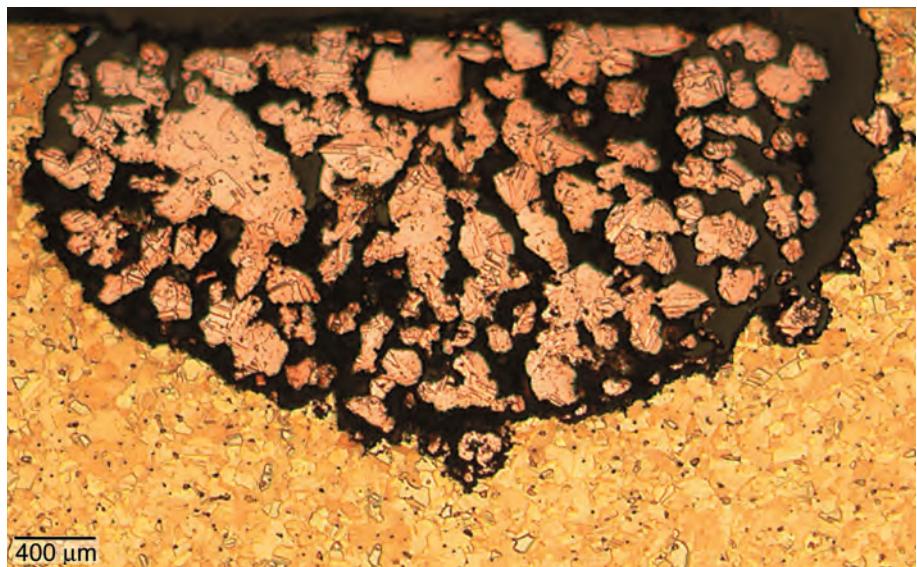


*Verschleißfestes Sondermessing,
Ätzung nach Klemm, 500x*
Foto: Matworks GmbH, Aalen

*Sondermessing mit Kappa-Phase,
Klemm-Ätzung, 500x*
Foto: Gabi Weilhammer, GSI Gesellschaft für
Schweißtechnik International mbH, München

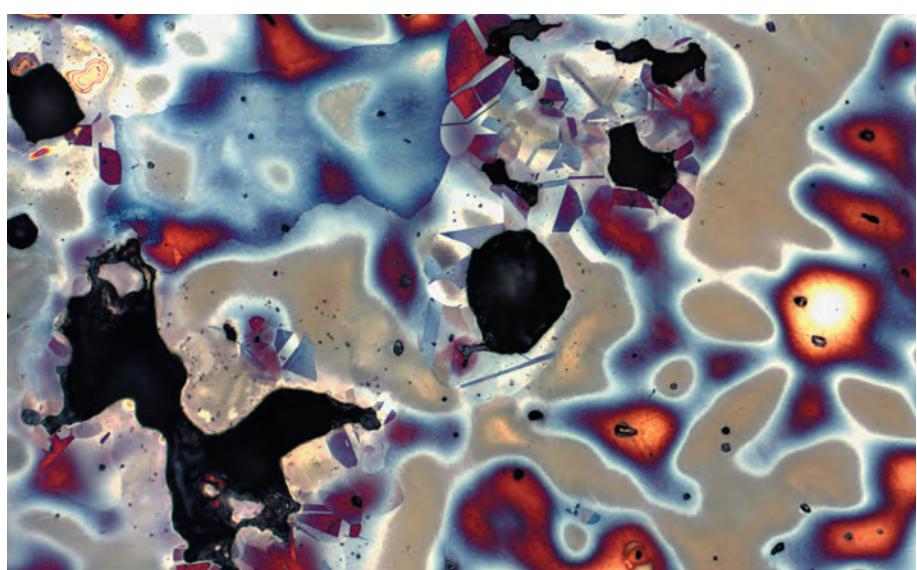
››››› Wundervolle Metallographie

Entzinkung in Messing CuZn30,
Ätzung 10% Eisen-III-Nitrat, 25x
Foto: Gaby Ketzer-Raichle, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen

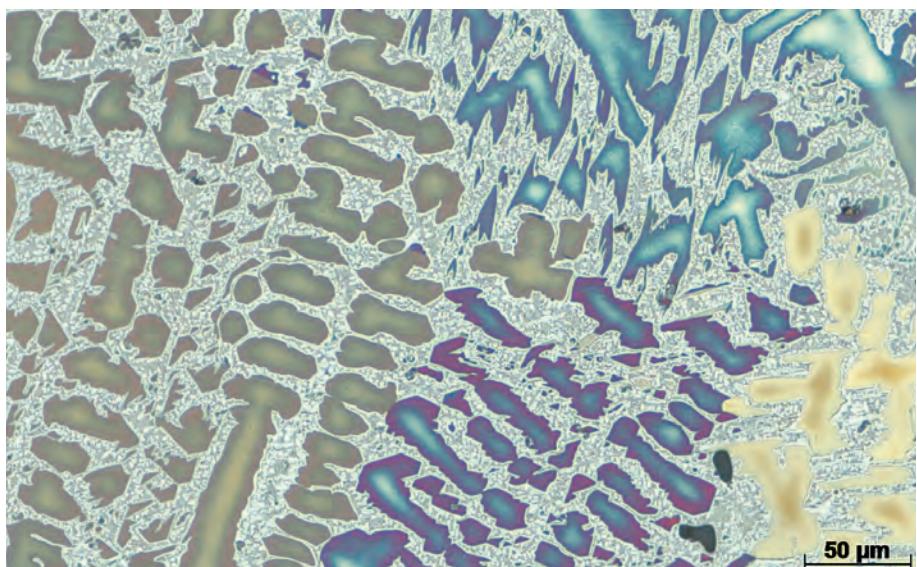


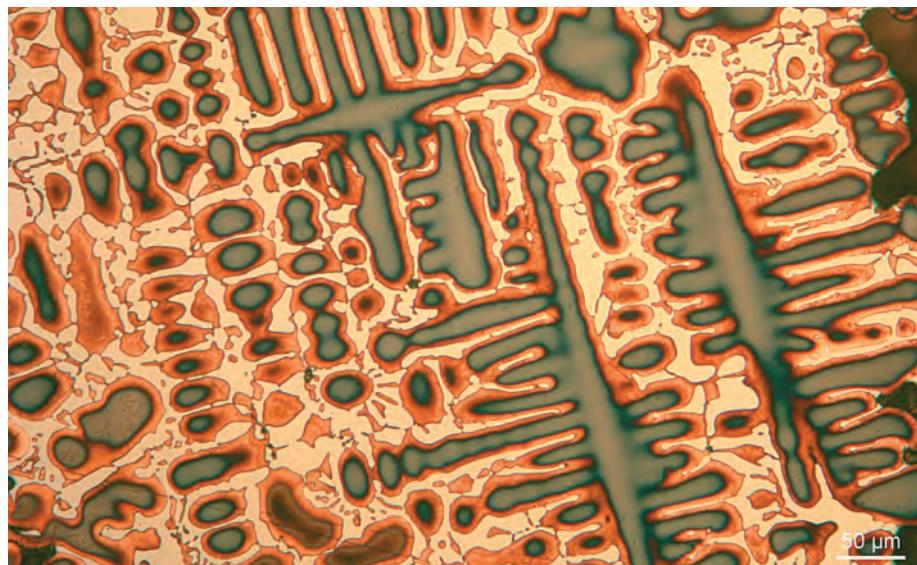
Aus Kupfer und Zinn entsteht **Bronze**, die sowohl für Glocken und Skulpturen als auch für Gleitlager verwendet wird. Gibt man zum Kupfer Aluminium oder Nickel dazu, entstehen besonders korrosionsbeständige Legierungen für Gussteile und Anlagenkomponenten.

Zinnbronze, geätzt mit Klemm 3, 500x
Foto: Alessandro Belsito, Metallographieausbildung
Lette-Verein Berlin



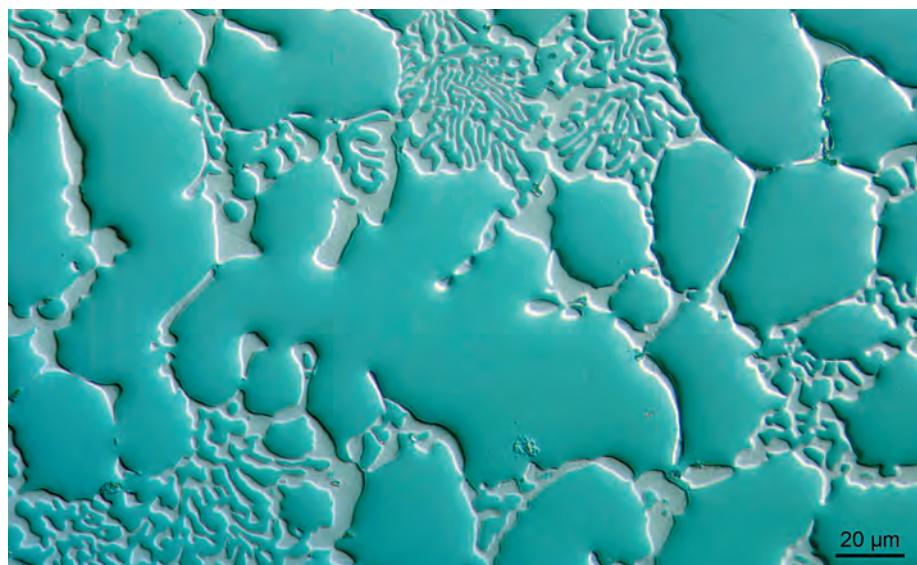
Glockenbronze, Ätzung Klemm 3, 200x
Foto: Falko Knabe, Studienschwerpunkt
Materialographie/Neue Materialien Hochschule Aalen



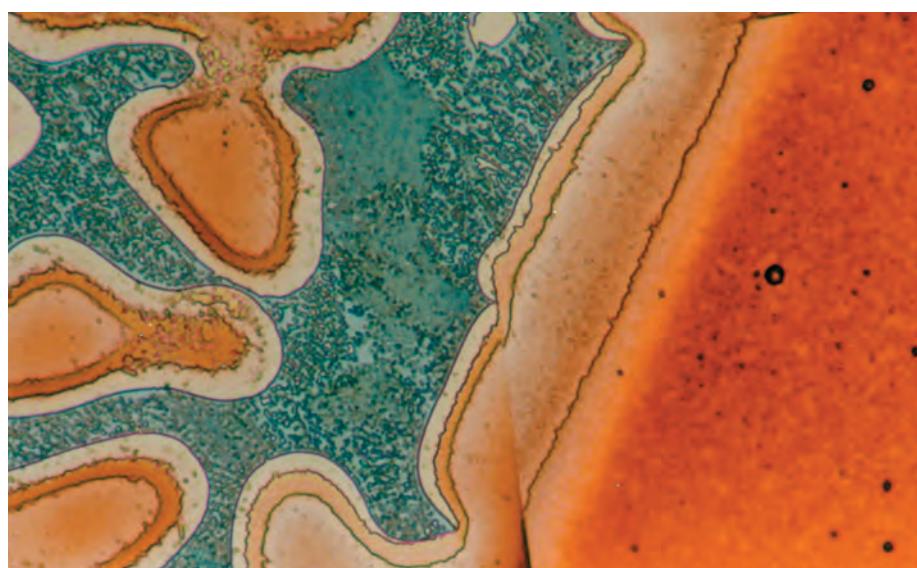


Auch als **Hartlote** kommen Kupferlegierungen zum Einsatz. Somit bilden die Kupferlegierungen neben Stahl eine der vielseitigsten Werkstoffgruppe.

Cu-P-Gusslegierung mit 4,5%P, geätzt, 200x
Foto: Brigitte Stahl, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



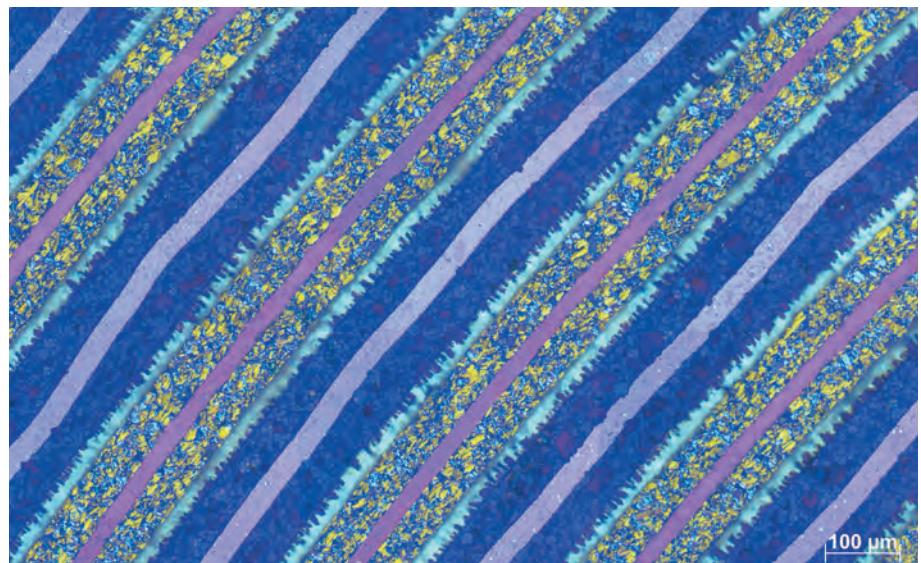
Cu-P-Gusslegierung mit 10,5% P, ungeätzt DIC, 500x
Foto: Brigitte Stahl, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



Kupfer-Lötverbindung, Ätzung nach Klemm, 1000x
Foto: Metallographie-Ausbildung,
Technisches Berufskolleg Solingen

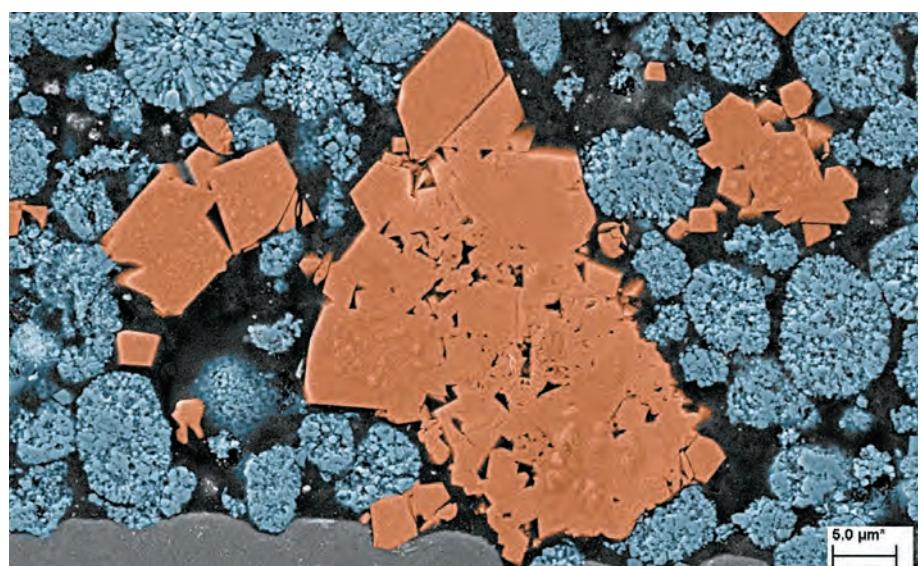
››››› Wundervolle Metallographie

Moderne Funktionswerkstoffe für hochleistungsfähige **Lithium-Ionen-Akkus** für Elektromotoren sind wichtig, um zukunftsweisende energiesparende Fahrzeuge zu entwickeln. Bei der Forschung an Li-Ionen-Akkus geht es um das Verständnis der Alterungsmechanismen und das Ziel, die Lebensdauer und Kapazität zu verbessern.

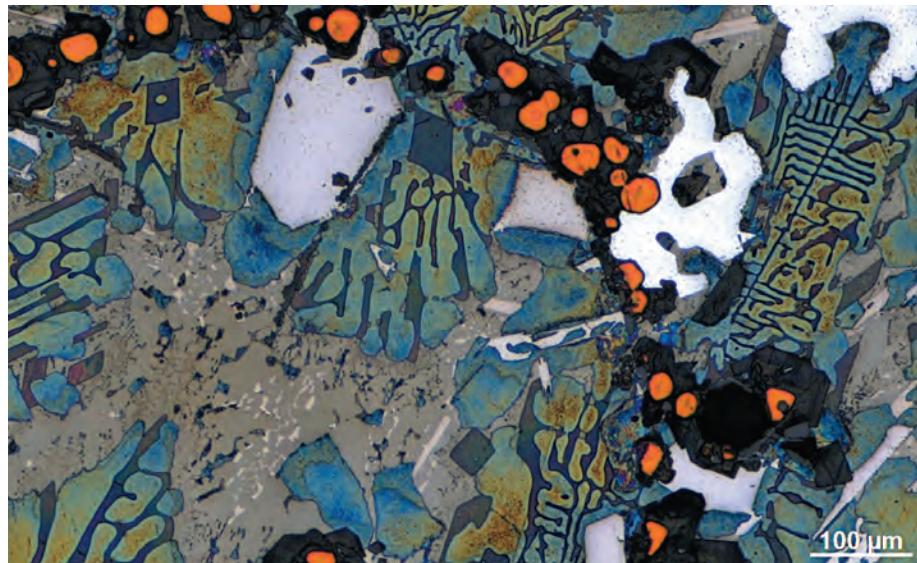


Gealterte Li-Ionen-Akkubatterie, Querschnitt,
polarisiertes Licht, 100x

Foto: Thomas Samtleben, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



Kathodenfolie einer Li-Ionen-Akkubatterie,
Speichermasse, REM-Aufnahme, eingefärbt, 2000x,
Foto: Carmen Hafner, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



Innovative **Dauermagnete** sollen in Zukunft auch bei höheren Temperaturen leistungsfähiger werden. Auch die Einsparung von Selten-Erdmetallen ist eine Aufgabe der Magnetforschung.

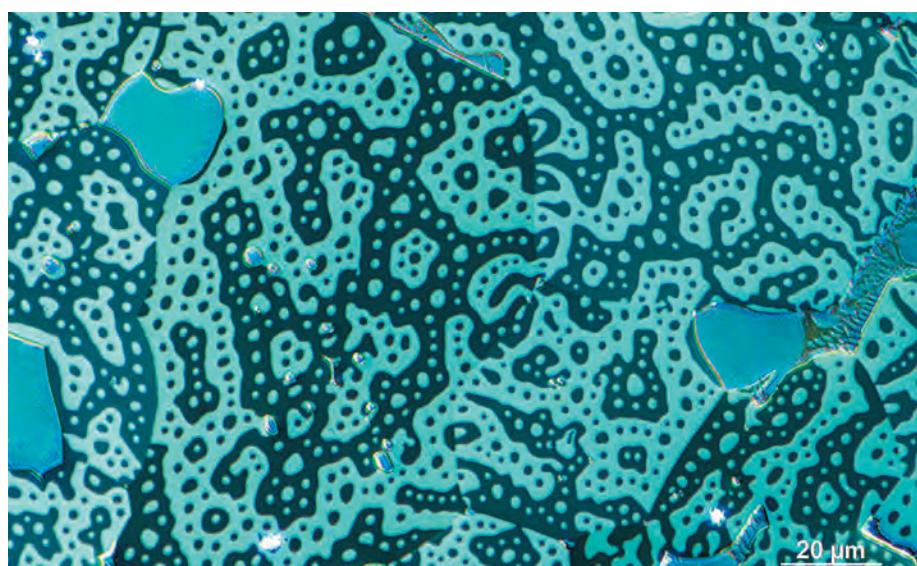
*FeLaNiSn-Magnet-Versuchslegierung,
kontrastiert, 200x*

Foto: Roman Karimi, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



*FePrCoAl-Magnet-Versuchslegierung,
kontrastiert, 200x*

Foto: Roman Karimi, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen



*Domänenstruktur in Dy₂Fe₁₄B-Magnet, Kerr-Effekt
im polarisierten Licht, 500x*

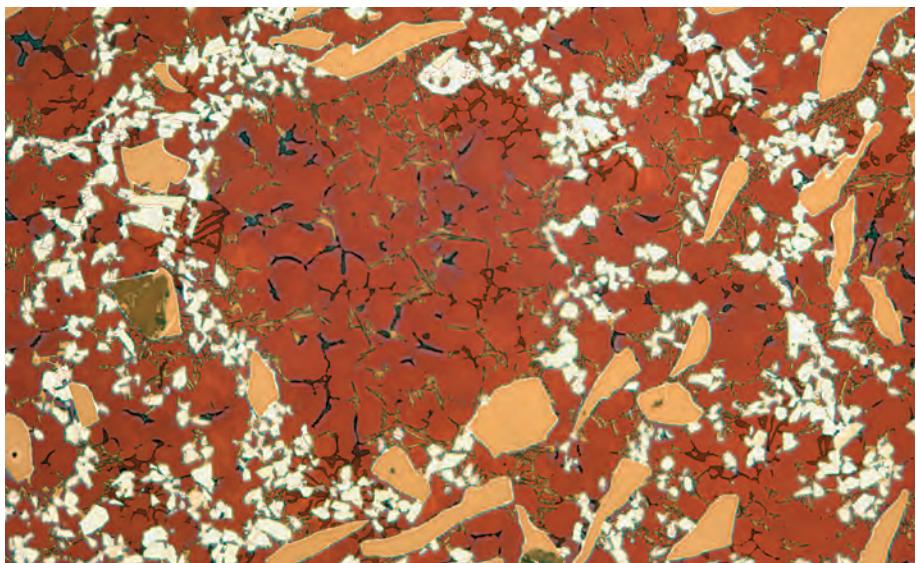
Foto: Johannes Herbst, Institut für Materialforschung,
Hochschule Aalen

››››› Wundervolle Metallographie

Auch **Keramik** und **Verbundwerkstoffe** spielen heute eine immer größere Rolle. Mit der Squeeze-Casting-Methode können auch kompliziert geformte Bauteile hergestellt werden, die bevorzugt für Verschleißanwendungen eingesetzt werden können.

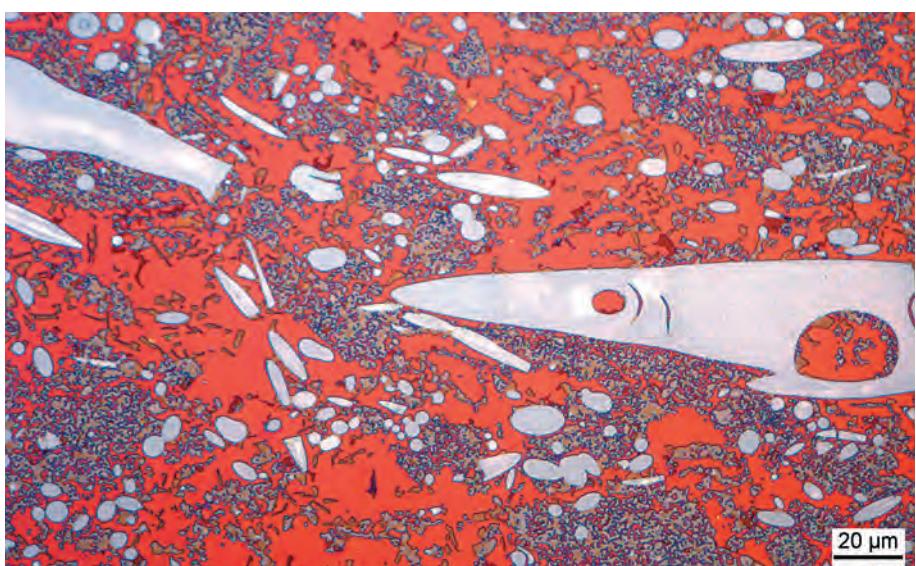
Verbundwerkstoff, Si und Al_2O_3 in AlSi9Cu3 -Matrix, kontrastiert mit Pt, 200x

Foto: Brigitte Stahl, Institut für Materialforschung, Hochschule Aalen



Hybridverbund MMC, Al_2O_3 -Partikel-/Fasern in AlSi12 -Matrix, 500x

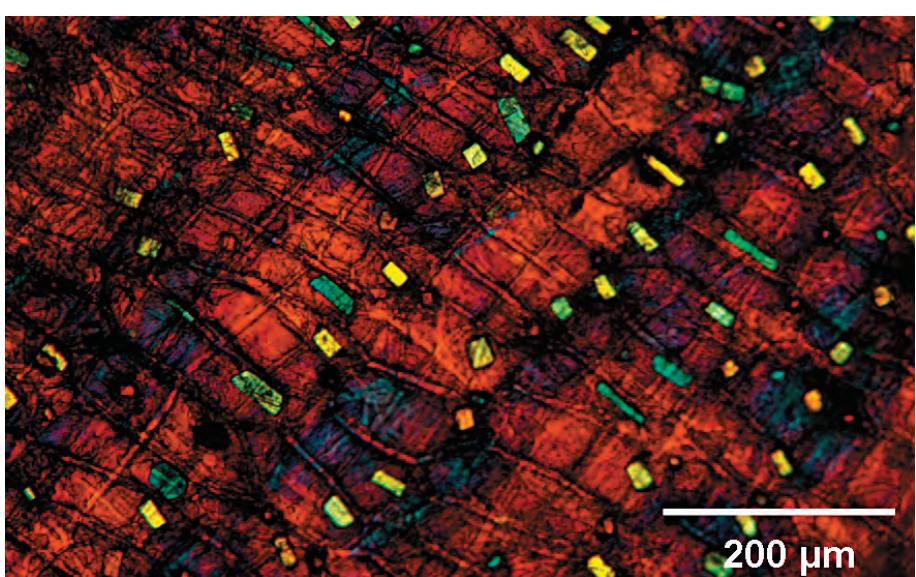
Foto: Dirk Staudenecker, Institut für Materialforschung, Hochschule Aalen



Selbst **organische Materialien** können mit materialographischen Methoden untersucht und charakterisiert werden. Diese spielen zum Beispiel in der Forschung mit Bio- und Nanomaterialien eine Rolle.

rote Zwiebelschale, Dünnschliff im Durchlicht, Mikroskop 100x,

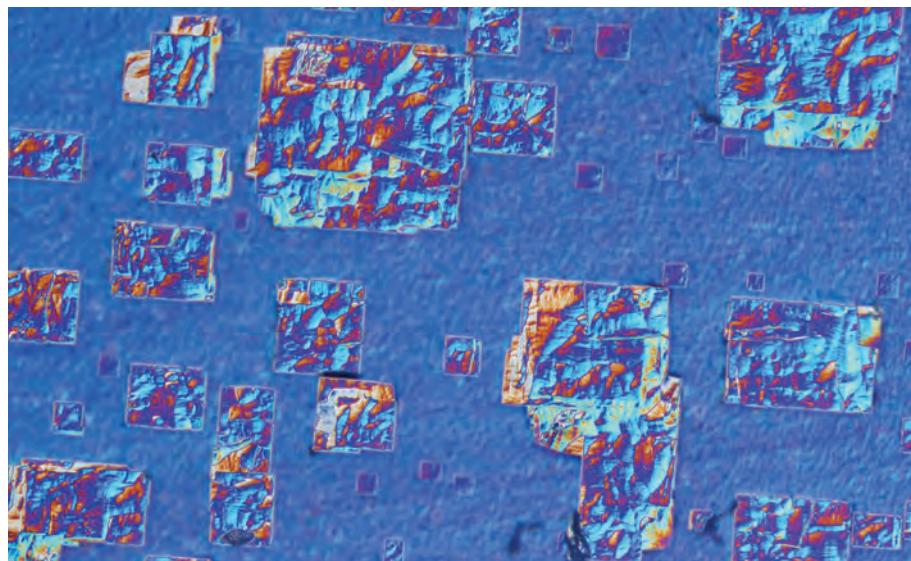
Foto: Birgit Heiland, INM Leibniz-Institut für Neue Materialien, Saarbrücken



Zu guter Letzt wollen wir auch nicht verschweigen, dass beim Ätzen so manch Missgeschick passieren kann – im Gegenteil, auch auf diese Weise werden wunderschöne Bilder erzeugt. Wichtig ist es, dass der Materialograph diese als **Artefakte** entlarvt.

Ätzartefakte aus rostfreiem Stahl durch auskristallisierte V2A-Beize, 100x

Foto: Gaby Ketzer-Raichle, Institut für Materialforschung, Hochschule Aalen



Ätzartefakte in Rein-Aluminium, NaOH-Ätzung, polarisiertes Licht + DIC, 100x

Foto: Ute Teuber, Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover

Quellenangaben:

- Alessandro Belsito, Metallographie-Ausbildung, Lette-Verein Berlin
- Heinz-Hubert Cloeren, Cloeren Technology GmbH, Wegberg
- Anne Dennstedt, Berlin Matworks GmbH, Aalen
- Ellen Hähle, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Flöderstadt
- Birgit Heiland, INM Leibniz-Institut für Neue Materialien, Saarbrücken
- Katrin Kuhnke, Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Bonn
- Jutta Pleikies, Technische Universität Darmstadt
- Ute Teuber, Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover
- Eric Thomas, GF Automotive Georg Fischer GmbH, Mettmann
- Gabi Weilhammer, GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, München
- Metallographie-Ausbildung, Lette-Verein Berlin
- Metallographie-Ausbildung, TBK Solingen
- Materialographie-Studiengang, Hochschule Aalen
- Institut für Materialforschung, Hochschule Aalen
- Matworks GmbH, Aalen

DGM STUDIENHANDBUCH

MATERIALWISSENSCHAFT UND WERKSTOFFTECHNIK

Voraussetzungen
Studium
Spezialgebiete
Berufsbilder
Perspektiven
Praktische Informationen

Die Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. vertritt die Interessen ihrer Mitglieder – als Garant für eine kontinuierliche inhaltliche, strukturelle und personelle Weiterentwicklung des Fachgebiets der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik.

Im Dezember erscheint die neue Ausgabe!

Anfragen zur kostenfreien
Übersendung von Belegexem-
plaren richten Sie bitte an:

Institut für Wissenschaftliche
Veröffentlichungen (IWV)
Finkenstraße 10
68623 Lampertheim
www.institut-wv.de

Ansprechpartnerin:
Daniela Ott
Tel.: 06206 939-349
daniela.ott@alphapublic.de

»Seit über 50 Jahren – Ihr Partner in der Materialographie«

Das Unternehmen SCAN-DIA entwickelt und vertreibt seit 1963 **Geräte und Verbrauchsmaterialien für die Materialographie**. Von Beginn an waren höchste Qualität und innovative Produkte die erklärten Ziele des Unternehmens. Die **Entwicklung und Herstellung der Laborgeräte und Materialien** geschieht im eigenen Haus oder in enger Zusammenarbeit mit starken Partnern. Gesichert wird der Qualitätsanspruch durch umfangreiche **Prüfungen im eigenen Anwendungslabor**.

Der Kunde im Mittelpunkt

Ein zentrales Element des Unternehmens SCAN-DIA ist die **Orientierung am Kunden**. Das heutige Sortiment ist in enger Zusammenarbeit mit den Anforderungen der Laborpraxis entstanden. Es umfasst alle **Geräte und Verbrauchsmaterialien für die materialographische Arbeit**. Individuelle Kundenwünsche werden schnell und konsequent umgesetzt – für eine **perfekte Bearbeitung metallographischer und materialographischer Proben**.

Schritt für Schritt zur perfekten Analyse

Alle SCAN-DIA Geräte überzeugen durch **solide Bauweise und einfache Handhabung**. SCAN-DIA **Trennmaschinen** bearbeiten effizient und ökonomisch alle Proben und liefern beste Voraussetzungen für die weitere Materialanalyse. Kompakte Abmessungen und leistungsstarke Motoren machen die Trennmaschinen universell einsetzbar. Auch das **Einbettverfahren** wird mit SCAN-DIA Produkten zu einem schnellen und mühenlosen Vorgang. Es stehen bewährte und hochwertige **Einbettharze zur Kalteinbettung** und alle notwendigen Utensilien zur Verfügung. Die seit Jahrzehnten bewährten SCANDIFORMEN aus Silikonkautschuk sind in über 30 Größen lieferbar. Sie ermöglichen ein **problemloses und rückstandsfreies Ausbetten**. SCAN-DIA **Schleif- und Poliergeräte** und die Vielzahl an **Schleif- und**

Poliermitteln runden das Sortiment ab. Je nach Menge der anfallenden Proben stehen verschiedene Baureihen der bewährten SCANDIMATIC zur Verfügung. Mit ihr kann jeder Werkstoff perfekt in der gewünschten Qualität und Stückzahl präpariert werden. Selbstverständlich wird durch SCAN-DIA Ultraschall-Reinigungsgeräte auch der wichtige Aspekt der **Reinigung** aller Geräte und Utensilien berücksichtigt.

Individuelle Lösungen für Ihr Unternehmen

SCAN-DIA bietet **individuelle Beratung** und **maßgeschneiderte Lösungen** für Ihr Unternehmen. Ihre Wünsche und Anforderungen werden von unserem Team mit aller Kraft umgesetzt. Das komplette Produktspektrum und viele weitere Informationen können Sie unter www.scan-dia.com einsehen. Und bei Fragen rufen Sie selbstverständlich gerne an!



KONTAKT:

SCAN-DIA GmbH & Co. KG
Lütkenheider Straße 11
D-58099 Hagen
Tel.: +49 (0)2331 62469-0
Fax: +49 (0)2331 62469-29
info@scan-dia.com
www.scan-dia.com





LETTERVEREIN BERLIN

berufsausbildung seit 1866

150 Jahre Lette-Verein Berlin

Frank Sandmann

Lette ist überall

Gemeinsam in die Zukunft

Metallographie Ausbildung im Lette Verein Berlin

■ Gundula Jeschke

» 150 Jahre Lette-Verein Berlin «

Am 27. Februar 2016 wurde der Lette-Verein 150 Jahre alt. Gegründet wurde er, um Frauen in allen Bereichen des Lebens durch selbständige Arbeit unabhängig von Ehegatten und Verwandten einen eigenen Lebensunterhalt zu ermöglichen. Ideengeber war der Berliner Sozialpolitiker Wilhelm Adolf Lette, der zusammen mit 300 Freunden und Mitinitiatoren den „Verein zur Förderung der Erwerbsfähigkeit des weiblichen Geschlechts“ 1866 gegründet hat. Sichtbares Zeichen für die Erfüllung dieser Aufgabe ist bis heute das Schulhaus an einem der schönsten Plätze Berlins, dem Viktoria-Luise-Platz in Berlin-Schöneberg.

Um 1900 war das Ziel – wie die Direktorin Lilly Hauff 1928 schrieb – „eine Zusammenfassung der bis dahin losen Gebilde“ – nämlich der über die gesamte Stadt verteilten Ausbildungsorte für die verschiedensten Lehrgänge und Institute – „zu einer straffen Einheit, damit eines das Andere stützen könne.“ Ende April 1900 wurde ein Wettbewerb für die Bebauung dreier Grundstücke in Schöneberg ausgeschrieben. Engagiert wurde der Stararchitekt Alfred Messel. Zur Grundsteinlegung am 26. Oktober 1901 stand schon die erste Etage des Hauses und am 18. Oktober 1902 konnte dieser gewaltige Häuserkomplex in Besitz genommen werden.



Foto: Lette-Verein Berlin

KONTAKT:

Lette-Verein
Stiftung des öffentlichen Rechts
Gundula Jeschke
Viktoria-Luise-Platz 6
D-10777 Berlin
Tel.: +49 (0)30 21994-450
Fax: +49 (0)30 21994-241
g.jeschke@lette-verein.de
www.lette-verein.de

Lette ist überall

Lette-AbsolventInnen der Ernährung und Versorgung treffen Sie heute in Berlins Sterne-Hotels, die Medizinisch-Technischen AssistentInnen (MTA) für Labore und Radiologie finden Sie in vielen Kliniken und Laboren. Und wenn Sie in der Apotheke durch den freundlichen Herren oder die freundliche Dame hinter der Theke beraten werden, hat diese Person in den meisten Fällen im Lette-Verein die Ausbildung als Pharmazeutisch-Technische Assistentin (PTA) oder Pharmazeutisch-Technischen Assistenten abgeschlossen.

Seit bald 100 Jahren sorgen die chemisch-biologischen LaborassistentInnen dafür, dass die Labore der Universitäten und aufstrebende Technologieunternehmen dieser Stadt über exzellente Fachkräfte verfügen.

Wie vor 110 Jahren sichern Metallographinnen des Lette-Vereins in den Prüfabteilungen der deutschen Autoindustrie die Material-sicherheit oder sorgen dafür, dass beim Bau einer Brücke das richtige Material verwendet wird. Inzwischen mehr Männer als Frauen, weil sie offenbar gemerkt haben, was das für ein toller Beruf ist.

Für die gewagtesten Werbekampagnen und die besten Plakate stehen Lette-GrafikdesignerInnen. Einer der bekanntesten Absolventen ist Nils Brandt, der als Urheber der BSR-Kampagne „We kehr for you“ gilt. Und die FotodesignerInnen können einen U-Bahnhof in „Berlins originellste Galerie“ (Tagesspiegel) verwandeln, wie an unserem Jubiläumstag, dem 27.02.2016 in unserer Hausstation am Viktoria-Luise-Platz.

Dort hängen an den Hintergleisflächen großformatige Fotografien von erfolgreichen AbsolventInnen der Ausbildung Fotodesign. Zu ihnen gehört unter anderen Martin Schoeller, der mit seinen überlebensgroßen Portraits internationaler Stars für Furore gesorgt hat. An den Modedesignerinnen und -designern aus dem Lette-Verein kommt kein Journalist

Gemeinsam in die Zukunft

Man kann sagen: Es ist erreicht! Kein Ausbildungsweg ist heute Frauen verschlossen und zwei Drittel der Ausbildungsplätze im Lette-Verein besetzen Frauen. Besonderes Anliegen ist es, jungen Menschen mit mittlerem und berufsqualifizierenden Schulabschluss (MSA) eine gute, handwerklich präzise Ausbildung und damit eine qualifizierte Basis für ein erfülltes berufliches Leben zu ermöglichen.

Viele nutzen die Berufsausbildung im Lette-Verein, um das Fachabitur abzulegen oder sich auf ein anschließendes Studium vorzubereiten. Ebenso kommen heute auch Einige zu uns, denen ein begonnenes akademisches Studium zu theoretisch ist. Sie wollen mit der Hand arbeiten. Das können sie im Lette-Verein unter Anleitung von Lehrkräften,

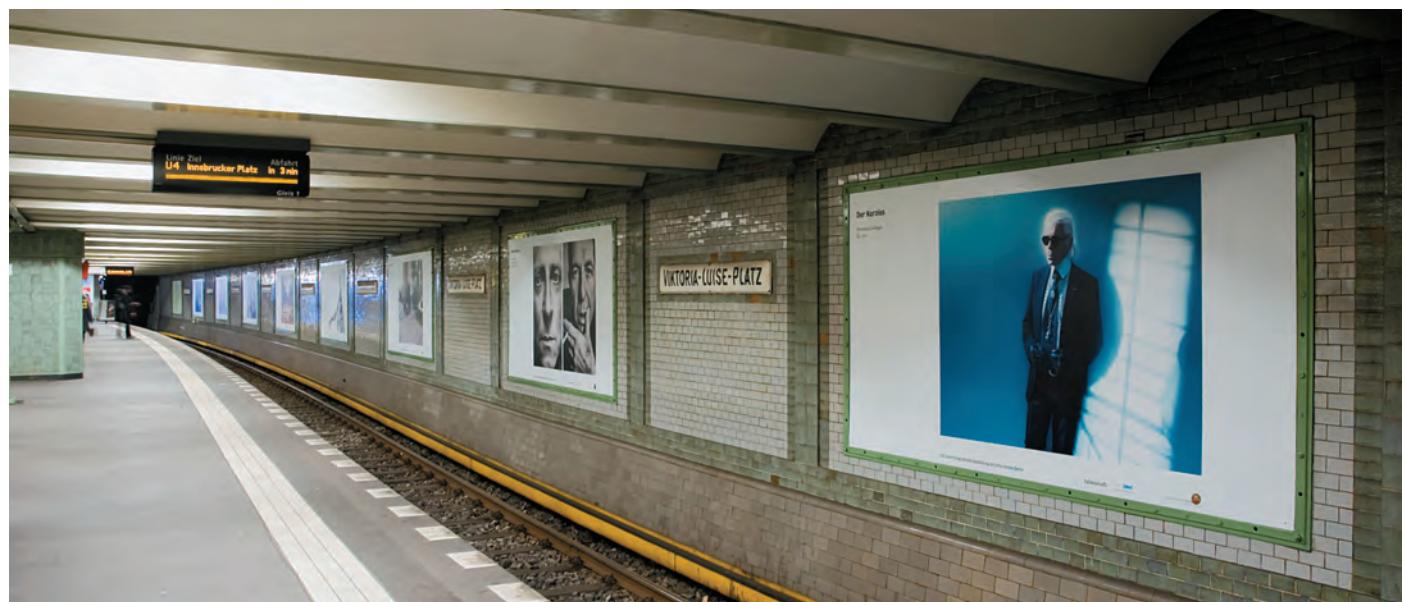


Foto: André Giogoli /Lette-Verein Berlin

vorbei. Zu den bekannten Namen gehören hier Kostas Murkudis, Nanna Kuckuck und Christian Kratzert, der mit seinem Label „Kratzert und Pahnke“ für Hollywood-Produktionen, wie „The Grand Budapest Hotel“, „Der Vorleser“ oder „Bridge of spies“ gearbeitet hat. Der Ausbildungsgang Medieninformatik „Interaktive Animation“ ist zwar erst sechs Jahre alt, hat aber nun schon im Rahmen der Ausbildung in Kooperation mit der Stiftung Stadtmuseum digitale Tools entwickelt, die die Attraktivität der Ausstellung „Berlin – Stadt der Frauen“ (bis Ende August 2016 im Berliner Ephraimpalais) steigert.

die neben dieser Tätigkeit noch selbst im Beruf stehen und so die aktuellsten Entwicklungen aus verschiedenen Blickwinkeln in ihren Ausbildungsplan einfließen lassen. Wir werden auch in Zukunft unsere Ausbildungsbereiche immer wieder interdisziplinär verknüpfen, denn das birgt die Möglichkeit, neue Ideen zu entwickeln. Nur diese Mischung hat es möglich gemacht, dass ein Beruf, wie der der Röntgenschwester oder der Metallographin im Lette-Verein erfunden wurde. Wir werden sehen, welche neuen Berufe, die nächsten 150 Jahre bringen werden.

Autor:
Frank Sandmann
Lette-Verein
Öffentlichkeitssarbeit

»Metallographie Ausbildung im Lette-Verein Berlin«

Dario-Noél Dörffel, Abiturient, Studienabbrecher und begeisterter Motorradfahrer hat sich nach längerer Suche entschlossen, eine Ausbildung zum Metallographen zu machen.

Und das ist auch gut so! Er lernt einen Beruf mit guten Berufschancen, da Metallographinnen und Metallographen gefragte Fachkräfte in vielen Wirtschaftsbereichen sind. Neben der Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie gibt es auch in Bereichen der Medizintechnik, den erneuerbaren Energien sowie in Forschungsinstituten attraktive Arbeitsstellen. Wie kam es zu dieser einzigartigen Berufsausbildung?

Erfunden wurde der Beruf im Lette-Verein Berlin, der 1866 von dem liberalen Politiker Dr. Wilhelm Adolf Lette gegründet wurde:

„Zweck des Vereins ist die Förderung der Erwerbstätigkeit der auf eigenen Unterhalt angewiesenen Frauen und Jungfrauen, damit die vielen unverheirateten Frauenzimmer der mittleren und höheren Bevölkerungsschichten selbst für ihren Unterhalt sorgen könnten.“

Diese Worte lassen uns heute schmunzeln. Für die damalige Zeit stellten sie eine gewaltige Veränderung in der männlich besetzten Berufswelt dar. Es wurden neue Aufgabenfelder für die Ausbildung von Frauen gesucht



Foto: © Zeiss

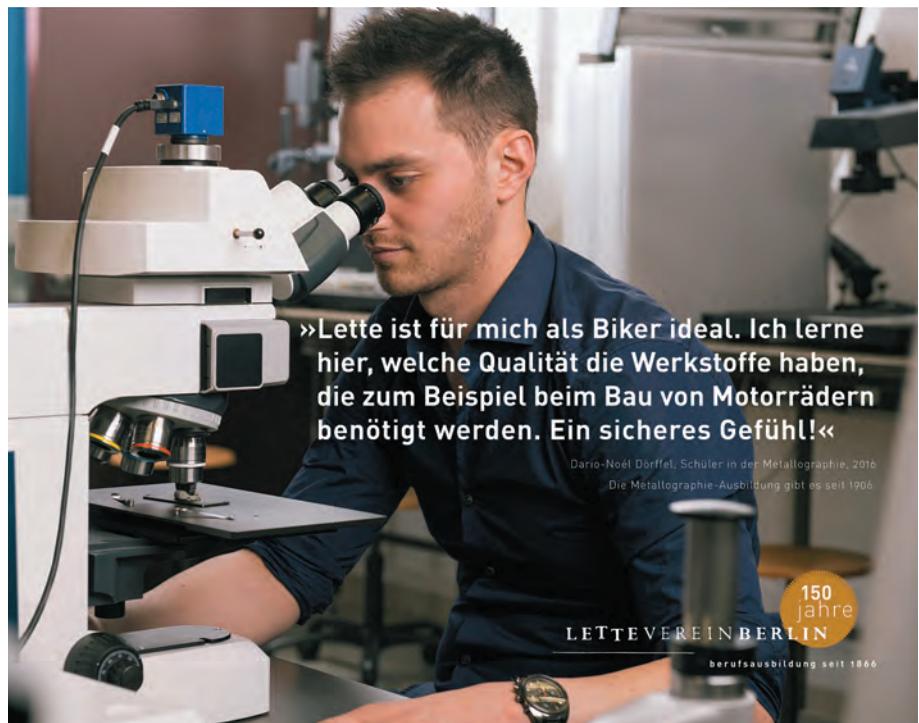


Foto: Moritz Kind, Olaf Janson/Lette-Verein Berlin

und gefunden. Bereits 1890 entstand die Fotografische Lehranstalt, aus der sich zwei weitere neue Berufe entwickelten, die eng an die technischen Erfindungen geknüpft waren. Die Entdeckung der Röntgenstrahlung führte 1895 zur Ausbildung der „Röntgenschwester“, den heutigen Medizinisch-Technischen Assistentinnen/Assistenten für Radiologie. Adolf Martens (1850-1914) begründete die Wissenschaft der Materialforschung und Werkstoffprüfung in Deutschland, war seit 1879 Professor an der heutigen TU Berlin und ab 1884 Direktor der heutigen Bundesanstalt für Materialforschung und Materialprüfung (BAM). Zusammen mit Carl Zeiss entwickelte er ein Mikroskop für die Untersuchung des Gefügeaufbaus von Metallen.

Damit waren die Rahmenbedingungen für die Geburtsstunde der Metallographie geschaffen und 1904 wurde das Unterrichtsfach Mikrofotografie für medizinische und technische Zwecke im Lette-Verein eingeführt. **1906 – also vor 110 Jahren** – wurde die erste Absolventin als Mikrofotografin examiniert und bekam eine Anstellung in einem Hüttenwerk in Kattowitz (Oberschlesien), der Baildonhütte. Bis 1916 blieb es bei dieser Berufsbezeichnung, nach 10 Jahren waren nun bereits 150 ausgebildete Frauen in der Industrie tätig. Im Laufe der nächsten 100 Jahre wurde die Berufsbezeichnung mehrmals geändert, ab **1932** lautete die Berufsbezeichnung „**Technische Assistentin/Assistent für Metallographie und Werk-**

stoffprüfung“, heute „**Technische Assistentin/Assistent für Metallographie und physikalische Werkstoffanalyse**“.

Bis 1961 – dem Jahr des Mauerbaus – machten viele Schülerinnen aus Ostberlin und der DDR die Ausbildung zur Metallographin, es sollte 29 Jahre dauern, bis dies wieder möglich wurde!

Die fachlichen Inhalte der Ausbildung wurden und werden ständig den technischen Entwicklungen angepasst, ein externes, betriebliches Praktikum ist heute Bestandteil der Ausbildungs- und Prüfungsordnung. Ab 1976 besteht die Möglichkeit, die Berufsausbildung kombiniert mit der Fachhochschulreife zu erwerben. Für Jugendliche mit mittlerem Schulabschluss ist diese dreijährige Ausbildungszeit die Chance, mit guten Vorkenntnissen in ein anschließendes Studium zu starten. Für Abiturientinnen und Abiturienten sowie fachlich vorgebildete Bewerber (Werkstoffprüfer), beträgt die Ausbildungszeit 2 Jahre.

Die Räume und die Geräteausstattung der Abteilung wurden ständig modernisiert, der praktische Unterricht findet z.T. in kleinen Gruppen statt, so z.B. am Rasterelektronenmikroskop.

Außerdem ist es möglich, durch Kooperationen mit Firmen und Instituten in Berlin die aktuellen fachlichen Inhalte zu vermitteln.

Die Leitung der Abteilung Metallographie war 60 Jahre lang fest in Frauenhänden: Marie Kundt, Anna Köppen, Charlotte Wachau, ihre Nachfolger waren Dr. Manfred Ottow und Volkmar Dietl. Im Jahr 2008 habe ich den großen Schritt gewagt und die Leitung übernommen und ich kann sagen, dass es eine der besten Entscheidungen in meinem Leben war.

Die Metallographie hat mich seit meiner eigenen Ausbildungszeit immer fasziniert und die Weiterentwicklung der Werkstoffe und die damit verbundene Neugestaltung der Unterrichtsinhalte bieten reichliche Betätigungsfelder.

Für die Zukunft ist die Gründung einer Fachschule geplant, mit dem Abschluss als staatlich geprüfte(r) Technikerin/Techniker. Diese Zusatzausbildung kann im Anschluss an die Ausbildung gemacht werden, wird aber auch anderen fachlich vorgebildeten Interessenten offenstehen.

Dieses Jahr wird das 110 jährige Bestehen der Ausbildung Metallographie gefeiert und die 50. Metallographie Tagung findet zu diesem Anlass vom 21. bis 23. September im Henry-Ford-Bau der FU Berlin statt. Darüber freuen meine Kolleginnen und Kollegen und ich uns sehr und versprechen, weiterhin mit Freude und Willenskraft junge Menschen die Freude an einem der schönsten Berufe zu vermitteln.



Autorin:
Gundula Jeschke
Lette-Verein
Abteilungsleiterin Metallographie



Foto: Silke Spiegel/Lette-Verein Berlin



Foto: Silke Spiegel/Lette-Verein Berlin

»Technisches Berufskolleg Solingen mit Technischem Gymnasium«

Staatlich geprüfte Physikalisch-technische Assistentin

Staatlich geprüfter Physikalisch-technischer Assistent

Schwerpunkt Metallographie und Werkstoffkunde

Die Basis für den Bildungsgang „**Staatlich geprüfte physikalisch technische Assistentin / Staatlich geprüfter physikalisch technischer Assistent Schwerpunkt Metallographie und Werkstoffkunde**“ sind die Richtlinien und Lehrpläne der Bildungsgänge der Berufsfachschule in NRW, die zu einem Berufsabschluss nach Landesrecht und zur Fachhochschulreife führen.



Ziel und Inhalte des Ausbildungsganges

Die Basis für den Bildungsgang „**Staatlich geprüfte physikalisch technische Assistentin / Staatlich geprüfter physikalisch technischer Assistent Schwerpunkt Metallographie und Werkstoffkunde**“ sind die Richtlinien und Lehrpläne der Bildungsgänge der Berufsfachschule in NRW, die zu einem Berufsabschluss nach Landesrecht und zur Fachhochschulreife führen.

Die Metallographie bietet ein System von wichtigen Untersuchungsmethoden, die weder aus der Forschung noch aus der betrieblichen Praxis wegzudenken sind. Das Ziel des Bildungsganges ist es, bei diesen Arbeiten qualifiziert und eigenverantwortlich mitwirken zu können.

Eine breit angelegte Bildung im Bereich Werkstofftechnik, Werkstoffprüfung/Werkstoffanalyse sowie Maschinenbautechnik vermittelt die notwendigen theoretischen Grundkenntnisse. Im Praxisunterricht werden in neu ausgestatteten Laborräumen die materialographischen Arbeits- und Untersuchungsmethoden sowie Verfahren der Werkstoffprüfung erlernt. Fächerübergreifendes und projektorientiertes Lernen fördert die Fähigkeiten, diese systematisch und zielorientiert anzuwenden und auszuwerten. Dabei wird eine Schwerpunktbildung auf den Bedarf des regionalen Wirtschaftsraumes angestrebt. Dies gelingt auch durch eine enge Zusammenarbeit mit den regionalen Betrieben, bei denen die Auszubildenden zwei vierwöchige Praktika absolvieren müssen. Dieses Praktikum wird durch die Schule gelenkt.

KONTAKT:

Technisches Berufskolleg Solingen

Ohligschlägerweg 9

D-42655 Solingen

Sekretariat

Tel.: +49 (0)212 22380-20

Fax: +49 (0)212 22380-60

info@tbk-solingen.de

www.tbk-solingen.de



Die aktive Mitgliedschaft der Schule in der Gesellschaft für Materialografie Rhein Ruhr e.V. ermöglicht den Schülern schon während der Ausbildung ein breit gefächertes Weiterbildungsangebot zu nutzen und durch die Planung und Durchführung gemeinsamer Veranstaltungen z.B. der „mikprä“ in Fachvorträgen eigene Untersuchungsergebnisse vorzustellen. Eine enge Kooperation besteht weiterhin zur Bergischen Universität Wuppertal.

Dauer der Ausbildung und Voraussetzungen

■ Für die dreijährige staatlich anerkannte Berufsausbildung ist der mittlere Schulabschluss (Realschulabschluss bzw. Fachoberschulreife) oder ein gleichwertiger Schulabschluss die Voraussetzung.

- Für die zweijährige staatlich anerkannte Berufsausbildung kann mit der Hochschulreife (Abitur) die Ausbildung in zwei Jahren absolviert werden.

Doppelqualifikation als Abschluss

- Berufsabschluss als: Staatlich geprüfte(r) physikalisch-technischen Assistentin/physikalisch-technischer Assistent Schwerpunkt Metallographie und Werkstoffkunde
- Erwerb der Fachhochschulreife

Berufsaussichten und Einsatzbereiche

Typische Arbeitsbereiche können beispielsweise sein:

- Entwicklung und Erprobung von Werkstoffen, materialkundliche Forschung
- Qualitätsüberwachung in der laufenden Produktion

- materialkundliche Schadensanalyse
- mikroskopische Analyse von Gefügestrukturen der Materialien
- Werkstoffprüfung von Bauteilen und Gefügebestandteilen

Alternativ kann ein Studium zur Diplomingenieurin bzw. zum Diplomingenieur an einer Fachhochschule begonnen werden.

Mögliche Fachrichtungen sind:

- Werkstofftechnik
- Gießereitechnik
- alle maschinenbautechnischen Fachgebiete

Kosten

Es entstehen keine Ausbildungsgebühren.



»Materialographie – Ausbildung an der Hochschule Aalen«

Wie können Autos leicht und trotzdem sicher gebaut werden?

Wie lässt sich die Lebensdauer von teuren Lithium-Ionen-Batterien verlängern?

Und wie lassen sich Textilien besser gegen Regen und Schmutz schützen?

Antworten auf diese Fragen bietet die faszinierende Welt der Werkstoffe.

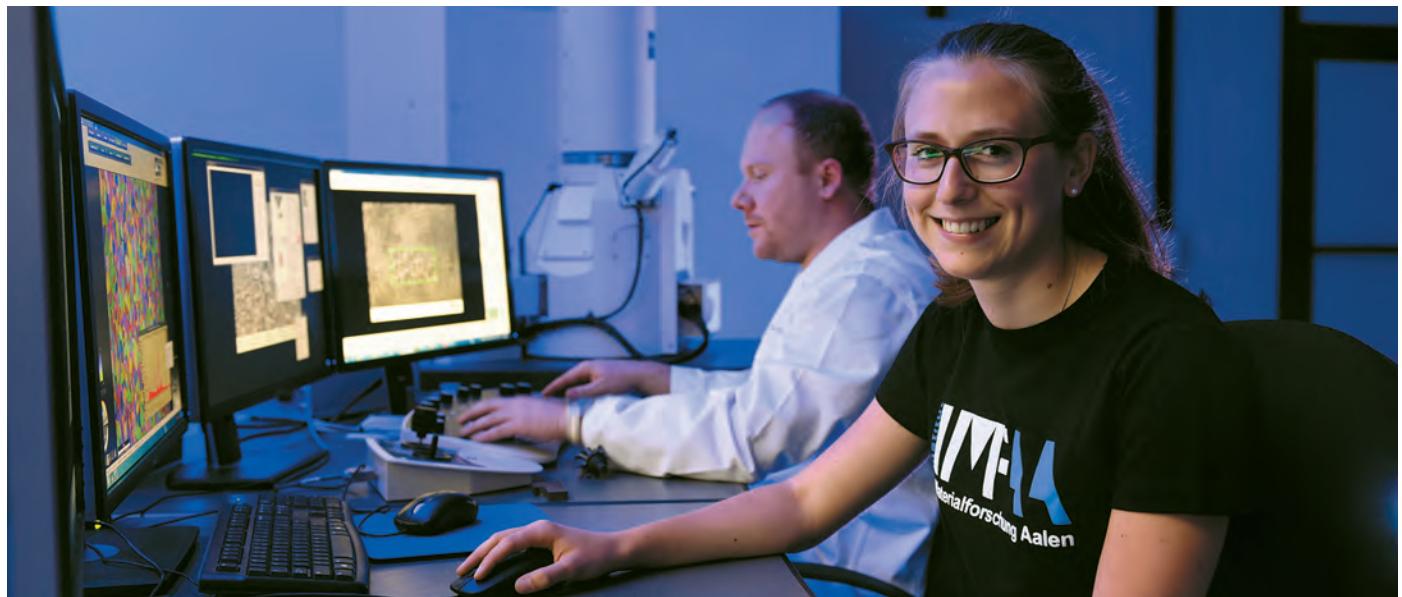


Foto: Reiner Pfisterer/Hochschule Aalen

KONTAKT:

Hochschule Aalen für
Technik und Wirtschaft
Beethovenstraße 1
D-73430 Aalen

Studienberatung Materialographie:
Gaby Ketzer-Raichle
gaby.ketzer-raichle@hs-aalen.de

Dr. Timo Bernthaler
timo.bernthaler@hs-aalen.de

Zentrale Studienberatung an der
Hochschule Aalen:
studienberatung@hs-aalen.de
www.hs-aalen.de

Werkstoffe haben den Alltag der Menschen seit jeher beeinflusst und sind seit den Ursprüngen der Menschheitsgeschichte eine wesentliche Triebfeder für den technologischen Fortschritt. Epochenbezeichnungen wie Stein-, Bronze- oder Eisenzeit zeigen, welche bedeutende Rolle Werkstoffe spielen. Daran hat sich nichts geändert – innovative Materialien ermöglichen neue elektronische Bauteile ebenso wie neue Therapieansätze in der Medizin oder langlebigere Häuser. Das Spektrum der Anwendung neuer Materialien ist unbegrenzt – und die Materialwissenschaft eine Schlüsseltechnologie. Mit der Materialographie taucht man ein in den inneren Aufbau der Werkstoffe.

Die Hochschule Aalen bietet hierfür hervorragende Möglichkeiten: Seit dem Wintersemester 2009 gibt es dort das Studienangebot Materialographie/Neue Materialien. Dieses Studium ist nicht nur für Abiturienten und frischgebackene Schulabgänger interessant, sondern für Metallographen und Werkstoffprüfer auch eine ideale Weiterführung ihrer Ausbildung.

Seit Jahren ist die Hochschule Aalen, die 1962 gegründet wurde, eine der forschungsstärksten Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Deutschland. Steigende Studierendenzahlen (aktuell 5700), ein erfolgreicher Know-how-Transfer mit der Wirtschaft und ein stetig wachsender Campus

zeigen die enorme Entwicklung und ihre Bedeutung für die Region.

Der Studienschwerpunkt Materialographie/ Neue Materialien profitiert von der angewandten Forschung innerhalb des Instituts für Materialforschung. Praktische Forschungsarbeiten der Studierenden in den wichtigen Themenfelder des Leichtbaus, erneuerbarer Energie, der ressourcenschonenden Mobilität sowie additiver Fertigungstechnologien begleiten das Studium. Die Studierenden arbeiten mit einem modernen Park hochwertiger Forschungsgeräte, z.B. mit Lichtmi-

technologie, Materialographie und Kunststofftechnik, verbindet der Studienschwerpunkt Materialographie/Neue Materialien verschiedene Fachgebiete der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Das Studium umfasst neben klassischer Metallographie in Theorie und Praxis, Werkstoffkunde und Werkstofftechnik auch Fächer wie Chemie, Physik, Wirtschaft oder Informatik. Der Schwerpunkt „Materialographie“ kombiniert Vorlesungen zur Gefügeinterpretation mit umfangreichen praktischen Labor- und Präparationsübungen. Dabei sollen die Studierenden die Kunst der artefaktfreien

gewichte“, welche die Materialographen befähigt, neben bekannten auch neue Legierungen zu verstehen und zu interpretieren. Im Modul „Digitale Bildverarbeitung und Quantitative Gefügeanalyse“ lernen die Studierenden, Gefüge mit Hilfe geeigneter Software am Licht- und Elektronenmikroskop auszuwerten. Wichtig sind natürlich auch komplementäre Verfahren der chemischen und kristallographischen Strukturanalyse. Im Laufe des Studiums kommen die erlernten Fertigkeiten bei Projekten, Präsentationen, Studienarbeiten und schließlich im Rahmen der Bachelorarbeit zum Einsatz.



Fotos: Reiner Pfisterer/Hochschule Aalen

kroskopen, Rasterelektronenmikroskopen mit umfangreichen Verfahren der Element- und Strukturanalytik, Computertomographie und in-situ-Röntgendiffraktometrie. Davon profitiert die praxisnahe und anwendungsorientierte Lehre im Studienschwerpunkt Materialographie/Neue Materialien. In den verschiedenen Forschungsbereichen können sich die Studierenden während ihres Studiums und im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten vielseitig einbringen.

Bachelorstudium Materialographie/ Neue Materialien

Eingebettet in eine starke Fakultät Maschinenbau/Werkstofftechnik mit den Vertiefungsrichtungen Maschinenbau, Oberflächen-

Probenpräparation erlernen. Die Licht- und Elektronenmikroskopie wird ebenfalls ausführlich in Vorlesungen und praktischen Anwendungen vermittelt. Denn schließlich macht auch der Blick durchs Mikroskop und das Eintauchen in die vielfältige Welt der Gefüge die Faszination dieses einzigartigen Berufes aus.

Der Themenblock Gefügeinterpretation umfasst die allgemeine Gefügekunde, die Strukturwerkstoffe Stahl, Aluminium- und Kupferlegierungen und die Gefügeausbildung in Schweißverbindungen. Funktionswerkstoffe wie Verbund- oder Magnetwerkstoffe runden die Themenvielfalt ab. Eine wichtige Grundlage ist die „Lehre der Heterogenen Gleich-

Wer Gefallen am Umgang mit verschiedenen Werkstoffen und modernen Untersuchungsgeräten hat und einen gewissen Forschergeist mitbringt, für den ist das Studienangebot Materialographie die richtige Wahl. Die Jobaussichten in unterschiedlichen Branchen sind hervorragend und vielfältig.

Nach dem Bachelorabschluss besteht die Möglichkeit, einen dreisemestrigen Forschungsmaster anzuschließen. Der „Research Master „Advanced Materials and Manufacturing“ ist nahezu einzigartig in Deutschland. Der Schwerpunkt liegt dabei in der angewandten Forschung. Wer sich dann in der Forschung noch weiter qualifizieren will, kann das ebenfalls in Aalen tun.

Heinz-Hubert Cloeren:

»Fachbuch Materialographische Präparationstechniken«



**224 Seiten mit über 400 Bildern,
vollfarbig, Format: 17 x 24 cm.**

**ISBN: 978-3-9816824-0-3
75,00 EUR brutto**

Verlag:
CTV Heinz-Hubert Cloeren
Pützstraße 23
D-41372 Niederkirchen

Das Werkstoff-Buch „Materialographische Präparationstechniken“ von Heinz-Hubert Cloeren gilt als Leitfaden. Von der Probenentnahme bis zum fertigen Schliff zeigt er dem Praktiker und Einsteiger wertvolle Tipps & Tricks auf.

Das Buch enthält hierzu eine Einführung mit detaillierter Beschreibung der einzelnen Präparationsstufen. Problemlösungen sowie zahlreiche weitere Hilfen bei der Anwendung werden ausführlich beschrieben.

Der systematische Aufbau mit umfassend fotografisch dokumentierten Beispielen eignet sich ideal sowohl für Einsteiger als auch für erfahrene Anwender, die eine bestimmte Präparationstechnik erlernen oder nachschlagen möchten.



Cloeren Technology GmbH



Schadensanalyse • Lohnmaterialographie
Schulungen • Materialographiebedarf



Wissen ist unsere Stärke!

Mit unserem Wissen und den qualitativ hochwertigen und preisgünstigen Produkten sind wir der ideale Partner für Sie.

Unser Angebot umfasst: (1) Verbrauchsmaterialien, (2) Lohnmaterialographie, (3) Schulungen, (4) Schadensanalyse, (5) Entwicklung neuer Produkte für die Materialographie, (6) Beratung bei der Einrichtung neuer Labore und (7) Hard- und Software für die digitale Bildverarbeitung

Fordern Sie jetzt unsere Preisliste 2016 an oder besuchen Sie unseren Online-Shop!

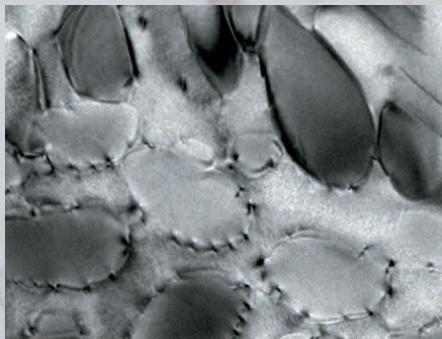


Cloeren Technology GmbH • In Petersholz 44 • 41844 Wegberg • Tel.: +49 (0)2432 89025-10
Fax: +49 (0)2432 89025-19 • E-Mail: info@cloeren.de • Web: www.cloeren.de



**Metallographie und komplementäre Untersuchungsverfahren
zur Charakterisierung von Hochleistungswerkstoffen am
Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der
Montanuniversität Leoben**

- Svea Mayer
- Michael Panzenböck
- Helmut Clemens



Nano- und mikrostrukturelle Charakterisierung

Werkstoffprüfung und Schadensanalytik



»Metallographie, Metallkunde und Werkstoffprüfung an der Montanuniversität Leoben«

Svea Mayer, Michael Panzenböck und Helmut Clemens

Metallographie und komplementäre Untersuchungsverfahren zur Charakterisierung von Hochleistungswerkstoffen am Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben.



Ass.Prof. Svea Mayer, Univ.-Prof. Helmut Clemens
Dr.-Ing. Michael Panzenböck

KONTAKT:

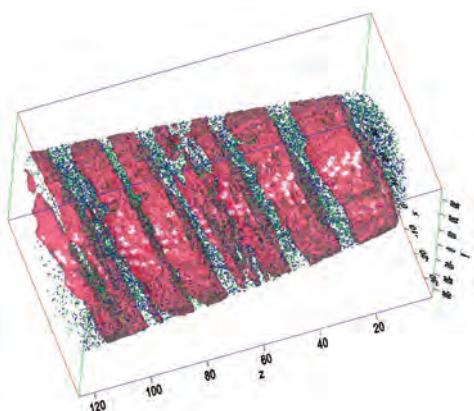
Montanuniversität Leoben
Department Metallkunde und Werkstoffprüfung
Roseggerstraße 12
A-8700 Leoben
Tel.: +43 (0)3842 402-4201
Fax: +43 (0)3842 402-4202
materials@unileoben.ac.at
www.unileoben.ac.at

Das Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben kombiniert mit seinen Lehrstühlen erfolgreich Forschungs- und Entwicklungaktivitäten auf dem Gebiet der Struktur- und Funktionswerkstoffe. Der Schwerpunkt des Departments liegt dabei in der international konkurrenzfähigen Ausbildung von Studierenden der Studienrichtung Werkstoffwissenschaft sowie in der Durchführung von grundlegenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten von industrieller Relevanz.

Das Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben besteht gegenwärtig aus den Lehrstühlen „Metallkunde und metallische Werkstoffe“, „Stahldesign“ und „Funktionale Werkstoffe und Werkstoffsysteme“, wobei die Nutzung metallographischer Methoden und deren Weiterentwicklung einen wesentlichen Bestandteil der ersten beiden Lehrstühle darstellt. Die am Department vorhandene Methodik und Expertise wird durch ein nationales und internationales Netzwerk aus Forschungseinrichtungen und Unternehmenspartnern abgerundet. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Kooperation mit den europäischen Großforschungseinrichtungen auf dem Gebiet der hochauflösenden Werkstoffcharakterisierung mit Synchrotronstrahlung und Neutronen. Diese synergetische Herangehensweise an aktuelle komplexe Themenstellungen stellt einen der Grundpfeiler für die internationale Sichtbarkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Forschungsarbeiten des Departments dar. Zur Pflege der Sichtbarkeit zählt auch die Organisation und

Durchführung von wissenschaftlichen Fachtagungen. So wird das jährlich in Lech am Arlberg stattfindende „Metallkunde-Kolloquium“, das im Jahr 2014 bereits sein 60-jähriges Jubiläum feierte, vom Department organisiert. Gemeinsam mit der Ruhr-Universität Bochum und dem Institut für Struktur- und Funktionskeramik wird die internationale Tagung „Gefüge und Bruch“ wiederkehrend in Leoben veranstaltet. Im Jahr 2014 fand die 14. Internationale Metallographie-Tagung an der Montanuniversität Leoben statt, welche zugleich die 48. Metallographie-Tagung im deutschen Sprachraum darstellt. Die nächste Internationale Metallographie-Tagung, die vom Lehrstuhl „Metallkunde und metallische Werkstoffe“ organisiert wird, ist für September 2018 anberaumt.

Das Department ist mit seinen Lehrstühlen in die Forschungsfelder des Werkstoffbereichs der Montanuniversität Leoben integriert. Das Forschungsprofil und die wissenschaftlichen Schwerpunkte bestehen aus der Entwicklung von neuen metallischen und



intermetallischen Werkstoffen bzw. der Optimierung bestehender, der nano- und mikrostrukturellen Charakterisierung und Prüfung mechanischer Eigenschaften sowie der computerunterstützten Werkstoffmodellierung. Das Zusammenwirken dieser Bereiche, die zeitgemäße Ausstattung und die darin wirkende Komplementarität ist die Besonderheit des Departments in der österreichischen und internationalen Forschungslandschaft.

Nano- und mikrostrukturelle Charakterisierung

Eine der wesentlichen Aufgaben der Werkstoffwissenschaft ist es, für den Anwender den Zusammenhang zwischen dem inneren Aufbau, der so genannten Mikrostruktur, eines Materials und den daraus resultierten Eigenschaften zu beschreiben. Für ein fundamentales Verständnis dieser Zusammenhänge ist es daher unabdingbar Werkstoffe bis hinab zu atomaren Dimensionen zu charakterisieren. Unter Einsatz der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) lassen sich die mikrostrukturellen Bestandteile ermitteln und man erhält quantitative und qualitative Informationen über die Morphologie, die Phasenverteilung sowie das Vorhandensein von Ausscheidungen. Des Weiteren sind Untersuchungen von Gitterfehlern (Versetzungen, Stapelfehler, Antiphasengrenzen) und der Struktur innerer Grenzflächen mit atomarer Auflösung durch hochauflösende TEM erforderlich, um den Beginn von Ausscheidungs- und Entmischungsphänomenen zu studieren. Das Alleinstellungsmerkmal hierfür sind in Österreich die beiden dreidimensionalen Atomsonden. Mit dieser Technik werden Informationen über die chemische Zusammensetzung, die Morphologie sowie über Diffusionsprozesse bis in den atomaren Bereich gewonnen. Dabei werden unter anderem die lokale Zusammensetzung von ultrafeinen Teilchen und Phasen, aber auch Segregationen an Korn- und Phasengrenzflächen untersucht. Mittels „Focused Ion Beam-Technik“ können gezielt µm-große Proben an interessanten Stellen entnommen und später in der Atomsonde, aber auch im TEM, untersucht werden.

Werkstoffprüfung und Schadensanalytik

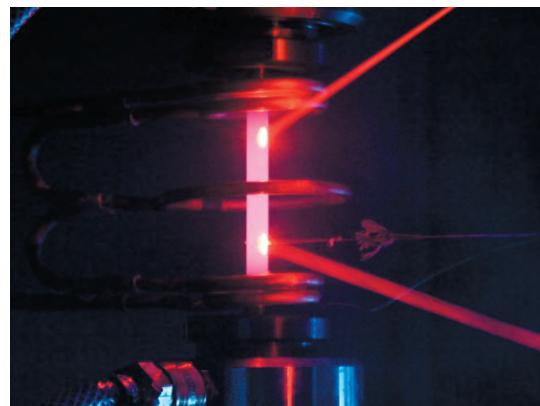
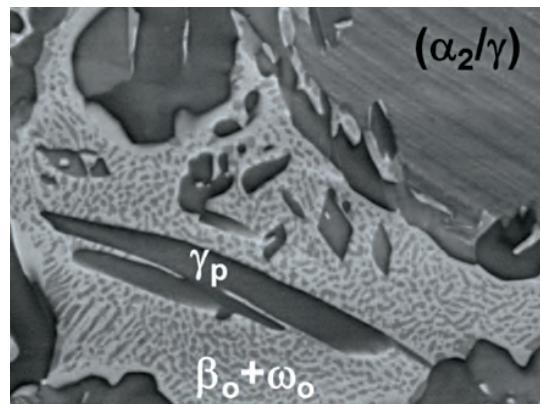
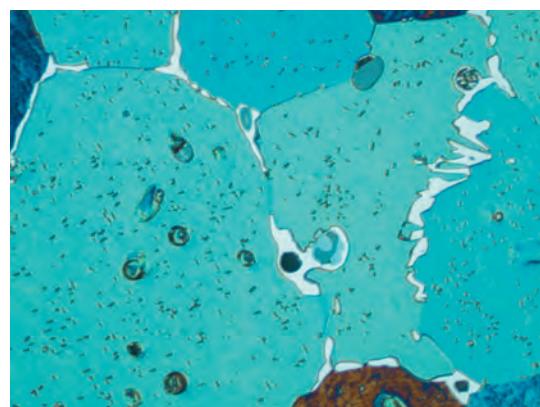
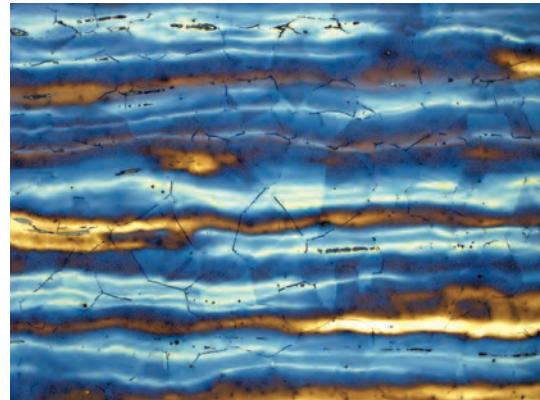
Im Bereich der Werkstoffprüfung und Schadensanalytik steht die Funktionalität der

Werkstoffe und Bauteile im Vordergrund, die einerseits eine lange Lebensdauer aufweisen sollen und in dieser Zeit keine Beeinträchtigung ihrer Eigenschaften erfahren dürfen. Die am Department vorhandenen Prüf- und Untersuchungsverfahren sind auf die Charakterisierung von metallischen und intermetallischen Hochleistungswerkstoffen ausgerichtet. Neben der klassischen Werkstoffprüfung, wie Härte-, Zug-, Druck-, Kriechprüfung und instrumentierter Kerbschlagbiegeversuch, und dynamischer Prüfverfahren an servohydraulischen Prüfmaschinen, einer Resonanz-, Torsions- und Umlaufbiegeprüfmaschine, sowie zerstörungsfreien Verfahren, werden Prüfmethoden weiter entwickelt und verfeinert, wie z.B. Zugproben für hochfeste Werkstoffe, eine Einrichtung zur Schwingungsrisskorrosion und die Hochtemperaturzugprüfung.

Bezüglich der Schadensanalytik bestehen intensive Kontakte zur Industrie und KMU's, die schadhafte Teile und Großschäden am Department untersuchen lassen. Trotz steigender Qualität der Produkte kommt es immer wieder zu Schäden oder deren Versagen. In vielen Fällen ist das mit hohen Kosten oder gar Personenschäden verbunden. Dabei gilt es die Versagensursache zu beurteilen sowie geeignete Abhilfemaßnahmen zu setzen.

Viele dieser Arbeiten werden in Kooperation mit Industrieunternehmen durchgeführt, was einen nachhaltigen Beitrag zur Erhaltung und zum Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit darstellt. Darüber hinaus arbeitet das Department mit einer Vielzahl von wissenschaftlichen Kooperationspartnern im In- und Ausland zusammen. Eine Nennung aller würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Hierzu wird der Leser auf die Homepage <https://materials.unileoben.ac.at> verwiesen.

Des Weiteren zeigt ein aktueller Übersichtsartikel die Spannbreite der Metallographie am Department anhand mehrerer Fallbeispiele und kann von der Homepage der Fachzeitschrift „Practical Metallography“ heruntergeladen werden (S. Mayer et al.: „Die Rolle der Metallographie bei Entwicklung und Charakterisierung von Hochleistungswerkstoffen“, Pract. Metallogr. 52/2 (2015) 59-74).



»Festwalzen – Lebensdauersteigerung durch mechanische Oberflächenbearbeitung«

Festwalzen ist das einzige mechanische Endbearbeitungsverfahren, welches drei signifikante Vorteile miteinander kombiniert und somit zu einer Erhöhung der Festigkeit bzw. der Lebensdauer des Bauteils führt.

Die ECOROLL AG Werkzeugtechnik bietet seit Jahrzehnten bedarfsorientierte Lösungen zur Verbesserung metallischer Oberflächen. Der Erfolg und die Innovationskraft des mittelständischen Unternehmens basiert auf der engen Zusammenarbeit mit unseren Kunden, Universitäten und Instituten. Auf dieser Basis konzipieren und produzieren die Mitarbeiter der ECOROLL AG in Celle seit 1969 auf den Kundenbedarf zugeschnittene Werkzeuge und Maschinen zum Glattwalzen und Festwalzen sowie zur Zylinderrohrbearbeitung.



KONTAKT:

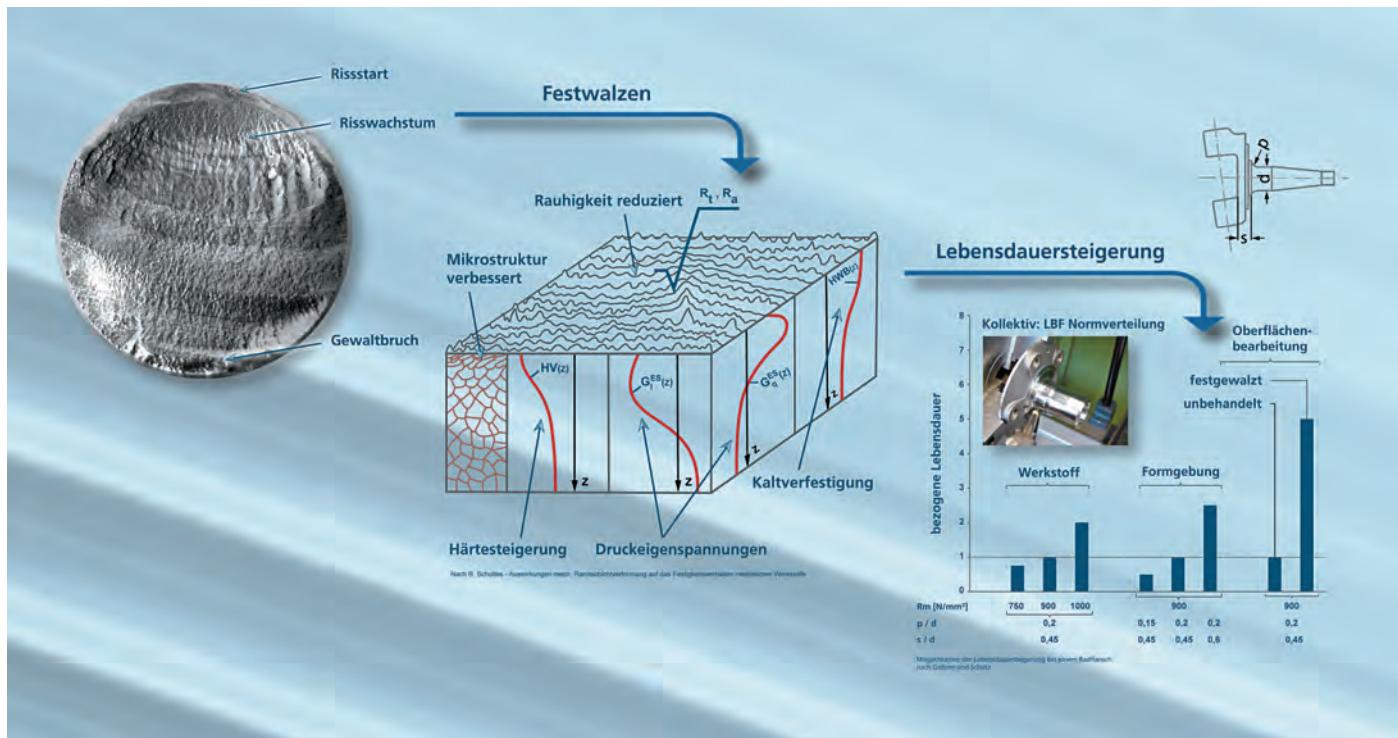
ECOROLL AG Werkzeugtechnik
Hans-Heinrich-Warnke-Straße 8
D-29227 Celle
Tel.: +49 (0)5141 9865-0
Fax: +49 (0)5141 881440
info@ecoroll.de
www.ecoroll.de

Der Anspruch an die mechanische Belastbarkeit von Bauteilen steigt ständig. Gleichzeitig wird die Reduzierung von Gewicht und Abmessungen gefordert. Zur Realisierung von Leichtbau weichen Konstrukteure häufig auf Werkstoffe mit höherer Festigkeit aus. Diese Strategie ist nicht immer optimal, da sie die Bauteile oftmals verteuert und sie auch an den Stellen mit geringerer Beanspruchung verstärkt. Auch der technologische Effekt ist zweifelhaft, da Werkstoffe mit höherer Festigkeit in der Regel auch eine höhere Kerbempfindlichkeit aufweisen. Die Festwalztechnologie bietet hier eine adäquate Lösung, denn Sie ist das einzige mechanische Endbearbeitungsverfahren, welche das Einbringen von Druckeigenspannungen, eine Kaltverfestigung der Randschichten sowie eine Glättung der Oberfläche und damit die Beseitigung von Mikrokerben miteinander kombiniert (**Grafik**). Durch diese Kombination kann eine bis zu fünffache Erhöhung der Schwingfestigkeit und eine Steigerung der Lebensdauer des festgewalzten Bauteils um den Faktor 10 bis hin zur Dauerfestigkeit erreicht werden. Das Verfahren bietet sich gerade bei Bauteilen an, die unter Betriebsbedingungen dynamischer Beanspruchung unterliegen und deshalb durch Materialermüdung zerstört werden können. Gegenüber Alternativverfahren, wie z.B. Kugelstrahlen, bietet das Festwalzen in der Regel eine größere Festigkeitssteigerung, wobei es insbesondere bei rotationssymmetrischen Bauteilen wesentlich günstiger in die Prozesskette integrierbar ist. ECOROLL Werkzeuge zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass sie problemlos auf CNC-gesteuerten Dreh-, Bohr- und Fräsmaschinen, Bearbeitungszentren oder konventionellen Werkzeugmaschinen eingesetzt werden können. Auf diese Weise

kann ein Werkstück unmittelbar nach der Zerspanung in der gleichen Aufspannung festgewalzt werden. Zusätzliche Rüstzeiten und Transportkosten entfallen.

Ein Anwendungsbeispiel aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrt ist das Festwalzen einer Dehnschraube (Bild), die bei der Flugzeug-Triebwerksaufhängung Verwendung findet. Das Material des Bauteils ist eine Titanlegierung. Das Festwalzen wurde hier mit einem hydrostatischen Werkzeug durchgeführt. Kernstück der ECOROLL HG Werkzeuge ist eine spezielle Hartstoffkugel, die in einem Kugelhalter hydrostatisch gelagert ist. Durch das Druckmedium wird die Kugel mit definierter Walzkraft gegen die Oberfläche des Werkstücks gedrückt, um dort die Oberfläche umzuformen. Ein wesentlicher Vorteil dieser patentierten Werkzeugvariante ist, dass sie selbst bei einer Ausgangshärte bis zu 65 HRC angewendet werden kann. Auch bei diesen extremen Ausgangssituationen werden signifikante Verbesserungen im Bereich der Oberflächenqualität, der Kaltverfestigung und des Eigenspannungszustandes in der Randzone des Bauteils erreicht.





Lebensdauersteigerung durch Festwalzen.



Werkzeuge und Technologie

Lösungen für eine anforderungsgerechte Oberflächenqualität

MechKon - die kostenlose Smartphone App von ECOROLL

Rechner: Nutzen Sie die verschiedenen Module zur Bestimmung von Rauheit, Härte, Schnittdaten, Einheiten, Toleranzen und Grenzwellenlänge.

Produktkonfigurator: Finden Sie anhand der zu bearbeitenden Werkstückkontur ein für Ihre Anwendung geeignetes Werkzeug und informieren Sie sich detailliert über die Technologien **Glattwalzen**, **Festwalzen**, **Zylinderrohrbearbeitung** und die Werkzeuge der ECOROLL AG im eingebundenen Produktkatalog.



- ECOROLL AG Werkzeugtechnik ■ Hans-Heinrich-Warnke-Str. 8 ■ 29227 Celle
- Tel.: 05141-9865-0 ■ Fax.: 05141-881440 ■ Mail: mail@ecoroll.de ■ www.ecoroll.de

>> Regionale Arbeitskreise <<

Der erste regionale Arbeitskreis wurde bereits 1968 im Stuttgarter Raum ins Leben gerufen. Über viele Jahre hinweg wurden dann zahlreiche weitere Arbeitskreise gegründet. Inzwischen gibt es deutschlandweit flächendeckend 11 regionale Arbeitskreise.

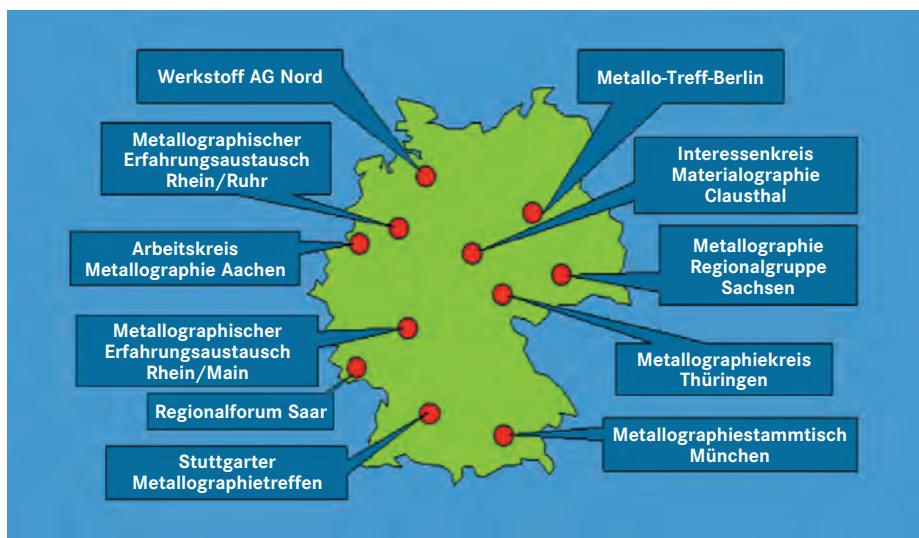
Ziel der Arbeitskreise ist der firmenübergreifende fachliche und praxisorientierte Austausch von Metallographen, Werkstoffprüfern, Technikern und Ingenieuren. Die regionalen Arbeitskreise stellen so eine Plattform zum Erfahrungsaustausch und zur Weiterbildungsmöglichkeit dar. Die Treffen werden kostenfrei mehrmals im Jahr angeboten und stoßen inzwischen auf ein reges Interesse, was die Mitgliederzahlen belegen. Neben dem fachlichen Gedankenaustausch soll dabei insbesondere auch die freundschaftliche Begegnung nicht zu kurz kommen. Der Ablauf dieser Treffen wird von Arbeitskreis zu Arbeitskreis unterschiedlich gestaltet. Es finden neben Fachvorträgen mit anschließender Diskussion, Vorführungen neuer Geräte oder Präparationstechniken, Firmen- bzw. Laborbesichtigungen vor allem persönliche Gespräche statt.

Inzwischen haben sich auch zwei ganztägige Veranstaltungen der regionalen Arbeitskreise Aachen (MetPräp) und Rhein-Ruhr/gmr² (MikPräp) etabliert.

Im September 2007 fand ein erstes Treffen aller regionalen Arbeitskreisleiter auf der Metallographie-Tagung in Jena zu einem Arbeitskreis übergreifenden Austausch statt.

Dass die Resonanz des Treffens sehr gut war belegt die Tatsache, dass von jedem Arbeitskreis der Leiter bzw. ein Vertreter an der Sitzung teilgenommen hat.

Vielleicht schaffen wir es gemeinsam den familiären Kreis der Werkstoff interessierten Kollegen so noch enger zusammen wachsen zu lassen.



Hier einige Informationen zu den Arbeitskreisen:

Arbeitskreis Metallographie Aachen (AMA):

Leitung	Philipp Watermeyer – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Gründungsjahr	1988
Homepage	http://www.arbeitskreis-metallographie-aachen.de
Mitglieder	Ca. 35 Personen
Veranstaltungen	2 bis 3 mal pro Jahr (nachmittags)

Metallo-Treff Berlin:

Leitung	Gundula Jeschke – Lette-Verein
Gründungsjahr	1985
Homepage	-
Mitglieder	Ca. 100 Personen
Veranstaltungen	1 bis 2 mal pro Jahr nachmittags

Interessenkreis Materialographie Clausthal:

Leitung	Bernd Brinkhaus – TU Clausthal
Gründungsjahr	1998
Homepage	–
Mitglieder	Ca. 15 Personen
Veranstaltungen	2 bis 3 mal pro Jahr

Metallographiekreis Thüringen:

Leitung	Prof. Dr. Jürgen Merker – Ernst-Abbe-Hochschule Jena
Gründungsjahr	1994
Homepage	–
Mitglieder	Ca. 30-40 Personen
Veranstaltungen	1 bis 2 mal pro Jahr (nachmittags)

Metallographiestammtisch München:

Leitung	Herbert Bürgel – MTU Aero Engines AG
Gründungsjahr	1977
Homepage	–
Mitglieder	Ca. 25 Personen
Veranstaltungen	Jeden 1. Dienstag im Monat

Metallographischer Erfahrungsaustausch Rhein/Main:

Leitung	Ellen Berghof-Hasselbächer – Dechema-Forschungsinstitut
Gründungsjahr	1975
Homepage	http://www.metallographie-rheinmain.de
Mitglieder	Ca. 30-50 Personen
Veranstaltungen	1 bis 2 mal pro Jahr (nachmittags)

Metallographie Regionalgruppe Sachsen:

Leitung	Dr. Veneta Hein – Technische Universität Dresden
Gründungsjahr	1988
Homepage	http://www.arbeitskreis-metallographie-aachen.de
Mitglieder	Ca. 50 Personen
Veranstaltungen	1 bis 2 mal pro Jahr

Gesellschaft für Materialographie Rhein/Ruhr e.V. (gmr²):

Leitung	Heidi Bögershausen, Angelika Bobrowski – Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH und Joachim Laimmer – Open Grid Europe
Gründungsjahr	1998
Homepage	http://www.gmr2.de
Mitglieder	Ca. 80 Personen
Veranstaltungen	2 bis 4 mal pro Jahr (nachmittags)

Stuttgarter Metallographentreffen:

Leitung	Gaby Ketzer-Raichle – Hochschule Aalen
Gründungsjahr	1968
Homepage	http://www.stuttgarter-metallographentreffen.de
Mitglieder	Offener Kreis, ca. 30-50 Personen
Veranstaltungen	2 bis 3 mal pro Jahr (abends)

Regionalforum Metallographie Saar:

Leitung	Michael Engstler – Universität des Saarlandes
Gründungsjahr	2010
Homepage	http://www.materialography.net
Mitglieder	Ca. 40 Personen
Veranstaltungen	2 mal pro Jahr

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, den Arbeitskreisleitern für Ihr unermüdliches, großes Engagement zu danken, was in der heutigen Zeit bei ständig steigenden Anforderungen im täglichen Berufsalltag sicher nicht immer einfach ist. Vielleicht sollte man in diesem Zusammenhang einmal herausstellen, dass viele der Aktivitäten sowohl der AK-Leiter als auch der Mitglieder in der Freizeit stattfinden.

Wenn Sie bislang noch kein Mitglied eines regionalen Arbeitskreises sind, würden wir uns freuen, noch weitere interessierte Personen in unserem Kreis begrüßen zu dürfen.

Informationen über die Arbeitskreise finden Sie auch auf der Homepage der DGM:

http://www.dgm.de/fa_materialographie

KONTAKT:

Hydro Aluminium Rolled Products GmbH

Katrin Kuhnke

Georg-von-Boeselagerstraße 21, D-53117 Bonn

Tel.: +49 (0)228 552-2451, Fax: +49 (0)228 552-2017

katrin.kuhnke@hydro.com, www.hydro.com

» Interview mit Dipl.-Ing. Dominik Britz (Doktorand) «



Dipl.-Ing. Dominik Britz
Doktorand am Lehrstuhl für
Funktionswerkstoffe in Kooperation mit
dem Material Engineering Center
Saarland (MECS)

Herr Britz, Sie haben an der Universität des Saarlandes Werkstoffwissenschaften studiert, sind Dipl.-Ing. und gerade in der Promotionsphase.

Wie sind Sie dazu gekommen gerade Werkstoffwissenschaften zu studieren?

Schon in der Schule war ich stets an Naturwissenschaften interessiert und durch die Wahl eines naturwissenschaftlichen Gymnasiums haben meine Eltern genau diesen Schwerpunkt unterstützt. Dort hatte ich dann zudem die Möglichkeit das Fach Technik zu wählen. Ich wollte immer wissen, wie die Sachen funktionieren und wie sie aufgebaut sind. Hinzu kam die unmittelbare Nähe zur Dillinger Hütte, einem integrierten Hüttenwerk. Schon beim Vorbeifahren konnte man den Abstich am gigantischen Hochofen sehen. Das hat mich begeistert, sodass ich auch unbedingt schon in der 9. Klasse dort im Labor mein Praktikum machen wollte und schlussendlich auch durfte. Als dann in der Oberstufe Prof. Frank Mücklich an unserer Schule Werbung für das Studium der Werkstoffwissenschaften machte und sagte, „dass man, wenn man nicht wisse ob man Mathe, Physik oder Ingenieurswissenschaften studieren wolle, doch am besten direkt Werkstoffwissenschaften studieren solle, war klar, dass das genau das Richtige für mich ist“.

Während Ihres Studiums haben Sie als Vertiefungsrichtlinie METHODIK gewählt. Wieso/warum?

Nach dem integrierten Grundstudium, was mir einen breiten Einblick sowohl in die Materialwissenschaft und Werkstofftechnik als auch in der Mechatronik bot, haben mich die modernen Verfahren zur Werkstoffcharakterisierung am meisten interessiert. Zudem war meine Überlegung, möglichst universell ausgebildet zu werden, um mich später nicht ausschließlich auf Metalle, Polymere oder Glas und Keramik beschränken zu müssen. Im Rahmen meiner Hiwi-Anstellung, die ich bereits nach dem ersten Semester am

Lehrstuhl von Prof. Mücklich angeboten bekommen und wahrgenommen habe, durfte ich darüber hinaus an den hochauflösenden Charakterisierungsverfahren, im Speziellen an unseren FIBs arbeiten, sodass auch dies maßgeblich zur Wahl der Vertiefung beigetragen hat.

Was haben Sie als Thema für Ihre Diplomarbeit gewählt und warum?

Ich wollte unbedingt das aus dem Studium Erlernte nun auch einmal in der Praxis umsetzen. Außerdem wollte ich nach meinen Arbeiten an diversen Themen rund um Leiterwerkstoffe ein neues Themengebiet erkunden. An der Stelle bot mir Prof. Mücklich durch sein An-Institut, das Material Engineering Center Saarland (MECS), genau das Richtige: Im Rahmen einer Kooperation mit Atotech galt es eine Lösung für einen Schadensfall zu finden und er fragte mich, ob ich mir das zutraue. Durch den engen Austausch mit den Experten von Atotech in Berlin und Nürnberg konnte ich so einerseits Industrieluft schnuppern andererseits an unserem Institut an einer eigenen Miniaturanlage, einer horizontalen Kupfer-Plattiereinheit, forschen. Im Endeffekt konnten wir mit meiner Diplomarbeit, die den Titel „Herstellung einer elektrolyt- und elektroerosionsbeständigen Beschichtung zum Kupfer-Plattieren von Leiterplatten“ trägt, nicht nur ein Schadensmodell ausarbeiten, sondern auch eine Lösung, die in einem internationalen Patent mündete und mit mehreren Preisen ausgezeichnet wurde, entwickeln.

Man hört häufig die Promotionsphase bietet u.a. eine längere Zeit zur besseren Karriereplanung. Und mit einem „Dr.“ vor dem Namen würden sich in vielen Unternehmen die Türen leichter öffnen. Wie sehen Sie das?

Für mich stand nicht zuletzt nach der Diplomarbeit fest: Das kann noch nicht alles gewesen sein. Dabei war weniger der

Institut

für Galvano- und Oberflächentechnik
Solingen GmbH & Co. KG

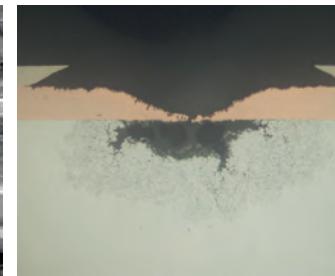
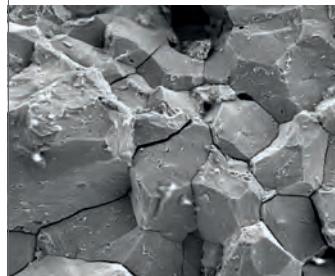
Wir bieten

Schichtanalysen & metallographische Untersuchungen

- Digitale Lichtmikroskopie
- Rasterelektronenmikroskopie
- Schadensanalyse
- Verspannungsprüfungen
- Mikrohärtemessungen
- EDX-Analysen
- Gutachten als vereidigter Sachverständiger

Fordern Sie uns heraus!

Richten Sie Ihre Anfragen für ein unverbindliches Angebot
telefonisch an +49 212 2494-700 oder per E-Mail an info@igos.de.



www.igos.de · info@igos.de

Beratung
Galvanotechnik
Korrosionsprüfung
Chemische Analysen
Schadensanalysen
Schichtanalysen
Gutachten
Schulung

Gedanke an die Karriereplanung entscheidend, als der Wunsch, noch tiefer in ein Thema fachlich einzusteigen, selbstständig und frei daran zu arbeiten und mein Fachgebiet weiter zu bringen. Ein Übergang in die Industrie oder eine reine Industriepromotion kamen für mich daher nicht in Frage.

Neben diesen Herausforderungen und dem Idealismus, den es sicherlich in einer Promotion bedarf, spielt dann zuletzt das Thema, in meinem Fall die Charakterisierung und Metallographie, eine entscheidende Rolle. Durch die Verknüpfung des Themas mit einer Industriekooperation habe ich darüber hinaus stets den Kontakt zum industriellen Umfeld, sodass ich mir natürlich auch bessere Chancen in meiner beruflichen Zukunft ausmale.

Sie haben mit Ihrem „Promotionsbegleiter“ Herrn Professor Mücklich eine ausgewiesene Koryphäe mit hoher, internationaler Reputation zur Seite stehen. Sie sind zwar aufgrund Ihres bisherigen Berufsweges sicher in der Lage, selbstständig ein Promotionsthema zu definieren. Letztlich erwartet man von Ihnen, ohne Unterstützung/Hilfe eine Promotionsthematik zu bearbeiten. Haben Sie sich für Ihr Promotionsthema mit dem Professor beraten?

Prof. Mücklich begleitet mich nun bereits seit Beginn meines Studiums. Er gab mir schon früh einen Hiwi-Vertrag, gab mir die Möglichkeit am Lehrstuhlleben teilzunehmen, als Operator am FIB interessante Aufgaben zu bearbeiten und förderte meine Selbstständigkeit in einer Vielzahl von Projekten. Er schickte mich gezielt auch zu DGM-Veranstaltungen, um stets über den Tellerrand zu schauen. Natürlich habe ich daher mit ihm über die Zukunft nach der Diplomarbeit diskutiert. Seine Einschätzung, was eine Promotion im Allgemeinen und im Speziellen für mich bedeutet, war dabei genauso entscheidend wie die Auswahl eines geeigneten Themas. Es wäre meiner Meinung nach fahrlässig, sich ohne eine solche Einschätzung in ein Promotionsvorhaben zu stürzen.

Während Ihres Dissertationsprozesses schreiben Sie u.a. auch an Ihrer „Doktorarbeit“. Gerade was die Materialographie betrifft wissen wir um die Bedeutung eines möglichst regen Austauschs sowohl auf Seiten der Wissenschaft als auch der Industrie. Hatten oder haben Sie überhaupt noch die Zeit beispielsweise Tagungen oder andere Events des Bereichs der Materialographie zu besuchen?

Meinen ersten Konferenzbeitrag im Rahmen der Promotion hatte ich bei der Metallographietagung in Friedrichshafen. Vor einem riesigen Publikum durfte ich meine Ergebnisse vorstellen. Im Anschluss kam ich direkt ins Gespräch mit den Experten unseres Fachbereichs: Katrin Kuhnke, Prof. Kneissl, Prof. Neidel, Prof. Rettenmayr und Prof. Schneider. Es folgten viele weitere Vorträge, auch international. Für mich ist dies nicht nur wichtig, um meine Arbeit kritisch zu hinterfragen, sondern insbesondere auch um neue Impulse und Feedback zu bekommen, zu schauen, was andere Arbeitsgruppen machen und ein großes Netzwerk aufzubauen. Dabei ist es sehr hilfreich jemanden an seiner Seite zu haben, der die entsprechenden Türen öffnet. Mit meinem Doktorvater und der DGM hab ich dazu die perfekten Partner.

Stressvermeidung. Ein Riesenthema gerade in der jetzigen Phase auf Ihrem Weg zur Promotion. Hört man sich bei Doktoranden um, taucht häufiger der Begriff eines „kurz bevorstehenden Burnouts“ auf. Oft hört man von einer negativen Spirale, einer Mischung Frustration und Stress, die letztlich sogar zum Abbruch der Dissertation führt. Wie steht es bei Ihnen. Haben Sie einen Ausgleich zu diesem Thema?

Natürlich habe ich einen ziemlich vollen Kalender, nicht zuletzt weil ich seit einem Jahr auch noch die Geschäftsführung des Material Engineering Centers übernommen habe. Die tolle Atmosphäre am Lehrstuhl und am Institut sowie die wirklich genialen

Kollegen tragen sicherlich dazu bei, den Stress nicht zu sehr als solchen wahrzunehmen. Dazu kommen die absolute Begeisterung und der Spaß an meinen Aufgaben. Ohne einen Ausgleich wäre das aber tatsächlich deutlich schwieriger. Für mich ist das die Musik: Als Schlagzeuger in verschiedenen Konstellationen – einige davon sind im Rahmen der MSE und Werkstoffwoche durchaus auch schon in der DGM bekannt – kann ich mich perfekt vom Alltagsstress ausklinken. Und wenn es die Zeit erlaubt, liebe ich es mit meinen Freunden zu wandern. Ansonsten gilt: der Tag hat 24 Stunden – nutze sie.

Wenn wir davon ausgehen Sie haben promoviert, sich Ihren Doktortitel hart und erfolgreich erarbeitet, wie geht es weiter? Eine Karriere in der Industrie oder vielleicht eine akademische Laufbahn?

Zunächst einmal fokussiere ich mich aktuell zu 100% auf die Fertigstellung meiner Promotion. In dem jetzigen Umfeld, zwischen Industrie und Uni, fühle ich mich tatsächlich sehr wohl. Grundsätzlich tendiere ich aber nach der Promotion zu einer Karriere in der Industrie oder im industrienahen Bereich.

Vielen Dank und Erfolg!
Peter Asel (Redaktionsleitung)

»Untersuchungen an 2-Komponenten-MIM-Teilen«

Das Prüflabor „Friedrich Eisenkolb“ hat im Rahmen eines Innovationsprojekts zur Herstellung von 2-Komponenten-MIM-Teilen für Turboladeranwendungen unter anderem metallografische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchen durchgeführt (siehe Abb. 1 bis 4). Das MIM-Verfahren (Metal Injection Moulding) oder Metall-

pulverspritzgießen ist eine pulvermetallurgische Alternative zu konventionellen Gießverfahren (z.B. Feinguss) und hat sich als effiziente Technologie zur endkonturnahen Formgebung komplexer Bauteile am Markt etabliert. Die Herausforderung des Innovationsprojektes bestand darin, auf diese Weise 2-Komponenten-MIM-Bauteile herzu-

stellen, die sich durch hohe Verschleißfestigkeit in Kombination mit guter Schweißbarkeit auszeichnen. Schunk Sintermetalltechnik in Thale ist es gelungen, dieses Verfahren in nur einem Jahr bis zur Serienreife zu führen und ist damit der erste Hersteller, der solche Bauteile weltweit in Serienproduktion anbieten kann.



Abb. 1: Längsschliff
2K Teil

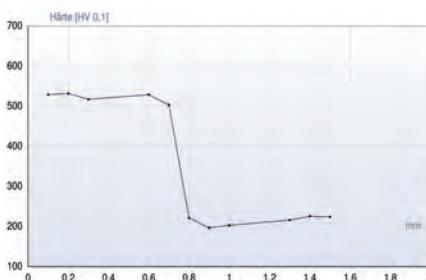


Abb. 2: Härteverlauf

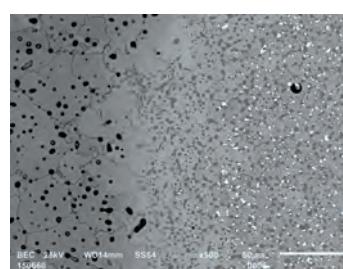
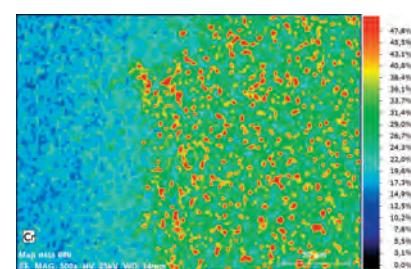


Abb. 3: REM-Aufnahme (BSE)
Verbindungszone



Akkreditiertes Prüflabor „Friedrich Eisenkolb“
Ihr kompetenter Partner für zerstörende Werkstoffprüfung

Prüfen Sie uns - wir prüfen für Sie!

Folgende Prüfverfahren stehen mit modernster Prüftechnik zur Verfügung:

- | | |
|---------------------|---|
| ▪ Metallografie | ▪ mechanisch-technologische Prüfungen |
| ▪ REM/EDX | ▪ Pulverprüfung |
| ▪ chemische Analyse | ▪ Bestimmung der Technischen Sauberkeit |

Wir sind akkreditiert durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS): D-PL-11319-01-00 nach DIN EN ISO / IEC 17025.

Schunk Dienstleistungsgesellschaft Thale mbH

Prüflabor „Friedrich Eisenkolb“

Roßtrappenstraße 62 ▶ 06502 Thale ▶ Deutschland

Tel.: 03947 7 2346 ▶ Fax: 03947 7 1462 ▶ E-Mail: info.prueflabor@schunk-group.com

www.prueflabor-thale.de

» Die Rolle der Metallographie bei der Charakterisierung von Hochleistungswerkstoffen «

Moderne metallographische Methoden spielen am Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben eine wichtige und nachhaltige Rolle, zumal die Metallographie das „Auge“ der Metallkunde bzw. Werkstoffwissenschaft darstellt. Zur Entwicklung und Charakterisierung von Hochleistungswerkstoffen wird am Department auf eine breite Palette von metallographischen Methoden zurückgegriffen, deren Beobachtungs- und Analysebreite vom Bauteil bis hin zur atomaren Auflösung reicht. Dieser Beitrag zeigt an ausgewählten Fallbeispielen, wie unterschiedliche metallographische Methoden – meist in Kombination mit komplementären Techniken – angewandt wurden, um ein umfassendes metallkundliches Verständnis von mikrostrukturell komplex aufgebauten Werkstoffen zu erhalten.

Moderne Hochleistungswerkstoffe werden in der Anwendung immer extremen Bedingungen und Belastungen ausgesetzt. Um neue Werkstoffe zu entwickeln bzw. um bereits existierende zu verbessern, müssen in der Werkstoffforschung innovative Ansätze verfolgt werden. Das Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben beschäftigt sich sowohl mit praxisorientierter Forschung als auch Grundlagenforschung und ist mit der Charakterisierung von metallischen und intermetallischen Werkstoffen vertraut, was die Basis für die Entwicklung und Optimierung von Werkstoffen mit verbessertem Eigenschaftsprofil schafft. Laufende Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind dabei so ausgerichtet, dass die gewonnenen Erkenntnisse das Werkstoffverständnis vertiefen. Da es sich bei diesen im Besonderen um angewandte Forschung mit starkem Grundlagencharakter handelt, ist es möglich die Erkenntnisse und Ergebnisse aus den einzelnen Projekten auf andere Arbeitsbereiche des Departments zu übertragen und somit Synergieeffekte zu nutzen. Diese beginnen bereits auf atomarer Ebene mit der Modellierung mechanischer und thermischer Eigenschaften. Des Weiteren muss die Wechselwirkung der auftretenden Phasen,

die das Gefüge (Mikro- bzw. Nanostruktur) des Werkstoffs bilden, verstanden werden. Diese Korrelation, die extrem von der Größe der einzelnen Gefügebestandteile abhängt, bestimmt im Endeffekt die Eigenschaften des Werkstoffs. Aufgrund dessen bedient sich die moderne Werkstoffwissenschaft experimenteller Untersuchungs- und Analysemethoden, deren Auflösung im Bereich von makroskopischer bis atomarer Größenordnung liegt. Neben den Standardmethoden (Licht-, Rasterelektronenmikroskopie, Differentialthermoanalyse) werden hochauflösende Untersuchungsmethoden (Transmissions-elektronenmikroskopie, dreidimensionale Atomsonde, Beugungsuntersuchungen mittels Neutronen und hochenergetischer Synchrotronstrahlung) verwendet. [1]

Mikro- und nanostrukturelle Charakterisierung

Eine der wesentlichen Aufgaben der Werkstoffwissenschaft ist es, den Zusammenhang zwischen dem inneren Aufbau eines Materials, der Mikrostruktur, und den daraus resultierenden Eigenschaften zu beschreiben. Für ein fundamentales Verständnis ist es daher unabdingbar, Werkstoffe bis hinab zu atomaren Dimensionen zu charakterisieren. Unter dem Einsatz der Transmissions-

elektronenmikroskopie (TEM) lassen sich die mikrostrukturellen Bestandteile ermitteln und man erhält daraus quantitative und qualitative Informationen über Morphologie, Phasenverteilung sowie das Vorhandensein von Ausscheidungen und Gitterfehlern (Versetzungen, Stapelfehler, Antiphasengrenzen, etc.), wie auch der Struktur innerer Grenzflächen mit atomarer Auflösung durch hochauflösende TEM (siehe erstes Fallbeispiel). Um den Beginn von Ausscheidungs- und Entmischungsphänomenen zu studieren, bedient man sich z. B. der dreidimensionalen Atomsondertomographie (engl. Atom Probe Tomography, APT). Mit dieser Technik werden Informationen über die chemische Zusammensetzung, die Morphologie sowie über Diffusionsprozesse mit atomarer Auflösung gewonnen. Die zu untersuchenden Atome werden aus einer Probe mit spitzenähnlicher Geometrie extrahiert, an der eine positive Gleichspannung anliegt, wobei die Feldverdampfung durch Überlagerung mit einem zusätzlichen Hochspannungs- oder Laserimpuls ausgelöst wird. Eine chemische Analyse kann durch eine Flugzeitmassenspektrometrie durchgeführt werden (zweites Fallbeispiel). Informationen zur Kristallstruktur und -orientierung werden mittels Elektronenrückstreuung (engl. Electron

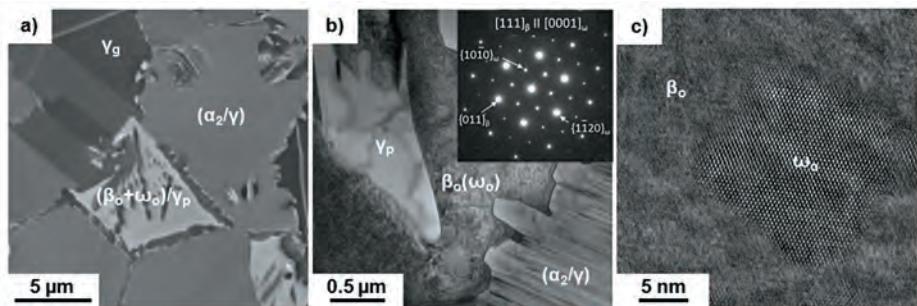


Abb. 1: Gefüge einer intermetallischen TNM-Legierung nach einer mehrstufigen Wärmebehandlung.
a) REM-Aufnahme im RückstreuElektronenmodus. Das Gefüge besteht aus lamellaren α_2/γ -Kolonien, globularen γ_g -Körnern sowie β_0 -TiAl-Körnern. In den β_0 -Körnern erkennt man die ausgeschiedenen γ -Plättchen (γ_p) und ω_0 -Phase;
b) TEM-Aufnahme. Das Beugungsbild im Insert zeigt die Orientierungsbeziehung zwischen den β_0 -Matrix und der ω_0 -Phase;
c) hochauflöste TEM-Aufnahme, die die kohärente ω_0 -Ausscheidung in der β_0 -Matrix zeigt.

Backscatter Diffraction, EBSD), als auch unter Ausnutzung des sogenannten Electron Channeling Contrast Imaging (ECCI) generiert, wodurch das orientierungsabhängige Erholungs- und Rekristallisationsverhalten sowie die Texturentwicklung analysiert werden kann (drittes Fallbeispiel).

Fallbeispiel 1: Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehung einer mehrphasigen intermetalli- schen Titanaluminidlegierung

Intermetallische γ -TiAl-Basislegierungen werden wegen ihrer geringen Dichte und sehr guten Hochtemperatur-eigenschaften vermehrt als Laufschaufeln in der Niederdruckturbine bei Flugzeugtriebwerken, wie auch als Turboladerläufräder in Automobilmotoren eingesetzt. [2, 3] Im Januar dieses Jahres wurde der reguläre Flugbetrieb des Airbus A320neo – neo steht für „New Engine Option“ – aufgenommen. Dieses Flugzeug ist mit besonders umweltfreundlichen Triebwerken ausgestattet, wobei als Schaufelwerkstoff der schnelllaufenden Niederdruckturbine eine am Department entwickelte γ -TiAl-Basislegierung mit der Bezeichnung „TNM“ Einsatz findet. Für die metallographischen Untersuchungen wurden dabei neue Wege beschritten, die in einem aktuellen Übersichtsartikel zusammengefasst sind. [4] Technische TiAl-Legierungen sind zumeist aus drei Phasen mit geordneter Kristallstruktur aufgebaut und bestehen bei Raum-

temperatur aus γ -TiAl, α_2 -Ti₃Al und geringen Anteilen an β_0 -TiAl. Neben dem technologischen Aspekt müssen TiAl-Legierungen über optimierte mechanische Eigenschaften verfügen. Diese werden durch den Herstellprozess sowie einer nachfolgenden Wärmebehandlung eingestellt. [2-4] Umfangreiche Untersuchungen haben dabei ergeben, dass sich bei bestimmten Temperaturverläufen in den β_0 -Körnern die geordnete ω_0 -Phase ausbildet. [5] Um die Gefügeentwicklung während der mehrstufigen Wärmebehandlung zu verstehen sowie deren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften zu studieren, ist es notwendig diese Phasenumwandlungen zu untersuchen, die ω_0 -Phase zu analysieren und deren Einfluss auf die Härte der β_0 -Phase zu ermitteln. Dazu wurde eine TNM-Legierung (T steht für Ti(Al), N für Nb und M für Mo) der nominellen Zusammensetzung Ti-43.5Al-4Nb-1Mo-0.1B (at.%) in einem Schleuder-gussverfahren abgegossen, heißisostatisch gepresst und geschmiedet. Durch eine nachfolgende, mehrstufige Wärmebehandlung resultierte eine nahezu lamellare Mikrostruktur. Die mikrostrukturelle Charakterisierung wurde an einem Rasterelektronenmikroskop (REM) vom Typ EVO 50 der Fa. Zeiss im Rückstreu-Elektronenmodus unter Anwendung einer Beschleunigungsspannung von 15 kV durchgeführt. Für die anschließenden TEM-Untersuchungen stand ein Phillips CM 12 (120 kV) sowie ein JEOL 2100F (200 kV) zur Verfügung. Für die TEM-Untersuchungen wurden

die Proben mittels eines Elektropoliergeräts der Fa. Struers (TenuPol) elektrolytisch gedünnt.

Das wärmebehandelte Gefüge in **Abb. 1a** besteht aus α_2/γ -Kolonien, an dessen Grenzen sich die β_0 -Phase und globulare γ_g -Körner befinden. Während der Wärmebehandlung scheiden sich in den β_0 -Körnern ω_0 -Phase und γ -Plättchen (γ_p) aus. Die Auswertung der Beugungsbilder der $\beta_0(\omega_0)$ -Bereiche in **Abb. 1b** zeigt folgende kristallographische Beziehung zwischen den Phasen: $(111)\beta_0 \{1-10\}\beta_0 // [0001]\omega_0 \{11-20\}\omega_0$. Dieser Zusammenhang wird bei Betrachtung der TEM-Aufnahme in **Abb. 1c** bestätigt. Die Größe der ω_0 -Ausscheidungen bewegt sich im Bereich von 5 bis 100 nm.

Abb. 2 gibt die Entwicklung der ω_0 -Phase in den β_0 -Körnern während eines Kriechversuchs bei 750°C und einer Spannung von 150 MPa wieder. Nach 310 Stunden sind die ω_0 -Ausscheidungen auf eine Größe von 50 bis 200 nm angewachsen (**Abb. 2b**). Der atomare Aufbau der Grenzfläche zwischen einem ω_0 -Partikel und der β_0 -Matrix ist in **Abb. 2c** wiedergegeben. Die Ergebnisse von ortaufgelösten Härtemessungen haben gezeigt, dass die Ausscheidung der ω_0 -Phase die Härte der β_0 -Phase deutlich erhöht und damit das spröde Verhalten der β_0 -Phase erklärt. Detaillierte Informationen zu diesen Untersuchungen können in [5] nachgelesen werden.

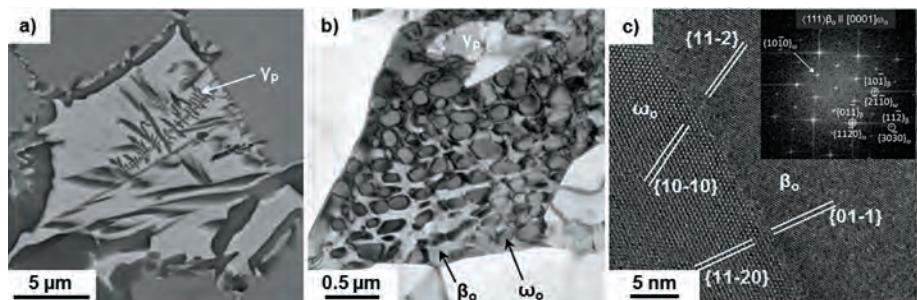
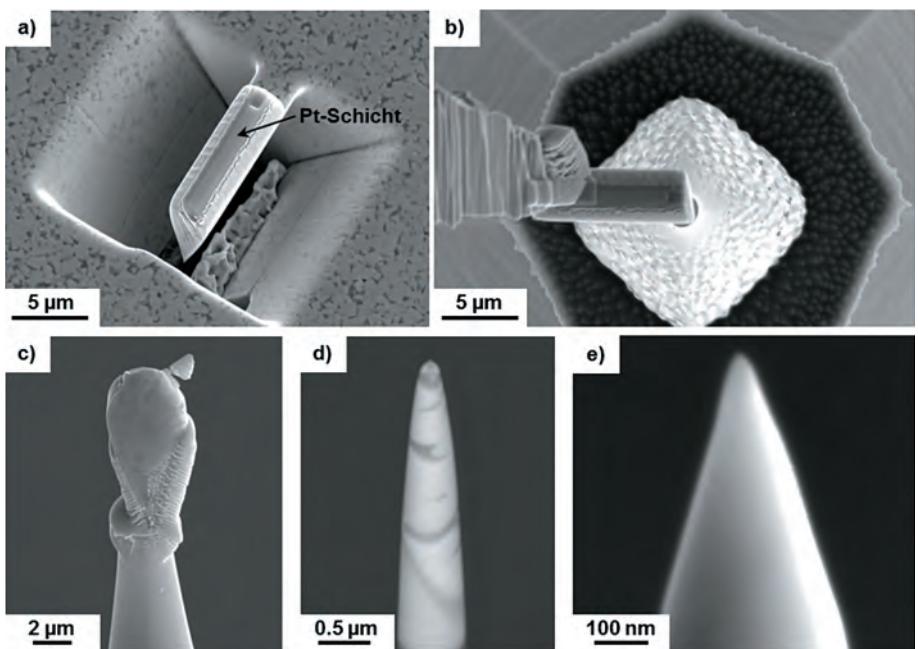


Abb. 2: Gefüge einer TNM-Legierung nach dem Kriechversuch bei 750°C und 150 MPa. Nach 310 Stunden wurde der Versuch abgebrochen.
a) REM-Aufnahme eines β_0 -Korns mit ω_0 -Teilchen und ausgeschiedenen γ -Plättchen;
b) Die TEM-Aufnahme zeigt ein β_0 -Korn mit ellipsoiden ω_0 -Ausscheidungen;
c) TEM-Aufnahme in hoher Auflösung einer kohärenten Grenzfläche zwischen einer ω_0 -Ausscheidung und der β_0 -Matrix (siehe dazu [5]).

Abb. 3: Herstellsschritte für APT Proben.

a) Eine Lamelle wird aus einer Hartmetallprobe herausgeschnitten und (b) auf einen Mikromanipulator geschweißt. Schritt für Schritt wird die Probe an einem sogenannten Pre-Tip angeschweißt und danach komplett von der Lamelle freigeschnitten. Auf diese Weise können mehrere Spitzen mit einer Lamelle vorbereitet werden. Bilder c) und d) zeigen die Probe mit dem Pre-Tip verschweißt und die ersten Schritte des RingfräSENS. Im Bild d) ist es möglich, die zwei verschiedenen Phasen, die auf der APT Probenspitze charakterisiert werden, zu erkennen. Bild e) zeigt die fertig präparierte Spitz nach dem RingfräSEN.



Ortsspezifische Probenvorbereitung mittels Focused Ion Beam – Technik

Um Werkstoffe mit der Atomsonde analysieren zu können, ist es notwendig, scharfe Spitzen mit weniger als 100 nm im Durchmesser und einem halben Schaftrwinkel von 10° zu präparieren. Zur Herstellung dieser wurden verschiedene Verfahren entwickelt, wie z.B. Elektropolieren oder chemisches Polieren. [6, 7] Mit diesen Methoden ist es jedoch nicht möglich, Proben ortsspezifisch vorzubereiten, was gerade bei Untersuchungen von Schichtmaterialsystemen oder Proben, bei denen nur geringe Mengen an Material zur Verfügung stehen, essentiell ist. In diesen Fällen können mit Hilfe des Focused Ion Beam (FIB) Systems gezielt μm -große Proben an interessanten Stellen durch „Schneiden“ mit Ga-Ionen entnommen und später in der Atomsonde untersucht werden. Zur Probenherstellung mittels FIB wird in einem ersten Schritt mit dem Elektronenstrahl Pt als dünne (Schutz-) Schicht von 250 bis 350 nm abgeschieden, um Schäden bzw. eine Ga-Kontamination zu vermeiden. Im Anschluss erfolgt die ionenstrahlinduzierte Pt-Abscheidung. Nun wird der zu untersuchende Bereich an drei Seiten

freigeschnitten, sodass eine Lamelle entsteht (**Abb. 3a**). Die Schnitte an den beiden Längsseiten werden unter 52° durchgeführt. Nachfolgend wird die Lamelle mit Pt auf einen Mikromanipulator geschweißt und danach unter 0° Neigung komplett freigeschnitten (**Abb. 3b**). In den nächsten Präparationsschritten wird mit einem vorgefertigten Spitzenthaler, der mehrere Proben aufnehmen kann, gearbeitet. Die Lamelle wird dabei kontinuierlich an vorgefertigten Positionen mit dem Spitzenthaler verschweißt und von der Lamelle freigeschnitten. Nach ringförmigen Fräsprozessen bei 30 kV, 5 kV und 2 kV ist die angestrebte nadelförmige Spitz frei von Kontamination und Schäden durch Ga-Implantation hergestellt (**Abb. 3 c-e**).

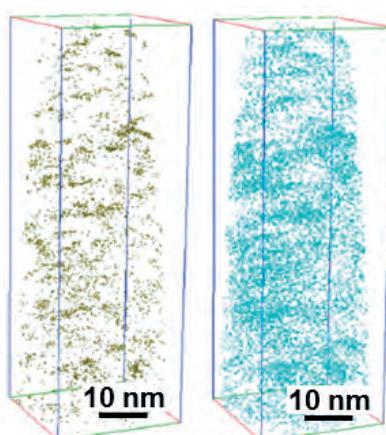


Abb. 4: Darstellung der Ergebnisse aus den Atomsondenuntersuchungen: Rekonstruktion von Y (links) und O (rechts) einer mechanisch legierten, ferritischen Pulverprobe nach einer Mahldauer von 48 Stunden.

Fallbeispiel 2:

Mechanismusstudie beim mechanischen Legieren eines Stahls

Zur Verbesserung der Hochtemperaturfestigkeit von Stählen werden durch mechanisches Legieren Yttriumoxide (Y_2O_3) in die ferritische Matrix eingemahlen. Die Größe der Partikel beträgt nur wenige Nanometer. Um den Mechanismus des mechanischen Legierens sowie die Verteilung und das Verhalten von Y und O während des Legierungsprozesses zu verstehen wurden Untersuchungen mit der Atomsonde durchgeführt. Unter Verwendung des FIB-Systems wurden gezielt Spitzen von mechanisch legierten Pulverproben hergestellt. Die mittels Atomsonde erzielten Ergebnisse zeigen (**Abb. 4**), dass sich nach einer Mahldauer von beispielsweise 48 Stunden feine, regelmäßig verteilte Yttriumoxidcluster ausbilden und überdies die Y-Atome in der Matrix gelöst vorliegen. Für weitere Informationen wird an dieser Stelle auf Referenz [8] verwiesen.

Fallbeispiel 3:

Orientierungsabhängiges Erholungs- und Rekristallisationsverhalten von Molybdän

Technisch reines Molybdän wird heutzutage aufgrund seiner besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften, neben den klassischen Hochtemperaturanwendungen, auch vermehrt in der Elektronik und Beschichtungstechnik eingesetzt. [9] Aufgrund

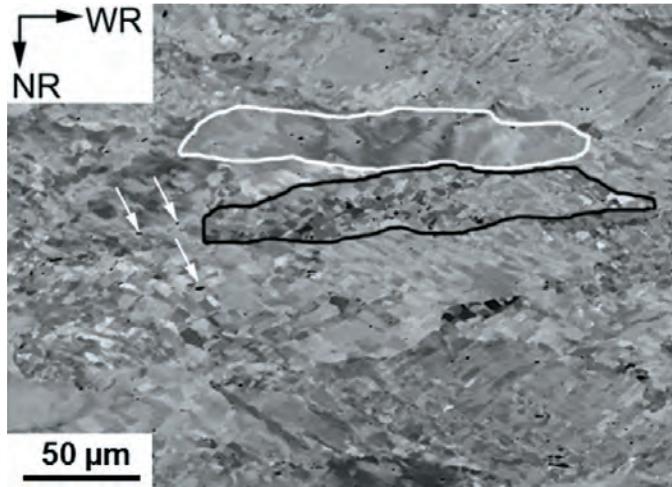


Abb. 5: ECCI Aufnahme der Mikrostruktur im Zentrum einer walzhaften Mo-Platte. WR und NR stehen für Walzrichtung und Normalrichtung. Die Pfeile zeigen einige noch nicht geschlossene Sinterporen. Die weiße und schwarze Linie kennzeichnet Bereiche mit unterschiedlicher Subkornstruktur.

der immer größer werdenden Abmessungen der zu beschichtenden Teile, müssen nun auch besonders große Platten aus technisch reinem Mo produziert werden. Dazu wird gesintertes Vormaterial bei Temperaturen über 1000°C warmgewalzt und zwischen den einzelnen Umformschritten rekristallisationsgeglüht. Um homogene, defektfreie Platten herzustellen, ist die genaue Kenntnis der Texturdevelopment sowie des Erholungs- und Rekristallisationsverhaltens in diesem kubisch-raumzentrierten Metall mit hoher Stapelfehlerenergie bei der Warmumformung von großer Wichtigkeit. [10] In den letzten Jahren wurde dazu vermehrt das orientierungsabhängige Erholungs- und Rekristallisationsverhalten von Mo sowohl im Stauchversuch bei verschiedenen Umformtem-

peraturen, als auch an großtechnisch hergestellten Platten mittels ECCI und EBSD näher untersucht. Dafür wurden auch die erforderlichen elektrolytischen Präparationsmethoden weiterentwickelt. [11] ECCI Untersuchungen sind besonders gut geeignet, um im REM verformte, erholte und rekristallisierte Bereiche voneinander zu unterscheiden oder um lokal unterschiedliche Verformungsstrukturen sichtbar zu machen. [12] **Abb. 5** zeigt eine ECCI Aufnahme der Mikrostruktur im Zentrum einer walzhaften Mo-Platte nach dem Warmwalzen. Von besonderem Interesse ist dabei die lokal unterschiedliche Subkornstruktur, die bei einer anschließenden Rekristallisationsglühung das Wachstumsverhalten einzelner Subkörner stark beeinflusst.

Mittels EBSD können die orientierungsabhängige Subkorngöße, die gespeicherte Energie nach dem Warmwalzen und das Wachstum einzelner Subkörner während der Rekristallisationsglühung untersucht werden. Dabei konnte gezeigt werden, dass anfangs größere Subkörner mit einer $<001>$ Richtung in Normalrichtung viel langsamer wachsen, als beispielsweise jene mit einer $<111>$ Richtung, die eine höhere gespeicherte Energie aufweisen. Außerdem scheinen jene Subkörner, die in Scherbändern im Korn entstehen, besondere Wachstumsvorteile aufzuweisen. Gegen Ende der Primärrekristallisation wird die Kinetik in Mo besonders langsam, wobei häufig Subkörner mit einer $<001>$ Orientierung übrig bleiben. **Abb. 6** zeigt EBSD Aufnahmen der Mikrostruktur im Zentrum einer walzhaften Mo-Platte nach dem Warmwalzen und nach einer zweistündigen Rekristallisationsglühung bei 1100°C. In **Abb. 6a** sind die Scherbänder in den Körnern mit Pfeilen gekennzeichnet, in **Abb. 6b** die nicht rekristallisierten Bereiche mit $<001>$ Orientierungen.

Metallographie innerhalb der Schadensanalytik

Im Bereich der Werkstoffprüfung und Schadensanalytik steht die Funktionalität der Werkstoffe und Bauteile im Vordergrund, die einerseits eine lange Lebensdauer aufweisen sollen und in dieser Zeit keine Beeinträchtigung ihrer Eigenschaften erfahren dürfen. Trotz steigender Qualität der Produkte kommt es aber immer wieder zu Schäden oder deren Versagen. Die daraus resultierenden Stillstandzeiten, Produktionsausfälle, Gerichtskosten oder gar Invalidität können enorme Kosten verursachen. In vielen Fällen übersteigen diese oftmals das Mehrfache des

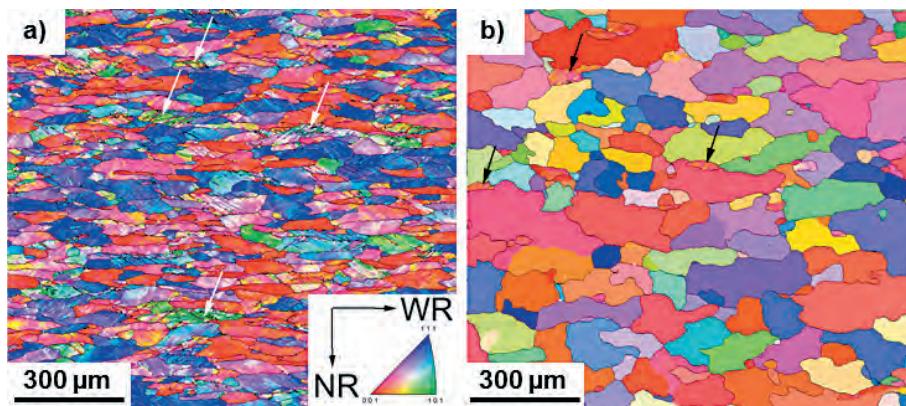


Abb. 6: EBSD Aufnahmen der Mikrostruktur im Zentrum einer walzhaften Mo-Platte nach dem Warmwalzen.
a) Inverse Polfigur mit Kristallrichtungen in Richtung der Blechnormalen (siehe Legende). Alle Korngrenzen mit einer Missorientierung $> 15^\circ$ werden als schwarze Linien dargestellt. Die Pfeile zeigen Scherbänder in den Körnern; **b)** Inverse Polfigur einer Probe aus derselben Platte nach einer zweistündigen Rekristallisationsglühung bei 1100°C. Die Pfeile zeigen nicht rekristallisierte Bereiche mit $<001>$ Orientierungen.

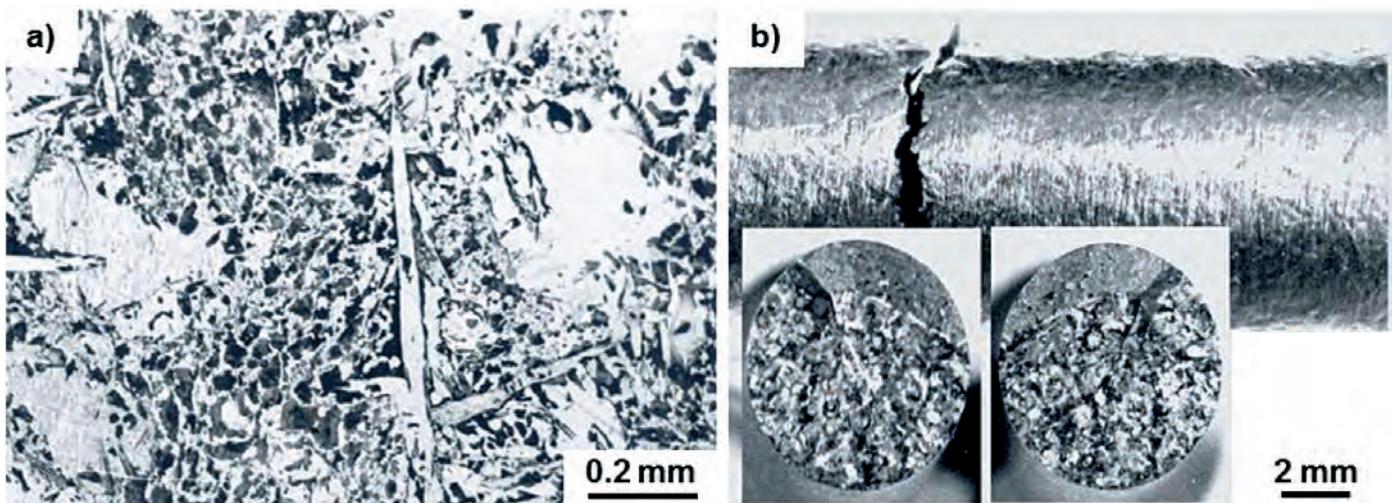


Abb. 7: a) Gefügeausbildung des Stahlgussbauteils (Widmannstättenstruktur); b) Zugprobe nach dem Bruch; die Inserts verdeutlichen den Sprödbruch.

Werts des geschädigten Bauteils. Die Schadensanalytik setzt sich daher zum Ziel, die Versagensursache zu beurteilen sowie geeignete Abhilfemaßnahmen zu erarbeiten. Typische Beispiele hierfür sind im Folgenden dargestellt (Fallbeispiel 4), wobei metallographische Untersuchungsmethoden eine Schlüsselrolle spielen.

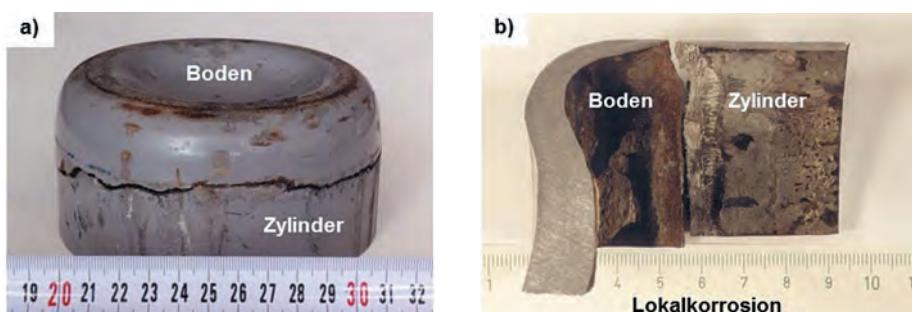
Fallbeispiel 4: Versagenserscheinungen an Bauteilen und Komponenten

Normalisieren ist eine der wichtigsten Wärmebehandlungen bei Stahlgussbauteilen. Es ist bekannt, dass die Ausbildung der Mikrostruktur die mechanischen Eigenschaften außerordentlich beeinflusst. So führt Kornfeinung zur Verbesserung von Festigkeit, Duktilität und Zähigkeit. In **Abb. 7a** ist die Mikrostruktur eines unlegierten Stahlguss dargestellt. Es zeigt sich sehr deutlich, dass kein Normalisieren durchgeführt wurde. Das Bruchverhalten im Zugversuch (**Abb. 7b**) lässt erkennen, dass das Versagen der Zugprobe ausschließlich transkristallin spröd erfolgt. Im Bruchbereich ist keine Einschnürung feststellbar. Die nicht durchgeführte Normalisierungs-

behandlung führte zur Schädigung eines großen Pendelrollenlagergehäuses.

Das Versagen eines Gaszylinders ist in **Abb. 8a** illustriert. Bevor es zur Explosion kam, betrug der Gasdruck (Inhalt: Gasgemisch bestehend aus Ar, CO₂ und O₂) ca. 150 bar. Bei Neubefüllung beträgt der Druck 200 bar. In bestimmten Zeitumständen werden die Gasflaschen einem Prüfdruck von 300 bar ausgesetzt. Aus **Abb. 8a** ist zu erkennen, dass der Rissverlauf ungewöhnlich ist. Im Normalfall versagen solche Bauteile in Längsrichtung, also infolge der Umfangsspannung, die doppelt so hoch ist als die Längsspannung. Für solche Druckbehälter kommen Vergütungsstähle, wie z.B. 42CrMo4, zum Einsatz, deren Festigkeit ca. 1000 MPa beträgt. Mittels einer einfachen Berechnung kann gezeigt werden, dass bei einer Wandstärke von 4 mm die Festigkeit erst bei einem Druck von 600 bar überschritten wird. Ein Blick auf die Innenseite der Gasflasche verdeutlicht (**Abb. 8b**), dass diese durch Korrosion in Umfangsrichtung geschädigt wurde, was den ungewöhnlichen Rissverlauf erklärt. Die Wandstärke wurde über den gesamten Umfang auf ca. 1 mm reduziert. [13]

Abb. 8: a) Geschädigter Gaszylinder, wo die Rissausbreitung ausschließlich in Umfangsrichtung erfolgt; b) Teilstück aus dem Gaszylinder: Korrosion führte zur Verringerung der Wandstärke über den gesamten Umfang. [13]



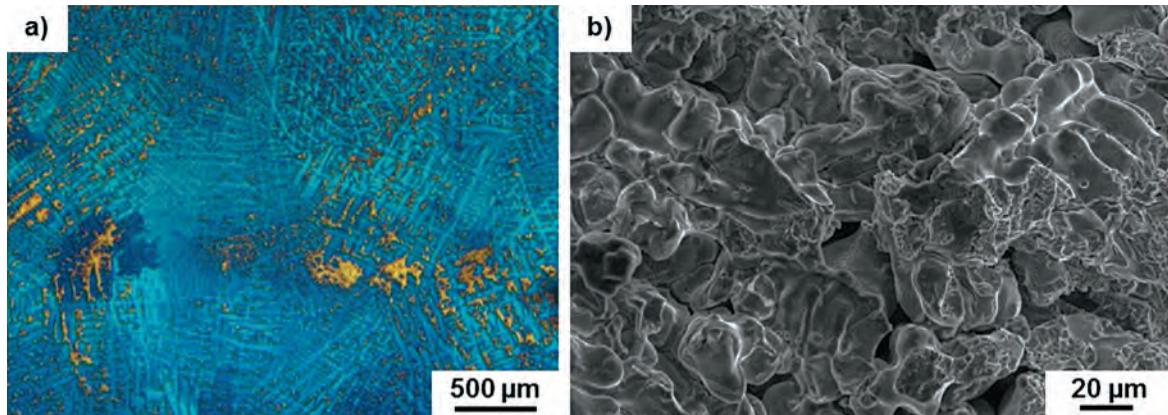


Abb. 9: a) Gefüge der gegossenen Schraube: Austenitendriten (blau) und Delta-Ferrit (braun) sind sichtbar; b) REM-Aufnahme vom Bruch der Schraube: Dendriten und Poren verdeutlichen die Gussstruktur.

Es handelt sich hierbei um das Phänomen der Wasserlinienkorrosion. Durch das Gasgemisch wird der pH-Wert des Wassers im Zylinder gesenkt. Es erhebt sich nun die Frage von wo das Wasser stammt. Es ist daher denkbar, dass der Gaszylinder nach einer Druckprüfung nicht vollständig entleert wurde.

Schrauben und Bolzen werden für die Montage von Beleuchtungs-, Belüftungs- und Verkehrsleitsystemen im Tunnel herangezogen. In solchen Tunnels herrschen ungünstige Umgebungsbedingungen, hervorgerufen durch hohe Luftfeuchte, Abgase, Rußpartikel und Streusalz. Somit kommen Edelstähle mit Cr-, Ni-, Mo- und N-Gehalten (z.B. X5CrNiMo17-12-2) zum Einsatz. Im Zuge von Inspektionsarbeiten konnten viele gebrochene Schrauben gefunden werden. Es hat sich gezeigt, dass die Schrauben aus einem kostengünstigeren Werkstoff (X5CrNi18-10) durch Gießen gefertigt wurden, wie es die Gefüeaufnahme in **Abb. 9a** belegt. Lunker und Mikroporen sind ebenso feststellbar, wie sie in **Abb. 9b** dargestellt sind. Solche Defekte reduzieren den Querschnitt und führen zu lokalen Spannungsüberhöhungen. Der geringe Anteil an Legierungselementen führte zum Versagen durch Lochkorrosion und Spannungsrisskorrosion.

Abschließende Betrachtung

Das Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben hat in den letzten Jahren den Bereich der Metallographie für die Charakterisierung von metallischen und intermetallischen Werkstoffen stark erweitert und ausgebaut. Das Verfahrensspektrum reicht von der klassischen

Lichtmikroskopie bis hin zur Atomsondenmographie mit atomarer Auflösung. Der Artikel zeigt anhand mehrerer Fallbeispiele die Wichtigkeit moderner Metallographie für die Entwicklung und das Verständnis von Hochleistungswerkstoffen, was auch den Schwerpunkt der 50. Metallographie-Tagung vom 21. Bis 23. September 2016 in Berlin darstellt.

Autoren:

Svea Mayer, Boryana Rashkova, Francisca Mendez-Martin, Sophie Primig, Michael Panzenböck und Helmut Clemens
Department Metallkunde und Werkstoffprüfung, Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

Literatur

- [1] Mayer, S., Hawranek, G., Mendez-Martin, F., Panzenböck, M., Pöhlz, S., Primig, S., Rashkova, B., Clemens H.: "The role of metallography in the development and characterization of high-performance materials", Pract Metallogr 52, 2015, p. 59.
- [2] Clemens, H., Mayer, S.: "Design, processing, microstructure, properties, and applications of advanced intermetallic TiAl alloys", Adv Eng Mat 15, 2013, p. 191.
- [3] Appel, F., Paul, J.D.H., Oehring, M.: "Gamma titanium aluminide alloys: science and technology", Wiley-VCH, 2011.
- [4] Clemens, H., Mayer, S.: "Intermetallic titanium aluminides as innovative high temperature lightweight structural materials – how materialographic methods have contributed to their development", Pract Metallogr 52, 2015, p. 691.
- [5] Schloffer, M., Rashkova, B., Schöberl, T., Schwaighofer, E., Zhang, Z., Clemens, H., Mayer, S.: "Evolution of the ω_0 phase in a β -stabilized multi-phase TiAl alloy and its effect on hardness", Acta Mater 64, 2014, p. 241.
- [6] Gault, B., Moody, M.P., Cairney, J.M., Ringer, S.P.: "Atom probe microscopy", Springer Series in Materials Science, Vol. 160, 2012.
- [7] Miller, M.K., Cerezo, A., Hetherington, M.G., Smith, G.D.W.: "Atom probe field ion microscopy", Oxford University Press, 1996.
- [8] Ressel, G., Holec, D., Fian, A., Mendez-Martin, F., Leitner, H.: "Atomistic insights into milling mechanisms in a Fe-Y₂O₃ model alloy", Appl Phys A 115, 2014, p. 851.
- [9] Martienssen, W., Warlimont, H.: "Springer handbook of condensed matter and materials data", Springer, 2005.
- [10] Primig, S., Leitner, H., Clemens, H., Lorich, A., Knabl, W., Stickler, R.: "On the recrystallization behavior of technically pure molybdenum", Int J Refract Met H, 28, 2010, p. 703.
- [11] Primig, S., Leitner, H., Lorich, A., Knabl, W., Clemens, H., Stickler, R.: "SEM and TEM investigations of recovery and recrystallization in technically pure molybdenum", Pract Metallogr 48, 2011, p. 344.
- [12] Stickler, C.: "SEM-ECC imaging and SAC-patterns - procedures for the nondestructive characterization of microstructures and for revealing the global dislocation arrangement", Pract Metallogr 38, 2001, p. 566.
- [13] Panzenböck, M.: "Failure: disastrous failure of a gas cylinder", Pract Metallogr 41, 2004, p. 296.

» Nanoindentierung in REM und FIB-REM «

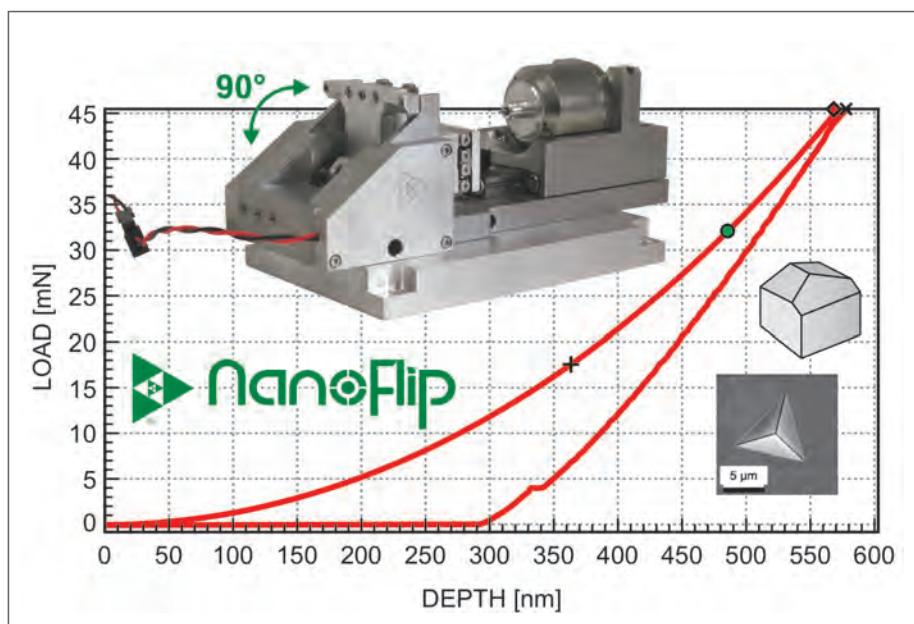
Durch zunehmende Miniaturisierung steigt in Forschung und Industrie die Notwendigkeit, immer feinere Mess- und Prüfgeräte für die Klassifizierung von Materialien einzusetzen. Die Nanoindentierung in Vakuumkammern bringt hier einzigartige Vorteile. Einige Messungen und Materialprüfungen sind ohne die Zielgenauigkeit und Visualisierungsmöglichkeiten eines Rasterelektronenmikroskops (REM) sogar unmöglich.

Die Nanoindentierung bietet den Vorteil, mit einem einzigen Test Werkstoffkennwerte zu liefern, die sonst mit mehreren Prüflingen ermittelt werden müssten (z.B. Zugfestigkeit, Druck, E-Modul, Härte, Streckgrenze, Kriechverhalten). Sie ist zudem das ideale Verfahren, um Werkstoffkennwerte extrem kleiner Materialbereiche, wie Dünnenschichten, zu bestimmen.

Mit den InSEM™ und NanoFlip Systemen des US-Herstellers Nanomechanics, Inc. können dynamische *in-situ* Tests bei elektronenmikroskopischer Vergrößerung live im REM oder Focused Ion Beam (FIB) System durchgeführt, aufgezeichnet und protokolliert werden. Dabei steht dem Anwender neben der klassischen Nanoindentierung eine große Bandbreite verschiedener Mess- und Prüfverfahren zur Verfügung.

Die drei Nanoindenter der Nanomechanics InSEM™ Serie sind modular aufgebaut, um jedem Anwender das für ihn passende System zu bieten. Sie werden je nach Modell auf der Probenbühne des REM befestigt oder an einen freien Kammerport angeflanscht. Die InSEM™ Systeme sind optional mit Probenkipptisch, Probenhalter für Reihenuntersuchungen oder Hochtemperaturmodulen (bis zu 800 °C) erhältlich.

Der Nanomechanics NanoFlip Nanoindenter ist so konzipiert, dass er sowohl im Vakuum (z.B. REM, FIB-REM) als auch unter Normalbedingungen (z.B. Raumluft mit Auflichtmikroskop) betrieben werden kann. Durch seinen motorisierten 90° Probenkipptisch



eignet er sich bestens zur kombinierten Indentierung und Analyse von Proben (alle gängigen Verfahren wie EDX, EBSD etc.). Proben müssen zwischen Indentierung und

Analyse nicht aus der Vakuumkammer entnommen werden. Zusätzlich kann im FIB-REM ein Materialabtrag zur Probenpräparation zwischengeschaltet werden.

KONTAKT:

EO Elektronen-Optik-Service GmbH

Dr. Darius Tytko
Zum Lonnenehohl 46
D-44319 Dortmund
Tel.: +49 (0)231 927360-10
Fax: +49 (0)231 927360-27
info@eos-do.de
www.eos-do.de

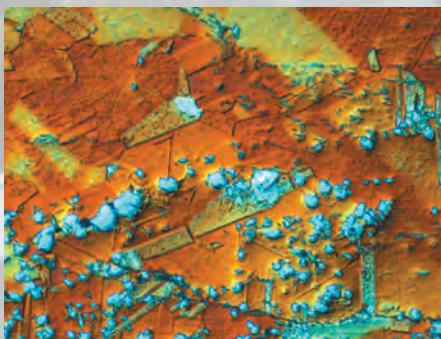


DGM

Deutsche Gesellschaft
für Materialkunde eV

**Die Rolle der materialografischen Präparationstechnik für die
Licht- und Elektronenmikroskopie**

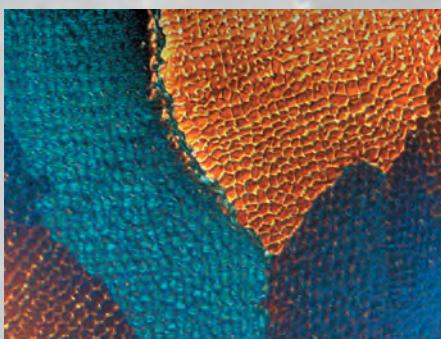
■ Holger Schnarr



Woher kommt die Notwendigkeit einer materialografischen Präparation?

Wozu dient denn nun diese Präparationstechnik und wie wird sie durchgeführt?

**Austausch zu Fragen der Präparation im Arbeitskreis
„Probenpräparation“ der DGM**



» Die Rolle der materialografischen Präparationstechnik für die Licht- und Elektronenmikroskopie «

Woher kommt die Notwendigkeit einer materialografischen Präparation?

Moderne Werkstoffe nehmen in der Industrie und Forschung eine herausragende Rolle ein. Ob in der Automobilindustrie, der Luftfahrt, der Medizin oder auch in allen Bereichen der Elektronik – die Basis jeglicher Innovationen ist die genaue Kenntnis der Materialeigenschaften. In der Vielzahl der chemischen, physikalischen oder mechanischen Prüf- und Analysemethoden hat die Materialografie als Bündelung solcher Verfahren eine ihrer Ursprünge in der Metallografie. Und die Basis einer jeden metallografischen Untersuchung war und ist eine an das jeweilige Untersuchungsziel angepasste Präparationstechnik.

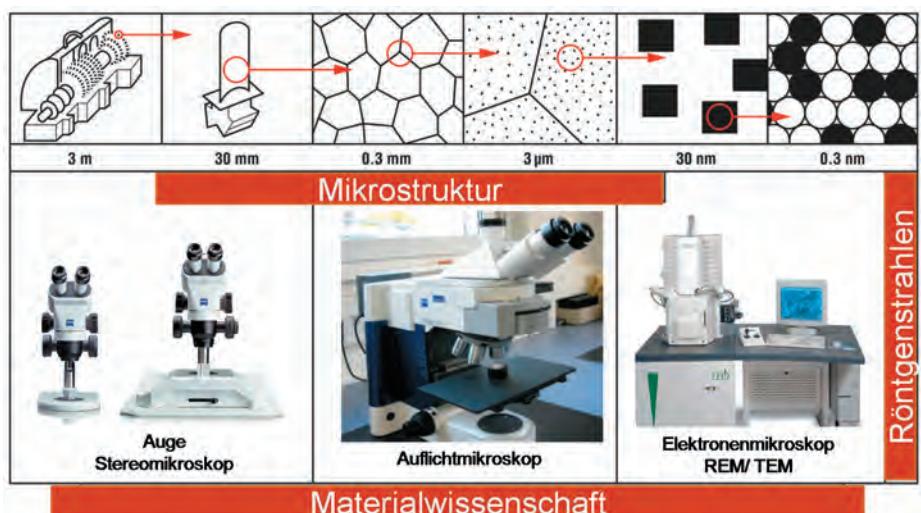
Wozu dient denn nun diese Präparationstechnik und wie wird sie durchgeführt?

Wollen wir uns die Mikrostruktur eines Werkstoffes oder Werkstoffverbundes ansehen und damit Rückschlüsse auf die Eigenschaften ziehen, bedienen wir uns im allgemeinen mikroskopischer Verfahren. Darin inbegriffen sind sowohl lichtmikroskopische als auch in immer stärkerem Maße hoch- und höchstauflösende elektronenoptische Vergrößerungsverfahren, die mit Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskopen

(REM/TEM) durchgeführt werden. Reichten in den Anfängen der Metallografie noch bessere Luppen und Lichtmikroskope aus, um bestimmte Materialstrukturen zu erkennen, die bestenfalls im oberen Mikrometerbereich lagen, so geht der Trend der zu untersuchenden Strukturen immer stärker in den Sub-Mikrometer- und Nanometer-Bereich – ja sogar bis hin zur Auflösung einzelner Atomlagen (**Abb. 1**).

Damit ergeben sich allerdings aber viel höhere Anforderungen an die Präparations-

Abb. 1: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Mikrostruktur und Materialanalytik.



technik. Der sogenannte „Makroschliff“, der seine Bezeichnung aus der Untersuchung mit bloßem Auge oder einer Lupe erhielt, muss nur geringfügig angeschliffen werden. Das entsprechende stark ätzende Kontrastiermittel (das „Ätzmittel“) gibt dann die Grobstruktur preis. Diese Art der Präparation erlaubt allerdings nur eine sehr oberflächliche Beurteilung der Struktur und gibt nur sehr rudimentäre Hinweise zur Mikrostruktur, auf die es bei dieser Betrachtungsart aber auch gar nicht ankommt (**Abb. 2**).

Ganz anders verhalten sich die Anforderungen jedoch bei den heutigen meist sehr reinen bzw. gezielt legierten Hochleistungswerkstoffen, Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden. Der „Mikroschliff“ dominiert in der heutigen Werkstoffkunde gegenüber dem Makroschliff. Verbindungstechniken wie Mikroschweißungen, Klebungen und Lötzungen, Schichtsysteme, funktionale Werkstoffpaarungen müssen zwingend nicht nur geschliffen, sondern auch poliert oder sogar feinstpoliert werden, um sie analysieren zu können. Die Miniaturisierung, die uns in allen Bereichen des Lebens begegnet, vor allem aber in der Elektronik, erfordert mikrometrisch genaue Zielpräparationen (**Abb. 3**). Eine wohldosierte und auf den Werkstoff oder die Werkstoffpaarung abgestimmte Mikroätztechnik gibt nach gelungener Präparation unter dem jeweiligen Licht- oder Elektronenmikroskop den „Lebensweg“ des Materials preis und lässt eine genaue Analyse seiner Eigenschaften zu (**Abb. 4**).

Mit den gestiegenen Anforderungen an das Präparationsziel haben sich aber auch die Geräte und Hilfsmittel zur Durchführung einer optimalen Präparation entwickelt. Die klassischen Wege der Aufbereitung einer Schlifffläche für mikroskopische Untersuchungen führen nicht mehr oder nur bedingt ans Ziel. Hochauflösende Mikroskopotechniken werden durch unzureichende Schliffqualitäten mit Artefakten aus der Präparation hervorragend ausgebremst. Das steigende Qualitätsbewusstsein, die stetige Normung und Zertifizierung von Prozessen führt dazu, immer mehr Schritte in kürzerer Zeit mit besserem Ergebnis und zudem auch noch reproduzierbar herstellen zu müssen. Halb- und vollautomatische Präparationsprozesse mit Nutzung langlebiger synthetischer Verbrauchsmaterialien werden entwickelt.



Abb. 2: Bsp. eines Makroschliffs an einer Schweißnaht nach erfolgter Ätzung zur Sichtbarmachung der Schweiß- und Wärmeeinflusszonen.

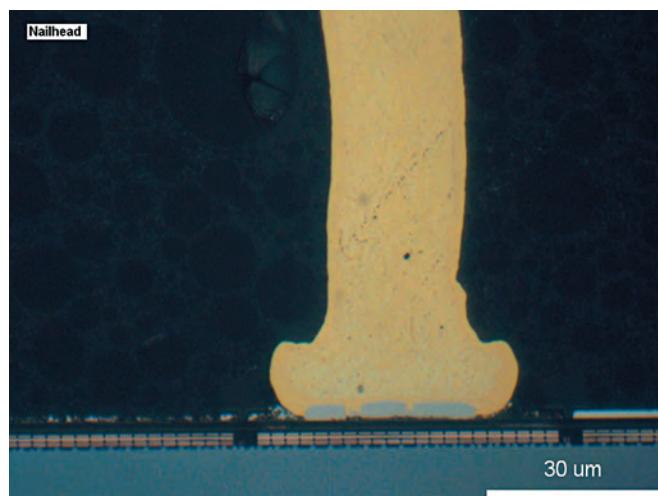


Abb. 3: Zielpräparation an einem Gold-Bonddraht in einem elektronischen Bauteil.

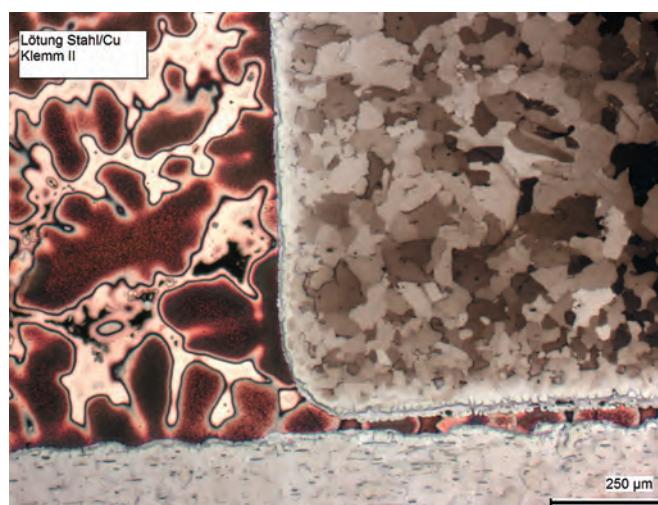


Abb. 4: Lötung Kupfer-Stahl nach Mikroätzung.

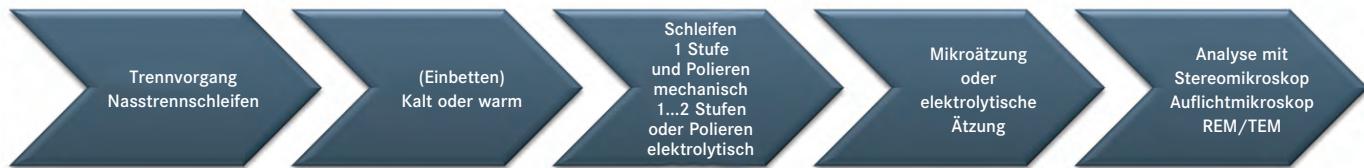


Abb. 5: Genereller Ablauf einer materialografischen Präparation mit anschließender mikroskopischer Analyse.

Feine Poliermittel auf Diamant- und Siliziumdioxidbasis in Verbindung mit Hochleistungsunterlagen sind geeignet, selbst komplexe Materialverbunde mit harten, zähen und weichen Komponenten adäquat für die Licht- und Elektronenmikroskopie vorzubereiten. Das klassische „Poliertuch“ hat zwar noch immer seine Berechtigung, ist jedoch neben Schleif- und Feinstschleifscheiben oder Kunststoffträgerscheiben nur eine Komponente unter vielen. Elektrolytische Präparationsverfahren ermöglichen neue Wege für sehr kurze Präparationszeiten mit geringster Verformung. Die Vielfalt der Möglichkeiten ist scheinbar unbegrenzt.

Nichtsdestotrotz ist der Ablauf und das eigentliche Ziel einer Präparation immer noch der gleiche wie zu den Anfängen der Metallografie, und im Großen und Ganzen bleibt es nach wie vor ein zerstörendes Verfahren der Werkstoffprüfung (**Abb. 5**).

Die Materialprobe wird einem Werkstück durch einen möglichst schonenden effektiven Trennvorgang entnommen (**Abb. 6**). Diese Probe steht dann repräsentativ für das

gesamte Werkstück, den Bearbeitungsprozess oder den Teil eines Verbundes. Der Entnahmefolge folgt ein meist notwendiger Fixierungsvorgang, dem „Einbetten“, der die Materialprobe im Laufe der Präparation vor weiterer Beschädigung schützen soll oder sogenannte Formstandards schafft, die halb- bzw. vollautomatische Präparationen ermöglichen – völlig unabhängig von der eigentlichen Werkstückgeometrie.

Im weiteren Präparationsprozess wird die Probe „mikroskoptauglich“ gemacht, das bedeutet, die durch den Trennvorgang entstandene Fläche wird so lange mit verschiedenen immer feiner werdenden Schleif- und Poliermitteln bearbeitet, bis die Rauheit der Fläche feiner als die zu betrachtenden Mikrostrukturen sind – in der Regel sind das Rauheiten im Sub-Mikrometer-Bereich. Die Probe „spiegelt“ und ist in der Lage, den gebündelten und fokussierten Lichtstrahl eines Auflichtmikroskopes zu refelektieren und Strukturen im Okular abzubilden. Die geringe Tiefenschärfe der Lichtmikroskope bei hoher Vergrößerung (bis ca. 1000 x) erfordert hierbei sehr plane Oberflächen, was

speziell für Werkstoffverbunde mit harten und weichen Phasen oder Beschichtungssystemen eine große Präparationsherausforderung darstellt. Elektronenoptische Systeme wie das Rasterelektronenmikroskop haben zwar den Vorteil, eine höhere Tiefenschärfe zu liefern, aber auch hier sind physikalische Grenzen gesetzt. Die Leitfähigkeit von Proben spielt dabei eine Rolle und auch die oft in Kombination genutzten Mikroanalysetechniken wie EDX und WDX, deren Genauigkeit mit der Streuung und Abschattung der Elektronen durch rauhe Probenoberflächen nachlässt. Die in letzter Zeit sehr häufig anzutreffende EBSD-Methode zur Auswertung erfordert ideal präparierte (polierte) Probenoberflächen mit minimalster Verformung, um überhaupt Informationen zu liefern.

Der häufig benutzte Begriff „Artefakt“ ergibt sich hierbei aus der Tatsache, dass der vom Menschen durchgeführte Präparationsvorgang eine Schädigung bewirkt und damit eine Struktur hervorrufen kann, die nichts oder nur wenig mit der wahren Mikrostruktur zu tun hat. Das Ergebnis ist eine Verfälschung der eigentlichen Struktur, die man untersu-

Abb. 6: Probenentnahme an einer Flanschwelle zur Prüfung der Schweißnähte.



Abb. 7: Titanoberfläche nach ausreichender Präparation mit sehr geringer Restverformung durch den Schleif- und Polierprozess, ausgeprägt als Verformungszwillinge.



chen will. Solche Artefakte gilt es zu vermeiden bzw. so zu minimieren, dass sie die Mikrostruktur des Werkstoffes nicht überlagern oder deren Untersuchung negativ beeinflussen (**Abb. 7**). Diese Artefaktvermeidung beginnt bereits bei der Entnahme und setzt sich über den gesamten Präparationsprozess hinweg fort. Damit wird das oberste Ziel einer jeden materialografischen Präparation definiert: die Sichtbarmachung der wahren Struktur unter Vermeidung von Präparationsartefakten- und das alles unter möglichst geringem Kosten- und Zeiteinsatz.

Haben die Phasen eines Werkstoffes ein ausreichend unterschiedliches Reflexionsvermögen oder sind bezüglich ihrer Dichte und Beschaffenheit von der umgebenden Matrix verschieden, kann eine Probe bereits im polierten Zustand untersucht werden (**Abb. 8**). Oftmals reicht je nach Untersuchungsziel aber eine polierte Oberfläche allein nicht aus, wenn die Kontraste zur Unterscheidung mikrostruktureller Bereiche nicht groß genug sind. In solchen Fällen werden Proben einer kontrollierten Korrosion, der sogenannten Mikroätzung, unterworfen. Die Wahl des Ätzmittels, meist sind das schwache Säuren oder Laugen, richtet sich nach dem geforderten Untersuchungsziel und dem zu untersuchenden Werkstoff (**Abb. 9**). In der Literatur sind Unmengen solcher Ätzrezepte zu finden, die jedoch in vielen Fällen recht zeitaufwändig ausprobiert werden müssen. Der Erfolg einer solchen Ätzung ist auch hier stark abhängig von der Güte der vorangegangenen Präparation. Für einige Werkstoffe genügt manchmal auch der Einsatz lichtoptischer Filter und Methoden, um Strukturen zu erkennen, ohne einen chemischen Angriff auf die Oberfläche durchzuführen. Man spricht dann vom „optischen Ätzen“. Vertreter solcher Methoden sind der differentielle Interferenzkontrast oder auch die Betrachtung der Probenoberfläche im polarisierten Licht.

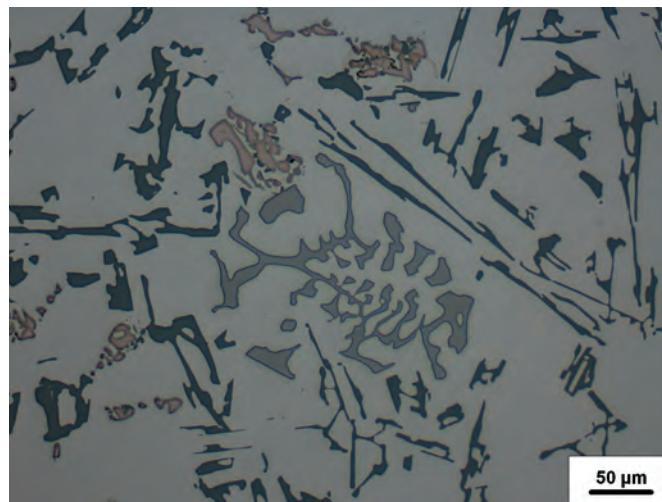


Abb. 8:
Aluminiumgusslegierung
nach Politur und im ungeätzten Zustand.

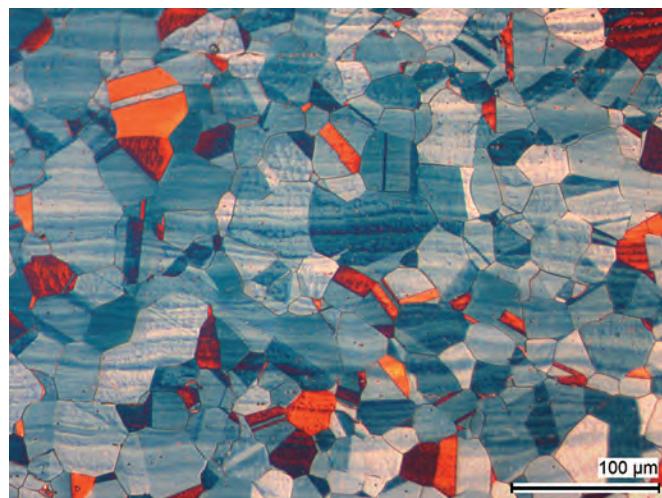


Abb. 9: Hochlegierter
Chrom-Nickel-Stahl nach
Mikroätzung zur
Sichtbarmachung der
Korngröße (Farbätzung).

Weitere Möglichkeiten der materialografischen Präparation ergeben sich durch die Anwendung der elektrolytischen Präparation. Dieses Verfahren, bei dem eine Probe in einem Elektrolyten als Anode mit einer Kathode in Wechselwirkung steht, gilt als besonders schonend und verformungsarm. Obwohl es gewisse Einschränkungen aufweist und nur für leitfähige Werkstoffe verwendbar ist, wird es erfolgreich in verschiedenen Varianten zur Präparation eingesetzt. So können bestimmte Ätzungen mit diesem Verfahren gute Ergebnisse liefern, oder es wird als Vorstufe zur Präparation sehr kleiner Proben für die Transmissions-Elektronenmikroskopie eingesetzt. Hierbei werden die Proben so lange durch „Beschuss“ mit einem feinen Elektrolytstrahl beidseitig gedünnt, bis ein Loch in der Probenmitte entsteht, dessen Ränder idealerweise von einem Elektronenstrahl durchdrungen werden können.

Damit sind sogar Vergrößerungen möglich, um einzelne Atomlagen abzubilden.

Austausch zu Fragen der Präparation im Arbeitskreis „Probenpräparation“ der DGM

Materialografische Präparationstechniken treffen wir in allen relevanten Bereichen der Industrie, Forschung und Entwicklung, Qualitätssicherung und Medizin an. Zum Teil läuft die Beschäftigung mit Präparationen quasi „nebenbei“ als vorbereitende Technik für optische Untersuchungsverfahren ab, da der sehr wichtige Beitrag dieser Techniken zum Verständnis klassischer und moderner Werkstoffe oftmals unterschätzt wird. Andererseits findet Metallografie aber auch in großen eigens dafür eingerichteten Laboren statt und ist dort als eines der Eckpfeiler der Qualitätssicherung. Damit ergibt sich ein Wissensgefälle in diesem Bereich.



Abb. 10: Treffen des Arbeitskreises „Probenpräparation“ der DGM im Mikroskopielabor der Hochschule Aalen.

Der Arbeitskreis „Probenpräparation“ der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde hat es sich zur Aufgabe gemacht, dieses Gefälle auszugleichen und den Wissenstransfer innerhalb der metallografisch aktiven Gemeinschaft zu intensivieren. Seit vielen Jahren beschäftigt sich dieser Arbeitskreis, dem Vertreter aus Industrie und Forschung angehören, mit den unterschiedlichsten Themen zur Präparation für die Licht- und Elektronenmikroskopie. Bei den jährlich stattfindenden Treffen werden aktuelle und oft auch immer wiederkehrende Themen besprochen und diskutiert. In regelmäßigen Abständen stehen sogenannte Ring- oder Gemeinschaftsversuche auf dem Plan, in denen versucht wird, Präparationsmethoden zu analysieren und zu modernisieren. In den letzten Jahren wurden z.B. Versuche zur Präparationsoptimierung zur Zielpräparation, für die Stahlreinheitsgradbestimmung, die Ermittlung von Korngrößen an Austeniten, die Präparation von Sinterwerkstoffen und HVOF-Spritzschichten oder zur Optimierung der Dünnschlifftechnik an Kunststoffen durchgeführt, um nur einige Beispiele

zu nennen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind regelmäßig auf den Metallografiertagen publiziert worden und teilweise in Fachzeitschriften abgedruckt, so dass diese Arbeit kein Mittel zum Selbstzweck ist, sondern der breiten Masse an metallografisch Interessierten zugänglich ist.

Materialografie ist wichtig. Sie dient der Sichtbarmachung von Materialstrukturen und dem Verständnis der Zusammenhänge Struktur-Eigenschaft. Materialografie kann nur mit sehr guter Präparationstechnik funktionieren. Ohne diese Technik wird der Blick ins Mikroskop nicht dem Zweck des Werkstoffverständnisses dienen. Zugegeben, manchmal ist der Blick ins Mikroskop nach einer gelungenen Präparation auch einfach nur schön und belohnt den Betrachter mit fantastischen Bildern. Die Deutung dieser Bilder kann in solchen Momenten auch noch ein wenig warten.

KONTAKT:

Struers GmbH

Dr. Holger Schnarr
Carl-Friedrich-Benz-Straße 5
D-47877 Willich
Tel.: +49 (0)2154 486-131
Fax: +49 (0)2154 486-222
holger.schnarr@struers.de
www.struers.de

Autor:

Dr.-Ing. Holger Schnarr
Leiter des Arbeitskreises „Probepräparation“



well-Diamantdrahtsägen beschädigungsfreies Schnittverfahren

für Analysen von Materialien
Forschung und Entwicklung
Qualitätskontrolle

well Diamantdrahtsägen GmbH | Luzenbergstraße 82 | D-68305 Mannheim |
info.de@well-dws.com | www.well-deutschland.de | Tel. +49 (0)6 21 74 19 90 | Fax +49 (0)6 21 74 58 97



EMTEC
Elektronenmikroskopie und Materialanalyse

Barium Titanat
20 µm

www.emtec.elektronenmikroskopie.de

Elektronenmikroskopie und Materialanalyse

- Schadensfalluntersuchungen
- Brüche, Korrosion, Verschleiß
- Rasterelektronenmikroskopie
- Mikroanalyse mit EDX und WDX
- weitere analytische Verfahren
- Partikelidentifikation
- Metallographie
- gebrauchte REM/EDX-Systeme

Mallastraße 57 68219 Mannheim
0621/978 3117 0172/963 5195
emtec@elektronenmikroskopie.de

mpl - Materialprüfungslaboratorium GmbH

In mehr als 30 Jahren hat sich mpl seit der Firmengründung umfangreiches Know-how in der Materialprüfung erworben. Der Einsatz moderner Mess- und Analyse systeme gewährleistet schnelle und sachgemäße Problemlösungen auf den Gebieten der Schadenanalyse, Werkstoffprüfung und Prozessoptimierung.

mpl nimmt regelmäßig an Maßnahmen zur Zertifizierung und Akkreditierung mit den dazu notwendigen Ringversuchen teil. Die Akkreditierung bescheinigt Kompetenz, Unabhängigkeit und Objektivität.

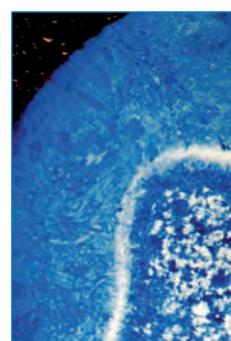
Das Labor liegt im Herzen NRWs, am Schnittpunkt der Industrieregion Südwestfalen und dem Ruhrgebiet.

- Mechanische Prüfverfahren
- Zugversuche und Härtmessungen
- Metallographie
- Lichtmikroskopie
- Rasterelektronenmikroskopie
- Emissionsspektrometrie ICP-OES, Funken-OES
- Elementaranalyse
- Schichtdickenmessung RFA
- Nasschemische Analysen
- Schadenanalysen
- zerstörende und nichtzerstörende Prüfungen
- Express-Service
- Hol- & Bring-Service
- Qualitätssicherung

DAKK

Materialprüfungslaboratorium GmbH
mpl

Zur Helle 13 Tel.: +49 (0)23 74 / 9 23 32 66 info@mpl-altena.de
D-58638 Iserlohn Fax: +49 (0)23 74 / 9 23 30 20 www.mpl-altena.de



»Optische 3D-Vermessung von Oberflächen«

Stationäre und ambulante Messverfahren für die Praxis

Wer qualitativ hochwertige Oberflächen entwickeln und produzieren will, muss diese messen und dokumentieren können. Die entsprechenden Anforderungen sind immer weiter gestiegen. Dies gilt beispielsweise für Ansprüche an Umformverhalten, Optik oder die Einhaltung definierter Oberflächenstrukturen. Als Alternative zu herkömmlicher Oberflächenmessung mit 2D-Tastschnittverfahren bietet NanoFocus ein rein optisches, berührungslos arbeitendes Verfahren zur vollständigen 3D-Erfassung von Oberflächen, was Messergebnisse mit deutlich höherer Aussagekraft liefert.

Berührungslose optische 3D-Vermessung

Zu den Einsatzbereichen gehören die Kontrolle der Abnutzung von Werkzeugen und Betriebsmitteln sowie der Oberflächenqualität von Bauteilen für Strömungsmaschinen. Bei der Untersuchung von Verschleißerscheinungen ermöglicht die Erfassung der Oberflächentopografie die quantitative Analyse von Rauheit, Geometrie und Verschleißvolumen (Abb.1). Bei formgebenden Werkzeugen wird die Einhaltung präzise vorgegebener Oberflächenstrukturen gefordert, z.B. um beim Umformen die erforderlichen Gleiteigenschaften durch Bildung von Schmierstofftaschen sicherzustellen. Einsatz findet das System auch zur Untersuchung von

Schadensfällen oder zur Perfektionierung der Optik von Fahrzeuglackierungen oder der Anmutung von Druckerzeugnissen.

Das robuste konfokale Messprinzip der NanoFocus-Messtechnik liefert im Prüflabor ebenso wie in rauer Produktionsumgebung präzise Ergebnisse. Normkonforme Messungen sind auf nahezu allen Materialkombinationen möglich. Für Rauheitsmessungen bzw. für die Erfassung feiner Oberflächenstrukturen ist die hohe vertikale Auflösung der Messsysteme entscheidend. Größere Messflächen können bei gleichbleibender lateraler Auflösung durch die automatische Zusammensetzung benachbarter Bilder (Stitching) gemessen werden.

Abb. 1: Abdrücke eines Getriebebauteils, angefertigt im zeitlichen Abstand von zwei Jahren:
a) ursprünglicher Zustand, b) Zustand nach zwei Jahren. Bei Messung b) ist ein deutslicher Verschleiß erkennbar.

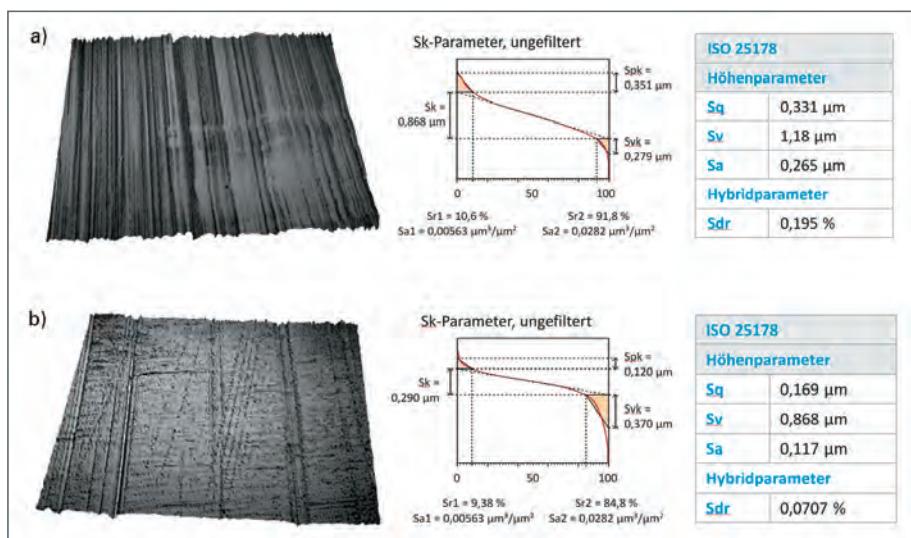




Abb. 2: Das portable Messsystem usurf mobile ist speziell für mobile Oberflächenmessungen auf schwer bewegbaren Prüfstücke und den Einsatz in Fertigungsumgebungen geeignet.

Die erfassten Oberflächenstrukturen lassen sich anhand anerkannter und rückführbarer Standards quantifizieren. Neben den klassischen 2D-Parametern der ISO 4287 können funktionale 3D-Rauheitskennwerte der ISO 25178 berechnet und dargestellt werden. Die Messsysteme von NanoFocus sind nach VDI/VDE-Richtlinie 2655 abgenommen und kalibrier- sowie auditierbar.

Stationärer bis mobiler Einsatz

Für Messaufgaben im Entwicklungslabor bietet NanoFocus Messsysteme mit je nach Anforderungen konfigurierbarer Ausstattung an.

Wenn die zu vermessenden Oberflächen eines Prüfstocks an unzugänglichen Stellen liegen, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, mithilfe spezieller Kunststoffe exakte Oberflächenabdrücke zu erstellen. Damit verringert sich die Zahl der Fälle, wo eine Zerkleinerung des Prüfobjekts für die statio-näre Vermessung im Prüflabor unumgänglich wird. Die hochpräzisen Replikas bilden die Originale bis zu 100 Nanometer genau ab. Die Genauigkeit wurde anhand von Ver-gleichsmessungen auf Abdrücken von Rau-normalen nachgewiesen.

In Fertigungsumgebungen bietet sich der Einsatz des mobilen, handlichen Messsys-tems usurf mobile an (Abb. 2). Mit nur 5 kg Gewicht kann es direkt an Maschinenbautei- len eingesetzt werden. Ein robuster, mobiler

Arbeitsplatz ist als Ergänzung zum Mess-system vorteilhaft. Alle zur Messung benötig-ten Komponenten sind in einem Komplett-paket untergebracht, was einen sicheren Transport und schnelle Ortswechsel in Werks-hallen erlaubt. Über den mobilen Arbeitsplatz werden ein Industrie-Notebook zur Datener-fassung und Systemsteuerung sowie das Messsystem mit Spannung versorgt. In Übereinstimmung mit aktuellen Arbeitssicher-heitsbestimmungen ermöglicht ein 5-m-Kabel den Einsatz des Messsystems aus sicherer Entfernung.

Alternativ zum Kauf bietet NanoFocus auch die Durchführung von Messaufgaben als spe-zialisierte Dienstleistung sowohl im eigenen Labor als auch vor Ort an.

KONTAKT:

NanoFocus AG
Max-Planck-Ring 48
D-46049 Oberhausen
Tel.: +49 (0)208 62000-0
Fax: +49 (0)208 62000-99
info@nanofocus.de
www.nanofocus.de

»Weniger ist mehr«

Mit automatisiertem Schleif- und Polierprozess zur optimierten Probenpräparation

Das Ziel der Probenpräparation ist eine verformungs- und kratzerfreie Oberfläche, die das Mikrogefüge der Probe sichtbar werden lässt. Dazu sind Schleifen und Polieren einer Materialprobe entscheidende Schritte. Die Verfahrensweisen und Anforderungen an einen optimierten Präparationsweg sind jedoch umfassend.

A utomation im Schleif- und Polierbereich rechnete sich bisher nur bei sehr hohem Probendurchsatz. Generell schafft sie aber signifikant mehr Freiraum für die finale Probenauswertung. Störende Wartezeiten während des Schleifens- und Polierens und manuelle Bestückung zwischen den Präparationsschritten entfallen bei einer automatisierten Präparation. Dokumentier- und jederzeit wiederholbare Prozessabläufe, und im folgenden Schritt auch ein vernetztes Labor, sind im Zuge von Schlagwörtern wie Zertifizierung und Industrie 4.0 unumgänglich.



Abb. 1: Laborbild mit Person.



Abb. 2: Die Schleif- und Poliermedien werden aus dem 16-fachen Magazin automatisch gewechselt.

Ganz oben auf der Wunschliste vieler Laborfachleute, überrascht der Saphir X-Change der ATM GmbH mit viel High-Tech auf kleinstem Raum. Der kompakte Schleif- und Polierroboter fasst die sonst auf mehreren Metern verteilten Standardgeräte in einem Gerät zusammen.

Die Schleif- und Poliermedien werden direkt aus dem 16-fachen Folienmagazin entnommen und auf der wassergekühlten Arbeitsscheibe gewechselt. Zwischen den Präparationsschritten bereitet die Reinigungsstation mit Wasser,



Abb. 3: Saphir X-Change – Schleif- und Polierroboter.



Abb. 4: Wassergekühlte Schleif- und Polierstation.

Ethanol und Druckluft oder die Ultraschallreinigungsstation die Proben für den nächsten Schritt vor. Mit einem Handgriff wird der Zentralandruck-Probenhalter fixiert und gelöst. Dabei ist er durch die Zweihandbedienung zusätzlich vor dem Herunterfallen geschützt.

Der gesamte Präparationsprozess wird über die visuelle Touchscreen-Steuerung intuitiv aufgebaut. Alle Parameter und Präparationsmedien sind auf einen Blick zugänglich und können sogar während des Präparationsablaufs direkt angepasst werden.

Im halbgeschlossenen Arbeitsraum mit großer Sichtscheibe und Abluftabsaugung gewährleistet eine Lichtschranke eine hohe Arbeitssicherheit. Sedimentationsbehälter, Dosiereinheit und Scheibenablage sind servicefreundlich im System-Aluminiumgehäuse integriert. Der kompakte Kleinautomat setzt neue Maßstäbe für eine effektive, nachvollziehbare Probenpräparation.

KONTAKT:

ATM GmbH

Emil-Reinert-Straße 2, D-57636 Mammelzen
Tel.: +49 (0)2681 9539-0
info@atm-m.com, www.atm-m.de



Abb. 5: Schleif- und Polierkopf fährt automatisch die Stationen an.



Foto: Oliver Dietze/Universität des Saarlandes

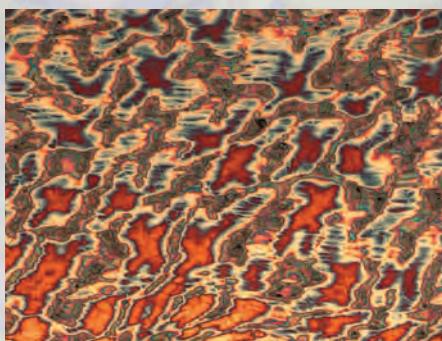


Gefügeanalyse 2.0?

**Über die Lösung recht alter und sehr neuer Werkstofffragen
auf der Mikro-, Nano- und atomaren Skala**

(Dieser Beitrag basiert auf dem Plenarvortrag zur Metallographietagung während der Werkstoffwoche 2015 in Dresden und ist vollständig abgedruckt in:
Pract.Met. 52(2015)9)

- Frank Mücklich
- Michael Engstler
- Dominik Britz
- Jenifer Barrirero
- Paulo Rossi



Neue Ansätze der Bildsegmentierung

Quantitative Analyse und objektive Klassifizierung in 2D

Warum brauchen wir 3D?

Gefügetomographie großer Volumina

Gefügetomographie mit hoher Auflösung

Zusammenfassung



»Gefügeanalyse 2.0?«

Über die Lösung recht alter und sehr neuer Werkstofffragen auf der Mikro-, Nano- und atomaren Skala

Die moderne quantitative Gefügeanalyse umfasst heute weit mehr als die klassischen Verfahren. Hochauflöste Mikroskopie und Tomographie und dies auch in Korrelation zueinander, kombiniert mit neuen Verfahren der digitalen Bildverarbeitung und -analyse, sind der Schlüssel. (Dieser Beitrag basiert auf dem Plenarvortrag zur Metallographietagung während der Werkstoffwoche 2015 in Dresden und ist vollständig abgedruckt in: Pract.Met. 52(2015)9)

In der technologischen Werkstoffentwicklung und der routinemäßigen Qualitätsicherung des Werkstoffgefüges werden auch heute noch alle wesentlichen Entscheidungen zum räumlichen Gefüge am zweidimensionalen mikroskopischen Abbild, also dem metallographischen bzw. materialgraphischen Anschliff getroffen, so wie dies seit langem bewährte Tradition ist. Waren bislang oft noch Richtreihen und subjektive Expertenmeinungen der häufigste und ausreichende Maßstab, so erzwingen die für anspruchsvolle Anwendungsfälle maßgeschneiderten Hochleistungswerkstoffe immer engeren Toleranzgrenzen der Gefügeausprägung und daher nicht nur eine wesentlich präzisere, sondern vor allem auch objektive Quantifizierung des Gefüges. Dabei müssen gleichzeitig eine hinreichende Sensitivität aber auch Zuverlässigkeit der Quantitativen Gefügeanalyse (QGA) im Zusammenhang mit geringsten Variationen der Herstellparameter und dem subtilen Einfluss des räumlichen Gefüges auf die Eigenschaften garantiert werden.

Der erste Schritt einer objektiven mikroskopischen Gefügeanalyse ist die Beherrschung der reproduzierbaren Kontrastierung und Bildverarbeitung. Dafür gibt es eine Vielzahl etablierter Softwarelösungen, die in Labors von den jeweiligen Experten durch Binarisierung, Bildoperationen, Filter und Segmentation auf die Charakteristika der Gefügeelemente individuell

Gleichzeitig wurden aber in der Informatik außerhalb der klassischen mikroskopischen Bildanalyse neuartige Verfahren der Bildverarbeitung und Bilderkennung entwickelt, die überraschend robust und leistungsfähig auch extrem stark verrauschte Bildinhalte segmentieren und letztlich identifizieren können. Als Beispiel dafür werden im zweiten Abschnitt Bildsegmentierungen nach dem Chan-Vese-Algorithmus an schwer kontrastierbaren komplexen Stahlgefügen vorgestellt.

Wenn die Bildsegmentierung zuverlässig gelingt, dann stellt sich als nächstes die Frage nach der objektiven Quantifizierung gefügerelevanter Kenngrößen. Für die üblichen Grundparameter wie Volumenanteile, spezifische Grenzflächen und diverse Krümmungsmaße ist dies leicht verfügbar, oft jedoch nicht ohne weiteres für komplexe Kenngrößen wie etwa die Homogenität der Ausprägung von Größen, Formen, Verteilungen und anderen Attributen der Elemente des Gefüges. Im dritten Abschnitt wird deshalb ein allgemeines Verfahren zur Klassifizierung und Quantifizierung der Homogenität von Gefügen eingeführt und am Beispiel der Veredelung von Al-Si-Gusslegierungen vorgestellt.

Bei geometrisch komplexen Gefügen und dabei vor allem der Suche nach quantitativen Zusammenhängen zwischen der Gefüge-

Und schließlich kann es nötig sein, die Tomographie mit „ultimativer“ Auflösung in der Größenordnung der einzelnen Atome durchzuführen, nämlich genau dann, wenn wir herausfinden müssen, welche Mechanismen die Gefügebildung durch Zugabe geringster Dotiermengen im ppm-Bereich triggern. Dazu betrachten wir im sechsten Abschnitt noch einmal das Beispiel der Sr-Veredlung in Al-Si-Legierungen im Lichte der Ergebnisse der Atomsonden-Tomographie.

Neue Ansätze der Bildsegmentierung

Einen essentiellen Schritt im Zuge der quantitativen Bildanalyse, nach der metallographischen Präparation, Kontrastierung und Bildaufnahme, stellt die Segmentierung dar. Über diesen Schritt wird das Farb- oder Grauwertbild in ein binäres, d.h. schwarz/weiß-Bild umgewandelt. Trotz riesiger Fortschritte ist der Stand der Technik bei der QGA nach wie vor eine schwellwertbasierte Segmentierung [1], d.h. man stützt sich zur Trennung der Phasen lediglich auf das Grauwerthistogramm und nimmt eine manuelle oder semi-automatische Phasentrennung vor. Verrauschte Bilder oder auch Aufnahmen, in denen unterschiedliche Objekte gleiche Farben haben (z.B. zweite Phase und Korngrenzen) sind damit allerdings nur sehr schlecht auf direktem Wege zu segmentieren. Aufwendige Filterungen und morphologische Operationen sind daher erforderlich, die wiederum einen nicht unerheblichen subjektiven Einfluss auf das Quantifizierungsergebnis haben.

Die gezielte Suche nach anderen Segmentierungsansätzen im Bereich der „Computer Vision“, wie Sie beispielsweise in der Medizin oder Geoinformatik verwendet werden, fördert im Wesentlichen drei grundsätzliche Methoden zu Tage [2]: 1) Schwellwertbildung bzw. Gruppierung; 2) Kantendetektion und 3) Regionenextraktion. Insbesondere Segmentierungsalgorithmen nach dem Prinzip der aktiven Konturen [3] sind auch für die Gefügequantifizierung sehr vielversprechend.

Der Ansatz von Chan und Vese [4] geht über die einfache Kantenerkennung hinaus und nimmt eine sog. Level-Set-Funktion als Grundlage für die Segmentierung von topologischen Unterschieden. Gemäß dem Energie minimierungsprinzip wird dazu eine initiale Kontur schrittweise verändert, um sich den

Gefügebestandteilen anzunähern. Über verschiedene Parameter kann die Segmentierung angepasst werden und eher große, glatte oder kleine zerklüftete Konturen liefern. Das Ergebnis dieses iterativen Prozesses ist in Abb. 1 dargestellt.

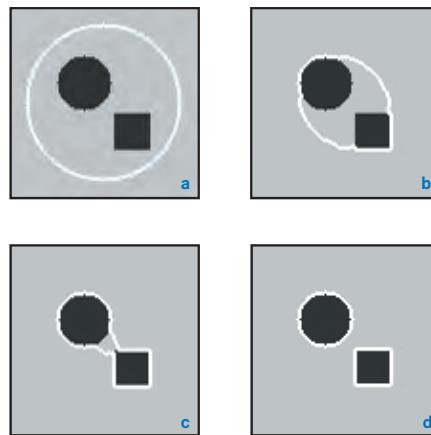


Abb. 1: Ablauf des Segmentierungsvorganges nach Chan und Vese [4];
a) Initiale Kontur, b) und c) Evolution der Kontur, d) Energieminimum und Detektion der Objekte.

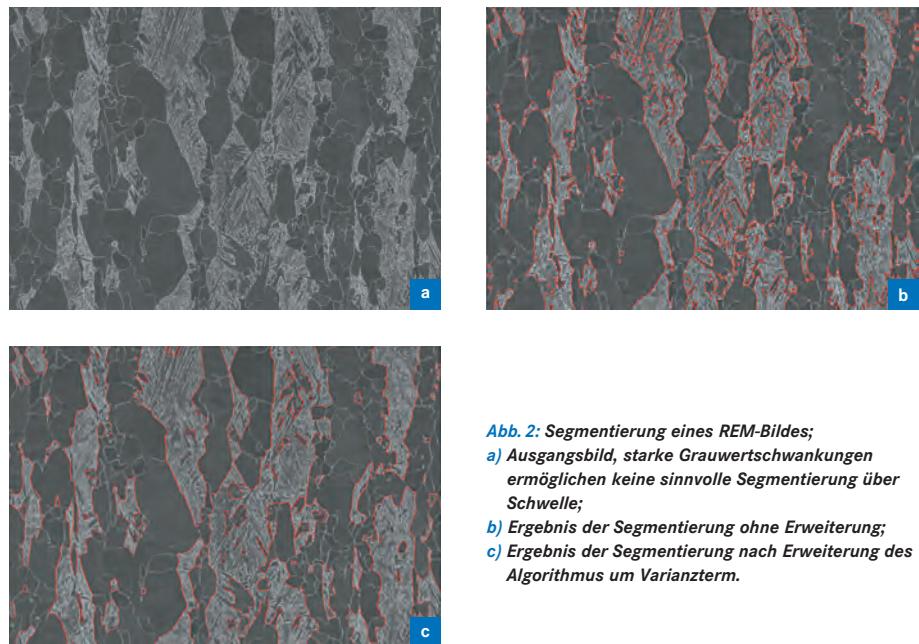


Abb. 2: Segmentierung eines REM-Bildes;
a) Ausgangsbild, starke Grauwertschwankungen ermöglichen keine sinnvolle Segmentierung über Schwelle;
b) Ergebnis der Segmentierung ohne Erweiterung;
c) Ergebnis der Segmentierung nach Erweiterung des Algorithmus um Varianzterm.

Nach einer Matlab[®] Implementierung können durch diesen Ansatz nun zweiphasige Mikrostrukturen sehr robust segmentiert werden. Über die entsprechende Einstellung der o.g. Parameter entsteht ein Binärbild ohne einzelne Korngrenzen und Artefakte. Auch die Anfälligkeit der Segmentierung durch verrauschte Bilder wird wesentlich reduziert.

Der vorgestellte Ansatz wurde derart erweitert, dass auch Farbbilder und – hinsichtlich Segmentierung von REM-Bildern – Kontrast

„Texturen“ verarbeitet werden. Auch komplex kontrastierende Phasenareale ohne einheitlichen Grauwert werden dadurch zugänglich (Abb. 2). Mit dem vorgestellten Ansatz ist es möglich, vollautomatisch reproduzierbare Segmentierungen auch bei anspruchsvollen Kontrastsituationen vorzunehmen. Ein Einsatz für andere materialwissenschaftliche Fragestellungen, z. B. zur Analyse von TEM-Aufnahmen, wie sie in [5] beschrieben werden, eröffnet ein weiteres Anwendungsspektrum dieses Verfahrens.

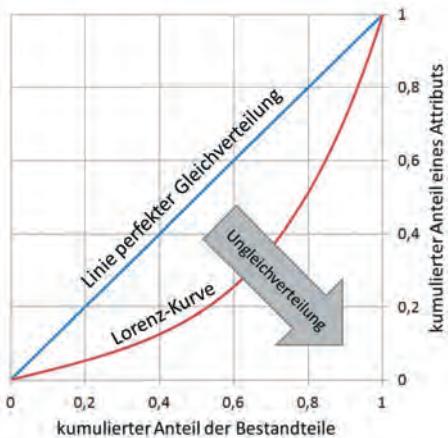
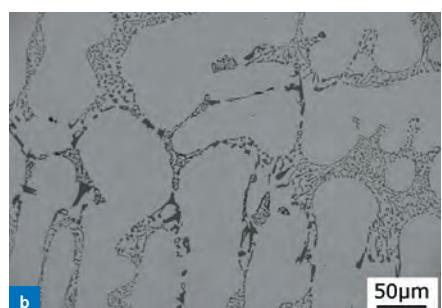
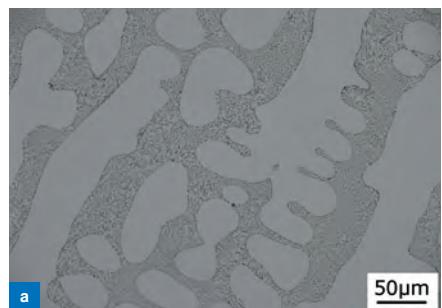


Abb. 3: Konzept der Lorenz-Kurve und des Gini-Koeffizienten. Je ungleicher die Werte eines Attributs verteilt sind, desto weiter liegt die Lorenz-Kurve von der Linie perfekter Gleichverteilung entfernt. Als Attribut kann in den Wirtschaftswissenschaften beispielsweise das Einkommen einer Person dienen. Auf die quantitative Bildanalyse übertragen kann als Attribut beispielsweise die Teilchengröße benutzt werden.

Abb. 4: Klassifizierungsergebnis für drei Mikrostrukturen.

- a) homogen veredelt
- b) inhomogen veredelt, Veredelungsgrad 39%
- c) unveredelt

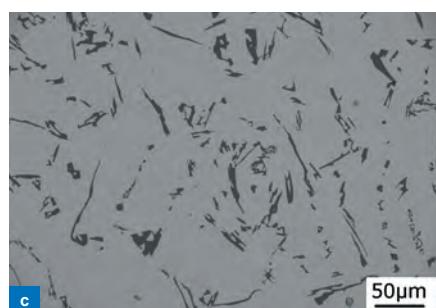


Quantitative Analyse und objektive Klassifizierung in 2D

Moderne Bildanalysesysteme sind in der Lage, eine Vielzahl bildfeldbezogener und objektbezogener Parameter bereitzustellen. Diese können anschließend für eine Klassifizierung verwendet werden. Die entscheidende Frage lautet jedoch: „Welche Parameter sind für die Klassifizierung relevant und wo liegen die Klassengrenzen?“ Eine Antwort auf diese Frage kann eine Data-Mining Analyse liefern. Hierbei werden zunächst Trainingsdaten, d.h. Gefügebilder, die eindeutig einer bestimmten Klasse zugeordnet werden können (z.B. Beispieldbilder der Richtreihen), analysiert und alle möglichen Parameter bestimmt. Aus diesen Daten findet die Data-Mining Analyse sowohl die wirklich relevanten Parameter, als auch die Klassengrenzen heraus. Diese können dann anschließend für die Klassifizierung verwendet werden [6].

Dieses Verfahren ist sehr gut geeignet, um klar abzugrenzende Klassen zu trennen, jedoch versagt es oft, wenn es zwischen den Klassen einen eher fließenden Übergang gibt bzw. sich die Klassen aufgrund der Kontrastkomplexität mit einfachen bildanalytischen Kennzahlen nicht so eindeutig unterscheiden lassen. Dies soll am Beispiel der Veredelung von untereutaktischen Al-Si Gusslegierungen aufgezeigt werden. Bei diesen Legierungen führt die Zugabe geringer Mengen eines Veredelungselements (z.B. Strontium oder Natrium) zu einer morphologischen Transformation des eutektischen Siliziums von plattenförmig zu korallenförmig. Diese Veredelung kann inhomogen und unvollständig sein, sodass für eine Bewertung der Veredelung ein objektiver Veredelungsgrad (0-100%) äußerst sinnvoll wäre.

Für die Beschreibung von Inhomogenitäten gibt es in den Wirtschaftswissenschaften das



Konzept des Gini-Koeffizienten [7], der auf die Ungleichverteilung von Attributen wie z.B. von Einkommen in der Bevölkerung angewendet wird. Dort wird zunächst das Einkommen aller Personen aufsteigend sortiert und der kumulative Anteil der Einkommen gegen den kumulativen Anteil der Personen aufgetragen (Lorenz-Kurve, Abb. 3) [8]. Bei einer absoluten Gleichverteilung aller Einkommen (alle Personen verdienen gleich viel) würde als Ergebnis eine Gerade entstehen. Je stärker die Ungleichverteilung, desto stärker weicht die Lorenz-Kurve von der Geraden ab. Der Gini-Koeffizient G berechnet sich aus der Fläche unter der Lorenz-Kurve A_L gemäß $G=1-2A_L$. Bei einer perfekten Gleichverteilung hat der Gini-Koeffizient G den Wert 0. Dieses Konzept kann auch sehr effektiv auf die quantitative Beschreibung der Inhomogenität von Mikrostrukturen in die Bildanalyse übertragen werden [9], indem die Homogenität H als $1-G$ definiert wird. Damit hat die Homogenität H bei perfekter Homogenität den Wert 1 und kann minimal den Wert 0 annehmen. So kann beispielsweise der kumulative Anteil der Teilchengröße gegen die kumulative Teilchenzahl aufgetragen, um so die Inhomogenität der Teilchengröße zu beschreiben. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens ist, dass das Ergebnis nicht vom absoluten Wert eines Parameters, sondern nur von dessen Ungleichverteilung abhängt. Somit können auch Gefüge mit unterschiedlich großen Gefügebestandteilen (z.B. bedingt durch die Abkühlgeschwindigkeit) direkt bezüglich ihrer Homogenität verglichen werden.

Im Bereich der Al-Si Gusslegierungen konnte mit Hilfe dieses Konzepts ein quantitativer Veredelungsgrad, basierend auf Fläche und maximalen Durchmesser der Siliziumteilchen, entwickelt werden [10]. Zunächst wird durch die mit Hilfe der Data-Mining Analyse ermittelten Klassengrenzen eine grobe Einteilung in die Gruppen „unveredelt“, „homogen veredelt“ und „inhomogen veredelt“ vorgenommen. Anschließend wird für die relevante Gruppe der inhomogen veredelten Gefüge ein auf dem Gini-Konzept basierender Veredelungsgrad ermittelt. Die quantitativen Ergebnisse wurden mit Hilfe eines Ringversuchs validiert. In Abb. 4 werden Beispiele zu den verschiedenen Klassen und einem quantitativen Veredelungsgrad der inhomogenen Veredelung dargestellt.

Andere Anwendungsmöglichkeiten umfassen die Charakterisierung der Homogenität der Verteilung von Kugelgraphit in Gusseisen [9], von Carbon Nano Tubes in einer Metallmatrix [11] oder von Minima und Maxima periodischer Oberflächenstrukturierungen [9].

Warum brauchen wir 3D?

Die Stereologie ist ein wertvolles Werkzeug, um dreidimensionale Parameter aus zweidimensionalen Anschliffen zu berechnen. So können beispielsweise (räumlicher) Phasenanteil und spezifische Grenzfläche einer Phase leicht und zuverlässig an einem 2D Bild bestimmt werden. Dabei ist es unerheblich, mit welcher mikroskopischen Abbildungstechnik die Gefügeaufnahme entstanden ist. Allerdings ist es nicht möglich, am ebenen Anschliff wichtige Form- und Anordnungskenngrößen wie etwa die Konnektivität von räumlich vernetzten Gefügebestandteilen zu quantifizieren. Bei komplexen Teilchenformen, insbesondere mit konkaven Grenzflächenelementen und Teilchennetzwerken kann eine 2D Analyse keine verlässlichen Daten zu Teilchengrößen oder Teilchendichten liefern. Dies liegt darin begründet, dass ein einziges nichtkonvexes Teilchen in einem 2D Schnitt in mehrere „Teilchen“ zerfallen kann und damit Werte wie Teilchenzahl und Teilchengröße verfälscht werden.

In der quantitativen 3D-Bildanalyse ist bei komplexen Teilchennetzwerken wiederum die Bestimmung der korrekten Teilchenzahl und Teilchendichte nicht sinnvoll, denn im Extremfall ist der gesamte Phasenanteil verbunden und man erhält die Teilchenzahl 1. Als Alternative hat sich die dreidimensionale Eulerzahl χ bewährt, die neben der Teilchenzahl die Verbindungen zwischen den Teilchen berücksichtigt [12]. Diese Verbindungen sind durch Sattelpunkte gekennzeichnet, also Oberflächenelemente, die in zwei Raumrichtungen Krümmungen mit unterschiedlichem Vorzeichen aufweisen. Diese Sattelpunkte gehen mit negativen Vorzeichen in die Berechnung der Eulerzahl ein; konvexe oder konkave Flächen mit einem positiven Vorzeichen. Bei einem System isolierter Teilchen entspricht die Eulerzahl der Teilchenzahl. Bei einem Teilchennetzwerk wird die Eulerzahl durch die Vielzahl an Sattelpunkten negativ. Neben der Eulerzahl können in einer 3D Analyse im Gegensatz zur 2D Analyse auch die absoluten Werte der Krümmungen bestimmt und analysiert werden.



a



b

Am Beispiel intermetallischer Titanaluminid-Werkstoffe lassen sich die Möglichkeiten und Grenzen von 2D und 3D Analyse darstellen [13]. Dieser zweiphasige Werkstoff zeichnet sich durch einen hohen Vernetzungsgrad beider Phasen aus. Für die zweidimensionale Abbildung wurden Sekundärelektronenkontrast (SE) und Rückstreuelektronenbeugung (EBSD) im REM und für die dreidimensionale Abbildung wurde die FIB/REM Serienschnitttechnik verwendet (**Abb. 5**).

Phasenanteil und spezifische Grenzfläche zeigen erwartungsgemäß eine sehr gute Übereinstimmung unabhängig davon, welche Analysemethode gewählt wurde. Es ist somit völlig ausreichend, zweidimensionale Bilder im SE-Kontrast (Aufnahmezeit ca. 30s) auszuwerten, da die EBSD-Messung (Aufnahmezeit ca. 1h) und die Tomographie (Aufnahmezeit 10h + Rekonstruktion) in diesem Punkt keinen Erkenntnisgewinn erbringen. Die EBSD-Messung eignet sich hingegen sehr gut, um zusätzlich die Orientierungsbeziehungen zwischen den Phasen zu beschreiben. In der Tomographie zeigt sich schließlich, dass nahezu das gesamte Volumen beider Phasen zusammenhängt und die Eulerzahl, die diese Konnektivität beschreibt, einen negativen Wert besitzt.

Gefügetomographie großer Volumina

Die Motivation, Gefüge auch auf einer Skala im μm^3 bis mm^3 dreidimensional zu rekonstruieren, wird bei der Betrachtung vieler industriell eingesetzter Werkstoffe direkt ersichtlich: Um aussagekräftige, repräsentative Volumeneinheiten zu charakterisieren, benötigt man Verfahren, die höchstpräzise, jedoch mit großem Gesichtsfeld arbeiten. Basierend auf den Arbeiten von [14-18] wird die Notwendigkeit deutlich, über ein Serienschnitt-Verfahren zu verfügen, das für eine sub- μm -Auflösung auch in Z-Richtung nicht nur eine präzise großflächige Abtragskontrolle aufweist, sondern die anschließende Kontrastierung des Gefüges

Abb. 5:
a) elektronenmikroskopische Abbildung einer zweiphasigen Titanaluminidlegierung im Sekundärelektronenkontrast und
b) Rekonstruktion der FIB/REM Tomographie.

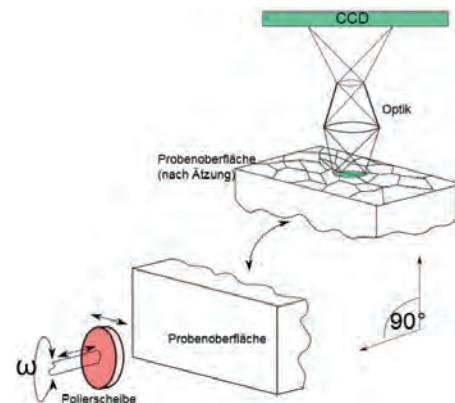


Abb. 6: Schematischer Aufbau zur lichtmikroskopischen Serienschnitttechnik: Sowohl der Abtrag, die Kontrastierung als auch die lichtmikroskopische Aufnahme werden in einem System vorgenommen, sodass kein Probentransfer notwendig wird. Dies führt zu der entscheidenden Erhöhung der Auflösung des tomographischen Resultats.

ohne zusätzlichen Abtrag realisiert. Denn dies würde die Auflösung der Bildanalyse und vor allem die Tiefenauflösung beeinträchtigen.

Mit dem Ziel, die Konnektivität einer komplexen thermomechanischen Walzstruktur mit den mechanischen Eigenschaften zu korrelieren und anschließend auch zu Simulationszwecken nutzen zu können, wurden präzise metallographische Serienschnitte semiautomatisch angefertigt. Um einen systematischen Fehler beim ständigen Transfer der Probe ins Lichtmikroskop ausschließen zu können, wurde, zusätzlich zum Abtrag, innerhalb des präparativen Aufbaus auch die Kontrastierung vorgenommen sowie ein Digitalmikroskop integriert (**Abb. 6**). Korrelative Untersuchungen ergaben eine reproduzierbare Abtragsgenauigkeit von $0,42 \pm 0,04 \mu\text{m}$.

Somit liegen die Schnittabstände in der Größenordnung der lichtmikroskopischen Auflösungsgrenze und diese metallographische Tomographie bietet in der 3D-Rekonstruktion den Vorteil gleicher Auflösung in allen drei Raumrichtungen.

Zur Kontrastierung wurde eine modifizierte Beraha-Ätzung verwendet, die nach systematischer Untersuchung wahlweise als aufwachsende Interferenzschicht zur Visualisierung der Matrix oder zur Kontrastierung der zweiten Phase eingesetzt werden kann. In beiden Fällen findet kein signifikanter Abtrag statt, sodass die Rekonstruktion sehr genau erfolgen kann.

Für das Beispiel des thermomechanisch gewalzten Stahls liefert dieses Verfahren mit anschließender Rekonstruktion neuartige Einblicke in den Gefüeaufbau. Die Ergebnisse sind konsistent zu anderen Arbeiten [18] und beweisen, dass die zweite Phase im vorliegenden Fall großräumig plattenartig in Walzrichtung verbunden ist.

Somit steht ein effizientes Werkzeug der Quantitativen Gefüeganalyse zur Verfügung, dass neben dem Einsatz in der Forschung auch bei der Entwicklung neuer Produkte erweiterte Einblicke bietet und auf dem Weg zur Materialmodellierung wertvolle Daten generieren kann.

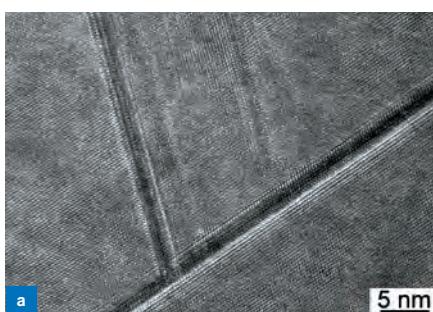
Gefügetomographie mit hoher Auflösung

In Kapitel 3 wurde bereits die Veredelung des eutektischen Siliziums durch Zugabe geringer Mengen an Natrium und Strontium angesprochen. Nach einer gängigen Theorie [19] lagert sich das Veredelungselement an der Wachstumsfront des eutektischen Siliziums an und führt dort zu einer verstärkten Zwillingsbildung (impurity induced twinning, IIT) und letztendlich zu einer veränderten Wachstumsmorphologie. Die bisher diskutierten Verfahren der Quantitativen Gefüeganalyse vermitteln keinen Zugang zu den im ppm-Bereich stattfindenden Mechanismen der Gefüebildung. Dazu ist eine Tomographie auf atomarer Skala nötig. Ein Nachweis dieser strontiumreichen Strukturen gelingt mit Hilfe der Atomsondertomographie.

Hierbei wird zunächst mittels FIB-Zielpräparation ein kleiner Teil der Probe entnom-

men, auf einem geeigneten Probenhalter abgesetzt und zu einer dünnen Spitz geformt. In der Atomsonden-Tomographie wird nun eine Hochspannung zwischen Probe und Detektor gelegt, die an der Spitze, bedingt durch den kleinen Spitzenradius, ein elektrisches Feld in der Größenordnung mehrerer V/nm erzeugt. Dies führt, unterstützt durch einen gepulsten Laserstrahl, zur Ionisation und Feldverdampfung einzelner Atome, die zum Detektor beschleunigt werden. Aus dem Auf treffort am Detektor kann die Position des Ions in der Probe und aus der Flugzeit das Verhältnis von Masse zu Ladung bestimmt werden. Nach der Rekonstruktion erhält man eine atomar aufgelöste, dreidimensionale chemische Analyse der Probe [20].

Auf die Sr-veredelten Al-Si Gusslegierungen angewandt, können nanoskalige, Sr-reiche Strukturen innerhalb des eutektischen Siliziums sichtbar gemacht werden [21]. Hierbei zeigt sich, wie in der IIT-Theorie vorhergesagt, die Anordnung des Strontiums entlang bestimmter kristallographischer Richtungen des Siliziums. Zusätzlich zeigt sich jedoch auch eine Segregation von Aluminium zu einem homogenen Al:Sr-Verhältnis, was bisher von keiner Theorie zur Veredelungswirkung berücksichtigt wurde. Diese gleichzeitige Segregation von Al mit dem Veredelungselement innerhalb des Siliziums deutet möglicherweise ternäre Phasenbildungen an und findet sich ebenfalls bei der Na-Veredelung [22][23]. Abb. 7 zeigt einen Ausschnitt aus der Rekonstruktion einer Sr-veredelten AlSi7 Gusslegierung. Sr Atome sind in rot, Al Atome sind in blau dargestellt. Silizium-Atome sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Im Vergleich mit einer hochaufgelösten Abbildung im Transmissionselektronenmikroskop (HR-TEM) erkennt man zusätzlich die Korrelation zu Strukturdefekten im Silizium-Kristallgitter.



Zusammenfassung

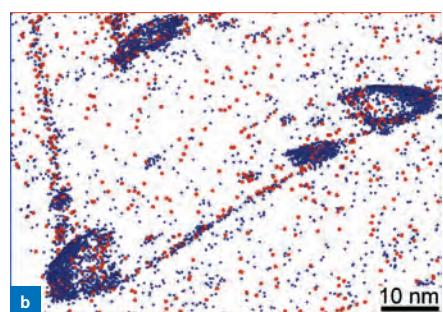
Es zeigt sich, dass viele komplexe Werkstoffgefüge nur analysiert werden können, wenn neben den klassischen bildanalytischen Methoden auch neue Verfahren des schnell wachsenden Gebietes der Computer Vision für die Quantitative Bildanalyse erschlossen werden. Zusätzlich verborgen sich wichtige Erkenntnisse für die weitere Materialforschung in der komplexen Dreidimensionalität vieler Gefügestrukturen, die nur durch Verfahren der Gefügetomographie mit ausreichender lokaler Auflösung und gleichzeitig angemessenem Gesichtsfeld aufgedeckt werden können. Inzwischen sind auf der Mikro-, Nano- und auch atomaren Skala solche Verfahren verfügbar, deren korrelative Verknüpfung entscheidend sein kann. Auch die routinemäßige Qualitätskontrolle profitiert von diesen Weiterentwicklungen der Quantitativen Gefüeganalyse, vor allem wenn anstatt subjektiv beeinflussbarer zunehmend robuste objektive bildanalytische Prozeduren und entsprechende quantitative Kenngrößen eingesetzt werden.

Danksagung

Die Autoren danken Prof. Dr. Joachim Weickert, Prof. Dr. Helmut Clemens, Prof. Dr. Magnus Odén, Ass.-Prof. Dr. Svea Mayer, Dr. Naureen Ghafoor, Sebastian Hoffmann, Christoph Pauly, Johannes Webel und Ayadi Chouikhi für die großartige Zusammenarbeit.

Abb. 7:

a) HR-TEM Abbildung und b) Atomsondertomographie einer Sr-veredelten AlSi7 Gusslegierung. Sr Atome sind in rot, Al Atome sind in blau dargestellt. Im Vergleich beider Abbildungen zeigt sich die Korrelation zwischen den Sr-reichen Segregationen und Defekten im Si-Kristallgitter.



Literatur

- [1] J. S. Weszka, Computer Graphics and Image Processing, 1978, p. 259.
- [2] K. S. Fu, J. K. Mui, Pattern Recognition, 1981, p. 3.
- [3] M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, International Journal of Computer Vision 1988, p. 321.
- [4] T. F. Chan, L. Vese, IEEE Transactions on Image Processing, 2001, p. 266.
- [5] B. Berkels, A. Rätz, M. Rumpf, A. Voigt, Journal of Scientific Computing, 2008, p. 1.
- [6] A. Velichko, F. Mücklich, Practical Metallography, 2006, p. 192.
- [7] C. Gini, Variabilitá e Mutabilitá, Bologna, Italy, 1912.
- [8] M. O. Lorenz, Publ. Am. Stat. Assoc., 1905, 209.
- [9] P. Rossi, M. Engstler, F. Mücklich, Practical Metallography 2014, p. 180.
- [10] P. Rossi, M. Engstler, F. Mücklich, Practical Metallography 2015, p. 571.
- [11] P. Rossi, S. Suarez, F. Soldera, F. Mücklich, Advanced Engineering Materials 2014, p. 1527.
- [12] J. Ohser, F. Mücklich, Statistical Analysis of Microstructures in Materials Science, Wiley 2000.
- [13] M. Engstler, S. Mayer, C. Pauly, H. Clemens, F. Mücklich, Advanced Engineering Materials 2013, p. 1125.
- [14] J. E. Spowart, Scripta Materialia, 2006, p. 5.
- [15] M. Fischer, A. Stieben, H. Quade, W. Bleck, in 26. Aachener Stahlkolloquium 2011 p. 37.
- [16] M. Echlin, T. Pollock, in 8th. World Congress on Computational Mechanics 2008, p. 2.
- [17] K. Fujisaki et al. Journal of Microscopy, 2010, p. 89.
- [18] N. Sato, Y. Adachi, H. Kawata, K. Kaneko, K., ISIJ International, 2012, p. 1362.
- [19] S. Lu, A. Hellawell, Metallurgical Transactions A 18, 1987, p. 1721.
- [20] B. Gault, M. P. Moody, J. M. Cairney, S. P. Ringer, Atom Probe Microscopy, Springer, 2012.
- [21] J. Barrirero, M. Engstler, N. Ghafoor, N. De Jonge, M. Odén, F. Mücklich, Journal of Alloys and Compounds 2014, p. 10.
- [22] J. Li, J. Barrirero, M. Engstler, H. Aboulfadil, F. Mücklich, P. Schumacher, Metallurgical and Materials Transactions A, 2014, p. 1300.
- [23] J. Barrirero, J. Li, M. Engstler, N. Ghafoor, P. Schumacher, M. Odén, F. Mücklich, Scripta Materialia 2016, p. 16.

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Frank Mücklich
Dipl.-Ing. Michael Engstler
Dipl.-Ing. Dominik Britz
M.Sc. Jenifer Barrirero
Dr.-Ing. Paulo Rossi
Universität des Saarlandes

Quelle

Diese Publikation kann in ausführlicher Form im Original (zweisprachig, englisch/deutsch) nachgelesen werden: F. Mücklich, M. Engstler, D. Britz, J. Barrirero, P. Rossi
Why We Need All Dimensions to Solve Both Very Old and Very New Questions in Materials at the Micro-, Nano- and Atomic Scales
Warum wir alle Dimensionen brauchen – über die Lösung recht alter und sehr neuer Werkstofffragen auf der Mikro-, Nano- und atomaren Skala.
Praktische Metallographie (Hanser Verlag), Band 52, Ausgabe 9 (September 2015)
DOI: 10.3139/147.110360

KONTAKT:

Universität des Saarlandes
Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe
Prof. Dr.-Ing. Frank Mücklich
Campus D3 3
D-66123 Saarbrücken
Tel.: +49 (0)681 302-70500
Fax: +49 (0)681 302-70502
muecke@matsci.uni.de
www.fuwe.uni-saarland.de

» Bauteilschaden – was nun? «

Technik macht unser Leben komfortabel. Geräte nehmen uns schwierige Aufgaben ab und Maschinen erleichtern schwere Arbeit.



Abb. 1: Eingestürzte Strommaste im Münsterland.

Wenn plötzlich die Stromversorgung ausbleibt, sind wir zunächst ratlos, weil überhaupt nichts mehr funktioniert. Dann werden wir ungehalten, weil dieses ohnmächtige Gefühl so gar nicht unserer Lebenserfahrung entspricht. Höhere Gewalt? Die zu akzeptieren haben wir verlernt, weil uns bisher immer etwas davor geschützt hat.

„Aus Schaden wird man klug“, sagten die Alten. Aber hier irrt der Volksmund. Durch Schäden wird man zunächst arm, nur wenn man dem menschlichen Urtrieb folgt, den Dingen auf den Grund zu gehen, dann hat man die Chance auch klug zu werden. Und weil das in der Vergangenheit überwiegend so war, ist technisches Versagen im Verhältnis zur Verbreitung der Technik in allen Belangen unseres Lebens extrem selten geworden. Für die Havarie der vier Hochspannungstrassen am 25. und 26. November 2005 im Münsterland (Abb. 1) wurde von übereifrigen Journalisten genau-

so schnell wie falsch die Stickstoffalterung der vor 60 bis 80 Jahren mit dem „Thomas-Verfahren“ hergestellten Stahlprofile der Hochspannungsmasten verantwortlich gemacht.

Kundige Metallographen konnten an entnommenen Proben aber feststellen, dass die für Alterung typischen Nitridplatten (Abb. 2) nicht nachweisbar waren und somit dieser Versagenstyp nicht vorlag. Es war also doch die höhere Gewalt durch eine Blizzard-Wetterlage. Gegen die Bildung der dabei entstandenen schweren Eiswalzen an den Freileitungen hat man zwischenzeitlich eine einfache Strategie gefunden. Der Spruch „Aus Schaden wird man klug“ heißt heute in der Schadensanalyse „lessons learned“ (man hat die Lektionen verstanden).

Schäden entstehen in unvorhergesehenen Fällen, wenn Technik sich in Neuland vorgewagt hat. Das Problem sollte nach sorgfältiger Schadensanalyse dann aber ein- für allemal abzustellen sein. Die weitaus größere Zahl von Schäden ist Folge vom Zu widerhandeln gegen bekanntes technisches Wissen. Dem entgegenzuhalten ist Aufgabe der Schadensanalyse durch Schulung und Netzwerkbildung, aber auch durch Regelwerke und ihre Kontrolle.

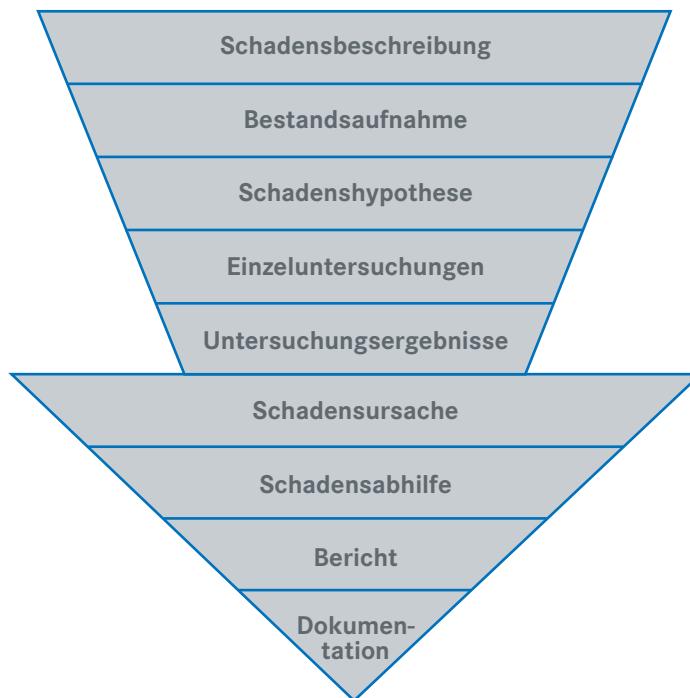
Abb. 2: Nitridplatten in Stahl.



KONTAKT:

Ruhr-Universität Bochum
Institut für Werkstoffe
Werkstoffprüfung
Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl
Universitätsstraße 150
D-44801 Bochum
Tel.: +49 (0)234 32-25905
Fax: +49 (0)234 32-14409
pohl@wp.rub.de
www.wp.ruhr-uni-bochum.de/

Abb. 3: VDI-Richtlinie 3822 Blatt 1, Schadensanalyse: Grundlagen, Begriffe, Definitionen. Ablauf einer Schadensanalyse¹



Die **Schadensanalyse** (Abb.3) hat zur Aufgabe, mit allen geeigneten Methoden, defekte technische Systeme zu untersuchen, um **Schadensbilder** zu erfassen und eine **Schadenshypothese** zu erstellen. Die Verknüpfung mehrerer Untersuchungsergebnisse führt in der Regel zum Nachweis der wirksamen **Schadensmechanismen**, aus denen sich die **Schadensursache** nachweisen lässt. Ist die Schadensursache ermittelt und sind die für den Schadensablauf verantwortlichen Mechanismen bekannt, so ist es in der Regel möglich, Maßnahmen zur **Schadensverhütung** zu ergreifen.

Die überragende Stellung, die der Werkstoffkunde in der Schadensanalyse zukommt, ist dadurch begründet, dass der Werkstoff des schadhaften Bauteils als Datenträger für die Einflüsse genutzt wird, die zu seinem Versagen geführt haben und die ihre Spuren an der Bauteiloberfläche oder im Werkstoffinneren hinterlassen haben. An den Werkstoffinstituten und in den Werkstofflabors stehen die Geräte, mit denen man ohne defektes Bauteil nachweisen kann, aus welchem Werkstoff in welchem individuellen Zustand es besteht. Dieser Ist-Zustand ist dann mit dem in der Konstruktion festgelegten Soll-Zustand zu vergleichen, Abweichungen sind zu hinterfragen und können Hinweise auf das Versagen geben. Metallographische Arbeit leistet permanent einen Beitrag zur technischen Sicherheit und Zuverlässigkeit, damit wir den damit verbundenen Komfort sorglos genießen können.

Mobilität steht beim Lebensgefühl ganz oben. Wir sind es gewohnt, mit Geschwindigkeiten Ortswechsel vorzunehmen, die in keinem Verhältnis zu unseren Muskelkräften stehen. Juristisch erkennen wir mit dem Besteigen technischer Beförderungsmittel deren Betriebsgefahr an – dank deren Zu-

verlässigkeit empfinden wir dies nur in Ausnahmefällen, insbesondere dann, wenn es zu Havarien, wie Flugzeugabstürzen und Schnellbahnunfällen, kommt. Beim Individualverkehr kommt es selten zu Massenkarambolagen mit vielen Beteiligten, aber die Vorstellung, die Schnellstraße sei plötzlich zu Ende, erschreckt doch (Abb. 4).

An sich sind die Spannstähle, die Brücken und Fernsehtürmen ihre Festigkeit verleihen, im alkalischen Milieu des Betons perfekt vor Kor-

rosion geschützt, wenn ... ja wenn alles richtig gemacht wurde. Bei kleinsten Nachlässigkeiten des Korrosionsschutzes und geringster Korrosion, mit der die Spannstähle noch Jahrzehnte ihren Dienst tun könnten, wird durch die Korrosion atomarer Wasserstoff freigesetzt, der als kleinstes Element des Periodensystems leicht zwischen die Atome des Stahls eindringen kann, dort die Kohäsion der Eisenatome stört und die sogenannte kathodische Spannungsrisskorrosion schrittweise über Wochen und Monate den Spannstahlquer-

Abb. 4: Einsturz der Tepalcates-Brücke in Mexiko.



Abb. 5: Spannstahlschaden als Folge kathodischer Spannungsrißkorrosion. →

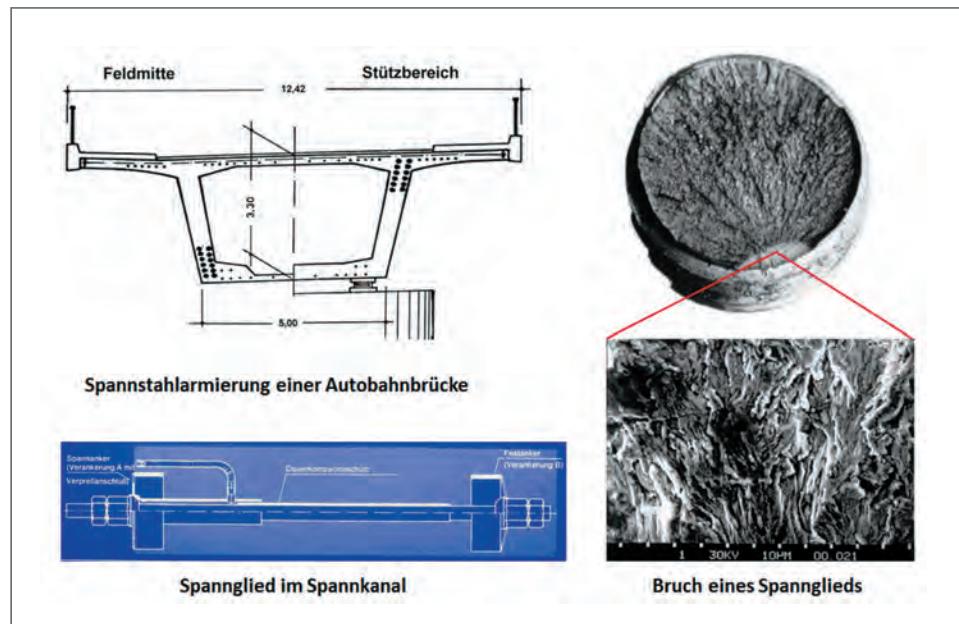
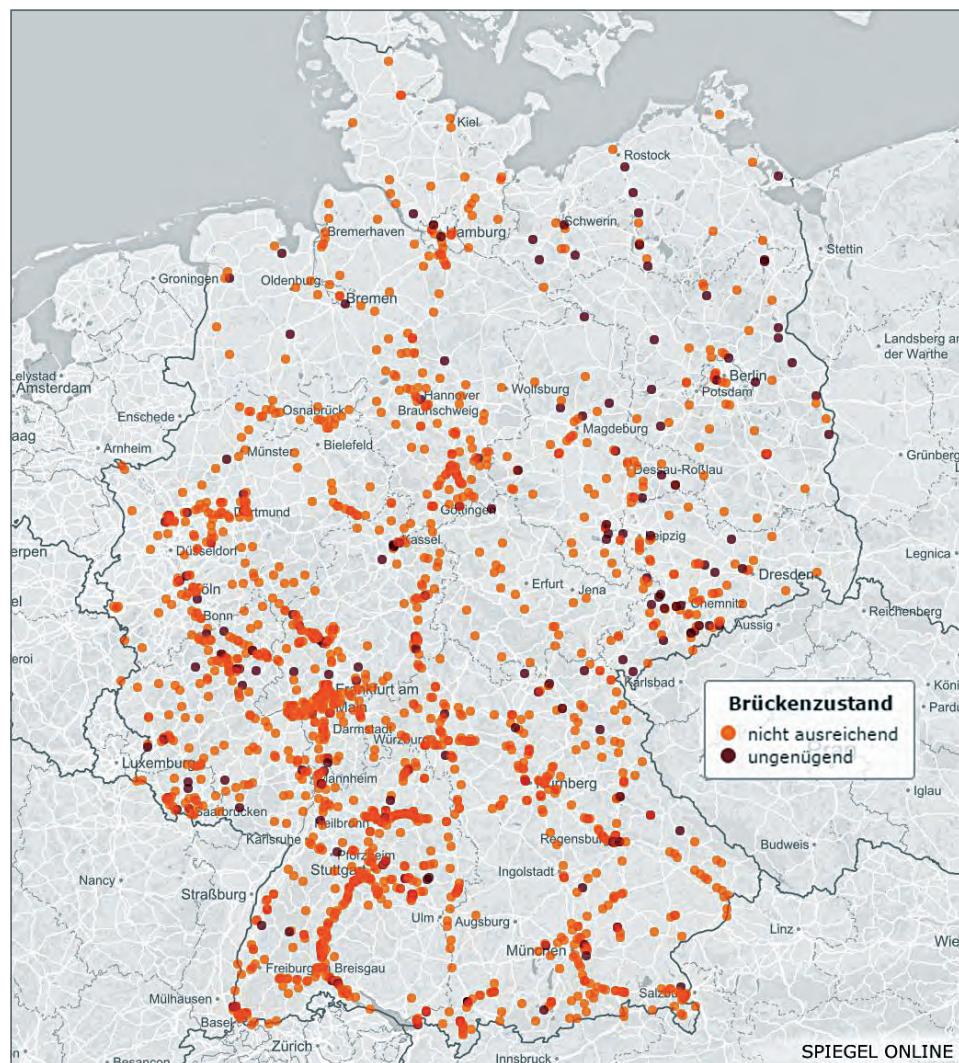


Abb. 6: Akut sanierungsbedürftige Autobahnbrücken in Deutschland²



schnitt durchtrennt, bis dessen überforderter Restquerschnitt vollends reißt (**Abb. 5**).

Dies ist - knapp erläutert - der Grund, weshalb wir auf vielen Autobahnbrücken (**Abb. 6**) seit einiger Zeit sehr langsam fahren müssen, um Erschütterungen zu vermeiden, oder wir werden auf eine Seite der Brücke gelenkt, weil mehrere auf der anderen Seite der Brücke gebrochene Spannstähle ihre Tragfähigkeit an dieser Stelle nicht mehr gewährleisten. Das Ausmaß dieser Schäden ist außerordentlich groß, beeinträchtigt unsere Mobilität und belastet unsere Volkswirtschaft in erheblichem Maße.

Forscht man nach den Ursachen, so gibt es dafür im Wesentlichen zwei Gründe: Einerseits war der Korrosionsschutz in früheren Jahren noch nicht so entwickelt wie heute und andererseits wäre Fremd- statt Eigenüberwachung der Einhaltung der technischen Regeln sicherlich förderlich. Metallographische und metallkundliche Untersuchungen haben jedenfalls zur Klärung der Versagensformen ihren Beitrag geleistet, sodass die Abwehrstrategien heute bekannt sind.

Der gleiche Effekt kann einem im häuslichen Umfeld begegnen, wenn die frisch montierten und gerade mit dem guten Familienporzellan befüllten Hängeschränke der neuen Designerküche nachts oder am Folgetag abstürzen, weil ihre Schrauben versagten (**Abb. 7**).

Diesmal stammt der Wasserstoff vom Beizen oder Galvanisieren mit Zink zum Korrosionsschutz. Erst bei der Montage der Küche erhielten die Schrauben – typischerweise im ersten Gewindegang oder an der Schulter des Schrankkopfes – die Spannungen und damit verbundenen Dehnungen des Metallgitters, die zur Ansammlung des Wasserstoffs in diesen Bereichen führten, bis die Schraube infolge von Wasserstoffversprödung brach. Auch hier ist die Metallographie stets im Einsatz zur Ursachenaufklärung.

[1] Beuth Verlag Berlin, 2011

[2] SPIEGEL ONLINE, Mapbox/OpenStreetMap,
07.03.2016

Autor:

Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl
Ruhr-Universität Bochum

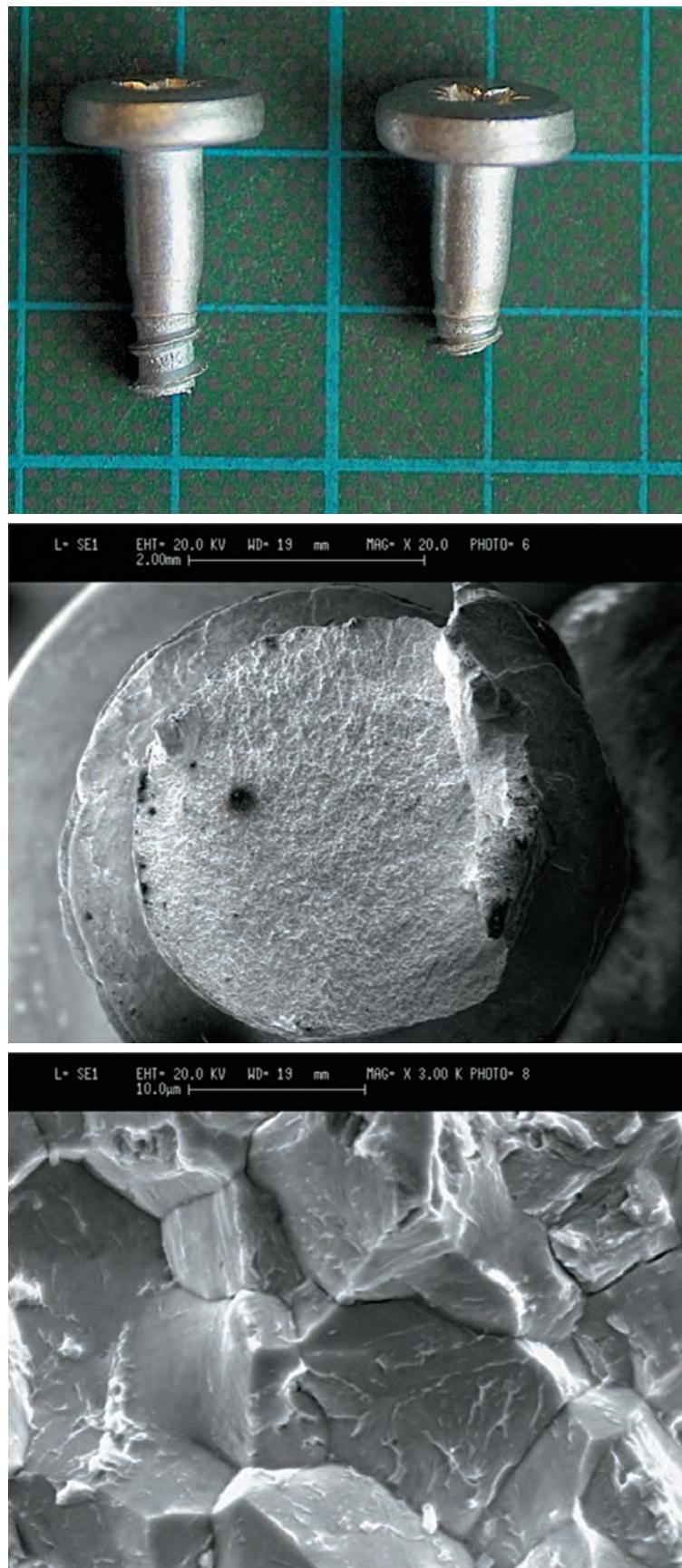
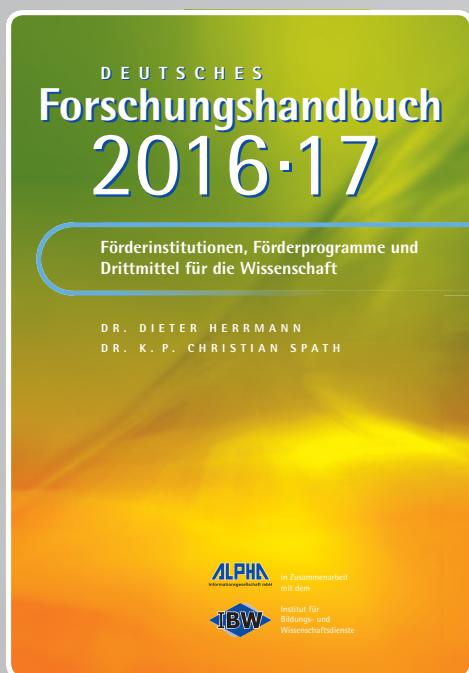


Abb. 7: Verzögert gebrochene Schrauben aus einer Küche.

Wer fördert was?



FÖRDERINSTITUTIONEN,
FÖRDERPROGRAMME UND DRITTMITTEL
FÜR DIE WISSENSCHAFT

ISBN 978-3-9815271-1-7

Konzeption, Redaktion, Texte:
Dr. Dieter Herrmann und
Dr. K. P. Christian Spath

DEUTSCHES FORSCHUNGSHANDBUCH Ausgabe 2016-17

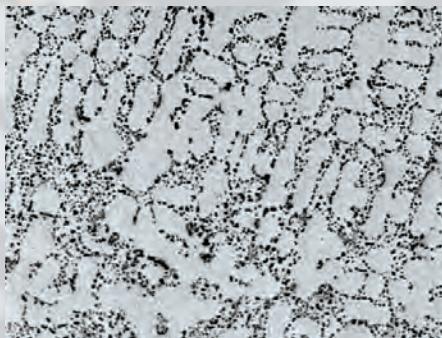
Drittmittel spielen in Wissenschaft und Forschung eine zentrale Rolle. Die ALPHA Informationsgesellschaft gibt seit 1995 regelmäßig eine aktuelle Dokumentation aller Fördermöglichkeiten für Wissenschaft und Forschung heraus. Experten mit Jahrzehntelanger Erfahrung in der universitären und außeruniversitären Forschungsverwaltung haben ein umfassendes Nachschlagewerk erstellt, das alle Förderquellen aufzeigt und für jede Art von Antragsstellung und Bewerbung wichtige Ratschläge gibt.

Es gibt in Deutschland eine Vielzahl von Förderprogrammen, die sich an den wissenschaftlichen Nachwuchs (Promotions-, Postdoc- und Habilitationsstipendien), an Frauen in der Wissenschaft (z.B. Wiedereinstiegsstipendien), an etablierte Wissenschaftler/innen (z.B. Forschungsaufenthalte im Ausland) oder an wissenschaftliche Institutionen (z.B. Stiftungsprofessuren) wenden. Die Spannbreite reicht von europäischen Förderprogrammen und nationalen Förderinstitutionen bis hin zu vielen privaten Stiftungen. Darüber hinaus gibt es mehrere hundert staatliche und private Förderer, die Mittel bereitstellen für ein geplantes Forschungsprojekt oder für die Zusatzausstattung eines bereits laufenden Vorhabens, für Fachkongresse, Symposien und Workshops, den Aufbau einer Forschergruppe oder einer internationalen Forschungs-kooperation, für Druckkosten oder digitale Publikation, für Gastprofessuren oder die Einladung eines ausländischen Kollegen.

Alle Fördermöglichkeiten zu kennen ist das eine, sie auch erfolgreich zu nutzen das andere. Deshalb enthält der Ratgeber zahlreiche Kapitel über die optimale Antragsgestaltung, Musterverträge für die Wissenschaft und über Besonderheiten bei der Antragsstellung für europäische Förderprogramme, aber auch über die Möglichkeiten des Sponsorings, über Patente und Lizenzverwertung. Zur wissenschaftlichen Karriere gehören auch Wissenschaftspreise und Forschungsstipendien. Auch hier beschränkt sich das Buch nicht auf die Auflistung der wichtigsten Forschungsstipendien und Wissenschaftspreise, sondern gibt umfassende Hinweise für eine Selbstbewerbung oder eine Nominierung durch Dritte.

Der Ratgeber kann zum Preis von 19,90 EUR über den Buchhandel bezogen werden oder – zuzüglich Versandkosten – direkt vom Verlag:

ALPHA Informationsgesellschaft mbH
Susanna Paulin
Finkenstraße 10 · 68623 Lampertheim
Telefon: (0 62 06) 939-210
Telefax: (0 62 06) 939-243
E-Mail: paulin@alphapublic.de



**Automatisierte Bestimmung des Dendritenarmabstandes
für Gussstücke aus Aluminium-Gusslegierungen mit Methoden
der digitalen Bildverarbeitung**

■ Ulrich Sonntag
■ Tina Hiebert

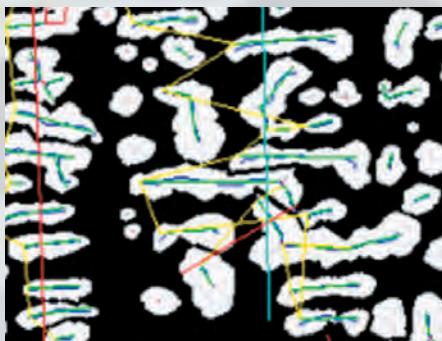


Die Projektidee

Die Ausgangssituation

Kernstück der Algorithmenentwicklung

Entwicklung des Applikationsprogramms



» Automatisierte Bestimmung des Dendritenarmabstandes

für Gussstücke aus Aluminium-Gusslegierungen mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung <<

In der metallverarbeitenden Industrie, insbesondere im Fahrzeugbau, besteht mit zunehmender globaler Ressourcenknappheit die Notwendigkeit, Fahrzeug- und andere Bauteile für einen energieeffizienteren Einsatz zu produzieren. Die Teile sollen möglichst immer leichter werden – denn weniger Gewicht bedeutet weniger Verbrauch. Bei der Herstellung müssen somit insbesondere ökonomische und ökologische Aspekte miteinander verbunden werden. Damit einhergehend werden objektive und reproduzierbare Qualitätsbeurteilungsverfahren notwendig. Die nachfolgend beschriebene Entwicklungslösung der automatisierten Bestimmung des Dendritenarmabstandes für Gussstücke aus Aluminium-Gusslegierungen und die Überführung in eine industrietaugliche Anwendungslösung trägt diesen Anforderungen Rechnung.

Die Projektidee

Die GFal als wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung erschloss sich aus zahlreichen Industriekontakten diese Thematik. Aufgrund umfangreicher Recherchen konnte festgestellt werden, dass es bisher keine geeignete Methode zur automatisierten Bestimmung des SDAS für den industriellen Einsatz gibt. Dies war der Anlass, ein entsprechendes ZIM-Entwicklungsprojekt zur der automatischen Bestimmung der Messlinien anhand charakteristischer Gefügeeigenschaften mit Hilfe der quantitativen Gefügeanalyse zu initiieren:

Alu-Guss Pro – Neue Technologie zur reproduzierbaren Bestimmung von Gefügeparametern beim Gießen hochbeanspruchter Aluminiumgussteile (ZIM-KOOP KF, Förderkennzeichen: KF2083613LF1)

Bestimmung quantitativer Gefügeeigenschaften und orientiert sich an den Vorgaben der **BDG-Richtlinie P220 „Bestimmung des Dendritenarmabstands für Gussstücke aus Aluminium-Gusslegierungen“**. Der

Begriff Dendritenarmabstand wird oft in unterschiedlichen Zusammenhängen gebraucht. Deshalb muss zuerst eine Festlegung erfolgen, in welchem Sinne dieser Parameter hier verwendet wird:



Abb. 1: Schematische Darstellung der Dendritenstruktur bei einer gerichteten Erstarrung.



Abb. 2: Darstellung der Dendritenstruktur bei einer ungerichteten Erstarrung.

Die Ausgangssituation

Der mittlere Dendritenarmabstand (DAS= Dendrite Arm Spacing) ist ein Parameter zur

Die Achsen der Dendritenbäume sind parallel ausgerichtet. Den Achsabstand **a_j** bezeichnet man als **primären Dendritenarmabstand**. Die Abstände der Dendritenarme **b_j** bezeichnet man als **sekundären Dendritenarmabstand** (sDAS). Dieser wird aber allgemein als der eigentliche Dendritenarmabstand (DAS) angenommen.

Die Achsabstände **a_j** sind aufgrund der ungerichteten Lage nicht bestimmbar, wohl aber die sekundären Dendritenarmabstände **b_j**. Die ungerichtete Erstarrung stellt den Normalfall dar, so dass im Folgenden nur noch die sekundären Dendritenarmabstände betrachtet werden.

Um den mittleren Dendritenarmabstand λ_a zu ermitteln, werden unter Zuhilfenahme der Gefügebilder die Länge der Dendritenäste und die Anzahl der Abstände zwischen den Armen gemessen und die Werte in folgende Formel eingesetzt:

$$\lambda_a = L/n$$

L – Gesamtmeßlänge aller betrachteten Dendriten [μm]
n – Anzahl der Dendritenarmabstände

Aus diesem ermittelten mittleren Dendritenarmabstand λ_a lässt sich die lokale Erstarrungszeit nach folgender Formel berechnen:

$$t_e = (\lambda_a / A)^3$$

A – empirisch ermittelter Wert für die entsprechende Gusslegierung ($\mu\text{m}/\text{s}^{-1/3}$)

Die Bestimmung erfolgt i. d. R. mit Hilfe von Programmen für quantitative Gefügeanalyse. Die Festlegung der Messlinien geschieht bisher allerdings manuell, daher
→ ergibt sich ein hoher subjektiver Faktor,
→ hat man schlecht reproduzierbare Messergebnisse,
→ sind die Qualitätssicherungskriterien nur bedingt erfüllt.

Eine weiterführende Charakterisierung des Gefüges erfolgt mit den genannten Programmen i. d. R. nicht.

Kernstück der Algorithmenentwicklung

Die Aufgabe bestand in der Entwicklung eines Algorithmus' zur automatischen Bestimmung des mittleren Dendritenarmabstands. Für das derart aufbereitete Binärbild soll eine Methode gefunden werden, die einzelnen Dendritenäste automatisch zu detektieren und zu separieren und sie anschließend einer „Eignungsprüfung“ für die Messung zu unterziehen.

Im Einzelnen wurden folgende Analyseschritte implementiert:

Vorverarbeitung:

Je nach Bildqualität ist es erforderlich, eine Bildvorverarbeitung voranzustellen, um den Bildinhalt im Sinne der Auswertung zu verbessern. Bei der Vorverarbeitung erfolgt zunächst die Binarisierung des Bildes mit fester Schwelle. Anschließend werden störende Strukturen im Bild durch morphologisches Öffnen entfernt.

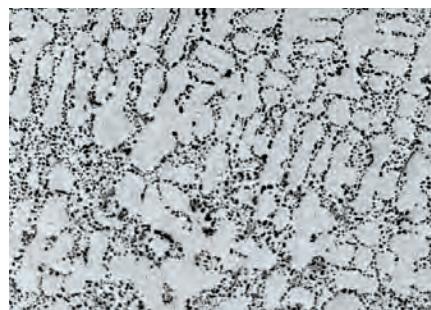


Abb. 3: Originalbild mit schlecht ausgebildeter Dendritenstruktur.

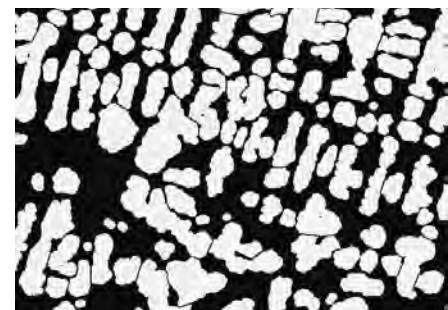


Abb. 4: Im Sinne der Auswertung vorverarbeitetes Bild.

Skelettierung:

Da die Dendritenäste in der Regel nicht separat liegen, sondern mit anderen Ästen oder dem Dendritenstamm verbunden sind, müssen sie über einen Skelettierungsalgorithmus separiert werden. Entsprechende Algorithmen sollten u.a. folgende Eigenschaften erfüllen:

- Das Skelett besteht aus Linien von der Breite eines Pixels.
- Die topologischen Zusammenhänge müssen erhalten bleiben.
- Die Skelettierungslienien laufen in der Mitte der Objekte.

Auf trennung der Skelettstruktur:

Ziel der Auf trennung ist ein Skelettierungsbild ohne Verzweigungen. Dazu werden zuerst die Verzweigungspunkte des Skelettierungsnetzwerks anhand charakteristischer Muster einer 3x3-Pixelumgebung detektiert. Verzei-

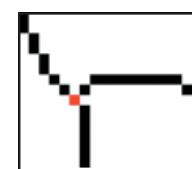


Abb. 5: Verzweigung einer Skelettstruktur.

gungspunkte sind hierbei Punkte, die mehr als zwei Äste miteinander verbinden. In Abbildung 5 wird in einem vergrößerten Ausschnitt ein solcher Punkt (rot) gezeigt.

Eine sinnvolle Herangehensweise ist, anstatt des Verzweigungspunkts selbst, einen seiner Nachbarn zu entfernen. Man sieht leicht, dass hierbei nur zwei Liniensegmente entstehen. Der Auswahl des Nachbarn kann hier ein komplexer Entscheidungsprozess zugrunde liegen. Für den vorliegenden Anwendungsfall erschien es sinnvoll, den Richtungsverlauf der angrenzenden Äste zu betrachten und für einen möglichst geraden Linienvorlauf zu sorgen. Hierzu werden die Äste bis zu einer bestimmten Länge abgelaufen und die sich ergebenen Winkel betrachtet.

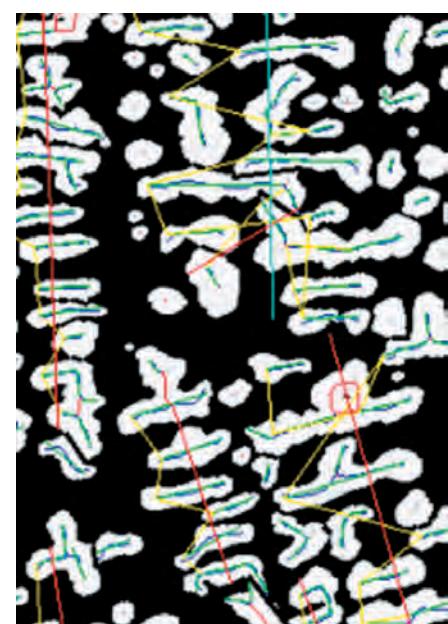


Abb. 6: Bildausschnitt nach Skelettierung, Richtungsanalyse und Messstreckenfindung.

drittenarm trifft. Anschließend wird getestet, ob nach Integration aller Dendritenarme in eine zusammengehörige Struktur zwei Dendritenstrukturen so benachbart liegen, dass sie zusammengefasst werden können, sich quasi zwei Messbereiche zu einem vereinen.

Im nächsten Schritt erfolgt die Berechnung der Messlinien für die Dendritenstrukturen. Die Messlinie wird zunächst durch die Mittelpunkte der Dendritenarme approximiert und im rechten Winkel dazu gezeichnet. Messstrecken, die gleich ausgerichtet sind und hintereinander liegen, werden zu einer Messstrecke verbunden. Anhand des bei der Vorverarbeitung entstandenen Binärbildes werden die Messstrecken in Intervalle aus Dendritenarmen und Hintergrund segmentiert. Weisen Messstrecken zu wenige Intervalle (min. 5 gemäß Richtlinie) oder zu große Lücken auf, werden die Messstrecken entsprechend korrigiert oder gelöscht.

Entwicklung des Applikationsprogramms

Schon während der Projektlaufzeit wurde damit begonnen, die entstandenen Algorithmen zu optimieren und daraus ein praxistaugliches Analyseprogramm zu entwickeln.

Umzusetzende Funktionalitäten für das Softwareprogramm:

- Ermittlung von geeigneten Messlinien (mit mindestens 5 nebeneinander liegenden Dendritenarmen).
- Je nach Bildqualität automatische Linendetektion mit der Möglichkeit einer manuellen Korrektur von Lage und Arm-Anzahl.
- Somit Bestimmung der Länge der aktuellen Messstrecke sowie akkumuliert aller Strecken im Bild und in der Messreihe.
- Ermittlung der Anzahl der aktuell gemessenen Dendritenarme sowie akkumuliert in der gesamten Messreihe.
- Mittlerer Dendritenarmabstand des aktuellen Dendriten:

$$\bar{x}_{DAS_i} = \frac{x_i}{m_i - 1}$$

- Gemittelter DAS über alle vermessenen Dendriten:

$$\bar{\bar{x}}_{DAS} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \bar{x}_{DAS_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{m_i - 1}$$

- Median des gemittelten DAS:

$$\begin{cases} \bar{x}_{DAS}(\frac{k}{2}) & , \frac{k}{2} \notin IN \\ \frac{\bar{x}_{DAS}(\frac{k}{2}) + \bar{x}_{DAS}(\frac{k}{2}+1)}{2} & , \frac{k}{2} \in IN \end{cases}$$

mit $|\bar{x}_{DAS} - \bar{\bar{x}}_{DAS}| \leq 0,5 \mu\text{m}$

- Varianz des gemittelten DAS:

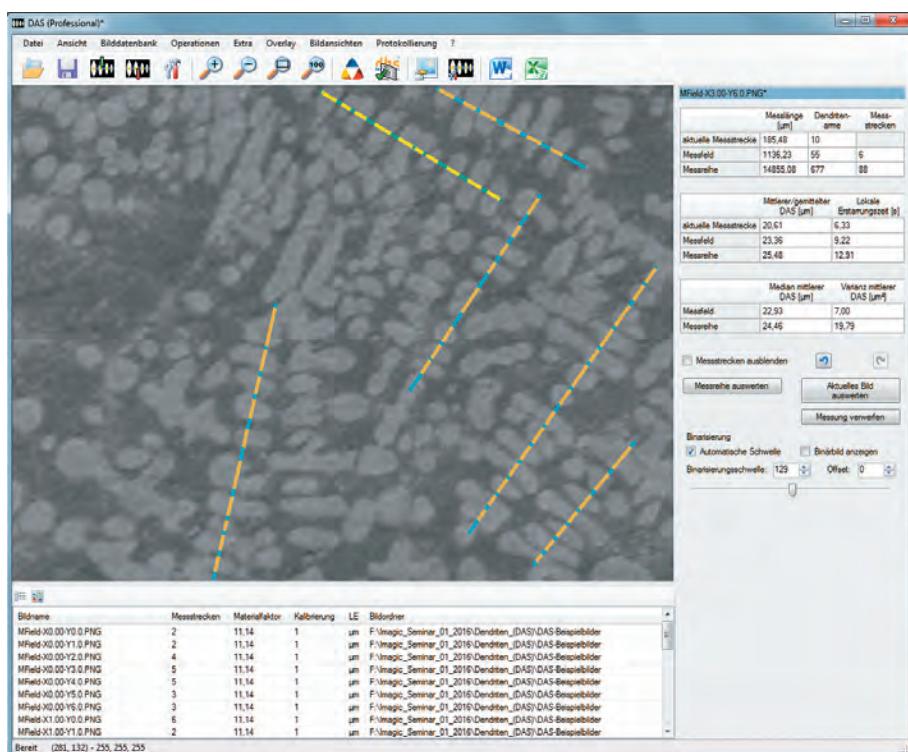
$$s_{\bar{x}_{DAS}}^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{x}_{DAS_i} - \bar{\bar{x}}_{DAS})^2$$

- Lokale Erstarrungszeit unter Berücksichtigung einer werkstoffabhängigen Konstanten.
- Generierung von Messreihendateien für Bildserien.
- Schnittstelle zu Bilddatenbanken, Übergabe von Bildern, Diagrammen und Messdatentabellen.
- Protokollgenerierung (MS-Word und MS-Excel).
- Bestimmung eines 3-dimensionalen Diagramms des Erstarrungsverlaufs über die Probe/das Bauteil.

Fazit:

Die automatische Bestimmung des sDAS liefert mit dem vorgestellten Ansatz bei den meisten Routineauswertungen sehr gute Ergebnisse. Eine Kombination aus automatischer und intuitiver interaktiver Vermessung führt zu einer wesentlichen Verkürzung der Bearbeitungszeiten. Darüber hinaus konnten weitere Kenngrößen in die Berechnung integriert werden. Insbesondere ermöglicht die Bestimmung des Erstarrungsverlaufs über mehrere Messfelder und damit über eine große Probenfläche eine bessere Charakterisierung des Gießprozesses. Die Auswertung erfolgt richtliniengemäß und ist damit praxistauglich.

Abb. 7: Programmoberfläche des Analysemoduls DAS (Professional).



Autoren:

Dipl.-Math. Ulrich Sonntag, Tina Hiebert
Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.

KONTAKT:

Gesellschaft zur Förderung
angewandter Informatik e.V.

Dipl.-Math. Ulrich Sonntag

Volmerstraße 3

D-12489 Berlin

Tel.: +49 (0)30 814563-419

Fax: +49 (0)30 814563-422

sonntag@gfai.de

www.gfai.de

Alles für Fe & Co. DEKRA Metallografie.

Ob Werkstoffprüfung oder Schadensanalyse: DEKRA bietet Ihnen das gesamte Spektrum metallografischer Untersuchungen. Unsere Experten für Metall-, Kunststoff-, Verbund- und Sonderwerkstoffe liefern Ihnen schnell und zuverlässig handfeste Ergebnisse. Erfahren Sie mehr unter www.dekra.de oder der Service-Hotline 0681.5001-100.



Richard HESS MBV GmbH . Messgeräte-Beratung-Vertrieb

Kompetenz und Qualität in Prüftechnik . Gegründet 1970 in Sonsbeck am Niederrhein



Wir sind ein kompetenter Anbieter und Herrsteller von Produkten und Serviceleistungen im Bereich der Werkstoff- und Materialprüfung – für die Metall-, Gummi-, Kunststoff- und Textilverarbeitende Industrie.

Als Dienstleistungs-Unternehmen legen wir großen Wert auf SERVICE. Wir betreuen durch unseren qualifizierten Service jährlich mehr als 2500 Kunden im Bereich Kalibrierung, Wartung, Instandsetzung, und Modernisierung.

Die Zufriedenheit unserer Kunden hat bei uns oberste Priorität. Wir bieten verschiedene Lösungsmöglichkeiten für ein ausgereiftes, dem aktuellen technologischen Stand entsprechendes Produkt – ein qualitativ hochwertiges Gerät – sowie schnelle Unterstützung bei Problemen und professionellen Service.

Wir bieten Lösungen für Industrie und Forschung. Prüfmaschinen, Geräte und dessen Komponenten sowie Software unserer Firma werden nach individuellen Wünschen der Kunden entwickelt und gefertigt.

Aufgrund unserer langjährigen Erfahrung im Bereich der Werkstofftechnik können wir komplette Prüflabore für die Gummi-, Kunststoff-, Textil- und metallverarbeitende Industrie anbieten.

»Transmissionselektronenmikroskopie«

Das erste und wichtigste Instrument der Materialographie ist die Mikroskopie, mit deren Hilfe das Gefüge eines Werkstoffs sichtbar wird. Nur so können anhand der Gefüge-/Eigenschaftsbeziehungen Aussagen zur Anwendbarkeit eines Werkstoffs bzw. des Stands bei dessen Weiterentwicklung gemacht werden. Bei allen Formen der Mikroskopie (Licht-, Rasterelektronen-, Transmissionselektronenmikroskopie) gehen deren Möglichkeiten aber weit über die Sichtbarmachung des Gefüges hinaus. Verschiedene Varianten der Kontrastierung sowie (bei der Elektronenmikroskopie) der Beugung eröffnen einen wesentlich tieferen Einblick in den Aufbau und damit die Eigenschaften eines Werkstoffs. Dies wird im Folgenden anhand der Transmissionselektronenmikroskopie demonstriert.

Der Hellfeldmodus (**Abb. 1, Mitte**) stellt im Wesentlichen die Information über das Gefüge dar, die eine Abbildung mit hoher Vergrößerung (bis ca. 300 000x) enthalten muss. Zusätzlich zur Kornstruktur lassen sich auch Defekte innerhalb eines Korns wie z.B. Versetzungen und innere Spannungen sichtbar machen. Bei noch höheren Vergrößerungen wird die Kristallstruktur sichtbar, die Auflösung lässt die Darstellung der Gitterstruktur (**Abb. 1, links**) zu. Dazu muss die Probe durch Verkippen in zwei Achsen entlang einer Symmetriachse des Kristallgitters orientiert werden. Die Orientierung kann mit einer Auflösung im nm-Bereich über Nanoelektronenstrahlbeugung (nano beam diffraction, "NBD")

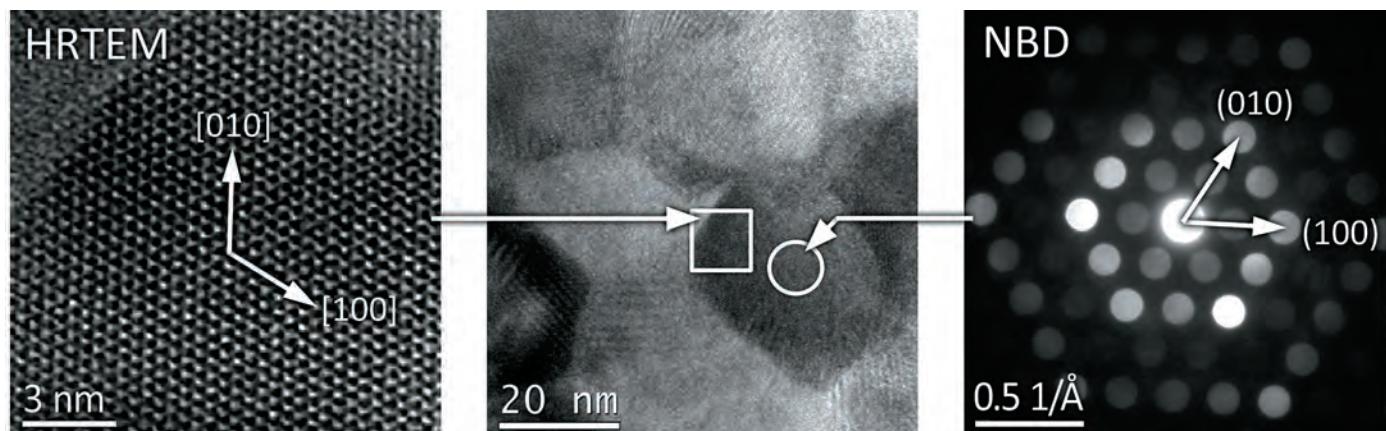
bestimmt werden, **s. Abb. 1 rechts**. Wird die Probe so orientiert, dass der Elektronenstrahl entlang von ausgewählten Richtungen der Kristallsymmetrie einfällt, ergeben sich Beugungsmuster hoher Symmetrie.

Bildverarbeitung der hochauflösten Abbildungen kann weitere Informationen über den Aufbau des Materials preisgeben. Wird der Abstand der Gitterebenen des Kristallgitters ausgewertet, lassen sich Aussagen zu inneren Spannungen im Material machen. Änderungen der Abstände der Gitterebenen im Verhältnis zum nicht verspannten Kristallgitter („elastische Verschiebungen“) können über Falschfarben unmittelbar sichtbar

gemacht werden. Dies ist am Beispiel einer Platinlegierung mit Titan und Aluminium als Legierungselementen in **Abb. 2** gezeigt.

Das Beugungsbild enthält nicht nur Information zur Orientierung des Kristallgitters, es entsteht aufgrund der Wechselwirkung

Abb. 1: Hochauflöste Abbildung des Kristallgitters (high resolution transmission electron microscopy, "HRTEM") eines orientierten Korns einer nanostrukturierten Co-Sm-Legierung (**links**), im oberen linken Eck ist ein Teil eines nicht gezielt orientierten Korns sichtbar; Hellfeldbild der Legierung mit sichtbar gemachter Kornstruktur mit Korngrößen von ca. 30nm (**Mitte**), symmetrisches NBD-Beugungsmuster des mittleren Korns in der Hellfeld-Abbildung (**rechts**).



des Elektronenstrahls mit den Gitterebenen des Kristalls und ist damit eine unmittelbare Folge des Aufbaus des Kristallgitters. Anhand des Beugungsbildes lassen sich die Phasen identifizieren, aus denen ein Gefüge aufgebaut ist. Bei makroskopischen Proben und großen Volumenanteilen der verschiedenen Phasen lässt sich diese Informationen über Röntgenbeugung gewinnen, das Elektronenmikroskop hat dagegen den Vorteil, dass auch Phasen auf feinster Längenskala noch eindeutig bestimmt werden können. In Abb. 3 ist dies am Beispiel einer hochfesten ausscheidungsgehärteten Aluminiumlegierung gezeigt. In dieser Legierung liegen stäbchenförmige Ausscheidungen mit annähernd rundem Querschnitt vor (Abb. 3, links); werden die Stäbchen parallel zum

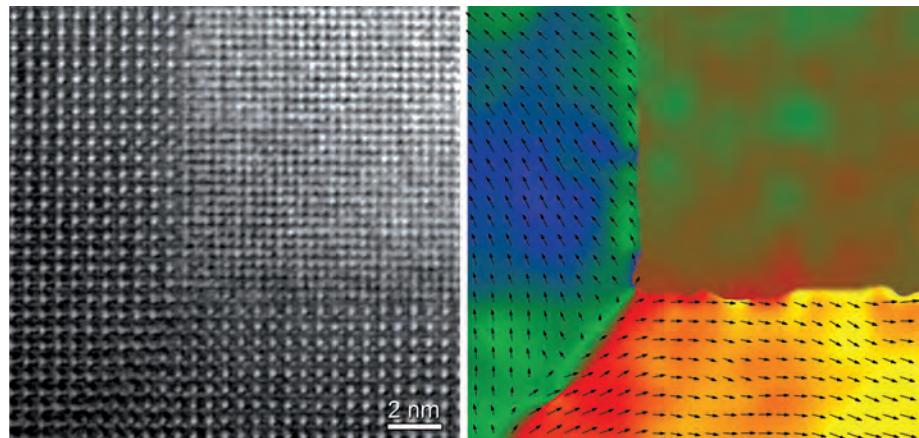
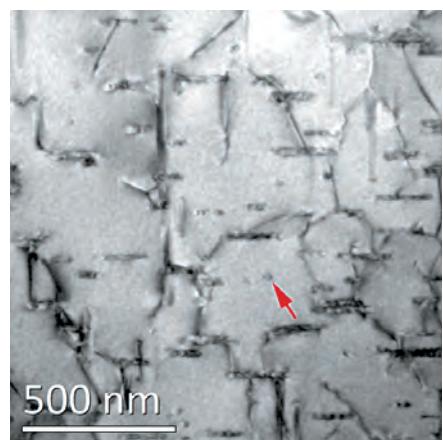


Abb. 2: Hochauflötes Bild einer ausscheidungsgehärteten Pt-Ti-Al-Legierung (links), mit Analyse des elastischen Verschiebungsfeldes durch Bildverarbeitung des HRTEM-Bildes (rechts): Farbschlüssel und die 20-fach überhöhten Vektoren des Verzerrungsfeldes zeigen, wie die steifen Pt₃Ti-Ausscheidungen elastische Verzerrungen in der Pt₃Ti Matrix verursachen.



Elektronenstrahl orientiert, werden bei hohen Vergrößerungen die Gitterebenen der Ausscheidung sichtbar (Abb. 3, Mitte); über NBD kann die Orientierungsbeziehung zwischen den Kristallgittern von Mg₂Si-Ausscheidungsteilchen und Aluminium-Matrix bestimmen.

Abb. 3: Nanoskalige stäbchenförmige Ausscheidungsteilchen in einer Al-Mg-Si-Legierung. Übersichtsbild (Hellfeldmodus, links), hochauflötes Bild mit definierter Orientierung des Ausscheidungsteilchens (Mitte), Beugungsbild des Ausscheidungsteilchens und seiner Umgebung (rechts). Der Mg₂Si-Ausscheidung wird β'-Phase zugeordnet. Aus dem Beugungsbild wird die kristallographische Orientierungsbeziehung zur Matrixphase abgeleitet. Die Reflexe der Ausscheidung sind rot markiert, diejenigen der Al-Matrix blau.

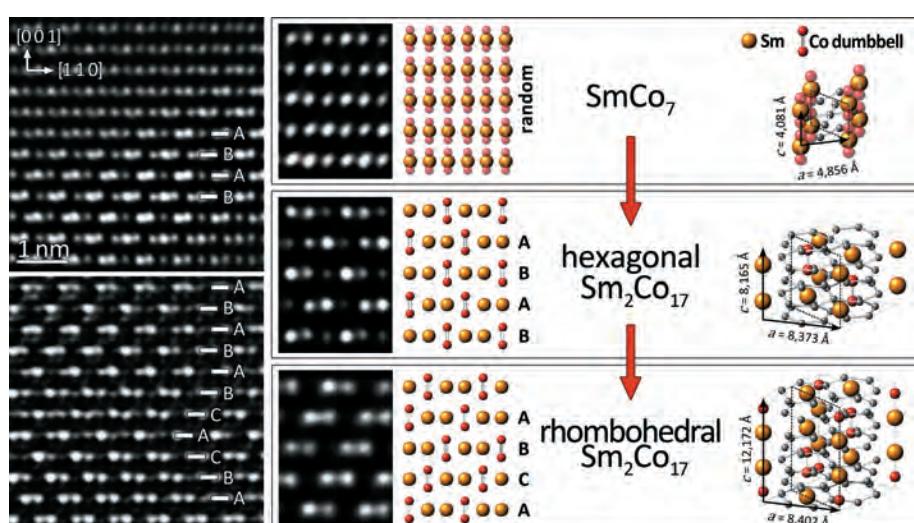


Abb. 4: Nachverfolgung von Phasenumwandlungen auf der atomaren Ebene. Die HRTEM-Bilder (links) zeigen im Vergleich zu den projizierten Kristallstrukturen (rechts) den stufenweisen Zerfall der metastabilen SmCo₇-Phase; diese wandelt sich zuerst in die hexagonale Hochtemperaturmodifikation von Sm₂Co₁₇ (rechts Mitte) und dann in die rhomboedrische Tieftemperaturmodifikation (rechts unten) um; dies ist sehr deutlich an der sich verändernden Stapelsequenz der Sm-Atomsäulen von ungeordnet (oben) über ABAB (mitte) zu ABCABC nachvollziehbar.

Abb. 5: Bildverarbeitung von HRTEM-Bildern lässt strukturelle Unterschiede auf der atomaren Skala erkennen: HRTEM-Bild eines Korns in einer nanokristallinen Sm-Co-Legierung (*links*); Fourier-Rekonstruktion des HRTEM-Bildes zur Visualisierung von hexagonalen bzw. rhomboedrischen Domänen (blau und rot) innerhalb des Korns (*rechts*).

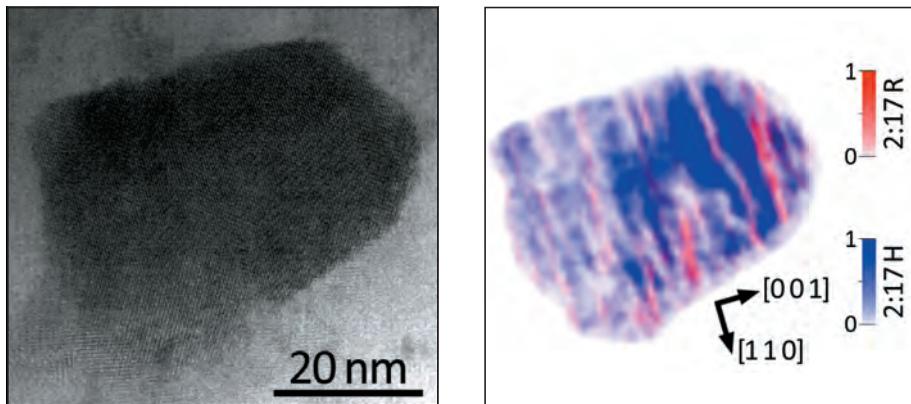
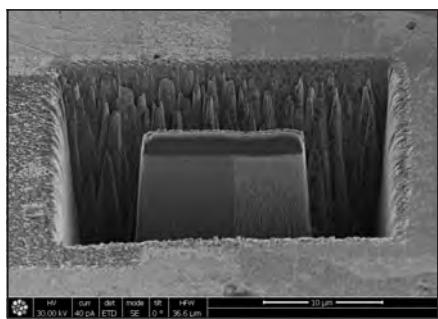


Abb. 6: Zwischenschritt bei der FIB-Präparation von elektronentransparenten Lamellen für die Transmissionselektronenmikroskopie: Mittels FIB freigelegte Lamelle einer Grenzfläche zwischen zwei unterschiedlichen Phasen im Legierungssystem Cu-Zn.



Autoren:

Dr. Martin Seyring
Prof. Dr. Dr. h. c. Markus Rettenmayr
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Im Vergleich mit berechneten Kristallstrukturen lassen sich Phasenumwandlungen über hochaufgelöste Elektronenmikroskopie im Detail untersuchen. Der klassische Mechanismus der Phasenbildung über Bildung eines Keims und dessen Wachstum, wie er z.B. für die Mg₂Si-Ausscheidung in **Abb. 3** relevant ist, ist nur eine von mehreren Möglichkeiten. Die Aufklärung des Mechanismus der Phasenbildung ist wichtig, wenn auf ihn über die Prozessbedingungen Einfluss genommen werden soll. Nur so lassen sich Gefüge mit optimierten Eigenschaften einstellen. In **Abb. 4** ist gezeigt, wie sich in einer Kobalt-Samarium-Legierung das Gefüge über eine zweistufige Phasenumwandlung bildet. Aus der metastabilen SmCo₇-Phase bildet sich bei einer Wärmebehandlung zunächst hexagonales Sm₂Co₁₇, das sich dann zu rhomboedrischem Sm₂Co₁₇ umwandelt. Über Korrelation der hochaufgelösten Bilder mit den Kristallstrukturen können die verschiedenen Stadien der Phasenumwandlung eindeutig nachvollzogen werden.

Die in **Abb. 4** identifizierten Phasen bilden sich sequenziell. Da die Phasenumwandlung aber nicht an allen Stellen des Gefüges gleichzeitig abläuft, liegen die verschiedenen Phasen selbst innerhalb eines Korns

gleichzeitig vor. Über Bildverarbeitung der hochaufgelösten Bilder lässt sich dies veranschaulichen. In **Abb. 5** ist ein Korn gezeigt, in dem die Phasenumwandlung unterbrochen wurde und ein Zwischenstadium mit der Koexistenz beider Phasen vorliegt. Die verschiedenen Phasen sind blau (hexagonale Hochtemperaturphase) und rot (rhomboedrische Tieftemperaturphase) eingefärbt.

Der Schlüssel zu aussagekräftigen Bildern ist bei der Transmissionselektronenmikroskopie – wie bei allen Mikroskopietechniken – eine sorgfältige materialographische Probenpräparation. Zielstellung ist eine sehr dünne und glatte elektronentransparente Probe. Die Elektronentransparenz wird im letzten von mehreren Präparationsschritten über einen Ionen- oder Elektrolytstrahl erzeugt. Heutzutage lässt sich praktisch jedes Material für die Elektronenmikroskopie präparieren. Dies geschieht immer öfter ohne mechanische Krafteinwirkung physikalisch durch einen Ionenstrahl bzw. elektrochemisch über einen Elektrolyten. Die Ziel- und Querschnittspräparation mittels fokussiertem Ionenstrahl (FIB) ist gut etabliert. Probenbereiche können gezielt für die Präparation ausgewählt werden, und die elektronentransparente Proben können in nur einem Prozessschritt bei relativ geringem Zeitaufwand eine elektronentransparente Probe aus einem materialographischen Schliff herauspräpartiert werden.

Abb. 6 zeigt einen Zwischenschritt der Präparation einer TEM-Lamelle über FIB. Der Materialkontrast zeigt deutlich eine Phasengrenze zwischen zwei verschiedenen Phasen im Legierungssystem Cu-Zn. Die dunkle Deckschicht ist eine Schutzlage aus Pt zur Vermeidung von Ionenstrahlschäden im freigelegten Material.

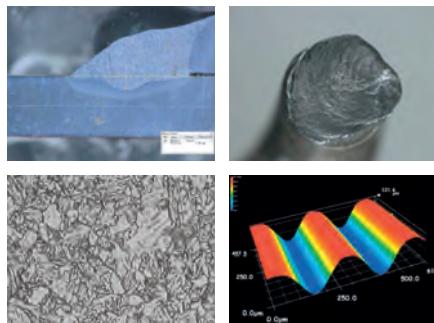
KONTAKT:

Otto-Schott-Institut für Materialforschung
Metallische Werkstoffe
Dr. Martin Seyring
Prof. Dr. Dr. h. c. Markus Rettenmayr
Löbdergraben 32
D-07743 Jena
Tel.: +49 (0)3641 94-7799
Fax: +49 (0)3641 94-7792
martin.seyring@uni-jena.de
www.matwi.uni-jena.de/metalle.html

TIEFENSCHARF. INTUITIV. FLEXIBEL.



Das 3D-Digitalmikroskop VHX-5000 ermöglicht vielseitige Messungen und präzise Analysen. Damit ist es das ideale Instrument, um schnell und einfach quantitative und qualitative Aussagen über die Gefüge- und Strukturbeschaffenheit Ihrer Materialien zu treffen. Ob in der Qualitätssicherung, der Schadensanalyse oder im Forschungs- und Entwicklungsbereich das VHX-5000 unterstützt Sie mit hochauflösenden und tiefenscharfen Bildern sowie 3D-Ansichten Ihrer Proben.



Sie haben Proben, wie z. B. Schliffe, die Sie einfach und schnell analysieren möchten? Melden Sie sich für eine kostenlose und unverbindliche vor Ort-Analyse!

Ihr Ansprechpartner: **Matthias Böhland**

Tel.: 06102 3689-266 . E-Mail: mikroskopie@keyence.de
oder besuchen Sie uns unter www.keyence.de/DGM

KEYENCE DEUTSCHLAND GMBH

Zentrale für Deutschland . Siemensstraße 1 . 63263 Neu-Isenburg Germany . Tel.: +49 (0) 6102 3689-0 . Fax: +49 (0) 6102 3689-100

■ Regionalbüros Berlin Essen Frankfurt Hamburg Hannover Jena Karlsruhe
Köln Leipzig Mannheim Montabauer München Nürnberg Stuttgart

WWW.keyence.com





Ametek GmbH/Geschäftsbereich EDAX

Ihr Ansprechpartner: Dr. Matthias Jung (Sales Manager DACH)
Rudolf-Diesel-Straße 16, D-64331 Weiterstadt
Tel.: +49 (0)6150 543-7050
Fax: +49 (0)6150 543-1501
Matthias.Jung@ametek.de
www.edax.com

Geräte und Komplettausstattung
für das materialographische Labor

ATM GmbH Emil-Reinert-Str. 2
57635 Mammelzen · Germany
Telefon +49 (0)2681/9539-0
Fax +49 (0)2681/9539-20
E-Mail info@atm-m.com



www.atm-m.de

Bodycote

Dipl.-Ing. **Ulli Oberste-Lehn**

APPLICATIONS ENGINEERING
S3P – SPECIALTY STAINLESS STEEL PROCESSES

ulli.oberste-lehn@bodycote.com

Bodycote Specialist Technologies GmbH
Max-Planck-Straße 9 · 86899 Landsberg · Germany
Tel: +49 8191 9179-26 · Mob: +49 174 3344558
www.bodycote.com



BUEHLER

An ITW Company

ITW Test & Measurement GmbH
Boschstraße 10
D-73734 Esslingen am Neckar
Telefon: +49(0)711 4904690-0
info.eu@buehler.com
www.buehler.com

part of **VERDER**
scientific



Bruker Elemental GmbH

Kastellstraße 31-35, D-47546 Kalkar
Tel.: +49 (0)2824 97650-0
Fax: +49 (0)2824 97650-10
sales.bel@bruker.com

www.brukern.com



Cloeren Technology GmbH
Schadensanalyse • Lohnmaterialographie
Schulungen • Materialographiebedarf

E-Mail: info@cloeren.de
Web: www.cloeren.de

Heinz-Hubert Cloeren
Geschäftsführer

In Petersholz 44
D-41844 Wegberg

Telefon: 0 24 32 - 89 025 10
Fax: 0 24 32 - 89 025 19

DEKRA

DEKRA Automobil GmbH

Ihr Ansprechpartner: Günther Behr
Untertürkheimer Straße 25, D-66117 Saarbrücken
Tel.: +49 (0)681 5001-137
Fax: +49 (0)681 5001-222
guenther.behr@dekra.com
www.dekra.com

ECOROLL AG Werkzeugtechnik

Ihr Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Stefan Zenk
Hans-Heinrich-Warnke Str. 8, D-29227 Celle
Tel.: +49 (0)5141 986538
Fax: +49 (0)5141 881440
stefan.zenk@ecoroll.de



... damit alles glatt geht
... for a smooth operation



**Elektronen-
Optik-Service
GmbH**

Zum Lonnenhohl 46
44319 Dortmund · Germany
Tel.: +49 231 927 360 10
Fax: +49 231 927 360 27
vertrieb@eos-do.de
www.eos-do.de

Ihr Partner
für die analytische
Rasterelektronen-
mikroskopie



TESCAN
PERFORMANCE IN NANOSPACE

EMTEC
Elektronenmikroskopie und Materialanalyse

EMTEC

Ihr Ansprechpartner: Dr. Andreas Lorenz
Mallaustraße 57, D-68219 Mannheim
Tel.: +49 (0)621 978 3117
Fax: +49 (0)621 978 8946
emtec@elektronenmikroskopie.de

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2016
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.



A MEMBER OF MISTRAS

GMA-Werkstoffprüfung GmbH

Hansaallee 321 | 40549 Düsseldorf

Tel.: +49 (0)211 73094-0 | Fax: +49 (0)211 73094-11

www.gma-group.com



joined for welding

Gabriele Weilnhammer

Metallographin

Leiterin Metallographie

Abteilung Werkstofftechnik

Metallographie

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
Schachenmeierstraße 37 - 80636 München
Tel. +49 89 12 68 02-43
Fax +49 89 18 16 43
Mobil +49 172 8 26 75 33
E-Mail weilnhammer@slv-muenchen.de
www.slv-muenchen.de



Richard Hess MBV GmbH

Ihr Ansprechpartner: Stefan Hess, Geschäftsführer
Gildestrasse 5, D-47665 Sonsbeck

Tel.: +49 (0)2838 444
Fax: +49 (0)2838 1713
info@hess-mbv.de

www.hess-mbv.de



Institut

für Galvano- und Oberflächentechnik
Solingen GmbH & Co. KG

www.igos.de



JEOL (Germany) GmbH

Gute Änger 30, D-85356 Freising
Tel.: +49 (0)8161 9845-0
Fax: +49 (0)8161 9845-100
info@jeol.de

www.jeol.de



PRÜFTECHNIK

Luise Keßler

Vertrieb

KB Prüftechnik GmbH

Im Weichlingsgarten 10b
67126 Hochdorf-Assenheim
Tel.: +49-6231-93992-0
Fax: +49-6231-93992-69
E-Mail: info@kbprueftechnik.de
www.kbprueftechnik.de



Matthias Böhland

Microscience Consulting Division

0800-KEYENCE
www.keyence.de

KEYENCE DEUTSCHLAND GmbH

Siemensstraße 1, 63263 Neu-Isenburg
Tel.: +49 (0)6102 3689-266
E-Mail: Mikroskopie@keyence.de
www.keyence.de/DGM



Matworks GmbH – Materials Engineering Solutions

Ihr Ansprechpartner: Dr. Alwin Nagel, Dirk Staudenecker
Gartenstraße 133, D-73430 Aalen
Tel.: +49 (0)7361 99904-0
Fax: +49 (0)7361 99904-19
info@matworks.de
www.matworks.de



Ihr Ansprechpartner:

Rolf Jürgen Pfeiffer

Geschäftsführer

Zur Helle 13 Tel.: +49 (0)2374/9233266 info@mpl-altena.de
D-58638 Iserlohn Fax: +49 (0)2374/9233020 www.mpl-altena.de

NanoFocus AG

Ihr Ansprechpartner: Benjamin Oevermann
Max-Planck-Ring 48, D-46049 Oberhausen
Tel.: +49 (0)208 62000-0
Fax: +49 (0)208 62000-99
info@nanofocus.de
www.nanofocus.de



MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2016
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.



Harald Stöckl
Managing Director
Telefon +49 (0) 211 / 980 98 57
Mobil +49 (0) 171 / 526 74 78
harald.stoeckl@procon-x-ray.de



ProCon X-Ray GmbH
Ludwig-Erhard-Ring 6 A
D-31157 Sarstedt

Tel. +49 (0) 50 66 / 9 84 14-0
Fax +49 (0) 50 66 / 9 84 14-99
www.procon-x-ray.de

Matthias Blankenagel

Dipl.-Ing. / CEO

- +49 (0) 23 31/6 24 69 0
- +49 (0) 23 31/6 24 69 29
- +49 (0) 173 291 32 40
- blankenagel@scan-dia.com
- www.scan-dia.com

SCAN-DIA GmbH & Co. KG
Luetkenheider Strasse 11
58099 Hagen
Germany



Christian Queitsch
Dr.-Ing.
Leiter Prüflabor

Schunk Dienstleistungsgesellschaft Thale mbH
Prüflabor Friedrich Eisenkolb
Roßtrappenstraße 62 → 06502 Thale → Deutschland
Tel. +49 3947 72346
Fax +49 3947 71462
Mobil +49 171 810 2218
christian.queitsch@schunk-group.com
www.prueflabor-thale.de



Shimadzu Deutschland GmbH

Ihr Ansprechpartner: Dr. Ulrich Semmler
Albert-Hahn-Straße 6-10, D-47269 Duisburg
Tel.: +49 (0)203 7687-0
Fax: +49 (0)203 711734
info@shimadzu.de
www.shimadzu.de



Stroh Diamantwerkzeuge GmbH

Ihr Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Oliver Schneider
Kinzigheimer Weg 2E, D-63486 Bruchköbel
Tel.: +49 (0)6181 9740-68
Fax: +49 (0)6181 9740-40
Oliver.Schneider@stroh-diamant.de
www.stroh-diamant.de



Silvio Herzog

Schwarzbachstrasse 13 - 35708 Haiger - Germany
Tel.: +49 (0)2773 / 9169261 Fax: +49 (0)2773 / 9169262
www.siantec.de info@siantec.de

PRECISION IS OUR PROFESSION



Alexander Maier
Geschäftsführung

SYNPROCON GmbH
Geißbergstraße 3
D-73432 Aalen

Fon +49 7367 923043-10
Fax +49 7367 923043-99
a.maier@synprocon.de

TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH

Heinrich-Lanz-Allee 22
60437 Frankfurt-Kalbach
Tel.: 069 5860716-0
Fax: 069 5860716-30
E-Mail: werkstofflabor@tuevhessen.de

www.tuev-hessen.de



TÜV®

Prüfmaschinen Testing Machines

w+b walter+bai ag

Industriestrasse 4, CH - 8224 Löhningen

Schweiz

Tel. +41 52 687 25 25
Fax +41 52 687 25 20

Switzerland

www.walterbai.com
info@walterbai.com



well Diamantdrahtsägen GmbH

Ihr Ansprechpartner: Herr Thomas Hipp (Office Manager)
Herr Alexander Styfi (Technical Manager)
Luzenbergstraße 82, D-68305 Mannheim
Tel.: +49 (0)621 741990
Fax: +49 (0)621 745897
info.de@well-dws.com
www.well-deutschland.de

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2016
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

Thomas Winter
Business Graduate
Managing Associate

Wilhelm Winter GmbH & Co. KG
Dechenstraße 1, 3 + 7
D-40878 Ratingen
Telefon +49 2102 9954-25
Telefax +49 2102 9954-99
eMail th.winter@wilhelmwinter.de
Internet www.wilhelmwinter.de



Wolfensberger AG
Ihr Ansprechpartner: Thomas Iten
Bäretswilerstrasse 45, CH-8494 Bauma
Tel.: +41 (0)52 396-1111
Fax: +41 (0)52 396-1550
thomas.iten@wolfensberger.ch
www.wolfensberger.ch



DR.-ING. LORENZ GERKE LABORLEITUNG

W.S. WERKSTOFF SERVICE GMBH
KATERNBERGER STR. 107 I 45327 ESSEN
FON +49 201 316 844-27 **FAX** +49 201 316 844-29
MAIL L.GERKE@WERKSTOFF-SERVICE.DE
WEB WWW.WERKSTOFF-SERVICE.DE



Carl Zeiss Microscopy GmbH

Telefon: 0180 / 3336334
microscopy@zeiss.com
www.zeiss.com/microscopy



Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hirsch
Vorstandsvorsitzender

Hahnstraße 70
60528 Frankfurt am Main
www.dgm.de



Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft
Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Schneider

Rector
Vorsitzender DGM-Fachausschuss Materialographie
Beethovenstraße 1, D-73430 Aalen
Tel.: +49 (0)7361 576-2101
Fax: +49 (0)7361 576-2281
gerhard.schneider@hs-aalen.de
www.hs-aalen.de



Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.
Dr.-Ing. Frank O. R. Fischer
Geschäftsführendes Vorstandsmitglied

Hahnstraße 70
60528 Frankfurt am Main
www.dgm.de



Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft
Gaby Ketzer-Raichle

Metallographin – Dozentin für Materialographie
Beethovenstraße 1, 73430 Aalen
Tel.: +49 (0)7361 576-2426
Fax: +49 (0)7361 576-2278
gaby.ketzer-raichle@hs-aalen.de
www.hs-aalen.de



Hydro Aluminium Rolled Products GmbH

Katrin Kuhnke
Leiterin DGM-Arbeitskreise Materialographie
Georg-von-Boeselagerstraße 21, D-53117 Bonn
Tel.: +49 (0)228 552-2451
Fax: +49 (0)228 552-2017
katrin.kuhnke@hydro.com
www.hydro.com



ALPHA Informationsgesellschaft mbH

Verlagspartner für Institutionen des öffentlichen Rechts
Peter Asel
Verlags- und Presseleiter
Finkenstraße 10, D-68623 Lampertheim
Tel.: +49 (0)6206 939-220
Fax: +49 (0)6206 939-221
peter.asel@institut-wv.de
www.institut-wv.de

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2016
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

Chancengleichheit sichtbar machen

Die ALPHA Informationsgesellschaft mbH und das angeschlossene Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen (IWW) haben zwei ergänzende Magazinreihen konzipiert, die an Frauen in Technik und Wissenschaft mit einem DIN A4-Magazin und an Schülerinnen / Abiturientinnen mit einer DIN A5-Broschüre adressiert sind.

Chancengerechtigkeit für Frauen und Männer in Beruf und Karriere insgesamt sowie in Wissenschaft und Forschung im Besonderen ist eine übergreifende gesellschaftspolitische Aufgabe. Für die Innovationskraft unseres Landes ist es unverzichtbar, dass wir jedes Talent fördern – unabhängig von Geschlecht, Alter oder Herkunft.

Hinzu kommt, dass unsere Gesellschaft aufgrund der demographischen Entwicklung einem tiefgreifenden Wandel unterliegt. Das ist eine große Herausforderung für uns alle und zugleich eine Chance für qualifizierte weibliche Nachwuchskräfte.



INGenie –

Frauen in Technik und Wissenschaft

INGenie setzt Signale und zeigt in spannenden Beiträgen, was Frauen in Technikberufen realisieren.

Renommierte Professorinnen, Wissenschaftlerinnen, Institutsleiterinnen und Studien- und Berufsberaterinnen dokumentieren weibliche Vorbilder. Testimonials von Absolventinnen verschiedener Fachdisziplinen zeigen facettenreiche Wege auf und machen Lust auf MINT (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik). Das Magazin ist hinsichtlich seines Charakters und seiner Eigendynamik das erste von Frauen für Frauen gestaltete Wissenschafts- und Wirtschaftsmagazin in Deutschland.

missING –

Junge Frauen in MINT

Der zukünftige Transmitter für Mädchen über Ausbildung und Studium zum Berufseinstieg

missING zeigt, was Mädchen in technischen und naturwissenschaftlichen Berufen realisieren können und macht neugierig auf Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT). In praktischen Angeboten wie Workshops, Ferienaktionen sowie Schnupperstudien kann MINT entdeckt, ausprobiert und erforscht werden. missING weckt das Interesse von Mädchen und jungen Frauen an technischen Fragestellungen. missING zeigt vielfältige Wege auf und bietet Unternehmen und Hochschulen eine hervorragende Plattform, Berufsperspektiven für junge Frauen in den MINT-Bereichen zu dokumentieren. Diese Publikation stellt insbesondere zu Informations- und Aktions-tagen ein attraktives Medium dar, interessierte Mädchen und Eltern nachhaltig auf ihrem Entscheidungsweg zu begeistern und zu unterstützen.

»Zertifizierte Werkstoffprüfungen für mehr Qualität und erhöhte Sicherheit«

Von der Materialqualifikation, bis hin zur Materialfreigabe und Schadensanalyse sowie Bauteilprüfung kann GMA die Absicherung der Qualität über die gesamte Prozesskette aus einer Hand anbieten.

Die GMA-Werkstoffprüfung GmbH – mit Hauptsitz in Düsseldorf – wurde 1984 als „Gesellschaft für Material-Abnahme“ (GMA) gegründet und hat sich bis heute zu einem der deutschen Marktführer im Bereich Qualitätssicherung und Werkstoffprüfung entwickelt.

Qualität kommt nicht von ungefähr, sondern von ganz genau

Die GMA ist ein nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Unternehmen. Das Unternehmen verfügt über eine Airbus Lab Qualifikation sowie Nadcap Akkreditierung und ist zugelassener luftfahrttechnischer Betrieb nach EASA PART 145. Die Branchenschwerpunkte liegen in der Luft- und Raumfahrt, dem Rohrleitungs- und Kraftwerksbau, in Raffinerien und in der Petrochemie, im Automotive-Bereich sowie in der Windenergieindustrie.

denn GMA prüft im Rahmen der Abnahme, des Wareneingangs, der Qualitätssicherung, in Schadensfällen und auf individuelle Anfrage.

Auf Basis von 13 deutschlandweiten Prüfzentren und -laboratorien besitzt GMA ein hervorragendes Expertennetzwerk von über 700 Mitarbeitern für Problemlösungen in der Prüftechnik. Als Ergänzung zur Qualitätssicherung entlang der Produktionskette und der Herstellung von Bauteilen, umfassen die Materialprüfungen sowohl Metalle, Verbund- bzw. Faserverbundwerkstoffe (CFK oder GFK).

KONTAKT:

GMA-Werkstoffprüfung GmbH
Hansaallee 321
D-40549 Düsseldorf
Tel.: +49 (0)211 73094-0
Fax: +49 (0)211 73094-11
info@gma-group.com
www.gma-group.com

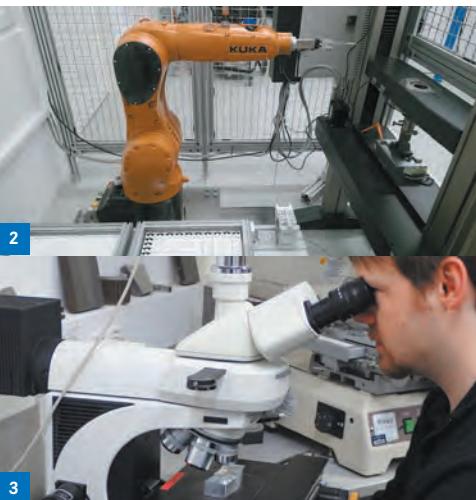
Wir machen Qualität messbar mit zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfungen

Mit über 30 Jahren Erfahrung im Bereich technischer Prüfdienstleistungen erhalten Kunden mittels konventioneller zerstörender und zerstörungsfreier Prüfmethoden sowie innovativer Sonderprüftechniken sämtliche Prüfleistungen komplett aus einer Hand,

Abb. 1: Hauptsitz der GMA auf dem Areal Böhler Gelände in Düsseldorf.

Abb. 2: Automatisierte Interlaminare Scherfestigkeit (ILSS).

Abb. 3: Mikroskopische Untersuchungen im Rahmen der Schadensanalyse.



WIR MACHEN QUALITÄT MESSBAR!



Als **zertifiziertes Prüfunternehmen** bieten wir unseren Kunden **Komplettservices aus einer Hand** an für:

- **Werkstoffprüfung (zerstörend & zerstörungsfrei)**
- **Qualitätssicherung**
- **Industrievermessung**
- **Sonderprüftechniken**

Darüber hinaus sind wir **spezialisiert** auf:

- Anwendung zerstörender Prüfungen, z.B. zur Wareneingangsprüfung, zur Entwicklung & für Analysen
- Anwendung zerstörungsfreier Prüfungen zur Absicherung der Produktqualität & zur Ermittlung von Abweichungen
- Qualifizierung und Zertifizierung neuer Werkstoffe, Prozesse oder Verfahren
- Individuelle Probenherstellung
- Schadensanalysen

Ihr inverses Mikroskop für die Metallographie **ZEISS Axio Observer**



Schnell.
Zuverlässig.
Wirtschaftlich.

Profitieren Sie von der inversen Bauweise von ZEISS Axio Observer: Sie untersuchen eine große Anzahl von Proben in kürzester Zeit und analysieren schwere Proben effizient. Dank kodierter und motorisierter Komponenten erhalten Sie reproduzierbare Ergebnisse. Mit speziellen Software-Modulen untersuchen Sie automatisiert nicht-metallische Einschlüsse, Korngrößen und Phasen.



www.zeiss.de/axioobserver-mat



We make it visible.