

WOMAG

 Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

KARLSRUHE

16.-18.9.2026

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Anmelde-
schluss:

14. September
2026
13 Uhr

JETZT ANMELDEN!

<https://oberflaechentage.zvo.org>



© Messe Karlsruhe | ONUK Fotografie

WERKSTOFFE

Längere Standzeiten für Formen
und Werkzeuge

OBERFLÄCHEN

Anlagen und Analytik für plasma-
basierte Oberflächentechnologien

WERKSTOFFE

Oberflächenbehandlung und Be-
schichtung für Wasserstofftanks

OBERFLÄCHEN

Oberflächentechnik und
High-End-Anwendungen

OBERFLÄCHEN

Charakterisierung einer neuen Ge-
neration von DLC-Beschichtungen

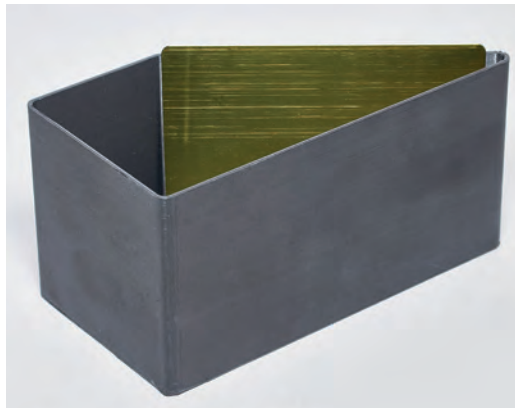
SPECIAL

Grenzen der RFA bei der Dicken-
messung galvanischer Überzüge
– Ein Praxisbeispiel

JULI-AUGUST 2026

Branchen-News täglich: womag-online.de

Hull-Bleche in Top-Qualität mit Premium-Service

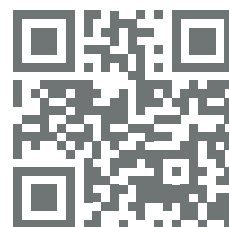


Hull-Bleche aus **Stahl, Aluminium, Messing, Bronze, Kupfer**
Hull-Zellen aus **Acryl, PVC, 3D-Druck** • Winkelkathoden



METATLAB

Hull-Bleche & Zubehör



QR-Code
scannen
und direkt
zum Shop!
met-at-lab.com

Handwerk als Basis moderner Fertigungstechniken



Vor einigen Tagen wurde aus dem Kreis der deutschen Industrie- und Handelskammern ein verstärktes Interesse an Ausbildungen in Berufen vermeldet, die dem Handwerk zugeordnet werden. Dieser Trend darf durchaus als eine hoffnungsvolle, vorsichtige Wendung bezeichnet werden, da seit Jahren viele klassische Handwerksberufe unter Nachwuchsmangel leiden. Als Grund für diesen Trend wird unter anderem genannt, dass viele Tätigkeiten des täglichen Lebens unentbehrlich sind. Sie können zudem nur eingeschränkt von Maschinen oder gar künstlicher Intelligenz ersetzt werden. Ein anderer

Grund ist die aktuelle Schwäche der Großindustrie, allen voran der Automobilindustrie mit ihren täglichen Meldungen über den drastischen Abbau von Arbeitsplätzen.

Auch die Oberflächentechnik ist eine der Berufsgruppen, die stark von praktischen Tätigkeiten und praktischen Fähigkeiten geprägt ist. Zwar unterliegt sie seit Jahren einem erkennbaren Wandel zu neuen Arten der Oberflächenbearbeitung, beispielsweise unter Einsatz der Lasertechnik oder der Beschichtung durch unterschiedliche Arten der Vakuum- oder Plasmatechnik. Doch auch diese Verfahren erfordern Menschen mit praktischen Fähigkeiten, die die modernen Bearbeitungsmethoden optimal anwenden und einsetzen.

Vor diesem Hintergrund können die neuen Absolventen von Ausbildungsstätten der Galvano- und Oberflächentechnik zu ihrer Berufswahl beglückwünscht werden, wie beispielsweise den Absolventen der Technikerschule in Schwäbisch Gmünd (Beitrag Seite 32). Sie sind die Spezialisten der Zukunft, die dafür sorgen, dass Innovationen von Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie der Hersteller von Anlagen und Verfahren zu den bestmöglichen Produkten führen. Sie sind es im Übrigen auch, die sich mit den Möglichkeiten und Grenzen von Messverfahren wie der Röntgenfluoreszenz befassen (Beitrag Seite 7ff), um die Funktionsfähigkeit von galvanischen Schichten auf Bandmaterial zu optimieren. Diese wiederum ist erforderlich, um die Leistungsfähigkeit der modernen Datentechnik zu ermöglichen, denn auch die künstliche Intelligenz kommt ohne eine leistungsfähige Hardware nicht aus. Mit dem Trend zum Erhalt wichtiger Berufe für die Herstellung unterschiedlichster Produkte wird auch die Forderung aus Politik und Gesellschaft zur Aufrechterhaltung der wirtschaftlichen Souveränität unterstrichen – und sicher gibt es noch weitere Argumente für eine Anpassung der Ausbildung an die aktuellen und zukünftigen Bedürfnisse unserer Gesellschaft.

WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

WOMAG ist auf der Homepage des Verlages als pdf-Ausgabe und als html-Text zur Nutzung auf allen Geräteplattformen lesbar. Einzelbeiträge sind mit den angegebenen QR-Codes direkt erreichbar.



**UNSERE
KOMPETENZ
UND ERFAHRUNG FÜR
IHRE PROZESSE**

PROCESS ENGINEERING

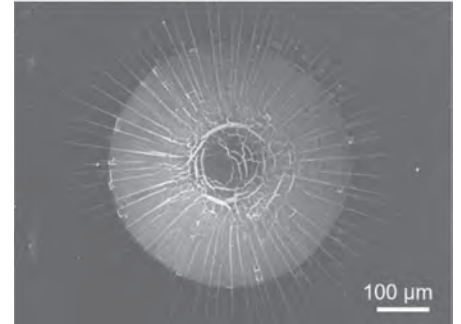
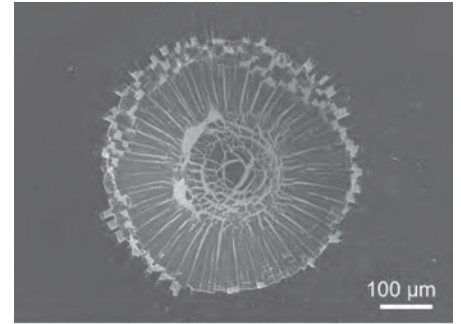
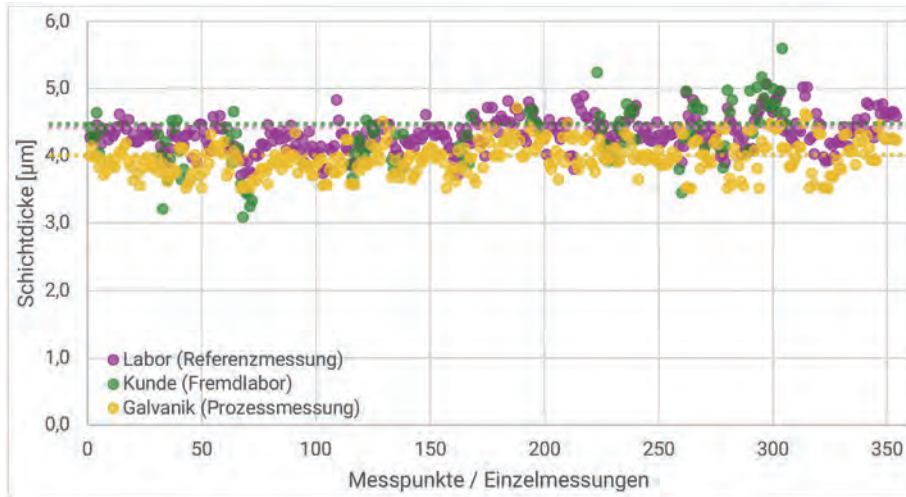
QVE
by **RENNER**

NEU!



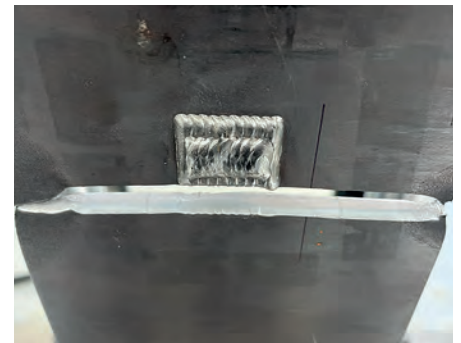
RENNER
PUMPEN UND FILTER

INHALT



7 Präzision von RFA-Messungen von Schichtdicken in der Galvanotechnik

22 DLC-Beschichtungen



32 Verabschiedung der frischgebackenen Galvanotechniker

15 Metallischer 3D-Druck

WERKSTOFFE

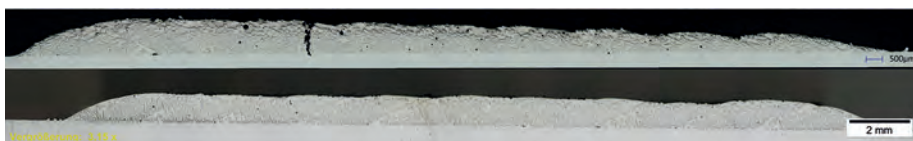
- 4** Längere Standzeiten für Formen und Werkzeuge
- 7** Grenzen der Röntgenfluoreszenzanalyse bei der Schichtdickenmessung galvanischer Überzüge – Ein Praxisbeispiel zur Vergleichbarkeit von Messergebnissen
- 10** Oberflächenvorbehandlung, Barrierebeschichtung, automatisierte Bearbeitung und Montage kryogener CFK-Wasserstofftanks
- 12** Struktur von MOF-Dünnschichten
- 13** Schädigungen in Metallen wächst unter Schubbelastung
- 14** Standardisierte Laserschweißanlage für Powertrain-Komponenten
- 15** Brücken flicken – Metallischer 3D-Druck verlängert das Leben von Stahlbauteilen

OBERFLÄCHEN

- 17** Oberflächentechnik und High-End-Anwendungen – Teil 2
- 19** Erfolgreiche Zertifizierung für die Luftfahrt: OTH Hagen setzt hochfliegende Pläne um
- 20** Fraunhofer IPA – Preview auf die Oberflächentage 2026
- 22** Schichtcharakterisierung einer neuen Generation von diamantähnlichen Beschichtungen (DLC 2.0, spannungsfreies ta-C)
- 25** Präzise Messung für bessere Diamantbeschichtungen
- 26** Fluorfreie Trockenbeschichtung für leistungsfähige Batterien
- 27** Neue Plasma-Anlagentechnik und Prozessanalytik zur Qualitätskontrolle für plasmabasierte Oberflächentechnologien
- 29** Süddeutsches Zentrum für Galvano- und Oberflächentechnik im Blick



36 Neuwahlen und Mitgliederversammlung beim VOA e. V.



4 Qualitätssteigerung bei additiven LMD-Verfahren durch Nutzung von KI

BERUF + KARRIERE

- 32 Klasse statt Masse – Techniker überzeugen durch Engagement und Qualität
- 33 Clever & Hard – 42. Karl-Kessler-Preis für Jan Bolsinger

VERBÄNDE

- 35 Innovationspreis FiT2clean Award 2026 verliehen
- 36 VOA-Mitgliederversammlung mit Vorstandswahlen
- 38 Neue Geschäftsführerin beim VOA
- 39 Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO) – Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO)

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

- 40 Qubus-IFO erweitert Kompetenz mit Gutachtenlabor Dr. Herrmann – Valterra Platinum und Umicore MDS starten F&E-Kooperation

Zum Titelbild: Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik in Karlsruhe mit umfangreichem Programm an Fachvorträgen; <https://oberflaechentage.zvo.org>.

WOMag – Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche – Internationales Fachmagazin in deutscher und (auszugsweise) englischer Sprache
www.womag-online.de
 ISSN: 2195-5891 (Print), 2195-5905 (Online)

Erscheinungsweise

10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2026 angegeben

Herausgeber und Verlag

WOTech – Charlotte Schade – Herbert Käszmann – GbR
 Am Talbach 2
 79761 Waldshut-Tiengen
 Telefon: 07741/8354198
www.wotech-technical-media.de

Verlagsleitung

Charlotte Schade
 Mobil 0151/29109886
schade@wotech-technical-media.de
 Herbert Käszmann
 Mobil 0151/29109892
kaeszmann@wotech-technical-media.de

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo

siehe Verlagsleitung

Bezugspreise

Jahresabonnement für WOMag-Online:

149,- €, inkl. MwSt.

Die Mindestbezugszeit eines Abonnements beträgt ein Jahr. Danach gilt eine Kündigungsfrist von zwei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums.

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 15 vom 20. September 2025

Inhalt

WOMag berichtet über:

- Werkstoffe, Oberflächen
- Verbände / Institutionen
- Unternehmen, Ausbildungseinrichtungen
- Veranstaltungen, Normen, Patente

Leserkreis:

WOMag ist die Fachzeitschrift für Fachleute aus dem Bereich der Produktherstellung für die Prozesskette – von Design und Konstruktion bis zur abschließenden Oberflächenbehandlung des fertigen Produkts. Im Vordergrund steht die Betrachtung der Werkstoffe und deren Bearbeitung mit Blickrichtung auf die Oberfläche der Produkte aus den Werkstoffen Metall, Kunststoff und Keramik.

WOMag-Beirat

WOMag wird von einem Kreis aus etwa 20 Fachleuten der Werkstoffbe- und -verarbeitung sowie der Oberflächen-technik beraten und unterstützt.

Bankverbindung

BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38
 BIC: SOLADEST600; (Konto 2344238, BLZ 60050101)

Das Magazin und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Bei Zusendung an den Verlag wird das Einverständnis zum Abdruck vorausgesetzt. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlags und ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gezeichnete Artikel decken sich nicht unbedingt mit der Meinung der Redaktion. Für unverlangt eingesandte Manuskripte haftet der Verlag nicht.

Gerichtsstand und Erfüllungsort

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

Herstellung

WOTech GbR

Grafische Gestaltung (Grundlayout)

Wasserberg GmbH

Druck

Holzer Druck + Medien GmbH & Co. KG
 Fridolin-Holzer-Straße 22+24, 88171 Weiler
 © WOTech GbR, 2025

≡ Längere Standzeiten für Formen und Werkzeuge

Laser Material Deposition eröffnet neue Wege für Werkzeug-, Formen- und Modellbau

Die fachgerechte Herstellung und Instandhaltung von Druckgusswerkzeugen ist für die Gießerei-Industrie von zentraler Bedeutung: Als eines der teuersten Betriebsmittel bestimmen sie maßgeblich Qualität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit. Komplexe Formen und Einsätze erreichen leicht Anschaffungskosten im sechsstelligen Eurobereich und deren uneingeschränkte Funktion für die Produktion über Jahre hinweg ist unabdingbar. Sie müssen extremen Belastungen standhalten. Im Druckguss wirken Temperaturen von bis zu 700 °C auf das Formmaterial ein, während die Werkzeuge gleichzeitig mechanischen Kräften von mehreren hundert Kilonewton ausgesetzt sind. Hinzu kommen abrasive Belastungen an der Werkzeugoberfläche und chemische Angriffe durch Legierungselemente der Gusswerkstoffe. Thermische Spannungen und Materialermüdung führen zu Rissbildung, Erosion und abrasivem Verschleiß. Selbst mit optimaler Auslegung und sorgfältiger Fertigung der Formen ist ihr Verschleiß ein unvermeidlicher Faktor, der irgendwann einen Werkzeugaustausch erzwingt. Tritt dieser Fall unvorhergesehen ein, entstehen hohe Folgekosten. Das Fraunhofer ILT berichtet in diesem Zusammenhang über neue Wege der Laser Material Deposition und EHLA für Werkzeug-, Formen- und Modellbau.

Die wirtschaftliche Bedeutung ist erheblich: Jeder Werkzeugausfall bedeutet Produktionsstillstand, zusätzliche Rüstzeiten und mitunter das Anfertigen neuer Einsätze oder gar kompletter Werkzeuge. Hinzu kommt der steigende Druck, Formen nicht nur wirtschaftlich, sondern auch nachhaltig herzustellen und zu betreiben. *In einer Branche, in der jede Minute Produktionszeit zählt, brauchen wir Verfahren, die Werkzeuglebenszyklen verlängern, Ausfallzeiten verringern und Produktionsprozesse ökologisch optimieren können,* weiß Dr. Thomas Schopphoven, Abteilungsleiter Laserauftragschweißen beim Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen.

Klassische Ansätze wie etwa der Einsatz von hochlegierten Werkzeugstählen, stoßen an physikalische Grenzen. Höhere Härten und Verschleißbeständigkeit bedeuten häufig eine aufwendige Verarbeitung, lange Lieferzeiten und hohe Rohstoffkosten. Neben Aspekten der Standzeit, steigen auch die Ansprüche an die Flexibilität in der Werkzeugherstellung: Produktmodifikationen erfordern regelmäßig Änderungen an Formeinsätzen, Anguss- und Kühlsystemen, was zusätzliche Herausforderungen für den Werkzeugbau bedeutet.

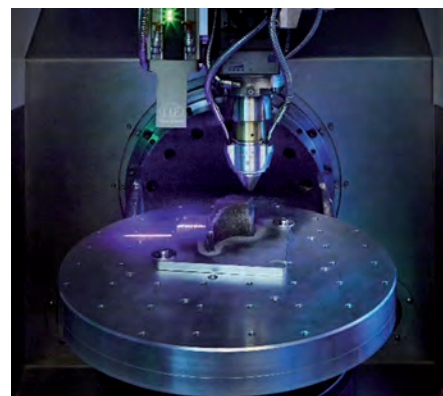
Die Suche nach Lösungen muss daher über bisherige Strategien hinausgehen. Konventionell bestehen Werkzeuge aus nur einem Werkstoff, was ihre Leistungsfähigkeit begrenzt und ihre Reparatur erschwert. Innovative Fertigungstechnologien wie das Laser Material Deposition (LMD) ermöglichen hierbei nicht nur die Reparatur von Werkzeugen, sondern auch die selektive Beschichtung von besonders belasteten Bereichen sowie die flexible Anpassung von Geometrien durch hybrid-additive Fertigungsansätze. Auf

diese Weise können Formen länger genutzt, schneller angepasst und ressourcenschonender betrieben werden. In einer Zeit, in der die Kreislaufwirtschaft auch im industriellen Werkzeugbau immer mehr an Bedeutung gewinnt, besteht mit dieser Technologie ein enormes zukunftsweisendes Potenzial.

Laser Material Deposition und EHLA

Laser Material Deposition, oft auch Laserauftragschweißen genannt, ist ein additives Fertigungsverfahren, das zwischenzeitlich in zahlreichen Branchen, wie etwa der Instandsetzung von Turbomaschinenkomponenten oder der Beschichtung von Walzen und Zylindern industriell weit verbreitet ist. Das Prinzip ist einfach, die Möglichkeiten bemerkenswert: Ein Laserstrahl erzeugt ein Schmelzbad mit exakt einstellbarer Größe auf der Oberfläche eines Werkstücks, während gleichzeitig ein Metallpulver in dieses Schmelzbad eingebracht wird. Durch präzise Steuerung der Verfahrenswege wird lokal Schicht für Schicht Material aufgetragen, wodurch sich nicht nur verschlissene Bereiche wieder aufbauen, sondern auch neue, funktionale Geometrien erzeugen lassen. Die Besonderheit liegt in der hohen Prozesskontrolle: Laserparameter, Pulverzufuhr und Vorschubgeschwindigkeit werden exakt aufeinander abgestimmt, sodass der Wärmeeintrag minimal bleibt und thermische Belastungen reduziert werden.

Eine Weiterentwicklung dieses Verfahrens ist das mehrfach prämierte Extreme Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (EHLA), das Dr. Schopphoven vor einigen Jahren am Fraunhofer ILT entwickelt hat: Während klassisches LMD vor allem für dickere Schichten im Millimeterbereich eingesetzt

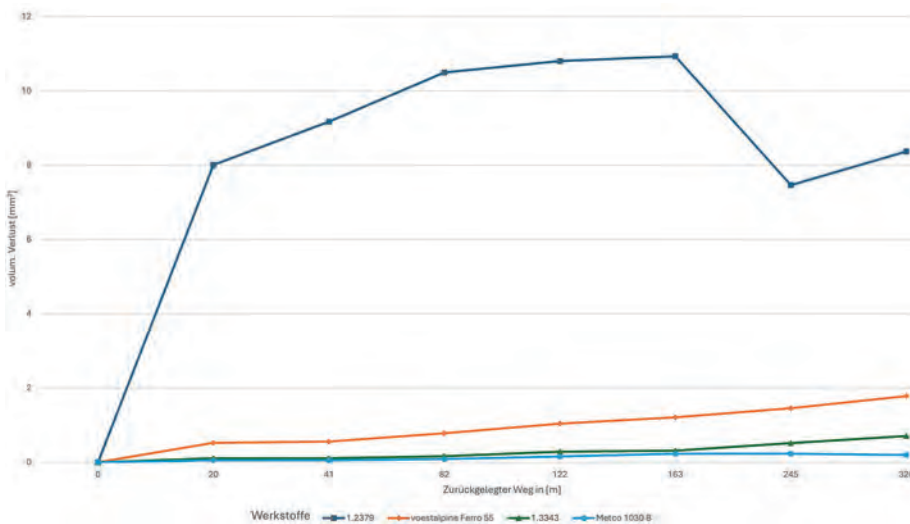


EHLA (Extreme Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen) ermöglicht den additiven Aufbau funktionaler Oberflächen mit hoher Präzision und Geschwindigkeit (Bild: ILT)

wird, erlaubt EHLA die Erzeugung von sehr dünnen, verschleißfesten Beschichtungen mit Schichtdicken ab circa 30 µm. Dies geschieht mit einer Geschwindigkeit, die der Prozessbezeichnung alle Ehre macht: Mehrere Hundert Meter pro Minute sind möglich.

Die Technik ist inzwischen in zahlreichen Industrien etabliert; mehrere hundert EHLA-Systeme sind weltweit bereits im industriellen Einsatz. Der entscheidende Vorteil liegt in der Präzision und Effizienz: EHLA ermöglicht es, selbst schwer schweißbare Werkstoffkombinationen wie hochlegierte Werkzeugstähle oder Hartmetalle prozesssicher zu verarbeiten bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch.

Mit EHLA3D erreicht das Verfahren eine weitere Stufe. Durch die Integration auf 5-Achs-CNC-Anlagen lässt sich die Technologie nicht nur für Beschichtungen und kleinere Reparaturen, sondern auch für additive Fertigung



Während der volumetrische Materialverlust von ungehärtetem 1.2379 deutlich zunimmt, zeigen mit Ferro55, 1.3343 und 1030B beschichtete Proben eine wesentlich höhere Beständigkeit. Interessant für einen industriellen Einsatz ist der Werkstoff 1.3343, da er weniger rissanfällig ist als der Werkstoff 1030B und dennoch ein hervorragendes Verhalten bei dem Gleitreibverschleißtest zeigt (Bild: ILT)

nutzen. Komplexe Freiformgeometrien können so endkonturnah auf Halbzeugen aufgebaut werden.

Damit vereint die Technologie Möglichkeiten aus den Bereichen Fertigung, Beschichtung und Reparatur zu einem einzigen Prozess, der sowohl für die Produktion neuer Werkzeuge als auch für deren Regeneration eingesetzt werden kann. Besonders interessant für den Werkzeugbau ist die Möglichkeit, Funktionszonen gezielt zu verstärken, ohne das gesamte Werkzeug neu herstellen zu müssen. Der geringe Wärmeeintrag erlaubt die Bearbeitung von empfindlichen Geometrien ohne Verzug, während die hohe Auftragsrate eine wirtschaftliche Fertigung selbst großer Flächen ermöglicht.

Nutzen für die Gießerei-Industrie

Die Vorteile von LMD und EHLA für die Gießereiindustrie sind vielfältig und reichen weit über eine Verlängerung der Werkzeuglebensdauer hinaus. Besonders für Druckgussformen, die extremen Temperaturwechseln und

abrasivem Verschleiß ausgesetzt sind, bietet das Verfahren einen wirtschaftlichen und technischen Mehrwert. Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen, dass sich durch die gezielte Beschichtung von Funktionszonen der verschleißbedingte Materialabtrag erheblich reduzieren lässt.

In Gleitreibverschleißtests wurden Verbesserungen von bis zu einem Faktor 40 gegenüber herkömmlichem Werkzeugstahl festgestellt, abhängig von der gewählten Legierung und Prozessführung. Werkstoffe wie beispielsweise ein hochlegierter Karbid-bildender Werkstoff erzielen Härten bis zu 930 HV bei gleichzeitig stoffschlüssiger Anbindung an den Grundwerkstoff. Diese Ergebnisse demonstrieren eindrucksvoll, dass sich Werkzeugstandzeiten signifikant erhöhen lassen, was unmittelbare Auswirkungen auf Produktionssicherheit und Wirtschaftlichkeit hat.

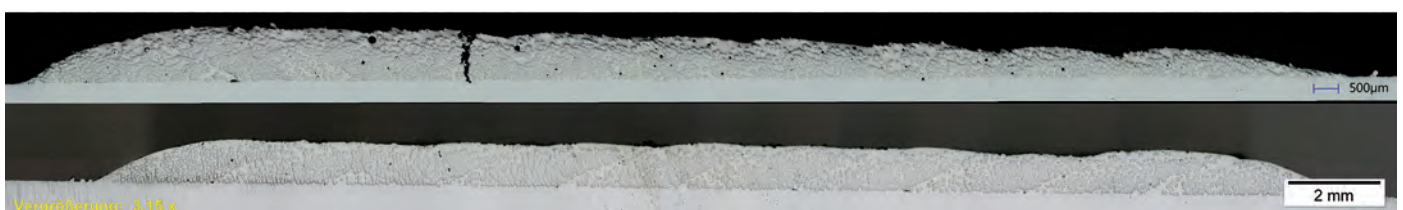
Neben der Standzeitsteigerung ermöglicht LMD einen effizienteren Einsatz von Materialien. Während konventionelle Werkzeuge oft vollständig aus teurem, hochlegiertem Werk-

zeugstahl gefertigt werden, kann durch den Einsatz von LMD ein kostengünstiger Bau-stahl als Substrat verwendet werden. Nur die Bereiche, die tatsächlich hohen Belastungen ausgesetzt sind, werden mit einer Hartlegierung beschichtet. Dieses Material-on-Demand-Prinzip reduziert nicht nur die Kosten, sondern verringert auch den Bearbeitungsaufwand. Durch den near-net-shape-Auftrag entfällt ein Großteil der aufwendigen Fräsoperationen, und Formen lassen sich schneller in Betrieb nehmen.

Werkzeuge, die bisher nach Auftreten von Rissen oder Ausbrüchen vollständig ersetzt werden mussten, können heute durch LMD regeneriert werden. Beschädigte Zonen werden gezielt nachgeschweißt und dann mechanisch bearbeitet, sodass die Werkzeuge wieder die ursprüngliche Geometrie erreichen. Diese Möglichkeit eröffnet wirtschaftliche Einsparpotenziale und reduziert auch die Abhängigkeit von langen Lieferketten für neue Formen. Besonders bei großen und komplexen Druckgusswerkzeugen, die individuelle Fertigungsprozesse erfordern, ist diese Flexibilität ein entscheidender Faktor.

AI-SLAM: Automatisierte Reparatur mit Künstlicher Intelligenz

Ein entscheidender Schritt in Richtung Serienanwendung von Laser Material Deposition im Werkzeugbau ist die zunehmende Automatisierung. Im Forschungsprojekt AI-SLAM (*Artificial Intelligence Enhancement of Process Sensing for Adaptive Laser Additive Manufacturing*) haben die Fachleute des Fraunhofer ILT gemeinsam mit internationalen Partnern gezeigt, dass sich Beschichtungs- und Reparaturprozesse mithilfe von Sensorik und Künstlicher Intelligenz automatisieren lassen. Im AI-SLAM-Projekt erfasst ein Linienlaser mit Kamera die verschlissene Oberfläche eines Werkzeugs für die Bergbauindustrie und gleicht sie mit der ursprünglichen CAD-Geometrie ab. Aus der Differenz errechnet die Software die exakten Verfahrswege und die notwendige Schichtdicke, um die ursprüng-



Das AI-SLAM-Projekt zeigt, wie KI die Qualität des additiven LMD-Verfahrens steigern kann; zum Vergleich: vorher oben (ohne KI), nachher unten (mit Unterstützung von KI). Diese Erkenntnisse bieten eine solide Grundlage für weitere Forschungen und Erweiterung der Technologie in verschiedene industrielle Anwendungen (© Fraunhofer ILT)

WERKSTOFFE

liche Kontur wiederherzustellen. Die Bahnplanung erfolgt automatisch, und selbst während des Auftrags überprüft die KI den Prozess. Abweichungen in der Größe oder Ausprägung des Schmelzbades oder in der Geometrie werden sofort erkannt und durch angepasste Prozessparameter korrigiert.

Eine Besonderheit liegt in der Vielzahl der überwachten Größen. Neben der Geometrie erfassen Pyrometer die Temperatur, Kameras analysieren die Form des Schmelzbads, und Profilometer kontrollieren den Schichtaufbau. Diese Datenströme werden in Echtzeit zusammengeführt und durch die KI bewertet. Das Bedienpersonal muss nicht mehr komplexe Parameter manuell einstellen, sondern lediglich den Startbefehl geben, die Regelung des Prozesses übernimmt das System. Damit reduziert sich die Abhängigkeit von hochspezialisierten Fachkräften, die bislang für den erfolgreichen Einsatz von LMD unverzichtbar waren.

Auch für die Gießerei-Industrie bedeutet dies einen deutlichen Fortschritt. Reparaturen von Druckgussformen, die bislang aufwendig geplant und mit viel Erfahrung durchgeführt werden mussten, lassen sich künftig reproduzierbar und standardisiert umsetzen. Besonders interessant ist die Möglichkeit, auch große und komplexe Werkzeuge automatisch zu regenerieren. Defekte werden nicht nur erkannt, sondern unmittelbar behoben, wodurch Ausfallzeiten drastisch sinken. Zudem lassen sich die Ergebnisse dokumentieren und nachweisen, was für eine Serienanwendung im industriellen Umfeld essenziell ist.

Mit dem AI-SLAM-Projekt entsteht eine Perspektive, in der Werkzeuge nicht mehr als Verschleißteile betrachtet, sondern als langlebige Investitionen gesehen werden, die über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg optimiert und verbessert werden können.

Innovativer Ansatz zur Fertigung von Umformwerkzeugen

Das Fraunhofer ILT hat im Projekt *H2GO* (Nationaler Aktionsplan Brennstoffzellen-Produktion) einen neuartigen Ansatz zur Fertigung von Umformwerkzeugen für Bipolarplatten vorgestellt. Anstatt Werkzeuge zeit- und materialintensiv aus dem Vollen zu fräsen, wird eine verschleißfeste Funktionschicht mittels EHLA direkt auf kostengünstigen Baustahl aufgetragen. Auf diese Weise entstehen Werkzeuge schneller, günstiger und mit deutlich geringerem Materialeinsatz. Als Beschichtungsmaterialien werden unter anderem Schnellarbeitsstahl 1.3343 und Ferro55 eingesetzt, die Härtewerte bis zu 865 HV0,5 erreichen. Ein typischer EHLA-Auftrag erzeugt pro Lage etwa 0,05 mm bis 0,15 mm Schichtdicke; durch mehrere Lagen lässt sich die erforderliche Endkontur gezielt aufbauen. Das Verfahren spart nicht nur Fräszeit, Werkzeuge und Materialkosten, sondern erhöht zugleich die Standzeit der hergestellten Formen.

Ein Demonstrator machte den kompletten Prozess anschaulich: von der EHLA-Beschichtung über die Endbearbeitung bis hin zur Strukturierung der Funktionsflächen mit Ultrakurzpulslasern. In Kooperation mit dem

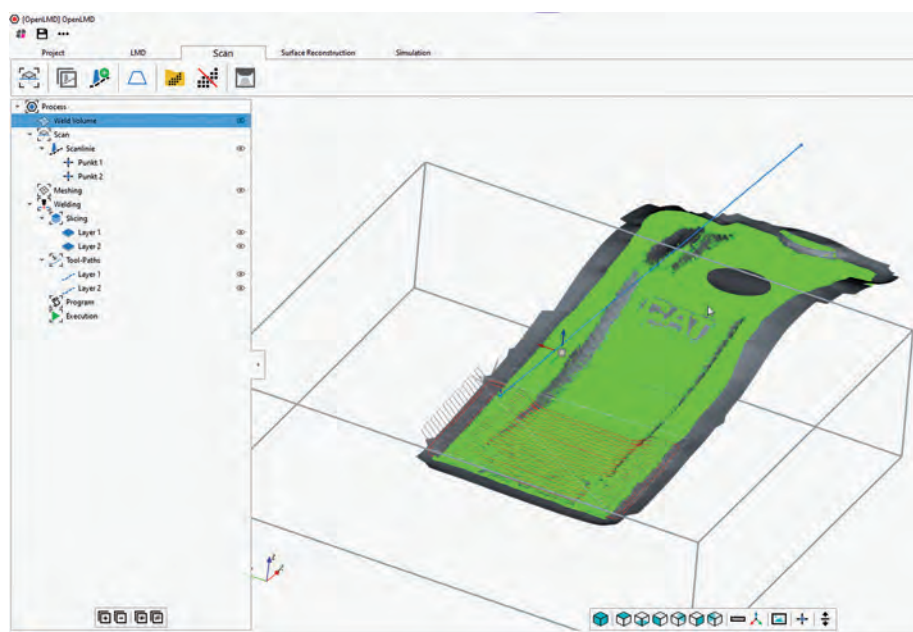


Im Projekt AI-SLAM zeigen die Forschenden des Fraunhofer ILT gemeinsam mit internationalen Partnern, dass sich Beschichtungs- und Reparaturprozesse mithilfe von Sensorik und Künstlicher Intelligenz automatisieren lassen
(© Fraunhofer ILT)

Fraunhofer IPT werden die so gefertigten Werkzeuge derzeit unter realistischen Bedingungen getestet. Ziel ist es, die Standzeit der EHLA-beschichteten Werkzeuge unter industriellen Belastungsszenarien zu validieren.

Ein entscheidender Vorteil zeigt sich bereits: Mit dem Verfahren lassen sich besonders harte, langzeitstabile Legierungen auf die Werkzeugoberfläche aufbringen, die sich konventionell kaum oder nur sehr schwer bearbeiten lassen. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer der Werkzeuge erheblich, was unmittelbar zur Senkung der Produktionskosten beiträgt. Zudem ermöglicht EHLA einen ortsselektiven Auftrag: Defekte oder verschlissene Bereiche können gezielt repariert werden, sodass Werkzeuge mehrfach genutzt werden können. Diese Möglichkeit der Wiederverwendung stellt eine weitere vielversprechende Stellschraube für die Kostensenkung dar und eröffnet darüber hinaus Perspektiven für den Werkzeugbau in anderen Branchen.

Die Übertragung dieser Ansätze auf die Gießerei-Industrie kann die bisherigen Abläufe im Werkzeugbau revolutionieren, ist sich Thomas Schopphoven sicher. Statt in festen Zyklen neue Formen zu beschaffen, könnten Unternehmen ihre bestehenden Werkzeuge länger und effizienter nutzen. Gleichzeitig eröffnet LMD die Möglichkeit, Werkzeuge kontinuierlich an neue Produktdesigns und Fertigungsanforderungen anzupassen. In Zeiten, in denen Flexibilität und Geschwindigkeit, Resilienz und Unabhängigkeit von Lieferketten entscheidende Wettbewerbsvorteile darstellen, wird das Laserauftragschweißen zu einer Schlüsseltechnologie für die Zukunft des Werkzeugbaus.



Der KI-gesteuerte LMD-Prozess vereinfacht die Rolle des Bedieners bei der Beschichtung von hochbelasteten Werkzeugen
(© Fraunhofer ILT)

➔ www.ilt.fraunhofer.de

Grenzen der Röntgenfluoreszenzanalyse bei der Schichtdickenmessung galvanischer Überzüge – Ein Praxisbeispiel zur Vergleichbarkeit von Messergebnissen

Von Oliver Brenscheidt, Dominik West und Alexandra Blume, Sundern



Zum online-Artikel

Die Röntgenfluoreszenzanalyse ist ein verbreitetes Verfahren in der galvanotechnischen Praxis für die zerstörungsfreie Bestimmung der Schichtdicke. Die Technologie gilt als sehr präzise, kann allerdings vor allem bei dünnen Schichten und bestimmten Kombinationen aus Grundwerkstoff und Schichtmaterial deutliche Abweichungen der Messwerte bei unterschiedlichen Prüfgeräten und Prüforten aufweisen. Verbesserungen lassen sich durch die Harmonisierung von Messbedingungen erreichen, vor allem im Hinblick auf vergleichbare Referenzmaterialien, die Definition reproduzierbarer Messpunkte sowie die Abstimmung von Messzeit, Kollimatorgröße und Kalibrationsstrategie. Durch diese Anpassung erhöht sich die Fähigkeit des eingesetzten Messverfahrens, die geforderte Toleranz sicher zu erreichen.

1 Einleitung

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) ist in der Galvanotechnik ein etabliertes Standardverfahren zur zerstörungsfreien Bestimmung von Schichtdicken. In der praktischen Anwendung entsteht dabei häufig eine implizite Annahme: Ein Bauteil besitzt eine eindeutig definierte Schichtdicke, die durch die Messung reproduzierbar und systemunabhängig bestimmt werden kann. Die numerische Ausgabe dieser Geräte mit mehreren Nachkommastellen verstärkt den Eindruck von Objektivität zusätzlich.

Im industriellen Alltag zeigt sich jedoch oft ein anderes Bild. Messergebnisse unterschiedlicher Systeme, Laboratorien oder Zeitpunkte weichen teilweise signifikant voneinander ab. Selbst wenn identische Bauteile und vergleichbare oder sogar gleiche Messpositionen zugrunde liegen, sind die Ergebnisse nur bedingt vergleichbar. Diese Abweichungen bewegen sich nicht selten in einer Größenordnung, die unmittelbar entscheidungsrelevant werden kann.

Die Ursache hierfür liegt in der Natur des Messverfahrens. RFA-Messwerte sind keine direkten physikalischen Messgrößen, sondern das Ergebnis eines modellbasierten Auswerteprozesses. Das angezeigte Resultat beschreibt daher nicht ausschließlich das Bauteil, sondern immer auch das verwendete Messsystem und dessen Randbedingungen. Im vorliegenden Beitrag werden die systematischen Einflüsse auf die Vergleichbarkeit von RFA-Schichtdickenmessungen anhand eines praxisnahen Beispiels aus der galvanischen Beschichtung dargestellt. Ziel ist es, die Ursachen für beobachtete Abweichungen einzuordnen und daraus belastbare Kon-

sequenzen für den praktischen Umgang mit Messergebnissen abzuleiten.

2 Physikalisch-methodische Grundlagen der Röntgenfluoreszenzanalyse

Die Röntgenfluoreszenzanalyse basiert auf der Anregung von Atomen durch primäre Röntgenstrahlung und der anschließenden Emission charakteristischer Sekundärstrahlung. Trifft ein energiereicher Röntgenquant auf ein Atom, kann ein Elektron aus einer inneren Schale (z. B. der K- oder L-Schale) herausgelöst werden. Der dabei entstehende Elektronenplatz wird durch ein Elektron aus einer höheren Schale aufgefüllt, wobei ein Photon mit elementspezifischer Energie emittiert wird. Diese Fluoreszenzstrahlung bildet die Grundlage der qualitativen und quantitativen Analyse (Abb. 1).

In der galvanotechnischen Schichtdickenmessung wird in der Regel das energiedispersive Verfahren eingesetzt. Hierbei detektiert ein Halbleiterdetektor die Energie und Intensität der emittierten Röntgenquanten. Aus dem gemessenen Energiespektrum werden die Beiträge der einzelnen Elemente bestimmt und anschließend in Schichtdicken umgerechnet.

Entscheidend ist dabei, dass zwischen der gemessenen Intensität und der tatsächlichen Schichtdicke kein direkter, linearer Zusammenhang besteht. Vielmehr wird das Ergebnis über mathematische Modelle bestimmt, die verschiedene physikalische Effekte berücksichtigen. Dazu zählen unter anderem:

- Absorption und Sekundäranregung innerhalb des Schichtsystems
- Überlagerung von Signalen aus mehreren Schichten

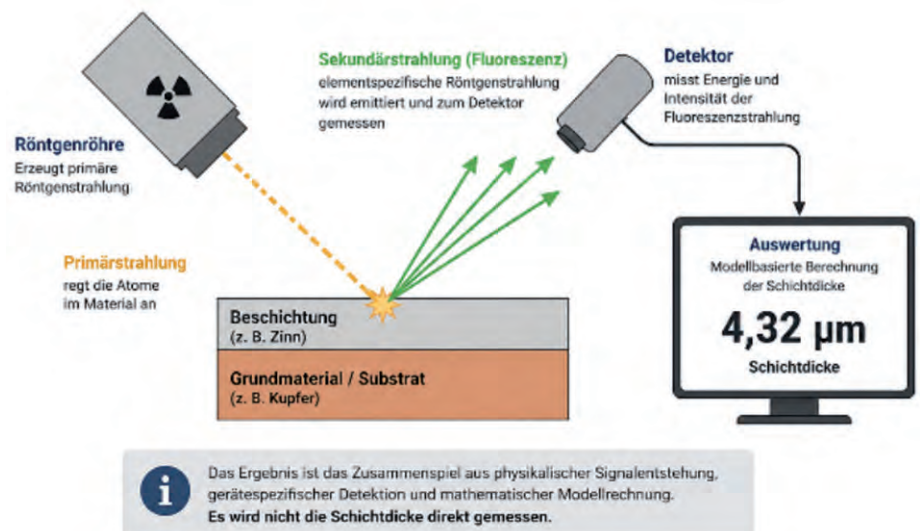


Abb. 1: Prinzip der RFA

WERKSTOFFE

- Einfluss der chemischen Zusammensetzung (Matrixeffekte)
- Geometrie der Messanordnung

In der Praxis kommen hierfür entweder fundamentalparameterbasierte Modelle oder empirische Kalibrationsansätze zum Einsatz. Beide Verfahren haben gemeinsam, dass sie auf Annahmen über das untersuchte System angewiesen sind. Abweichungen zwischen Modell und realem Bauteil – beispielsweise hinsichtlich Schichtaufbau, Dichte oder Homogenität – wirken sich unmittelbar auf das berechnete Ergebnis aus.

Besonders relevant wird dies bei Mehrschichtsystemen, wie sie in der Bandgalvanik häufig vorliegen (z. B. Nickel und Zinn auf Kupfer). Hier beeinflussen sich die einzelnen Schichten gegenseitig in der Signalentstehung. Die Fluoreszenzstrahlung der oberen Schicht wird teilweise in darunterliegenden Schichten absorbiert oder durch diese zusätzlich angeregt. Gleichzeitig trägt das Substrat zur Gesamtintensität bei. Die Auswertung erfordert daher eine modellhafte Entkopplung der einzelnen Beiträge, was die Sensitivität gegenüber systematischen Abweichungen erhöht.

Ein weiterer Aspekt ist die Eindringtiefe der Primärstrahlung sowie die Austrittstiefe der Fluoreszenzstrahlung. Beide sind energieabhängig und führen dazu, dass das gemessene Signal stets ein volumenintegriertes Ergebnis darstellt. Lokale Inhomogenitäten, Rauheiten oder Gradienten im Schichtaufbau werden dadurch nur eingeschränkt erfasst, können aber dennoch das Messergebnis beeinflussen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die RFA kein direktes Messverfahren im klassischen Sinne darstellt, sondern ein indirektes, modellgestütztes Analyseverfahren. Das ermittelte Ergebnis ist somit immer das Resultat aus physikalischer Signalentstehung, gerätespezifischer Detektion und mathematischer Auswertung. Daraus folgt zwangsläufig, dass unterschiedliche Messsysteme – selbst bei identischen Proben – zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangen können.

3 Einflussgrößen auf das Messergebnis

Die im vorigen Kapitel dargestellten physikalischen Grundlagen machen deutlich, dass das Ergebnis einer RFA-Messung nicht allein durch das Bauteil bestimmt wird, sondern durch ein Zusammenspiel aus Messsystem, Randbedingungen und Auswertemodell (Abb. 2). In der praktischen Anwendung überlagern sich dabei verschiedene Einflussgrößen, die die Streuung als auch die systema-



Abb. 2: Einflussgrößen auf die RFA, die erkennen lassen, dass das Ergebnis ein Zusammenspiel vieler Faktoren ist

tische Abweichung (Bias) eines Messsystems bestimmen. Für eine strukturierte Einordnung lassen sich diese Einflussgrößen in mehrere Kategorien gliedern.

3.1 Gerätespezifische Parameter

Jedes RFA-System besitzt eine charakteristische Messgeometrie, bestehend aus Anregungsquelle, Kollimation und Detektion. Unterschiede in Einfalls- und Austrittswinkeln der Strahlung beeinflussen die effektive Wechselwirkungszone im Material und damit die Intensität der detektierten Fluoreszenzstrahlung.

Auch der eingesetzte Detektortyp sowie dessen energetische Auflösung spielen eine Rolle. Insbesondere bei überlappenden Linien oder komplexen Mehrschichtsystemen kann die Fähigkeit zur sauberen Trennung einzelner Peaks die Auswertegenauigkeit maßgeblich beeinflussen.

Ein zentraler Parameter ist die Kollimatorgröße, die den Durchmesser des Messflecks definiert. Ein großer Kollimator erhöht die gemessene Intensität und verbessert damit die statistische Sicherheit der Messung, integriert jedoch gleichzeitig über eine größere Fläche. Lokale Inhomogenitäten oder geometrische Effekte des Bauteils werden dadurch stärker gemittelt. Kleine Kollimatoren ermöglichen eine höhere Ortsauflösung, sind jedoch empfindlicher gegenüber Positionierungsfehlern

und weisen aufgrund geringerer Zählraten eine höhere statistische Streuung auf.

3.2 Kalibration und Referenzmaterialien

Die quantitative Bestimmung von Schichtdicken setzt eine geeignete Kalibration des Messsystems voraus. Diese erfolgt entweder über fundamentalparameterbasierte Modelle mit hinterlegten Materialdaten oder über empirische Kalibrationen anhand von Referenzmaterialien (Normalen). In beiden Fällen ist das Ergebnis stark von der Qualität und Eignung der verwendeten Referenzdaten abhängig. Unterschiede in den eingesetzten Normalen, beispielsweise hinsichtlich Substratmaterial, Schichtaufbau oder Rückführbarkeit, führen zwangsläufig zu systematischen Abweichungen zwischen verschiedenen Messsystemen.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass Kalibrationen stets unter bestimmten Annahmen erfolgen. Weicht das reale Bauteil von diesen Annahmen ab, etwa durch unterschiedliche Dichten, Legierungsanteile oder Schichtstrukturen, so überträgt sich diese Abweichung direkt auf das Messergebnis.

3.3 Messstrategie

Neben den gerätespezifischen Parametern hat die gewählte Messstrategie einen unmittelbaren Einfluss auf das Ergebnis. Die Mess-

zeit bestimmt die Anzahl der detektierten Röntgenquanten und damit die statistische Sicherheit der Messung. Kurze Messzeiten führen zu einer erhöhten Streuung, während längere Messzeiten die Präzision verbessern, jedoch keinen Einfluss auf systematische Abweichungen haben.

Die Definition des Messpunkts ist insbesondere bei galvanischen Schichten von zentraler Bedeutung. Durch geometriebedingte Effekte, wie den sogenannten Hundeknocheneffekt, können bereits geringe Positionsverschiebungen – insbesondere an Substratkanten wie in *Abbildung 3* an den Rädern zu erkennen ist – zu messbaren Unterschieden in der Schichtdicke führen. Eine unzureichend definierte oder nicht reproduzierbare Messposition erhöht daher die Streuung und kann zusätzlich scheinbare systematische Unterschiede erzeugen.

Auch die Wahl zwischen Einzelpunktmessungen, Mittelwertbildungen oder Rastermessungen beeinflusst das Ergebnis. Während Einzelmessungen lokale Effekte sichtbar machen, führen Mittelwerte zu einer Glättung der Ergebnisse. Rastermessungen ermöglichen eine flächenhafte Bewertung, sind je-

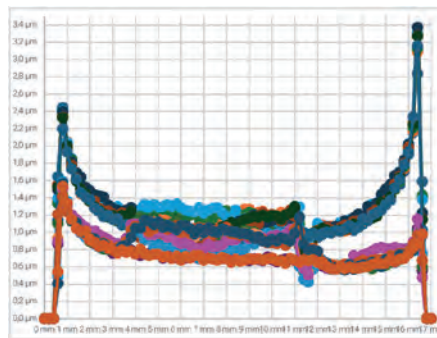


Abb. 3: Hundeknocheneffekt an Kanten von galvanisch beschichtetem Bandmaterial

doch mit einem erhöhten Zeitaufwand verbunden und erfordern eine klare Definition der Auswerteparameter.

3.4 Bauteil- und Schichteigenschaften

Die Eigenschaften des untersuchten Bauteils stellen eine weitere wesentliche Einflussgröße dar. Oberflächenrauheit, Porosität oder inhomogene Schichtverteilungen beeinflussen die Wechselwirkung der Röntgenstrahlung mit dem Material und damit die resultierende Intensität der Fluoreszenzstrahlung.

Besonders ausgeprägt sind diese Effekte bei Mehrschichtsystemen. Hier überlagern sich die Beiträge der einzelnen Schichten, sodass eine eindeutige Zuordnung der gemessenen Intensitäten zu einzelnen Schichtdicken nur im Rahmen eines geeigneten Modells möglich ist. Bereits geringe Abweichungen im Schichtaufbau oder in den Materialeigenschaften können zu einer veränderten Signalverteilung führen.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online.de steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. Die weiteren Abschnitte des Beitrags sind:

- Vergleichsmessungen in der Praxis
- Einfluss der Messbedingungen – fehlende Harmonisierung als Ursache systematischer Abweichungen
- Einfluss harmonisierter Messbedingungen
- Erweiterte Betrachtung und Grenzen der Methode.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 7,5 Seiten mit 7 Abbildungen und 3 Tabellen.

MUNK
WE HAVE THE POWER!

MUNK SiC TECHNOLOGY
– BE SMART, STAY AHEAD

PSP BOXEN

PSP TOWER

POWERCABINET

SiC UMPOLER



MUNK GmbH

Gewerbepark 8+10 | D-59069 Hamm-Rhynern
Tel.: +49 2385 74-0 | Mail: vertrieb@munk.de
www.munk.de | [f](#) [in](#) [yt](#)

ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

STAND NR.:

OT KARLSRUHE
16.-18.9.2026

11

Oberflächenvorbehandlung, Barrierebeschichtung, automatisierte Bearbeitung und Montage kryogener CFK-Wasserstofftanks

Forschende aus den Bereichen Plasmatechnik und Oberflächen, Lacktechnik sowie Automatisierung und Produktionstechnik des Fraunhofer IFAM entwickelten im Projekt **HYTANK** gemeinsam mit Projektpartnern wegweisende, ressourcen-effiziente Fertigungs- und Fügetechnologien für die Produktion von großformatigen, doppelwandigen Wasserstofftanks aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) – von geeigneten Oberflächenvorbehandlungen über funktionelle Barrierebeschichtungen bis zur automatisierten Fertigung im 1:1-Maßstab, inklusive Bearbeitung und klebtechnischer Montage. Ziel war es, Voraussetzungen für die zukünftige effiziente Produktion von leichten, dichten und unter kryogenen Bedingungen zuverlässigen Tankstrukturen beispielsweise für die Luftfahrt zu schaffen.

Flüssiger Wasserstoff gilt als eine vielversprechende Option für Luftfahrtantriebe von morgen. Die dafür erforderlichen Tanks müssen jedoch extremen Anforderungen standhalten: Sie sollen mit möglichst geringem Gewicht bei Temperaturen bis zu -253 °C dauerhaft dicht und strukturell belastbar bleiben sowie mechanischen und thermischen Belastungen widerstehen. CFK-Strukturen bieten hierfür grundsätzlich günstige Voraussetzungen, stellen jedoch hohe Anforderungen an Auslegung, Fertigung und Fügetechnik. Insbesondere kryogene Temperaturen, Druckbelastungen sowie die Kombination unterschiedlicher Werkstoffe erfordern angepasste Konstruktions- und Prozesskonzepte. Im Projekt **HYTANK** (*Entwicklung von Beschichtungs-, Füge- und Montageprozessen zur Herstellung eines CFK-LH₂-Tanks für das emissionsfreie Fliegen*) adressierte das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und An-

gewandte Materialforschung IFAM diese Herausforderungen mit einem integrierten Ansatz entlang wesentlicher Prozessschritte – von der vorbereitenden Funktionalisierung der Oberflächen über die Entwicklung von Barrierebeschichtungen für eine erhöhte Dichtheit und Vakuumstabilität bis zur automatisierten Bearbeitung und Montage der Tankstrukturen.

Oberflächenvorbehandlung: Haftung gezielt verbessern

Damit nachfolgende Schichtsysteme auf CFK-Strukturen zuverlässig funktionieren, ist eine reproduzierbar hohe Haftfestigkeit auf dem Substrat erforderlich. Ein Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen von **HYTANK** lag daher auf der geeigneten Vorbehandlung der Oberflächen. Ziel war ein kombinierter Vorbehandlungs- und Beschichtungsprozess, der die Barriere-

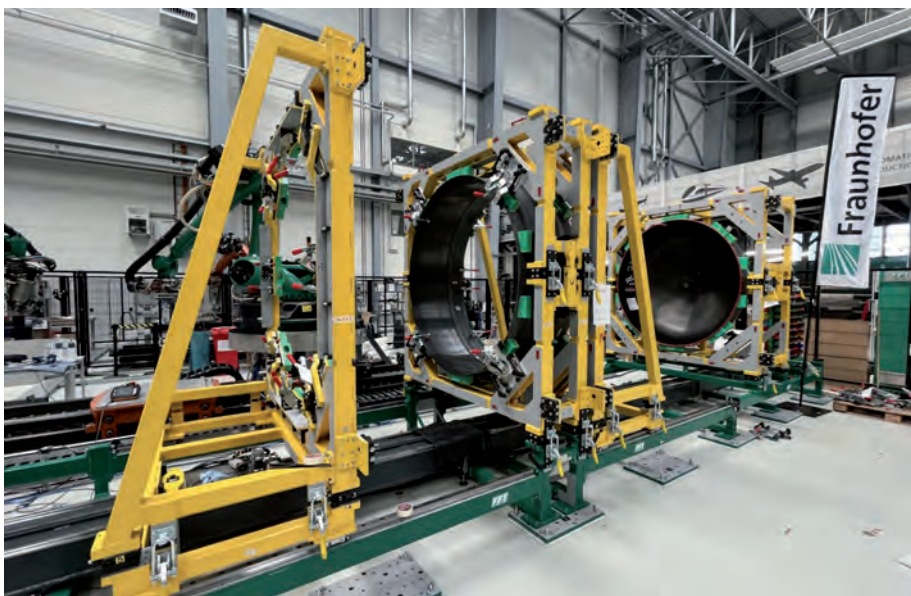


Kontaktfreie Atmosphärendruckplasma-Vorbehandlung einer CFK-Oberfläche

(Bild: Fraunhofer IFAM)

eigenschaften der CFK-Struktur verbessert und so das isolierende Vakuum zwischen Innen- und Außenhülle eines doppelwandigen Kryptanks dauerhaft stabilisiert. Im Fokus steht eine erhöhte Barrierewirkung gegenüber von außen eindringender Feuchtigkeit sowie Ausgasungsprodukten aus dem CFK. Für die zuverlässige Funktion der Barrierebeschichtung ist neben der eigentlichen Barrierewirkung eine sehr gute Haftung auf dem CFK-Untergrund erforderlich. Die Herausforderung dabei: Die CFK-Oberfläche weist herstellungsbedingt haftkritische Trennmittelrückstände auf, die entfernt oder gezielt modifiziert werden müssen, ohne die Matrix zu beschädigen oder Fasern freizulegen. Im Projekt wurden verschiedene Vorbehandlungsverfahren vergleichend untersucht, darunter Vakuumsaugstrahlen, Atmosphärendruck-Plasmabehandlung, VUV-Bestrahlung und Laserbehandlung. Drei dieser Prozessvarianten erwiesen sich als grundsätzlich geeignet. Welche Lösung im Einzelfall am besten passt, hängt jedoch stark von der konkreten Anwendung ab, beispielsweise von Bauteilgeometrie, Zugänglichkeit, verfügbarer Bearbeitungszeit, verwendetem CFK-Material sowie der Art und Menge der eingesetzten Trennmittel.

Besondere Potenziale zeigen trockene und berührungslose beziehungsweise material-



Meilenstein in Richtung zukünftiger serieller Fertigung von leichten CFK-Wasserstofftanks für den Flugbetrieb – flexible, modulare, automatisierte Montageanlage

(Bild: FFT Produktionssysteme / Fraunhofer IFAM)

schonende Verfahren. So erhöht die Atmosphärendruck-Plasma-Behandlung die Benetzbarkeit und Haftung, ohne die Oberfläche stark thermisch oder mechanisch zu belasten. Bestrahlung durch Vakuum-UV-Licht (VUV-Licht) aktiviert die Oberfläche durch den Eintrag polarer funktioneller Gruppen, während Laserbehandlungen eine präzise Reinigung und Aktivierung ermöglichen.

Die Untersuchungen machten deutlich, dass die Oberflächenvorbehandlung ein entscheidender Hebel für die prozesssichere Funktion von nachfolgenden Beschichtungen auf CFK-Großstrukturen ist.

Barrierebeschichtung: Dichtheit erhöhen und Vakuum stabilisieren

Ein zweiter Schwerpunkt des Projekts richtete sich auf Beschichtungslösungen für kryogene Wasserstofftanks aus Leichtbaumaterialien. Das Fraunhofer IFAM entwickelte Barrierebeschichtungen, die die Gasdurchlässigkeit von polymerbasierten Tanksystemen reduzieren können. Sie sollen das Austreten von Wasserstoff verringern und zugleich das Eindringen atmosphärischer Gase, wie Sauerstoff, oder Feuchtigkeit begrenzen. Damit könnten sie einen doppelten Beitrag leisten: einerseits zur Erhöhung der Betriebssicherheit des Tanksystems und andererseits unterstützend zur Aufrechterhaltung des wärmeisolierenden Vakuums in doppelwandigen Tankstrukturen.

Die entwickelten Beschichtungssysteme basieren auf polymeren Bindemitteln mit integrierten Barrierepigmenten. Durch die gezielte Gestaltung der Schichtstruktur wird der Diffusionsweg für Gasmoleküle verlängert, wodurch sich die Permeation reduzieren lässt. Ein wesentlicher Vorteil dieser Ansätze besteht darin, dass sie sich grundsätzlich mit etablierten Lackierverfahren auch auf komplexe Geometrien applizieren lassen und somit eine Übertragbarkeit in industrielle Prozesse denkbar ist.



Automatisierte Applikation der Barrierschicht mittels Lackierroboter und konventioneller Automatikpistole (Bild: Fraunhofer IFAM)

Das Fraunhofer IFAM brachte hierbei insbesondere seine Expertise in der Applikationstechnik und Beschichtungsentwicklung ein. Im Mittelpunkt standen dabei unter anderem die Übertragung der Schichtsysteme auf reale Tankgeometrien, die Prozessstabilität sowie das Verhalten unter kryogenen Bedingungen. Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit wurden unter anderem Permeationsmessungen, Kryozyklierung und REM-Analysen eingesetzt.

Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial von Barrierebeschichtungen, Leichtbaumaterialien in Wasserstofftanks verstärkt einsetzen zu können und damit Gewicht sowie Energieaufwand zu reduzieren – nicht nur für die Luftfahrt, sondern perspektivisch auch für weitere Anwendungen im Kontext Mobilität und Wasserstoffinfrastruktur.

Fertigung: Automatisierte Bearbeitung und Montage im 1:1-Maßstab

Schließlich runden die FuE-Aktivitäten im HYTANK-Projekt bezüglich prozesssicherer Fertigung und der Montage großvolumiger CFK-Wasserstofftanks das Forschungsvorhaben ab. Das Fraunhofer IFAM entwickelte hierfür Technologien zur mechanischen Bearbeitung von Funktionsflächen, zur präzisen Positionierung der Fügepartner und zur automatisierten Klebstoffapplikation. Ziel war das kontrollierte Fügen der Teilkomponenten zu einem geschlossenen Innentank. Die entwickelten Verfahren wurden im 1:1-Maßstab an großformatigen Bauteilen erprobt.

Für die Montage wurde ein durchgängiges Konzept für einen rund sechs Meter langen Doppelwandtank mit Innen- und Außentank, integrierter Innenstruktur und Isolierung erarbeitet. Aufgrund großer Bauteilabmessungen, biegeschlaffen CFK-Zylindern, enger Toleranzanforderungen und langer Aushärtezeiten bedurfte es eines präzise abgestimmten und skalierbaren Montagekonzepts. Die Auswahl fiel daher auf ein modulares Montagesystem auf Linearachsen mit parallel angeordneten Handhabungs- und Fügeprozessen, da es eine präzise, robuste und perspektivisch skalierbare Handhabung der empfindlichen CFK-Tankstrukturen ermöglicht.

Ergänzend entstand eine Validierungsplattform mit linear verfahrbaren Aufnahmesystemen, die messtechnisch qualifiziert wurde. Hier ließen sich zentrale Einflussgrößen des Fügens – etwa Standverhalten des Strukturklebstoffs, Einstellung von Überlapp- und Spaltverhältnissen sowie Verpressverhalten der Fügepartner – unter kontrollierten Rand-

bedingungen untersuchen. Zugleich wurde der signifikante Einfluss von Form- und Lage-toleranzen auf die Prozessstabilität deutlich.

Auch für das klebtechnische Fügen, das besondere Anforderungen an die automatisierte Prozessführung stellte, wurde ein angepasstes System realisiert. Ein eigens entwickelter robotergeführter Endeffektor mit Rollenführung und Federmechanismus ermöglichte auf gekrümmten Fügeflächen einen konstanten Düsenabstand und unterstützte so einen reproduzierbaren Auftrag des Klebstoffs. Nach der Applikation wurden die Fügepartner über ein Schienensystem der Montageanlage automatisiert zueinander positioniert und gefügt. Heizmatten beschleunigten anschließend die Klebstoffaushärtung.

Die Ergebnisse zeigen, dass automatisierte Bearbeitungs-, Positionier- und Klebprozesse für großformatige CFK-LH₂-Tankstrukturen grundsätzlich realisierbar sind. Für eine industrielle Umsetzung sind insbesondere robuste Strategien zum Toleranzmanagement, zur reproduzierbaren Spalteinstellung und zur prozesssicheren Klebstoffapplikation weiterzuentwickeln.

Fazit und Ausblick

Im Rahmen des FuE-Projekts entwickelte das Fraunhofer IFAM wesentliche Technologien für die zukünftige, ressourceneffiziente Produktion von Wasserstofftanks, beispielsweise für die Luftfahrt: abgestimmte Oberflächenvorbehandlungen, funktionelle Barrierebeschichtungen sowie automatisierte Bearbeitungs-, Füge- und Montageprozesse. Gemeinsam tragen diese Ansätze dazu bei, großformatige belastbare CFK-LH₂-Tankstrukturen leichter, dichter und in der industriellen Produktion beherrschbarer zu machen – auch für Anwendungen in anderen Branchen, beispielsweise in der Schifffahrt und für die Wasserstoffinfrastruktur.

Förderung

Das Projekt HYTANK (Entwicklung von Beschichtungs-, Füge- und Montage-Prozessen zur Herstellung eines CFK-LH₂-Tanks für das emissionsfreie Fliegen) mit dem Förderkennzeichen 20W2214D wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags im Rahmen des LuFo VI-3-Programms gefördert. Im Namen aller Projektpartner bedankt sich das Fraunhofer IFAM beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie sowie bei dem Projektträger Luftfahrtforschung vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für deren Unterstützung.

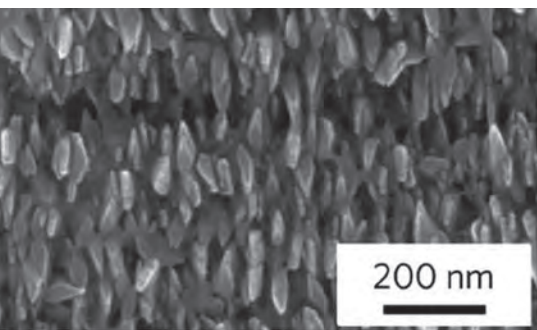
➔ www.ifam.fraunhofer.de

Struktur von MOF-Dünnsfilmen

MOF-Dünnsfilme spielen als poröse Materialien für viele potentielle Anwendungen eine zentrale Rolle. Forschende der TU Graz konnten nun zeigen, dass der prototypische Vertreter dieser Materialform eine völlig andere Struktur hat als bislang angenommen.

Wegen ihrer hohen Porosität gelten metallorganische Gerüststrukturen, sogenannte Metal Organic Frameworks (MOFs), als vielversprechende Materialien für innovative Anwendungen, weshalb für ihre Entdeckung der Chemienobelpreis im Jahr 2025 vergeben wurde. Sie dienen etwa zur Speicherung von Gasen, zur Abscheidung von CO₂ oder zum gezielten Transport von Medikamenten. Während sich die Struktur von MOFs in Form von Einkristallen vergleichsweise einfach bestimmen lässt, blieb sie bei Dünnsfilmen weitgehend rätselhaft. Dabei ist gerade die Struktur entscheidend für die Eigenschaften und für mögliche Anwendungen.

Die Lösung dieses Rätsels hat ein Team um Roland Resel und Egbert Zojer vom Institut für Festkörperphysik der TU Graz gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Physikalische Chemie um Paolo Falcaro und des Karlsruher Instituts für Technologie um Christof Wöll nun gefunden. In einer Publikation im angesehenen Fachjournal *Advanced Functional Materials* zeigen die Forschenden am Beispiel des intensiv untersuchten Dünnsfilms Kupfer-Benzoldicarboxylat Cu(bdc), dass alle bisher vorgeschlagenen Strukturmodelle nicht zutreffen. Stattdessen haben sie eine Struktur identifiziert, die alle beobachteten Eigenschaften erklärt und eine Überraschung liefert: Cu(bdc)-Dünnsfilme sind gar nicht porös, wie man es von MOFs eigentlich erwartet.



Ein MOF-Film unter dem Elektronenmikroskop (Bild: PTC / TU Graz)

Strukturmodelle müssen neu bewertet werden

Unsere Ergebnisse legen nahe, dass zahlreiche veröffentlichte Strukturmodelle für MOF-Dünnsfilme nicht korrekt sind und neu bewertet werden müssen, sagt Egbert Zojer. Der Durchbruch gelang durch die Kombination komplexer quantenmechanischer Simulationen mit einer speziellen Messmethode am Synchrotron Elettra in Triest, der sogenannten rotierenden Röntgenbeugung unter streifendem Einfall (rotating-GIXD). Im Gegensatz zu herkömmlichen Messungen, die die Röntgenbeugung in eine bestimmte Richtung messen und damit nur eine begrenzte Datenmenge bereitstellen, liefert die rotating-GIXD-Methode ein nahezu vollständiges Bild der Kristallperiodizität. Daraus können die Forschenden auf die atomare Struktur des Cu(bdc)-Dünnsfilms schließen. Die Kombination der Messungen mit den genannten quantenmechanischen Simulationen und einer Bestimmung der Dichte der Dünnsfilme mittels Röntgenreflektometrie erlaubte es dem Team, die große Zahl bisher in der Literatur vorgeschlagener Strukturen auszuschließen und schließlich mittels Simulationen die wahre Identität des Films zu enthüllen.

Dicht gepackt statt hochporös

Das Ergebnis widerspricht den bislang vorherrschenden Vorstellungen: Die Fachliteratur hatte die Struktur als hochporös beschrieben, wobei dies schon in der Vergangenheit mit einigen Beobachtungen nur schwer in Einklang zu bringen war. Nun zeigt sich aber: Statt hochporös ist der Cu(bdc)-Dünnsfilm dicht gepackt und enthält zusätzliche Hydroxid-Gruppen, die in den meisten bisherigen Modellen fehlten. Die gefundene Struktur erklärt, wieso sich die Filme kaum mit Gastmolekülen beladen lassen, wieso sie eine ungewöhnlich hohe Stabilität gegenüber Wasser zeigen und wieso sie magnetische Eigenschaften besitzen, die es in den bisher vermuteten Strukturen nicht geben dürfte.

Neues Anwendungspotenzial

Die nun identifizierte, nicht-poröse Struktur erklärt nicht nur die chemische Robustheit des Materials, sondern bestätigt auch dessen ferromagnetischen Grundzustand. Damit verlagert sich das Anwendungspotenzial dieser Filme zu physikalischen Phänomenen, die in der Sensorik, Mikroelektronik oder in magnetischen Speichersystemen relevant sein könnten. Zudem enthält die Struktur Kupferoxidlagen, die an Hochtemperatur-Supraleiter erinnern; welche Anwendungen sich daraus ergeben könnten, ist Grundlage für weitere Forschung.

Mit unserer Arbeit konnten wir zeigen, dass eine zuverlässige Strukturbestimmung von MOF-Dünnsfilmen nur durch die Kombination moderner Beugungsmethoden und theoretischer Modellierung möglich ist, sagt Egbert Zojer. Die federführend von der Gruppe von Roland Resel etablierte Beugungsmethodik gemeinsam mit der an der TU Graz entwickelten Software zur Auswertung der Synchrotron-Daten liefere dafür ein wichtiges Werkzeug. Sie schaffe die Grundlage, künftig auch die Struktur weiterer MOF-Dünnsfilme aufzuklären und sie anschließend gezielt für neue Anwendungen in Sensorik und Mikroelektronik nutzbar zu machen.

Falko Schoklitsch

Originalpublikation

N. Taghizade, M. Fratschko, R. Steentjes, et al.: Resolving the Cu(bdc) Conundrum: Identifying Non-Porous Packing of Prototypical Coordination-Network Thin Films Combining Advanced Diffraction Techniques and Computational Modelling; *Advanced Functional Materials* (2026), e76075, <https://doi.org/10.1002/adfm.76075>

Kontakt

Egbert Zojer; Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., TU Graz,
E-Mail: egbert.zojer@tugraz.at
Roland Resel, A.o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., TU Graz,
E-Mail: roland.resel@tugraz.at

➔ www.tugraz.at

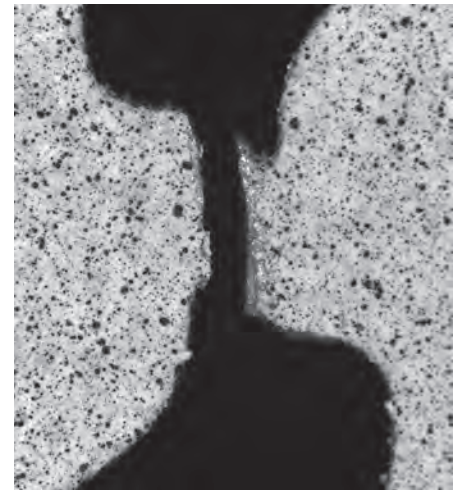
Schädigung in Metallen wächst unter Schubbelastung

Wie gut Materialien mechanischen Belastungen standhalten, ist entscheidend für die Sicherheit von Bauteilen – beispielsweise bei Flugzeugen. Forschende des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben nun nach eigenen Angaben in einem internationalen Team einen bisher unbekannten Schädigungsmechanismus in Metallen entdeckt: Unter Schubbelastung können Verunreinigungen in Form von steifen Partikeln dazu führen, dass das Volumen von Poren unter Verformung bis auf das Sechsfache steigt. Die Ergebnisse sind besonders relevant für die Formbarkeit und Sicherheit von Materialien im Hinblick auf Recyclingverfahren. Sie wurden im *International Journal of Plasticity* veröffentlicht.

Bei der Herstellung von Bauteilen gilt es zu verstehen, welchen Belastungen die Werkstoffe ausgesetzt sein werden. Mechanische Belastungen wie Zug, Druck, Biegung oder Schub beeinflussen das Materialverhalten. Bei Schubbelastung verschieben sich Teile des Materials gegeneinander, wodurch innere Spannungen entstehen, die als Schubspannungen oder Scherspannungen bezeichnet werden. Bisher ging die Forschung davon aus, dass Schäden in Materialien unter Schubbelastung nicht wesentlich wachsen; damit konnte Materialversagen unter solchen Belastungen nicht erklärt werden. Nun haben Forschende vom Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS) und vom Laboratorium für Applikationen der Synchrotronstrahlung (LAS) des KIT gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen der französischen Hochschule Mines Paris, PSL einen bisher unbekannten Schädigungsmechanismus in Metallen unter Schubbelastung entdeckt. *Materialverunreinigungen in Form von steifen Partikeln können auch unter Schubbelastung zu erheblichem Schadenswachstum führen*, sagt Dr. Mathias Hurst vom IPS des

KIT. Die Forschenden wiesen diesen Schädigungsmechanismus exemplarisch in einer Aluminiumlegierung nach, die sich vor allem für den Leichtbau für Verkehrsmittel – besonders im Flugzeugbau – eignet. Demnach ist die Studie von hoher Relevanz für die Materialformbarkeit, unter anderem in der Mobilitäts- und Transportbranche. Zudem ist sie von großer Bedeutung für Recyclingverfahren, da recycelte Metalle häufig erhöhte Mengen von Partikelverunreinigungen enthalten. Um das Schädigungswachstum unter Schubbelastung nachzuweisen, kombinierten die Forschenden Bildgebung und Simulation: Sie nutzten Synchrotron-Computerlaminographie (SR-CL), eine am KIT entwickelte Methode, die der Computertomographie ähnelt. Sie ermöglicht die hochauflösende dreidimensionale Darstellung des Inneren flacher, in der Breite ausgedehnten Objekte. Mit SR-CL lassen sich gezielt einzelne Bereiche innerhalb zentimetergroßer Proben mit mikrometergenauer Auflösung untersuchen. Zusätzlich nutzte das Team fortschrittliche 3D-Simulationen, die sie zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Frankreich entwickelt haben, um die beobachteten Schäden auch im Modell nachzuvollziehen.

Dabei untersuchten die Forschenden eine Aluminiumlegierung (AA2198-T851), indem sie das Material zunächst einer Zug-, dann einer Schubbelastung aussetzten. Durch die Zugbelastung bildeten sich Hohlräume im Material, deren weiteres Wachstum das Team unter Schub beobachtete. Dabei zeigt sich: Das Volumen der an intermetallischen Partikeln entstandenen Poren vergrößerte sich bis auf das Sechsfache. *Intermetallische Partikel sind also ein wesentli-*



Mikroskopische Aufnahme einer typischen Laminographie-Zugversuchssprobe nach Versagen unter Schubbelastung

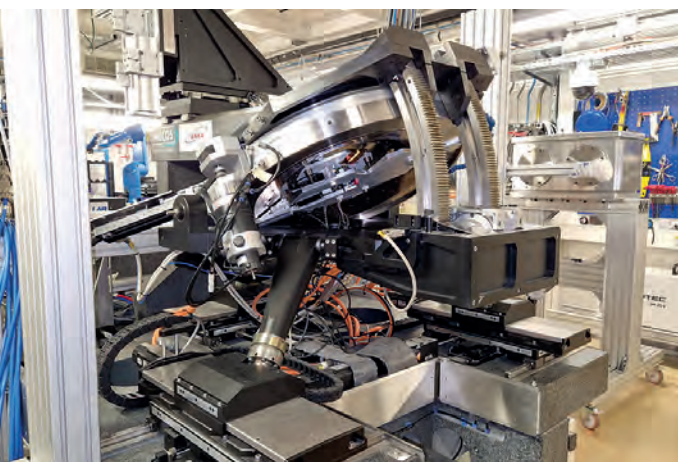
(Bild: Mathias Hurst, KIT)

cher Treiber des Schädigungswachstums unter Schubbelastung in Metallen, sagt Hurst. *Die starren Partikel blockieren das Material und fördern das Wachstum der Hohlräume.* Die Ergebnisse der Studie liefern neue Einblicke in Schädigungsmechanismen unter Schubbelastung und tragen dazu bei, Bauteilversagen unter anwendungsrelevanten Belastungen besser zu verstehen. Dadurch könnten Komponenten künftig langlebiger und zugleich leichter ausgelegt werden – ein wichtiger Beitrag für Sicherheit und Nachhaltigkeit, insbesondere im Transportsektor. *or*

Originalpublikation

Mathias Hurst, Jean-Michel Scherer, Xiang Kong, Maryse Gille, Simon Bode, Djamel Missoum-Benziane, Tilo Baumbach, Lukas Helfen, Thilo F. Morgeneyer: Particle-induced void growth under shear loading revealed by 3D X-ray laminography and finite element modeling; *International Journal of Plasticity*, Volume 203, 2026, 104724, <https://doi.org/10.1016/j.jiplas.2026.104724>

www.kit.edu



Die Computerlaminographie-Station des KIT an der European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble ermöglicht Einblicke in das Innere zentimetergroßer, flächiger Proben auf mikroskopischer Skala

(Bild: Simon Bode, KIT)

Standardisierte Laserschweißanlage für Powertrain-Komponenten

In der Produktion von Powertrain-Komponenten stehen Unternehmen unter zunehmendem Druck, wirtschaftlicher, platzsparender und prozesssicherer zu fertigen, insbesondere bei hohen Stückzahlen und preissensiblen Projekten. Die neue ELC 6i von EMAG LaserTec ist nach Mitteilung des Unternehmens als konsequente Antwort auf diese Anforderungen konzipiert. Sie integriert bis zu sechs Prozessschritte rund um das Laserschweißen in einer einzigen, standardisierten Anlage und reduziert so die Komplexität, den Platzbedarf sowie die Investitionskosten signifikant.

Die ELC 6i basiert auf den Erfahrungen aus zahlreichen realisierten Laserschweißprojekten bei EMAG. Ziel war es, ein wiederholbares Anlagenkonzept zu schaffen, das alle wesentlichen Schritte – vom Reinigen über das Fügen bis hin zum Schweißen und Markieren – in einer einzigen Maschine abbildet. Dabei verzichtet die ELC 6i bewusst auf überflüssige Optionen und konzentriert sich auf exakt die Funktionen, die in den meisten Applikationen benötigt werden. Wie Daniel Rujanoski, Director Global Sales & Applications bei EMAG LaserTec, erläutert, bietet das Unternehmen mit der ELC 6i ein Laserschweißsystem, das durch Standardisierung einen hohen Kundennutzen bei reduzierten Engineeringkosten bietet. Gerade bei großen Stückzahlen mit wiederkehrenden Anforderungen ließen sich so Stückkosten und Lieferzeiten deutlich senken.

Kompakte Bauweise, integrierter Prozessablauf

Der Platzbedarf industrieller Fertigungslinien ist ein wichtiger wirtschaftlicher Faktor. Die ELC 6i vereint bis zu sechs Stationen auf einer Fläche von nur circa 21,5 Quadratmetern. Im Vergleich zu üblichen, individuell gestalteten Linienkonzepten bedeutet das eine Einsparung von über 30 Prozent. Diese Kompaktheit wird durch eine durchgängige Layoutplanung mit zentralem Rundtaktband, integrierter Lasersicherheitsumhausung und vereinheitlichten Handhabungsmodulen erreicht.

Das Transfersystem mit bis zu 18 Werkstückträgern bewegt die Bauteile in einem festen Takt durch alle Stationen. Pro Takt werden zwei Bauteile weitertransportiert, sodass parallele Prozesse und sehr kurze Zykluszeiten von unter 20 Sekunden realisierbar sind.

Die ELC 6i bildet dabei eine vollständige Prozesskette innerhalb einer einzigen Anlage ab:

- Be- und Entladen: Je zwei Stationen zum Auflegen und Entnehmen der Werkstücke
 - Laserreinigung: *Selektive* Reinigung beider Bauteilpartner mittels Laser, geführt über eine pendelnde Optik
 - Induktives Vorwärmen: Vor dem Pressen oder Schweißen zur Spannungsreduktion und Prozesssicherheit (optional)
 - Fügen (Pressen): Kraft-Weg-überwachter Pressvorgang mittels servomechanischer Einheit
 - Laserschweißen: Präzise Umfangsschweißung über bewährte Mehrachskinematik und Nahtlageregelungssensorik
 - Kennzeichnung: Markierung des Bauteils per Laser für Rückverfolgbarkeit (optional)
- Jeder Prozessschritt ist nahtlos in die Gesamtanlage integriert und erfolgt ohne manuelle Eingriffe.

Bewährte Laserschweißtechnologie

Die Laserschweißstation der ELC 6i basiert auf den bewährten Maschinenkonzept der erfolgreichen ELC 6, die bereits in hunderten EMAG-Anlagen weltweit eingesetzt wird. Die

Konfiguration mit einer exakt positionierten Laseroptik und Zusatzachsen für die Werkstückpositionierung gewährleistet höchste Präzision und erfüllt auch anspruchsvolle Toleranzanforderungen.

Standardisierung als wirtschaftlicher Vorteil

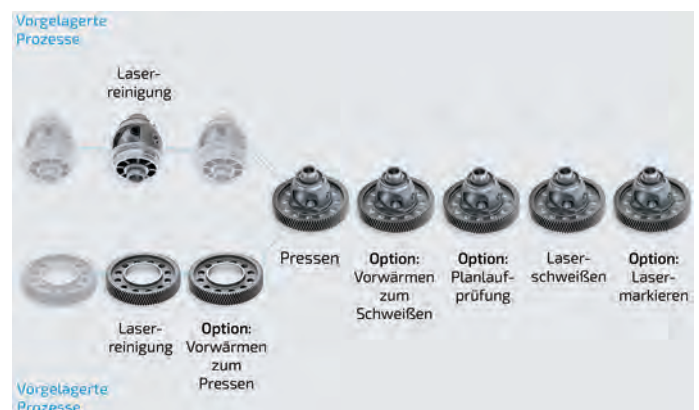
Der modulare und standardisierte Aufbau der ELC 6i führt zu messbaren wirtschaftlichen Vorteilen für Anwender. Die Investitionskosten reduzieren sich nach Unternehmensangaben um bis zu 15 Prozent gegenüber individuell aufgebauten Linien, da auf bewährte Standardkomponenten und vordefinierte



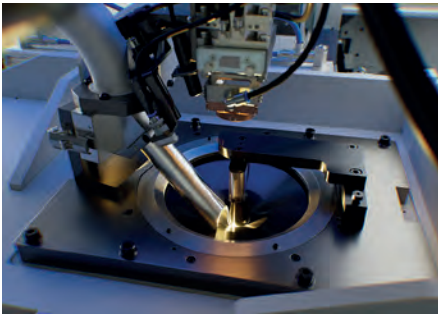
Innenansicht der ELC 6i mit integrierten Prozessstationen: Pressen, Laserreinigen, Laserschweißen und Lasermarkieren (Bild: EMAG)



Kompakte Laserschweißanlage ELC 6i mit integriertem Rundtaktsystem und zentraler Steuerung für bis zu sechs Prozessschritte, ausgelegt für die Serienfertigung von Powertrain-Komponenten (Bild: EMAG)



Ablauf einer vollständigen Prozesskette in der ELC 6i am Beispiel eines Differentials (Bild: EMAG)



Laserschweißprozess in der ELC 6i: Präzise Laserführung und ein stabiler Prozessablauf sorgen für reproduzierbare Nahtqualität bei minimalem Bauteilverzug (Bild: EMAG)

nierte Systemkonfigurationen zurückgegriffen werden kann. Parallel dazu verkürzen sich die Lieferzeiten um bis zu 20 Prozent, weil der Engineering-Aufwand durch wiederverwendbare Softwaremodule und etablierte Konstruktionslösungen deutlich sinkt. Ein weiterer Kostenvorteil entsteht durch die vereinfachte Systemarchitektur: Eine zentrale CNC-Steuerung auf Basis der Siemens Sinumerik One ersetzt mehrere Einzelsysteme und reduziert dadurch die Softwarekomplexität erheblich. Dies wirkt sich positiv auf Programmierung, Inbetriebnahme und den laufenden Betrieb aus. Zusätzlich verbessert die Standardisierung der Baugruppen die Ersatzteilverfügbarkeit und vereinfacht Wartungsarbeiten, da einheitliche Komponenten über

verschiedene Anlagen hinweg verwendet werden.

Die ELC 6i ist konzeptionell auf eine hohe Auslastung bei Stückzahlen über 100.000 Teile pro Jahr ausgelegt und eignet sich insbesondere für die hochvolumige Serienfertigung, wo Produktivität und Kostenkontrolle entscheidende Erfolgsfaktoren darstellen.

Flexibilität trotz Standardisierung

Trotz dieses konsequenten Fokus auf Standardprozesse gewährleistet die ELC 6i eine hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Fertigungsanforderungen. Bei ähnlichen Werkstücken mit vergleichbaren Geometrien und Durchmessern ist ein vollständig umrüstfreier Betrieb möglich, was die Flexibilität in der Serienproduktion erheblich steigert. Sollten Umrüstarbeiten erforderlich werden, beschränken sich diese auf bauteilspezifische Anpassungen an den Werkstückaufnahmen, Fügwerkzeugen oder Spannmitteln und dauern in der Regel weniger als 20 Minuten für die gesamte Anlage.

Darüber hinaus können auch Komponenten mit Sonderabmessungen projektspezifisch geprüft und in das Anlagenkonzept integriert werden. Diese flexible Auslegung macht sie zukunftsicher für Produktwechsel oder Plattformstrategien in der Automobilindustrie, wo sich Bauteilspektren über den Lebenszyklus einer Anlage hinweg verändern



Daniel Rujanowski, Director Global Sales & Applications bei EMAG LaserTec (Bild: EMAG)

können. Die ELC 6i ist das Resultat aus jahrzehntelanger Projekterfahrung – fokussiert auf das Wesentliche und konsequent auf Effizienz, Qualität und Wirtschaftlichkeit ausgelegt, fasst Daniel Rujanowski die Vorzüge der Maschine zusammen.

Turnkey-Kompetenz und Applikationsentwicklung

Im hauseigenen Laser Application Center (LAC) in Heubach entwickelt EMAG LaserTec gemeinsam mit Kunden individuelle Prozesse, optimiert Bauteilgeometrien, fertigt Prototypen und begleitet den Serienanlauf. Dabei stehen modernste Anlagen für Laserreinigen und -strukturieren, -schweißen, -beschichten, härten sowie eine umfassende Prüftechnik zur Verfügung.

➔ www.emag.com

Brücken flicken – Metallischer 3D-Druck verlängert das Leben von Stahlbauteilen

Brücken, Tragwerke und industrielle Konstruktionen aus Stahl werden oft über Jahrzehnte hinweg belastet. Mit zunehmendem Alter können Ermüdungsrisse die Sicherheit beeinträchtigen. Der Ersatz fest verbauter Bauteile ist jedoch häufig kaum realisierbar oder sehr aufwändig. Empa-Forschende untersuchen deshalb, wie sich Stahlbauteile gezielt reparieren oder künftig sogar neu konzipieren lassen – mithilfe von metallischem 3D-Druck.

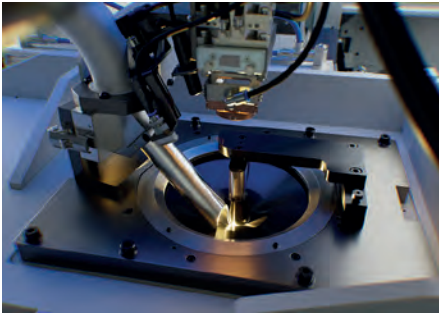
Ein dünner Riss durchzieht die Stahlplatte. Als der Roboterarm über die Schwachstelle fährt, entsteht dabei nicht nur eine einzelne Schweißnaht, sondern eine dreidimensionale Metallverstärkung. Möglich macht dies ein Verfahren namens *Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM). Dabei wird eine Schweißdraht mithilfe eines Lichtbogens Schicht für Schicht auf defekte Stellen förmlich aufgedruckt.

Anders als beim klassischen Schweißen verbindet der metallische 3D-Druck nicht nur Bauteile miteinander, sondern ermöglicht Verstärkungen mit einer maßgefertigten Geometrie und optimierter Produktion. So lassen sich geschädigte Bereiche lokal und wirksam verstärken, ohne die gesamte schadhafte Komponente ersetzen zu müssen. Forschende der Empa wollen das Verfahren anwenden, um gerissene Teile von Brücken und Trag-

werken zur reparieren. Denn die fest eingebauten Stahlbauteile lassen sich häufig kaum oder nur mit einem großen Aufwand ersetzen.

Geometrie ist entscheidend, nicht die Materialmenge

Entscheidend ist nicht, möglichst viel Material aufzutragen, erklärt Hossein Heydarinouri von der Empa-Abteilung Ingenieur-Strukturen. Viel wichtiger ist ihm zufolge die Form:



Eine präzise optimierte Geometrie macht die Metallverstärkung robuster (Bild: Empa)

Eine optimierte Geometrie verteilt die Spannungen so, dass die Ausbreitung bestehender Risse gestoppt oder deutlich verlangsamt wird. So konnten Forschende der Empa und ETH Zürich etwa im Rahmen einer Masterarbeit die Lebensdauer der untersuchten beschädigten Stahlplatten um bis zu viermal verlängern.

In umfangreichen Versuchen wurden in der Bauhalle der Empa gerissene Stahlplatten mit unterschiedlich geformten Metallverstärkungen versehen und anschließend wiederholt belastet. Die Resultate sind eindeutig: Alle verstärkten Proben zeigten eine deutlich höhere Ermüdungslebensdauer als nicht reparierte Vergleichsplatten. Besonders wirkungsvoll erwiesen sich dabei zweilagige, abgestufte Verstärkungsgeometrien.

Gleichzeitig zeigt die Studie auch die Grenzen des Ansatzes auf. Wird die Geometrie ungünstig gewählt, können neue Spannungskonzentrationen entstehen – etwa an den Übergängen zwischen Grundmaterial und aufgedrucktem Metall. *Unsere Ergebnisse zeigen, wie wichtig ein gezieltes Design der Verstärkungsstruktur ist*, so Heydarinouri.

Praktische Hürden für den Einsatz vor Ort

Ermüdungsrisse gehören zu den häufigsten Schäden im Stahlbau, und eine gezielte Verstärkung ist deutlich effizienter als der vollständige Ersatz des schadhaften Bauteils. *Mittels 3D-Druck können wir Metallverstärkungen genau dort anbringen, wo sie strukturell benötigt werden*, sagt Heydarinouri. Reparaturen sparen Material, Energie und Kosten. Trotz des großen Potenzials ist der Weg in die Praxis noch mit Herausforderungen ver-

bunden. Der metallische 3D-Druck wird derzeit mit industriellen Robotersystemen umgesetzt, die sich nur begrenzt transportieren lassen. Beschädigte Bauteile sind laut Heydarinouri meist im Bauwerk verbaut. *Heute müssten sie für eine Reparatur in die Werkstatt gebracht werden, was in der Praxis nicht immer realistisch ist.* Zwar gibt es erste Ansätze für mobile oder portable Robotersysteme, doch für einen breiten Einsatz direkt vor Ort sind weitere Entwicklungen nötig. Dennoch sieht das Forschungsteam Vorteile für Anwendungen, bei denen Bauteile gut zugänglich sind oder bei Instandhaltungsarbeiten ausgebaut werden können.

Vom Reparieren zum intelligenten Strukturdesign

Neben der Reparatur von beschädigten Bauteilen arbeitet das Team um Empa-Forscher Heydarinouri auch an weiterführenden Konzepten. Die Kombination aus intelligenten Geometrien, metallischem 3D-Druck und neuen Materialien ermöglicht Metallstrukturen, die unter extremen Belastungen bewusst nachgeben, dabei Energie aufnehmen und sich danach möglichst wieder in ihre ursprüngliche Form wandeln oder zumindest bleibende Schäden vermeiden. Sie könnten künftig als metallische Dämpfungselemente für Erdbeben oder Schwingungen eingesetzt werden, etwa in Brücken, Gebäuden oder tech-

nischen Anlagen. Darüber hinaus sieht der Empa-Forscher Potenzial im Maschinenbau, etwa für leichte, aber hochbelastete Bauteile in Produktionsmaschinen. Besonders dort, wo nur wenige, geometrisch optimierte Komponenten benötigt werden, spielt WAAM seine Stärken aus. *Der 3D Druck gibt uns eine enorme geometrische Freiheit*, sagt Heydarinouri. *Wir können Strukturen gezielt optimieren – etwa um Gewicht zu reduzieren und gleichzeitig die Tragfähigkeit zu erhalten oder sogar zu optimieren.*

Zudem erforscht die Empa-Materialwissenschaftlerin Maryam Mohri, wie sich mit Formgedächtnislegierungen (Shape Memory Alloys, SMA) die Eigenschaften gezielt weiterentwickeln lassen. Diese intelligenten Materialien besitzen die Fähigkeit, nach einer Verformung, – etwa durch Erwärmung – wieder in ihre ursprüngliche Form zurückzukehren. So lassen sich verbesserte Materialeigenschaften mit maßgeschneiderten Geometrien kombinieren, was neue Möglichkeiten für materialeffiziente und adaptive Metallbauteile eröffnet. Die entsprechenden Geometrien werden an der Empa mithilfe numerischer Simulationen entwickelt und anschließend experimentell getestet. So stellen die Forschenden sicher, dass die gedruckten Bauteile realistische Bedingungen erfüllen und für industrielle Anwendungen geeignet sind. Manuel Martin

➔ www.empa.ch



Die WAAM-Pilotanlage an der Empa

(Bild: Empa)

Oberflächentechnik und High-End-Anwendungen

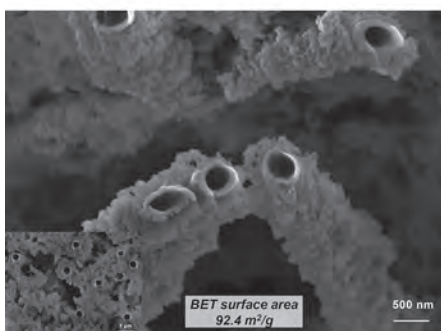
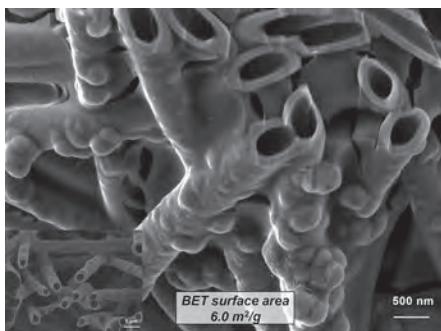
Bericht über das 47. Ulmer Gespräch am 20. und 21. Mai – Teil 2

Zunehmend werden Kombinationen aus Werkstoff und Beschichtung für den Einsatz in der Energietechnik, zum Beispiel für die Wasserstoffentwicklung, die Elektronik, in optischen Systemen oder in der Rüstungsindustrie gefordert. Dafür eignen sich galvanische Beschichtungen aufgrund der guten Streufähigkeit der Abscheidung bei komplexen Geometrien, der guten Steuerung der Schichtdicke oder der Möglichkeit zur Beschichtung von Kunststoffen. Thermische Verfahren bieten ein größeres Spektrum an Schichtmaterialien bei guter Anbindung an das Substrat.

Fortsetzung aus WOMAG 6/2026

Elektroden für die Wasserstoffproduktion

Wie Dr. Andrea Russo, Technical University of Denmark, Department of Energy Conversion and Storage, einleitend ausführte, bieten Verfahren zur chemischen Metallabscheidung die beste Möglichkeit, gleichmäßig dicke Metallschichten auf komplex geformten Substraten herzustellen. Insbesondere die verschiedenen Varianten der Abscheidung von Nickel-Phosphor kennzeichnen den hohen Entwicklungsstand der chemischen Metallabscheidung. Auf Basis dieser Möglichkeiten arbeitet der Vortragende daran, die Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff als Energiespeicher deutlich zu verbessern und so die effiziente Nutzung von Strom aus Wind- und Photovoltaikanlagen zu erhöhen.



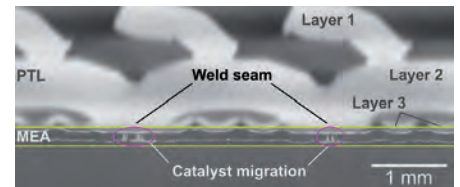
Fasern mit Beschichtungen aus Nickel-Phosphor (oben) und Nickel-Phosphor mit Nickel-Molybdän-Phosphor (Bild: Dr. Russo)

Bei der Wasserelektrolyse spielen die Elektroden die entscheidende Rolle: je größer die nutzbare Oberfläche ist, desto höher ist die Effizienz der Technologie. Aktuell stellen Nischelektroden in Form von Nickelschäumen die beste Variante dar. Russo und Kollegen wählten als Ausgangsmaterial Nanofasern aus Kunststoff, die zu einem Vlies verarbeitet werden. Dieses Vlies kann aktiviert und durch chemische Metallabscheidung mit Nickel-Phosphor beschichtet werden. Ergänzend sind auch zusätzliche Beschichtungen mit Nickel-Molybdän-Phosphor oder Nickel-Eisen möglich, die sich ebenfalls für die Elektrolyse eignen. Erste Ergebnisse in Anlagen zur Wasserstoffherstellung zeigen vielversprechende Ergebnisse.

Mechanismen an elektrochemisch aktiven Grenzflächen

Power-to-X-Technologien, ein Thema, mit dem sich Prof. Dr. Rüdiger Eichel und seine Mitarbeiter befassen, stellen eine Schlüsseltechnologie für die zukünftige Sektorenkopplung von Strom, Wärme, Mobilität und chemischer Industrie dar, indem sie erneuerbar produzierten Strom in chemische Energieträger und Wertstoffe überführen. Das Verständnis der grundlegenden Mechanismen an den elektrochemisch-aktiven Grenzflächen ist dabei entscheidend für die Selektivität, Effizienz und Langzeitstabilität der entsprechenden Prozesse.

Daher wird beispielsweise das Verhalten der verschiedenen Elektrodentypen im Dauerprozess, also vor allem aufgrund zyklischer Ladung/Entladung, betrachtet. So erleiden zum Beispiel Elektroden mit Indium Schädigungen durch die Entstehung von Brücken durch migrierendes Indium. Neben Wasserstoff kommen auch andere Stoffe als Träger für Energie in Betracht, wie Methanol, Ethanol oder Propanol, oder auch die Nutzung



Untersuchungen zur Migration bei PEM-Elektroden (Bild: Prof. Dr. Eichel)

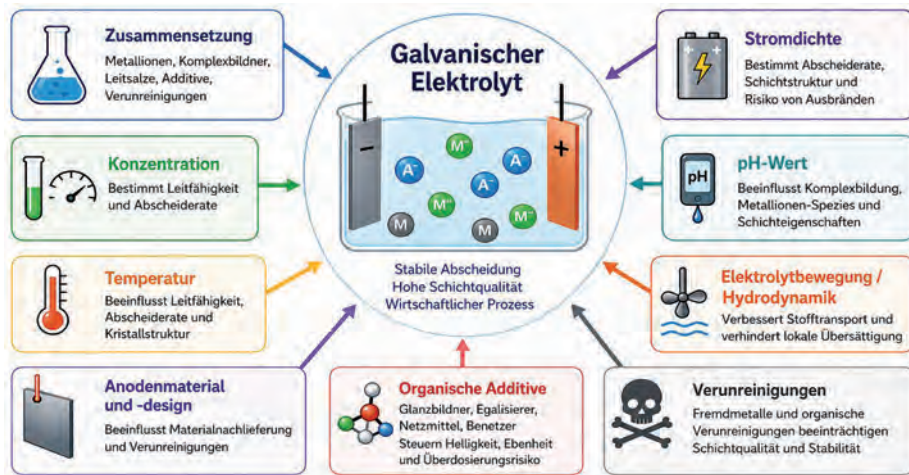
von Kohlenstoffdioxid für diese Zwecke. Je nach eingesetztem Stoff müssen die jeweiligen Elektrodensysteme auf diese Anwendungen hin optimiert werden. Bisher zeigt es sich, dass dafür immer komplexere Zusammensetzungen von Elektroden oder ionenleitenden Festelektrolyten in Betracht kommen.

Qualitätssicherung in kontinuierlichen Beschichtungssystemen

Hans Ullrich Eckert, Gerweck GmbH, gab einen Einblick in die Prozessführung bei der Bandbeschichtung, bei der eine lückenlose Prüfung der Bauteilqualität oftmals nicht möglich ist. Eine wirkliche Prüfung ist nur zu Einlauf am Anfang der Beschichtungsstrecke und am Ende zum Auslauf machbar. Die Umsetzung des Null-Fehler-Anspruchs erfolgt daher über die Definition und Überwachung von relevanten Prozessparametern.

Allerdings liegen für einen mehrstufigen Beschichtungsprozess – von der Vorbehandlung über die eigentliche Beschichtung (z. B. mit Nickel, Silber und/oder Zinn) sowie die erforderlichen Nachbehandlungen (z. B. Passivierung) – eine große Zahl an Einflussfaktoren vor. So lassen sich allein für die jeweiligen Elektrolyte die Parametergruppen Zusammensetzung, Konzentration der Inhaltsstoffe, Temperatur, Anodenmaterial, Additive, Verunreinigungen, Hydrodynamik, pH-Wert oder Stromdichte nennen. Aus der vorhandenen Erfassung der verschiedenen Kenngrößen ergeben sich beispielsweise für die zehn

OBERFLÄCHEN



Einflussgrößen in einem galvanischen Elektrolyten zur Metallabscheidung (Bild: H. U. Eckert)

Anlagen im Werk des Vortragenden pro Jahr mehr als 27 Milliarden Datenpunkte. Daraus ist erkennbar, dass die Auswertung und Erkennung von relevanten Abweichungen eine immense Herausforderung darstellen.

Aluminiumschichten aus ionischen Flüssigkeiten

Die elektrochemische Abscheidung von Aluminium erfordert die Verwendung von Lösemitteln ohne Wasser. Dazu eignen sich neben organischen Lösemitteln, die seit längerem genutzt werden, auch ionische Flüssigkeiten, wie Dr. Dietmar Lütke Notarp, NB Technologies, einleitend ausführte.

Auch bei der Verwendung von ionischen Flüssigkeiten muss darauf geachtet werden, kein Wasser einzutragen oder die Bildung von Gasen wie Chlor zu überwachen. Ein Einsatz dieser Verfahren bietet sich nach Ausführung des Vortragenden bei der Beschichtung von Kunststoffen für dekorative Anwendungen an.

Besonders interessant ist die elektrochemische Abscheidung von Aluminium in der Elektronik zur Herstellung von Kontakten zwischen Lagen in der Halbleitertechnik (Via fill). Die Aluminiumabscheidung erlaubt die kostengünstigere Herstellung von höheren Strukturen. Dabei zeichnet sich das abgeschiedene Aluminium aufgrund seiner Reinheit durch eine gute elektrische und thermische Leitfähigkeit aus. Das Unternehmen des Vortragenden hat für diese Anwendungen geeignete Anlagentechnologien für den Einsatz in der Industrie entwickelt.

Schichten in Lithographieanwendungen

Beschichtungen für Bauteile von Belichtungsanlagen, die unter Verwendung von extremem

UV-Licht Elektronikchips höchster Dichte herstellen, präsentierte Ralf Winter von der Carl Zeiss SMT, Oberkochen. Diese EUV-Belichter der neuesten Generation erfordern für nahezu alle Bauteile der hochkomplexen Anlagen Oberflächen in höchster Qualität. Dazu zählen spezielle Spiegel für das eingesetzte UV-Licht mit geringsten Werten für die Rauheit und besonderen Eigenschaften im Hinblick auf Reflexion und Transmission.

Im Betrieb unterliegen diese Oberflächen hohen Belastungen in Form von Energie, die starke thermische Einwirkungen oder schädigende Wirkungen durch Gase oder Plasmen erzeugen. Vor allem enthaltener Kohlenstoff in den eingesetzten Materialien ist kritisch, da er die Reflexionseigenschaften verändert und die Leistung des UV-Lichts reduzieren kann. Zudem können aus Kohlenstoff unerwünschte Verbindungen entstehen, die wiederum die gesamte Anlage verschmutzen; besonders zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Bildung von Wasserstoff, der zu Wasserstoffversprödung von einigen metallischen Werkstoffen führt.

Vermeiden lassen sich viele der möglichen störenden Wirkungen durch die chemische Abscheidung von Nickel-Phosphor. Die chemische Abscheidung überzeugt hier vor allem durch ihre Eigenschaft, auch komplexe Bauteilgeometrien vollständig zu bedecken. Zudem kann mit diesem Verfahren eine mechanisch beständige und gleichmäßige Beschichtung erzeugt werden. Auch kann die Beschichtung im Bedarfsfall mechanisch bearbeitet werden. Herausforderungen stellen jedoch die in die Schicht eingeschlossenen Rückstände von Elektrolytzusätzen mit Anteilen von Kohlenstoff dar, deren Anteil durch spezielle Nachbehandlungen reduziert werden kann. Sicherergestellt wird die

hohe Reinheit der Oberfläche durch aufwändige und hochsensitive Prüfverfahren für die Bauteilsauberkeit. Damit stellt die Fertigung von EUV-Belichtern eine der anspruchsvollsten Aufgaben im Bereich Anlagentechnik dar.

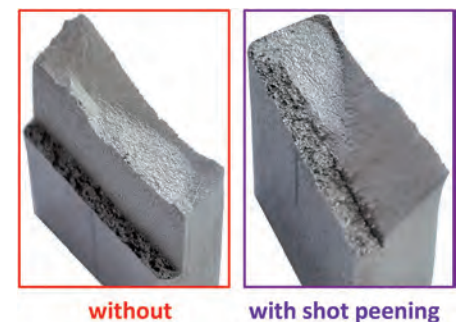
Metallisierung von 3D-Teilen

Die Kombination metallischer Beschichtungen mit 3D-gedruckten Fotopolymerbauteilen ermöglicht eine Miniaturisierung der Bauteile sowie Gewichtseinsparungen, etwa für Hochfrequenzbauteile in der Raumfahrt. Wie Andreas Frölich, Horizon Microtechnologies, einleitend betonte, besteht eine große Herausforderung darin, die richtigen Materialien in der erforderlichen Qualität für die benötigten Bauteile zu kombinieren. Dies ist insbesondere deshalb anspruchsvoll, da für Bauteile mit geringem Gewicht meist spezielle Kunststoffe zum Einsatz kommen. Komponenten für den Einsatz in der Hochfrequenztechnik sind dabei prädestiniert, durch die Auftragung von dünnen, hochleitenden Kupferschichten ihre elektrischen Eigenschaften zu erhalten.

Bauteile für einen Einsatz in der Weltraumtechnik müssen durch die Belastung mit hochenergetischer Strahlung, starke Temperaturwechsel und fehlenden Luftdruck besondere Anforderungen bestehen. Die für diese Anforderungen nötige Qualifikation der von Frölich vorgestellten Beschichtungstechnik zeigte der Vortragende an Beispielen. Die Herstellung der Bauteile zeichnet sich durch zahlreiche und aufwendige Fertigungsschritte sowie umfangreiche Prüfungen zur Qualifizierung aus. Für diese Beschichtung kommen unter anderem galvanische Verfahren zur Abscheidung von Kupfer und Silber zum Einsatz.

Kaltgasspritzen zur Bauteilreparatur

Im letzten Beitrag zeigte Prof. Dr. Thomas Klassen von der Helmut-Schmidt-Universi-



Einfluss von Shot Peening auf die Haftung einer Beschichtung (Bild: Prof. Dr. Klassen)

tät / Universität der Bundeswehr, Hamburg, die Einsatzmöglichkeiten des Kaltgasspritzens für Reparaturzwecke.

Flugzeugkomponenten werden in der Regel durch neue Teile ersetzt, sobald sie lokale Schäden aufweisen. Das kinetische Spritzen bietet die Möglichkeit, defekte Bereiche lokal sukzessive wieder aufzubauen und so erhebliche Kosten und Ressourcen einzusparen.

Damit das Verfahren die notwendigen Eigenschaften erfüllen kann, sind umfangreiche Prüfungen im Hinblick auf die Geometrie, die Materialeigenschaften sowie die Haftung der Schichten erforderlich. Dazu zeigte der Vortragende Beispiele mit Kupfer- und Aluminiumbeschichtungen und deren Füllvermögen, Porosität oder Haftung auf verschiedenen Substratwerkstoffen. Verbesserungen wer-

den beispielsweise durch thermische Unterstützung wie induktives Erhitzen oder mechanische Bearbeitung wie Shot Peening der Oberflächen vor und bei der Beschichtung erzielt. Aber auch Nachtempern durch Einsatz von Lasern können die Eigenschaften des Verbunds aus Grundwerkstoff und Beschichtung deutlich verbessern.

Erfolgreiche Zertifizierung für die Luftfahrt: OTH Hagen setzt hochfliegende Pläne um

Die OTH Oberflächentechnik Hagen hat die Zertifizierung EN 9100:2018 für den hochsensiblen Sektor Luft- und Raumfahrt und Verteidigung erreicht. Ein echter Meilenstein für das nordrhein-westfälische Familienunternehmen, das seine Spezialisierung damit weiter vorantreibt und einen weiteren konsequenten Schritt Richtung Qualität und Spezialisierung vollzieht.

Der Zertifizierungsprozess für die Qualitätsmanagement-Norm EN 9100:2018 ist anspruchsvoll. Dazu gehören kontinuierliche Mitarbeiterschulungen, interne Überprüfungen, Pflichtaudits bei Lieferanten und ein mehrstufiges finales Audit. Die Zertifizierer durchleuchten den Bewerber im Detail. Um mögliche Risiken, zum Beispiel Missverständnisse, Abweichungen oder Fakes, zu vermeiden, sind ausgereifte gelebte Prozesse Grundvoraussetzung. Die OTH Hagen hat alle Hürden genommen.

Durch Zertifizierung wird Potential und Spezialwissen sichtbarer

Für uns ist die EN 9100:2018 ein weiterer konsequenter Schritt Richtung Qualität und Spezialisierung, freuen sich Katharina und Udo Gensowski aus der Geschäftsleitung des Unternehmens. Unsere Motivation ist es, den Weg als Spezialist weiterzugehen. Durch die Zertifizierung wird unser Potential und Spezialwissen für die Außenwelt sichtbarer. Das Unternehmen ist in der weltweiten Datenbank OASIS gelistet und für mögliche Neukunden aus dem Bereich der Luftfahrtzuliefererbranche beziehungsweise den OEMs leichter zu finden.

OTH seit Jahren für Luftfahrt aktiv

Das Unternehmen arbeitet seit Jahren für die Luftfahrtzulieferindustrie. Auch das war eine Voraussetzung für das Zertifikat. Die OTH Hagen ist zudem schon lange ISO 9001-zertifiziert;

dies diente als Basis für die EN 9100. In den Voraudits konnte, bedingt durch die langjährige Branchenerfahrung, bereits ein hohen Erfolgsgrad und nur sehr wenige Abweichungen erreicht werden.

Mitarbeiterschulungen

Mitarbeiterschulungen und das tägliche konsequente Praktizieren von notwendigen Prozessen waren ein zentraler Kern des Zertifizierungsprozesses. Menschliche Fehler können im Bereich Luftfahrt massive Konsequenzen haben. Deshalb muss jeder im Unternehmen alle Pflichten jederzeit hundertprozentig mittragen. Das Anforderungsprofil reicht nach Aussage von Katharina Gensowski von absolut leserlichen handschriftlichen Notizen bis zu exakten Verhaltensregeln. Jeder Mitarbeiter muss hochsensibel mit Produkten umgehen und Fälschungen sofort erkennen. Selbst die Verschrottung von Teilen ist ein strikt festgelegter Prozess, der die enge Zusammenarbeit mit dem Kunden erfordert. Um dieses Produktionslevel dauerhaft zu halten, stehen auch künftig kontinuierlich Schulungen und Audits auf dem Programm. Nur so lässt sich die Arbeit auf dem hohen Niveau der Norm EN 9100 dauerhaft sichern.

Kurzprofil OTH

Die OTH Oberflächentechnik Hagen GmbH & Co. KG ist ein leistungsstarker Spezialist für die Oberflächentechnik. Das Angebot des Unternehmens umfasst Wasserstoffentsprö-



Grund zum Feiern: Die OTH Oberflächentechnik Hagen hat die Zertifizierung EN 9100:2018 für Luft- und Raumfahrt und Verteidigung erreicht; über die Leistung freuen sich Geschäftsführer Katharina (Mitte) und Udo Gensowski mit der internen Auditorin Saniya Karadal (l.) (Bild OTH)

den, chemisch und elektrolytisch Entgraten, Edelstahlbeizen und Passivieren, Elektropolieren, das Beizen von Titan, Kupfer und Aluminium, Zink- und Manganphosphatieren, Trommelverzinken und Dickschichtpassivieren sowie Gleitbeschichtungen. Einen Teil der Verfahren übernimmt die OTG Oberflächentechnik in Gronau. Auch schwierige Materialkombinationen und sperrige Abmessungen gehören zum Programm des kundenorientierten Familienunternehmens.

➔ www.oth-hagen.de

Preview auf die Oberflächentage 2026

Fraunhofer IPA setzt Akzente mit Vorträgen zu grünem Wasserstoff, digitalisierter Schichtentwicklung und dem Faktor Mensch in der Zukunft der Oberflächentechnik

Neue Wege zur Einsparung von kritischen Rohstoffen, digitale Methoden für die Entwicklung von galvanischen Schichten und der Wandel der Arbeitswelt: Die Oberflächentechnik befindet sich in einer Phase tiefgreifender Veränderungen. Wie Forschung und Innovation die Branche prägen und welche Auswirkungen dies auf Qualifikationen, Zusammenarbeit und Wettbewerbsfähigkeit hat, zeigt das Fraunhofer IPA bei den Oberflächentagen 2026.

Grüner Wasserstoff braucht neue Lösungen

Im Fokus des ersten Vortrags stehen neuartige Beschichtungen für PEM-Elektrolyseure, die für die Herstellung von grünem Wasserstoff benötigt werden. Besonders spannend ist dabei die Frage, wie sich der Einsatz des seltenen und kostspieligen Edelmetalls Iridium reduzieren lässt, ohne die Leistungsfähigkeit der Systeme zu beeinträchtigen. Die vorgestellten Forschungsergebnisse geben Einblicke, wie sich Materialeffizienz und Wirtschaftlichkeit zukünftig besser miteinander verbinden lassen – und welche Herausforderungen auf dem Weg zur industriellen Anwendung noch zu bewältigen sind.

Kann Digitalisierung die Schichtentwicklung beschleunigen?

Einen anderen, aber nicht weniger zukunftsweisenden Ansatz verfolgt das Projekt *DIGi-Chrom*. Am Beispiel der Hartchromabscheidung aus Chrom(III)elektrolyten zeigt das Forschungsteam, wie digitale Methoden die Schichtentwicklung unterstützen können. Ziel ist es, die zunehmende Komplexität von galvanischen Prozessen sowie die steigenden Anforderungen an Qualität, Reproduzierbarkeit und Entwicklungszeiten beherrschbar zu machen. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie Wissen über Prozesse, Strukturen und Eigenschaften systematisch erfasst und nutzbar gemacht werden kann. Dahinter verbirgt sich die Perspektive, dass datengetriebene Ansätze künftig einen Teil der klassischen Trial and-Error-Methoden ersetzen könnten.



(Bild: IPA, Rainer Bez)

Sichtbarkeit, Vernetzung und neue Chancen für Frauen in der Branche

Die Zukunft der Oberflächentechnik entscheidet sich aber nicht allein im Labor oder an der Anlage. Sie wird auch von den Menschen geprägt, die neue Technologien entwickeln, anwenden und weiterdenken. Ein weiterer Beitrag des Fraunhofer IPA richtet den Blick auf den Wandel der Arbeitswelt. Im Mittelpunkt stehen Erfahrungen und Erkenntnisse aus den Aktivitäten der Female SurFaces, dem Frauennetzwerk des ZVO. Das Netzwerk wurde gegründet, um Frauen in der Galvano- und Oberflächentechnik sichtbarer zu machen, ihre Vernetzung zu fördern und den Austausch über Karrierewege, Herausforderungen und Entwicklungsmöglichkeiten in der Branche zu stärken. Gleichzeitig versteht sich Female SurFaces als Impulsgeber für eine vielfältigere und zukunftsfähige Arbeitswelt.

Zukunft gestalten statt nur beobachten

Wer erfahren möchte, welche Entwicklungen künftig die industrielle Praxis transformieren, welche Fragen die Forschung derzeit beschäftigen und welche Antworten sich für Unternehmen daraus ergeben, sollte die Oberflächentage 2026 nicht verpassen. Das Fraunhofer IPA freut sich auf den Austausch mit Fachleuten aus Industrie, Forschung und Anwendung – und darauf, gemeinsam einen Blick auf die Zukunft der Oberflächentechnik zu werfen.

**Fraunhofer**
IPA

Wir produzieren Zukunft

Das Fraunhofer IPA entwickelt und implementiert nachhaltige Produktionstechnologie. Im Bereich der Oberflächenverfahren, -technik und Materialien ist ein Team aus Forschenden mit seinen fachlichen Kompetenzen und einer umfassenden Infrastruktur speziell auf galvanische und andere Beschichtungen ausgerichtet. Seit Jahrzehnten werden aktuelle Fragestellungen der Branche entlang der gesamten industriellen Produktionskette für Beschichtungsunternehmen bearbeitet und Lösungen von der Entwicklung neuer Schichtwerkstoffe und den dazugehörigen Prozessketten über Anlagentechnik bis hin zur Schadensfallanalyse mit tiefgehendem Know-how zur Verfügung gestellt. In dieser Serie zeigen Forschende, wie den Herausforderungen in der Beschichtungs-technik in Zukunft begegnet werden kann.

Ansprechpartner
Katja Feige, Forschungsteamleiterin
Funktionale Beschichtungen und Analytik,
Klaus Schmid, Forschungsteamleiter
Beschichtungsanlagen und
Applikationstechnik
Direktorat Oberflächen und Materialien
Dr. Oliver Tiedje

➔ www.ipa.fraunhofer.de/loesungen/beschichtungen-und-multifunktionale-materialien.html

Lösungen des Bereichs Beschichtungen und multifunktionale Materialien:

➔ <https://s.fhg.de/fraunhofer-ipa-beschichtungen>

Info zu aktuellen Projekten:

➔ <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/IREKA.html>



Seit 1912. Innovation in der Galvanotechnik

**FORTISTAN C™ und
APEXCHROME™ –**
Zukunftsweisende
Oberflächen mit einzigartigen
Eigenschaften.

Schlötter – Lokal präsent.
Weltweit aktiv. Zukunftsorientiert.

Stand 64:
Wir freuen uns auf Sie!

In unseren Fachvorträgen:
Einblicke in die Oberflächen-
technik von morgen.



Schichtcharakterisierung einer neuen Generation von diamant-ähnlichen Beschichtungen (DLC 2.0, spannungsfreies ta-C)

Durch Kombination des Laser-Abscheidungsverfahrens mit dem Laser-Temperprozess ist es der ANTACON GmbH aus Mittweida gelungen, extrem harte DLC-Schichten mit geringen inneren Spannungen herzustellen. Mit Hilfe der Ultra-Nanohärteprüfung von Anton Paar können die mechanischen Eigenschaften dieser Schichten quantitativ analysiert werden. Es wurden Eindringhärten bis zu $H_{IT} = 61$ GPa gemessen.

1 Herstellung der Hochleistungsbeschichtungen

1.1 Motivation

Im industriellen Umfeld entstehen ökonomische Verluste durch Verschleiß, der direkt und/oder indirekt Kosten verursacht. Maßgebliche Faktoren sind hier zum Beispiel kostenintensive Neuanschaffungen, notwendige Überarbeitungen, Produktionsausfälle und Wartungskosten. Der jährliche wirtschaftliche Schaden wird allein in Deutschland auf etwa zwei bis sieben Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP) geschätzt.

Neben ökonomischen Aspekten spielen für produzierende Unternehmen zunehmend auch ökologische Faktoren eine zentrale Rolle. So werden etwa 23 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs durch tribologische Kontakte verursacht. Die Einführung fortschrittlicher tribologischer Technologien kann die globalen Emissionen an Kohlenstoffdioxid (CO_2) kurzfristig um bis zu 1.460 Millionen Tonnen CO_2 -Äquivalent reduzieren [1]. ANTACON sieht ihre Innovation als Teil dieser neuen Technologien, um damit einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Wirtschaft zu leisten. Aufgrund unsicher gewordener Lieferketten und stetig steigender Rohstoffkosten durch disruptive Ereignisse hat die Industrie ein großes Bedürfnis nach zuverlässigen Werkzeugen und Maschinenkomponenten, welche die Prozesssicherheit in den Produktionsketten erhöhen und Ausfallzeiten sowie die Wiederbeschaffungskosten minimieren. So kommt es nicht selten vor, dass zum Beispiel nicht das verschlissene Werkzeug der Hauptkostenverursacher ist, sondern der dadurch entstehende Produktionsausfall bei Werkzeugwechsel oder ein zu hoher Anteil an Ausschuss während der Produktion. Der Anwender profitiert daher direkt und indirekt durch die Verwendung von superharten Hochleistungsbeschichtungen und erreicht dadurch gegenüber seinen Marktbegleitern einen Wettbewerbsvorteil. So kann beispielsweise ein Automotive-Zulieferer durch den

Einsatz von anwendungsspezifisch designten Beschichtungen (wie sie ANTACON anbietet) die Standzeit seiner Werkzeuge und Komponenten deutlich verlängern und dadurch signifikant seine Kosten und Ausfallzeiten reduzieren.

1.2 Herstellung spannungsfreier DLC-Beschichtungen

In der Beschichtungstechnologie wird für Dünnschichten die Schichthärte als Eindringhärte (H_{IT}) in Gigapascal (GPa) angegeben. Die betrachtete Härteskala reicht dabei von 0 GPa bis 100 GPa, wobei das Maximum der Härte des Diamanten entspricht. Konventionelle Verschleißschutzschichten weisen Eindringhärten von oft weniger als 25 GPa auf. Unter Verwendung von speziellen Verfahren ist es möglich, kohlenstoffbasierte Schichten zu erzeugen, die aufgrund ihrer Zusammensetzung, Morphologie und schlussendlich der daraus resultierenden Eigenschaften, dem Diamanten ähneln. Solche Schichten werden DLC (Diamond-Like Carbon) genannt und bereits seit vielen Jahren in industriellen Anwendungen eingesetzt.

Ein besonderer Vertreter der DLC-Schichten ist tetraedrisch amorph gebundener wasserstofffreier Kohlenstoff (ta-C). Dessen Eingruppierung ist im ternären Phasendiagramm (Abb. 1) für DLC-Schichten dargestellt, wobei sich seine herausragenden Eigenschaften, wie zum Beispiel superhart, verschleiß- und reibungsmindernd oder auch chemisch beständig aus dem über 60 % hohen Anteil von sp^3 -hybridisiertem Kohlenstoff ergeben.

Aufgrund von bisher bestehenden Herausforderungen bei der Herstellung von ta-C-Beschichtungen werden diese oft nur bis zu einer maximalen Härte von etwa $H_{IT} = 45$ GPa und einer maximalen Schichtdicke von 1 μm bis 1,5 μm angeboten. Ursache dafür sind hohe kompressive Schichteigenstressungen, die sich während der Schichterzeugung aufbauen. Da Schichthärte und Schichteigenstressungen miteinander korrelieren, muss bei bisher etablierten Herstellungsverfahren

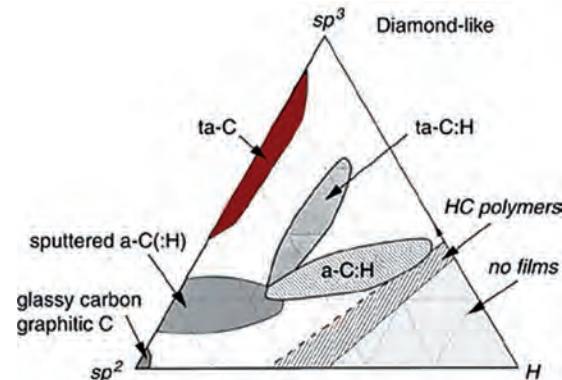


Abb. 1: Einteilung der DLC-Schichttypen, wobei die drei Ecken jeweils Diamant (sp^3 -hybridisiert), Graphit (sp^2 -hybridisiert), und dem Wasserstoffgehalt (H) entsprechen [2]

ein Kompromiss zwischen Schichthärte und daraus resultierenden Schichteigenstressungen sowie der dadurch maximal möglichen Schichtdicke eingegangen werden. Andernfalls führen die Eigenspannungen dazu, dass superharte DLC-Beschichtungen bereits bei Schichtdicken von weniger als 1 μm tendenziell delaminieren und/oder mechanisch instabil sind, was deren Anwendungsfähigkeit stark einschränkt.

Dieses Problem konnte durch die Innovation von ANTACON gelöst werden. Die patentierte Technologie ermöglicht es, superharte und zugleich spannungsfreie DLC-Schichten (ta-C) mechanisch stabil zu erzeugen, wie Abbildung 2 anschaulich zeigt. Die so erzeugte Kallotte in der ta-C-Beschichtung (Abb. 2, unten) weist durch Reduktion der Schichteigenstressungen vergleichend zu der unentspannten ta-C-Beschichtung (Abb. 2, oben) keine schollenartigen Ablösungen großer radialer Ausdehnung auf. Dadurch ist eine signifikant erhöhte Haftfestigkeit belegt.

Diese DLC-Beschichtungen und das Beschichtungsverfahren haben neben den in Tabelle 1 beschriebenen Eigenschaften folgende Besonderheiten:

- extreme Schichthärte (> 60 GPa) und gleichzeitige Spannungsfreiheit
- beliebige ta-C-Schichtdicke einstellbar

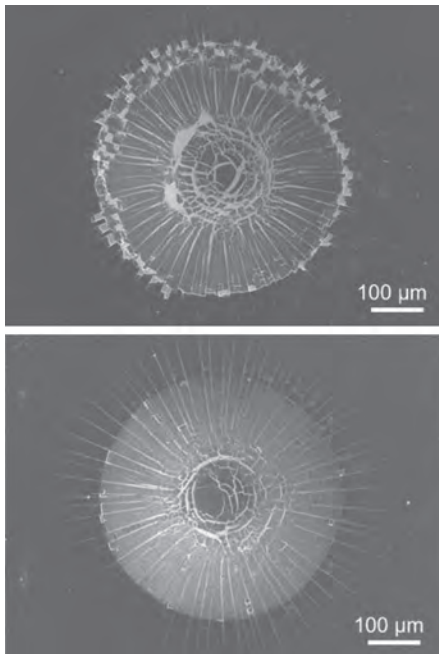


Abb. 2: Vergleich von Rockwell-Eindringprüfungen nach DIN 4856 einer spannungsfreien 1 µm ta-C-Schicht auf einem 100Cr6-Stahl von ANTACON (unten) zu einer konventionellen ta-C-Schicht mit hohen Schichteigenspannungen (oben)

Tab. 1: Übersicht der Eigenschaften von ta-C-Beschichtungen von ANTACON

Material	Kohlenstoff (C)
Struktur	amorph
Nano-Härte H_{IT}	bis zu 70 GPa
Schichteigenspannungen	ca. 0,1 GPa
maximale Schichtdicke	beliebig
μ (trocken gegen Stahl)	0,1
Mittlere Rauheit R_a	< 0,1 µm
Abscheidungstemperatur	< 90 °C
maximale Einsatztemperatur an Luft	< 500 °C

- deutliche Steigerung der mechanischen Stabilität und sehr gute Schichthaftung (Abb. 2)
- geringe Oberflächenrauheit der Schicht mit $R_a < 0,1 \mu\text{m}$ (ohne Nachbehandlung)
- chemisch inert und biokompatibel
- kein Verzug oder Härteabfall bei temperaturempfindlichen Materialien ($T_{\text{Prozess}} < 90 \text{ °C}$)

Abbildung 3 zeigt eine schematische Darstellung des kombinierten Laserpuls-Abscheidungs- und Temperprozesses zur Herstellung von ANTACON DLC-Schichten im Vakuum. Zunächst wird ein Laserstrahl (Ablationslaser) auf das Target (Quelle für die schichtbildenden Teilchen) fokussiert und so ein gerichteter Teilchenstrom erzeugt, der sich in

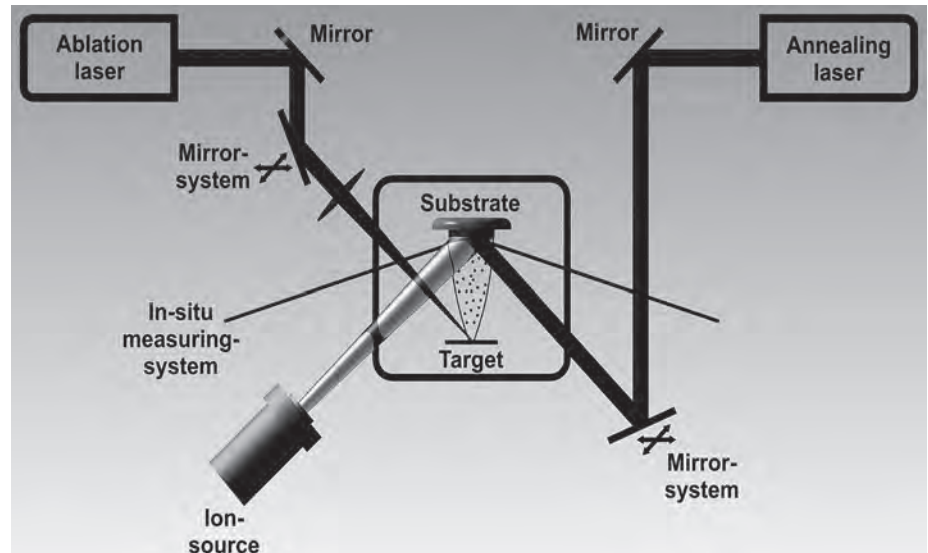


Abb. 3: Schematische Darstellung des kombinierten Abscheidungs- und Entspannungsprozesses

Richtung des zu beschichtenden Objekts (Substrat) bewegt.

Während der Schichtabscheidung kommt ein weiterer Laser zum Einsatz, der die aufwachsende Schicht tempert. Dadurch ist es möglich, maximal harte, spannungsfreie und beliebig dicke ta-C-Schichten zu erzeugen, die sich durch eine hohe mechanische Belastbarkeit und Widerstandsfähigkeit auszeichnen. Zu nennen sind hier die Beschichtung von Präzisionsspannmitteln, wie etwa Hydrodehnspanndornen, sowie die Beschichtung von Werkzeugen zum Stanzen von Buntmetallen.

1.3 Anwendung superharter ta-C-Beschichtungen

Der Nutzen von superharten ta-C-Beschichtungen besteht einerseits in der nachgewiesenen Verlängerung der Standzeit von Werkzeugen und Komponenten um bis zu Faktor 10 im Vergleich zu den bisher etablierten Verschleißschutzbeschichtungen. Andererseits ermöglichen die ANTACON-Beschichtungs-lösungen eine bedeutende Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz sowie der Prozesssicherheit tribologischer Systeme.

Die DLC-Beschichtungen, wie zum Beispiel sTAC60® ($H_{IT} \geq 60 \text{ GPa}$), sind für Anwender interessant, die mit herkömmlichen Arten an Verschleißschutzbeschichtungen unzufrieden sind oder deren Anwendungen ein maximales Maß an Verschleißschutz bieten sollen. Zu nennen wären hier etwa die Beschichtung von mit Öl gefüllten Prüfmessspitzen sowie Werkzeuge für das Stanzen von Duplexstahl. Der Fokus liegt auf der Veredelung von stark beanspruchten Produkten wie Werkzeugen

und Maschinenkomponenten. Durch die Minimierung von Zusatzarbeiten wie beispielsweise Nachbearbeitung, Regeneration und Logistik, lassen sich Prozesskosten nachhaltig reduzieren.

Neben der Standzeiterhöhung und der Reibungsminimierung sind Anwendungsfälle in den Bereichen Barrierewirkung, Antihaftung oder Hochgeschwindigkeitsapplikation spannend. Generell reicht das Anwendungsspektrum von den Marktsegmenten Automobilindustrie, Maschinen-, Anlagen- und Werkzeugbau über Mikroelektronik, Medizintechnik und Kunststoffverarbeitung bis hin zur Luftfahrttechnik sowie Lebensmittel- und Pharmaindustrie.

2 Schichtcharakterisierung mit Anton Paar-Instrumenten

Neuentwicklungen von Materialien, Schichten und Mehrschichtsystemen erfordern eine präzise Analyse der charakteristischen Werkstoffeigenschaften bis weit in den nanoskalierten Messbereich. Durch die Nanoindentation (Instrumentierte Eindringprüfung nach ISO 14577) kann die Untersuchung von mechanischen Eigenschaften oberflächennah realisiert werden. Wichtigste Messergebnisse sind die Härte (H_{IT}) und der E-Modul (E_{IT}). Bei der instrumentierten Eindringprüfung werden über einen Be- und Entlastungsvorgang mittels eines Prüfkörpers bekannter Geometrie in einem Werkstoff Last und Eindringtiefe kontinuierlich gemessen. Ziel ist die Ermittlung der elasto-plastischen Eigenschaften, wobei die Eindringhärte H_{IT} eine Kenngröße ist, die den Verformungswiderstand beziehungsweise die verbleibende Beschädigung

OBERFLÄCHEN

beschreibt. Im Folgenden wird die Analyse der in den vorigen Absätzen vorgestellten Hartstoffschicht präsentiert und diskutiert.

2.1 Instrumentierte Eindringprüfung

Die Instrumentierte Eindringprüfung ist eine Methode, die es erlaubt, lokal eng begrenzt mechanische Werkstoffeigenschaften zu ermitteln. Die Technologie eignet sich sowohl für Festkörper als auch für Schichten. Während der Eindringprüfung werden Prüflast und Eindringtiefe des Prüfkörpers über den gesamten Be- und Entlastungszeitraum kontinuierlich erfasst. Ergebnis ist die Last-Eindringtiefe-Kurve (Abb. 4). Mit Hilfe der Oliver & Pharr-Methode werden Härte und E-Modul ermittelt [3]. Neben Eindringmodul und Härte können aus diesen Messungen weitere Messwerte, wie zum Beispiel der elastische Energieanteil an der Eindringarbeit η_{IT} ermittelt werden, der wie aus Abbildung 5 ersichtlich ist, berechnet werden kann [4]:

Der Anwendung angepasst sind unterschiedliche Prüfkörpergeometrien in Nutzung; üblicherweise wird eine Berkovich-Pyramide verwendet. Die Belastung und Entlastung sowie weitere Modulationen, wie beispielsweise das Halten einer konstanten Kraft für eine eingestellte Dauer, können variabel eingestellt werden [5].

Der ultrahochauflösende Nanoindenter UNHT³ mit Realkraft- und Tiefensensor eignet sich,

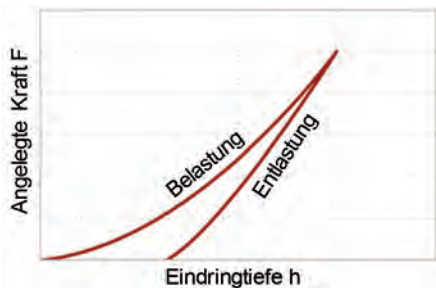


Abb. 4: Eindringkurve bei instrumentierter Eindringprüfung (schematisch)

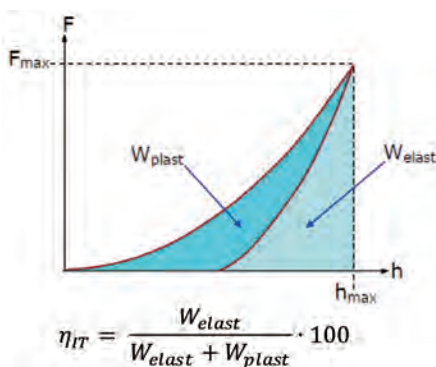


Abb. 5: Illustration zur Berechnung der Eindringarbeit und zugehörige Gleichung



Abb. 6: Das UNHT³ Ultra-Nanoindentationsgerät mit der patentierten Oberflächenreferenzierung

um die mechanischen Eigenschaften eines Materials in nanoskalierten Messbereichen zu untersuchen. Zwei unabhängige Tiefen- und Lastsensoren bieten echte Kontrolle von Last und Eindringtiefe. Darüber hinaus bietet der UNHT³ die patentierte Oberflächenreferenzierungstechnologie (Abb. 6): Eine Referenzprüfungsspitze überwacht die Oberflächenposition der jeweiligen Probe, während eine Messprüfungsspitze die Messungen durchführt. Hiermit werden Probleme mit thermischem Drift und Gerätesteifigkeit eliminiert. Diese besondere Bauweise ermöglicht eine breite Palette an Eindringtiefen (von wenigen nm bis hin zu 100 μ m) und Prüflasten (von wenigen μ N bis zu 100 mN).

2.2 Messvorgang

Parameter und Durchführung wurden auf Basis vorangegangener Untersuchungen gewählt. Folgende Parameter wurden angewendet:

- Quadratischer Kraftauftrag (Be- und Entlastung)
- Maximale Kraft: 20 mN
- Haltedauer bei konstanter Kraft: 20 s
- Belastungs- und Entlastungsdauer: 30 s

Es wurden fünf Messungen in einem Abstand von etwa 20 μ m durchgeführt.

2.3 Ergebnisse und Vergleich mit konventionellen DLC-Schichten

Abbildung 7 zeigt die aufgezeichneten Kurven der ta-C-Schicht von ANTACON. An der Form der Kurven ist eindeutig zu erkennen, dass ein hartes Material gemessen wurde, da Be- und Entlastungskurven einen annähernd gleichen Verlauf haben.

Die maximale Eindringtiefe liegt hier bei etwa 130 nm. Aus den ermittelten Daten ergeben sich folgende Werte für Härte, E-Modul und Verschleißbeständigkeit:

- $H_{ITa-C} = 61,5 \text{ GPa} \pm 5,9 \text{ GPa}$
- $E_{ITa-C} = 630,4 \text{ GPa} \pm 82,4 \text{ GPa}$
- $\eta_{ITa-C} = 97 \% \pm 2,8 \%$

Für eine bessere Einordnung von Härte (H_{IT}) und E-Modul (E_{IT}) können diese mit konventionellen DLC-Schichten verglichen werden, welche mit derselben Methode gemessen werden:

- $H_{ITDLC} = 26,5 \text{ GPa} \pm 0,5 \text{ GPa}$
- $E_{ITDLC} = 214,8 \text{ GPa} \pm 2,5 \text{ GPa}$
- $\eta_{ITDLC} = 71,5 \% \pm 0,9 \%$

Dieser Vergleich zeigt, dass die vorgestellten ta-C-Schichten von ANTACON nachweislich deutlich höhere mechanische Werte erzielen als herkömmliche DLC-Schichten.

3 Zusammenfassung

Die mechanischen Eigenschaften der vorgestellten ta-C-Schicht wurden mit der instrumentierten Eindringprüfung untersucht. Die Messergebnisse zeigen, dass die Härte der neuentwickelten DLC-Schichten mehr als doppelt so hoch ist wie die von konventionell hergestellten DLC-Schichten. Weitere Kennwerte wie E-Modul und Verschleißbeständigkeit wurden ebenfalls wesentlich höher bestimmt. Durch die superharten DLC-Beschichtungen von ANTACON sind deutliche Steigerungen der Standzeit von Komponenten bezüglich Verschleißresistenz in tribologischen Systemen realisierbar.

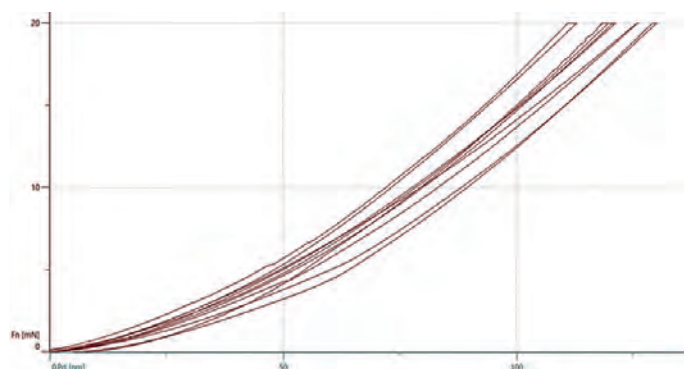


Abb. 7: Kraft-Eindring-Kurven von fünf Messungen

Literatur

- [1] K. Holmberg, A. Erdemir; Friction 5, Issue 3 (2017), S. 263-284
- [2] J. Robertson; Mater. Sci. Eng. R Rep. 37, Issues 4-6 (2002), S. 129-281
- [3] W.C. Oliver, G.M. Pharr; J. Mater. Res. 7, (1992), S. 1564-1583

- [4] ISO 14577:2015 Metallic materials – Instrumented indentation test for hardness and materials parameters
- [5] A.C. Fischer-Cripps: Mechanical Engineering Series – Nanoindentation; Volume 3 (2011), S. 32-37, Springer-Verlag

Kontakt

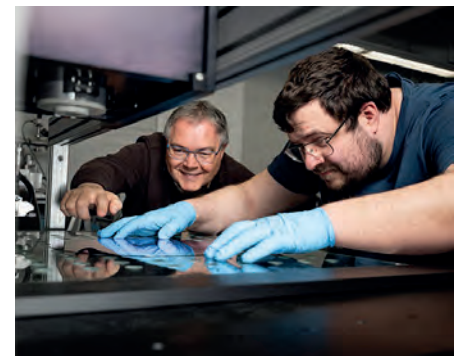
Paul Pavlov, Anton Paar GmbH,
E-Mail: paul.pavlov@anton-paar.com,
www.anton-paar.com
Johannes Maus, ANTAICON GmbH,
E-Mail: j.maus@antaicon.de
➔ **www.antaicon.de**

Präzise Messung für bessere Diamantbeschichtungen

Diamantbeschichtungen gelten als Schlüsseltechnologie für zahlreiche industrielle Anwendungen, von der Leistungselektronik über die Optik bis hin zur Sensorik. Damit diese Hochleistungsbeschichtungen ihr volles Potenzial entfalten können, ist eine gleichmäßige Schichtqualität entscheidend. Forschende am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST haben nun nach Mitteilung des Instituts ein neues Mess- und Auswerteverfahren entwickelt, mit dem sich die optischen Konstanten großflächiger Diamantschichten präzise und effizient bestimmen lassen.

Die Homogenität von polykristallinen Diamantschichten ist ein zentraler Qualitätsfaktor für ihre Funktionalität und Lebensdauer. Besonders bei großformatigen Substraten, etwa bei Siliziumwafern mit Durchmessern bis zu 300 Millimetern, stoßen konventionelle Messmethoden jedoch an ihre Grenzen. Materialinhomogenitäten, Oberflächenrauheiten und komplexe Schichtaufbauten erschweren eine zuverlässige Analyse und machen die Prozesskontrolle aufwändig und zeitintensiv. Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST setzt daher auf einen ganzheitlichen Ansatz und kombiniert verschiedene Messverfahren: Mit spektraler Photometrie wird untersucht, wie stark eine Oberfläche Licht bei unterschiedlichen Wellenlängen reflektiert oder durchlässt. Je nach Material und Schichtdicke verändert sich der spektrale Reflexions- und Transmissionsverlauf. Ergänzend kommt die winkelabhängige Ellipsometrie zum Einsatz. Sie erfasst, wie sich der Zustand polarisierten Lichts nach der Reflexion bei verschiedenen Einfallswinkeln verändert und ermöglicht, wie die spektrale Photometrie, die Bestimmung von Brechungs- und Extinktionskoeffizienten und Schichtdicke. Beide Messverfahren basieren auf unterschiedlichen Messprinzipien und reagieren unterschiedlich empfindlich auf die Schichtparameter. In der Kombination liefern sie daher eine deutlich robustere und genauere Charakterisierung der Schichten. Anstatt die Messungen einzeln auszuwerten, werden sie am Fraunhofer IST mit einem globalen Modellierungsverfahren simultan ana-

lysiert. Die Basis ist ein speziell entwickeltes Mehrschichtmodell, das die polykristalline Diamantschicht inklusive Rauheit realitätsnah abbildet und das bereits bekannte optische Materialdaten enthält. *Durch die gleichzeitige Auswertung aller Messinformationen erreichen wir eine deutlich höhere Genauigkeit als mit klassischen Einzelmessungen und können die optische Dispersion und weitere relevante Schichtparameter präzise bestimmen*, erläutert Dr. Volker Sittering, Abteilungsleiter *Diamantbasierte Systeme* am Fraunhofer IST, das Alleinstellungsmerkmal des neuen simultanen Fit-Verfahrens. Der entscheidende Vorteil dabei: Hat man die Dispersion und alle optischen Daten einmal zuverlässig bestimmt, ist der aufwändigste Teil dieser Analyse erledigt, denn nun muss man nicht mehr an jeder Stelle alle Daten kompliziert neu ermitteln. Eine einfache und schnelle Reflexionsmessung, die auf vielen Messpunkten der gesamten Oberfläche angewendet wird, ist ausreichend, um zum Beispiel die Schichtdicke und die daraus resultierende Uniformität der Beschichtung zu ermitteln. Durch dieses sogenannte Reflexionsmapping können großflächige Diamantbeschichtungen effizient charakterisiert werden. Für Industriekunden bedeutet dies eine erheblich verkürzte Messzeit, eine verbesserte Prozesskontrolle und die Möglichkeit, die Schichthomogenität über große Flächen gezielt zu bewerten und zu optimieren. Am Beispiel von diamantbeschichteten 300-mm-Siliziumwafern konnte gezeigt werden, dass sich durch eine verbesserte Prozessführung



Dr. Volker Sittering (l.), Abteilungsleiter Diamantbasierte Systeme am Fraunhofer IST, überprüft gemeinsam mit einem seiner Kollegen mithilfe des neuen simultanen Fit-Verfahrens ein Messergebnis am Mappingtisch
(© Fraunhofer IST)

die Schwankungen der Schichtdicke deutlich reduzieren lassen. Damit trägt das Verfahren unmittelbar zu einer höheren Produktionsqualität bei und schafft die Grundlage für leistungsfähige und langlebige Diamantbeschichtungen.

Mit dem verwendeten Messansatz bieten wir unseren Partnern eine leistungsfähige Lösung zur Qualitäts- und Prozesskontrolle moderner Diamantschichtsysteme, erklärt Sittering. Das schnelle, robuste und automatisierbare Verfahren unterstütze Unternehmen dabei, Entwicklungs- und Produktionsprozesse zu beschleunigen, Ausschuss zu reduzieren und die Zuverlässigkeit ihrer Produkte nachhaltig zu steigern.

➔ **www.ist.fraunhofer.de**

Fluorfreie Trockenbeschichtung für leistungsfähige Batterien

Fraunhofer IWS und ITRI bündeln Kompetenzen in internationalem Forschungsprojekt

Das Projekt FREDY entwickelt neue Technologien für die Trockenbeschichtung von Batterieelektroden. Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS und das taiwanische Industrial Technology Research Institute (ITRI) bündeln dafür ihre Kompetenzen. Das Team entwickelt nach Mitteilung des Fraunhofer IWS fluorfreie Binder, optimiert Aktivmaterialien mit der Atomic Layer Deposition (ALD) und verbindet Material-, Prozess- und Anlagenentwicklung in einem integrierten Ansatz. Das Fraunhofer IWS finanziert die Arbeiten über das Fraunhofer-Programm ICON, ITRI trägt die Projektanteile aus eigenen Mitteln. Die Partner adressieren Materialhersteller, Anlagenbauer und Zellproduzenten und zielen auf eine industrielle Umsetzung innerhalb weniger Jahre nach Projektende.

Das Fraunhofer IWS treibt die Trockenbeschichtung gezielt voran. Das Projekt *Fluorfreie Binder und optimierte Aktivmaterialien erhöhen die Leistungsfähigkeit und verbessern die Nachhaltigkeit der Zellfertigung (FREDY)* verknüpft erstmals neuartige Binder, modifizierte Aktivmaterialien und industrielle Prozessketten. Ziel ist eine skalierbare Fertigung ohne fluorhaltige Polymere bei gleichzeitig verbesserter elektrochemischer Leistungsfähigkeit. *Wir verknüpfen Materialentwicklung direkt mit Prozess- und Anlagenkonzepten und beschleunigen so den Transfer in industrielle Anwendungen*, sagt Dr. Benjamin Schumm, Abteilungsleiter Partikeltechnik am Fraunhofer IWS.



In dem gemeinsamen ICON-Forschungsprojekt FREDY von Fraunhofer IWS und ITRI liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung neuer Binder und Oberflächenfunktionalisierungen von Aktivmaterialien für verbesserte Trockenbeschichtungen von Batterieelektroden
(© Fraunhofer IWS/Piotr Banczerowski)

Fluorfreie Binder: Alternative zu PTFE

Aktuelle Trockenbeschichtungsverfahren nutzen häufig Binder auf Basis von Polytetrafluorethylen (PTFE), deren Herstellung auf per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) basiert. Diese Stoffgruppe steht im Fokus regulatorischer und ökologischer Diskussionen. Das Projekt FREDY entwickelt fluorfreie Alternativen mit vergleichbarer oder verbesserter Verarbeitbarkeit.

Das Fraunhofer IWS bringt seine Technologie DRYtraec® ein und erweitert sie um neue Materialsysteme. Der Ansatz reduziert den Einsatz von kritischen Stoffen und stärkt die Nachhaltigkeit der Elektrodenfertigung.

Trockenbeschichtung als Schlüsseltechnologie

Die Herstellung von Batterieelektroden zählt zu den energie- und kostenintensivsten Prozessschritten in der Zellproduktion. Konventionelle Nassbeschichtungsverfahren nutzen Lösungsmittel, die aufwendig getrocknet und zurückgewonnen werden müssen. Dieser Prozess erfordert große Anlagen, hohe Temperaturen und einen erheblichen Energieeinsatz.

Die Trockenbeschichtung verzichtet auf diese Lösungsmittel. Sie reduziert den Energiebedarf deutlich und vereinfacht die Prozesskette. Gleichzeitig stellt sie hohe Anforderungen an die eingesetzten Materialien, insbesondere an Binder, Additive und Aktivmaterialien. Diese müssen mechanische Stabilität, elektrische Leitfähigkeit und eine gleichmäßige Schichtbildung auch ohne flüssige Phase gewährleisten. Vor diesem Hintergrund gewinnen neue Materialkonzepte und integrierte Prozessansätze an Bedeutung. Sie entscheiden darüber, ob sich die Trockenbeschichtung in großem Maßstab industriell durchsetzt und zur wirtschaftlichen Herstellung moderner Batteriezellen beiträgt.

Stabilere Aktivmaterialien durch ALD

Parallel optimiert das Projekt die Aktivmaterialien. Das Team nutzt die Atomic-Layer-Deposition-Technologie von ITRI, um definierte Beschichtungen auf Partikeloberflächen aufzubringen. Diese *Core-Shell-Strukturen* erhöhen die elektrochemische Stabilität und verbessern die Leistungsfähigkeit der Zellen.

ITRI bringt seine Expertise in der Entwicklung solcher Partikelsysteme ein und ergänzt die Kompetenzen des Fraunhofer IWS in der Trockenbeschichtung.

Fokus auf industrielle Umsetzung

Das Projekt richtet sich an Materialhersteller, Anlagenbauer und Zellproduzenten. Die enge Verzahnung von Material-, Prozess- und Anlagenentwicklung verkürzt Entwicklungszyklen und erleichtert die Überführung in industrielle Fertigung. Die Zusammenarbeit stärkt zudem die technologische Souveränität im Batteriebereich in Deutschland und Taiwan. Das Projekt läuft von September 2025 bis August 2028.

Über das Industrial Technology Research Institute (ITRI)

Das Industrial Technology Research Institute (ITRI) mit Hauptsitz in Hsinchu, Taiwan, und Vertretungen in den USA, Deutschland, Großbritannien, Japan und Thailand zählt zu den führenden anwendungsorientierten Forschungsorganisationen in Asien. Seit seiner Gründung im Jahr 1973 treibt das Institut den Technologietransfer in die Industrie voran und unterstützt Unternehmen bei der Entwicklung marktfähiger Innovationen.

ITRI arbeitet in strategischen Zukunftsfeldern wie Energie, Halbleitertechnologie, nachhaltige Materialien und intelligente Fertigung. Ein besonderer Fokus liegt auf der schnellen Überführung von Forschungsergebnissen in industrielle Anwendungen sowie auf internationalen Kooperationen.

Kontakt

Dr. rer. nat. Benjamin Schumm, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS,
E-Mail: benjamin.schumm@iws.fraunhofer.de

➔ www.iws.fraunhofer.de

≡ Neue Plasma-Anlagentechnik und Prozessanalytik zur Qualitätskontrolle für plasmabasierte Oberflächentechnologien

Zahlreiche Teilnehmer beim 51. Workshop des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma bei der Plasmatrete GmbH in Steinhagen

Passend zum Veranstaltungsort stand der Workshop unter dem Fokus *Atmosphärendruckplasma für die Industrie: wirtschaftlich – prozessstabil – nachhaltig*. Der Hersteller von Plasmaanlagen, die Plasmatrete GmbH, war die perfekte Basis für den anwendungsbezogenen Austausch zwischen Wissenschaftlern und Anwendern von atmosphärischen Plasmen. Der Workshop wurde von Dr. Kerstin Horn, Innovent e. V., in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Plasma4Production des Kompetenznetzes Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V. organisiert. In Ergänzung zu den Vorträgen und Diskussionen bestand die Möglichkeit zur Teilnahme an einem Workshop sowie einem Unternehmensrundgang und der Führung durch die Fertigung bei Plasmatrete.

Nach wie vor ist das Interesse an der Fragestellung, wie eine Technologie in die Anwendung gebracht werden kann oder warum innovative Technologien nicht genutzt werden, obwohl ihr Mehrwert auf der Hand liegt, groß. Die Industrie hat ihre eigenen Regeln, die hauptsächlich vom Kosten/Nutzen-Verhältnis bestimmt werden. Ein Produkt kann nicht durch seine Innovation überzeugen, wenn der Bedarf nicht geweckt ist. Aussagen wie *das war schon immer so* sind dafür ein typisch konservatives lähmendes Beispiel. Es kostet Überwindung, einen etablierten Prozess durch neue Abläufe zu ersetzen. Für die Durchsetzung von umweltrelevanten nachhaltigen Auflagen müssen Regularien zur Verfügung stehen. Hier sind Entscheidungsträger gefragt, die Innovationen eine Chance geben. Dafür wurden auf dem 51. ak-adp-Workshop die Themen

- Prozessverständnis / Plasmasysteme
- Diagnostik / Prozesskontrolle (robust, System-integrierbar)

intensiv in Präsentationen vorgestellt und diskutiert. Weiterhin wurden mehrere Anwendungsbeispiele für den wirtschaftlichen und nachhaltigen Einsatz der Plasmatechnologie in der Industrie präsentiert. Ein Beispiel, wie durch gezielte Verfahrenskombinationen neue Oberflächeneigenschaften generiert werden können, stellte Oliver Beier von Innovent in seinem Vortrag *Einsatz von Plasmaverfahren zur Erzeugung schwarzer, reflexionsmindernder Oberflächen für Optikanwendungen* vor. Er zeigte zum einen, dass durch den Prozess der Plasmachemischen Oxidation PCO® auf zuvor mittels Plasmaspritzen hergestellten Aluminiumdickschichten hochabsorbierende Oberflächen praktisch auch auf Nicht-Leichtmetallen oder

Kunststoffmaterialien herstellbar sind. Zum anderen demonstrierte er eindrucksvoll, dass durch die Abscheidung dünner CVD-Schichten auf PCO®-Oberflächen die Absorption der Coatings weiter erhöht werden kann. Mit der geplanten Beantragung eines neuen Entwicklungsprojekts sollen die bisher erzielten Ergebnisse einer kommerziellen Verwertung noch besser zugänglich gemacht werden. Tobias Nies von der Neue Materialien Bayreuth GmbH, Team Spritzguss & Faserverbunde, machte in seinem Vortrag deutlich, wie wichtig Prozessparameter und Materialeigenschaften als Einflussgrößen bei der atmosphärischen Oberflächenbehandlung mittels Plasmen von Polypropylen für Polyurethan In-Mold Coating ist. Die Hauptanwendungen der Arbeit des Vortragenden liegen im Automotive-Bereich. Polypropylen hat einen relativ niedrigen CO₂-Fußabdruck und ist preiswert. Deshalb wird untersucht, unter welchen Voraussetzungen dieser Kunststoff für In-Mold Coating eingesetzt werden kann. Das spannende Thema der Plasmabeschichtung von Glasfasern für faserverstärkte Kunststoffe stand im Mittelpunkt der Präsentation von Mariagrazia Troia und Pascal Holste. Nach aktuellem Stand der Technik wird hier eine Schlichte als Haftvermittler auf den Glasfasern eingesetzt, die allerdings selber nur schlecht auf den Glasfasern haftet. In Zusammenarbeit des Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP Stuttgart mit der Plasmatrete GmbH wurden verschiedene Präkursoren und ein Gemisch aus Luft und Stickstoff als Prozessgas für eine Optimierung der Haftung der Schlichte getestet. Nach erfolgreicher Simulation der Plasmaverteilung im Beschichtungsraum wurde die Plasmakammer vor die



Blick ins Plenum

(Bild: Innovent)

OBERFLÄCHEN

Schlichtedüse installiert. Damit können hoch technologisierte Glasfasern wie S-Fasern und Basaltfasern vorbehandelt werden.

Die mittels Plasma funktionalisierbare Materialvielfalt ist sehr groß. Das zeigte ein weiterer Vortrag, bei dem biobasierte Schichten für Papier im Mittelpunkt standen. *From nature – through plasma – to function* ist aktuell das Motto der Projektarbeit von Martin Bellmann an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) in Göttingen. Die bisher bei der Verwendung von Papier als Verpackung oft eingesetzten Polymer-schichten werden durch pflanzliche Öle ersetzt, die mittels Plasmaprozess bei niedriger Plasmaleistung auf der zu imprägnierenden Oberfläche als kleine Tröpfchen abgeschieden werden. Diese Tröpfchen spreiten auf der Oberfläche und bilden eine Schicht. Beschichtungen mit Leinöl und Chiaöl auf Glas zeigten sehr gute mechanische und imprägnierende Eigenschaften. Diese Ergebnisse werden jetzt auf Papier übertragen.

Ein spezielles Beispiel für technische Herausforderungen in Bezug auf Nachhaltigkeit wurde im Vortrag von Christoph Regula vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, thematisiert. Er greift mit dem Thema *Von Polymeren zu Rezyklaten: Atmosphärendruck-Plasmabehandlung als ein Joker in der Kreislaufwirtschaft* aktuelle Probleme der

Wirtschaft im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit von *frischen* Polymermaterialien im Gegensatz zu Rezyklaten auf, in denen sich im Laufe mehrerer Rezyklatengenerationen Additive summieren. Hierbei stellt sich die Frage, ob die Materialien dann noch genauso bearbeitet und eingesetzt werden können. Wichtiges Ergebnis: Rezyklate können im selben Maße mit Plasma behandelt werden wie Originalware. Eine plasmapolymere Beschichtung ermöglicht die Homogenisierung der Oberfläche bei Inhomogenitäten.

Im Rahmen des ak-adp Talk nutzten Pascal Vieth von der Chemetall GmbH, Frankfurt am Main, Moritz Hauf von der Schott Mainz AG sowie Stefan Wrehde von der BSH Hausgeräte GmbH die Gelegenheit, konkrete Industrieprozesse zu diskutieren. Bei Chemetall wurden klassische Vorbehandlungsprozesse durch eine Plasmavorbereitung ersetzt. Positive Faktoren hierbei waren der stabile Prozess mit wenigen Parametern, Einsparung von Chemikalien, Wirtschaftlichkeit durch hohe Geschwindigkeit und die mögliche Zertifizierung. Bei der Schott AG stellt der energieintensive Glasschmelzprozess einen hohen Kostenfaktor dar. Hier wird überlegt, ob Plasmabrenner mit speziellen Brenngasen eingesetzt werden. Das würde einen neuen Markt für die Hersteller von Plasmaquellen erschließen. Bei der BSH Hausgeräte GmbH wird seit einigen Jahren erfolgreich



Stadtführung in Bielefeld (Bild: Innovent)

mit Atmosphärendruckplasmen gearbeitet. Hier wurde die Erfahrung gemacht, dass zuerst eine Hemmschwelle für die Nutzung der Plasmatechnologie überwunden werden muss. Plasma ist immer Teil einer komplexen Prozesskette und Adhäsion ist die Black Box. Wichtig sind in jedem Prozess die Schnittstellen zu vor- und nachgelagerten Prozessen sowie eine systematische Wartung des gesamten Prozesses.

Eine Führung in verschiedene Entwicklungs- und Fertigungsbereiche bei Plasmatrete, ein geführter Stadtrundgang durch Bielefeld und der gemeinsame Stammtisch rundeten den Workshop ab und boten zugleich die Möglichkeit für Austausch, Kommunikation und Kontaktpflege.

Weitere Aktivitäten des Arbeitskreises

52. Workshop: 25.-26.11.2026 in Leipzig mit Schwerpunktthema *Plasma4Water*; Programm-Flyer und Online-Anmeldung: www.ak-adp.de

Wettbewerb #ZukunftADP: neue Ausschreibung für 2027 mit Einreichungsfrist 31.1.2027; Einreichung von eigenem Beitrag oder Sponsoring des Wettbewerb oder Mitarbeit in der Jury ist möglich; Informationen unter: www.ak-adp.de

Wer mit atmosphärischen Plasmen arbeitet und einen aktiven Beitrag zu einem der nächsten ak-adp-Workshops leisten möchte, kann sich gerne melden unter der E-Mail-Adresse: info@ak-adp.de

➔ www.ak-adp.de



Teilnehmer des Workshops bei Plasmatrete

(Bild: Innovent)

Süddeutsches Zentrum für Galvano- und Oberflächentechnik im Blick

Ein renommiertes Unternehmen für die nasschemische Industrie und eine wichtige Einrichtung für die Aus- und Weiterbildung, unter anderem im Bereich Galvanotechnik, öffneten für die DGO-Bezirksgruppe Stuttgart und deren Interessenten ihre Türen und gaben Einblicke in ihre Arbeit. Am 21. Mai stand der Besuch bei der Renner GmbH auf dem Programm und am 16. Juli erhielt die Bezirksgruppe die Möglichkeit, sich über die Aus- und Weiterbildung an der Goldschmiede- und Uhrmacherschule in Pforzheim zu informieren.

Besuch bei der Renner GmbH

In vielen Fertigungsbereichen stellen Wasser oder wässrige Medien erforderliche Produktions- und Hilfsmaterialien dar. Für dessen Nutzung sind in der Regel Pumpen und Filter unverzichtbare Geräte. Mit deren Herstellung in allen Größen und Ausstattungen befasst sich die Renner GmbH mit Sitz in Maulbronn-Schmie, etwa 20 Kilometer nördlich von Pforzheim, seit 1981. Mit seinen Produkten zählt das Unternehmen zu den wichtigen Lieferanten von Pumpen und Filtersystemen für die Galvanotechnik. Mehr als 20 interessierte Fachleute aus dem Bereich der Galvano- und Oberflächentechnik nutzten deshalb im Mai die Gelegenheit, einen Einblick in die umfangreichen Abläufe zur Entwicklung und Herstellung von Pumpen und Filtern direkt von den Eigentümern, den Kindern des Unternehmensgründers, zu bekommen.

Auf dem Programm der Abendveranstaltung standen ein Vortrag von Klaus Schmid, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, zur Planung von Galvanikanlagen und von Dr. Martin Renner über die Herausforderung zur Herstellung von hochwertigen Pumpen und Filtersystemen.

Planung von Galvanikanlagen

Klaus Schmid, der über jahrelange Erfahrungen auf dem Gebiet der Anlagenplanung verfügt, betonte einleitend, dass es sich bei den zu erstellenden Anlagen häufig um Unikate handelt. Deshalb treten hier die unterschiedlichsten Schwierigkeiten auf, da Galvanikanlagen und deren Planung aufgrund der verschiedensten Anforderungen und ihrer langen Nutzungsdauer für viele Anwender immer wieder neu konzipiert werden müssen. Bauteileart und Stückzahlen, unterschiedliche Verfahrenstechnologien der galvanischen Abscheidung oder auch die Art der Prozessabläufe und die Vorgehensweise zur Behandlung der zu beschichtenden Bauteile stellen verschiedenste Anforderungen an die Anlagen. Darüber hinaus spielen ergänzende Prozesse wie Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung, Abluftreinigung oder auch die Einsparung von Energie eine Rolle. Aus allen

diesen Aspekten und Bedürfnissen wird ein Lastenheft erarbeitet, das dann für den Anlagenbauer und dessen Sublieferanten die Arbeitsabfolge festlegt.

In die Planungen fließt Basiswissen aus physikalischen Grundlagen wie Energiehandling, Luftführung, Hydrodynamik, chemische Aggressivität, Beständigkeit oder elektrochemische Funktionen ein. Unterstützung bei den Planungen und Arbeiten bietet zum Beispiel die VDI/VDE-Richtlinie 3694. Für die Planung und Anlagenrealisierung ist oft der Spagat vom komplexen Alleskönner bis zur kostengünstigen Realisierung zu bewältigen. Nicht unerheblich sind hierbei auch die kaufmännischen Erwartungen über einen zukünftigen zu erwartenden Absatz; eine Forderung, die insbesondere für Lohnbeschichter außerordentlich schwer zu erfüllen ist.

Während der Anlagenplanung ist neben den technischen Details auch der bürokratische Schwerpunkt der Genehmigung seitens der Behörden zu berücksichtigen. Für die umfangreichen Vorarbeiten – bevor mit dem Bau der Anlagen begonnen werden kann – sollten nach Ansicht von Klaus Schmid etwa zehn Prozent der gesamten Investitionssumme veranschlagt werden.

Zu den wenigen festen und wiederkehrenden Segmenten einer galvanischen Anlage zählen die zwingende Kombination aus Abscheidungsposition und nachfolgenden Spülstufen. Daraus ergibt sich eine gewisse Anlagenlänge. Diese wird ergänzt durch die notwendigen Aggregate wie Pumpen/Filter, Heizung und Stromversorgung. Vorteilhaft bei Galvanikanlagen ist deren lange Lebensdauer, durch die sich langfristige Kostenbetrachtungen positiver gestalten lassen. Ein hoher Automatisierungsgrad, der primär in die Planung einfließt, hilft, hohe Personalkosten beim Betrieb einzudämmen und muss dementsprechend auch markant in die Planung einfließen.

Pumpen von Renner

Dr. Martin Renner, einer der vier Geschäftsführer und Gesellschafter der Renner GmbH, stellte das Unternehmen und dessen Produkte vor. Seit 1981 produziert Renner am Standort Maulbronn Produkte für die Umwälzung und Filtration von nasschemischen Prozessen. Anfänglich wurden die Pumpen und Filter aus dem Hause Renner noch über das Handelsunternehmen *Sondermann* vertrieben. Hierbei bestand jedoch eine zu große Distanz zwischen den jeweiligen Anforderungen der Kunden und deren Realisierung bei Renner. Um diese Diskrepanz zu vermeiden, werden die Produkte seit etwa zehn Jahren unter der Marke *Renner* entwickelt, gefertigt und vertrieben. Dr. Renner betonte, dass eine frühzeitige und intensive Kommunikation mit dem Endnutzer unabdingbar ist, um die individuellen Kundenanforderungen entsprechend erfüllen zu können. Im Laufe der Zeit zeigte sich auch, dass die Digitalisierung der Prozesse im Unternehmen zu einer Steigerung der Effizienz deutlich beiträgt. Für den Nutzer der Pumpen ergibt sich dadurch ein hoher Wirkungsgrad bei deren Einsatz. Darüber hinaus legt Renner Wert auf einen bestmöglichen Service für den Kunden.

Zu den Schwerpunkten bei der Entwicklung und Fertigung von Pumpen zählen die Maximierung der Ökonomie und Energieeffizienz der Geräte. Dazu werden analytische Methoden ebenso genutzt wie Simulationen und Verifizierungen durch geeignete Testverfahren.



DGO-Bezirksgruppe bei der Renner GmbH in Maulbronn-Schmie

OBERFLÄCHEN

ren. Sowohl bei den Flüssigkeitsströmungen in der Pumpe als auch in den Filtermedien werden modernste Simulationstechniken eingesetzt. Ergänzt werden die realen Messverfahren durch Rückmeldung der Erfahrungen beim Kunden.

Besonders aufwändig, aber erforderlich, ist die Abstimmung der Filterwirkungsgrade bei geringem Leistungsbedarf durch eine korrekte Auslegung der Rohrleitungen, Pumpenabmessungen und den Kennwerten des zu reinigenden Mediums. Durch Optimierungen von Querschnitten bei Rohrleitungen ist es häufig möglich, dass kleinere Pumpen die selben Strömungsmengen realisieren können und damit helfen, Energie in deutlichem Umfang einzusparen. Dies gilt im Übrigen auch dadurch, dass beispielsweise größere Rohrquerschnitte auch höhere Investitionskosten bedeuten.

Im Anschluss an die Vorträge erhielten die Teilnehmer einen Einblick in die sehr beeindruckenden Phasen zur Entwicklung und Fertigung der Pumpen und Filter. Beeindruckend ist einerseits die außerordentlich hohe Fertigungstiefe, da der größte Teil der Elemente zur Herstellung der Pumpen und Filter im eigenen Hause gefertigt wird. Ebenso beeindruckend ist aber auch die große Zahl an vorhandenen Teilen zur schnellen Realisierung von nahezu allen denkbaren Kundenwünschen – eine hochmoderne Lager- und Fertigungstechnologie macht dies möglich. Zum Abschluss der knapp zweistündigen Führung durch die Fertigungsstätten konnten sich die Teilnehmer bei einem opulenten Stehimbiss in einem Ausstellungsraum der Renner GmbH stärken und den interessanten Abend ausklingen lassen – dafür bedanken sich die Leitung der DGO-BG sowie alle Teilnehmer.

Goldschmiede- mit Uhrmacherschule Pforzheim

Pforzheim ist nach wie vor als Zentrum für die Schmuck- und Uhrenindustrie bekannt. Um diesen Status zu halten, wird in Pforzheim großer Wert auf die Aus- und Weiterbildung in diesen Bereichen gelegt. Erstmals bekam die DGO-Bezirksgruppe Stuttgart die Möglichkeit, sich über die bestehenden Ausbildungseinrichtungen in Pforzheim zu informieren.

Der Vorsitzende der DGO-Bezirksgruppe Axel Baus zeigte sich sehr erfreut darüber, dass 15 Teilnehmer dieses Angebot am 16. Juli wahrgenommen haben. Auf dem Programm standen neben der Besichtigung der Einrich-

tungen für die Aus- und Weiterbildung ein Vortrag von Dr. Michael Kiefer über die Schule in Pforzheim und von Alexander Spörrer über eine innovative Anlagentechnik zur neuartigen, selektiven Beschichtung von Einzelbauteilen.

Galvanotechnik im Wandel

Die Anfänge der Schule reichen zurück in die Zeit von 1768 bis 1834, wie Dr. Michael Kiefer, Rektor der Goldschmiede- mit Uhrmacherschule, einfürend betonte. Initiiert durch den Markgrafen Karl Friedrich von Baden wurde festgelegt, dass der Raum Pforzheim Schwerpunkt für Goldschmiede und Uhrmacher werden soll, primär mit der Verarbeitung von Edelmetallen. Dazu wurden die geeigneten Fachleute nach Pforzheim geholt. Die Ausbildung dieser Fachleute erfolgte unter anderem durch Sonntagsschulen, da die Lehrlinge während der Woche in ihren Betrieben zu arbeiten hatten. Diese Sonntagsschulen waren der Ursprung der Berufsschulen. In Folge dieser positiven Aktivitäten wuchs die Zahl der Betriebe rasch an. Ab etwa 1835 erhielt die Schule einen festen Rahmen mit Plänen für die Berufsbildung und wurde als staatliche Schule betrieben.

Ergänzend kam 1853 die IHK hinzu, die mit neu gegründeten Industriebanken eine intensive Zusammenarbeit pflegte und so die heimische Industrie mit der notwendigen Ausbildung förderte. Dadurch konnte auch die wichtige Infrastruktur wie Wasser- und Stromversorgung aufgebaut werden. In die Mitte des 19. Jahrhundert fielen auch die ersten Ausbildungsgänge mit Schwerpunkt in Richtung Oberflächentechnik. Darüber hinaus entstanden in Pforzheim aus der Edelmetallverarbeitung heraus Unternehmen für das Recycling von Edelmetallen, die sogenannten Scheideanstalten.

Ende des 19. Jahrhunderts verzeichnete die Schule bereits mehr als 1000 Schüler. Seit 1905 gibt es die Goldschmiedeschule als eigene Institution. Bereits zu dieser Zeit konnte die Schule theoretische und praktische Ausbildung kombiniert anbieten. Nach dem Ersten Weltkrieg wurde der Beruf des Galvaniseurs offiziell von der Schule verzeichnet und seit 1920/21 besteht die Möglichkeit, die Ausbildung in Vollzeit zu absolvieren. Seit 1966 wird die Goldschmiedeschule nach den Kriegereignissen wieder als eigenständige Einrichtung geführt.

Bei diesen Ausbildungsbereichen war die Galvanotechnik allerdings nur rudimentär vorhanden. Seit dem Jahr 2018 verfügt die

Schule über ein Galvaniklabor, das für die Meisterausbildung Galvaniseur mitgenutzt wird. Und seit 2019 ist die Fachschule für Technik, Fachrichtung Galvanotechnik, an die Goldschmiedeschule angesiedelt und kann seit kurzem auch auf eine Kleingalvanikanlage mit Behältern im Bereich von einigen zehn Litern zurückgreifen, mit denen für den Edelmetallbereich alle wichtigen Abscheidungen durchgeführt werden können.

Heute werden an der Schule sowohl Galvanotechniker als auch Meister für das Galvaniseur-Handwerk ausgebildet. Der Unterricht findet in Teilzeit mit Ergänzung durch Selbstlernen statt, unter anderem mit E-Learning. Um den Ausbildungsgrad des staatlich geprüften Technikers zu erreichen, ist ein Teilzeitunterricht über vier Jahre notwendig. Die Schüler kommen derzeit bevorzugt aus den Betrieben im Großraum Pforzheim.

Anlagentechnik für hochqualitative Beschichtung in Deutschland

Alexander Spörrer von der Atotech Deutschland stellte eine Anlage zur galvanischen Metallabscheidung vor, die als Zusammenarbeit von UF Automation, Quarder-MWG sowie mks/Atotech realisiert wurde. Das produzierende Unternehmen MWG ist als Zulieferer der Automobilindustrie primär auf dem Gebiet der Aluminiumoberflächentechnik und Lackierung tätig. Das Unternehmen hatte im Zuge der Erweiterung der Lieferfähigkeit den Wunsch, Metallbauteile für elektrotechnische Anwendungen in Elektrofahrzeugen zu galvanisieren. UF Automation wurde hierfür als Ersteller der Anlage und mks/Atotech als Lieferant für die Galvaniksysteme aktiv.

Für Elektrofahrzeuge sind vor allem Steckverbindungen oder Leitungssegmente erforderlich. Zur Sicherung der Lieferfähigkeit hat sich Quarder-MWG nach Lieferengpässen infolge der Coronapandemie dazu entschlossen, die Produktion nach Deutschland zu verlagern. Mit der neu zu erstellenden Anlage war die Forderung verbunden, Metalle auf Kleinteile für die Kontaktierung und Zulassung partiell abzuschneiden. Als Beschichtungsmetalle dienen hierfür Glanzzinn, Nickel, Silber und Anlaufschutz für Silber. Bei den zu beschichtenden Teilen handelt es sich um Bandmaterial, das endseitig mit Silber zu beschichten ist. Die Fertigung in Form von Bandmaterial hat hier allerdings den entscheidenden Nachteil eines hohen Edelmetallverbrauchs. In diesem Hinblick ist die Beschichtung nach Vereinzelung von Vorteil. Liegen die Teile vereinzelt vor, müssen die

Galvanikanlagen für dekorative und funktionelle Oberflächen.



Besichtigung der Schulgalvanik in Pforzheim

Anforderungen durch Anwendung der Gestelltechnik erfüllt werden, für die eine spezialisierte Technik erforderlich ist. Zudem war es der Wunsch des Auftraggebers, für die Realisierung zumindest zu großen Anteilen moderne Robotertechnologie einzusetzen.

Für diese Herausforderung wurde eine spezielle Art der Beschichtungszelle entwickelt; sie ist mit austauschbaren Zellsystemen und neuartigen Drehgestellen ausgestattet, die es erlauben, die beiden Enden der Kontaktschiene mit unterschiedlichen Metallen zu beschichten, ohne auf sonst übliche Abdecktechniken oder aufwändiges Umrüsten zurückzugreifen. Realisiert wurde zudem eine Prozessverfolgungstechnik, mit der jedes Gestell mit den jeweiligen Bearbeitungsparametern protokolliert werden kann.

Die entstandene Anlage ist seit Anfang 2023 in Betrieb. In der Startphase der Produktion wurden Anpassungen an das Handling und die Beschichtungssysteme auf die geforderten hohen Stückzahlen vorgenommen. Mit zu den wichtigsten Anpassungsarbeiten zählten darüber hinaus die Optimierung der erforderlichen Elektrolyte für die Beschichtung sowie die Optimierung der Reinigungsprozesse. Seit Oktober 2024 läuft die Serienproduktion mit der neuen Anlage. Die realisierte hocheffektive Anlage bei Quarder-MWG zeigt, dass eine wettbewerbsfähige Beschichtung in Deutschland möglich ist. Mit Anlagen dieser Art kann auch in Zukunft die galvanische Beschichtung konkurrenzfähig erfolgen und die Ausbildung zu Fachkräften der Galvanotechnik kann ihren Stellenwert in der Industrie erhalten.

Führung durch die Schule

Besonderes Interesse hatten die Teilnehmer aus dem Kreis der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik natürlich an der Galvanikanlage. Die von Walter Lemmen erstellte Anlage erlaubt sowohl jungen Fachkräften für die Schmuckherstellung als auch Nachwuchstechnikern, alle wichtigen Beschichtungen in der Schule durchzuführen, wie die zahlreichen Exponate der Auszubildenden erkennen lassen. Mit Dr. Stefanie Kißling oder Alexander Spörrer hat die Schule ausgewiesene Fachkräfte mit langjährigen Fachkenntnissen in der Praxis, die mit den bestehenden Einrichtungen die optimalen Voraussetzungen haben, um die notwendigen Fachkenntnisse für Handwerk und Industrie zu vermitteln. Interessant waren aber auch die gut ausgestatteten Werkstätten für die Verarbeitung von Metallen zu Schmuck, hochwertigen Gebrauchsgegenständen aus Metall oder Edelsteinen. Auch für diese interessante und informative Führung bedankt sich die DGO-Bezirksgruppe bei den Verantwortlichen der Schule und den Vortragenden.



Gestellanlagen
Trommelanlagen
Tischgalvanikanlagen
Einzelwannen
Ionenaustauscheranlagen



KARLSRUHE
16.-18.9.2026

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Wir stellen aus
Stand Nr.:

18

www.walterlemmen.de

THE
SURFACE
EXPERTS

Galvanikanlagenbau
für perfekte Oberflächen

f in @
@walterlemmengmbh

Walter Lemmen GmbH
Birkenstraße 13
97892 Kreuzwertheim
Tel.: +49 (0) 9342 240 977 - 0
info@walterlemmen.de

Leiterplattentechnik
Galvanotechnik
Medizintechnik
Wafer Technik
Automatisierung
Filtertechnik
Apparatebau

≡ Klasse statt Masse – Techniker überzeugen durch Engagement und Qualität

Verabschiedung der Absolventinnen und Absolventen für Galvanotechnik in Schwäbisch Gmünd

Am 10. Juli fand am Beruflichen Schulzentrum Schwäbisch Gmünd die Verabschiedung und Zeugnisübergabe der frischgebackenen staatlich geprüften Technikerinnen und Techniker für die Fachrichtung Galvanotechnik statt. Abteilungsleiterin Dr. Christa Hannak zeigte sich sehr erfreut darüber, dass Familienangehörige, Freunde und Kollegen aus der Industrie an der Feier teilnahmen. In Vertretung der Schulleiterin Sabine Fath sprach deren Stellvertreter Andrée Kedves den Absolventen seine Glückwünsche für das erreichte Ziel aus, verbunden mit der Versicherung, dass die Industrie auf deren Kompetenz angewiesen ist und sie mit offenen Armen aufnehmen wird. Durch die Veranstaltung führte aus dem Kreis der Absolventen Till Feuchter.

Wie in den vergangenen Jahren unterstützte der Förderverein *Galvanicus*, vertreten durch die Vorstandsmitglieder Robert Rohn und Christian Kurrle, die Abschlussfeier persönlich, durch Sponsoring und Vergabe von Preisen. Robert Rohn verglich die Ausbildung mit dem Ablauf eines Beschichtungsvorgangs: Die neuen Techniker haben mit der Ausbildung die Vorbehandlung eines Gesamtprozesses absolviert. Während bei einer Beschichtung die Zusatzstoffe den Glanz im Beschichtungsprozess liefern, übernehmen dies in der lokalen Arbeitswelt eines Beschichtungsunternehmens die Fachleute, die den Glanz der Produktion ausmachen können und sollten.

Paul Rienecker als ehemaliger Absolvent bestätigte, dass die Ausbildung ein wichtiger Schritt in eine erfolgreiche Zukunft darstellt. Er betonte, dass den Absolventen eine große Zahl unterschiedlicher Betätigungsfelder von Produktion über Entwicklung bis hin zu Vertrieb offen steht. Zugleich sind die Absolventen aber auch aufgefordert, das negative Bild der Galvanotechnik durch ihre Arbeit zu verbessern.

Die Absolventen Alexander Baldauf, Michael Ferahyan und Carlo Gessler stellten ihre bei der Dr.-Ing. Max Schlötter durchgeführte Technikerarbeit zu Silber-Dispersionsabscheidung vor. Durch die fortschreitende Entwicklung bei der Schnellladung von Elektrofahrzeugen besteht immer mehr Bedarf an dieser



Der Techniker-Jahrgang 2026 mit Lehrern der Technikerschule Schwäbisch Gmünd

Art der Silberabscheidung. Um die geforderte Ladeleistung bei geringer Verlustleistung möglich zu machen, spielen die Kontakte der Ladestecker und deren Eigenschaften in Bezug auf Übergangswiderstand, Verschleiß und Korrosionsbeständigkeit eine wichtige Rolle. Zu diesem Zweck müssen die bislang vorliegenden Dispersionsabscheidungen weiter verbessert werden.

Untersucht wurde der Einbau von Graphit und PTFE in die Silberschicht. Graphit liegt für diese Anwendung als Flakes und in Kugelform vor. Die Schichten wurden auf Kupfersubstrate abgeschieden, einmal auf einfache Bleche zur Charakterisierung der Schicht und auf Reibkörper zur Bestimmung der Reibkräfte und des Abriebs. Für die Bestimmung der Schichteigenschaften wurde mit unterschiedlichen Gehalten an Partikeln im Elektrolyten gearbeitet; die Charakterisierung erfolgte mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und Schliff. Der Verschleiß wurde mittels Weco-X-Tribometrie ermittelt, bei dem eine translatorische, zyklische Belastung bis zu den erforderlichen 10.000 Bewegungen aufgebracht wird. Das Aussehen der Schicht wurde mittels 3D-Laserscanning-Mikroskop bestimmt.

Die besten Ergebnisse wurden mit einem Gehalt von etwa 100 g/L an Graphit im Elektrolyten erzielt; höhere Werte beeinträchtigen die mechanischen Eigenschaften der Silberschicht. Für diese Schichten wird über die ge-

samte Messdauer annähernd der selbe Reibwert gemessen. Insbesondere bei geringen Werten zeigt sich ein höherer Reibwert ab einer bestimmten Zyklenzahl mit vollständiger Freilegung des Grundmaterials bei deutlich unter 10.000 Zyklen. Die Ergebnisse sind bei Graphit als Flake und als Kugeln ähnlich. Der elektrische Widerstand ist bei beiden Formen des Graphits gleich und bei PTFE erwartungsgemäß höher. Für beide Formen der Partikel ist es möglich, eine optimale Zusammensetzung der Schicht zur Erreichung der geforderten 10.000 Zyklen zu erlangen. Gute tribologische Eigenschaften sind für die Einbettung von PTFE-Kugeln mit etwa 250 nm Durchmesser zu erwarten.

Weitere Untersuchungen richten sich auf die Übertragbarkeit der Beschichtungstechnik in die Praxis der Band- und Trommelbeschichtung, die Erhöhung der Zyklenzahl oder auch die Erweiterung der Beschichtung auf beide Reibpartner.

Die Klassenlehrer Birka Schunter und Volker Rogoll überreichten die begehrten Abschlusszeugnisse, Preise und Belobigungen an die Absolventen. Für den Förderverein Galvanicus konnten Robert Rohn und Christian Kurrle Preise an Alexander Baldauf, Elena Feil und Carlo Gessler.

Wie Volker Rogoll betonte, ist die Anzahl der Technikerabsolventen in diesem Jahr mit neun Absolventen leider gering – dafür liegt der Notendurchschnitt mit 1,8 bewundernswert

hoch. Es kann also durchaus von einem wichtigen Signal zu noch mehr Klasse und Qualität der Techniker Ausbildung gesprochen werden. In einem unterhaltsamen Rückblick auf die zwei Jahre Techniker Ausbildung betonte Volker Rogoll unter anderem die Rolle der Galvano- und Oberflächentechnik, der nun wieder neue Fachkräfte zur Verfügung stehen. Er versprach den neuen Technikern, dass sie bei einem Notendurchschnitt von 1,8 bestens für die harte Praxis vorbereitet sind. Auch wenn die derzeitige Situation unverkennbar große Herausforderungen bereitet, sollten sich die Absolventen mit Engagement und Energie an der Entwicklung der benötigten Lösungen beteiligen. Die Welt werde sich weiter und in

hohem Tempo wandeln und sie sollten sich davon nicht abschrecken lassen. Von diesem Wandel ist auch die Galvanotechnik betroffen, erkennbar an der zunehmenden Komplexität der Verfahren, Prozesse und Anwendungen. Hier sind die Technikerabsolventen aufgerufen, sich mit ihrem Wissen zu beteiligen, auch wenn es sich um tiefgreifende oder unerwartete Wendungen handeln sollte. Alexander Baldauf blickte auf unterhaltsame Weise auf die Ausbildung zurück und dankte im Namen der Absolventen für das vermittelte Wissen und die Erkenntnis, dass die Branche als Schlüsselindustrie unverzichtbar ist und auch bleiben wird. Hilfreich für alle Absolventen war die tolle Unterstützung durch

die Lehrerschaft und der gute Zusammenhalt sowie die gegenseitige Unterstützung. Abschließend versicherte Baldauf, dass alle Absolventen sich der Verantwortung bewusst sind, für den Bestand und Erfolg der Galvanotechnik aktiv zu sein.

Ihr Engagement stellten die Absolventinnen und Absolventen nicht zuletzt dadurch unter Beweis, dass sie nicht nur ihren eigenen Abschluss perfekt organisiert hatten, sondern auch kurzweilig durch die Veranstaltung führten; eine Klaviereinlage durch Manour Badawi sowie die Überreichung von Präsenten an die Lehrerschaft rundeten die gelungene Abschlussfeier ab.

Clever & Hard – 42. Karl-Kessler-Preis für Jan Bolsinger

Die Fräsmaschine läuft auf Hochtouren, Metallspäne fliegen – kommt es plötzlich zu einem Stillstand, wird es sofort teuer. Denn jeder Produktionsstopp kostet Geld. In vielen Betrieben werden deshalb Werkzeuge vorsorglich ausgetauscht, lange bevor ihre Hightech-Beschichtung tatsächlich am Ende ist. Aus Sicherheitsgründen bleibt eine dicke Restschicht ungenutzt, wertvolle Ressourcen werden verschwendet. Genau hier setzt die Masterarbeit *Clever & Hard* von Jan Bolsinger an: Der Absolvent der Hochschule Aalen hat eine intelligente Oberfläche entwickelt, die im entscheidenden Moment selbst signalisiert, dass die Beschichtung versagt – und den Bearbeitungsprozess rechtzeitig stoppt, berichtet die Hochschule Aalen. Dafür wurde der 25-Jährige jetzt mit dem 42. Karl-Kessler-Preis ausgezeichnet.

Für exzellente Abschlussarbeiten an der Hochschule Aalen vergibt die Maschinenfabrik Alfing Kessler (MAFA) jedes Jahr den Karl-Kessler-Preis, der an den Firmengründer des Alfing-Kessler-Werks erinnert. Unser Gründer war ein großartiger Erfinder. Ein richtiger, Daniel Düsentrieb, der maßgeblich die industrielle Produktion von Kurbelwellen vorangetrieben hat, sagte MAFA-Geschäftsführer Konrad Grimm in seiner Begrüßung zur feierlichen Preisverleihung. Das Thema Werkzeuge

sie spielen für MAFA eine ganz wichtige Rolle, und die Masterarbeit von Jan Bolsinger habe daher auch einen elementaren Bezug zur MAFA. Als ich die Arbeit gelesen habe, dachte ich, wow, was für ein tolles Thema mit einem ganz neuen Ansatz! Die Jury-Entscheidung sei einstimmig gefallen, Jan Bolsinger sei ein würdiger Preisträger.

In seiner Masterarbeit mit dem Titel *Clever & Hard* beschäftigte sich Jan Bolsinger mit einem hochrelevanten Problem aus der industriellen Praxis: Werkzeuge werden häufig ausgetauscht, obwohl die Beschichtung noch funktionsfähig ist. Grund dafür ist, dass zur Sicherheit eine erhebliche Restschichtdicke als Toleranz eingesetzt wird – mit entsprechenden Kosten- und Umweltauswirkungen. Ziel der Abschlussarbeit war die Entwicklung einer intelligenten Werkzeugoberfläche, die beim Versagen der Beschichtung ein eindeutig detektierbares Signal erzeugt. Bolsinger setzt dabei auf ein zweistufiges Funktions-

riellen Praxis: Werkzeuge werden häufig ausgetauscht, obwohl die Beschichtung noch funktionsfähig ist. Grund dafür ist, dass zur Sicherheit eine erhebliche Restschichtdicke als Toleranz eingesetzt wird – mit entsprechenden Kosten- und Umweltauswirkungen. Ziel der Abschlussarbeit war die Entwicklung einer intelligenten Werkzeugoberfläche, die beim Versagen der Beschichtung ein eindeutig detektierbares Signal erzeugt. Bolsinger setzt dabei auf ein zweistufiges Funktions-

BRW
CHEMIE

SEIT 2020 MIT EINEM NEUEN TEAM
UND EINER STARKEN GRUPPE
DAHINTER.

WIR LEBEN OBERFLÄCHENTECHNIK

- + **Metarox** – Entfettung
- + **Avant / Amex Elcid** – saure Zinksysteme
- + **Royal** – cyanidische Zinksysteme
- + **Nickofan** – Nickelsysteme
- + **Cobre/Cuprofan** – cyanidische und alkalisch cyanfreie Kupfersysteme
- + **Colorchrom** – Passivierungen
- + **MetaStrip** – Beizentfetter und Entmetallisierungen
- + **Cynex** – alkalische Zinksysteme
- + **Quimi** – chemische Nickelsysteme
- + **Cuprocid** – saure Kupfersysteme
- + **RSI-Produktreihe** – Produktlösungen für Eloxalbetriebe
- + **Avant Guard** – Top Coats
- + **Metallfärbungen**
- + **Zink-Nickel Verfahren**
- + **Weißbronze**
- + **Mechanische Verzinkung** – Produktlösungen und Anlagenbau



Große Freude bei der Verleihung des 42. Karl-Kessler-Preises (v. l. n. r.): Manfred Grimminger, Peter Raubacher, Prof. Dr. Joachim Albrecht, Preisträger Jan Bolsinger, Prof. Dr. Markus Merkel, Konrad Grimm, Prof. Dr. Volker Knoblauch und Peter-Hermann Fischer

(Bild: Hochschule Aalen / Saskia Stüven-Kazi)

prinzip: Versagt die Beschichtung und es kommt zur Schichtdelamination – also einer Ablösung der Beschichtung vom Grundmaterial – wird ein Festschmierstoff freigesetzt. Dieser sorgt dafür, dass der Reibkoeffizient bis zu 75 Prozent sinkt und der Bearbeitungsprozess automatisch gestoppt wird. So wird das Bauteil geschützt und ein weiterer Betrieb des verschlissenen Werkzeugs zuverlässig verhindert.

Abhängigkeiten abbauen und Lebensdauer verlängern

Die technische Innovation bringt große finanzielle und ökologische Vorteile mit sich. Denn die Herstellung und Verarbeitung von Hartmetallen aus Wolframcarbid und Kobalt – einem besonders harten und verschleißfesten Werkzeugstoff – ist energie- und emissionsintensiv. Zudem ist die Preisentwicklung von Wolfram extrem angestiegen und die Abhängigkeit von China immens. Jede Standzeitverlängerung ist daher wirtschaftlich und ökologisch relevant, betont der frischgebackene Karl-Kessler-Preisträger. Wir sollten in Deutschland ein großes Interesse daran haben, dass wir Werkzeuge länger nutzen können.

Inzwischen habe es schon viele Gespräche mit Firmen gegeben, die alle von dem innovativen Ansatz begeistert seien, sagt Bolsinger nicht ohne Stolz. Die Masterarbeit bilde nun tatsächlich die echte Grundlage für eine Projektförderung, um Clever & Hard Realität werden zu lassen, freut sich auch Prof. Dr. Joachim Albrecht, der die Arbeit an der Hochschule Aalen betreut hat. In seiner kurzweiligen Laudatio mit Anlehnung an Schillers *Glocke* (*Fest verbunden in den Händen wird die Schicht auf Stahl gebrannt. Heute muss das Werkzeug werden! Frisch, Gesellen, seid zur Hand!*) lobte der Leiter des Forschungsinstituts für Innovative Oberflächen (FINO) den Preisträger, der sich auch durch Rückschläge nie beirren ließ und mit großer Passion an dieser schlaun Oberfläche geforscht habe. Jan Bolsinger braucht eine ganze Menge Arbeit, damit ihm nicht langweilig wird, sagte Albrecht mit einem Schmunzeln und bedankte sich auch bei den Preisstiftern: Der Karl-Kessler-Preis sei nicht irgendein Preis – es sei ein Preis aus der Region, für die Region. Auch Prof. Dr. Volker Knoblauch, Prorektor für Forschung an der Hochschule Aalen, sprach den Stiftern ein

großes Dankeschön aus: Mit diesem attraktiven Preis würden nicht nur neuartige und intelligente Lösungsansätze ausgezeichnet, sondern auch Neugier, die Bereitschaft, die Ärmel hochzukrempeln und die berühmte Extra-Meile zu gehen. Dass sich Leistung lohnt, dafür setzt der Karl-Kessler-Preis ein wichtiges Zeichen.

Studium gegen Langeweile

Technik und Forschung, das fand Jan Bolsinger schon immer cool. Nach seinem Abitur am Technischen Gymnasium in Aalen studierte er Maschinenbau an der DHBW Stuttgart und arbeitete anschließend beim Stuttgarter Unternehmen Koenig & Bauer MetalPrint als Konstruktionsingenieur. Durch die Arbeit ist er auch im Ausland rumgekommen, das war für ihn eine super Zeit. Aber ich wollte mich weiterentwickeln und den Master machen, sagt der junge Mann, der immer neue Herausforderungen sucht, weil ihm sonst schnell langweilig wird. Ich hatte großes Glück, dass mein Arbeitgeber mich immer unterstützt hat. So konnte ich mit einem Firmenstipendium den Forschungsmaster Advanced Materials and Manufacturing an der Hochschule Aalen machen.

Inzwischen arbeitet Jan Bolsinger als wissenschaftlicher Mitarbeiter am LaserApplikationsZentrum (LAZ) der Hochschule Aalen mit der Promotion als Ziel. Dass er jetzt mit dem Karl-Kessler-Preis ausgezeichnet wird, freut und ehrt mich gleichermaßen. Für den jungen Mann war der Preis sozusagen auch ein Geburtstagsgeschenk – kam die Nachricht doch genau an seinem 25. Geburtstag. Ich hatte gar nicht damit gerechnet und war dann schon überrascht, als ich die Mitteilung erhielt, sagt Bolsinger verschmitzt. Ob er sich mit dem Preisgeld in Höhe von 4000 Euro selbst ein Geburtstagsgeschenk gemacht hat? Das habe ich in meine Altersvorsorge investiert. Ist ja besser, frühzeitig damit anzufangen, meint Bolsinger ganz pragmatisch. Und beweist damit, dass er nicht nur mit seiner Forschung in die Zukunft denkt.

www.hs-aalen.de

INSERTENTENVERZEICHNIS					
met-at-lab	U2	Harter GmbH	Beilage	Renner GmbH	1
BRW Elektrochemie	33	Walter Lemmen GmbH	31	Dr.-Ing. Max Schlötter	21
ELB Zerrer	U4	Munk GmbH	9	ZVO e.V.	Titel

Innovationspreis FiT2clean Award 2026 verliehen

Ausgezeichnete Innovationen für die zukunftsorientierte industrielle Teilereinigung

Innovationen und Weiterentwicklungen im Bereich der industriellen Reinigungstechnik leisten einen wichtigen Beitrag dabei, die Wettbewerbsfähigkeit und Wertschöpfung von produzierenden Unternehmen zu stärken. Das zeigen alle eingereichten Lösungen, mit denen sich Unternehmen um den diesjährigen Innovationspreis *FiT2clean Award* beworben haben. Gesichert hat sich die mit 10.000 Euro dotierte Auszeichnung des Fachverbands industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) die SLCR Lasertechnik GmbH mit der Entwicklung eines Systems für die Laserreinigung von Massenschüttgütern. Auf den Plätzen zwei und drei folgten die Sita Messtechnik GmbH und die Elma Schmidbauer GmbH.

Die industrielle Transformation stellt produzierende Unternehmen auch bei dem Ferti-
gungsschritt Bauteilreinigung vor neue Herausforderungen. Um diesen veränderten Anforderungen gerecht zu werden, sind nach den Worten von Dr. Michael Flämmich, Vorstandsvorsitzender des FiT, in der industriellen Reinigungstechnik Innovationen und Weiterentwicklungen entlang der gesamten Prozesskette erforderlich. Mit dem Innovationspreis *FiT2clean Award* zeichnet der Fachverband industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) jährlich solch herausragende Leistungen und Lösungen für die industrielle Teilereinigung aus. *Die durchweg hohe Innovationskraft und Qualität der diesjährigen Einreichungen machte es der Jury, die aus Personen aus Wissenschaft, Forschung, Industrie und Medien besteht, nicht einfach, drei Finalisten entsprechend der definierten Kriterien auszuwählen, berichtet Dr. Flämmich.* Die Elma Schmidbauer GmbH, Sita Messtechnik GmbH und die SLCR Lasertechnik GmbH präsentierten ihre Lösungen dann am 25. Juni 2026 in Esslingen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der 34. Fachtagung *Industrielle Bauteil-*

reinigung, die bei der Auswahl des Gewinners mitentscheiden konnten.

Laserreinigung für Schüttgüter

Die Entwicklung, mit der SLCR Lasertechnik als Gewinner des mit 10.000 Euro und einem Jahr kostenloser Mitgliedschaft im Fachverband gewählt wurde, ermöglicht erstmals den Einsatz der Laserreinigung als Vorbereitung von Schüttgütern wie Schrauben, Muttern, Nieten und Clipsen vor dem Beschichten und galvanischen Verzinken. Mit dem neuen *Lama*-System können alle bisher erforderlichen Vorbereitungsschritte entfallen. In der geschlossenen Anlage werden bis zu 250 Kilogramm Massenschüttgut in einem Durchgang mittels Lasertechnik gereinigt. Je nach Form und Größe der Teile variieren die Bearbeitungszeiten in der Kabine, zwischen circa fünf und 25 Minuten. Der saubere Prozess erfordert lediglich eine Absaugung. Nach der Bearbeitung können die Teile direkt in die Beschichtung überführt werden. Dabei hat sich auch gezeigt, dass im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren erhöhte Liegezeiten der Materialien zwischen Reinigung und Be-

schichtung zu geringeren Beeinträchtigungen der Oberflächenqualität für die Beschichtung führen.

Filmische Restkontaminationen flächig sichtbar und dokumentierbar gemacht

Den zweiten Platz belegte Sita Messtechnik mit dem *FluoSpection Qube*, einer Neuentwicklung im Bereich der bildgebenden Fluoreszenzmesstechnik zur flächigen und orts aufgelösten Kontrolle der filmischen Sauberkeit. Ziel war es, die Nachweisempfindlichkeit von punktuellen Fluoreszenzmessungen auf eine flächige Messung zu übertragen und gleichzeitig die Verteilung von filmischen Verunreinigungen sichtbar, bewertbar und dokumentierbar zu machen. Dafür verbindet das Messsystem definierte Messbedingungen, eine einfache Bedienung, eine automatisierte Auswertung und umfassende Dokumentation. Dadurch entsteht eine technisch deutlich verbesserte, industrietaugliche und zugleich bezahlbare Alternative zu bestehenden bildgebenden Ansätzen. Der Ablauf der Prüfung ist bewusst einfach gehalten: Bauteil einlegen, Messung starten, Ergebnis an-



Prof. Dr. rer. nat. Katja Mannschreck (l.) und Dr. Michael Flämmich (r.) überreichten Vertriebsleiter Steffen Neuhaus (SLCR Lasertechnik) den mit 10.000 Euro und einem Jahr kostenfreier Mitgliedschaft dotierten FiT2clean Award 2026 (Bild: FiT)



Über den zweiten Platz beim FiT2clean Award 2026 freuten sich Wolfgang Schmitt (Anwendungstechnik, 2. v. l.), André Lohse (Leiter Anwendungstechnik, Mitte) sowie Geschäftsführerin Juliane Schulze (2. v. r.) von Sita Messtechnik (Bild: FiT)

VERBÄNDE

zeigen, relevante Bereiche oder vordefinierte Spezifikation auswählen, Bewertung durchführen und dokumentieren. Eine aufwendige exakte Positionierung des Bauteils ist nicht erforderlich, da die Software die Ausrichtung, Drehung und Zuordnung der Aufnahmen unterstützt.

Gerät für die zuverlässige Messung des Kavitationsrauschpegels

Mit der Entwicklung der innovativen Messlösung *Elmasens Cavichack* für die zuverlässige Erfassung des Kavitationsrauschpegels von Ultraschall sicherte sich Elma Schmidbauer den dritten Platz. Das Gerät schwimmt während der Prüfung auf der Badoberfläche, versorgt sich durch Energy Harvesting aus dem Leistungsschall selbst mit Energie und erfasst das Kavitationsrauschen entsprechend der IEC TS 63001 normorientiert. Nach Abschluss der Messung verbleiben die Daten verschlüsselt im Gerät und werden in Form einer Web-URL zusammen mit der eindeutigen Geräte-ID im integrierten NFC-Speicher hinterlegt, ein NFC-fähiges Smartphone als neutraler Übertragungskanal zu einer gesicherten Webapplikation. Dort werden Messung und gemessenes Ultraschallbad zu-



Oliver Bothe (Mitte), Senior Produktmanager bei Elma Schmidbauer erhält die Auszeichnung für den dritten Platz (Bild: FiT)

sammengeführt und mit Prozessparametern wie Temperatur, Reinigerkonzentration, Gasgehalt oder Wasserqualität ergänzt und als Zertifikat ausgegeben. Die Neuentwicklung ermöglicht damit die messdatenbasierte, reproduzierbare, einfache, effiziente und nachhaltige Qualifizierung von Ultraschallbädern.

Schon jetzt an den 6. FiT2clean Award denken

Diese und alle weiteren eingereichten Innovationen belegen, dass die industrielle Reinigungstechnik ein großes Potenzial besitzt, um Fertigungsprozesse effizienter, stabiler sowie ressourcenschonender zu gestalten.

Wir sind heute schon überzeugt, dass uns die Anbieter industrieller Reinigungstechnik auch 2026 mit spannenden und zukunftsweisen Innovationen überraschen werden, die dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu stärken, sagt Michael Flämmich. Der FiT2clean Award wird im kommenden Jahr im Rahmen der parts2clean verliehen, die vom 5. bis 7. Oktober 2027 auf dem Stuttgarter Messegelände durchgeführt wird.

Über den FiT

Der FiT – Fachverband industrielle Teilereinigung e. V. ist ein Kompetenznetzwerk für die industrielle Bauteilreinigung. Zu den Mitgliedern zählen namhafte Unternehmen aus den Bereichen des Anlagenbaus, der Chemie, der Messtechnik und der Analytik sowie Anlagenbetreiber und Forschungseinrichtungen. Der FiT bietet der Branche Orientierung sowie Wissensvermittlung und Qualifizierung durch seine Fachausschüsse, Arbeitskreise, Leitlinien, Richtlinien, Checklisten, Fachtagungen und Seminaren. Er initiiert Fortschritt und Innovation unter anderem durch Kooperation mit renommierten Forschungsinstituten, Hochschulen und Universitäten.

➔ www.fit-online.org

VOA-Mitgliederversammlung mit Vorstandswahlen

Am 18. Juni 2026 fand in Augsburg die Mitgliederversammlung des Verbands für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) statt. Wie der VOA berichtet, wurde im Rahmen der turnusmäßigen Vorstandswahlen der bisherige Vorsitzende, Friedhelm U. Scholten (AnodiTec Hamburg GmbH & Co. KG), im Amt bestätigt, ebenso die beiden Stellvertreter Thomas Engel (Kühl Eloxal GmbH) und Michael Oswald (Alutecta GmbH & Co. KG). Im öffentlichen Teil der Mitgliederversammlung überzeugten hochkarätige Vorträge zu aktuellen arbeits- und sozialpolitischen Themen.

Der neu gewählte Vorstand um Friedhelm U. Scholten will die Branche der Oberflächenveredelung engagiert und sicher durch die derzeitigen Herausforderungen führen. Im Fokus sollen praxisnahe Lösungen stehen, die den Mitgliedsunternehmen klare Orientierung geben. Erfreulich ist zudem, dass mit der Wahl mehrere jüngere Mitglieder in den Vorstand eingezogen sind und damit neue Perspektiven einbringen.

Für die kommenden vier Jahre vertreten folgende Vorstandsmitglieder die Interessen der Branche: Dr. Thomas Becker (Eloxal Ger-

lingen GmbH), Michael Boche (apt Extrusions GmbH & Co. KG), Michael Gotta (elox Gerhard Gotta GmbH & Co. KG), Marc-Steffen Hinderer (Hydro Extrusion Deutschland GmbH), Sven Höfler (Eloxal Höfler GmbH), Torsten Sandersfeld (Diedrich Sandersfeld GmbH & Co. G), Marcel Saul (ekka Entlackung Ernst Kuper GmbH), Georg Schwab (Eloxal-Pühl GmbH), Christoph Wahl (HD Wahl GmbH) sowie Norbert-William Sucke (Erbslöh Aluminium GmbH), der von Aluminium Deutschland e. V. entsandt wird. Rechnungsprüferin Gudrun Wassermann (Eloxal Müller GmbH)



Friedhelm U. Scholten, Vorsitzender des VOA-Vorstands (Bild: VOA)

stand nicht mehr zu Wahl. Ihr folgen zwei Rechnungsprüfer: Frank Erhardt (Erhardt ERKO GmbH) und Victor Gotta (elox Gerhard Gotta GmbH & Co. KG). Auch hier zeigt sich der Generationenwechsel, denn auch die beiden stehen für die aktive Einbindung der nächsten Unternehmensgeneration.

Im Rahmen der VOA-Mitgliederversammlung rückte der Verband auch die Zukunft und Stabilität der Sozialversicherungssysteme in den Fokus. Zwei fundierte Vorträge beleuchteten dabei zentrale Perspektiven: Dr. Irmgard Stippler, Vorstandsvorsitzende der AOK Bayern, analysierte die Krankenversicherung aus Sicht der Arbeitgeber und ging insbesondere auf das starke Ausgabenwachstum der gesetzlichen Krankenversicherung und die derzeitige Situation der Fachkräfte ein. Außerdem beleuchtete sie Perspektiven für eine zukunftsfähige und sichere Versorgung, wobei sie auch auf die politische Diskussion einging. Ergänzend dazu widmete sich Brigitte Iding, Vorsitzende der Geschäftsführung der Deutschen Rentenversicherung Bayern Süd, der aktuellen Lage und den Herausforderungen der gesetzlichen Rentenversicherung. Sie ging insbesondere auf Präventionsleistungen sowie Leistungen zur medizinischen Rehabilitation und zur Teilhabe am Arbeitsleben ein. Einen weiteren Akzent setzte Dr. Rüdiger Maas vom Institut für Generationenforschung. In einem sehr unterhaltsamen Vortrag warf er einen differenzierten Blick auf die verschiedenen Generationen, von Baby-Boomern bis Alpha. Er zeigte auf, wie sich die digitale Welt auf die Generation Z auswirkt, wie Kommunikation von Personen unterschiedlichen Alters *aneinander vorbeilaufen* kann und welche Herausforderungen – aber auch Potenziale – generationenübergreifendes Arbeiten in den Unternehmen mit sich bringt. Auch die Sitzung des Technischen Kreises am 17. Juni, zu der der VOA rund 70 Teilnehmen-



Der neu gewählte Vorstand des VOA

(Bild: VOA)

de begrüßen konnte, bot ein breites Spektrum an fachlichen Themen und intensivem Austausch. Im Mittelpunkt standen unter anderem aktuelle Entwicklungen im Prüfwesen sowie die kontinuierliche Weiterentwicklung der international anerkannten Qualitätszeichen Qualanod, Qualicoat und Qualistrip. Darüber hinaus wurden technische Fragestellungen auf europäischer Ebene diskutiert, etwa im Zusammenhang mit dem BREF STM. Hier informierten Bernard Gilmont, Generalsekretär des europäischen Dachverbands European Association for Surface Treatment on Aluminium (ESTAL) und Marc-Steffen Hinderer (Hydro Extrusion Deutschland GmbH) über den aktuellen Stand und die Chancen beziehungsweise Herausforderungen für die Branche. Zudem erhielten die Anwesenden einen Einblick in die laufenden Forschungsprojekte des fem Forschungsinstitut Schwä-

bisch Gmünd mit Beteiligung des VOA. Diese verdeutlichten einmal mehr die enge Verzahnung von Praxis, Regulierung und Innovation. Ergänzt wurde das Programm durch praxisnahe Beiträge der Fördermitglieder Remondis und Mardo Kältetechnik. Sie beleuchteten zum einen die Rolle der Kreislaufwirtschaft in der Oberflächenveredelungsindustrie und zeigten zum anderen auf, wie sich durch den gezielten Einsatz von moderner Kältetechnik eine effiziente Temperierung von Eloxalbädern realisieren lässt.

Nach drei Tagen in Augsburg ging es für alle Beteiligten zurück in die Unternehmen. Im Gepäck: technischer Input, Erinnerungen an intensive Gespräche, neue Kontakte und viele Ideen für die Branche der Oberflächenveredelung.

➔ www.voa.de



Mitgliederversammlung des VOA 2026 in Augsburg

(Bild: VOA)



Netzwerk stärken, neue Kontakt knüpfen beim VOA-Dinner (Bild: VOA)

Neue Geschäftsführerin beim VOA

Der Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) stellt mit einer neuen Geschäftsführerin die Weichen für die Zukunft: Zum 1. Juli 2026 übernahm Kathrin Lämmermann, die seit sieben Jahren die vielfältigen Themen rund um den Verband in der Geschäftsstelle managt, die Nachfolge der langjährigen Geschäftsführerin Dr. Alexa A. Becker.

Nach mehr als 17 Jahren in der Geschäftsführung des VOA scheidet Dr. Alexa A. Becker aus ihrer Position aus. In dieser Zeit begleitete sie die Entwicklung des Verbands maßgeblich und setzte gemeinsam mit dem Vorstand wichtige Impulse für dessen Ausrichtung. Im Verlauf ihrer Amtszeit baute sie gezielt die Kontakte zu Wirtschaft, Politik und Medien aus, vertrat die Interessen der Mitglieder in nationalen und internationalen Gremien und entwickelte das Weiterbildungsangebot des VOA kontinuierlich weiter. Besonders hervorzuheben sind die Organisation des ESTAL- und Qualicoat-Kongresses 2011 sowie die Jubiläumsveranstaltung mit der Modenschau *stories of surfaces – 60 Jahre Oberflächenveredelung von Aluminium in Modebildern* im Jahr 2022 – beide in München. Der VOA-Vorstand dankt Dr. Alexa A. Becker für die langjährige Zusammenarbeit sowie für ihr außergewöhnliches Engagement und wünscht ihr für die Zukunft alles Gute.

Mit Kathrin Lämmermann gewinnt der VOA eine kompetente und professionelle Nachfolge aus den eigenen Reihen. Sie kennt den Verband bereits seit sieben Jahren und hat in ihrer Tätigkeit an der Seite der Geschäftsführerin sowohl strategische Prozesse begleitet als auch die verschiedenen Veranstaltungen maßgeblich mitgestaltet und vor allem dazu beigetragen, dass der operative Betrieb jederzeit reibungslos funktioniert. Ihre bisherige berufliche Laufbahn ist geprägt von umfangreicher Erfahrung in dynamischen und serviceorientierten Branchen wie Hotellerie, Gastronomie/Catering und Tourismus im administrativen, aber auch im operativen Bereich. Diese Praxisnähe spiegelt sich in ihrem ausgeprägten Serviceverständnis, ihrer hohen Einsatzbereitschaft und ihrer Fähigkeit wider, auch in anspruchsvollen Situationen den Überblick zu behalten. Mit ihrem tiefen Verständnis für interne Abläufe, ihrer lösungsorientierten Arbeitsweise und ihrem Blick für Details sowie ihrem Gespür für Menschen bringt sie die Voraussetzungen mit, um den VOA erfolgreich weiterzuentwickeln. Im Kurzinterview verrät die neue VOA-Geschäftsführerin Kathrin Lämmermann, wel-

che Schwerpunkte sie in den kommenden Jahren setzen möchte und was ihr besonders wichtig ist:

Was motiviert Sie, die Geschäftsführung des VOA zu übernehmen?

Kathrin Lämmermann: Mich reizt vor allem die Möglichkeit, den Verband aktiv weiterzuentwickeln und dabei wirklich etwas zu bewegen – gemeinsam mit den Mitgliedern und für die Mitglieder. Dr. Alexa A. Becker hat für den VOA in den vergangenen 17 Jahren eine hervorragende Grundlage geschaffen – daran anzuknüpfen und gleichzeitig neue Impulse zu setzen, ist eine spannende Aufgabe. *Welche Themen möchten Sie besonders vorantreiben?*

Kathrin Lämmermann: Mir ist wichtig, die erfolgreiche Arbeit in der Interessenvertretung konsequent fortzuführen und gleichzeitig neue Schwerpunkte zu setzen. Ein Fokus liegt für mich auf der Stärkung der persönlichen Bindung zwischen Mitgliedern und Geschäftsstelle und natürlich auf der Mitgliedergewinnung. Meine berufliche Laufbahn in sehr kundenorientierten Branchen hat mich geprägt; daher weiß ich, wie wichtig diese Kombination ist – Effizienz auf der einen Seite, echte Nähe auf der anderen. Genau das möchte ich hier einbringen. Außerdem möchte ich den technischen Bereich gerne weiter ausbauen – sowohl allgemein als auch rund um die internationalen Qualitätszeichen Qualanod, Qualicoat und Qualistrip. Hier sehe ich viel Potenzial, den Mitgliedern noch mehr praxisnahen Nutzen zu bieten. Zusammen mit dem Team in der VOA-Geschäftsstelle möchte ich deshalb prüfen, wo wir zusätzliche Angebote schaffen können, die unseren Mitgliedern echten Mehrwert bieten, und diese dann gezielt umsetzen. Auch hier spielt der enge Austausch mit den Mitgliedsunternehmen eine wichtige Rolle.

Gibt es darüber hinaus noch weitere Projekte oder Initiativen, die Sie sofort anstoßen möchten?

Kathrin Lämmermann: Ja, die Weiterentwicklung der Digitalisierung in der Geschäftsstelle und die Frage, wie wir Prozesse einfacher und effizienter gestalten können.



Generationenwechsel: Dr. Alexa A. Becker (l.) mit ihrer Nachfolgerin Kathrin Lämmermann (Bild: VOA)

Gleichzeitig ist mir wichtig, die Serviceorientierung durch die Digitalisierung weiter zu stärken und die Geschäftsstelle als verlässlichen, modernen Ansprechpartner für die Mitglieder zu positionieren. Wir analysieren bereits bestehende Abläufe und Strukturen, danach schauen wir uns ganz konkret an, wo wir stehen und wo wir uns gezielt verbessern können.

Wo sehen Sie aktuell die größten Herausforderungen für den Verband?

Kathrin Lämmermann: Eine der größten Herausforderungen ist für mich, die unterschiedlichen Erwartungen und Bedürfnisse unserer Mitgliedsunternehmen wirklich zu verstehen und sie bestmöglich zusammenzubringen. Mir ist wichtig, nah dran zu sein, zuzuhören und den Austausch aktiv zu fördern. Gleichzeitig stehen wir – wie viele Organisationen – vor der Aufgabe, effizienter und digitaler zu werden, ohne dabei den persönlichen Kontakt zu verlieren. Genau diese Balance möchte ich gemeinsam mit dem Team gestalten: moderne Strukturen schaffen und dabei den Verband als starke, verbindende Gemeinschaft weiterentwickeln.

➔ www.voa.de

DGO-Bezirksgruppe Thüringen

Am 16. Juni 2026 fand an der TU Ilmenau das DGO-Bezirksgruppen-Sommerfest mit vorgelagertem Vortrag statt. Als Referent konnte Dr. René Böttcher, Mitarbeiter der Airbus Defence and Space GmbH, München, und Absolvent der TU Ilmenau, gewonnen werden. Er stellte zunächst kurz den Luft- und Raumfahrtstandort Ottobrunn/Taufkirchen bei München mit dem größten Reinraum für die optische Satellitenintegration und dem Airbus-Kompetenzzentrum für Solargeneratoren ist mit Raumfahrzeugen aller Klassen für die Wetterbeobachtung, Umweltüberwachung, das Katastrophenmanagement sowie mit hocheffizienten Solargeneratoren ausgerüstet, die eine hohe Leistung bei geringem Gewicht liefern.

Darüber hinaus informierte Dr. Böttcher die zahlreichen Teilnehmer über seine Arbeiten zur *Multiphysikalischen Modellierung und künstlicher Intelligenz für innovative Oberflächentechnik in der Luftfahrt*. Er betonte dabei, dass die Sicherheit von Flugzeugen bei Airbus an erster Stelle steht. Deshalb haben auch die anspruchsvollen äußeren und inneren Flugbedingungen (Lackschäden, Kondenswasser, Sonneneinstrahlung, technische Defekte u. a.) höchste Relevanz. Dementsprechend sind regelmäßige Sichtkontrollen, Wartungs- und Inspektionsintervalle unbedingt erforderlich. Hierbei wird unterstützend die Simulation elektrochemischer Reaktionen von Bauteilen und ganzen Baugruppen von Reaktionen an Grenzflächen und deren Verlauf bis zur Bestimmung von Korrosionsraten

an Aluminiumlegierungen, wie sie im Flugzeugbau Anwendung finden, eingesetzt.

Um die Modellierung effizient durchführen zu können, sind einige Annahmen nötig, die eine sinnvolle Balance zwischen der Vereinfachung von realen Prozessen und resultierender Genauigkeit der Ergebnisse sowie dem nötigen Rechenaufwand ermöglichen. Darüber hinaus trägt der Einsatz von künstlicher Intelligenz und Sensoren dazu bei, zukünftig zuverlässige Vorhersagen über die zu erwartende Entwicklung von Korrosion zu erhalten. In der anschließenden Diskussion stellten die Teilnehmer Fragen zum Einsatz von Sensoren in der Flugzeugumgebung, der Repräsentativität von zyklischen Tests hinsichtlich der Bedingungen an Bord und zu galvanischen Effekten durch den Verbund unterschiedlicher Materialien.

Zum Abschluss dankte DGO-Bezirksgruppenleiter Mathias Fritz dem Referenten Dr. René Böttcher für die eindrucksvollen Einblicke und die interessante Diskussion sowie der Firma Aurolia Technologies GmbH, Meiningen, für das großzügige Sponsoring des anschließenden Sommerfests mit Thüringer Köstlichkeiten vom Rost. Dr. Peter Kutzschbach

➔ www.dgo-online.de

DGO-Plakette an Andreas Zahl verliehen

Am 28. Mai wurde nach Mitteilung des DGO dem Gründungsmitglied des Norddeutschen Galvanotages, Andreas Zahl, in Hannover-Lehrte im Rahmen des 23. Norddeutschen Galvanotages die DGO-Plakette verliehen. Andreas Zahl begann seine berufliche Laufbahn im August 1976 mit der Ausbildung zum Galvaniseur und Metallschleifer bei der Firma Comte Metallveredelung GmbH & Co. KG in Sulingen, die er 1979 abschloss. Von 1979

bis 1982 war er dort als Galvaniseur tätig. Von 1982 bis 1984 absolvierte Zahl eine Weiterbildung zum Galvanotechniker und erwarb zusätzlich den Meisterbrief.

Von 1984 bis 2003 war er weiterhin bei der Firma Comte Metallveredelung und darauf folgend bei der Firma Comte Galvanotechnik beschäftigt. Im Laufe der Jahre übernahm er mehr und mehr Verantwortung: zunächst für die Abwasseranlage, später für Analytik samt Laborleitung, für das Qualitätsmanagement, die Prozesserneuerung sowie für die Entwicklung. 2003 wechselte er als Gebietsrepräsentant in den Außendienst bei Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG, wo er bis zum Eintritt in den Ruhestand 2024 tätig war.

Andreas Zahl ist seit dem 1. Januar 1989 Mitglied in der DGO. Ab 2003 war er Leiter der DGO-Bezirksgruppe Bremen/Hamburg/Oldenburg/Schleswig Holstein, die dann 2019 in die BG Nord überführt wurde. Die Leitung der BG behielt er bis zum Eintritt in den Ruhestand 2024 bei.

Besonders hervorzuheben ist sein stetes, hohes Engagement bei der Planung und Durchführung des jährlich stattfindenden Norddeutschen Galvanotages. Andreas Zahl war Mitbegründer dieser Veranstaltung von der ersten Stunde an im Jahr 2002. Der Norddeutsche Galvanotag hat wie auch schon zu seiner Gründungszeit einen festen Platz im Veranstaltungskalender der DGO und wird jedes Jahr aufs Neue außerordentlich gut besucht.

2015 übernahm Andreas Zahl das Amt des Vorsitzenden der Bezirksgruppen. In dieser Funktion war er bis Ende 2024 Mitglied des DGO-Vorstands. Auch hier hat Andreas Zahl durch seine Mitarbeit stets wertvolle Impulse gegeben.

➔ www.dgo-online.de

23. Norddeutscher Galvanotag

Der 23. Norddeutsche Galvanotag am 28. Mai in Lehrte bei Hannover zeigte einmal mehr, wie wichtig der persönliche Austausch in der Branche ist. Wie die DGO berichtet, blicken die Organisatoren Stefan Fließwasser, Alexander Spreen und Thomas Kruggel auf eine rundum gelungene Veranstaltung zurück. Die fünf hochkarätigen Referenten boten den 72 Teilnehmern und Teilnehmerinnen interessante Einblicke in aktuelle Herausforderungen und technologische Fortschritte in der Oberflächentechnik. Auch der neue Veranstaltungsort, das Median Hotel Lehrte, überzeugte – sowohl das Ambiente als auch die Organisation vor Ort.



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Vortrag und Sommerfest der DGO-BG-Thüringen (Bild: Marius Engler, TU Ilmenau)

Im Fokus des ersten Themenschwerpunkts standen zukunftsweisende Innovationen sowie die Sicherung von Fachkräften. Die Experten diskutierten das Potenzial von künstlicher Intelligenz in der Galvanotechnik und zeigten auf, wie eine analytische Bad- und Produktüberwachung messbare Qualitätssteigerungen bei gleichzeitiger Ressourceneinsparung ermöglicht. Ergänzt wurde dieser Block durch einen intensiven Austausch über Chancen und Hürden in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung. Der zweite Teil der Veranstaltung widmete sich dem sensiblen Thema Brandschutz. Neben der Analyse von realen Brandereignissen in Galvanikbetrieben diskutierten die Teilnehmer praxisnahe Lösungen zum Umweltschutz, insbesondere die technischen Möglichkeiten der Löschwasser-rückführung und -rückhaltung.

Ein optionales gemeinsames Abendessen rundete die Veranstaltung ab und bot Raum für vertiefende Fachgespräche.

Der 24. Norddeutsche Galvanotag findet am **29. April 2027** von 14.00 bis 18.00 Uhr im Median Hotel Hannover Lehrte statt.

➔ www.dgo-online.de

Zentralverband Oberflächen- technik e.V. (ZVO)

Abschlussklärung des Runden Tisches Sulfamidsäure

Der *Runde Tisch Sulfamidsäure* mit Vertretern aus Industrie, Wasserwirtschaft, Behörden, Umwelt- und Verbraucherschutzorganisationen sowie Verbänden, unter anderem aus dem ZVO-Ressort Umwelt- und Chemikalienpolitik, hat die Ergebnisse seiner Arbeit zur Verringerung des Eintrags von Sulfamidsäu-

re in Oberflächengewässer und Rohwasser zur Trinkwassergewinnung in einem umfangreichen Abschlussbericht zusammengefasst, berichtet der ZVO.

Sulfamidsäure ist als relevanter Spurenstoff zunehmend in den Fokus von Umwelt- und Wasserwirtschaft gerückt. Aufgrund ihrer hohen Wasserlöslichkeit, Mobilität und Persistenz wird sie in Abwasserströmen, Oberflächengewässern sowie in Roh- und Trinkwasser nachgewiesen. Besonders kritisch ist dabei, dass Sulfamidsäure mit den derzeit etablierten Verfahren der Abwasser- und Trinkwasseraufbereitung kaum entfernt werden kann. Einträge verbleiben somit weitgehend im Wasserkreislauf, weshalb Maßnahmen zur Reduzierung an der Quelle eine zentrale Rolle spielen.

Für galvanotechnische Betriebe ist diese Entwicklung von besonderer Bedeutung, da Sulfamidsäure hier gezielt und in prozessrelevanten Mengen eingesetzt wird. Insbesondere in Nickelsulfamat-Elektrolyten der Bandgalvanik ist sie ein unverzichtbarer Bestandteil, um hohe Abscheideraten, gleichmäßige Schichtdicken und definierte Materialeigenschaften zu gewährleisten. Gleichzeitig wird Sulfamidsäure in vielen Betrieben zur Eliminierung von Nitrit in Prozessen und/oder Abwässern eingesetzt. Die hierfür erforderliche schnelle und sichere Reaktion führt in der Praxis häufig zu Überdosierungen, da die Dosierung oftmals auf vereinfachten Messmethoden basiert.

Gerade diese prozessbedingten Anwendungen führen dazu, dass Sulfamidsäure über Spülwässer und Abwasserströme in den Wasserkreislauf gelangen kann. In Abwasser- und Prozessanlagen mit hohen Durchsätzen ent-

stehen so relevante Stofffrachten. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Runden Tisches Sulfamidsäure unter Beteiligung von Industrie, Verbänden, Wasserwirtschaft, Behörden sowie Umwelt- und Verbraucherschutzorganisationen konkrete Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge erarbeitet. Im Fokus stehen dabei insbesondere ein bewusster und sparsamer Einsatz, die Prüfung von Alternativen, die Optimierung von Dosier- und Prozessführungen sowie – wo erforderlich – gezielte Maßnahmen zur Abwasserbehandlung.

In zwei Dokumenten werden die zentralen Ergebnisse dieses Prozesses dargestellt und es werden praxisnahe Hinweise für betroffene Unternehmen gegeben. Sie dienen als Grundlage, um die eigene Betroffenheit zu bewerten und geeignete Maßnahmen im Betrieb zu prüfen. Unternehmen, die Sulfamidsäure einsetzen oder in Verkehr bringen, sollten sich aktiv mit den Inhalten auseinandersetzen und einen Beitrag zur Reduzierung der Umweltbelastung leisten. Für betroffene Unternehmen bedeutet dies konkret: Wenn Nickelsulfamat-Prozesse betrieben werden, Sulfamidsäure zur Nitriteliminierung eingesetzt wird oder entsprechende Abwässer behandelt werden, besteht ein Prüf- und Optimierungsbedarf. Ansatzpunkte liegen insbesondere in einer präziseren Dosierung, der Minimierung von Überdosierungen sowie in gezielten Maßnahmen der Abwasser- beziehungsweise Teilstrombehandlung. Über die Homepage des ZVO können das Informationspapier sowie die Abschlussklärung heruntergeladen werden.

➔ www.zvo.org

QUBUS-IFO-Gruppe erweitert Kompetenz in der Pulverbeschich- tung mit Gutachterlabor Dr. Herrmann

Die QUBUS-IFO-Gruppe erweitert ihr Leistungsportfolio im Bereich der Oberflächen- und Beschichtungstechnik: Seit 1. Juli ist das Gutachterlabor Dr. Herrmann, Dresden, Teil der Gruppe. Mit Integration des spezialisierten Standorts in Dresden baut das IFO seine Kompetenzen in den Bereichen Laborprüfungen, Schadensanalysen und Gutachten weiter aus. Das Gutachterlabor Dr. Herrmann bleibt als eigenständiger, spezialisierter Prüf- und Gutachtenstandort bestehen und wird als Ergänzung in das bestehende Labornetzwerk von QUBUS-IFO eingebunden.

Seit vielen Jahren ist das Dresdner Labor für Prüf- und Gutachterleistungen im Bereich der Pulverbeschichtung spezialisiert. Besondere Expertise besteht in der Prüfung von Pulverlacken und Beschichtungssystemen sowie in der Analyse und Bewertung von Schäden. Zum Gutachterlabor gehört zudem das etablierte *Pulversymposium*, das künftig gemeinsam von IFO und QUBUS weitergeführt wird. Gründer und Geschäftsführer Dr. Thomas Herrmann übergibt das Labor an das IFO Institut für Oberflächentechnik, wird aber weiterhin als Gutachter tätig sein und dem Pulversymposium verbunden bleiben.

Durch die Einbindung in die QUBUS-IFO-Gruppe mit Hauptsitz in Schwäbisch Gmünd

(Baden-Württemberg), profitieren Kunden künftig von einem erweiterten Spektrum an Prüfverfahren, analytischen Möglichkeiten und zusätzlichen Kapazitäten. Der Standort Dresden ergänzt das bestehende Leistungsportfolio um spezialisierte Prüfmöglichkeiten Pulverbeschichtung und Pulverlacke.

Mit der Erweiterung unseres Labornetzwerks stärken wir unsere Kompetenz im Bereich der Pulverbeschichtung und der zugehörigen Prüfverfahren, sagt Michael Müller, Geschäftsführer des IFO Institut für Oberflächentechnik. Der Standort Dresden ergänzt unser bestehendes Laborprofil ideal – insbesondere durch seine ausgewiesene Expertise bei der Prüfung von Pulverlacken vor der



Dr. Thomas Herrmann, Hannelore Herrmann, Silke Biele Niederlassungsleiterin Dresden, Michael Müller (2. Reihe, v. l. n. r); Daniel Hübner, Dennis Lenz, Sonja Felkel, Dr. Paul Förster (1. Reihe, v. l. n. r) (Bild: ifo)



Michael Herkommer (Vizepräsident) und Bernd Weyhmueller (Laborleiter F&E) von Umicore MDS sowie Nimit Shah (Marktentwicklung) und Mark Freed (Globaler Leiter ME) von Valterra Platinum (v. l.) (© Umicore)

Beschichtung. Für die Kunden des Unternehmens bedeute das: bewährte Ansprechpartner kombiniert mit erweiterten analytischen Möglichkeiten aus einer Hand.

Auch Niederlassungsleiterin Silke Biele betont die Kontinuität und die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten des Standorts: *Unser Fokus bleibt unverändert auf präzisen Prüfungen und fundierten Gutachten im Bereich der Pulverbeschichtung. Durch die Einbindung in die QUBUS-IFO-Gruppe können wir unseren Kunden künftig ein noch breiteres Spektrum an Prüfungen anbieten und gleichzeitig unsere fachliche Spezialisierung weiter vertiefen.*

Am Standort Dresden bleiben Ansprechpartner, Prozesse und fachliche Ausrichtung für die Kunden unverändert. Zusätzliche Vorteile ergeben sich durch den Zugriff auf das erweiterte Leistungsportfolio und die Kompetenzen innerhalb der Gruppe.

➔ www.qubus.de

➔ www.ifo-gmbh.de

Valterra Platinum und Umicore's Metal Deposition Solutions starten Forschungs- und Entwicklungskooperation

Valterra Platinum und der Umicore's Metal Deposition Solutions (MDS) haben eine mehrjährige Partnerschaft im Forschungs- und Entwicklungsbereich sowie bei der Vermarktung geschlossen, deren Schwerpunkt auf der Entwicklung von Lösungen auf Basis von Platingruppenmetallen (PGM) für industrielle Anwendungen im Bereich der Galvanotechnik liegt, berichtet MDS. Die Zusammenarbeit wird dazu beitragen, neue Anwendungsmöglichkeiten für PGMs zu erschließen und die langfristige Marktentwicklung über den Auto-

mobilssektor (insbesondere im Bereich der Katalysatoren) hinaus zu fördern.

Die beiden Unternehmen haben eine neue Zusammenarbeit begonnen, um die Entwicklung und Kommerzialisierung von PGM-basierten Galvanotechnologien für hochwertige industrielle Anwendungen voranzutreiben. Die Partnerschaft spiegelt das gemeinsame Engagement wider, neue, nachhaltige Nachfragemöglichkeiten für Platinmetalle zu schaffen, während sich die Automobilbranche weiter entwickelt. Sie baut auf der langjährigen Erfahrung von Valterra Platinum in der industriellen Zusammenarbeit und der Ausweitung der Zusammenarbeit mit Verarbeitern auf.

Im Rahmen der Vereinbarung wird Valterra Platinum in den ersten drei Jahren bis zu 2,5 Millionen Euro investieren und gemeinsam mit Umicore MDS daran arbeiten, Technologien aus der Laborforschung zur Marktreife zu bringen. Umicore MDS wird einen Gegenwert in Form von Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen beisteuern und dabei auf sein fundiertes Fachwissen in den Bereichen Materialchemie, Oberflächentechnologien und industrielle Skalierung zurückgreifen.

Das anfängliche Forschungs- und Entwicklungsprogramm wird sich auf die Hochgeschwindigkeits-Platinbeschichtung konzentrieren, insbesondere im Elektronikbereich, etwa bei Steckverbinderanwendungen. Dieser Anwendungsbereich stellt einen beträchtlichen Markt dar, in dem Platin eine wettbewerbsfähige, kostengünstige und langlebige Alternative zu Gold bieten könnte; dessen industrielle Nachfrage liegt derzeit bei über 300 Tonnen pro Jahr. Im Laufe der Zeit könnten weitere Projekte und strategische Partner hinzukommen.

Craig Miller, Chief Executive Officer von Valterra Platinum, sagte: *Als einer der weltweit führenden PGM-Produzenten konzentrieren wir uns darauf, eine nachhaltige, langfristige Nachfrage nach PGMs zu schaffen, indem wir mit Branchenführern zusammenarbeiten, die Innovationen in die Realität umsetzen können.* Das Know-how von Umicore in den Bereichen Oberflächentechnologien und Kommerzialisierung mache das Unternehmen zu einem idealen Partner, um neue PGM-Anwendungen in der Elektronik und anderen vielversprechenden Bereichen zu erschließen. *Diese Zusammenarbeit spiegelt unseren disziplinierten Ansatz bei der Marktentwicklung wider und unsere Überzeugung, dass gezielte, hochwertige Partnerschaften große Wirkung entfalten können.*

Wie Michael Herkommer, Vice President von Umicore Metal Deposition Solutions, ergänzt, verfolge Valterra Platinum die klare Vision, Platin als attraktiven Werkstoff für ein breiteres Spektrum an Industriezweigen über seine traditionellen Märkte hinaus zu etablieren. *Bei Umicore MDS, einem weltweit führenden Anbieter von Oberflächenveredelungslösungen auf Edelmetallbasis, bringen wir das erforderliche Fachwissen und die Marktkennntnisse ein, um aufkommende Trends zu erkennen und in skalierbare Prozesse umzusetzen.* Diese Partnerschaft ermögliche es Umicore MDS, sich auf die gezielte Entwicklung innovativer Lösungen zu konzentrieren, die zu Platinbeschichtungen führten, die in ihrer Leistung mit anderen Edelmetallbeschichtungen vergleichbar seien und gleichzeitig eine deutlich verbesserte Wirtschaftlichkeit bieten.

➔ <https://mds.umicore.com>



When conventional anodizing reaches its limits: ULTRACERAMIC®

Modern lightweight alloys and additively manufactured structures demand more than classical anodizing can deliver.

ULTRACERAMIC®—an advanced PEO-based ceramic surface technology—enables significantly higher hardness, improved wear resistance, and functional stability through controlled high-energy plasma processes.

