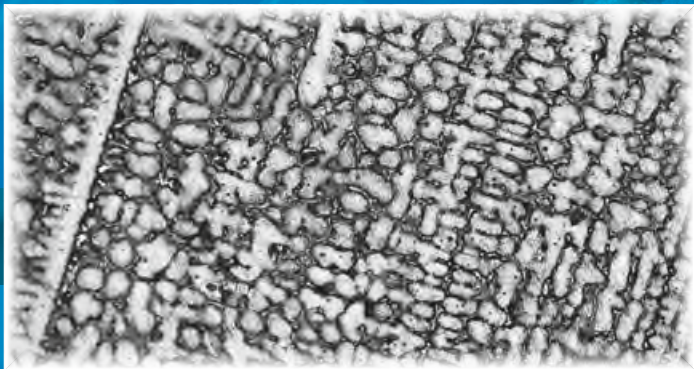


DGM



IM FOKUS

Jahresmagazin  
**Materialographie**  
Metallographie

**Ingenieur**  
wissenschaften  
**2021**

ISSN 1618-8357

Herausgegeben vom Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen



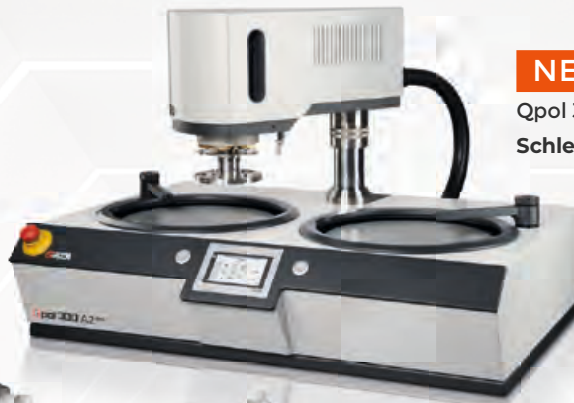
**NEU**

Qcut 150 M  
Tennmaschine



**NEU**

Qpol 300 M1/M2 und Qpol 300 A1-ECO/A2-ECO  
Schleif- und Poliergeräte



**NEU**

Qness 150 CS ECO  
Rockwell Härteprüfer



**NEU**

Qmount  
UV-Einbettgerät



**NEU**

**NEU**

Qness 60 A+ EVO  
Mikro Härteprüfer



## MASCHINEN UND AUSSTATTUNG FÜR DAS MATERIALOGRAPHISCHE LABOR

QATM ist ein weltweit führender Hersteller von Maschinen für die Materialographie und Härteprüfung in der Qualitätsprüfung. Neben einer großen Bandbreite innovativer Geräte liefert QATM passendes Zubehör, Verbrauchsmaterialien, Komplettlabore sowie maßgeschneiderte Sonderlösungen.

In unserem expandierenden Unternehmen bieten wir Arbeits- und Ausbildungsplätze mit Zukunftsperspektive für verschiedene Fachrichtungen in der Region.



A black and white microscopic image of a material surface, showing a prominent hexagonal pattern of cells or grains. The image is slightly out of focus, with the central area being sharper than the edges.

J a h r e s m a g a z i n  
**Materialographie**  
M e t a l l o g r a p h i e

**Ingenieur**  
wissenschaften  
**2021**

# PROBEN KALTEINBETTEN IN 60 SEKUNDEN: CT ULTRAVILIBO M

Der CT UltraViLiBo M macht fit für den kleinen Bedarf. Er ist einfach in der Bedienung und ideal für das Einbetten einzelner Proben bzw. bei einem geringen Prüfaufwand. Er ist eine wertvolle Ergänzung bei der täglichen materialographischen Probenpräparation und seine sehr kompakte Bauweise (Ø 13 cm, H 15 cm) ist so konzipiert, dass er auch in kleinen Laboren einen Platz findet. Sie interessieren sich für den CT UltraViLiBo M?

Besuchen Sie uns unter [www.cloeren.de](http://www.cloeren.de). Wir freuen uns auf Ihre Anfrage.



## Die UltraViLiBo's: Kalteinbetten mit Köpfchen

### effizient

Sie Sparen Arbeitszeit,  
Energie und Material.

### nachhaltig

Weniger Müll durch Einsparung  
von Verbrauchsmaterial.

### innovativ

Keine Geruchsbelästigung.  
Weniger Stromverbrauch dank  
UV-LED-Technologie.

### hochwertig

Made in Germany: Eine Kooperation  
mit regionalen Unternehmen.



**Cloeren Technology**  
*gut zu wissen*



## DIE PASSENDE EINBETTFORM FÜR OPTIMALE ERGEBNISSE

Unsere Glas-Einbettformen aus Borsilikatglas 3.3 verspricht eine leichte Entformung der fertigen Proben. Bestehend aus einem Glaszylinder und einem Silikonboden, bleibt der Rand der Probe bei der Aushärtung unseres CEM UltraLights hochtransparent und trocken.

## ABSOLUT PLANE PROBENOberFLÄCHE

CT EasyPlan Glas-Einlegeboden ist wiederverwendbar, zum planen Einbetten von Proben in Glaseinbettformen.  
Material: Borsilikatglas, Dicke 2 mm, beidseitig klarsichtig, Kanten entgratet.



Schritt 1



Schritt 2



Schritt 3

# VORWORT

Verehrte Fachkolleginnen und -kollegen,  
liebe Mitglieder und Interessierte der Fachgemeinde,

auch das zweite Pandemiejahr hat uns alle fest im Griff. Nachdem viele von uns sich im letzten Jahr teilweise neu erfinden mussten und viele Aspekte des täglichen Lebens sowie für selbstverständlich gehaltene Abläufe verändert sind, konnte unser Fachausschuss Materialographie in enger Abstimmung mit unserem Berufsverband und Tagungsveranstalter, der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde, nicht anders entscheiden, als auch die 55. Metallographie-Tagung 2021 nicht als gewohnte Präsenzveranstaltung durchzuführen, sondern erneut ins Netz zu verlegen. Erfahrungen mit dieser Vorgehensweise haben wir alle anlässlich der 54. Metallographie-Tagung 2020 sammeln können. Die Rückmeldungen aus der Teilnehmerschaft zur letztjährigen Tagung waren überwiegend positiv. Scheinbar haben wir alle inzwischen schon Routine mit dem new normal. Jedenfalls haben wir im letzten Jahr das Beste aus den Gegebenheiten gemacht, das Maximale aus dem Online-Format herausgeholt, was vor allem ein Verdienst der DGM ist und die erste Online-Metallographie-Tagung 2020 zum Erfolg führte. An diesen Erfolg konnten wir in diesem Jahr anknüpfen und auch die Tagung 2021 zu einer wichtigen Begegnung zwischen Fachleuten und einem Hort des Erfahrungsaustausches in der Fachgemeinde entwickeln.

Erfahrungsgemäß steigt die Teilnehmerzahl im Online-Format eher noch. Weder die letzte 54. noch die diesjährige 55. Metallographie-Tagung sind deshalb verkleinerte Tagungen gewesen. Der wissenschaftlich-technische Gehalt ist nicht kleiner als bei Präsenztagungen. Für viele Arbeitsgruppen, deren Teilnehmer nicht in großer Zahl reisen dürfen, sind die Teilnahmemöglichkeiten sogar besser.

Ihnen allen, die Sie uns in diesen schwierigen Zeiten die Treue gehalten und mit aktiver Teilnahme, Beitragseinreichungen, Diskussionsbeiträgen und Erfahrungsaustausch zum Gelingen unserer Tagungen beigetragen haben, sei herzlich gedankt. Der Programmausschuss hat in bewährter Weise auch in diesem Jahr Plenarvorträge, Vorträge und Posterpräsentationen aus den bekannten 8 Themengebieten ausgewählt und konnte ein interessantes, ab-



wechslungsreiches und ansprechendes Programm bieten, das in diesem Magazin zum Nachlesen gesammelt ist.

Thematische Schwerpunkte unserer diesjährigen Tagung waren neben den sich dynamisch entwickelnden neuen Verfahren der Materialographie, die über alle Skalenbereiche hinweg neue Charakterisierungsmöglichkeiten eröffnen und von denen einige sich bereits breite Anwendungsfelder in der Industrie erschlossen haben, auch die klassischen metallographischen Methoden. Die Stärkung letzterer im Tagungsprogramm war ein immer wieder vorgetragener Wunsch der Fachgemeinschaft. Neuere Entwicklungen, wie die additiven Fertigungsverfahren und Aspekte der Elektromobilität fanden ebenfalls Berücksichtigung. Die Schadensanalyse hat mit einer eigenen Session auch in diesem Jahr wieder ihren angestammten Platz im Programm gefunden.

Die 55. Metallographie-Tagung hat dem wissenschaftlich-technischen und auch dem ganz praktischen Erfahrungsaustausch unserer Fachgemeinde, der Materialographie-Community, gedient.

**Andreas Neidel**  
Tagungsleiter und Leiter des DGM-  
Fachausschusses Materialographie



# INHALTSÜBERSICHT

3

## Vorwort

**Autor: Andreas Neidel**

Tagungsleiter und Leiter des DGM-Fachausschusses Materialographie

14

## Präsenz – Hybrid – Online – Unser Service für Ihre erfolgreiche Veranstaltung

**Autor: Stefan Klein**

DGM

16

## Metallographie Ausbildung

Seite 18 Metallographie Ausbildung im Lette Verein Berlin

Seite 20 Technisches Berufskolleg Solingen mit Technischem Gymnasium

**Autorinnen: Gundula Jeschke<sup>1</sup>, Uta Richter-Harneid<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>) Lette Verein Berlin

<sup>2</sup>) Technisches Berufskolleg Solingen

22

## Der Fachausschuss Materialographie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde

**Autor: Andreas Neidel**

Siemens Energy, Berlin

26

## Der Arbeitskreis „Quantitative Gefügeanalyse“ im Fachausschuss Materialographie

**Autor: Ulrich Sonntag**

GFal e.V., Berlin

30

## Kunststoffuntersuchungen mit polarisiertem Licht

**Autor: Jörg Trempler**

Naumburg

32

## Arbeitskreis Materialographie im Internet im FA Materialographie

**Autor: Michael Engstler**

Universität des Saarlandes

# ACL - IHR AKKREDITIERTES AUFTRAGS-LABOR FÜR SCHADENSANALYSEN

1980 gründeten drei Studienfreunde in Pfrondorf bei Tübingen im dortigen Milchwäusle ein Labor für chemische Untersuchungen. Daraus entwickelte sich im Lauf der Zeit ein über die Grenzen der Region hinaus bekanntes Labor für die Aufklärung von Schadensfällen. Die Schwerpunkte liegen im Bereich der Werkstoffe Metall, Kunststoff und Elastomer sowie daraus gefertigten Modulen und Komponenten. Um den eigenen hohen Qualitätsansprüchen und denen der Kunden gerecht zu werden, ist das Labor seit 2003 nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Seit über 40 Jahren werden im Hause ACL Schadensfälle aufgeklärt und Werkstoffe analysiert. Die vorwiegend technischen Schadensfälle stammen aus allen Bereichen der Industrie – Automotive, Maschinenbau, Haushaltsgeräte, Pharma- und Medizinprodukte sowie Elektrotechnik.

Im Beratungsgespräch mit dem Kunden wird zunächst die Fragestellung ermittelt. Hierbei wird nicht nur das Schadteil selbst betrachtet, sondern auch dessen Umgebung bewertet. Darauf aufbauend wird die Vorgehensweise auf den Fall abgestimmt. Zur Bearbeitung der Schadensfälle kommen ein breites Spektrum an Mess- und Analyseverfahren zum Einsatz. Die Durchführung, Auswertung und Bewertung basieren auf langjähriger Erfahrung der Mitarbeiter.

Zu den häufigsten Themen zählen

- Korrosionsschäden an metallischen Bauteilen
- materialographische und metallographische Untersuchungen

- Identifizierung von Werkstoffen (Metalle, Kunststoffe und Elastomere)
- Präparation und Identifizierung von Partikeln und Verunreinigungen
- lackbenetzungsstörende Substanzen (LABS)
- Brüche von Metallen und Kunststoffen
- Haftungsprobleme (z. B. sich ablösende Beschichtungen)
- gaschromatographische Analysen
- Schäden an elektronischen Baugruppen und Modulen
- Beständigkeitsprüfungen
- sowie Kombinationen daraus.

Die mehrfach jährlich erscheinenden ACL-News erzählen über interessante Schadensfälle und andere Themen aus dem Laboralltag. Sie bieten ihren Lesern damit informative Unterhaltung – meist mit einem Augenzwinkern. Im Archiv auf der Unternehmenshomepage kann auch in alten News geschmökert werden.



## KONTAKT

**ACL ANALYTISCH  
CHEMISCHES LABOR  
GMBH**

Dominik Holzinger  
Etzwiesenstraße 21  
72108 Rottenburg  
Tel.: +49 (0)7457 74-0  
info@acl-online.de  
www.acl-online.de

Korrosion ETIR Schaden EDX REM GCMS  
 Gaschromatographie Metall Elastomer  
 Kunststoff DSC Aluminium Rückstände  
**Schadensanalyse**  
 LABS Bruch Metallographie  
 Stahl Kupfer TGA Haftung Partikel Edelstahl Verunreinigungen  
 Baugruppen



- 34**      **Ambulante Metallographie – Praktisches Verfahren zur Gefügebeurteilung**  
**Autoren: Magdalena Speicher, Rudi Scheck**  
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart
- 37**      **Der Arbeitskreis „Probenpräparation“ im Fachausschuss Materialographie**  
**Autor: Holger Schnarr**  
Struers GmbH, Willich
- 42**      **Arbeitskreis Archäomaterialographie**  
**Autoren: Roland Haubner, Susanne Strobl**  
Technische Universität Wien, Österreich
- 46**      **55. Metallographie-Tagung – Materialographie 2021 vom 29. September bis 01. Oktober 2021**
- U3**      **IMPRESSUM**



# well PRÄZISIONS DIAMANTDRAHTSÄGEN – MATERIALSCHONENDES PRÄZISIONSTRENNVERFAHREN

well Diamantdrahtsäge GmbH hat vor über 40 Jahren eine Schneidetechnik entwickelt, welche über 1.200 Kunden weltweit geholfen hat, ihre gewünschten Schnitt-Ergebnisse zu erzielen. **well Diamantdrahtsäge** erreichen glatte, scharfkantige Oberflächen bei praktisch jedem Material. Das angewandte „Schneidewerkzeug“ ist rostfreier Stahldraht mit Diamantkörnern, welche in den Draht sozusagen eingebettet sind. Dieser patentierte Einbettungsprozess gewährleistet ein Höchstmaß an Schneidfähigkeit und die Langlebigkeit des Drahtes. Dieser spezielle **well Diamantdraht** ist NICHT verunreinigt und hinterlässt beim Trennen keine

Verunreinigungen auf Ihrer Proben-Schnittoberfläche. Alle unsere Sägen nutzen die Schwerkraft und Gewichte als Methode, um gleichmäßige Vorschubgeschwindigkeiten zu erreichen und beizubehalten. Darüber hinaus besitzen alle well Diamantdrahtsäge eine fortlaufende variable Geschwindigkeitsregelung für den Draht.

## KONTAKT

well Diamantdrahtsäge GmbH

Luzenbergstraße 82

68305 Mannheim

Tel.: +49 0621 741990

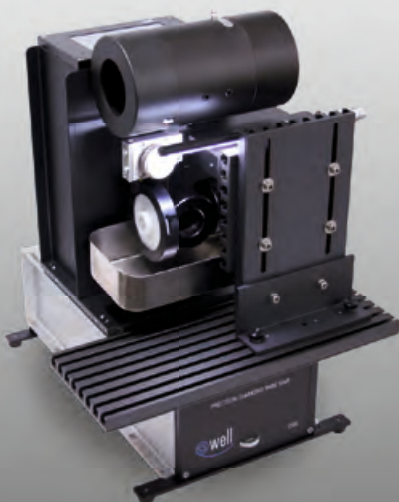
Fax: +49 0621 745897

info.de@well-dws.com

www.well-deutschland.de

## With WELL everything cuts WELL

Erfinder und Weltmarktführer auf dem Gebiet der  
Diamantdrahtsäge seit 1974



well Diamantdrahtsäge GmbH

Luzenbergstraße 82

68305 Mannheim | Deutschland

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

# INSERTENTENVERZEICHNIS

5

[ACL Analytisch Chemisches Labor GmbH](#)

ACL – Ihr akkreditiertes Auftragslabor für Schadensanalysen

12/U2

[ATM Qness GmbH](#)

Qmount – Innovation: Der schnelle Weg zur transparent eingebetteten Probe

2

[Cloeren Technology GmbH](#)

Proben kalteinbetten in 60 Sekunden: CT UltraViLiBo M

29/U4

[Carl Zeiss Microscopy GmbH](#)

Objektklassifizierung mittels Machine Learning

25

[DEKRA Automobil GmbH](#)

DEKRA Labor Saarbrücken erweitert Analytik-Spektrum

13

[DEKRA INCOS GMBH](#)

Mobile Metallographie

11

[Kulzer GmbH](#)

Kulzer geht neue Wege – Geruchsfrei in die Zukunft!

# SOMMER DIAMANT ABRASIVE GMBH – DIAMANTPOLIERMITTEL & DIAMANTDRÄHTE

SOMMER Diamant Abrasive ist spezialisiert auf die Herstellung und den Vertrieb hochwertiger diamantbasierter Schleif- und Poliermittel, Poliertücher sowie Diamantdrähte.

Die Firma SOMMER ist ein verlässlicher Partner in den Bereichen Trennen, Schleifen und Polieren. Langjährig bewährte Produkte finden Anwendung in den Sparten **Optik, Keramik, Dental** und **Metall**.

Als Nachfolgeunternehmen der früheren Firma Gerd Sommer Präzisionstechnik baut SOMMER Diamant Abrasive GmbH somit auf eine über 30-jährige Erfahrung im Bereich der Herstellung und des Vertriebs hochwertiger **Diamantpoliermittel** und **Diamantdrähte** auf.

Größten Wert legt SOMMER auf eine **exzellente Produktqualität** mit einer gleichmäßigen, agglomeratfreien Kornverteilung sowie einer höchstmög-

lichen Korngrößentoleranz in allen diamantbasierten Suspensionen und Pasten.

Ebenso hat eine **individuelle Kundenbetreuung** oberste Priorität bei SOMMER.

**Sonderanfertigungen und Spezialmischungen** sind hierbei eine Selbstverständlichkeit. So findet SOMMER zusammen mit dem Kunden ein optimales Produkt für dessen technische Bedürfnisse und Anforderungen.

Einen Überblick über das Sortiment an Standard- und Spezialprodukten bietet die zweisprachige Homepage (Deutsch/Englisch) für Kunden im In- und Ausland.

## KONTAKT

### SOMMER DIAMANT ABRASIVE GMBH

Kellereigasse 17  
97776 Eußenheim  
Tel.: 09353 – 90 99 652  
Fax: 09353 – 90 99 653  
mail@sommer-da.com  
www.sommer-da.com



Ihr Spezialist für hochwertige  
Diamantpoliermittel & Diamantdrähte

- DIAMANTSUSPENSIONEN
- DIAMANTPASTEN
- DIP®-POLIERTÜCHER
- SPEZIAL-POLIERTÜCHER
- DIAMANTSCHMIERMITTEL
- DIAMANTDRÄHTE

SOMMER Diamant Abrasive GmbH  
Kellereigasse 17 | D-97776 Eußenheim

Fon: +49 (0)9353 – 90 99 652  
mail@sommer-da.com  
www.sommer-da.com



15

**NIKON METROLOGY GMBH**

Mikroskopie und Video-Messung

33

**PRESI GmbH**

Vollautomatischer Härteprüfer HZ 50-4 der Firma PRESI

9

**SOMMER Diamant Abrasive GmbH**

Diamantpoliermittel &amp; Diamantdrähte

40/41

**TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH**

Additive Fertigung: Alles eine Frage des Materials

7

**well Diamantdrahtsägen GmbH**

well Präzisions Diamantdrahtsägen – materialschonendes Präzisionstrennverfahren

**Visitenkarten**

zur schnellen Kontaktaufnahme mit den  
vorgestellten Unternehmen, finden Sie ab  
Seite 53 dieses Magazins.

# KULZER GEHT NEUE WEGE – GERUCHSFREI IN DIE ZUKUNFT!

Kulzer Technik bringt zwei Einbettkunststoffe auf den Markt, die erstmals geruchsfrei, besonders schadstoffarm und schnell in der Anwendung sind.

Technovit 4021 ist ein neuartiges geruchsfreies 2-Komponenten Einbettmittel für materialographische Einbettungen auf Basis eines höhermolekularen Spezial-Monomers.

Es bietet dank der schwarzen Farbe gerade bei metallischen Werkstoffen einen hohen Kontrast. Die moderaten Polymerisationstemperaturen und eine geringe Spaltbildung lassen eine große Bandbreite an Präparationsmöglichkeiten zu.

Das ist Technovit 4021: geruchsfrei, schnell und unkompliziert!

Technovit 2021 LC FAST ist ein geruchsfreier, lichthärtender 1-Komponenten-Kunststoff für transpa-

rente Schliffeinbettungen auf Basis hochmolekularer Spezial-Monomere.

Er wird genutzt, wenn eine Sichtkontrolle des Materials wichtig ist, um etwa Oberflächenfehler zu erkennen und ist für schnelle, glasklare Einbettungen der unterschiedlichsten Werkstoffe geeignet. Perfekt für Ihre Zielpreparation.

Das ist Technovit 2021 LC FAST: geruchsfrei, schadstoffreduziert und schnell!

Ein Muss für jedes Labor – überzeugen Sie sich!

KULZER Technik – zuverlässig und aktuell, Qualität auf höchstem Niveau.

## KONTAKT

### KULZER GMBH

Herr Stefan Schreier  
Philipp-Reis-Str. 8/13  
61273 Wehrheim  
Tel.: +49 (0) 6181/9689-  
2574 o. 2571  
info@kulzer-technik.  
com  
kulzer-technik.de

## Frei von MMA / THFMA

Zukunftsweisende Probenpräparation mit hochentwickelten, schadstoffreduzierten Kunststoffen

### Technovit – 4021

Universeller, geruchsfreier Einbettkunststoff

### Technovit–2021 LC FAST

Lichthärtender Einbettkunststoff für glasklare Ergebnisse



schadstoffreduziert  
und geruchsfrei  
**MMA-/THFMA-  
frei**

schnell

vielseitig

### Ausprobieren?

Melden Sie sich zu unserem Newsletter an. Mit dem Code „T2021“ oder „T4021“ im Feld „Code“ erhalten Sie kostenlose Muster von uns.

### Für weitere Infos:

Kulzer GmbH · Tel: 0049 (0)6181 9689-2574  
info@kulzer-technik.com · www.kulzer-technik.de



**KULZER**  
MITSUI CHEMICALS GROUP



# QMOUNT – INNOVATION: DER SCHNELLE WEG ZUR TRANSPARENT EINGEBETTETEN PROBE

Die Einbettung von Festkörpern ist seit Jahrzehnten integraler Bestandteil der Probenvorbereitung von Festkörpern. Die Präparation von kleinen Probenstücken oder Baugruppen setzt eine Einbettung des Probenmaterials voraus. Gerade bei temperatur- und druckempfindlichen Proben wird auf chemisch vernetzende Polymersysteme zurückgegriffen. Eine innovative und durchsatzorientierte Methode der Kalteinbettung basiert auf KEM 50 UV und dem zugehörigen Lichthärtungsgerät Qmount (Abbildung 1).



Abb. 1: QATM UV-Einbettgerät Qmount



a

Gerade im Bereich der metallischen Wärmebehandlung, sowie der Untersuchung von Mineralen, Funktionskeramiken oder Polymeren Werkstoffen führen hohe Temperaturen oder Drücke während der Einbettung zur systematischen Artefaktbildung. Darum wird bei einigen Anwendungen von einer Ummantelung der Proben mittels Warmeinbettpresse abgesehen. Häufig werden mehrkomponentige Einbettmittel auf Basis von polymerisierenden Acrylaten für die Einbettung von Standardproben verwendet. Um eine konstante Probenqualität sicherzustellen, ist ein genaues Mischungsverhältnis der Komponenten einzuhalten. Während des Polymerisationsprozesses kommt es zur Emission von Reaktionsverdünnern und anderen organischen Einbettmittelbestandteilen. Dies macht die Nutzung von Laborabzügen zwingend notwendig. Die Aushärtung benötigt bei transparent aushärtenden Acrylatsystemen, welche sich auch für eine Zielpräparation eignen, 10 bis 20 min. UV-initiierte Acrylatsysteme bieten eine zeitsparende und anwenderfreundliche Alternative. QATM bietet als eines der ersten Unternehmen eine Komplettlösung im Bereich lichthärtender Einbettmittel an. Das für eine Laboranwendung konstruierte UV-Einbettgerät Qmount wurde auf Basis hochqualitativer, langlebiger Komponenten entwickelt. LEDs mit eng toleriertem Emissionsspektrum (max. =365 nm), sowie der Anschluss einer Absaugung mit Aktivkohlefilter ermöglichen den Einsatz der Qmount auch im Fertigungsumfeld. Der Wärmeeintrag durch die Verlustleistung der Leuchtmittel wurde ebenfalls minimiert, wie **Abbildung 2** zeigt. Die optimierten LEDs garantieren, bei Verwendung des Einbettmittels KEM 50 UV, Aushärtezeiten von 60 Sekunden. KEM 50 UV besitzt eine Spitzentemperatur von 70-90°C im Inneren des aushärtenden Einbettkörpers. Klassische Acrylatsysteme liegen bei Spitzentemperaturen von 110-130°C. Die Verwendung von UV

durchlässigen PP oder PE Formen ist für die Durchführung des Einbettprozesses unerlässlich.

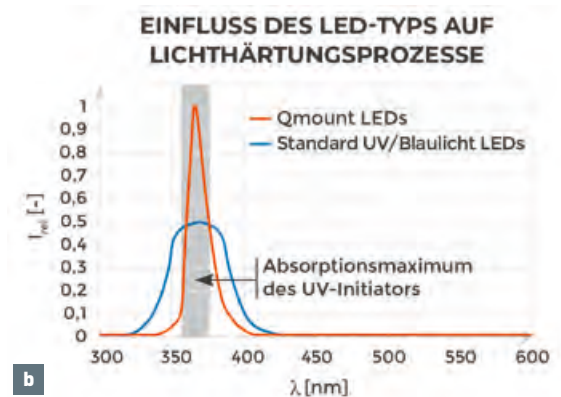


Abb. 2: mit der Qmount eingebettete Proben (a) sowie Schema der Emissionsspektren von UV LEDs (b)

Ein weiterer Vorteil des 1-komponentigen Einbettmittels gegenüber den klassischen Kalteinbettmitteln ist das Erhalten blasenfreier, transparenter Einbettkörper ohne Anwendung eines Drucktopfs. Die Anwendung von KEM 50 UV ist für weiche bis mittelharte Materialien (Härte < 500 HV), sowie die Betrachtung von Kerngefügen zu empfehlen. Lichthärtende Einbettmittel sind für eine Anwendung im Bereich abschattungsfreier Geometrien vorgesehen und eignen sich nicht zur Vakuuminfiltration. Die Präparation von Sinterwerkstoffen zur Porositätsbestimmung, oder die Präparation von Schrauben und Leiterplatten ist möglich.

Trotz der kurzen Aushärtezeit ist die Spaltbildung auf ca. 2-10 µm beschränkt. Das Material erreicht mechanische Eigenschaften, die mit gängigen Standardkalteinbettmitteln vergleichbar sind. Größter Vorteil des Systems ist die drastische Verkürzung der benötigten Einbettzeit gegenüber anderen Einbettverfahren.

## KONTAKT

**ATM QNESS GMBH**  
Emil-Reinert-Str. 2  
57636 Mammelzen  
Tel.: +49(0)2681 9539-0  
info@qatm.com  
www.qatm.com

# MOBILE METALLOGRAFIE

Professionell, partnerschaftlich, zuverlässig: Immer dann, wenn es um Untersuchungen und Bewertungen im Bereich der Bauteil-Metallografie geht, sind die Spezialisten der DEKRA Incos für Sie da.



Unser Service der Mobilen Metallografie bringt unsere Dienstleistung direkt zu Ihrer Anlage.

Metallografische Untersuchungen sind ein Verfahren, um den Gefügestand eines Werkstoffes zu ermitteln. Ein Nachteil der „klassischen Metallografie“ im Labor besteht darin, dass sie nicht zerstörungsfrei und vor Ort einsetzbar ist.

Mithilfe der von DEKRA angebotenen „Mobilen Metallografie“ ist es mittels „Replika-Technik“ möglich, direkt vor Ort zerstörungsfrei eine Aussage über den Gefügestand und damit über den Schädigungsgrad des betreffenden Bauteils zu treffen.

Insbesondere für Kraftwerksbetreiber ist die Abschätzung der Restlebensdauer kriebbeanspruchter Bauteile von besonderem Interesse. Mittels „Mobiler Metallografie“ ist es möglich, Zeitstandsschäden im Frühstadium zu erkennen und so ungeplante Anlagenausfälle sicher zu vermeiden.

## Typische Prüfaufgaben

- Ermittlung des Schädigungsgrades von zeitstandsbeanspruchten Bauteilen
- Ermittlung von Schadensursachen
- Korrelation zwischen Riss und Gefüge
- Beurteilung von Gefügeveränderungen und Schädigungsgraden
- Beurteilung des Gefüges im Ausgangszustand
- Beurteilung von Temperatureinflüssen (z. B. Brandschäden)
- Ermittlung von Wärmebehandlungszuständen

## Typische Einsatzgebiete

- Kraftwerke
- Raffinerien
- Chemieanlagen
- Maschinenbau
- Stahlbau

## Wenn unser Labor zu Ihrem Bauteil kommt

Die zeitnahe Verfügbarkeit der metallografischen Untersuchungen wird durch ein hochwertig ausgestattetes mobiles Werkstofflabor direkt am Einsatzort sichergestellt.

## Grundausstattung unserer Mobilen Metallografie

Unser Laborwagen ist mit allen für die Mobile Metallografie notwendigen Gerätschaften ausgestattet. So verfügt unser mobiles Metallografie-Labor u. a. über eine komplette Ausrüstung für mechanisches und elektrolytisches Polieren zur Vorbereitung der Prüfstellen, Handmikroskop mit Digitalkamera sowie ein Auflichtmikroskop (Vergrößerung 50 bis 1000-fach), eine hochauflösende Digitalkamera, PC mit Bildbearbeitungs- und Bilddokumentationssystem zur Berichterstellung, eine Goldsputteranlage zur Präparation der Gefügeabdrücke sowie alle notwendigen Verbrauchs- und Dokumentationsmaterialien.

## Vorteil für den Kunden

Sowohl die Gefügeuntersuchung selbst als auch die komplette Auswertung und Dokumentation erfolgt unmittelbar vor Ort und steht somit dem Kunden unmittelbar als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung.

## KONTAKT

### DEKRA INCOS GMBH

Bunsenstraße 29  
85053 Ingolstadt  
Tel.: 0841 96698-0  
materialtesting@dekra.com  
[www.dekra-incos.de](http://www.dekra-incos.de)  
<https://www.dekra.de/de/werkstoffpruefung/>





## Präsenz – Hybrid – Online

# UNSER SERVICE FÜR IHRE ERFOLGREICHE VERANSTALTUNG

Als langjähriger und erfolgreicher Dienstleister im Veranstaltungsmanagement sind wir spezialisiert auf die Organisation, Durchführung und Nachbereitung von nationalen und internationalen Kongressen, Tagungen, Messen und Ausstellungen. Egal ob vor Ort oder im World Wide Web, wir sind Ihr zuverlässiger Partner für die erfolgreiche Organisation und Durchführung Ihrer Veranstaltung!

Mit Hybrid-Veranstaltungen verknüpfen wir das Beste aus beiden Welten, bei der unsere selbstentwickelte Konferenzplattform als ideale Schnittstelle dient. Egal ob Ihre Teilnehmerinnen und Teilnehmer vor Ort sind oder sich von einem anderen Ort aus dem World Wide Web dazu schalten, wir garantieren Ihnen einen reibungslosen Ablauf Ihrer Veranstaltung. Profitieren Sie von dem Knowhow unseres eingespielten und fachlich versierten Event-

Teams, welches Sie von der ersten Planungsphase, über die Durchführung vor Ort und im Internet, bis zur Nachbereitung erfolgreich begleitet.

Bereits seit 1978 ist die DGM-Inventum GmbH ein anerkannter Veranstaltungspartner. Unsere angebotenen Leistungen werden stets erweitert und jährlich durch viele tausende Eventbesucher genutzt.

Unser Markenzeichen ist die individuelle Vorbereitung und Betreuung jeder einzelnen Veranstaltung.

Wir garantieren, dass unsere Zuverlässigkeit, Kreativität und einzigartigen technischen Möglichkeiten Ihre Veranstaltungen zum Erfolg führen – Besuchen Sie unserer Webseite für weitere Informationen: [www.dgm-inventum.de](http://www.dgm-inventum.de) oder kontaktieren Sie uns telefonisch unter +49 (0)69 75306 750.

The screenshot displays the DGM-Inventum website interface. At the top, there is a navigation bar with links: Schedule, Poster Hall, Discussion Board, Meet & Mingle, Directory, and Exhibition. Below the navigation bar, a carousel of posters is shown. The first poster is titled 'Vorlage' and features a world map. The second poster is titled '1 in 3' and shows a bar chart. The third poster is titled 'PROD LEITF' and features a circular diagram. The fourth poster is titled 'BIG DATA' and shows various statistics. The fifth poster is titled 'Titel' and shows a world map. Below the carousel, there is a section for 'Poster Title' with a list of posters. The first poster is titled 'Wimmer, R. (Speaker), Abdel-Haq, R., Porque, J.' and is part of 'P. Postersession 2'. Below the list, there are buttons for 'Video patch', 'Show Poster', 'Ask a question', 'Live Group Video Chat', and 'Abstract'. At the bottom, there is a section for 'Current Visitors' with a profile picture and a list of visitors.



MIKROSKOPIE UND  
VIDEO-MESSUNG

# Mikroskopie und Video-Messung

Die richtige Lösung finden mit  
Nikon Metrology.



Nikon Metrology ist weltweiter Technologieführer für bildgebende Geräte und Hersteller von optischen und digitalen Mikroskopen, die Vielseitigkeit, unübertroffene Leistung und Produktivität für alle Anwendungen bieten.

Die NEXIV-Videomessgeräte basieren auf der hervorragenden optischen Leistung von Nikon und setzen neue Maßstäbe bei der Messung kleinster Teile.

nikonmetrology.com  
+49 211 4544 6951  
Sales.Germany.NM@nikon.com



# METALLOGRAPHIE AUSBILDUNG

Autorinnen: Gundula Jeschke, Lette Verein Berlin; Uta Richter-Harneid, TBK Solingen

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 konnten“.



**Abb. 1:**  
Berufsausbildungszentrum  
Lette Verein Berlin.  
(Foto: Lette-Verein Berlin)

Worte, die uns heute schmunzeln lassen – für die damalige Zeit stellten sie eine gewaltige Veränderung in der männlich besetzten Berufswelt dar. Neue Erfindungen schufen neue Aufgabenfelder für Frauen. Auf diese Weise entwickelten sich aus der 1890 gegründeten Fotografische Lehranstalt zwei neue Berufe. Die Entdeckung der Röntgenstrahlung führte 1895 zur Ausbildung der „Röntgeschwester“, den

heutigen Medizinisch-Technischen Assistentinnen/ Assistenten für Radiologie. **Adolf Martens** begründete die Wissenschaft der Materialforschung und Werkstoffprüfung in Deutschland, er leitete ab 1884 die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Zusammen mit Carl Zeiss entwickelte er ein Mikroskop für die Untersuchung des Gefügebau von Metallen.



**Abb. 2:**  
(Foto: Zeiss)

Erst das leitete die Geburtsstunde der Metallographie ein: 1904 wurde das Unterrichtsfach Mikrofotografie für medizinische und technische Zwecke im Lette Verein eingeführt.

1906 – also vor 115 Jahren – legte die erste Absolventin als **Mikrofotografin** ihr Examen ab und bekam eine Anstellung in einem Hüttenwerk in Katowitz (Oberschlesien). Innerhalb von zehn Jahren



# LETTEVEREIN BERLIN



berufsausbildung seit 1866



arbeiteten 150 ausgebildete Frauen in der Industrie. Im Laufe der nächsten 100 Jahre wurde die Berufsbezeichnung mehrmals geändert – und auch Männer begannen, in dem Beruf zu arbeiten.

Ab **1932** lautete die Berufsbezeichnung **„Technische Assistentin/Assistent für Metallographie und Werkstoffprüfung“**. Bis 1961 – dem Jahr des Mauerbaus – ließen sich viele Schülerinnen aus Ostberlin und der DDR im Lette Verein ausbilden. Es sollte 29 Jahre dauern, bis das wieder möglich war!

Die Berufsbezeichnung hat sich leicht geändert, heute im Jahr 2021 werden im Lette Verein Berlin **„Technische Assistentinnen/Assistenten für Metallographie und Werkstoffanalyse“** ausgebildet.

Berlin blieb nicht alleiniger Ausbildungsstandort. Seit **1986** können Schülerinnen und Schüler den Beruf auch am Technischen Berufskolleg in Solingen erlernen. Traditionell ist die Ausbildung eng mit der Qualitätskontrolle der Solinger Schneidwaren verknüpft, deren Solingenfähigkeit bis 1986 im Werkstoffuntersuchungsamt der damaligen Fachschule für Metallgestaltung und Metalltechnik geprüft wurde.

Heute befinden sich hier die Laborräume für den fachpraktischen Unterricht. Seit 2012 lautete die Berufsbezeichnung **„Physikalisch-technische(r) Assistentin/Assistent, Schwerpunkt Metallographie und Werkstoffkunde“**

Von 1981 bis 2006 bildete auch das Max Planck Institut in Stuttgart dafür aus. Leider wurde 2006 beschlossen, die Ausbildung für Metallographie am MPI Stuttgart zu schließen, so dass es heute weltweit nur zwei Ausbildungsstätten – Berlin und Solingen – für diesen gefragten Beruf gibt. Beide Ausbildungsstätten sind im 2003 gegründeten Arbeitskreis Ausbildung des Fachausschusses Materialographie der DGM aktiv und tauschen sich

regelmäßig über Ausbildungsinhalte und Aktivitäten aus. Pandemiebedingt kann es zurzeit keine persönlichen Treffen geben, in der Zukunft sollen diese aber wieder stattfinden. Das Ziel ist weiterhin, den Bekanntheitsgrad des Berufsbildes weiter zu steigern und so damit beizutragen, dass der Wirtschaftsstandort Deutschland seine Wettbewerbsfähigkeit mit gut ausgebildeten Metallographinnen und Metallographen erhalten kann.

## KONTAKT

### LETTE VEREIN BERLIN

Gundula Jeschke

Viktoria-Luise-Platz 6, 10777 Berlin

Tel.: +49 (0)30 21994-450

[g.jeschke@lette-verein.de](mailto:g.jeschke@lette-verein.de), [www.lette-verein.de](http://www.lette-verein.de)

### TECHNISCHES BERUFSKOLLEG SOLINGEN

Uta Richter-Harneid

Oligschlägerweg 9, 42655 Solingen

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

Fax: +49 (0)212 22380-4801

[richter@tbk-solingen.de](mailto:richter@tbk-solingen.de), [www.tbk-solingen.de](http://www.tbk-solingen.de)



# METALLOGRAPHIE AUSBILDUNG IM LETTE VEREIN BERLIN

Der Lette Verein Berlin mit seinen rund 800 Schülerinnen und Schülern bietet zehn Ausbildungsgänge an. Es wird besonderer Wert auf eine familiäre Atmosphäre gelegt, in der der praktische Unterricht im Vordergrund steht. Prominent gelegen an einem der schönsten Plätze Berlins, dem Viktoria-Luise-Platz, betrachtet er sich heute als Berufsausbildungsstätte, die attraktive Alternativen zur akademischen Ausbildung anbietet.



Eingang Lette Verein  
(Foto: Andrea Rojas  
Lette Verein Berlin)

Seit 2020 produziert der Lette Verein Berlin neben täglichen Stories/Posts auf Instagram und Youtube auch einen Podcast mit dem Titel „LETT´S TALK“, zur Premiere gab es die erste Episode mit einem Schüler aus der Metallographie.

Es wird ein Beruf mit guten Berufschancen ausgebildet. In der Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie, aber auch in Bereichen der Medizintechnik, den erneuerbaren Energien sowie in Forschungsinstituten finden die Fachkräfte attraktive Arbeitsstellen. Mit dem Beginn der Pandemie im letzten Jahr musste schnell auf die Herausforderungen des Lockdowns reagiert werden. Durch die teilweise erfolgte Schließung der Ausbildungsräume wurde vermehrt Online Unterricht erteilt und die Praktika mit den entsprechenden Hygienemaßnahmen später nachgeholt. Die externen Praktika können nicht durchgeführt werden, das Staatsexamen wird wie gewohnt durchgeführt und die Teilnahme an der Materialographie

Tagung im September wird virtuell stattfinden. Mit diesem Konzept sind wir in der Lage, auch in diesem Jahr die Ausbildung für alle Jahrgänge zu gewährleisten und im Sommer 2021 neuen Schülerinnen und Schülern einen Ausbildungsplatz anbieten zu können.

## **Der Weg zur Technischen Assistentin/zum Technischen Assistenten für Metallographie und Werkstoffanalyse:**

### **Voraussetzungen und Dauer der Ausbildung**

- Mit dem mittleren Schulabschluss (MSA) dauert die staatlich anerkannte Ausbildung drei Jahre mit dem gleichzeitigen Erwerb der Fachhochschulreife (Doppelqualifikation)
- Mit der Hochschulreife (Abitur) oder einer entsprechenden fachlichen Vorbildung dauert die Ausbildung zwei Jahre

### **Allgemeines zur Ausbildung**

- Stärken und Interessen sollten in den Bereichen Technik und Naturwissenschaften liegen, ebenso Spürsinn, Spaß an praktischer Arbeit und gute Beobachtungsgabe
- Für fünf Wochen ist während der Ausbildung ein außerschulisches Praktikum, eventuell auch im europäischen Ausland (ERASMUS) zu absolvieren
- Kooperationen mit Firmen und Instituten in Berlin für eine fachlich aktuelle Ausbildung
- Alternative zum Studium – in zwei Jahren zur gesuchten Fachkraft mit beruflichen Aufstiegschancen
- Durch Doppelqualifikation – nach drei Jahren mit guten fachlichen Kenntnissen ein Studium beginnen
- Teilnahme an der jährlichen Fachtagung Metallographie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde



LETTE VEREIN BERLIN

berufsausbildung seit 1866

## Abteilung Metallographie



Abteilung



Mikroskopieraum



Ofenraum-Wärmebehandlungen



Polierraum



Schleifraum



Rasterelektronenmikroskopie

(Fotos der Abteilung  
Metallographie von  
Mikula Platz)

## Arbeitsplätze

Die Berufschancen sind für staatlich geprüfte technische Assistentinnen und Assistenten für Metallographie und Werkstoffanalyse sehr gut. Die Untersuchung und Interpretation der Mikrostrukturen von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen ist in der

Qualitätssicherung, der Werkstoffprüfung und Werkstoffentwicklung von hochwertigen, neuen Materialien sowie in der Schadensanalyse unverzichtbar. Arbeitsplätze werden nicht nur in Deutschland und im deutschsprachigen Ausland, wie Österreich, Schweiz und Liechtenstein angeboten, sondern auch weltweit.

## KONTAKT

**LETTE VEREIN BERLIN**  
ABTEILUNG

METALLOGRAPHIE

Viktoria-Luise-Platz 6  
10777 Berlin

Tel.: +49 (0)30 21994-111

[sekretariat@lette-verein.de](mailto:sekretariat@lette-verein.de)

[www.letteverein.de](http://www.letteverein.de)

# TECHNISCHES BERUFSKOLLEG SOLINGEN MIT TECHNISCHEM GYMNASIUM

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



**Abb. 1:**  
Fachschule des TBK.  
(Foto: TBK Solingen)

**Abb. 2:**  
„Ich finde die Ausbildung am TBK ideal für mich, weil ich unterschiedlichste Werkstoffe bis aufs kleinste Detail untersuchen kann.“  
Niklas Rau, am REM, wird die Ausbildung in diesem Jahr abschließen.  
(Foto: TBK Solingen)



## Geschichte des Ausbildungsganges

Seit 1986 werden in der alten Fachschule des Technischen Berufskollegs Solingen Metallografen ausgebildet. Traditionell ist die Ausbildung eng mit der Qualitätskontrolle der Solinger Schneidwaren verknüpft, deren Solingenfähigkeit von 1938 bis 1986 im Werkstoffuntersuchungsamt der damaligen Fachschule geprüft wurde. Heute befinden sich hier die Laborräume für den fachpraktischen Unterricht.

## 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.

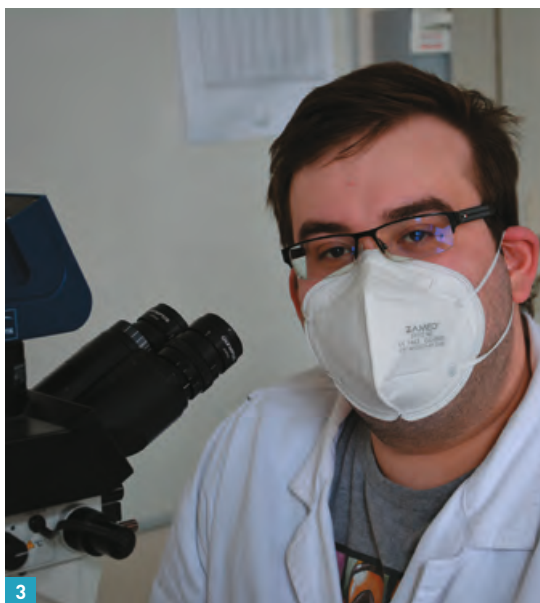
Die Metallografie bietet ein System von wichtigen Untersuchungsmethoden, die weder aus der Forschung noch aus der betrieblichen Praxis wegzudenken sind. Das Ziel des Bildungsganges ist es, bei diesen Arbeiten qualifiziert und eigenverantwortlich mitwirken zu können.

Eine breit angelegte Bildung im Bereich Werkstofftechnik, Werkstoffprüfung/Werkstoffanalyse sowie Maschinenbau-technik vermittelt die notwendigen theoretischen Grundkenntnisse. Im Praxisunterricht werden in neu ausgestatteten Laborräumen die metallografischen 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 Zu-



sammenarbeit mit den regionalen Betrieben, bei denen die Auszubildenden zwei vierwöchige Praktika absolvieren müssen. Dieses Praktikum wird durch die Schule gelenkt.

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 „mikpräp“ 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 an einer Fachhochschule begonnen werden.

Mögliche Fachrichtungen sind:

- Werkstofftechnik
- Gießereitechnik
- alle maschinenbautechnischen Fachgebiete

### Kosten

Es entstehen keine Ausbildungsgebühren.

**Abb. 3:**

Arthur Kronhardt beim Mikroskopieren  
(Foto: TBK Solingen)

**Abb. 4:**

Präparationslabor  
(Foto: TBK Solingen)

## KONTAKT

### TECHNISCHES BERUFSKOLLEG SOLINGEN

Oligschlägerweg 9, 42655 Solingen

Sekretariat

Tel.: +49 (0)212 22380-0, Fax: +49 (0)212 22380-4801

info@tbk-solingen.de, www.tbk-solingen.de



# DER FACHAUSSCHUSS MATERIALOGRAPHIE DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR MATERIALKUNDE

**Autor: Andreas Neidel, Siemens Energy Berlin, amtierender FA-Vorsitzender Materialographie der DGM**

Die ständige Anpassung von Werkstoffen an ihre Einsatzbedingungen sowie das Erschließen neuer Anwendungen bringt eine kontinuierliche Weiterentwicklung von Geräten und Methoden zur Materialcharakterisierung mit sich. Unter dem Begriff der Materialographie werden alle Methoden zur Gefüge- und Strukturuntersuchung von Werkstoffen zusammengefasst. Das beinhaltet die Probenpräparationsverfahren, die verschiedensten mikroskopischen Methoden einschließlich der Elektronenmikroskopie und der hochauflösenden Röntgen-Computertomographie sowie die Analyse, Bewertung und Dokumentation der mikroskopischen Untersuchungsergebnisse. Computergestützte Methoden der Datenverarbeitung und -auswertung spielen dabei eine immer größere Rolle. Der Fachausschuss Materialographie fördert und koordiniert mit seinen Arbeitskreisen den regelmäßigen Austausch unter Fachleuten, mit dem Ziel, diese wichtige Disziplin weiterzuentwickeln. Dabei wird die organisatorische und strategische Leitung von dem/der Vorsitzenden und dem/der Stellvertreter/in wahrgenommen, die von den Mitgliedern des Arbeitskreises Koordinierung beratend unterstützt werden.

Um Werkstoffe immer besser an ihre Einsatzbedingungen anpassen und neue Anwendungen erschließen zu können, müssen Methoden und Geräte kontinuierlich weiterentwickelt werden, die zur Gefüge- und Strukturuntersuchung von Materialien dienen. Diese Aufgabe erfüllt die Materialographie. Dies beinhaltet Probenpräparationsverfahren, verschiedenste mikroskopische Methoden (einschließlich der Elektronenmikroskopie und der hochauflösenden Röntgen-Computertomographie) sowie die Analyse, Bewertung und Dokumentation der Untersuchungsergebnisse.

Im Klimaschutz, aber auch auf den Gebieten der Ressourceneffizienz und der Nachhaltigkeit leistet die Materialographie wichtige Beiträge. Nicht zuletzt dient sie dazu, durch eine Weiterentwicklung der Verständnisbasis von Materialien die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie auf den unterschiedlichsten Feldern zu sichern – und damit den Wohlstand der Gesellschaft und den Wirtschaftsstandort Deutschland. Im Bereich der hochaufgelösten Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit fokussiertem Ionenstrahl (FIB), der Atomsondentomographie und der 3D-Mikroskopie, aber auch bei der digitalen Bildanalyse sowie auf dem Gebiet der computerge-

steuerten Mikroskope und der Röntgenmikroskopie konnten in den letzten Jahren zahlreiche Durchbrüche erzielt werden. In den nächsten Jahren sind trotzdem noch viele Herausforderungen zu meistern.

So muss die automatisierte Multiskalen-3D-Mikroskopie für die Materialographie ebenso weiterentwickelt werden wie jene Möglichkeiten, die zur Erstellung (physikalischer) Modelle zur Beschreibung der Gefüge-Eigenschaftskorrelationen führen können. Auf diesen Gebieten gibt es noch große Potenziale für die Forschung. Zur Weiterentwicklung der Materialographie sind in diesem Rahmen Forschungsprojekte zum Thema Methodenentwicklung für wichtige Querschnittsthemen zwingend notwendig. Etwa zur Verbesserung mikroskopischer Methoden oder zur Entwicklung physikalischer Modelle, mit denen sich Eigenschaften aus der chemischen Zusammensetzung und dem Gefüge besser als bisher berechnen lassen. Auch in der Simulation, der Entstehung von Gefügen sowie der Berechnung der Eigenschaften aus dem Gefüge existiert großer Forschungsbedarf. Hierzu müssen interdisziplinäre Projektteams geschaffen und vor allem auch IT-Kompetenz mit eingebunden werden.

## Ziele des FA Materialgraphie

Die sich daraus ergebenden Ziele des Fachausschusses sind neben der Organisation und fachlichen Verantwortung der jährlich stattfindenden Metallographie-Tagungen die Förderung des regelmäßigen wissenschaftlich-technischen Austausches unter Fachleuten, die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, die Förderung der Aus- und Weiterbildung von Materialgraphinnen und Materialgraphen sowie die Weiterentwicklung der Metallographie auf den Gebieten der Methodenentwicklung, etwa für mikroskopische Verfahren und physikalische Modelle, der Simulation und Modellierung und bei den Digitalisierungsthemen wie z.B. Machine Learning und quantitative Bildanalyse.

Das bisher Gesagte beinhaltet im Wesentlichen Auszüge aus der Homepage des Fachausschusses, die u. a. von den ehemaligen Vorsitzenden des Fachausschusses Prof. Gerhard Schneider aus Aalen, Prof. Markus Rettenmayr aus Jena und Prof. Frank Mücklich aus Saarbrücken gestaltet wurde [1]. Der FA Materialgraphie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. ist der größte ihrer Fachausschüsse. Die fachliche Arbeit im FA Materialgraphie wird in seinen Arbeitskreisen (AK) geleistet, von denen einige in ihrer Hauptausrichtung im Folgenden kurz vorgestellt werden, ohne den Spezialartikeln über die AK-Arbeit in diesem Heft vorzugreifen. Während die konkrete fachliche Arbeit der AK von deren Leitern und Mitgliedern selbst verantwortet wird, organisiert der übergeordnete Arbeitskreis Koordination das Zusammenspiel und Netzwerken der AK untereinander. Alle AK Leiterinnen und Leiter sind Mitglieder im AK Koordination. Zusätzlich gehören diesem AK ehemalige und amtierende FA-Vorsitzende an. Der DGM-Geschäftsführer und eine Mitarbeiterin der DGM-Geschäftsstelle nehmen üblicherweise an den Sitzungen des AK Koordination teil. Eine weitere Hauptaufgabe des AK Koordination ist die Organisation und fachliche Betreuung der jährlich stattfindenden Metallographie-Tagungen. Dafür beruft er für jede Tagung einen Programmbeirat, der sich im Wesentlichen aus ehemaligen und amtierenden FA-Leitern zusammensetzt sowie einigen weiteren verdienten Mitgliedern der Fachgemeinschaft. Zusätzlich gibt es bei den meisten Tagungen einen Ortsausschuss, dem neben dem Tagungsleiter engagierte Mitglieder der regionalen Fachgemeinschaft angehören, die am Tagungsort und in der Region gut vernetzt sind. Auf diese Weise soll jede Metallographie-Tagung ihr jeweils eigenes Lokalkolorit erhalten. Neben der Vor-Ort-Organisation der Tagung ist eine Aufgabe des Ortsausschusses,



**Abb. 1:**

15. Internationale Metallographie-Tagung 2018 an der Montan-Universität in Leoben, Österreich, wo die Metallographie-Tagung alle vier Jahre im Wechsel mit den deutschen Tagungen veranstaltet wird. Von links: Prof. Haubner, TU Wien (Vortragender), in der Mitte der Autor, rechts Prof. Pohl, Ruhr-Universität Bochum, in angeregter Fachdiskussion nach Prof. Haubners Vortrag.

für angemessene Repräsentanz der regionalen Hochschulen, Institute und Firmen in den wissenschaftlichen Tagungsbeiträgen zu sorgen. Eine neuere Entwicklung ist die Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit mit der amerikanischen Schwestergesellschaft des Fachausschusses, der International Metallographic Society (IMS), die unter dem Dach ihrer Muttergesellschaft American Society for Materials (ASM) sehr ähnliche Arbeitsinhalte verfolgt. In diesem Zusammenhang sind zukünftig u.a. gegenseitige Tagungs-Teilnahmen geplant.

## Der AK Ausbildung

Eine seiner Hauptaufgaben sieht der FA Materialgraphie in der Förderung des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses. Schülerinnen und Schüler, Studentinnen und Studenten der materialographischen Ausbildungsgänge am Lette-Verein Berlin, dem Technischen Berufskolleg Solingen und der Hochschule Aalen nehmen selbstverständlich an den Metallographie-Tagungen teil. Der AK Ausbildung vertritt die Interessen des in Ausbildung befindlichen wissenschaftlich-technischen Nachwuchses und stellt dessen aktive Einbeziehung in die Arbeit der Fachgemeinschaft sicher.

## Der AK Bauteilmetallographie

Der AK Bauteilmetallographie wurde 2009 gegründet und ist somit einer der jüngeren Arbeitskreise. Sein Arbeitsgebiet ist eine Spezialtechnik der Metallographie, die sog. Gefügeabdrucktechnik. Die notwendigen handwerklichen und wissenschaftlich-technischen Spezialkenntnisse werden üblicherweise in den deutschen Ausbildungsgängen nicht vermittelt. Der Schließung dieser Lücke fühlt sich der AK Bauteilmetallographie verpflichtet.

Dafür wird einmal im Jahr ein gleichnamiges Fortbildungsseminar unter dem Dach der DGM veranstaltet, das bisher seine infrastrukturelle Heimat dankenswerterweise an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin-Lichterfelde finden durfte.

### **Der AK Probenpräparation**

Den Arbeitskreis Probenpräparation kann man wohl mit Fug und Recht als Grassroots AK bezeichnen, beschäftigt er sich doch mit dem entscheidenden Handwerkszeug der Fachgemeinschaft, der materialographischen Probenpräparation. Alle Mitglieder der Community sind sich bewusst, dass jede Gefügeauswertung, jeder Schadensanalysebericht, auch jede wissenschaftliche Publikation nur so gut sein kann wie die am Anfang stehende Probenpräparation. Um ihre Qualität zu sichern und die Präparationstechniken stetig weiter zu entwickeln veranstaltet der AK Probenpräparation u.a. Gemeinschaftsversuche, über die regelmäßig auf den Metallographie-Tagungen und im legendären Fachjournal der deutschsprachigen und internationalen Scientific Community, der Praktischen Metallographie, berichtet wird.

### **Der Gemeinschaftsausschuss Rasterelektronenmikroskopie in der Materialprüfung**

Auf Ebene der Arbeitskreise gibt es einen Gemeinschaftsausschuss (GA bzw. Gemeinschafts-AK) mit anderen Fachverbänden. Der GA REM in der Materialprüfung arbeitet in Gemeinschaft mit dem Deutschen Verband für Materialforschung (DVM) unter dem Dach des FA Materialographie. Die Arbeitsinhalte dieses GA sind vielfältig und reichen von der Fraktographie, also der Bruchflächenanalyse im REM bis hin zur in-situ Werkstoffprüfung in der Probenkammer des Rasterelektronenmikroskops.

### **Der AK Fachforum 3D-Gefügeanalyse und Tomographie**

Um auch die neuesten wissenschaftlich-technischen Entwicklungen des Fachgebietes Materialographie im Fachausschuss abzubilden, wurde dieser AK gegründet. Er hat sich die Weiterentwicklung der tomographischen Verfahren über alle Skalenbereiche hinweg zum Ziel gesetzt.

Diese und die anderen Arbeitskreise im Fachausschuss Materialographie werden in Spezialbeiträgen in diesem Heft en détail vorgestellt.

## **LITERATUR**

1. <https://dgm.de/de/netzwerk/fach-gemeinschaftsausschuesse/materialographie>, Stand 27.02.2021

## **KONTAKT**



### **SIEMENS ENERGY**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Neidel

Huttenstraße 12

D-10548 Berlin

Tel. +40 174 309 6692

[andreas.neidel@siemens-energy.com](mailto:andreas.neidel@siemens-energy.com)

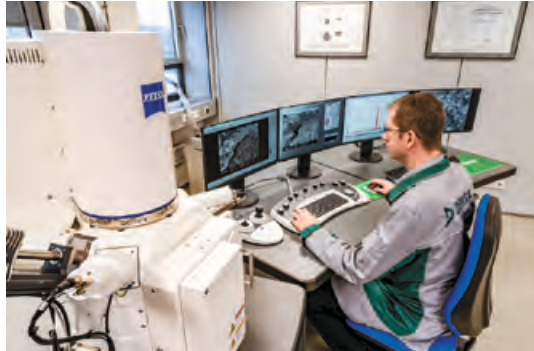
<https://www.siemens-energy.com/global/>

# DEKRA LABOR SAARBRÜCKEN ERWEITERT ANALYTIK-SPEKTRUM

Die Expertenorganisation DEKRA baut das Labor für Werkstofftechnik und Schadensanalytik in Saarbrücken weiter aus. Ein neues Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop bietet weitergehende Analysemöglichkeiten für Kunden aus Hightech-Branchen.

Das neue Feldemissions-REM erzeugt auch im Bereich über 120.000facher Vergrößerung hochauflösende Bilder und erlaubt damit tiefergehende Einblicke als herkömmliche Geräte. Das Einsatzspektrum umfasst beispielsweise die Untersuchung von Bruchflächencharakteristiken, Oberflächencharakterisierung oder die Identifikation von Ablagerungen. Neu für das DEKRA Labor Saarbrücken ist die Erweiterung des Untersuchungsspektrums auf nichtleitfähige Materialien. Die Experten können so verstärkt Hightech-Märkte wie die Beschichtungsindustrie, Nanotechnologie, Elektronikindustrie und Medizintechnik bedienen.

Unter dem Dach der DEKRA Automobil GmbH bietet das Labor Werkstoffuntersuchungen und Schadensanalysen für die Industrie, Versicherungen, Verbraucher und Gerichte. Das Labor ist besonders spezialisiert auf Analysen von Sanitärschaden sowie für Schäden aus dem Automobilsektor.



Das DEKRA Labor ist von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiert und gehört mit 25 Beschäftigten zu den führenden Instituten in diesem Sektor. Es verfügt über zahlreiche Akkreditierungen und besondere Befugnisse: unter anderem die Anerkennung als Prüfstelle durch den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und die Anerkennung als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle (PÜZ) nach LBO für Betonstähle. Dazu kommen auch internationale Anerkennungen im Bereich Umweltsimulation (VSCC, Taiwan). Korrosions- und Bewitterungstests von Fahrzeugteilen, technischen Erzeugnissen und Verpackungen ergänzen das umfangreiche Leistungsspektrum.

## KONTAKT

### DEKRA AUTOMOBIL GMBH

Werkstofftechnik und  
Schadensanalytik  
Untertürkheimer Str. 25  
D-66117 Saarbrücken  
Tel.: +49 (0)681 5001-100  
Fax: +49 (0)681 5001-222  
testlab@dekra.com  
www.dekra.de



## Alles für ein langes Leben. DEKRA Werkstofftechnik und Schadenanalytik.

Wenn es um die Sicherheit und Qualität im Automobilbereich geht, sind fachliches Know-how und fundiertes Branchenwissen gefragt. Auf beiden Strecken ist DEKRA für Sie sicher unterwegs. Als kompetenter und verlässlicher Partner stehen wir Versicherungen, Kfz-Zulieferern, Schaden-gutachtern und Unfallanalytikern zur Seite.

Erfahren Sie mehr unter unserer kostenlosen Service-Hotline  
0681.5001-100 oder per E-Mail an testlab@dekra.com.

www.dekra.de





# DER ARBEITSKREIS „QUANTITATIVE GEFÜGEANALYSE“ IM FACHAUSSCHUSS MATERIALOGRAPHIE

**Autor: Ulrich Sonntag, GFaI e.V. Berlin**

Im Zeitalter der sprunghaft ansteigenden digitalen Vernetzung auf allen Ebenen des gesellschaftlichen Lebens steht insbesondere auch eine diesbezügliche Umstrukturierung der industriellen Produktion zur Debatte. Betrachtet man die aktuell gültigen Normen und Durchführungsbestimmungen in der Materialanalyse, so sind oftmals noch subjektiv behaftete Auswertemethoden die gängige Praxis. Um einen weitestgehend selbstorganisierten Produktionsprozess zu ermöglichen, ist die Integration von Methoden der digitalen Bildanalyse eine notwendige Voraussetzung.

## **Ziele**

Der Arbeitskreis Quantitative Gefügeanalyse beschäftigt sich mit Fragestellungen zur Bestimmung von Gefügeparametern, die aus digitalen Abbildungen ermittelbar sind. Dabei sind insbesondere solche Kenngrößen von Interesse, die in einem engen Zusammenhang mit den Herstellungsbedingungen oder den Werkstoffeigenschaften stehen. Die Hauptziele sind somit:

- Aufgreifen von industriellen und wissenschaftlichen Fragestellungen zur Charakterisierung und Beschreibung von Gefügen mittels quantitativer Methoden
- Initiieren von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben: gemeinsame Projekte von Universitäten, Forschungsinstituten und Industrieunternehmen
- Erfahrungsaustausch zwischen Anwendern und Entwicklern, die auf dem Gebiet der quantitativen Gefügeanalyse tätig sind und Netzwerkbildung
- Erfahrungsaustausch zur Anwendung verschiedener Bildanalyseprogramme
- Veröffentlichung von im Rahmen des Arbeitskreises entstandenen Entwicklungsergebnissen

## **Ausgangssituation**

Dieser Arbeitskreis unter dem Dach der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM) besteht schon mehrere Jahrzehnte, wurde dabei von kompetenten Fachkräften geleitet. Zur Durchsetzung der vorgegebenen Ziele wurden Fachausschüsse

gebildet, welche in Arbeitskreise unterteilt sind, die ihrerseits fachspezifische Aufgaben erfüllen. Zum Fachausschuss Materialographie, zählt u. a. der hier näher vorzustellende AK „Quantitative Gefügeanalyse“. Trotz dieser vermeintlich guten Interessenlage konnte es innerhalb des Fachausschusses nicht verhindert werden, dass die Leitung des AK einige Jahre vor September 2012 unbesetzt blieb und somit keine dementsprechenden Thematiken zur Charakterisierung und Beschreibung von Gefügen mittels quantitativer Methoden in Angriff genommen wurden.

Da in meiner industrienahen Forschungseinrichtung, der GFaI e.V., ähnliche Aufgabenstellungen behandelt wurden und werden, habe ich nach Anfrage von der DGM ab diesem Zeitpunkt die Leitung dieses Arbeitskreises übernommen.

## **Organisation**

Seit Neukonstituierung des AK im September 2012 fanden regelmäßig Treffen statt. Nach dem Neustart des AK mit dem Kickoff-Treffen im Februar 2013 fanden seitdem ca. alle 9 Monate insgesamt 12 Treffen statt. Erfreulich hierbei ist die Tatsache, dass es bisher immer die Bereitschaft einzelner Teilnehmer gab, trotz des damit verbundenen Organisationsaufwands und anfallender Kosten die Veranstaltung quasi „reihum“ auszurichten.

Dabei werden die Betriebe oder Forschungseinrichtungen näher vorgestellt, verbunden meist mit Werks- oder Institutsführungen zum Kennenlernen der Produktionsabläufe und angewendeten Technologien.



**Abb. 1:**  
Teilnehmer des Arbeitskreises „Quantitative Gefügeanalyse“ auf der Veranstaltung 2016 in Aalen

Auch der zwischenmenschliche Aspekt kommt nicht zu kurz, weil die (meist) Zweitagesveranstaltung immer ein gemeinsames abendliches Treffen beinhaltet, was für die Anbahnung oder weitere Vertiefung geknüpfter fachlicher Kontakte nicht unterschätzt werden sollte.

Das Interesse an der Bearbeitung bildanalytischer Problemstellungen in der Materialographie war und ist nach wie vor sehr hoch, was die Teilnehmerzahlen von ca. 30 Personen pro Treffen unterstreichen. Mit 58 eingetragenen Mitgliedern zählt der Arbeitskreis Quantitative Gefügeanalyse zu den zahlenmäßig stärksten der DGM. Hinzu kommt, dass über die Mitglieder die Aktivitäten auch innerhalb ihrer Institutionen an weitere Interessenten übermittelt werden, die zwar nicht an den Arbeitstreffen und diversen Ringversuchen teilnehmen (können), jedoch Anregungen geben und ein starkes Interesse an den erzielten Untersuchungsergebnissen zeigen. Die somit stattfindende Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse liegt ganz im Sinne der DGM und fördert nachhaltig den Erfahrungsaustausch. Auch der Gedanke des Wissenstransfers zwischen Forschung und Wirtschaft wird hierbei gelebt, kommen die Mitglieder doch aus 26 Industriebetrieben sowie 16 Forschungseinrichtungen.

### Inhalte und Schwerpunkte

Die seit ca. 8 Jahren behandelten Themen sind sehr breit gefächert und werden quasi durch die Klammer „Digitale Bildverarbeitung“ zusammengehalten. Auch spielt die Aktualität eine Rolle, so dass sukzessive weitere interessante Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Ausgehend von den im Vorfeld der ersten konstituierenden Sitzung eruierten zur Diskussion gestellten Aufgabenstellungen haben sich diese im Laufe der Zeit konkretisiert bzw. wurden verworfen und durch neue, stärker die Allgemeinheit interessierende Themen ersetzt. Einen solchen Schwerpunkt von allgemeinem Interesse bildet der Themenbereich Reproduzierbares Messen, wo solche Fragestel-

lungen wie Prüfmittleignung, die Anpassung von Präparationsmethoden und statistische Behandlung von Messungenauigkeiten eine Rolle spielen.

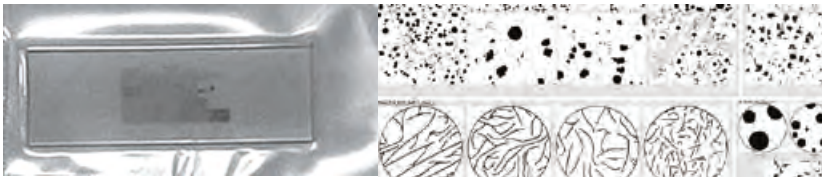
Des Weiteren spielt die Charakterisierung von verschiedenen Materialien eine wichtige Rolle, wobei hierbei zunehmend Methoden der künstlichen Intelligenz, insbesondere die des Machine Learning, betrachtet werden. Genannt werden muss auch die Begleitung von laufenden Forschungsprojekten. Dies betrifft u.a. die Mitarbeit in projektbegleitenden Ausschüssen und die Teilnahme an Ringversuchen. Hierbei stehen hauptsächlich Gusswerkstoffe im Mittelpunkt.

Neben diesen Arbeitsschwerpunkten gibt es weitere Themenbereiche, welche diese turnusmäßigen Treffen vervollständigen. So stellen neu hinzugekommenen Mitglieder sich und ihre Institution in der Kategorie „Wer macht was“ vor. In der Kategorie „Verschiedenes“ erfolgen sowohl Fachbeiträge zu anderen Thematiken [1], [2] als auch Informationen zu technisch-organisatorischen Aspekten, z.B. kartellrechtlichen Bestimmungen oder zu Normfestlegungen. Abgerundet werden die Veranstaltungen mit einer Diskussionsrunde zu offenen Fragestellungen und zur inhaltlichen Vorbereitung der nächsten Treffen.

### Erreichte Ergebnisse

Die Bilanz der letzten 8 Jahre kann sich durchaus sehen lassen. Zu den Thematiken „Gusseisen“ und „Reproduzierbares Messen“ wurden insgesamt 5 Ringversuche durchgeführt. Dabei konnten wichtige Erkenntnisse zu optimalen Aufnahmebedingungen, zur Klassifizierung von Partikelstrukturen und zur Reproduzierbarkeit von Messergebnissen gewonnen werden. Unter anderem erfolgte dazu eine Veröffentlichung in der Fachzeitschrift „Praktische Metallographie“ [3].

Hinzu kommt die Beteiligung an 5 weiteren, extern aufgelegten Ringversuchen, welche im Rahmen von laufenden Forschungsprojekten stattfanden (DIA-



**Abb. 2:**  
Partikelnormal und Detailausschnitt der darauf aufgetragenen Strukturen

graph, DIAgraph II). Alle Teilnehmer an diesen durchgeführten Ringversuchen erhielten immer sowohl den Abschlussbericht als auch ein Zertifikat über die Teilnahme.

Ein zusätzliches aus diesen Untersuchungen entstandenes Ergebnis ist die Zusammenstellung von diversen Referenzbildern zu einem Partikelnormal, welches anschließend von einer externen Firma in größerer Stückzahl produziert wurde. Damit ist es nun möglich, vergleichende Messungen z.B. zwischen Zulieferer und Abnehmer auszuführen und damit die Aufnahmebedingungen aufeinander abzustimmen.

Ein weiteres Thema von großem Interesse ist die Schaffung von praxisrelevanten Standards zur Qua-

litätssicherung. So wurden für die 2019 veröffentlichte Norm ISO 945-4 in der Erstellungsphase die aus o.g. Ringversuchen gewonnenen Erkenntnisse an den Normungsausschuss weitergegeben und von diesem in wesentlichen Punkten berücksichtigt. Zurzeit wird eine Überarbeitung des aktuell nur als Technical Report vorliegenden Standards ISO-TR 945-2 vorbereitet, wofür im AK ebenfalls einige Arbeiten gemacht wurden.

Schon mehrfach wurden in Vorträgen bearbeitete Themen des AK auf Veranstaltungen der DGM, insbesondere zur den Metallogrietagen vorgestellt [4].

Eine aktuelle und nicht minder spannende Aufgabenstellung ist die Charakterisierung von bainitischen Gefügen. Hierzu gibt es ein großes Interesse an der Entwicklung von praxisrelevanten Klassifizierungsmöglichkeiten, weil aufgrund der Komplexität der Strukturen dazu bisher noch wenig existiert. Die Thematik wurde im AK vorgestellt und diskutiert. Es hat sich daraus eine Arbeitsgruppe konstituiert, in der neue Lösungswege für Teilaufgaben gefunden wurden. Dies mündete in einer Veröffentlichung im renommierten Fachjournal „Metallography, Microstructure, and Analysis“ [5].

Zu guter Letzt sei noch erwähnt, dass in den vergangenen 8 Jahren in Summe über alle behandelten Thematiken 105 Fachvorträge gehalten und bis auf wenige Ausnahmen im AK-Mitgliederbereich der DGM hinterlegt wurden.

## LITERATUR

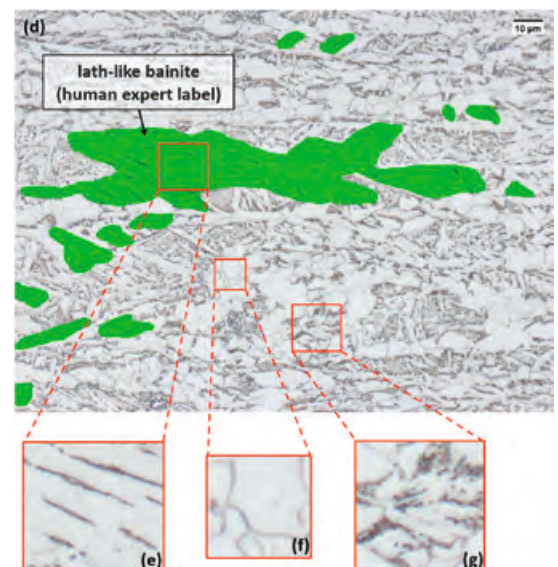
1. Sonntag, U.: Homogenitätsuntersuchungen zur Nodularität von Eisengussgefügen. DGM-News 03/2019 zur Sitzung des DGM-Arbeitskreises „Quantitative Gefügeanalyse“ beim Fraunhofer IKTS Dresden
2. Sonntag, U., Hiebert, T., Engstler, M., Britz, D., Mücklich, F.: Bildanalytische Lösung zur Quantifizierung der Homogenität von Gefügen. Sonderband 52 der Praktischen Metallographie, S. 313-318
3. Sonntag, U.: Ringversuch „Mikroskopische Aufnahmen von Gusseisenproben“ im Arbeitskreis „Quantitative Gefügeanalyse“ des Fachausschusses Materialographie der DGM. Practical Metallography 9/2015, Carl Hanser Verlag, S. 487 ff.
4. Sonntag, U.: Der DGM-Arbeitskreis „Quantitative Gefügeanalyse“ - Aktuelle Aufgabenstellungen. 49. Metallographie-Tagung, Session: Korrelation von Gefüge und Eigenschaften zur Werkstoffentwicklung, Prozessoptimierung und Qualitätssicherung, Dresden, 17.09.2015
5. Müller, M., Stanke, G., Sonntag, U., Britz, D., Mücklich, F.: „Segmentation of Lath-Like Structures via Localized Identification of Directionality in a Complex-Phase Steel“, Metallography, Microstructure, and Analysis 2020, Springer ISSN 2192-9262

## KONTAKT



### GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG ANGEWANDTER INFORMATIK E.V.

Dipl. Math. Ulrich Sonntag  
Volmerstraße 3, 12489 Berlin  
Tel.: +49 30 814563-419  
E-Mail: [sonntag@gfai.de](mailto:sonntag@gfai.de)  
www: <http://www.gfai.de/>



**Abb. 3:**

Aus [5], Seite 8 "Microstructure image of complex-phase steels which is used for the segmentation trials, consisting of granular bainite and some polygonal ferrite plus lath-like bainite"

# OBJEKTCLASSIFIZIERUNG MITTELS MACHINE LEARNING

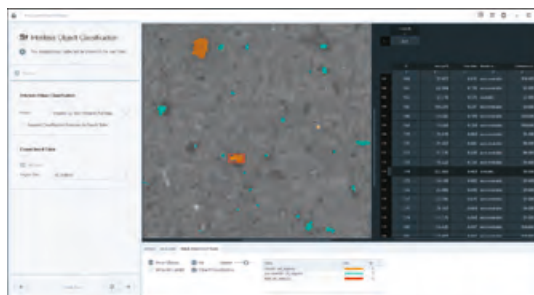
Für die Metallographie bieten die Methoden des Machine Learning bereits heute beeindruckende Möglichkeiten bei der automatisierten Bildanalyse und Segmentierung. Allerdings betrachten sie stets Pixel für Pixel und sind daher weniger geeignet, konkrete Objekte im Bild zu erkennen und verschiedenen Unterklassen zuzuordnen. Ein neues Modul der Bildanalyse-Software ZEISS ZEN core ermöglicht nun jedoch genau dies auf besonders einfache Weise. Bereits segmentierte Bildobjekte können mit Hilfe eines mit wenigen Klicks trainierten Modells schnell und zuverlässig in Subtypen klassifiziert werden.

Das neue Modul ZEISS ZEN Intellesis Object Classification kann schnell und einfach Objektklassifizierung mittels Machine Learning durchführen. Es baut dabei auf eine bereits durchgeführte Segmentierung und Bildanalyse auf. Sind bereits zusammenhängende Bildbereiche als Objekte erkannt, können diese mit Hilfe des Moduls automatisiert in weitere Unterklassen unterteilt werden. Dabei ist es unerheblich, ob die identifizierten Regionen Körner, Einschlüsse, Poren, verschiedene Phasen, Partikel oder andere Objekte darstellen. Ebenso spielt es keine Rolle, auf welche Weise die Objekte zuvor segmentiert wurden, ob mittels einfachem Schwellwert oder komplizierteren Methoden wie z.B. Machine Learning Segmentation. Für das Training eines Objektklassifizierungsmodells muss das Modul lediglich wissen, welche Objekte betrachtet werden sollen.

## Training eines Machine Learning Modells zur Objektklassifizierung

In einer intuitiven Benutzeroberfläche werden die zu unterscheidenden Objektklassen definiert. Für das Training eines Objektklassifizierungsmodells ist es dann lediglich notwendig, einige Objekte per einfachem Mausklick ihrer jeweiligen Klasse zuzuordnen. Danach wird das Training gestartet und ein Modell wird generiert. Während des Trainingsprozesses werden mehr als 50 Messgrößen der Objekte in Bezug auf Form und Intensität (bzw. Farbe) herangezogen und automatisiert gewichtet, um letztendlich einen Entscheidungsbaum zu erzeugen, der jedem Objekt eine Klasse zuweisen kann. Da das Modell statt der typischerweise Millionen einzelner Pixel im Bild eine überschaubare Zahl gemessener Eigenschaften der Objekte betrachtet, laufen sowohl das Training als auch die spätere Anwendung des

Modells deutlich schneller ab und benötigen üblicherweise nur wenige Sekunden. Bereits während des Trainings wird das Ergebnis der Objektklassifizierung als Vorschau dargestellt und kann nach Bedarf (ebenfalls per Mausklick) korrigiert und iterativ verfeinert werden. Ist das Training zur Zufriedenheit abgeschlossen, wird das Modell gespeichert und kann anschließend beliebig oft zur Analyse entsprechender Bilder verwendet werden. Das Ergebnis der Objektklassifizierung wird sowohl als farbige Segmentierung im Bild, als auch in Form einer Tabelle ausgegeben. Diese lässt sich selbstverständlich weiterverwenden, statistisch auswerten, sowie als Report darstellen und abspeichern.



## Anwendungsbeispiel: Partikelanalyse

Das Beispiel zeigt die lichtmikroskopische Mehrkanalaufnahme eines Filters mit metallischen und nicht-metallischen Partikeln. Nach einer ersten Schwellwertsegmentierung wurden diese mittels ZEN Intellesis Object Classification weiter klassifiziert.

Weitere Anwendungsbeispiele sind z.B. die Unterscheidung von Poren (regulär vs. Lack-of-Fusion) bei der Additiven Fertigung oder die Unterscheidung von Siliziumphasen (primär vs. eutektisch) in AlSi-Legierungen.

Im Rahmen eines geführten Workflows kann ein trainiertes Machine Learning Modell per Schwellwert segmentierte Partikel als metallisch (gelb) und nicht-metallisch (hell-blau) unterscheiden.

## KONTAKT

### CARL ZEISS MICROSCOPY GMBH

Carl-Zeiss-Promenade 10  
D-07745 Jena  
microscopy@zeiss.com  
www.zeiss.de/  
mikroskopie



# KUNSTSTOFFUNTERSUCHUNGEN MIT POLARISIERTEM LICHT

**Autor: Jörg Trempler**

Messende lichtmikroskopische Methoden, wie z.B. die Bestimmung der optischen Doppelbrechung haben überall dort eine überragende Bedeutung, wo in den zu untersuchenden Materialien mit lichtmikroskopischen Methoden kein Gefüge sichtbar gemacht werden kann. Das trifft auf alle amorphen Kunststoffe, wie z. B. Polystyrol oder Polycarbonat zu.

Auch an teilkristallinen Polymeren können diese messenden Verfahren zusätzlich zu der dort oft möglichen Gefügebewertung mit unterschiedlichen lichtmikroskopischen Methoden eingesetzt werden und liefern zusätzlich wertvolle Informationen.

## Grundlagen

**Tab. 1:**  
Lichtmikroskopisch bestimmbare optische Daten und daraus abzuleitende Kunststoffeigenschaften

Zur Charakterisierung von Kunststoffen im polarisierten Licht ist eine Reihe von optischen Daten geeignet. Die folgende Tabelle 1 gibt die im Lichtmikroskop bestimmbaren optischen Daten und die daraus abzuleitenden Kunststoffeigenschaften an.

| Optische Daten                                                       | Bestimmbare Kunststoffeigenschaften                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dispersion der Brechzahl                                             | Zur Unterscheidung von optisch, thermisch und chemisch sehr ähnlichen Kunststoffen geeignet                                                                                                                                                                                           |
| Dispersion der Doppelbrechung                                        | Die Bestimmung des exakten Interferenzstreifens bei der Gangunterschiedsmessung zur Anisotropiebestimmung wird ermöglicht                                                                                                                                                             |
| Brechzahl                                                            | Identifikation von Kunststoffen, Nachweis von Verunreinigungen in Kunststoffen, Bestimmung der Glasübergangstemperatur und der Umwandlungstemperatur amorph – kristallin                                                                                                              |
| Doppelbrechung/ Anisotropie                                          | Bestimmung der physikalischen und mechanischen Probenanisotropie, der zerstörungsfreien Bestimmung z. B. der mechanischen Festigkeit, der automatische Überwachung des Schrumpfverhaltens; diese Methode ist gut zur on - line Überwachung der Verarbeitung von Kunststoffen geeignet |
| Optische Indikatrix                                                  | Aussagen über die Molekülvorzugsrichtung und die Menge der ausgerichteten Polymermoleküle                                                                                                                                                                                             |
| Optischer Achsenwinkel bei optisch zweiachsigen Kunststoffformteilen | Automatische on - line Überwachung der Folienproduktion; die Foliendicke, die Anisotropie und der Schrumpfgrad können zerstörungsfrei und kontinuierlich bestimmt werden                                                                                                              |

## Makroskopische Untersuchungen im polarisierten Durchlicht an amorphen Polymeren

Werden transparente Formteile im linear polarisierten Durchlicht betrachtet, so ergibt sich ein Bild, welches farbige Isochromaten und schwarze Isoklinen enthält

Farbsättigung, Anzahl und Abstände der Isochromaten untereinander geben Informationen über die Höhe der Prüfkörperanisotropie und den Gradienten dieser Anisotropie über den Fließweg der Polymerschmelze und deren Abkühlungsregime. Im Bild 1 ist das gut zu erkennen.

In Angussnähe des dargestellten Dreiecks besteht eine hohe Anisotropie, belegt durch die hohe Isochromatendichte. Der geteilte Fließweg der Polymerschmelze innerhalb des Werkzeuges führt zur Ausbildung einer gut erkennbaren Fließ- oder Binde-naht. Durch die Abkühlung der Schmelze während des Fließvorganges und die plötzliche Änderung der Molekülerorientierung direkt im Nahtbereich stellt eine solche Fließnaht immer eine Schwachstelle im Formteil dar und muss bei hochwertigen Produkten nach Möglichkeit vermieden oder abgeschwächt werden. Das kann durch eine andere Gestaltung und einer geänderten Temperatur des Werkzeuges, sowie optimierte Verarbeitungsbedingungen erreicht werden.

## Mikroskopische Untersuchungen im polarisierten Durchlicht an amorphen Polymeren

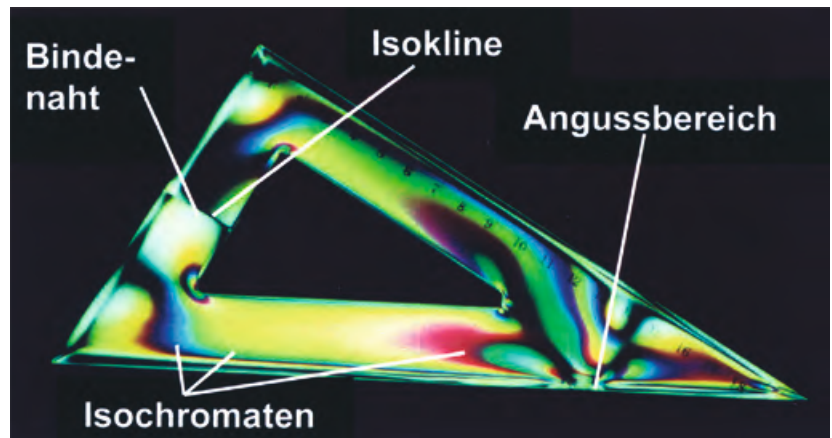
Die anwendungstechnischen Eigenschaften der Kunststoffe werden in hohem Grade von der Mole-

külanisotropie beeinflusst. Die - C - C - Hauptvalenzbindungskräfte in Kettenrichtung betragen etwa das 50- bis 80- fache der Nebenvale nzbindingen der Ketten untereinander und erreichen theoretisch die Festigkeit von Stahl. In dem Maße, wie es gelingt, diese Anisotropie im Entstehen messtechnisch z.B. durch die Bestimmung der optischen Doppelbrechung zu erfassen, besteht die Möglichkeit der Qualitätsüberwachung sowie zur unmittelbaren Erzeugnis - Eigenschafts- beeinflussung.

Wird ein isotropes Objekt (Glasobjektträger) im Polarisationsmikroskop zwischen den gekreuzten Polarisatoren um 360° gedreht, so erscheint das Sehfeld stets dunkel. Bei anisotropen Objekten wird das Sehfeld bei einer solchen Drehung viermal abwechselnd hell und dunkel. Dieser Wechsel der Probenfarbe bzw. im monochromatischen Licht der Probenhelligkeit und der daraus resultierende Bezug zu den Mikroskoppolarisatoren und den optischen Probeneigenschaften sind die Grundlage für die messende Mikroskopie an Polymeren. Da diese Messungen zerstörungsfrei und berührungslos erfolgen, eignen sie sich hervorragend zur automatischen Überwachung und Steuerung der Fertigung.

#### Mikroskopische Untersuchungen im polarisierten Durchlicht an teilkristallinen Polymeren

Das Gefüge von teilkristallinen Kunststoffen lässt sich im Polarisationsmikroskop sehr gut darstellen. Aus den Bildern können Rückschlüsse auf die Abkühlungsvorgänge im Werkzeug, ungleichmäßige Abkühlung, Verunreinigungen und Angussfehler gezogen werden. Durch optische Messungen innerhalb der Sphärolithe kann z.B. beim Polypropylen die Modifikation und damit die Rissanfälligkeit bestimmt werden



**Abb. 1:**  
Polystyrol-dreieck im linear polarisierten Durchlicht

#### LITERATUR

1. Kern, M., Trempler, J., Beobachtende und messende Mikroskopie in der Materialkunde, Brünne Verlag, Berlin 2007
2. Freund, H., Handbuch der Mikroskopie in der Technik – 8 Bände, Umschau Verlag, Frankfurt am Main 1954 ff
3. Beyer, H., Riesenberger, H., Handbuch der Mikroskopie, Verlag Technik, Berlin 1988
4. Emons, H. H., Keune, H., Seyfarth, H. H., Chemische Mikroskopie, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1973
5. Trempler, J. Materialmikroskopie unter besonderer Berücksichtigung der Kunststoffe, Teil II, Beobachtende Lichtmikroskopie an Kunststoffen, Praktische Metallographie 40 (2003) 10, 481- 531
6. Trempler, J. Materialmikroskopie unter besonderer Berücksichtigung der Kunststoffe, Teil III, Messende lichtmikroskopische Untersuchungen an Kunststoffen, Praktische Metallographie 42 (2005) 12, 585 - 629

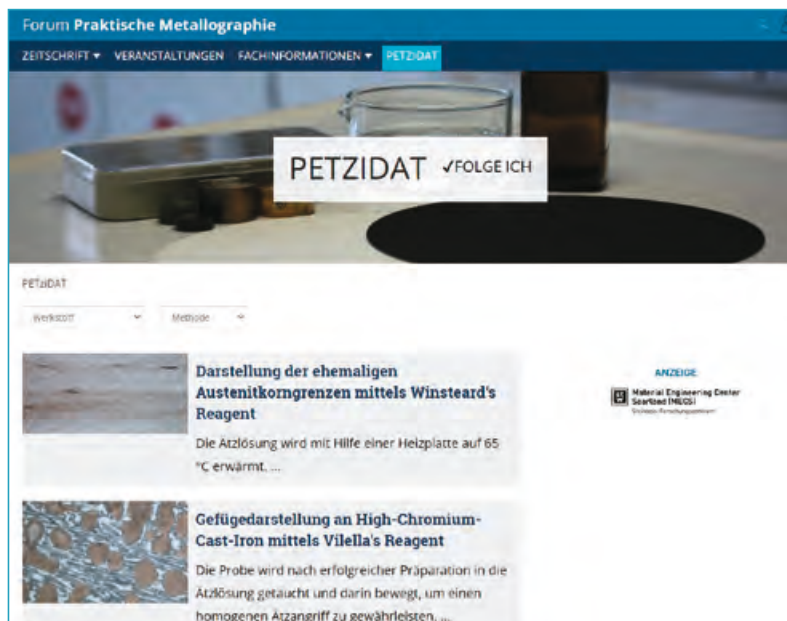
#### KONTAKT

**DR. JÖRG TREMPLE**  
Kösener Straße 59  
06618 Naumburg Saale  
Tel.: 0152 27530091  
E-Mail: jörg.trempler@gmx.de

# ARBEITSKREIS MATERIALOGRAPHIE IM INTERNET IM FA MATERIALOGRAPHIE

**Autor: Michael Engstler, Universität des Saarlandes**

Die Materialographie bietet einen faszinierenden Einblick in die bunte Welt der Materialien. In der Präparation, Abbildung und Analyse von Mikrostrukturen von Materialien stecken oft jahrelange Erfahrungen von Materialograph\*innen, die ihre Handgriffe in ihrer täglichen Arbeit optimiert und perfektioniert haben. Der DGM-Arbeitskreis Materialographie im Internet bietet eine Möglichkeit, diesen Erfahrungsschatz zu teilen und damit den Anwendern die Entwicklung neuer Präparations- und Analyseroutinen zu erleichtern.



Der DGM-Arbeitskreis Materialographie hat es sich zur Aufgabe gemacht, auf Basis der Internetseite [www.matnet.info](http://www.matnet.info) 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 eines Diskussionsforums weitergeben.

Die Internetplattform [www.pm-forum.info](http://www.pm-forum.info) bietet unter anderem:

- Erfahrungsaustausch zu den Themen Präparation, Mikroskopie und Analyse von Werkstoffgefügen
- Aufbau einer interaktiven Datenbank mit Präparations- und Ätzrezepturen verschiedenster Labors (PETziDAT). Sie dient als Nachschlagewerk sowie zum Informations- und Erfahrungsaustausch.
- Bereitstellung von Informationen zur Zeitschrift „Praktische Metallographie“, zu Veranstaltungen, zum Berufsbild und zur Geschichte der Materialographie

## KONTAKT



### UNIVERSITÄT DES SAARLANDES LEHRSTUHL FÜR FUNKTIONSWERKSTOFFE

Michael Engstler  
Campus D3 3  
D-66123 Saarbrücken  
Tel.: +49 681 302 70519  
[m.engstler@matsci.uni-sb.de](mailto:m.engstler@matsci.uni-sb.de)  
[www.fuwe.uni-saarland.de](http://www.fuwe.uni-saarland.de)

# VOLLAUTOMATISCHER HÄRTEPRÜFER HZ 50-4 DER FIRMA PRESI

Materialien, Werkstücke und Bauteile haben in der heutigen Industrie immer strengere Sollvorgaben. Dadurch wird gewährleistet, dass Bauteile im späteren Gebrauch den Belastungen auch nach Jahren trotzen. Eine der mechanischen Eigenschaften ist die Härte. In bestimmten Fällen steht die Härte eines Werkstoffs in einem umwertbaren Zusammenhang zur Werkstoff-Festigkeit. Somit kann die preiswerte Härteprüfung eine viel aufwendigere Zugprüfung ersetzen. Von praktischer Bedeutung ist die Möglichkeit, eine Umwertung der Vickershärte auf die Zugfestigkeit von Baustählen vorzunehmen. Dadurch können beispielsweise bei Prüfungen an Stahlkonstruktionen Materialverwechslungen nachgewiesen werden. Heutzutage ist ein Härteprüfer nicht wegzudenken, ob in der Wareneingangsprüfung, Materialforschung oder Qualitätssicherung. Der Härteprüfer ist eine begleitende Notwendigkeit geworden. Wir als Presi, möchten allen Nutzern daher dies so angenehm wie möglich gestalten und haben daher beschlossen, einen Härteprüfer zu entwickeln und zu bauen, der nicht nur die allgemeinen Prüfaufgaben erledigt, sondern auch zukunftsweisend ist.

## HZ50-4 mehr als nur ein Härteprüfer

Die Härteprüfung ist mehr als nur einen Eindringkörper, für eine definierte Zeit und Kraft, in ein Material zu drücken, um dann die Diagonalen zu vermessen. Immer mehr Anwender wollen die Härteprüfung automatisiert haben, damit unnötige Arbeitszeit und sich wiederholende Tätigkeiten wegfallen. Bauteile wie Skalpellklingen, Nadeln und sonstige Kleinteile müssen ebenfalls geprüft werden. Dies bedarf einer starken Vergrößerung. Ergebnisse müssen mit einem Knopfdruck auf zentrale Speicherorte gesichert werden, damit andere Abteilungen oder Firmen, auf der anderen Seite der Welt, Zugriff darauf erhalten. Dies ist mit normalen Härteprüfern nicht denkbar.

Was den HZ50-4 von anderen Härteprüfern unterscheidet, ist z.B. die Software. Diese baut auf unserer Mikroskopie-Software auf und bietet unzählige Möglichkeiten, die ein gewöhnlicher Härteprüfer



Vickers & Knoop Härteprüfer: HZ50-4

nicht hat. Gefügeaufnahmen erzeugen, Winkel und Radien vermessen, Notizen erzeugen und vieles Mehr.

Einfache Härteverläufe zu erstellen (Eht/CHD oder sogar Nht/NHD), stellen für den HZ 50-4 kein Problem dar. Mühelos sind sogar anspruchsvollere 2D/3D-Mappings zu erstellen. Dank der Presi-Touch-Software kann das die Probenerkennung sogar automatisch. Unsere Presi-Touch Software bietet auch an, mittels unserer speziellen Mehrfachprobenhalter, durch einen Knopfdruck die Proben automatisch punktgenau anzufahren, um Übersichtsbilder zu erzeugen, die im späteren Bericht auftauchen. Durch die unzähligen Möglichkeiten findet der HZ 50-4 immer mehr den Weg in die Industrie 4.0.

So können Sie den Härteprüfer aus anderen Räumen oder sogar Standorten bedienen. Solange ein Mitarbeiter oder ein Roboter, die Proben auf den verfahrbaren Tisch legen kann, sind Ihnen keine Grenzen gesetzt.

Der HZ 50-4 stammt aus der Serie HZ-Härteprüfer der Firma Presi. Diese Serie besteht aus 3 semi-automatischen und 4 automatischen Härteprüfern. Um zu wissen welcher Härteprüfer für Sie der richtige ist, kontaktieren Sie uns und gemeinsam finden wir eine Lösung für Ihren Bedarf.

## KONTAKT

### PRESI GMBH

Rohrstraße 15  
D-58093 Hagen  
Tel.: +49 (0)2331-73678-70  
Tel.: +49 (0)2331-73678-99  
presi.de@presi.com  
www.presi.com



# AMBULANTE METALLOGRAPHIE–PRAKTISCHES VERFAHREN ZUR GEFÜGEBEURTEILUNG

**Autoren: Magdalena Speicher, Rudi Scheck, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart**

Die ambulante Metallographie (Bauteilmetallographie) ermöglicht Gefügecharakterisierungen und Oberflächenuntersuchungen beinahe zerstörungsfrei und bietet annähernd uneingeschränkte Einsatzmöglichkeiten. Die Verfügbarkeit der Untersuchungsergebnisse ist hierbei schnell und flexibel. Alle Präparationsschritte erfolgen direkt am Bauteil und der Gefüge- und Schädigungszustand werden entweder direkt vor Ort oder über Abdrucktechniken erfasst. Daher stellt dieses Verfahren ein wichtiges Werkzeug dar, um eine Untersuchung einschließlich Bewertung an der Komponente direkt in der Anlage effektiv und auch effizient durchführen zu können.

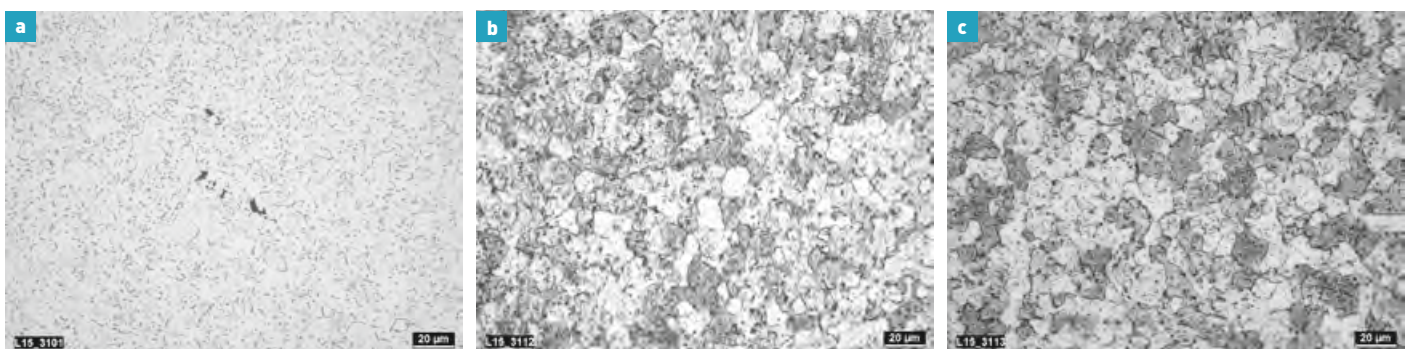
Die ambulante Bauteilmetallographie ist ein wichtiges Verfahren zur Qualitätssicherung in der technischen Praxis. Die Gefügeabdrücke werden hierbei zu unterschiedlichen Zwecken entnommen. Zum einen lassen sich damit die Nullaufnahme des Gefüges und die Beurteilung des Gefügezustandes zur Kontrolle der Herstellungsqualität mit Rückschluss auf die geforderten Eigenschaften dokumentieren. Zum anderen kann mit dieser Methode die Bewertung von Fehlern (Ausbildung von Rissen, Ausführung von Schweißungen, korrekte Wärmebehandlung...) in Verbindung mit Makroätzungen durchgeführt werden. Darüber hinaus erlaubt dieses Verfahren die Bewertung des Schädigungs- und Erschöpfungszustandes von kriechbeanspruchten Bauteilen, daher findet sie oft Anwendung in der Kraftwerkstechnik. Im Hinblick darauf sind z. B. die Richtreihen VGB-Standard S-517 als Hilfestellung nützlich [1]. Sie ist die einzige zerstörungsfreie Methode, die die ordnungsgemäße Herstellung und Verarbeitung über die Gefügezustandsbeurteilung gewährleisten kann. Dies erfolgt über die Zuordnung der Härte- und Festigkeitskennwerte der unterschiedlichen Gefügezustände. Außerdem kön-

nen mithilfe dieser Technik die Fehler oder Kriechporen im Millimeter bzw. Mikrometer-Bereich zuverlässig detektiert werden, im Gegensatz zu den gängigen zerstörungsfreien Methoden wie z. B. Ultraschall- bzw. Durchstrahlungstechnik, mit welchen kein Porennachweis möglich ist.

## Praktische Anwendung

Bei der Herstellung und Bewertung von Gefügeabdrücken sind einige wichtige Voraussetzungen zu beachten. Dazu zählen u. a. die Auswahl der richtigen Stelle(n) am Bauteil, sorgfältige und werkstoffangepasste Präparation, sachkundige und erfahrungsbasierte Auswertung sowie fachmännische Dokumentation. Als Einschränkung dieses Verfahrens kann die Anwendung nur an der Oberfläche von Bauteilen genannt werden. Die Zuverlässigkeit der Informationen, die ein Gefügeabdruck liefert, hängt von o. g. Faktoren ab und kann u. U. Einfluss auf Sicherheit und Verfügbarkeit der Komponente im Betrieb nehmen. Nachfolgend ist ein Beispiel gezeigt, wie die Ergebnisse durch eine ungeeignete Präparation beeinflusst werden können. Für einen

**Abb. 1:**  
Werkstoff 13CrMo4-4: (a)  
Replika gut präpariert, (b)  
zu kurz poliert, überätzt, (c)  
mehrfach poliert und geätzt



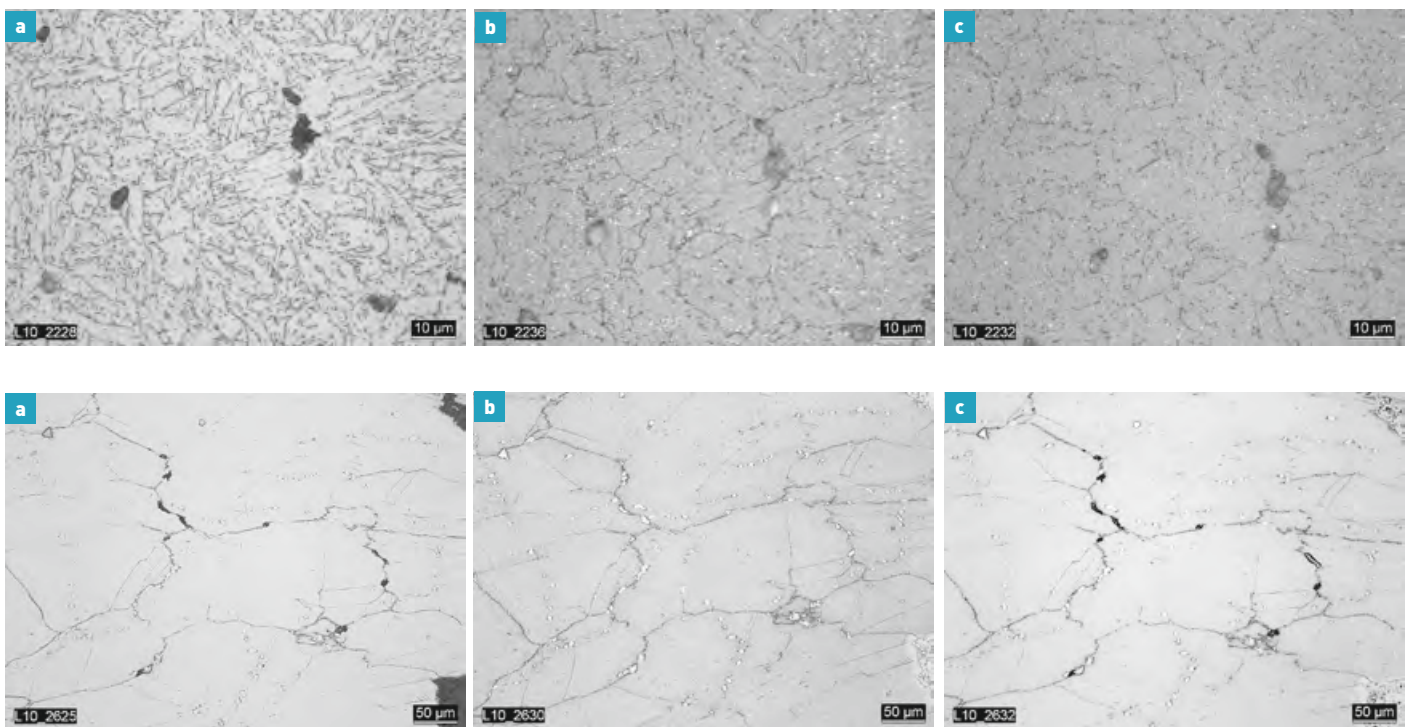
niedriglegierten Stahl 13CrMo4-4 ist dargestellt, wie unter Zeitdruck bzw. mit mangelnder Qualitätssicherungskontrolle hergestellte Replika falsche Befunde zum Gefüge und Porenbeurteilung liefern kann.

In der ambulanten Bauteilmetallographie spielt neben der Abdruckgenauigkeit auch die technische Handhabbarkeit der eingesetzten Abdruckmaterialien eine Rolle. Als Alternative zu Celluloseacetat-Folien bieten sich lichtaushärtende Kunststoffe an, die einfacher zu applizieren, abzulösen und für die lichtoptische Untersuchung vorzubereiten sind. In [2] wurden Vergleichsuntersuchungen an verschie-

denen Werkstoffen des Kraftwerkbaus durchgeführt. Auf der Basis der Befunde am Schliff wurden die Ergebnisse der Replikas mit den unterschiedlichen Abdruckmaterialien einander gegenübergestellt und bewertet. Es wurde festgestellt, dass die Erkennbarkeit der Gefügephasen und der Ausscheidungen im Korn und an den Korngrenzen, die Identifizierung von Werkstoffschädigung in Form von Korngrenzenrissen und Poren an Korn- und Subkorngrenzen sich mit der Standardgefügeabdrucktechnik mittels Acetatfolien vergleichen lässt. Beispielhafte Gegenüberstellungen für einen kriechebeanspruchten Stahl und eine kriechebeanspruchte Nickellegierung sind nachfolgend dargestellt.

**Abb. 2:**

Werkstoff X10CrMoVNb9-1 (P91): (a) Laborschliff lichtoptische Aufnahme, (b) Replika Celluloseacetat, (c) Replika Heraeus Technovit

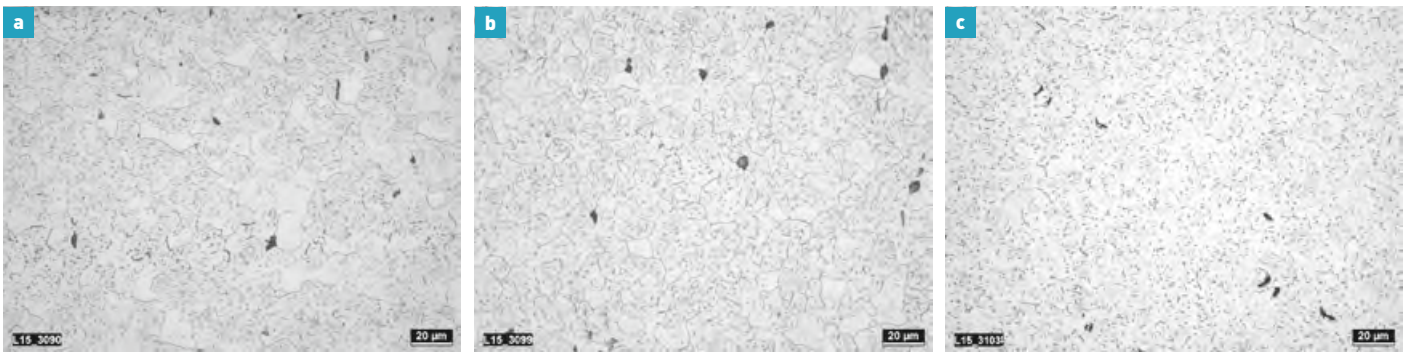


Bei ordnungsgemäßer Präparation nach den Anforderungen des Standes der Technik werden dem Laborschliff vergleichbare Ergebnisse bei der Bewertung des Gefügestandes und des Schädigungszustandes (Kriechporen) erzielt. Die Abweichungen von der ordnungsgemäßen Präparation führen bereits bei „metallographisch einfachen“ Stählen zu Fehlinterpretationen bezüglich Gefüge- und Schädigungsausbildung, siehe oben. Bei den heute eingesetzten „metallographisch komplexen“ martensitischen Stählen (z.B. P91, P92) ist die Abweichung von einer dem Werkstoff angepassten Präparation automatisch mit einer Fehlinterpretation verbunden. Qualitätsreplika können hierbei nur von geschulten Werkstoffprüfern oder Fachpersonal erstellt werden, deren Kompetenz in regelmäßigen Verfahrensprüfungen nachgewiesen ist. Der Zeitaufwand für die Präparation eines ordnungsgemäß hergestellten Gefügeabdrucks be-

trägt – ohne Rüstzeiten – ca. 2 h, hinzu kommt der Aufwand für Auswertung und Dokumentation. Die erste Stufe bei der Interpretation bzw. Auswertung des Gefügeabdrucks ist immer die Beurteilung der Qualität selbst. Die Bewertung des Gefügestandes erfordert nachgewiesenes werkstofftechnisches Wissen. Auswertungen von Schädigungszuständen und deren Kritikalitätsbeurteilung muss immer nach dem Vieraugenprinzip erfolgen; d.h. ein zweiter Experte ist zwingend erforderlich. Hierbei ist die Dokumentation für die Beschreibung der Schädigungsentwicklung von übergeordneter Bedeutung. Die Bewertung eines möglichen Versagens eines Bauteils auf der Grundlage von Replikaauswertungen sollte auf Fachwissen abgestützt werden. Bei ordnungsgemäßer Präparation liegt ein vergleichbarer Befund in Bezug auf Gefüge und Poren vor, siehe nachfolgende Aufnahmen.

**Abb. 3:**

Werkstoff NiCr23Co12Mo (Alloy 617): (a) Laborschliff lichtoptische Aufnahme, (b) Replika Celluloseacetat, (c) Replika Heraeus Technovit

**Abb. 4:**

Werkstoff 10CrMo9 10 nach  
Kriechbelastung, Rohrau-  
ßenseite: (a) Querschliff,  
(b) Oberflächenschliff, (c)  
Replika

## LITERATUR

1. Richtreihen zur Bewertung der Gefügeausbildung und Zeitstandschädigung warmfester Stähle für Hochdruckrohrleitungen und Kesselbauteile und deren Schweißverbindungen. VGB-Standard S-517, VGB PowerTech Service GmbH, Essen, 2014
2. K. Maile, R. Scheck, Erprobung neuer Abdruckmaterialien für die ambulante Bauteilmetallographie, Prakt. Met. Sonderband 42 (2010) 77-83

## KONTAKT

**MATERIALPRÜFUNGSANSTALT UNIVERSITÄT STUTTGART**

Dr.-Ing. Magdalena Speicher & Rudi Scheck  
Pfaffenwaldring 32  
D-70569 Stuttgart  
Tel.: +49 (0)711 685 60334  
[Magdalena.Speicher@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:Magdalena.Speicher@mpa.uni-stuttgart.de)  
[Rudi.Scheck@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:Rudi.Scheck@mpa.uni-stuttgart.de)  
[www.mpa.uni-stuttgart.de](http://www.mpa.uni-stuttgart.de)



# DER ARBEITSKREIS „PROBENPRÄPARATION“ IM FACHAUSSCHUSS MATERIALOGRAPHIE – Interdisziplinärer Austausch zu aktuellen Fragen der materialographischen Präparation

**Autor: Holger Schnarr, Leiter des AK „Probenpräparation“**

Materialographische Präparationstechniken treffen wir in vielen Bereichen der Industrie, Forschung und Entwicklung, Qualitätssicherung und Medizin an. Einerseits 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 Metallographie aber auch in eigens dafür eingerichteten Laboren statt und ist dort einer der Eckpfeiler der Qualitätssicherung. Damit ergibt sich ein Wissensgefälle in diesem Bereich.

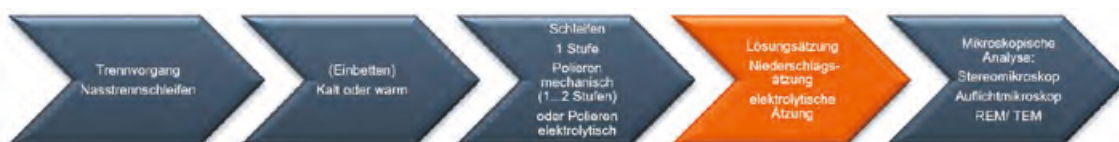
## Aufgaben des AK „Probenpräparation“

Der Arbeitskreis „Probenpräparation“ der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese Unterschiede auszugleichen und den Wissenstransfer innerhalb der materialographisch aktiven Gemeinschaft zu intensivieren. Als einer der früh gegründeten Arbeitskreise des Fachausschuss Metallographie beschäftigt sich diese Gruppe, der Vertreter aus Industrie, Forschung und Lehre angehören, mit den unterschiedlichsten Themen zur Präparation für die Licht- und Elektronenmikroskopie. Bei den jährlich stattfindenden Treffen werden aktuelle oder wiederkehrende Themen besprochen und diskutiert. In regelmäßigen Abständen stehen sogenannte Ring- oder Gemeinschaftsversuche auf dem Plan, in denen versucht wird, Präparationstechniken zu analysieren, zu modernisieren und in gewisser Weise auch zu standardisieren. In den letzten Jahren wurden z.B. Versuche zur Präparationsoptimierung für die Zielpräparation, die Stahlreinheitsgradbestimmung, die Ermittlung von Korngrößen an Austeniten, die Präparation von Sinterwerkstoffen und HVOF-Spritz-

schichten oder der intensiven Beschäftigung mit der elektrolytischen Präparation durchgeführt, um nur einige Beispiele zu nennen. Die Ergebnisse dieser Versuche werden regelmäßig auf den Metallographie-Tagungen publiziert und in Fachzeitschriften abgedruckt, so dass diese Arbeit kein Selbstzweck ist, sondern der breiten Masse an metallographisch Interessierten zugänglich gemacht wird.

## Aktuelle Themen des Arbeitskreises

Zurzeit beschäftigt sich der Arbeitskreis verstärkt mit dem Thema des Ätzens, mit dem fast jeder Metallograph im Laufe seiner Tätigkeit konfrontiert wird. Im Ätzprozess wird nach der vorher erfolgten mehrstufigen Präparation, in deren Verlauf eine möglichst artefaktfreie Oberfläche geschaffen wird, die Mikrostruktur des Werkstoffs für die nachfolgende Mikroskopie kontrastiert (Abb. 1). Für diese Ätzvorgänge werden klassischerweise mehr oder weniger starke chemische Lösungen, in der Regel Säuren oder Basen, für den gezielten Angriff der Kornflächen oder Korngrenzen genutzt.



**Abb. 1:** Schematischer Ablauf einer metallographischen Präparation zur Vorbereitung der mikroskopischen Analyse

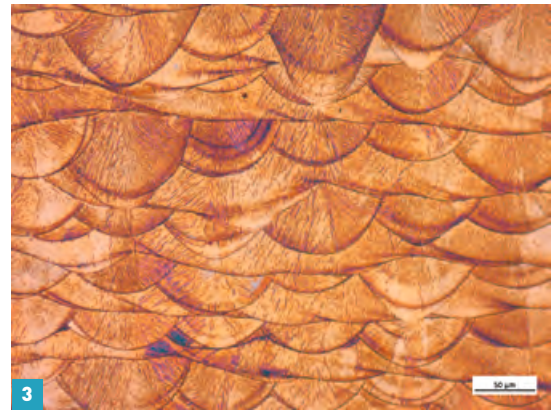
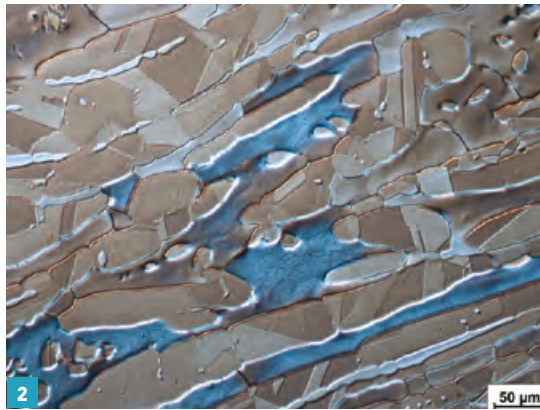


**Abb. 2:**

Duplex-Stahl, elektrolytisch geätzt mit Natronlauge. Unterschiedliche Färbung der Ferritinseln in der austenitischen Matrix. Betrachtung im differentiellen Interferenzkontrast.

**Abb. 3:**

Additiv gefertigte Kobalt-basis-Legierung, elektrolytisch geätzt mit einer Mischung aus Wasser, Salz- und Salpetersäure. Betrachtung im Hellfeld.



Ebenso können mit speziellen Ätzmitteln Element-Konzentrationsunterschiede, Verformungen oder Phasen sichtbar gemacht bzw. stärker kontrastiert werden. In Verbindung mit speziellen Kontrastmodulen im Lichtmikroskop ergeben sich damit Untersuchungsmöglichkeiten, die nicht nur aufschlussreich sein können, sondern auch dem Betrachter die Schönheit mikroskopischer Strukturen sichtbar machen (Abb. 2 und 3).

Die Darstellung schöner Farben und Strukturen ist jedoch nicht das primäre Anliegen chemischer Ätzungen, sondern eher ein willkommenes „Abfallprodukt“. Der Ätzprozess selbst dient erster Linie der Sichtbarmachung von Strukturunterschieden zur Charakterisierung der Werkstoffe, bei dem im klassischen Sinne die oben erwähnten Gefahrstoffe verwendet werden müssen. Aufgrund der immer stärker in den Vordergrund tretenden Notwendigkeit und den resultierenden Richtlinien, Gefahrstoffe aus den Laboren zu verbannen bzw. diese mit minder gefährlichen Stoffen zu ersetzen, hat der Arbeitskreis „Probenpräparation“ in seinem aktuellen Gemeinschaftsversuch dieses brandaktuelle Thema aufgegriffen.

In ersten Vorversuchen wurde an einigen Werkstoffen gezeigt, dass man stark ätzende oder brennbare Ätzlösungen für chemische Tauchätzungen mit stark verdünnten Varianten ersetzen kann, die dann allerdings eine elektrolytische Ätzung erfordern, also das Anlegen einer geringen Gleichspannung, um den Prozess in Gang zu setzen bzw. zu beschleunigen (Abb. 4 und 5).

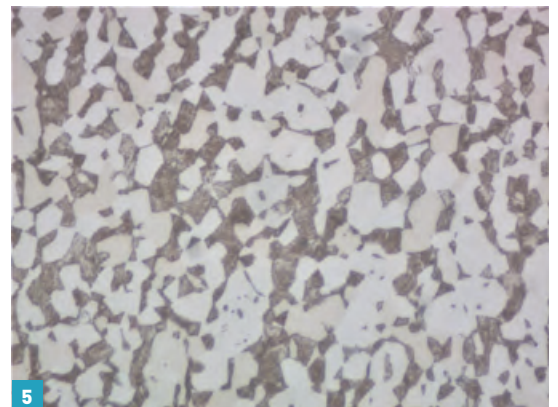
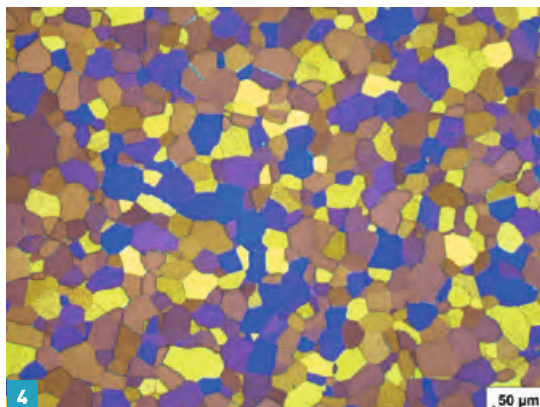
Ausgehend von diesen Vorversuchen entstand die Idee, diese Möglichkeiten systematisch zu untersuchen. Am Beispiel gängiger Werkstoffgruppen (enthalten sind ein Kohlenstoffstahl, austenitische Stähle, eine Titanlegierung, eine Nickelbasislegierung und eine Aluminium-Knetlegierung) werden nun die Möglichkeiten des Ersatzes höherkonzentrierter oder brennbarer Ätzlösungen durch minder gefährliche Ätzlösungen untersucht. Im Ergebnis dieses Versuches ist es im Idealfall möglich, neue und gesundheitlich unbedenklichere Ätzlösungen zu benennen, die auch für schwer zu ätzende Werkstoffe, wie Aluminium oder Titan, eingesetzt werden können und dazu führen, die Arbeit in einem Metallographielabor aus Sicht des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sicherer zu machen.

**Abb. 4:**

Ferritischer Stahl, elektrolytisch geätzt mit stark verdünnter wässriger Salpetersäure. Betrachtung im polarisierten Licht.

**Abb. 5:**

Titanlegierung, elektrolytisch geätzt mit stark in Wasser verdünnter Keller-Ätzlösung. Betrachtung im Hellfeld. Objektiv 100x



Der Versuch wurde im Frühjahr 2021 gestartet. Erwartet wird, dass erste Ergebnisse der insgesamt 11 teilnehmenden Firmen und Universitäten zum Jahresende vorliegen werden. Nach Sichtung dieser Ergebnisse, Diskussion im Arbeitskreis und Verifizierung könnte der Versuch bereits bis Mitte 2022 abgeschlossen werden. Damit sollte es möglich sein, im Rahmen der nächsten Metallographie-Tagung das Gesamtergebnis vorzustellen.

An dieser Stelle gilt der allerherzlichste Dank allen Aktiven, die durch ihre Mitarbeit seit vielen Jahren den Arbeitskreis „Probenpräparation“ mitgestalten.

Holger Schnarr, Leiter des AK „Probenpräparation“



## KONTAKT



**DR. HOLGER SCHNARR**  
**LABORLEITUNG / LABORATORY MANAGER**  
**APPLICATION**  
**STRUERS GMBH**  
Carl-Friedrich-Benz-Str. 5, 47877 Willich  
[holger.schnarr@struers.de](mailto:holger.schnarr@struers.de)  
[www.struers.com](http://www.struers.com)

# ADDITIVE FERTIGUNG: ALLES EINE FRAGE DES MATERIALS

Aus dem Trend 3D-Druck ist ein Standard geworden. In vielen Branchen werden Komponenten gedruckt: vom Prototypenbau bis zur Ersatzteil-Produktion. Sicherheit und Qualität hängen von den verwendeten Werkstoffen und Verfahren ab.



Der 3D-Drucker hat sich in zahlreichen Betrieben etabliert. Speziell in Einsatzbereichen mit geringen Stückzahlen und einem hohen Grad an Individualisierung ist die innovative Produktionsmethode stark gefragt. Auch bei einer besonders komplizierten Geometrie der Produkte wird die Methode gerne verwendet, etwa in der Medizintechnik.

Das Verfahren des 3D-Drucks wird auch als additive Fertigung bezeichnet. Das Material wird dabei schichtweise aufgetragen, um ein dreidimensionales Werkstück zu erstellen. Für den Aufbau kommen physikalische oder chemische Härtungs- oder Schmelzprozesse zum Einsatz. Immer mehr Möglichkeiten der metallischen additiven Fertigung ergeben sich. Die fortschreitende Technik des Metall 3D-Drucks ermöglicht bereits in zahlreichen Industriebereichen konkrete Anwendungen.

## KONTAKT

**TÜV TECHNISCHE  
ÜBERWACHUNG  
HESSEN GMBH**  
Werkstoffprüflabor /  
Schweißerprüfstelle  
Heinrich-Lanz-Allee 22  
60437 Frankfurt  
Tel.: + 49 69 586071610  
[www.tuev-hessen.de](http://www.tuev-hessen.de)

### Individuelle Fertigung

In der Medizintechnik hat die additive Fertigung die Grenzen des Machbaren weit verschoben. Bauteile sowie Geometrien von medizinischen Produkten, die noch vor wenigen Jahren undenkbar waren, werden heute mit 3D-Druckern Realität. Prothesen und Implantate können auf diese Weise präzise angepasst werden. Grundlage ist die individuelle Anatomie des Patienten. So entstehen maßgeschneiderte

und schnell verfügbare Produkte, die Heilungsprozess und Heilungsprognose deutlich verbessern.

Darüber hinaus entstehen Modelle zur Vorbereitung von chirurgischen Eingriffen oder medizinischen Geräte. An den gedruckten Modellen können Chirurgen beispielsweise komplizierte Eingriffe in sensiblen Bereichen trainieren. Die Operationen werden zudem für Patienten verständlicher, weil die Modelle sämtliche Arbeitsschritte und Einsätze visualisieren können. Und selbst bei der Produktion von Tabletten und Medikamenten wird die innovative Technologie bereits angewendet.

### Sicherheit und Qualität

In solch einem sensiblen Umfeld sind die Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe von immenser Bedeutung. Besonders bei komplexen Geometrien oder Flächen der Bauteile wird immer mehr der metallische 3D-Druck angewendet. Nun sind Formen an Bauteilen möglich, die bis jetzt nicht technisch umsetzbar waren. So können beispielsweise bei Implantaten bienenwabige Formen oder in Wärmetauschern komplexe Kühl- bzw. Heizkanäle mittels 3D-Druck erstellt werden.

Um ein Versagen eines Bauteils, eines Behälters oder eines medizinischen Produktes zu vermeiden, ist daher eine vorherige Bestätigung des selbstergestellten Werkstoffes sinnvoll und je nach Anwendungsfall gefordert. Materialien, die an Druckgeräten verbaut werden, müssen zum Beispiel den Anforderungen der Druckgeräterichtlinie entsprechen. In diesem Falle ist ein Einzelgutachten für Werkstoffe notwendig.

Damit die gedruckten Modelle nicht nur eine hohe Qualität besitzen, sondern auch in sensiblen Bereichen sicher sind, können die verwendeten Werkstoffeigenschaften vorab vom Werkstoffprüflabor von TÜV Hessen getestet werden. So tragen umfassende Materialprüfungen dazu bei, die Qualität und die Sicherheit in der additiven Fertigung zu erhöhen.



# Schadensanalyse

Mit uns schneller zum Ergebnis -  
von der Ursache zur Verbesserung

## Ergebnisse der Schadensanalyse

- Schadensursachen ermitteln
- Zukünftige Schäden verhindern
- Schadensregulierungen unterstützen

## Unsere Leistungen für Sie

- Schadensanalysen mit bewährten Prüfmethoden wie z.B. REM
- Werkstoffprüfungen für Schiedsfälle und Abgleich mit Spezifikationen
- Schadensprävention zur Vermeidung von Schadensfällen

Sie haben Interesse an unseren Leistungen?  
Gerne informieren wir Sie ausführlich.



Mehr zum Thema





# ARBEITSKREIS ARCHÄOMATERIALOGRAPHIE

**Autoren: Roland Haubner, Susanne Strobl, Technische Universität Wien, Österreich**

Die Archäomaterialographie hat eine Sonderstellung in den Materialwissenschaften, denn ihr Bestreben ist es, Erkenntnisse über die Vergangenheit zu erlangen und nicht die Optimierung von Werkstoffen für die Zukunft. Eine weitere Besonderheit wäre, dass allen Stoffklassen (Metalle, Keramiken, Glas usw.) untersucht werden müssen, um Fragestellungen von Archäologen beantworten zu können. Derartige Bestrebungen erfordern, je nach Fragestellung, den gesamten Umfang der werkstoffkundlichen Untersuchungsmethoden: Materialographie, Mikroskopie und physikalische Analytik, Bestimmung von Isotopenverhältnissen, usw.

Aufgrund der Vielfältigkeit archäologischer Problemstellungen muss die Archäomaterialographie als Gesamtes betrachtet werden und sie ist nicht mit konventionellen Schwerpunkten mit abgegrenzten Themenbereichen zu vergleichen. Für den an Archäomaterialographie interessierten Forschenden ist eine Planung von Untersuchungen nicht möglich, da es naturgemäß unmöglich ist vorherzusagen, welche archäologischen Artefakte für Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden. Wie die Vergangenheit gezeigt hat, bedarf es interessierter Forscher\*innen, die neben ihrer normalen Tätigkeit in der Industrie oder an Forschungseinrichtungen, sich archäologischen Themen annehmen und Untersuchungen, möglichst gratis, durchführen. An dieser Stelle ein Dank an alle Arbeitgeber die ihren Mitarbeiter\*innen ermöglichen archäologische Proben zu untersuchen.

## **Die Zusammenarbeit von Archäolog\*innen mit Materialwissenschaftler\*innen**

Archäolog\*innen sind dafür ausgebildet, Ausgrabungen durchzuführen und wissenschaftlich zu dokumentieren, sowie die geborgenen Artefakte richtig zu beschreiben. Sinnvoll wäre es, wenn ausgebildete Materialwissenschaftler\*innen in die Materialuntersuchungen der Artefakte eingebunden wären, um ihre Expertise bezüglich Materialuntersuchungen und technologischer Prozesse einzubringen.

Eine weitere Herausforderung ist, dass es sich bei vielen archäologischen Objekten um Einzelstücke von historischer Bedeutung handelt, die nicht zerstört werden dürfen. Dabei muss man sich oft auf reine Oberflächenanalysen beschränken, mit dem Wissen, dass Objekte nicht homogen aufgebaut sind

und daher keine Aussage über das Gesamtobjekt gemacht werden können. Manchmal ist es möglich, an nicht einsehbaren Stellen, Proben für metallographische Untersuchungen zu entnehmen, wobei das Problem der Inhomogenität der Probe noch immer besteht. Falls große Probenmengen zur Verfügung stehen (z.B. Schlacken oder Gussreste) oder die Artefakte keinen großen historischen Wert besitzen (z.B. Gusskuchen, Eisenwerkzeuge usw.), können diese auch zerschnitten und untersucht werden. Es wäre wünschenswert, wenn durch die Untersuchungen die Rohstoffquellen und die technologischen Prozesse zur Herstellung der archäologischen Artefakte rekonstruiert werden könnten.

Um die Erkenntnisse aus den Materialuntersuchungen zu verifizieren, können auch archäologische Prozesse in Experimenten nachgestellt werden (z.B. Keramik brennen, Kupfergewinnung aus Erzen, Eisen im Rennfeuer, Nachschmiedung von Werkzeugen). Die Produkte dieser Experimente müssen ebenfalls untersucht werden, um einen Vergleich mit den historischen Proben zu ermöglichen. Die metallographischen Präparationsmethoden müssen dabei den Fragestellungen angepasst werden [1, 2]. Nachfolgend ein kleiner Streifzug durch die Archäomaterialographie, von der Kupferzeit, Bronzezeit, Römer, Mittelalter bis zur Neuzeit. Womit sich noch die Frage stellt wie alt Artefakte sein müssen, um als archäologisch zu gelten? Darüber lässt sich streiten, aber es geht wohl um die Umstände der Auffindung und allfällige historische Fragestellungen.

## **Kupfer, Bronze, Kupferschlacken**

Aus der Kupfer- und Bronzezeit sind üblicherweise metallische Gegenstände (Beile, Schwerter, Äxe usw.) oder Verhüttungsprodukte (Gusskuchen,

Schlacken, Holzkohle, usw.) erhalten geblieben, welche für materialographische Untersuchungen geeignet sind. Da es aus diesen Zeiten keinerlei schriftliche Aufzeichnungen gibt, müssen alle Erkenntnisse aus den archäologischen Befunden erarbeitet werden. Zu klärende Fragestellungen sind: chemische Zusammensetzung, Phasenbestandteile, Schmelzbereich, welcher Verhüttungsprozess, welches Ofenaggregat, welche Erzbasis?

**Abb. 1** zeigt das Gefüge eines Kupferbeils, wobei die dunklen Punkte aus  $\text{Cu}_2\text{O}$  bestehen. Die Abwesenheit von Schwefel legt nahe, dass als Erzbasis Kupferoxide oder Malachit verwendet wurden. Die Oberfläche des Beils ist korrodiert, wobei innen eine Lage aus  $\text{Cu}_2\text{O}$  und außen Malachit vorliegen [3].

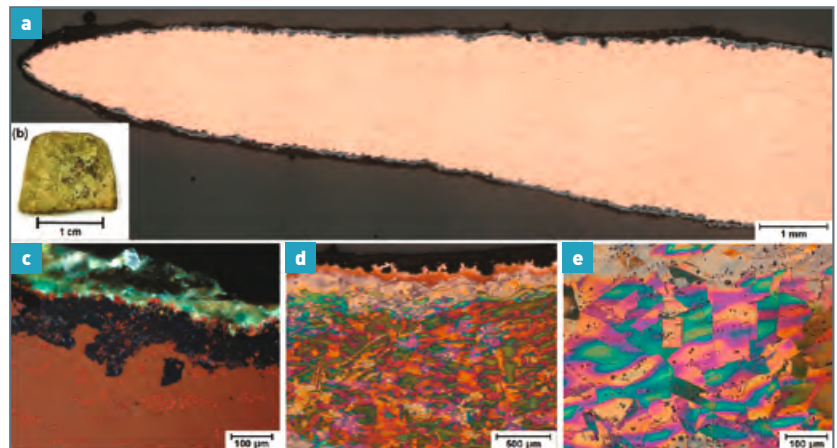
In **Abb. 2** ist ein Kupfergusskuchen zu sehen, der aus Fahlerzen hergestellt wurde, was aus der Anwesenheit von  $\text{Cu}_3\text{As}$  geschlossen werden kann [4]. Das Gefüge ist jedoch sehr komplex, da auch  $\text{Cu}_2\text{S}$ , Delafossit und Korrosionsprodukte vorliegen. In einem anderen Gusskuchen wurden große Mengen an Antimon gemessen, wobei angenommen wird, dass in diesem Fall Antimonit ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) dem Kupfer zugesetzt wurde [5].

Materialographische Schliffe von Kupferschlacken sind in **Abb. 3** gezeigt. Die Phasenbestandteile sind üblicherweise Olivine mit unterschiedlichen Fe und Mg Gehalten, sowie amorphe Glasphase. Aus den Mengenverhältnissen  $\text{CaO}/\text{FeO}/\text{SiO}_2$  kann durch eintragen in ein entsprechendes Phasendiagramm der Schmelzpunkt der Schlacke abgeschätzt werden [6].

Die hier dargestellten Einzelergebnisse zeigen, dass durch materialographische Untersuchungen interessante Ergebnisse erhalten werden, aber alle Fragen der Archäologen können sicher nicht beantwortet werden. Dies liegt an der Komplexität der Kupfergewinnung und den regionalen Unterschieden. Diese Aussagen gelten eigentlich für Artefakte aus Kupferlegierungen bis ins 19. Jh. [7]. Ab der elektrolytischen Reinigung von Kupfer, kann aus der Legierungszusammensetzung und den Verunreinigungen in der Legierung nicht mehr auf die Herstellungsprozesse zurückgeschlossen werden.

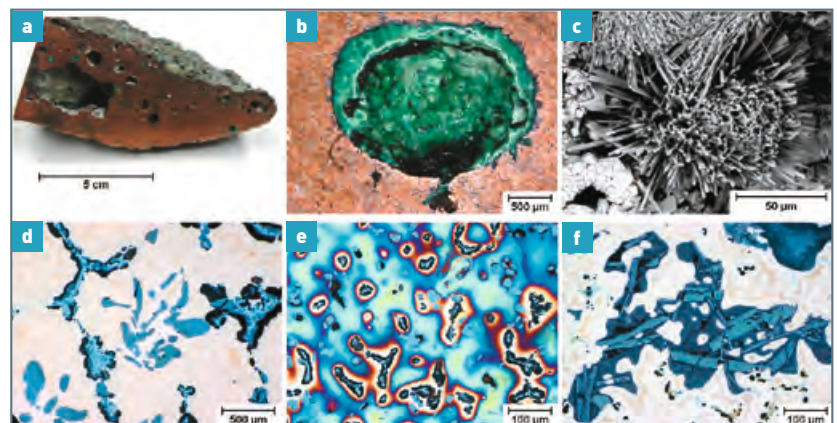
### Eisengewinnung von den Römern über das Mittelalter zur Neuzeit

Aus der Römerzeit sind bereits vermehrt schriftliche Aufzeichnungen vorhanden, wodurch Zusammenhänge über Technik und Handel bereits zugeordnet werden können.



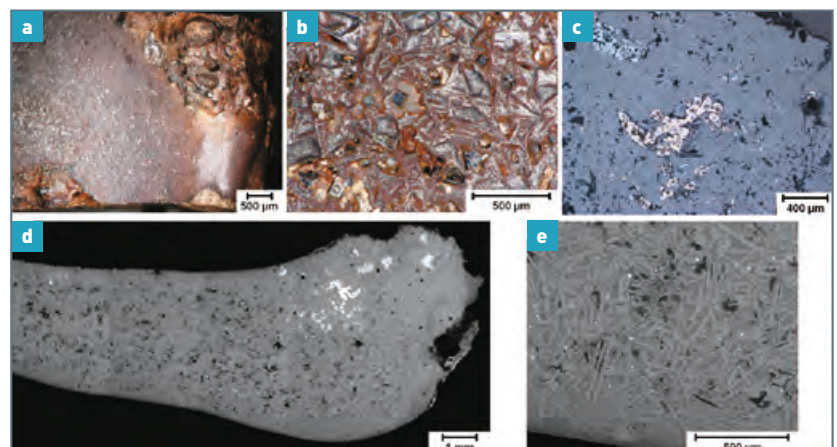
**Abb. 1:**

Metallflachbeil aus der Kupferzeit: (a) Übersichtsbild der Kante, (b) untersuchtes Probenstück, (c) Oberfläche mit Korrosionsschichten aus  $\text{Cu}_2\text{O}$  (rot) und Malachit (grün) (polarisiertes Licht), (d, e) Gefüge nach Klemm-Ätzung.



**Abb. 2:**

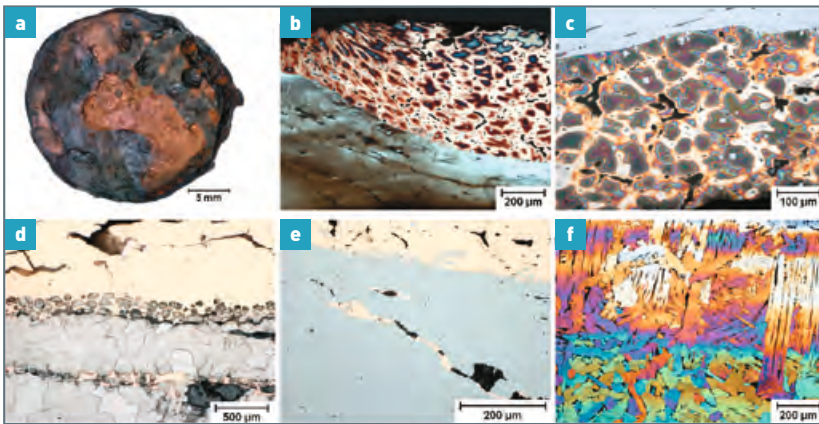
Kupfergusskuchen aus Fahlerz: (a) untersuchtes Probenstück, (b) Lunger mit Malachit, (c) Malachit im REM, (d) Gefüge poliert, (e) Gefüge nach Klemm-Ätzung, (f) Delafossit im Gefüge.



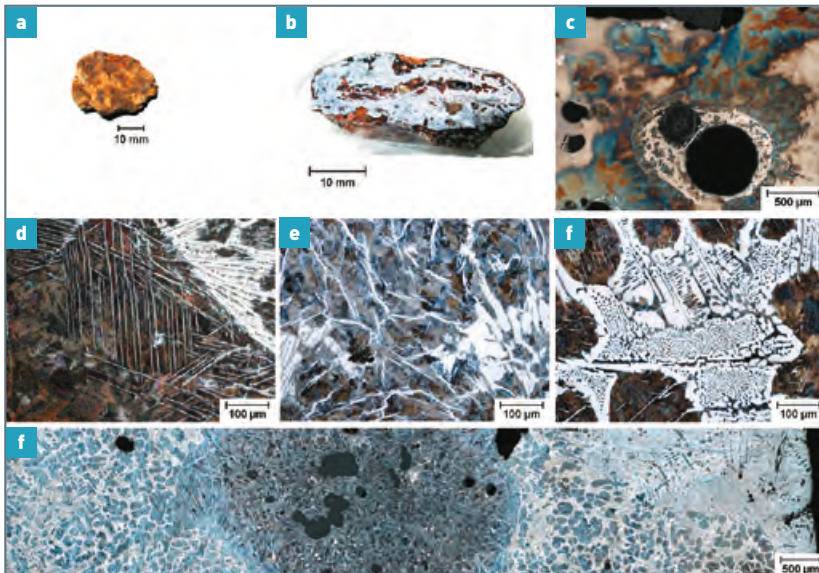
**Abb. 3:**

(a, b) Schlackenoberfläche im 3D-Digitalmikroskop, (c) Erzeinschlüsse in der Schlacke (LOM), (d) Randwulst mit Erzeinschlüssen (weiß) (REM), (e) Schlackengefüge im REM.

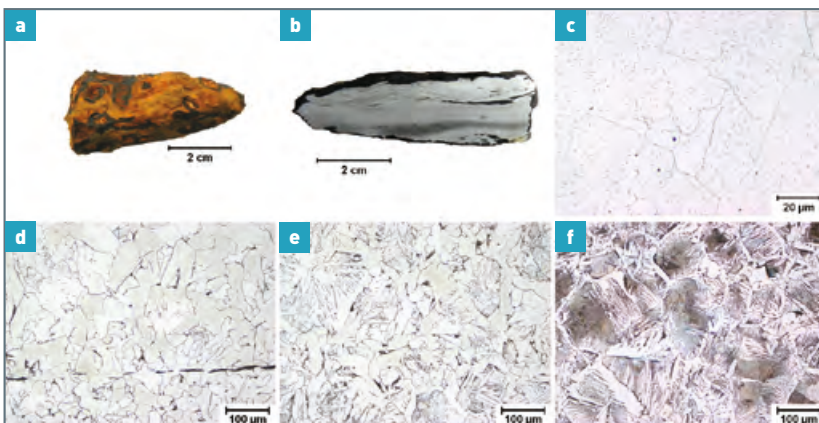


**Abb. 4:**

Subferrat, römische Münze aus Eisen mit Kupferlegierung als Beschichtung: (a) untersuchte Münze aus Loig, (b, c) Bronzeschicht auf Eisen nach Klemm Ätzung, (d) kugeliges Eisen in der Bronze, (e) Lotbrüchigkeit, (f) Eisengefüge nach Klemm Ätzung.

**Abb. 5:**

Graglach von der steirischen Eisenstraße: (a) untersuchtes Probenstück, (b) Schnittfläche, (c) Pore mit Saum aus weißem Gusseisen, (d, e) übereutektoides Stahlgefüge, (f) ledeburitisches Gefüge, (g) Übersichtsbild.

**Abb. 6:**

Bergeisen: (a) untersuchtes Probenstück, (b) Schnittfläche nach Nital 3 Ätzung, (c) ferritisches Gefüge mit wenigen Zementitnadeln, (d) Zementit (Perlit) an den Korngrenzen, (e, f) Stahlgefüge mit steigenden Kohlenstoffgehalten und Widmanstätt'schem Ferrit.

Besonders interessant, weil komplex, war die Untersuchung von bronzebeschichteten Eisenmünzen (**Abb. 4**). Es konnte gezeigt werden, dass die Eisenrohlinge zur Beschichtung in eine Bronzeschmelze getaucht wurde [8].

Die aus Eisen gefertigten Teile unterscheiden sich hauptsächlich im Kohlenstoffgehalt, der Kohlenstoffverteilung und den Schlackeneinschlüssen. Gewisse Rückschlüsse auf die Eisengewinnung, vom Rennfeuer über den Stuckofen zum Floßofen, sind aufgrund der Untersuchungen möglich [9]. Interessante Ergebnisse wurden bei der Untersuchung eines römischen Doppelspitzschlögels aus einem Marmorsteinbruch in Kärnten erhalten, wobei auch versucht wurde, die Gefüge im Original mit solchen in nachgeschmiedeten Teilen zu vergleichen [10]. **Abb. 5** zeigt die ausgeprägten Kohlenstoffinhomogenitäten in Graglach, wobei Gefüge von Stahl aber auch Gusseisen beobachtet wurden [11]. Das Beispiel eines Schlögels aus einem Goldbergbau ist in **Abb. 6** gezeigt, mit nahezu kohlenstofffreien Stahlgefügen bis eutektoiden Stahl [12].

Da der Zeitraum der Archäologie bis in die nähere Gegenwart reicht, können natürlich auch Fundstücke des 20. Jhs. als archäologisch angesehen werden. Hier liegen die Interessen aber eher bei Teilen, deren Herstellung aus Geheimhaltungsgründen nicht dokumentiert wurden. Eines von vielen Beispielen wären Flugzeugteile aus dem 2. Weltkrieg [13].

Wir hoffen, dass dieser Artikel das Interesse an archäomaterialographischen Fragestellungen fördern wird und durch gemeinsame Forschung viele bisher ungelöste Geheimnisse entschlüsselt werden.



## LITERATUR

1. Cloeren, H.-H.: Materialographische Präparationstechniken, [2014] ISBN: 978-3-9816824-0-3
2. Cloeren, H.-H.: Materialographic Sample Preparation of Antique Materials, Practical Metallography, 53 (8), (2016), pp. 498-511.
3. Haubner, R., Strobl, S., Thurner, M., Herdits, H.: Ein Metallflächbeil der Kupferzeit aus Bernstein, Burgenland, BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 165 (2020) 447 – 452.
4. R. Haubner, F. Ertl, S. Strobl: Examinations of a Bronze Ingot Made of Fahlore - Untersuchungen an einem aus Fahlerz gewonnenem Bronzegusskuchen, Praktische Metallographie - Practical Metallography, 54 (2017) 107 – 117.
5. R. Haubner, S. Strobl, M. Thurner, H. Herdits: Ein Kupfergusskuchen mit hohem Antimongehalt aus Velem/Westungarn. BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 165 (2020) 453 – 460.
6. R. Haubner, S. Strobl: Examination of Different Slags as By-Products of Late Bronze Age Copper Metallurgy - Untersuchungen an verschiedenen Schlacken der Kupfermetallurgie aus der späten Bronzezeit. Pract. Metallogr. 55 (2018) 86 – 96.
7. Undisz, A., Wilke, J., Kolbe, H., Seeger, J., Rettenmayr, M.: The Copper of the Kyffhäuser Monument, Practical Metallography, 54 (2017) 353 – 365.
8. R. Haubner, S. Strobl: Copper-Coated Roman Coins – Subferrati; Römische Eisenmünzen mit Kupferbeschichtung – Subferrati, Praktische Metallographie - Practical Metallography, 53 (2016), 273 – 294
9. S. Klemm, S. Strobl, R. Haubner: Graglach von der Dreimärkte-Eisenstraße, Steiermark. res montanarum, 50 (2012), 88 – 98.
10. W. Scheiblechner, S. Karl, D. Modl, S. Strobl, R. Haubner: Untersuchung eines Doppelspitzschlängels aus dem römischen Marmorsteinbruchrevier Spitzelofen in Kärnten, Österreich. BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte (2021) (in Druck)
11. S. Strobl, R. Haubner, S. Klemm: Metallographische Untersuchungen an historischen Graglach-Eisenproben, Sonderbände der Praktischen Metallographie 40, G. Petzow (Hrsg.); Werkstoff-Informationsgesellschaft mbH, 41 (2009) 325 – 330.
12. S. Strobl, R. Haubner: Metallographic investigations of a late medieval pick found at the gold mining site „Goldzeche - kleines Fleißtal“, Austria, Materials Science Forum, 891 (2017) 596 – 601.
13. Cloeren, H.-H.: Präparationstechniken und Materialographie eines Luftschraubeneindrehflansches einer Junkers JU 88 mit Mantelpropeller. Sonderband der Praktischen Metallografie, Band 52 (2018) 157 – 162.

## KONTAKT

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN  
INSTITUT FÜR CHEMISCHE TECHNOLOGIEN UND ANALYTIK**

Prof. Roland Haubner  
Getreidemarkt 9/164-03  
A-1060 Wien  
Tel.: +43 1 58801 16128  
[roland.haubner@tuwien.ac.at](mailto:roland.haubner@tuwien.ac.at)



Dr. Susanne Strobl  
Getreidemarkt 9/164-03  
A-1060 Wien  
Tel.: +43 1 58801 16167  
[susanne.strobl@tuwien.ac.at](mailto:susanne.strobl@tuwien.ac.at)

## 55. Metallographie-Tagung

# MATERIALOGRAPHIE 2021

vom 29. September bis  
01. Oktober 2021

# Programm

## 29.09.2021

**12.00 Uhr**

**Begrüßung und Eröffnung der 55. Metallographie-Tagung**

*Neidel, A. (V)*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

**12.10 Uhr**

**Verleihung des Metallographie-Preises 2021**

*Neidel, A. (V)*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

**12.15 Uhr**

**Technische Hinweise zur Konferenzplattform**

**12.20 Uhr**

**Plenarvortrag**

**Anwendung der Farbätztechnik an Nichteisen-Metallen**

*Weilnhammer, G. (V), München*

**12.50 Uhr**

**Pause**

**Präparationstechniken zur Vorbereitung der mikroskopischen Charakterisierung**

**13.00 Uhr**

**A metallographic preparation method for three-dimensional microstructural characterization of machining chips**

*Frank, A. (V)*<sup>1</sup>; *Fang, S.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes

**13.20 Uhr**

**Eine additiv gefertigte Titanlegierung im Fokus der Metallographie**

*Fleißner-Rieger, C. (V)*<sup>1</sup>; *Pogrietz, T.*<sup>1</sup>; *Obersteiner, D.*<sup>1</sup>; *Pfeifer, T.*<sup>2</sup>; *Clemens, H.*<sup>1</sup>; *Mayer, S.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Montanuniversität Leoben; <sup>2</sup>Pankl Racing Systems AG

**13.40 Uhr**

**Pause**

**13.50 Uhr**

**Plenarvortrag**

**Large-volume 3D microstructure characterization using electron backscatter diffraction and mechanical serial polishing**

*Zaefferer, S. (V)*<sup>1</sup>; *Konijnenberg, P.*<sup>1</sup>; *Griffiths, T.*<sup>2</sup>; *Tsai, S.-P.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Eisenforschung; <sup>2</sup>Universität Wien

**14.20 Uhr**

**Pause**

**Tomographie und 3D Gefügeanalyse – Verfahren und Anwendungsbeispiele**

**14.30 Uhr**

**3D EBSD und EDX Untersuchung einer additiv gefertigten Nickelbasislegierung**

*Engstler, M. (V)*<sup>1</sup>; *Cazic, I.*<sup>2</sup>; *El Kandaoui, M.*<sup>2</sup>; *Kasper, M.*<sup>1</sup>; *Mücklich, F.*<sup>1</sup>; *Pauly, C.*<sup>1</sup>; *Soldera, F.*<sup>1</sup>; *Zollinger, J.*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes; <sup>2</sup>Institut de Soudure; <sup>3</sup>Institut Jean Lamour

**14.50 Uhr**

**Wasserstoffversprödung untersucht mit Atomsonden Tomographie**

*Heller, M. (V)*<sup>1</sup>; *Felfer, P.*<sup>1</sup>; *Macauley, C.*<sup>1</sup>; *Ott, B.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)

**15.10 Uhr**

**Direkte Messungen von Wasserstoff in metallischen Materialien mittels Atomsondentomographie**

*Ott, B. (V)*<sup>1</sup>; *Felfer, P.*<sup>1</sup>; *Heller, M.*<sup>1</sup>; *Macauley, C.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)

**15.30 Uhr**

**Pause**

**15.40 Uhr**

**Festkörperphysikalische Modelle und Hypothesen zum „Autoimmunverhaltens-Paradoxon – zellulärer Formgedächtnislegierungen (FGL) bei niederzyklischer Ermüdung im Zusammenhang zu mechanisch aktiven, mikrostrukturellen Wechselwirkungen**

*Bösel, D. (V), Freital*

**16.00 Uhr**

**3D Nanoscale Compositional Analysis – Advances in Atom Probe Tomography**

*Chemnitzer, R. (V)*<sup>1</sup>; *Bunton, J.*<sup>1</sup>; *Clifton, P.*<sup>1</sup>; *Geiser, B.*<sup>1</sup>; *Larson, D.*<sup>1</sup>; *Lenz, D.*<sup>1</sup>; *Martin, I.*<sup>1</sup>; *Reinhard, D.*<sup>1</sup>; *Ulfig, R.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CAMECA / Ametek

**16.20 Uhr**

**Pause**



## Anwendungen und Neuentwicklungen in der digitalen Bildverarbeitung und Analytik

**16.30 Uhr**

### Härteprüfung mittels optischer 3D Analyse als Alternative zum Zugversuch?

*Laimmer, J. (V)<sup>1</sup>; Laimmer, A.<sup>2</sup>; Müller, O.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Open Grid Europe; <sup>2</sup>MPIE-Düsseldorf, jetzt UNI Duisburg-Essen

**16.50 Uhr**

### Quantitative Gefügeanalyse an Triebwerksscheiben aus Superlegierungen

*Stieben, A. (V)<sup>1</sup>; Knabe, F.<sup>1</sup>; Humberg, R.<sup>2</sup>; Lüthje, F.<sup>2</sup>; Witulski, T.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Otto Fuchs KG; <sup>2</sup>Tama Group GmbH

**17.10 Uhr**

### Determination of prior austenite grain- and martensitic substructure size distributions from metallographic etchings using a multi-step image processing algorithm

*Frois, F.<sup>1</sup>; Hönigmann, T. (V)<sup>1</sup>; Brandl, D.<sup>1</sup>; Stockinger, M.<sup>2</sup>; Gruber, C.<sup>3</sup>; Ressel, G.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Material Center Leoben Forschung GmbH; <sup>2</sup>Montanuniversität Leoben; <sup>3</sup>voestalpine BÖHLER Aerospace GmbH

**17.30 Uhr**

**Pause**

## Oral-Poster-Präsentationen

**17.40 Uhr**

### Korngrößenbestimmung an Werkstoffen mit kubischflächenzentriertem Gitter – traditionelle und modernste Methoden im Vergleich

*Ketzer-Raichle, G. (V)<sup>1</sup>; Reiter, E.<sup>1</sup>; Jansche, A.<sup>1</sup>; Schiele, T.<sup>1</sup>; Choudhary, A.<sup>1</sup>; Banholzer, A.<sup>1</sup>; Bernthaler, T.<sup>1</sup>; Schneider, G.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Hochschule Aalen, Institut für Materialforschung

**17.44 Uhr**

### Champo del Cielo – ein Eisenmeteorit aus Argentinien

*Haubner, R. (V)<sup>1</sup>; Strobl, S.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Technische Universität Wien

**17.48 Uhr**

### Gefügeuntersuchungen an Kupfer-Antimon Legierungen

*Strobl, S. (V)<sup>1</sup>; Haubner, R.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Technische Universität Wien

**17.52 Uhr**

### Metallographische Untersuchungen an Bauteilen

*Lagleder, M. (V)<sup>1</sup>; Beck, U.<sup>1</sup>; Netzbund, O.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

**17.56 Uhr**

### Metallographische Untersuchungen an Funktionsschichten

*Netzbund, O. (V)<sup>1</sup>; Beck, U.<sup>1</sup>; Lagleder, M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

**18.00 Uhr**

### Gefügevariationen in Cu-Zn-Al-Legierungen

*Wilke, J. (V)<sup>1</sup>; Kaaden, T.<sup>1</sup>; Lippmann, S.<sup>1</sup>; Rettenmayr, M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Otto-Schott-Institut für Materialforschung

**18.04 Uhr**

### Lehrbeispiel: Lichtoptische Kontrastmethoden zur Gefügedarstellung von Schalenblende

*Kern, K. (V)<sup>1</sup>; Allaart, J.<sup>1</sup>; Steimer, Y.<sup>1</sup>; Surberg, C.H.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>OST – Ostschweizer Fachhochschule

**18.08 Uhr**

### Gefügecharakterisierung ohne Ätzen mittels hochauflösender- Ultraschall -Rasterelektronenmikroskopie

*Altin, K. (V)<sup>1</sup>; Benz, E.<sup>1</sup>; Heine, B.<sup>1</sup>; Schuhmacher, S.<sup>1</sup>; Merkel, M.<sup>1</sup>; Reiter, E.<sup>2</sup>; Ketzer-Raichle, G.<sup>2</sup>; Bernthaler, T.<sup>2</sup>; Schneider, G.<sup>2</sup>; Wiesler, I.<sup>3</sup>; Djuric-Rissner, T.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Hochschule Aalen; <sup>2</sup>IMFAA Aalen; <sup>3</sup>PVA TePla AS GmbH

**18.12 Uhr**

### Einfluss von Qualitätsunterschieden des Gefüges in Fe-Nd-B Sintermagneten auf magnetische Eigenschaften

*Hohs, D. (V)<sup>1</sup>; Bernthaler, T.<sup>1</sup>; Goll, D.<sup>1</sup>; Jansche, A.<sup>1</sup>; Schiele, T.<sup>1</sup>; Schneider, G.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Hochschule Aalen

**18.16 Uhr**

### Segmentierung komplexer Gefüge über geeignete Merkmalsextraktion in einem wandernden Fenster

*Müller, M. (V)<sup>1</sup>; Britz, D.<sup>2</sup>; Mücklich, F.<sup>1</sup>; Sonntag, U.<sup>3</sup>; Stanke, G.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes; <sup>2</sup>Material Engineering Center Saarland; <sup>3</sup>Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.

**18.20 Uhr**

### Riss am inneren Felgenhorn einer Alufelge

*Katrakova-Krüger, D. (V)<sup>1</sup>; Krug, P.<sup>1</sup>; Schulz, I.<sup>1</sup>; Weichert, S.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>TH Köln

**18.24 Uhr**

### Combined Atom Probe/teBSD for Grain and Phase Boundary Analysis of Coatings and Thin Films

*Chemnitzer, R. (V)<sup>1</sup>; Chen, Y.<sup>1</sup>; Prosa, T.<sup>1</sup>; Rice, K.<sup>1</sup>; Ulfig, R.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>CAMECA / Ametek

**18.28 Uhr**

### Analyse der Gefügeentwicklung während der Wärmebehandlung von CoSm basierten Dauermagneten mittels hochauflösender Rasterelektronenmikroskopie

*Braun, P. (V)<sup>1</sup>; Goll, D.<sup>1</sup>; Golla-Schindler, U.<sup>1</sup>; Laukart, J.<sup>1</sup>; Löffler, R.<sup>1</sup>; Schneider, G.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Hochschule Aalen

**18.32 Uhr**

**Fatigue fracture analysis in AlSi9Cu3 using machine learning algorithms of Trainable Weka Segmentation and Digital Volume Correlation**

Wagner, R. (V)<sup>1</sup>; Biermann, H.<sup>2</sup>; Ditscherlein, R.<sup>1</sup>; Leibner, T.<sup>1</sup>; Noack, E.<sup>2</sup>; Peuker, U.A.<sup>1</sup>; Weidner, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Bergakademie Freiberg; <sup>2</sup>Chemnitzer Werkstoffmechanik GmbH

**18.36 Uhr**

**Korrelation der Ätztopografie von Elektroblechen mit deren kristallografischer Mikrotextur**

Bürgel, J.L. (V)<sup>1</sup>; Lüdenbach, G.<sup>2</sup>; Pohl, M.<sup>1</sup>; Schreiber, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum; <sup>2</sup>MyProLab GmbH & Co. KG

**18.40 Uhr**

**Diskussionsrunde an den Postern**

# Programm

## 30.09.2021

**9.00 Uhr**

**Plenarvortrag**

**Der Beitrag der Metallographie zur Nationalen Wasserstoffstrategie**

Pohl, M. (V)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum

**9.30 Uhr**

**Pause**

**Gefügeuntersuchungen zur Bewertung von Schadensfällen**

**9.40 Uhr**

**Aufklärung von Alterungsmechanismen in Lithium-Ionen Batterien – ein kombinierter Ansatz aus materialanalytischen und elektrochemischen Untersuchungsmethoden am Beispiel einer 18650er-Rundzelle mit >7000 Lade-Entladezyklen**

Weisenberger, C. (V)<sup>1</sup>; Harrison, D.K.<sup>2</sup>; Knoblauch, V.<sup>1</sup>; Mair, B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Aalen; <sup>2</sup>Glasgow Caledonian University; <sup>3</sup>VARTA Storage GmbH

**10.00 Uhr**

**Porosität in medizinischen Bohrern hervorgerufen durch gebrochene Karbide – eine Nachschau**

Strobl, S. (V)<sup>1</sup>; Haubner, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Wien

**10.20 Uhr**

**Schlacken der bronzezeitlichen Kupfergewinnung aus Acqua Fredda**

Haubner, R. (V)<sup>1</sup>; Strobl, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Wien

**10.40 Uhr**

**Pause**

**10.50 Uhr**

**Werkstofftechnische Untersuchung zum Schadensmechanismus einer gebrochenen Druckfeder eines Ventils**

Luithle, A. (V)<sup>1</sup>; Schemmann, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

**11.10 Uhr**

**FractoGraphics – Entwicklung einer fraktographischen Symbolik**

Bettge, D. (V)<sup>1</sup>; Le, Q.-H.<sup>1</sup>; Roth, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

**11.30 Uhr**

**Entwicklung einer kavitationserosionsresistenten CuZnSi-Legierung mit Formgedächtniseffekt**

Baak, J. (V)<sup>1</sup>; Pohl, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Hochschule Georg Agricola; <sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum

**11.50 Uhr**

**Pause**

**Qualitative und quantitative Gefügeanalyse zur Korrelation mit Materialeigenschaften**

**13.00 Uhr**

**Quantitative Charakterisierung des Gussgefüges bandgegossenen hochmanganhaltigen Stahls**

Preißler, S. (V)<sup>1</sup>; Evertz, T.<sup>1</sup>; Witte, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH

**13.20 Uhr**

**Gefüge-Eigenschafts-Korrelation eines hochlegierten Spezialstahls**

Michael, O. (V)<sup>1</sup>; Dieck, S.<sup>2</sup>; Halle, T.<sup>1</sup>; Rosemann, P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>2</sup>DeltaSigma Analytics GmbH;

<sup>3</sup>HTWK Leipzig / FING

**13.40 Uhr**

**Skalenübergreifende Gefügeanalyse – Ein korrelativer Ansatz zur kombinierten Gefüge-Quantifizierung aus Mikroskop-Aufnahmen und EBSD Daten**

Müller, M. (V)<sup>1</sup>; Britz, D.<sup>2</sup>; Mücklich, F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes; <sup>2</sup>Material Engineering Center Saarland

**14.00 Uhr**

**Pause**

## Einsatz mikroskopischer Methoden für die Material- und Prozessentwicklung bei Struktur- und Funktionswerkstoffen

**14.10 Uhr**

### Gefügeentwicklung in additiv hergestellter Nickellegierung IN718

*Speicher, M. (V)<sup>1</sup>; Scheck, R.<sup>1</sup>; Willer, D.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>MPA Universität Stuttgart

**14.30 Uhr**

### Mikrostruktur der Fügezone magnetimpulsgeschweißter Al-Cu Mischverbindungen

*Preußner, J. (V)<sup>1</sup>; Oeser, S.<sup>1</sup>; Schneider, R.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik; <sup>2</sup>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**14.50 Uhr**

### Systematische Fehlerentwicklung Aluminium Warmbandoberflächen während des Kaltwalzens

*Greunz, T. (V)<sup>1</sup>; Hafner, M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>AMAG rolling GmbH

**15.10 Uhr**

Pause

**15.20 Uhr**

### Zeitabhängige, korrosive Unterwanderung von Aluminium-Klebeprüben durch Chlorid-Ionen

*Scharnagl, F. (V)<sup>1</sup>; Greunz, T.<sup>1</sup>; Hafner, M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>AMAG rolling GmbH, Ranshofen, Österreich

**15.40 Uhr**

### Metallographische Untersuchungen zur Bewertung von Klebeverbindungen für den Automobilbereich

*Greunz, T. (V)<sup>1</sup>; Hafner, M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>AMAG rolling GmbH, Ranshofen, Österreich

**16.00 Uhr**

### Bulk-Nanokristalline Dauermagnete durch selektives Laserschmelzen

*Trauter, F. (V)<sup>1</sup>; Bernthaler, T.<sup>1</sup>; Goll, D.<sup>1</sup>; Riegel, H.<sup>2</sup>; Schanz, J.<sup>2</sup>; Schneider, G.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Hochschule Aalen - Institut für Materialforschung; <sup>2</sup>Hochschule Aalen - Laserapplikationszentrum

**16.20 Uhr**

Pause

**16.30 Uhr**

Plenarvortrag

### Development and characterization of high-performance materials by means of cross-scale metallography and complementary methods

*Clemens, H. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Montanuniversität Leoben

**17.00 Uhr**

Pause

## First Joint IMS-FA Metallographie-Symposium

**17.10 Uhr**

### Welcome Address IMS Session

*Neidel, A. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

**17.20 Uhr**

### An Introduction to the International Metallographic Society of ASM

*Dennies, D. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>DMS Inc

**17.40 Uhr**

### Computer Vision and Machine Learning for a Wide Breadth of Microstructure Analyses

*Kitahara, A. (V)<sup>1</sup>; Holm, E.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Carnegie Mellon University

**18.10 Uhr**

### Metallurgy and Microstructure of Glass-to-Metal Seals

*Susan, D. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Sandia National Laboratories

**18.40 Uhr**

### The Lehigh Nano/Human Interface Initiative: A Futuristic Vision of Electron Microscopy

*Marvel, C. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Lehigh University

**19.10 Uhr**

### The Microstructure of Ni and Ni-Based Alloys

*Vander Voort, G.F. (V)*



# Programm

01. 10 .2021

9.00 Uhr

## Plenarvortrag

**Mikrostruktur als zentrales Element und Erfolgsfaktor der Digitalen Transformation in der Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie**

*Friedmann, V.<sup>1</sup>; Durmaz, A.R.<sup>1</sup>; Preußner, J.<sup>1</sup>; Niebel, M.<sup>1</sup>; Hafok, H.<sup>1</sup>; Schweizer, C.<sup>1</sup>; Eberl, C. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik

9.30 Uhr

Pause

## Digitalisierung in der Materialographie

9.40 Uhr

**Digitale Vorgabe, analoge Auswertung: der ASMET-Ringversuch zur Phasenanteilsbestimmung nach ASTM E 562 / ISO 9042**

*Stücklin, S. (V)<sup>1</sup>; Pühringer, J.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Swiss Steel AG; <sup>2</sup>voestalpine Stahl GmbH

10.00 Uhr

**Maschinelles Lernen statt energiedisperser Röntgenspektroskopie: Vorhersage der chemischen Zusammensetzung von Stahl-Einschlüssen nur über Bildinformationen**

*Britz, D. (V)<sup>1</sup>; Müller, M. (V)<sup>2</sup>; Mücklich, F.<sup>2</sup>; Scholl, S.<sup>3</sup>; Staudt, T.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Material Engineering Center Saarland; <sup>2</sup>Universität des Saarlandes; <sup>3</sup>AG der Dillinger Hüttenwerke

10.20 Uhr

Pause

10.30 Uhr

**Ein ganzheitlicher Ansatz zur Segmentierung komplexer Gefüge durch Deep Learning**

*Müller, M. (V)<sup>1</sup>; Britz, D.<sup>2</sup>; Durmaz, A.R.<sup>3</sup>; Lei, B.<sup>4</sup>; Mücklich, F.<sup>1</sup>; Thomas, A.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes; <sup>2</sup>Material Engineering Center Saarland; <sup>3</sup>Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik; <sup>4</sup>Carnegie Mellon University

10.50 Uhr

**Quantitative Fraktographie unter Verwendung klassischer Verfahren, Topographie-Daten und Deep-Learning**

*Schmies, L. (V)<sup>1</sup>; Bettge, D. (V)<sup>1</sup>; Botsch, B. (V)<sup>2</sup>; Yarysh, A.<sup>1</sup>; Hemmleb, M.<sup>3</sup>; Le, Q.-H.<sup>1</sup>; Sonntag, U.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM); <sup>2</sup>Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.; <sup>3</sup>point electronic GmbH

11.10 Uhr

**Erhöhung der Bildschärfe in Lichtmikroskopieaufnahmen mittels Deep Learning**

*Krawczyk, P. (V)<sup>1</sup>; Jansche, A.<sup>1</sup>; Bernthaler, T.<sup>1</sup>; Schneider, G.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Hochschule Aalen

11.30 Uhr

Pause

11.40 Uhr

## Plenarvortrag

**Li-Ionen-Batterien – Aufgaben für die Materialographie**

*Schneider, G. (V)<sup>1</sup>; Bernthaler, T.<sup>1</sup>; Bestli, M.<sup>2</sup>; Golla-Schindler, U.<sup>1</sup>; Kopp, A.<sup>1</sup>; Niedermeier, J.<sup>1</sup>; Wilhelm, G.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Hochschule Aalen; <sup>2</sup>Robert Bosch LLC

12.10 Uhr

**Best Poster Award and Best Contribution Preis**

*Prill, V. (V)<sup>1</sup>; Schnarr, H. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Struers GmbH

12.20 Uhr

**Best Paper Award der Praktischen Metallographie**

*Mücklich, F. (V)<sup>1</sup>; N.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes; <sup>2</sup>Buehler

12.40 Uhr

**Schlusswort**

*Mücklich, F. (V)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes

**55. Metallographie-Tagung****29.09. - 01.10.2021 - Online Konferenz (MESZ)****Tagungsleiter**

Prof. Dr. Andreas Neidel, Siemens Energy, Berlin

**Veranstalter**

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)  
in Zusammenarbeit mit

Department Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben  
Stahlinstitut VDEh

Deutsche Keramische Gesellschaft e.V. (DKG)

The Austrian Society for Metallurgy and Materials

Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. (DVM)

**Tagungsorganisation**

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.  
Marie-Curie-Straße 11-17  
53757 Sankt Augustin

**Tagungsbüro**

Petra von der Bey  
T +49 (69) 75306 741  
metallographie@dgm.de

ACL Analytisch Chemisches Labor GmbH  
Etzwiesenstr. 21 // 72108 Rottenburg

**T** 07457.74-33 // **F** 07457.74-26

**M** dominik.holzinger@acl-online.de

**W** www.acl-online.de



## MASCHINEN UND AUSSTATTUNG FÜR DAS MATERIALOGRAPHISCHE LABOR

ATM Qness GmbH

Emil-Reinert-Str.2 • 57636 Mammelzen • Germany

Telefon +49 2681 9539-0 • Fax +49 2681 9539-20

info@qatm.com • www.qatm.com

part of **VERDER**  
scientific



**Cloeren Technology**  
gut zu wissen

### Heinz-Hubert Cloeren

**Geschäftsführer**

F+E Produktentwicklung  
Erfinder technischer Produkte  
Werkstoff Historiker  
Buchautor

In Petersholz 44 • 41844 Wegberg

Telefon: 0 24 32 / 89 025 10

Mobil: 0174 / 18 66 272

h.h.cloeren@cloeren.de

www.cloeren.de



Materialographiebedarf  
Werkstofftechnische Schulungen



Erfahren Sie mehr unter unserer kostenlosen Service-Hotline  
0681.5001-100 oder per E-Mail an testlab@dekra.com.

[www.dekra.de](http://www.dekra.de)



### DEKRA INCOS GMBH

Bunsenstraße 29 | 85053 Ingolstadt

Tel.: 0841 96698-0 | E-Mail: materialtesting@dekra.com

[www.dekra-incos.de](http://www.dekra-incos.de)

<https://www.dekra.de/de/werkstoffpruefung/>



### Carl Zeiss Microscopy GmbH

Telefon: 0180-3336334

microscopy@zeiss.com

[www.zeiss.com/microscopy](http://www.zeiss.com/microscopy)

J a h r e s m a g a z i n  
**Materialographie**  
M e t a l l o g r a p h i e



MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

# KULZER

MITSUI CHEMICALS GROUP

## Kulzer Technik

Produktbereich  
Metallographie



Kulzer GmbH  
Philipp-Reis-Str. 8/13  
61273 Wehrheim, Germany

Phone +49 6181 9689 2571 oder 74  
Fax +49 6181 9689 3864  
info@kulzer-technik.com

[www.kulzer-technik.com](http://www.kulzer-technik.com)



NIKON  
METROLOGY

## Nikon Metrology GmbH

Tiefenbroicher Weg 25  
D-40472 Düsseldorf  
Deutschland

Sales.Germany.NM@nikon.com  
[www.nikonmetrology.com](http://www.nikonmetrology.com)  
Tel : +49 211 4544 6951



## PRESI GMBH

Rohrstraße 15  
D-58093 Hagen  
Tel.: +49 (0)2331-73678-70  
Tel.: +49 (0)2331-73678-99  
presi.de@presi.com  
[www.presi.com](http://www.presi.com)

**Frank Sommer**  
Geschäftsführender Gesellschafter

**Ulrike Michalke-Sommer**  
Prokuristin // Gesellschafterin



Kellereigasse 17  
D - 97776 Eußenheim  
Tel: +49 (0)9353 - 90 99 652  
Fax: +49 (0)9353 - 90 99 653  
E-Mail: [mail@sommer-da.com](mailto:mail@sommer-da.com)

[www.sommer-da.com](http://www.sommer-da.com)



## TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH

Industrie Service • Werkstoffprüflabor  
Heinrich-Lanz-Allee 22 • 60437 Frankfurt am Main

Telefon: 069 5860716-10 • Fax: 069 5860716-30  
Mail: [an-werkstofflabor@tuevhessen.de](mailto:an-werkstofflabor@tuevhessen.de)

[www.tuev-hessen.de](http://www.tuev-hessen.de)

TÜV\*



**Daniel Ebner**  
Chairman of the Board  
CEO – Well Group

well Diamantdrahtsägen GmbH  
Luzenbergstraße 82  
D-68305 Mannheim  
Tel. +49 (0) 621 74 19 90  
[info.de@well-dws.com](mailto:info.de@well-dws.com)  
[www.well-deutschland.com](http://www.well-deutschland.com)

J a h r e s m a g a z i n  
**Materialographie**  
M e t a l l o g r a p h i e

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

MATERIALOGRAPHIE/METALLOGRAPHIE 2021  
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.

# IMPRESSUM

## Jahresmagazin **Materialographie** Metallographie

Lampertheim, September 2021

© 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)**



**Bildnachweise:** Das jeweilige Institut

**Bildquellen:** DGM (Hintergrundbild)

Thomas Klink/Hochschule Aalen

lbrumf2/Shutterstock.com

**Anzeigenverwaltung und Herstellung:**

ALPHA Informationsgesellschaft mbH

Finkenstraße 10, 68623 Lampertheim

Tel.: 06206 939-0

info@alphapublic.de, www.alphapublic.de

**Abteilungsleitung:**

Sascha Bückermann / sascha.bueckermann@alphapublic.de

Tel.: 06206 939-442

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 jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

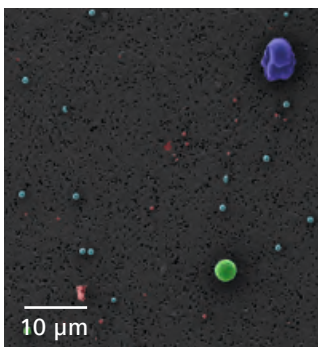
Projekt-Nr. 103-043



# Ermüdende Aufgabe? Lassen Sie den Computer die Arbeit machen.



## ZEISS ZEN Intellesis



Verknüpfen, segmentieren und klassifizieren Sie Ihre materialwissenschaftlichen Bilder und multi-modalen oder 3D-Datensätze. Nutzen Sie Machine Learning und trainieren Sie die Software, so dass diese die mühsame Segmentierung und Objektklassifizierung für Sie erledigt. So erzielen Sie Reproduzierbarkeit bei Ihren Analysen und sparen wertvolle Zeit bei der Datenauswertung.

[zeiss.com/zen-intellesis](https://zeiss.com/zen-intellesis)



Seeing beyond