

## Grußworte zum Jahreswechsel

### Liebe Ehemalige und Freunde des Instituts für Werkstofftechnik, liebe Kolleginnen und Kollegen,

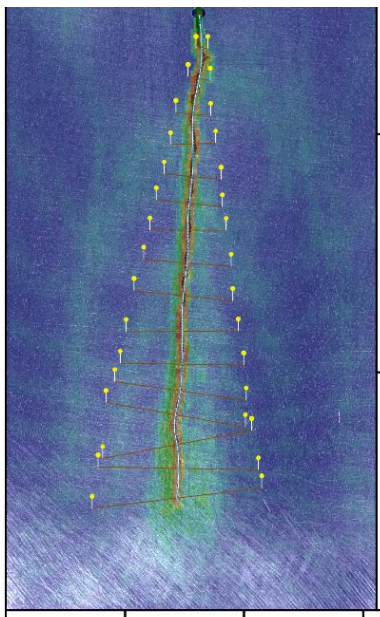
mit dem Jahr 2022 haben wir erneut ein Jahr der Krisen erlebt, welche die Arbeit am Institut jedoch nicht so einschneidend betroffen haben, wie die ersten beiden Pandemie-Jahre. In der Lehre haben wir inzwischen weitgehend zur Normalität zurückgefunden, so dass die Vorlesungen wieder vorwiegend in Präsenz stattfinden. Auch Praktika, die unbestritten ein wesentlicher Ausbildungsgegenstand sind, finden wieder regulär und im Labor statt.

In Bezug auf neue koordinierte Forschungsprojekte gab es Höhen, aber leider auch Rückschläge. So wurde das Graduiertenkolleg 2802 „Feuerfest Recycling: Ein Beitrag für Rohstoff-, Energie- und Klimaeffizienz in Hochtemperaturprozessen“ unter Leitung von Herrn Prof. Aneziris, in dessen Rahmen auch zwei Promotionsprojekte am IWT angesiedelt sind, durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft bewilligt. Leider wurde allerdings ein unter Leitung der Universität Kassel beantragter Transregio auf dem Gebiet der Fe-basierten Formgedächtnislegierungen nicht bewilligt, was uns sehr betrübt hat. Daneben wurden natürlich „reguläre“ Drittmittelprojekte bei diversen Forschungsförderern beantragt, die auch überwiegend bewilligt wurden. Mit Beginn des Jahres hat sich Herr Prof. Rolf Zenker aus der Vertretung des Fachgebietes der Strahltechnologien in Forschung und Lehre verabschiedet und ist in den Ruhestand getreten. Wir danken ihm für die vielen Jahre der kompetenten und engagierten Arbeit am IWT und wünschen ihm alles Gute und gute Gesundheit!

In diesem Newsletter wird die Reihe der Laborvorstellungen mit den Bereichen der Hochgeschwindigkeitsverformung und der Ermüdungsprüfung fortgesetzt. Lassen Sie sich inspirieren. Wir freuen uns immer, wenn unsere Ehemaligen

wieder nach Freiberg kommen und wir gemeinsame Arbeiten durchführen können.

Ein nach wie vor drängendes Problem sind die geringen Studentenzahlen. Aus diesem Grund hat die Fakultät die Studiengänge überarbeitet und bietet sie mit neuen Bezeichnungen an. Auf den Rückgang der Anfängerzahlen in den grundständigen Studiengängen hat die Fakultät zudem durch Einführung von englischsprachigen Master-Studiengängen reagiert. Diese können und sollen allerdings nicht unsere deutschsprachigen Studienangebote ersetzen. Sollten Sie, liebe Ehemalige, also die Gelegenheit haben, so werben Sie gerne für ein Studium in Freiberg bzw. an Ihrem alten Institut, das weiterhin die Ihnen bekannte hohe Qualität bietet und zudem sehr individuell ist. Der Bedarf an unseren Absolventen ist unverändert hoch.



*Ermüdungsriß in Aluminium mit überlagerter Dehnungsmessung, automatisch detektiertem Risspfad und Messlinien senkrecht zum Riss (Christopher Themann)*

Für die nächsten Monate erwarten wir einige Herausforderungen, die unter anderem durch die Energiekrise auf uns zukommen. So soll durch Energiemanagement der großen Stromabnehmer der Universität und Reduzierung der Raumtemperatur auf 19°C ein Beitrag zur Bewältigung der Energieknappheit geleistet werden. Darüber hinausgehende Maßnahmen, die Forschung oder Lehre betreffen, wurden noch nicht ergriffen. Wir hoffen, dass es so bleibt.

Wir wünschen Ihnen, liebe Leser, ein friedliches Weihnachtsfest und ein gutes und gesundes Neues Jahr!

Mit besten Grüßen

*Horst Biermann* *Lutz Krüger*

Horst Biermann

Lutz Krüger

## European Conference on Fracture

An der diesjährigen ECF in Funchal (Madeira, Portugal) nahmen vom IWT Dipl.-Ing. Kevin Koch, Dr. Mikhail Seleznev und Dr.-Ing. Sebastian Henschel teil. Die Vorträge zu den Themen „Effect of the impact pulse on the dynamic fracture toughness behavior of high-strength steel and nodular cast iron“, „In situ damage monitoring during ultrasonic fatigue testing by the advanced acoustic emission technique“, „Microstructure and fracture behaviour of the TRIP/TWIP laminate produced by accumulative roll bonding“ und „One-step dynamic calibration of strain measurement in a split Hopkinson pressure bar“ konnten sowohl von den Teilnehmern vor Ort als auch von Online-Teilnehmern verfolgt werden.

## Tagung Werkstoffprüfung

In diesem Jahr fand die Tagung vor Ort in Dresden und online statt. Zur Delegation aus Freiberg gehörten die Doktoranden Dipl.-Ing. Sarah Hübner, M.Sc. Gökhan Günay, Dipl.-Ing. Christian Hempel, Dipl.-Ing. Kevin Koch sowie Dr.-Ing. Sebastian Henschel, PD Dr.-Ing. habil. Anja Weidner und Prof. Dr.-Ing. Lutz Krüger. In zwei Vorträgen wurden aktuelle Ergebnisse auf den Gebieten des Rissausbreitungsverhaltens in Gusseisen mit Kugelgraphit und der Wasserstoffversprödung in hochlegierten austenitischen TRIP-Stählen vorgestellt. In zwei weiteren Vorträgen wurden methodische Besonderheiten bei der schlagartigen Beanspruchung im instrumentierten Pendelschlagwerk sowie bei der Kalibrierung eines Split Hopkinson Pressure Bar Versuchsstandes diskutiert. Abgerundet wurden die Beiträge durch eine Posterpräsentation zum Thema „Mechanische Hochtemperatur-eigenschaften und Schädigung refraktärer Verbundwerkstoffe“.

Sebastian Henschel

## „Ehre“ als Professor und Leiter des EB-Teams am IWT für fast 20 Jahre (2003–2022)

„Der Ehre wegen“ (h.c.) wurde Dr.-Ing. habil. Rolf Zenker im März 2003 zum Honorarprofessor für „Elektronenstrahl- und Laserstrahlbehandlung von Bauteilen“ berufen. Eine Ehrung für sein Wirken in Wissenschaft und Industrie für die Verbreitung der Elektronenstrahl(EB)-Technologien, allen voran der EB-Randschichtbehandlung, dem EB-Schweißen und EB-Gravieren. Als Wissenschaftler an der TU Karl-Marx-Stadt (1969–1986) war er in der Grundlagenforschung, insbesondere zur Martensitbildung beim Randschicht härten und den Kombinationsverfahren tätig. Ab 1987 wechselte er dann in die Industrie und war in verschiedenen Firmen als Abteilungsleiter Entwicklung für die Strahltechnik und -technologien tätig, zuletzt als Geschäftsführer der pro beam Hörmann GmbH Neukirchen (heute pro beam systems, Stollberg).

Mit seiner Berufung zum Honorarprofessor im Jahr 2003 hat er sein umfangreiches Know how auf dem Gebiet der Strahltechnologien sowohl in die studentische Lehre, im Rahmen seiner sehr anwendungsbezogenen Vorlesung eingebracht als auch in den sukzessiven Aufbau einer neuen Arbeitsgruppe für „Thermische Elektronenstrahl-Technologien“ (EB-Team) am Institut für Werkstofftechnik der TU Bergakademie Freiberg, die er über fast 20 Jahre geleitet hat.

In dieser Zeit konnte er mehr als 52 öffentlich geförderte Projekte der Grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung sowie zahlreiche Entwicklungsprojekte für die Industrie einwerben. Seinen Bemühungen ist es ebenfalls zu verdanken, dass das IWT seit 2009 über eine eigene Elektronenstrahl-Universalanlage mit einem Kammer-volumen von 2,6 m<sup>3</sup> verfügt und 2020 in Kooperation mit dem Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC) weitere EB-Anlagentechnik in Form einer 4 m<sup>3</sup> Universalanlage und einer Anlage zum selektiven Elektronenstrahlschmelzen (SEBM) zur additiven Fertigung beschafft werden konnte.

Seinem unermüdlichen Einwerben von Drittmitteln ist es zu verdanken, dass in den fast 20 Jahren seines Wirkens insgesamt 25 wissenschaftliche (davon 9 Frauen) und 5 technische Mitarbeiter (davon 3 Frauen) beschäftigt werden konnten. Das entspricht seit 2008 einer durchschnittlich konstanten Teamstärke von ca. 8 Mitarbeiter/innen. Er hat zahlreiche studentische Arbeiten begutachtet. Unter seiner Betreuung wurden 6 Promotionen und eine Habilitation erfolgreich beendet. Neben seiner Bestimmtheit, verbunden mit Hartnäckigkeit und Ideenreichtum hat sein ausgeprägter Teamgeist und Humor unser Arbeitsleben bestimmt und bereichert.

Ein Highlight war das von ihm 2009 initiierte Kolloquium für „Thermische Elektronenstrahl-Technologien“, das in einem dreijährigen Turnus durchgeführt wurde und Teilnehmer aus Industrie und Forschung des In- und Auslandes verzeichnete.



Am 23.06.2022 hat das EB-Team nun ihren langjährigen Gruppenleiter, Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Zenker, in den Ruhestand verabschiedet. Insgesamt 21 der aktuellen und ehemaligen Teammitglieder reisten von nah und fern zur feierlichen Verabschiedung an. Start war die Besichtigung der seit 2021 installierten EB-Anlage im neugebauten Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS), die in Kooperation mit dem IEC betrieben wird.

Die weiteren Verabschiedungsfeierlichkeiten fanden in der Stadtwirtschaft Freiberg statt, wo neben ausreichend Essen und Getränken auch die Arbeit von Prof. Zenker sowie Chefqualitäten in Wort, Bild und Ton auf humoristische Weise gewürdigt wurden. Am Ende wurde durch Prof. Rolf Zenker symbolisch der goldene Staffelstab der EB-Team-Leitung an Dr. Anja Buchwalder übergeben.

Wir danken Prof. Zenker für seinen unermüdlichen Einsatz für das Team, für die Elektronenstrahl-Technologien und wünschen ihm viel Gesundheit und Freude an der neuen, anderen LebensArt. Wir sind sicher: „Wenn er sich zum Genießen des Ruhestandes genauso viel Mühe gibt, wie für das Team, als du es geleitet hast, wird es ein voller Erfolg!“.



Text: PD Dr.-Ing. habil. Anja Buchwalder

Fotos: Dr. Lars Halbauer; Normann Klose



## Schülerwettbewerb 2022 „Ohne Strom nichts los“

Immer wieder schafft es die TU Bergakademie Freiberg aktuelle gesellschaftliche Schlüsselthemen in den Mittelpunkt eines naturwissenschaftlichen Wettbewerbs zu stellen. So ging es in den vergangenen Jahren um Themen wie Re(Up)cycling, Leichtbau und Klimawandel. Dieses Jahr stand der Wettbewerb unter dem Motto „Ohne Strom nichts los“ und somit in engem Zusammenhang mit der aktuell schwierigen Situation bezüglich der Energieversorgung bzw. der Energiesicherheit.

Die Aufgabe bestand darin, aus haushaltsüblichen Gegenständen und Materialien einen stromspendenden Energiespeicher zu konstruieren. Dieser Speicher sollte eine LED möglichst lange zum Leuchten bringen. Dazu musste er eine Spannung von 3 V und eine Stromstärke von mindestens 20 mA liefern können. Wessen Energiespeicher die LED am längsten zum Leuchten bringt, gewinnt den Hauptpreis.

Insgesamt nahmen an dem Schülerwettbewerb 16 Schülerinnen und Schüler aus sechs verschiedenen Teams teil. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer stammten aus dem Berufsschulzentrum „Julius Weisbach“ Freiberg.

In den letzten Jahren wurden sogar zahlreiche Exponate aus ganz Sachsen eingesandt. Leider konnten, trotz intensiver Planung und sehr viel Engagement sowie Zeitaufwand für die Organisation, vergangene Teilnehmerzahlen nicht erreicht werden. Hier könnten Nachwirkungen der coronabedingten Rückstände ihre Auswirkungen zeigen. Die Veranstalter sind aber optimistisch,

auch künftig wieder viele Schulen mit interessierten Schülerinnen und Schülern mit neuen Projekten anzusprechen. Die eingereichten Energiespeicher der Mechatroniker des 2. Ausbildungsjahres sowie der Kursstufe 12 des Maschinenbauleistungskurses konnten sich allerdings sehen lassen. Von Gips-Batterien bis MacGyver-Exponaten war einiges vertreten.

Über den 1. Platz und somit über einen Bluetooth Musikbox Lautsprecher als



Hauptpreis durften sich die Nachwuchsmechatroniker Jenna, Axel und Nico freuen. Die Gewinner und weiteren Preisträger wurden im Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung geehrt und verbrachten einen interessanten Forschertag in dem neu errichteten Komplex. Unter anderem lernten die Schülerinnen und Schüler die Additive Fertigung mit Hilfe von 3D-Scannern sowie 3D-Druckern kennen und besichtigten einen Reinraum.

Alexander Glage und Martin Henkel



## Neue Mitarbeiter

Frau Darshita Chhaniyara verstärkt seit März 2022 das Institut für Werkstofftechnik und forscht im Rahmen des Projektes HZwo: SuSyMobil an der elektrochemischen Charakterisierung von Aluminiumlegierungen, der Bewertung von Korrosionsschutzschichten und der Bewertung der Wasserstoff-Sprödbriechanfälligkeit von Al-Legierungen. Sie hat "Advanced Functional Materials" an der TU Chemnitz studiert.



Herr Anatol Markelov absolvierte bis Mai 2022 sein Diplomstudium am Institut für Metallformung in Freiberg. Durch seine Diplom-

arbeit zum Thema „Entwicklung eines zinkfraßfreien Legierungssystems für den Metallblasinstrumentenbau“ ist er schon mit der Korrosionsthematik in Berührung gekommen. Er arbeitet seit September 2022 ebenfalls am IWT im Projekt „HZwo: SuSyMobil“. Im Rahmen des Projektes wird die Entwicklung einer innovativen PEM-H<sub>2</sub>-Brennstoffzelle angestrebt. Seine Aufgaben im Projekt sind die Simulation des Korrosionsverhaltens und das Auffinden von potenziellen Maßnahmen zum Korrosionsschutz.



Robert Dehne hat im September 2022 seine Lehre am IWT begonnen. Inhalte der dreieinhalb Jahre dauernden Ausbildung zum Werkstoffprüfer sind neben den

Prüfverfahren auch die Schadensanalyse, Wärmebehandlung und Fertigungstechnik.



## Hochgeschwindigkeitswerkstoffprüfung

Die Kenntnis des Werkstoffverhaltens bei schlagartiger Beanspruchung ist in vielen Situationen von Belang. Schon bei der Fertigung (Hochgeschwindigkeitsspanen) aber auch bei der Anwendung von Bauteilen (Fahrzeugcrash) treten hohe Beanspruchungsraten auf, die eine Veränderung der Werkstoffkennwerte im Vergleich zu quasi-statischer Beanspruchung bedingen können. Somit müssen diese Kennwerte für die Auslegung dieser Prozesse experimentell ermittelt werden. Rechnerische Abschätzungen, d.h. Extrapolationen, sind in vielen Fällen nicht zielführend.

Zurzeit stehen am IWT mehrere Prüfeinrichtungen für schlagdynamische Beanspruchungen zur Verfügung. Dazu gehören zwei Pendelschlagwerke (eins davon zusätzlich mit Kraftmessensor), ein instrumentiertes Fallwerk und zwei Split Hopkinson Pressure Bar Versuchsstände (Druck bzw. 4-Punkt-Biegung). Zudem können einige servohydraulische Prüfmaschinen auch für Versuche bei erhöhten Beanspruchungsraten eingesetzt werden. Alle Prüfeinrichtungen wurden über die letzten Jahre kontinuierlich um neue Mess- und Analysemöglichkeiten erweitert. Diese Sonderprüfaufbauten wurden speziell für die Bedürfnisse am IWT konstruiert und auch teilweise am IWT gefertigt. Somit können Zug-, Druck-, Scher- und Biegeversuche auch bei mittleren und hohen Belastungsraten durchgeführt werden.

In vielen Fällen sind dafür angepasste Probengeometrien notwendig. So wird üblicherweise die in der Probe wirkende Kraft direkt an der Probe oder durch ein spezielles externes Kraftmessglied gemessen. Aus der wirkenden Kraft kann dann z.B. die Durchbiegung einer Biegeprobe berechnet werden. Mit berührungslos arbeitenden Messgeräten (Laservibrometer, optisches Extensometer, Hochgeschwindigkeitskamera) sind Erweiterungen der etablierten DMS-Messtechnik verfügbar. Mit dieser



*Split Hopkinson Pressure Bar Versuchsstände mit Hochgeschwindigkeitskamera*

Prüftechnik konnten Phänomene an Maschinenkomponenten analysiert und verstanden werden.

Die Prüfeinrichtungen werden für die Forschungsarbeiten im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration“ verwendet und zum Teil auch erweitert. Ebenso werden Dienstleistungsprojekte mit verschiedenen Industriepartnern sowie Forschungsprojekte mit anderen Universitäten bzw. Industrieunternehmen durchgeführt. Schwerpunktmäßig wurden dabei bisher Stähle, Gusseisen und andere Fe-Basis-Legierungen, Aluminium- und Titanlegierungen sowie Keramiken und Verbundwerkstoffe untersucht. Im Dezember 2022 startet eine Forschungskooperation mit der AGH Krakau, in welcher das dehnraten- und temperaturabhängige Festigkeits- und Versagensverhalten von Hoch-Entropie-Legierungen untersucht wird.

Im April 2020 übernahm Dr.-Ing. Sebastian Henschel die Leitung der Arbeitsgruppe Hochgeschwindigkeitswerkstoffprüfung. Zurzeit besteht die Arbeitsgruppe aus Frau Dipl.-Ing. Sarah Hübner, die seit Februar 2019 Gusseisen mit Kugelgraphit bruchmechanisch charakterisiert und Dipl.-Ing. Kevin Koch, der seit April 2020 den Einfluss von nichtmetallischen Einschlüssen auf das Festigkeits-, Verformungs- und Versagensverhalten von Vergütungsstahlgluss im Rahmen des SFB 920 erforscht.

Sebastian Henschel



*Instrumentiertes Fallwerk*

## Zyklische Materialprüfung am IWT

Die Ermüdungsprüfung hat schon immer einen hohen Stellenwert am Institut für Werkstofftechnik. So konnten vom Institutsgründer Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz-Joachim Spies bereits zur Gründung zwei Umlaufbiegeprüfstände aus dem Edelstahlwerk Freital übernommen werden.

Heute dominieren energiesparende und wartungsarme Resonanzprüfmaschinen in Zug-Druck- oder Biegeanordnungen das Prüffeld. Für die Ermüdungsrissserzeugung statischer Bruchmechanikproben, zyklische Risswachstumsmessungen und Wöhlerversuche werden vier Prüfmaschinen der Firma Russenberger Prüfmaschinen AG genutzt (3x 20 kN Microtron und 250 kN Testronic). Eine Spezialität des Hauses ist dabei auch die Ermittlung von bruchmechanischen Schwellenwerten und Risswachstumskurven an Biegeproben im Wechselbereich bei negativen Spannungsverhältnissen  $R$ . Dafür kommt ein 8-Punkt-Biegeaufbau mit Bandgelenken zum Einsatz. Für die Risslängenmessung stehen die Compliance-Methode aus der Steifigkeitsänderung der Probe und die Potentialmethode zur Verfügung. Für letztere werden Rumul Fractomat-Geräte für die indirekte Potentialtechnik mit Rissmessfolien und ein Speise- und Verstärkergerät für die direkte Gleichspannungspotentialmessung von der Firma Matelect genutzt.

Mit entsprechenden Heizaufbauten können an diesen Prüfständen auch Wöhlerversuche bis ca. 500 °C realisiert werden. Die Prüffrequenzen sind abhängig von der Probensteifigkeit und liegen zwischen 50 Hz und 120 Hz. Damit lassen sich Wöhlerkurven bis etwa  $10^7$  Zyklen sehr wirtschaftlich messen. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich gezeigt, dass das klassische Konzept der Dauerfestigkeit mit einer festen Schwelle der Belastung, die den Übergang zu "ewiger" Haltbarkeit markiert, nicht zu halten ist. Bei länger andauernder zyklischer Belastung kommt es auch unterhalb dieser Dauerfestigkeit immer noch zu weiteren Ausfällen. Technisch relevante Zyklenzahlen liegen, beispielsweise für Anlagen mit umlaufenden Wellen, im Bereich bis circa  $10^9$  Zyklen. Um diese Zyklenzahlen wirtschaftlich prüfen zu können, betreibt das Institut für Werkstofftechnik zwei piezoelektrisch angetriebene Resonanzprüfmaschinen, die von der Universität für Bodenkultur Wien bezogen wurden. Die Prüffrequenz beträgt circa 20 kHz. Der Schwingerreger sendet eine Longitudinalwelle aus, die in die Probe übertragen und am Ende des Aufbaus reflektiert wird. Es bildet sich eine stehende Welle mit Belastungsmaxima und Minima aus. Die Probenlänge wird so gewählt, dass sich im Messbereich der Probe ein Belastungsmaximum befindet. Werkstoffe mit geringer innerer Reibung und guter Wärmeleitfähigkeit, wie z.B. Aluminiumlegierungen, können tatsächlich bei 20 kHz durchgehend geprüft werden. Damit beträgt die Prüfzeit für  $10^9$  Zyklen circa einen Tag. Werkstoffe, die sich durch die hohe Prüffrequenz zu stark erwärmen, werden mit kurzen Pulsen geprüft und aktiv gekühlt, um die Erwärmung zu verringern. Die effektive Prüffrequenz liegt dann im Bereich von 500 Hz bis 20 kHz. Die Versuche können auch mit überlagerten Mittellasten und bei erhöhter Temperatur erfolgen. Hierzu wird die Probe zusätzlich mit einer Induktionsheizung erwärmt. So konnten in mehreren Projekten beispielsweise Kolbenlegierungen

und Nickelbasislegierungen bei typischen Einsatztemperaturen geprüft werden.

Zusätzlich zur Resonanzprüftechnik stehen am Institut insgesamt neun servohydraulische Prüfsysteme im Bereich von 50 kN bis 500 kN zur Verfügung. Diese Systeme haben einen deutlich höheren Wartungs- und Energieaufwand, sind aber notwendig, z.B. für Prüfungen, bei denen reale Lastkollektive nachgefahren werden. Dabei kann jeder Zyklus eine andere Amplitude haben. Auch für die Prüfung von polymergebundenen Faserverbundwerkstoffen mit großen Belastungswegen und niedrigen Frequenzen sind diese Maschinen unentbehrlich. Im Bereich der Bruchmechanik werden mit ihnen beispielsweise zyklische Risswachstumsversuche an größeren plattenförmigen Proben mit Mittenriss durchgeführt.



*Risswachstumsprobe mit optischen Messsystemen zur Risslängenerfassung*

Ein weiteres ständiges Einsatzfeld sind dehnungsgeregelte Prüfungen im Bereich der niederzyklischen Ermüdung (LCF). Dafür stehen drei einachsige Prüfstände mit 100 kN bis 250 kN Nennkraft zur Verfügung, die über hydraulische Kegelspannzeuge verfügen, die eine sehr gute Wiederholbarkeit der Einspannung ermöglichen. Die axiale Ausrichtung kann mit instrumentierten Probekörpern eingerichtet werden, so dass der Biegeanteil sicher unter 5% liegt.

Zwei dieser Prüfstände sind mit induktiven Heizanlagen ausgerüstet, ein Prüfstand zusätzlich mit einer Vakuum-/Schutzgaskammer. Damit sind dehnungsgeregelte Versuche bis ca. 1200 °C sowohl an Luft, als auch im Vakuum oder unter Schutzgas möglich. Untersucht werden hier warmfeste Gusseisenwerkstoffe, Stähle, Nickelbasislegierungen, intermetallische Verbindungen und Leichtmetalle. Auch kohlenstoffgebundene Feuerfestwerkstoffe konnten damit schon zyklisch bei hohen Temperaturen geprüft werden.

Die Temperaturreglung kann auch zyklisch erfolgen und die mechanische Dehnung kann unabhängig von der thermischen Dehnung aufgebracht werden. Mit solchen thermomechanischen Ermüdungsversuchen (TMF) können an kleinen Laborproben Belastungszustände nachgestellt werden, wie sie örtlich beispielsweise in Turboladern oder in Rohrbögen thermischer Anlagen auftreten. Die Zyklusdauer wird dabei durch die in der Probe realisierbaren Aufheiz-





*Biaxiale LCF-Probe mit Feindehnungsaufnehmer, Thermoelement und Induktionsspule*

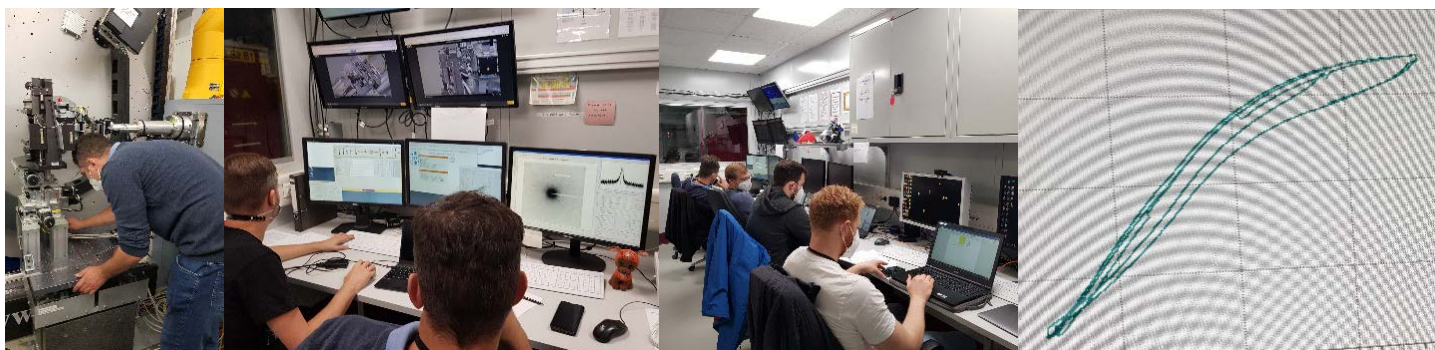
bzw. Abkühlraten bestimmt. Je nach Temperaturintervall kann sie schnell einige Sekunden bis Minuten betragen. Dies führt selbst im LCF-Bereich zu Versuchsdauern von Tagen bis mehreren Wochen, in denen die gesamte Messtechnik stabil arbeiten muss. Im Bereich der mehrachsigen zyklischen Prüfung können dehnungsgeregelte niederzyklische Ermüdungsversuche an rohrförmigen Proben

unter kombinierter Zug-Druck- und Torsionsbelastung durchgeführt werden. Die dafür eingesetzte servohydraulische Prüfmaschine hat einen Axialzylinder mit 100 kN Nennkraft und einen Drehzylinder mit maximal 1000 Nm Torsionsmoment.

In einem planar-biaxialen servohydraulischen Prüfaufbau können kreuzförmige Proben mit vier Zylindern belastet werden. Die Prüfanordnung ist mit einem 30 kW Induktionsgenerator ausgestattet, so dass auch Prüftemperaturen bis 1000 °C im Messbereich der Probe erreicht werden können. Damit wurden biaxiale LCF- und TMF-Versuche an Nickelbasiswerkstoffen für Turbinenanwendungen realisiert. An Kreuzproben mit größerem Messbereich können auch zyklische Risswachstumsexperimente im biaxialen Spannungsfeld durchgeführt werden. Die Risserrfassung erfolgt hierbei unter anderem mit mehreren hochauflösenden Kamerasystemen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unser Institut für die vielfältigen Aufgaben der Ermüdungsprüfung hervorragend ausgestattet ist.

Sebastian Henkel

## Kombinierte Synchrotron- und Schallemissionsmessungen am DESY in Hamburg



Im Rahmen des bilateralen Forschungsprojektes „Schallemissions-Screening an thermo-mechanisch prozessierten Formgedächtnislegierungen unter Zug- und Druckbeanspruchung“ der beiden Institute für Werkstofftechnik an der Universität Kassel und der TU Bergakademie Freiberg wird das Formgedächtnislegierungssystem Fe-Ni-Co-Al-Ti-B hinsichtlich seiner superelastischen Eigenschaften erforscht. Neben dem Einfluss der kristallographischen Orientierungen auf die Umwandlungsspannungen der spannungsunterstützten martensitischen Phasenumwandlung sowie die erzielbaren superelastischen Dehnungen steht insbesondere die funktionale Stabilität des superelastischen Effektes im Fokus des wissenschaftlichen Interesses. Ein wesentliches Ziel des Projektes ist es, den Einfluss irreversibel ablaufender Prozesse auf die funktionale Degradation der Superelastizität durch die Anwendung der Schallemissionsanalyse aufzuklären. Dazu werden sowohl Zustände mit sehr guter funktionaler Stabilität (Einkristalle bestimmter Orientierung) und Zustände mit einem hohen Grad an Irreversibilität (z.B. Vielkristalle mit geringer Textur) gegenübergestellt. Ein Höhepunkt des seit Januar 2020 laufenden Projektes waren die in situ Synchrotronmessungen an der Beamline P02 (PETRA III) am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) im Oktober 2022. Hierzu reisten jeweils 3 Wissenschaftler aus Kassel (Dr. Lieht, Hr. Nobach, Hr. Remich) und Freiberg (Dr. Lehnert, Dr. Seleznev, Dr. Weidner) zu insgesamt 4 Messtagen an. Unterstützt wurden sie dabei durch den argentinischen Gastwissenschaftler Dr. Cesar Sobrero, der die zu untersuchenden vielkristallinen Zustände mit unterschiedlich ausgeprägter Texturstärke durch eine thermomechanische Prozessierung hergestellt hatte. Mit im Gepäck hatten die Kasseler Wissenschaftler das Zug-Druck-Torsionsmodul (Fa. Kammrath&Weiss), mit dem die Proben mechanisch beansprucht wurden. Unter Last wurden in situ sowohl in Transmissionsanordnung röntgenographisch die ablaufende martensitische Phasenumwandlung als auch über einen Piezosensor die Schallemissionssignale erfasst. Die generierten Messdaten an insgesamt 8 beanspruchten Proben mit unterschiedlichen mikrostrukturellen Eigenschaften sind sehr vielversprechend. Bevor jedoch daraus eine Publikation entstehen kann, ist noch viel Aufwand an Datenanalyse und Interpretation notwendig.

Autoren: R. Lehnert, A. Weidner, Fotos: A. Weidner

### Impressum

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. habil. Horst Biermann und Prof. Dr.-Ing. Lutz Krüger

Kontakt: [iwt-office@ww.tu-freiberg.de](mailto:iwt-office@ww.tu-freiberg.de) [www.werkstofftechnik-freiberg.de](http://www.werkstofftechnik-freiberg.de)

Redaktion: S. Henkel

Druck: Medienzentrum

Redaktionsschluss: 22.11.2022